

Cómo crear una Mente

RAY KURZWEIL

"Este libro es una piedra de Rosetta para el misterio del pensamiento humano. Más sorprendente aún , es un modelo para la creación de conciencia artificial que es tan persuasiva y emocional como la nuestra. Kurzweil trata el tema de la conciencia mejor que nadie de Blackmore de Dennett . Su convincente experimento mental es de una calidad Einstein : Obliga a reconocer la verdad " .

Martine Rothblatt , presidente y CEO de United Therapeutics , creador de Sirius XM Satellite radio

"El libro de Kurzweil es un brillante ejemplo de su prodigiosa habilidad para sintetizar las ideas de los dominios dispares y les explica a los lectores en un lenguaje sencillo y elegante. Así como el Progreso de Chanute en máquinas de vuelo marcó el comienzo de la era de la aviación hace más de un siglo, este libro es el presagio de la próxima revolución de la inteligencia artificial que cumplirá de Kurzweil propias profecías acerca de él " .

Dileep George , AI científico , pionero de los modelos jerárquicos de la neocorteza , cofundador de Numenta y Vicarious Sistemas

" La comprensión de Ray Kurzweil del cerebro y la inteligencia artificial afectará dramáticamente cada aspecto de nuestras vidas, todas las industrias en la Tierra, y cómo pensar en nuestro futuro. Si usted se preocupa por cualquiera de ellos, leer este libro! "

Peter H. Diamandis , presidente y director ejecutivo de X PRIZE , presidente ejecutivo de la Universidad Singularity , autor del New York Times bestseller Abundancia : El futuro es mejor de lo que piensa

CÓMO CREAR UNA MENTE POR RAY KURZWEIL

Transcend : Nueve pasos para el Buen Vivir para siempre (con Terry Grossman) La singularidad está cerca : Cuando los humanos trascienden la biología

Viaje fantástico : Vivir lo suficiente para vivir para siempre (con Terry Grossman)

La era de las máquinas espirituales :

Cuando los equipos superan la inteligencia humana

La solución de 10 % para una vida saludable

La era de las máquinas inteligentes

CREAR UNA MENTE

EL SECRETO DEL PENSAMIENTO HUMANO REVELADO RAY KURZWEIL

INTRODUCCIÓN

1. EXPERIMENTOS DE PENSAMIENTO EN EL MUNDO
2. Experimentos mentales en el pensamiento
3. UN MODELO DE LA NEOCORTEX: EL MODELO DE RECONOCIMIENTO teoría de la mente
4. El neocórtex BIOLÓGICA
5. EL CEREBRO ANTIGUO
6. HABILIDADES trascendente
7. LA biológico inspirado DIGITAL NEOCORTEX
8. LA MENTE COMO ORDENADOR
9. EXPERIMENTOS DE PENSAMIENTO EN LA MENTE
10. LA LEY DE retornos acelerados APLICADA AL CEREBRO
11. OBJECIONES EPÍLOGO

NOTAS ÍNDICE INTRODUCCIÓN

El cerebro es más ancho que el cielo para los puso al lado del otro El otro contendrá
Con facilidad y You junto

El cerebro es más profundo que el mar Formantener las Blue de Blue El que el otro va a
absorber Como Esponjas Valdés do

El cerebro es sólo el peso de Dios For Heft ellos libra por libra Y será diferentes si lo
hacen Como sílaba de sonido. Emily Dickinson

A medida que el fenómeno más importante en el universo , la inteligencia es capaz de
trascender las limitaciones naturales y de transformar el mundo a su propia imagen .
En las manos del hombre , nuestra inteligencia nos ha permitido superar las
limitaciones de nuestro patrimonio biológico y cambiarnos a nosotros mismos en el
proceso. Somos la única especie que hace esto.

La historia de la inteligencia humana comienza con un universo que es capaz de la
información de codificación . este fue el factor que permite que permitió la evolución
que tenga lugar . Como el universo tiene que ser de esta manera es en sí mismo una
historia interesante. El modelo estándar de la física tiene docenas de constantes que
deben ser precisamente lo que son, o átomos no habría sido posible, y no habría sido
ni estrellas , ni planetas , ni cerebro, ni libros sobre el cerebro . Que las leyes de la
física están tan sintonizados con precisión que han permitido la evolución de la
información parece ser muy poco probable. Sin embargo, por el principio antrópico ,
no estaríamos hablando de esto si no fuera el caso. Donde algunos ven una mano
divina , otros ven una puesta multiverso una evolución de los universos con los
aburridos (no portadoras de información) las vías de desaparición . Pero
independientemente de cómo nuestro universo llegó a ser lo que es , podemos
empezar nuestra historia con un mundo basado en la información .

La historia de la evolución se desarrolla con el aumento de los niveles de abstracción.
Átomos especialmente átomos de carbono , que pueden crear ricas estructuras de
información mediante la vinculación de cuatro moléculas cada vez más complejas

direcciones formadas diferentes . Como resultado , la física dio lugar a la química . Mil millones de años más tarde , una molécula compleja llamada ADN evolucionado , lo que podría codificar precisamente largas cadenas de información y generar organismos descritos por estos programas " .

" Como resultado , la química dio lugar a la biología" .

A un ritmo cada vez más rápido , los organismos han evolucionado las redes de comunicación y de toma llamados sistema nervioso , lo que podría coordinar las piezas cada vez más complejas de su cuerpo , así como los comportamientos que facilitan su supervivencia. Las neuronas que componen los sistemas nerviosos en el cerebro de agregados capaces de comportamientos cada vez más inteligentes . De esta manera , la biología dio lugar a la neurología , como cerebros fueron ahora la vanguardia de almacenar y manipular información. Así que fuimos de los átomos a moléculas de ADN a los cerebros . El siguiente paso era exclusivamente humana . El cerebro de los mamíferos tiene una aptitud distinta que no se encuentra en ninguna otra clase de animal. Somos capaces de pensamiento jerárquico , de la comprensión de una estructura compuesta de diversos elementos dispuestos en un patrón, que representa a ese acuerdo con un símbolo, y luego usar ese símbolo como un elemento en una configuración aún más elaborado. Esta capacidad se desarrolla en una estructura del cerebro llamada la corteza cerebral , que en el ser humano ha alcanzado un umbral de complejidad y capacidad de tal manera que somos capaces de llamar a estas ideas patrones. A través de un proceso recursivo infinito que somos capaces de construir ideas que son cada vez más complejos . Llamamos a esta amplia gama de conocimientos vinculados de forma recursiva ideas. Sólo Homo sapiens tienen una base de conocimiento que sí evoluciona , crece de manera exponencial, y se transmite de una generación a otra .

Nuestro cerebro dieron lugar a otro nivel de abstracción, en el que se ha utilizado la inteligencia de nuestros cerebros más otro factor facilitador , un apéndice oponible el pulgar para manipular el entorno para construir herramientas. Estas herramientas representan una nueva forma de la evolución , como neurología dio lugar a la tecnología . Es sólo a causa de nuestras herramientas que nuestra base de conocimientos ha sido capaz de crecer sin límite.

Nuestro primer invento fue la historia : el lenguaje hablado que nos permitió representar ideas con expresiones distintas. Con la posterior invención del lenguaje escrito , hemos desarrollado distintas formas de simbolizar nuestras ideas. Bibliotecas del lenguaje escrito muy extendidos la capacidad de nuestro cerebro sin ayuda a retener y ampliar nuestra base de conocimiento de ideas estructuradas de forma recursiva .

Existe cierto debate sobre si otras especies , como los chimpancés , tienen la capacidad de expresar ideas jerárquicas en el lenguaje. Los chimpancés son capaces de aprender un conjunto limitado de símbolos del lenguaje de signos , que pueden utilizar para comunicarse con los instructores humanos. Es claro, sin embargo , que hay límites distintos a la complejidad de las estructuras de conocimiento con el que los chimpancés son capaces de tratar . Las frases que puedan expresar de forma limitativa simples secuencias sustantivo verbo específicos y no son capaces de la expansión indefinida de la complejidad característica de los seres humanos . Para ver

un ejemplo divertido de la complejidad del lenguaje humano generado , acabo de leer una de las espectaculares frases de varias páginas de longitud de un cuento Gabriel García Márquez o la novela su historia de seis páginas "The Last Voyage of the Ghost " es una frase y funciona bastante bien en español y el Inglés translation.¹ La idea principal de mis tres libros anteriores sobre la tecnología (La era de las máquinas inteligentes , escrito en 1980 y publicado en 1989 , La era de las máquinas espirituales , escrito a mediados o finales Década de 1990 y se publicó en 1999 , y La singularidad está cerca , escrito en la década de 2000 y se publicó en 2005) es un proceso evolutivo que acelera inherentemente (como resultado de sus crecientes niveles de abstracción) y que sus productos crecen de manera exponencial en la complejidad y la capacidad . Yo llamo a este fenómeno la ley de rendimientos acelerados (LOAR) , y se refiere tanto a la evolución biológica y tecnológica. El ejemplo más dramático de la LOAR es el crecimiento exponencial muy predecibles en calidad y precio / rendimiento de las tecnologías de la información. El proceso evolutivo de la tecnología condujo invariablemente a la computadora, que a su vez ha permitido una gran expansión de nuestra base de conocimientos , lo que permite amplios vínculos de un área de conocimiento a otro. La Web es en sí mismo un ejemplo potente y conveniente de la capacidad de un sistema jerárquico para abarcar una amplia gama de conocimiento preservando al mismo tiempo su estructura inherente . El mundo mismo es inherentemente jerárquicas árboles contienen ramas, ramas contienen hojas , las hojas contienen venas. Edificios contienen plantas , suelos contienen habitaciones , las habitaciones cuentan con puertas , ventanas, paredes y pisos. También hemos desarrollado herramientas que ahora nos están permitiendo entender nuestra propia biología en términos exactos de información . Somos rápidamente la ingeniería inversa de los procesos de información que subyacen a la biología , como la de nuestro cerebro. Ahora contamos con el código objeto de la vida en la forma del genoma humano , un logro que era en sí misma un ejemplo excepcional de crecimiento exponencial , en el que la cantidad de los recursos genéticos datos que el mundo ha secuenciado se ha duplicado aproximadamente cada año durante los últimos veinte años 2 ahora tener la capacidad de simular en los equipos de cómo secuencias de pares de bases dan lugar a secuencias de aminoácidos que se pliegan en proteínas tridimensionales , de la que toda la biología se construye . La complejidad de las proteínas para las que se puede simular el plegamiento de proteínas ha estado aumentando constantemente como recursos computacionales continúan creciendo exponencialmente.³ También podemos simular cómo las proteínas interactúan uno con el otro en una danza tridimensional intrincada de fuerzas atómicas . Nuestra creciente comprensión de la biología es una faceta importante de descubrir los secretos inteligentes que la evolución nos ha concedido y el uso de estos paradigmas inspirados en la biología para crear una tecnología cada vez más inteligente.

Ahora hay un gran proyecto en marcha que involucra muchos miles de científicos e ingenieros que trabajan para entender el mejor ejemplo que tenemos de un proceso inteligente : el cerebro humano. Podría decirse que es el esfuerzo más importante en la historia de la civilización humana máquina. En The Singularity is Near hice el caso que un corolario de la ley de los retornos acelerados es que probablemente otras

especies inteligentes no deben existir.

Para resumir el argumento , si existieran nos habríamos dado cuenta, dado el relativamente poco tiempo que transcurre entre la posesión de la tecnología de crudo de una civilización (considerar que en 1850 la manera más rápida para enviar la información a nivel nacional fue el Pony Express) a su tecnología que posee que puede trascender su propia planeta.⁴ Desde esta perspectiva, la ingeniería inversa del cerebro humano puede ser considerado como el proyecto más importante en el universo.

El objetivo del proyecto es entender exactamente cómo funciona el cerebro humano , y luego utilizar estos métodos revelados para entender mejor a nosotros mismos , para solucionar el cerebro cuando es necesario, y, lo más relevante para el tema de este libro para crear aún más inteligente máquinas . Tenga en cuenta que amplificar en gran medida un fenómeno natural es precisamente lo que la ingeniería es capaz de hacer. Como ejemplo , consideremos el fenómeno más sutil del principio de Bernoulli , que dice que hay un poco menos de presión de aire sobre una superficie curva en movimiento , que por una plana móvil. La matemática de cómo el principio de Bernoulli produce sustentación del ala todavía no está todavía completamente resueltos entre los científicos , sin embargo, la ingeniería ha tomado esta delicada perspicacia, centraron sus poderes, y crearon todo el mundo de la aviación .

En este libro presento una tesis que yo llamo la teoría de reconocimiento de patrones de la mente (PRTM), que , se argumenta , se describe el algoritmo básico del neocórtex (la región del cerebro responsable de la percepción , la memoria y el pensamiento crítico) . En los capítulos que siguen describo cómo reciente investigación de la neurociencia , así como nuestros propios experimentos mentales , conduce a la ineludible conclusión de que este método se utiliza constantemente en la neocorteza . La implicación del PRTM combinado con la LOAR es que vamos a ser capaces de diseñar estos principios para ampliar enormemente los poderes de nuestra propia inteligencia .

De hecho, este proceso ya está en marcha . Hay cientos de tareas y actividades que anteriormente la única provincia de la inteligencia humana que ahora puede ser llevada a cabo por computadoras , por lo general con una mayor precisión y en una escala mucho mayor . Cada vez que envíe un mensaje de correo electrónico o conectar una llamada de teléfono celular, algoritmos inteligentes encaminan de manera óptima la información . Obtener un electrocardiograma, y se vuelve con un diagnóstico equipo que compite con la de los médicos . Lo mismo es cierto para las imágenes de células sanguíneas . Algoritmos inteligentes detectan automáticamente el fraude de tarjetas de crédito , volar y los aviones terrestres , sistemas de armas inteligentes de guía, ayudar a los productos de diseño con funciones inteligentes de diseño asistido por ordenador , realizar un seguimiento de los niveles de inventario justo a tiempo , ensamblar productos en las fábricas robotizadas , y jugar juegos como ajedrez e incluso el sutil juego de Go a nivel maestría.

Millones de personas fueron testigos de la computadora IBM llamado Watson jugar el juego de lenguaje natural de Jeopardy ! y obtener una puntuación superior a los dos mejores jugadores humanos en el mundo en su conjunto . Debe tenerse en cuenta que no sólo había leído Watson y " entender " el lenguaje sutil en la Jeopardy ! consulta

(que incluye fenómenos como los juegos de palabras y metáforas), pero obtiene el conocimiento que necesita para llegar a una respuesta por parte de la comprensión de cientos de millones de páginas de documentos en lenguaje natural como Wikipedia y otras enciclopedias por su cuenta. Tenía que dominar prácticamente todas las áreas de la actividad intelectual humana , incluyendo la historia , la ciencia , la literatura, las artes , la cultura , y más. IBM está trabajando con Nuance Speech Technologies (anteriormente Kurzweil Computer Products , mi primera empresa) en una nueva versión de Watson que leer literatura médica (esencialmente todas las revistas médicas y los principales blogs médicos) para convertirse en un diagnosticador maestro y consultor médico , el uso de las tecnologías del lenguaje comprensión clínica de Nuance . Algunos observadores han argumentado que Watson en realidad no "entender " el Jeopardy ! consultas o las enciclopedias que ha leído , ya que se acaba participando en el " análisis estadístico . " Un punto clave que describiré aquí es que las técnicas matemáticas que se han desarrollado en el campo de la inteligencia artificial (como los utilizados en Watson y Siri, el iPhone ayudante) son matemáticamente muy similar a los métodos que la biología evolucionó en la forma de la neocorteza . Si la comprensión del lenguaje y otros fenómenos a través del análisis estadístico no cuenta como verdadero entendimiento , entonces los humanos no entienden bien .

La capacidad de Watson para dominar inteligentemente el conocimiento en los documentos en lenguaje natural está llegando a un motor de búsqueda en su área, y pronto. La gente ya está hablando con sus teléfonos en lenguaje natural (a través de Siri , por ejemplo , que fue también contribuyó al por Nuance) . Estos asistentes de lenguaje natural se convertirá rápidamente más inteligente ya que utilizan más de los métodos de Watson como y como el propio Watson continúa mejorando .

Los coches de autoconducción de Google han registrado 200.000 millas en las ciudades ocupadas y las ciudades de California (una cifra que sin duda será mucho más alto en el momento en este libro salga a la venta real y virtual). Hay muchos otros ejemplos de la inteligencia artificial en el mundo de hoy , y mucho más en el horizonte.

Como ejemplos adicionales de la LOAR , la resolución espacial de exploración del cerebro y la cantidad de datos que estamos reuniendo en el cerebro se duplica cada año . También estamos demostrando que podemos convertir estos datos en los modelos de trabajo y simulaciones de las regiones del cerebro . Hemos tenido éxito en la ingeniería inversa de las funciones principales de la corteza auditiva , donde procesamos la información sobre el sonido , la corteza visual, donde se procesan la información de nuestra vista , y el cerebelo , donde hacemos una parte de nuestra formación de habilidades (como la captura de un elevado) .

El filo del proyecto para comprender , modelar y simular el cerebro humano es la ingeniería inversa de la neocorteza cerebral, donde hacemos nuestro pensamiento jerárquico recursiva. La corteza cerebral , que representa el 80 por ciento del cerebro humano , se compone de una estructura altamente repetitiva , permitiendo que los seres humanos para crear arbitrariamente estructuras complejas de las ideas .

En la teoría de reconocimiento de patrones de la mente , describo un modelo de cómo el cerebro humano alcanza esta capacidad crítica con una estructura muy inteligente

diseñado por la evolución biológica. Hay detalles de este mecanismo cortical que todavía no entendemos completamente , pero sabemos lo suficiente acerca de las funciones que necesita para llevar a cabo que podemos diseñar obstatante algoritmos que cumplen el mismo propósito. Al comenzar a comprender el neocortex , ahora estamos en condiciones de ampliar enormemente sus poderes , al igual que el mundo de la aviación se ha ampliado enormemente los poderes del principio de Bernoulli . El principio de funcionamiento del neocórtex es sin duda la idea más importante del mundo , ya que es capaz de representar a todos los conocimientos y capacidades, así como la creación de nuevos conocimientos. Es el neocórtex , después de todo, que ha sido responsable de todas las novelas , cada canción , cada cuadro , cada descubrimiento científico , y los demás productos múltiples del pensamiento humano. Hay una gran necesidad en el campo de la neurociencia para una teoría que vincula las observaciones muy dispares y extenso que se están reportando a diario . Una teoría unificada es un requisito fundamental en todas las áreas importantes de la ciencia. En el capítulo 1 Voy a describir cómo dos soñadores unificado biología y la física , los campos que antes parecían irremediabilmente desordenados y variadas y , a continuación, abordar cómo esta teoría se puede aplicar a los paisajes del cerebro. Hoy encontramos a menudo grandes fiestas de la complejidad del cerebro humano. Google vuelve a unos 30 millones de enlaces para una solicitud de búsqueda de citas sobre el tema. (Es imposible traducir esto en el número de citas reales está volviendo , sin embargo, como algunos de los sitios web vinculados tener varias citas , y algunos no tienen ninguno .) Propio James D. Watson escribió en 1992 que " el cerebro es el último y de frontera biológica más grande, lo más complejo que hayamos descubierto en nuestro universo. " Él va a explicar por qué cree que" contiene cientos de miles de millones de células vinculados entre sí a través de billones de conexiones. El cerebro perturba la mente . " 5

Estoy de acuerdo con el sentimiento de Watson sobre el cerebro del ser de la frontera biológica más grande, pero el hecho de que contiene muchos miles de millones de células y trillones de conexiones no significa necesariamente que su complejo principal método si podemos identificar patrones comprensibles (y recreable) en las células y las conexiones , especialmente masivamente redundante.

Pensemos en lo que significa ser compleja. Podríamos preguntarnos , es un complejo forestal ? La respuesta depende de la perspectiva que decide tomar . Usted podría tener en cuenta que hay muchos miles de árboles en el bosque y que cada uno es diferente . A continuación, puede pasar a notar que cada árbol tiene muchas ramas y que cada rama es completamente diferente . A continuación, puede proceder a describir los caprichos complicadas de una sola rama. Su conclusión podría ser que el bosque tiene una complejidad más allá de nuestra imaginación.

Sin embargo, este enfoque sería literalmente una falta de ver el bosque por los árboles. Ciertamente hay una gran variación fractal entre árboles y ramas , pero para entender correctamente los principios de un bosque que sería mejor empezar por la identificación de los distintos patrones de redundancia con estocástico (es decir , al azar) la variación que se encuentran allí. Sería justo decir que el concepto de un bosque es más simple que el concepto de un árbol.

Por lo tanto, es con el cerebro , que tiene una enorme redundancia similares ,

especialmente en la neocorteza . Como voy a describir en este libro , sería justo decir que hay más complejidad en una sola neurona que en la estructura general de la neocorteza .

Mi objetivo en este libro es, sin duda no agregar otra cita a los millones que ya existen en el que conste que la complejidad del cerebro , sino más bien de impresionar con el poder de su simplicidad. Lo haré con la descripción de cómo un ingenioso mecanismo básico para reconocer , recordar y predecir un patrón , que se repite en el neocórtex cientos de millones de veces, da cuenta de la gran diversidad de nuestro pensamiento. Al igual que una sorprendente diversidad de organismos se debe a las diferentes combinaciones de los valores del código genético que se encuentra en el ADN nuclear y mitocondrial , también lo hace un asombroso conjunto de ideas , pensamientos y habilidades formulario basado en los valores de los patrones (de las conexiones y la fuerza de las sinapsis) encontrados en y entre nuestros reconocedores de patrones neocorticales . Como neurocientífico del MIT Sebastian Seung dice: " La identidad no está en nuestros genes , sino en las conexiones entre las células cerebrales. " 6

Hay que distinguir entre la verdadera complejidad del diseño y la complejidad aparente. Consideremos el famoso conjunto de Mandelbrot , la imagen de la que ha sido durante mucho tiempo un símbolo de la complejidad. Para apreciar su aparente complicación , es útil para hacer zoom en la imagen (que se puede acceder a través de los enlaces en esta nota al final) 0.7 Existe complejidad infinita dentro de complejidad , y son siempre diferentes . Sin embargo, el diseño de la fórmula para el conjunto de Mandelbrot no podría ser más simple . Es seis caracteres de longitud : $Z = Z^2 + C$, en la que Z es un número " complejo " (es decir, un par de números) y C es una constante . No es necesario para comprender plenamente la función de Mandelbrot para ver que es simple. Esta fórmula se aplica iterativamente y en cada nivel de la jerarquía . Lo mismo es cierto del cerebro . Su estructura de repetición no es tan simple como la de la fórmula de seis caracteres del conjunto de Mandelbrot , pero no es tan complejo como los millones de citas en la complejidad del cerebro sugieren . Este diseño neocortical se repite una y otra vez en cada nivel de la jerarquía conceptual que representa el neocórtex . Einstein articuló mis objetivos en este libro bien cuando dijo que "cualquier tonto inteligente puede hacer cosas más grandes y más complejas ... pero se necesita ... mucho coraje para moverse en la dirección opuesta. "

Una vista de la pantalla del conjunto de Mandelbrot , una simple fórmula que se aplica iterativamente . A medida que se acerca la imagen en la pantalla, las imágenes cambian constantemente de forma aparentemente complejas.

Hasta ahora he estado hablando sobre el cerebro . Pero ¿qué pasa con la mente ? Por ejemplo , ¿cómo hace un neocórtex de resolución de problemas alcanzan la conciencia? Y ya que estamos en el tema , sólo cuántas mentes conscientes tenemos en nuestro cerebro ? Hay evidencia de que sugiere que puede haber más de uno. Otra pregunta pertinente acerca de la mente es , ¿qué es el libre albedrío, y no lo tenemos ? Hay experimentos que parecen demostrar que empezamos la implementación de nuestras decisiones antes de que seamos conscientes de que les hemos hecho . ¿Eso significa que el libre albedrío es una ilusión ?

Por último , ¿qué atributos de nuestro cerebro son las responsables de la formación de nuestra identidad ? ¿Soy la misma persona que fue hace seis meses? Es evidente que no soy exactamente la misma que yo era entonces, pero puedo tener la misma identidad?

Revisaremos lo que la teoría de reconocimiento de patrones de la mente implica sobre estas antiguas preguntas.

CAPÍTULO 1

EXPERIMENTOS DE PENSAMIENTO EN EL MUNDO

Teoría de la selección natural de Darwin llegó muy tarde en la historia del pensamiento .

¿Se retrasó porque se oponía a la verdad revelada, porque era un nuevo tema en la historia de la ciencia, porque era la única característica de los seres vivos , o por tratarse de efectos y causas finales sin postular un acto de creación ?

No lo creo. Darwin simplemente descubrió el papel de la selección , una especie de causalidad muy diferente de los mecanismos de inserciónextracción de la ciencia hasta ese momento . El origen de una fantástica variedad de seres vivos puede ser explicado por la contribución de los cuales nuevas características, posiblemente de procedencia azar, llegó a la supervivencia. Había poco o nada en la ciencia física o biológica que anunciaba la selección como principio causal. B. F. Skinner

Nada es sagrado en el pasado, pero la integridad de su propia mente. Ralph Waldo Emerson

Una metáfora de la Geología

En los primeros geólogos del siglo XIX meditado una pregunta fundamental. Grandes cavernas y cañones , como el Gran Cañón en Estados Unidos y Vikos Gorge en Grecia (informes, el cañón más profundo del mundo), existían en todo el mundo.

¿Cómo estas majestuosas formaciones llegaron allí?

Invariablemente, había una corriente de agua que apareció de aprovechar la oportunidad de curso a través de estas estructuras naturales , pero antes de la segunda mitad del siglo XIX, le había parecido absurdo que estos flujos suaves podrían ser el creador de grandes valles y acantilados. Geólogo británico Charles Lyell (1797 1875), sin embargo , propuso que en verdad era el movimiento del agua que se había labrado estas importantes modificaciones geológicas durante grandes períodos de tiempo, esencialmente, un grano de la roca a la vez. Esta propuesta fue inicialmente reunió con el ridículo , pero dentro de dos décadas la tesis de Lyell lograr la aceptación general .

A una persona que estaba observando cuidadosamente la respuesta de la comunidad científica a la tesis radical de Lyell era naturalista Inglés Charles Darwin (18091882) . Tenga en cuenta la situación en torno a la biología 1850. El campo era infinitamente complejo , frente a un sinnúmero de especies de animales y plantas, cualquiera de los cuales presenta una gran complejidad . En todo caso , la mayoría de los científicos

resistieron cualquier intento de proporcionar una teoría unificadora de variación deslumbrante de la naturaleza . Esta diversidad fue un testimonio de la gloria de la creación de Dios , por no mencionar a la inteligencia de los científicos que eran capaces de dominarlo . Darwin abordó el problema de la elaboración de una teoría general de las especies , haciendo una analogía con la tesis de Lyell para dar cuenta de los cambios graduales en las características de la especie a lo largo de muchas generaciones . Combinó este conocimiento con sus propios experimentos mentales y observaciones en su famoso viaje del Beagle . Darwin argumentó que en cada generación los individuos que mejor puedan sobrevivir en su nicho ecológico serían los individuos para crear la próxima generación.

El 22 de noviembre de 1859, el libro de Darwin El origen de las Especies salió a la venta , y en ella dejó en claro su deuda con Lyell :

Soy muy consciente de que esta doctrina de la selección natural , ejemplificado en los casos imaginarios anteriores, está abierta a las mismas objeciones que se instó al primer lugar de las nobles ideas de Sir Charles Lyell sobre " los cambios modernos de la tierra, como ilustrativos de la geología " ; pero ahora rara vez escuchamos la acción , por ejemplo, de la costa ondas llamadas un trivial e insignificante causa, cuando se aplica a la excavación de valles gigantescos o en la formación de las líneas más largas de los acantilados hacia el interior. La selección natural puede actuar sólo por la preservación y la acumulación de infinitesimalmente pequeñas modificaciones heredadas , cada rentables al ser conservado , y como la geología moderna casi ha desterrado tales puntos de vista como la excavación de un gran valle por una sola onda diluvial , también lo hará la selección natural , si es un principio verdadero , desterrar la creencia de la creación continua de nuevos seres orgánicos o de cualquier gran y repentina modificación en su estructura.¹

Charles Darwin , autor de El Origen de las Especies , que estableció la idea de la evolución biológica .

Siempre hay varias razones por las grandes ideas se resistieron , y no es difícil identificarlos en caso de Darwin. Eso nos bajamos no de Dios , sino de monos , y antes de eso , los gusanos , no le cayó bien a muchos comentaristas . La implicación de que nuestro perro era nuestro primo, al igual que la oruga, por no hablar de la planta que entró en (una millonésima o billonésima primo, tal vez, pero aún relacionado) , parecía una blasfemia para muchos.

Sin embargo, la idea echó raíces rápidamente , ya que daba coherencia a lo que había sido antes una gran cantidad de observaciones aparentemente no relacionadas. En 1872 , con la publicación de la sexta edición de El origen de las especies, Darwin añade el siguiente pasaje: "Como un registro de un antiguo estado de cosas , he conservado en los párrafos anteriores ... varias frases que implican que los naturalistas creen en la creación independiente de cada especie , y me han sido muy censurado por haber expresado lo mismo. Pero , sin duda, esta fue la creencia general de que la primera edición de esta obra apareció Ahora las cosas están totalmente cambiados, y casi todos los naturalistas admite el gran principio de la evolución. " ² Durante el siglo siguiente idea unificadora de Darwin hizo más profundo. En 1869 , sólo diez años después de la publicación original de El Origen de las Especies ,

médico suizo Friedrich Miescher (1844-1895) descubrió una sustancia que llamó " nuclein " en el núcleo de la célula , lo que resultó ser DNA.³ En 1927 Rusia biólogo Nikolai Koltsov (1872-1940) describió lo que llamó una "molécula hereditaria gigante", y dijo que estaba compuesto por " dos cadenas espejo que replicar de manera semi conservador con cada hebra como molde. " Su descubrimiento fue también condenado por muchos. Los comunistas consideran que sea la propaganda fascista , y su repentina e inesperada muerte se ha atribuido a la policía secreta de la Unión Soviética Union.⁴ En 1953 , casi un siglo después de la publicación del libro seminal de Darwin , el biólogo estadounidense James D. Watson (nacido en 1928) y el Inglés biólogo Francis Crick (1916-2004) proporcionó la primera caracterización precisa de la estructura del ADN , y lo describió como una doble hélice de dos largos torsión molecules.⁵ vale la pena señalar que su hallazgo se basa en lo que es ahora conocido como " foto 51 " , adoptada por su colega Rosalind Franklin utilizando cristalografía de rayos X , que fue la primera representación que mostraba la doble hélice. Teniendo en cuenta los conocimientos derivados de la imagen de Franklin , se ha sugerido que debería haber compartido en Watson y Crick Nobel Prize.⁶

Rosalind Franklin tomó la imagen crítica de ADN (utilizando cristalografía de rayos X) que permitió Watson y Crick para describir con precisión la estructura del ADN por primera vez .

Con la descripción de una molécula que podría codificar el programa de la biología , una teoría unificadora de la biología era ahora firmemente en su lugar . Se proporciona una base sencilla y elegante de toda la vida . Dependiendo sólo de los valores de los pares de bases que componen las hebras de ADN en el núcleo (y en menor grado la mitocondria) , un organismo sería madurar en una brizna de hierba o un ser humano . Esta visión no eliminó la encantadora diversidad de la naturaleza , pero ahora entiendo que la extraordinaria diversidad de la naturaleza se debe a la gran variedad de estructuras que pueden ser codificadas en esta molécula universal.

Montar en un haz de luz.

A principios del siglo XX, el mundo de la física se volcó a través de otra serie de experimentos mentales . En 1879 nació un niño a un ingeniero alemán y un ama de casa . Él no empezó a hablar hasta los tres años, y se informó que han tenido problemas en la escuela a la edad de nueve años. A los dieciséis años estaba soñando despierto acerca de montar en un rayo de luna .

Este joven era consciente de Inglés matemático Thomas Young (1773-1829) experimento en 1803 que estableció que la luz está compuesta de ondas . La conclusión en ese momento fue que las ondas de luz debe viajar a través de algún tipo de medio , después de todo , las olas del mar viajaron a través del agua y las ondas de sonido viajado a través del aire y otros materiales. Los científicos llaman el medio a través del cual las ondas de luz viajan por el " éter. " El chico también estaba al tanto del experimento 1887 por científicos estadounidense Albert Michelson (1852-1931) y Edward Morley (1838-1923), que trató de confirmar la existencia del éter . Ese experimento se basaba en la analogía de viajar en un bote de remos hacia arriba y aguas abajo en un río. Si vas a navegar a una velocidad fija , entonces su velocidad , medida desde la costa será más rápido si usted está remando con la

corriente en lugar de ir en contra de ella . Michelson y Morley supone que la luz viajaba a través del éter a una velocidad constante (es decir, a la velocidad de la luz) . Pensaron que la velocidad de la luz solar cuando la Tierra se desplaza hacia el sol en su órbita (medido desde nuestro punto de vista en la Tierra) versus su velocidad aparente cuando la Tierra se desplaza lejos del sol debe ser diferente (el doble de la velocidad de la Tierra) . Demostrando que confirmaría la existencia del éter . Sin embargo , lo que se descubrió fue que no hubo ninguna diferencia en la velocidad de la luz del sol pasando a tierra independientemente de donde la Tierra estaba en su órbita . Sus resultados refutaron la idea del " éter " , pero lo que realmente estaba pasando ? Este fue un misterio durante casi dos décadas.

Como este adolescente alemán imaginó a caballo junto a una onda de luz , pensó que debía estar viendo las ondas de luz congelada , de la misma forma que un tren parece no estar avanzando si usted montó junto a la misma velocidad que el tren. Sin embargo, se dio cuenta de que eso era imposible , ya que la velocidad de la luz se supone que es constante, independientemente de su propio movimiento. Así que él se imaginaba en lugar de montar junto con el haz de luz , pero a una velocidad algo más lenta . ¿Y si viaja a 90 por ciento de la velocidad de la luz ? Si haces de luz son como los trenes , razonó, entonces debe ver el haz de luz que viaja por delante de él en el 10 por ciento de la velocidad de la luz . En efecto , que tendría que ser lo que los observadores en la Tierra vería . Pero sabemos que la velocidad de la luz es una constante , ya que el experimento de Michelson Morley había mostrado. Así que necesariamente ver el haz de luz que viaja por delante de él a toda la velocidad de la luz. Esto parecía una contradicción: ¿cómo puede ser posible?

La respuesta se hizo evidente que el niño alemán , cuyo nombre , por cierto, fue Albert Einstein (1879-1955) , por el momento en que cumplió veintiséis años. Obviamente a joven maestro Einstein tiempo debe haber ralentizado por él. Explica su razonamiento en un artículo publicado en 1905.⁷ Si los observadores en la Tierra fueron a mirar el reloj del joven que lo verían marcando diez veces más lento . En efecto , a su regreso a la Tierra, el reloj mostrará que sólo el 10 por ciento de lo que había pasado el tiempo (ignorando , por el momento , la aceleración y deceleración) . Desde su perspectiva , sin embargo , el reloj seguía corriendo normalmente y el haz de luz al lado de él estaba viajando a la velocidad de la luz. El diez veces desaceleración de la velocidad del tiempo en sí (en relación con los relojes de la Tierra) explica plenamente las aparentes discrepancias en perspectiva. En el extremo, la desaceleración en el paso del tiempo llegaría a cero una vez que la velocidad de desplazamiento alcanza la velocidad de la luz , por lo que era imposible de montar junto con el haz de luz. Aunque era imposible viajar a la velocidad de la luz, que resultó no ser teóricamente imposible moverse más rápido que el rayo de luz . El tiempo se mueva hacia atrás.

Esta resolución parecía absurdo a muchos críticos tempranos. ¿Cómo podría el propio tiempo lento, basado sólo en la velocidad de movimiento de una persona ? En efecto , durante dieciocho años (desde el momento del experimento de Michelson Morley) , otros pensadores habían sido incapaces de ver la conclusión de que era tan obvio para Maestro Einstein.

Los muchos otros que se habían planteado este problema a través de la última parte del siglo XIX habían esencialmente " caído del caballo " en términos de dar seguimiento a las consecuencias de un principio , en lugar de apegarse a sus nociones preconcebidas de cómo la realidad tiene que trabajar . (Probablemente debería cambiar esa metáfora para " caído del haz de luz. ")

Segundo experimento mental de Einstein fue considerar a sí mismo y su hermano volando por el espacio . Son 186 mil millas de distancia. Einstein quiere avanzar más rápido, pero también desea mantener la distancia entre ellos de la misma . Así que se señala a su hermano con una linterna cada vez que se quiere acelerar . Desde que sabe que va a tomar un segundo para que la señal para llegar a su hermano, espera un segundo (después de enviar la señal) para iniciar su propia aceleración. Cada vez que el hermano recibe la señal que acelera inmediatamente. De esta manera los dos hermanos aceleran exactamente en el mismo tiempo y por lo tanto se mantienen una distancia constante aparte . Pero consideremos ahora lo que veríamos si estuviéramos en la Tierra. Si los hermanos se estaban alejando de nosotros (con Albert a la cabeza) , parece tener menos de un segundo para que la luz para llegar al hermano, porque él está viajando hacia la luz. También veríamos reloj hermano de Albert ' s como disminuir la velocidad (como su velocidad aumenta a medida que se acerca más a nosotros). Por ambas razones nos gustaría ver a los dos hermanos cada vez más cerca y eventualmente chocar . Sin embargo, desde la perspectiva de los dos hermanos , siguen siendo una constante de 186,000 millas de distancia.

¿Cómo puede ser esto? La respuesta obviamente es que las distancias de contrato paralelo al movimiento (pero no perpendicular a ella) . Así que los dos hermanos Einstein son cada vez más cortos (suponiendo que están volando de cabeza) a medida que se vuelven más rápidos . Esta extraña conclusión de Einstein probablemente perdió más tempranos seguidores de que la diferencia en el paso del tiempo .

Durante el mismo año , Einstein consideró la relación de la materia y energía con otro experimento mental. Físico escocés James Clerk Maxwell demostró en 1850 que las partículas de luz llamadas fotones tenían masa, pero , sin embargo, el impulso realizado . Cuando era niño tuve un aparato llamado radiómetro de Crookes , 8, que consistía en una ampolla de vidrio hermética que contiene un vacío parcial y un conjunto de cuatro aspas que giraban sobre un eje . Las paletas eran blancos en un lado y negro en el otro . El lado blanco de cada paleta refleja la luz, y la luz absorbida lado negro . (Es por eso que es más fresco a llevar una camiseta blanca en un día caluroso que uno negro .

) Cuando una luz se brilló en el dispositivo, las aspas giran , con los lados oscuros alejarse de la luz. Esto es una demostración directa de que los fotones llevan el impulso suficiente para hacer que realmente las aspas del radiómetro de move.⁹

La cuestión que Einstein luchó con es que el momento es una función de la masa : Momentum es igual a masa por velocidad . Así, una locomotora que viaja a 30 millas por hora tiene mucho más ritmo que, por ejemplo , un insecto que viaja a la misma velocidad. ¿Cómo , entonces, podría ser un impulso positivo para una partícula con masa cero ? Experimento mental de Einstein consistía en una caja flotando en el espacio. Un fotón es emitido dentro de la caja desde la izquierda, hacia el lado

derecho . La cantidad de movimiento total del sistema tiene que ser conservado , por lo que el cuadro tendría que retroceso hacia la izquierda cuando se emite el fotón . Después de una cierta cantidad de tiempo , los fotones choca con el lado derecho de la caja , la transferencia de su impulso de nuevo a la caja. La cantidad de movimiento total del sistema se conserva otra vez , por lo que el cuadro de ahora deja de moverse .

Un radiómetro de Crookes , la paleta con cuatro alas gira cuando la luz incide sobre él. Hasta aquí todo bien . Pero tenga en cuenta la perspectiva desde el punto de Sr. Einstein , que está mirando la caja desde el exterior vista. Él no ve ninguna influencia externa en la caja : No hay partículas con o sin masa golpearlo , y nada sale de ella. Sin embargo, el Sr. Einstein , de acuerdo con el escenario anterior, ve al cuadro de mover temporalmente a la izquierda y luego se detiene . De acuerdo con nuestro análisis, cada fotón debe moverse de forma permanente la casilla de la izquierda. Dado que no se han producido efectos externos en la caja o de la caja, su centro de masa debe permanecer en el mismo lugar . Sin embargo, el fotón dentro de la caja , que se mueve de izquierda a derecha , no puede cambiar el centro de gravedad , ya que no tiene masa .

O lo hace? La conclusión de Einstein fue que, dado que el fotón tiene claramente la energía, y tiene el impulso, sino que también debe tener una masa equivalente . La energía del fotón en movimiento es totalmente equivalente a una masa móvil . Podemos calcular lo que la equivalencia es mediante el reconocimiento de que el centro de masa del sistema debe permanecer estacionaria durante el movimiento del fotón . La elaboración de las matemáticas , Einstein demostró que la masa y la energía son equivalentes y están relacionadas por una simple constante. Sin embargo, había un problema: La constante puede ser simple, pero resultó ser enorme , era la velocidad de la luz al cuadrado (aproximadamente $1,7 \times 10^{17}$ metros² por segundo² , es decir, 17 seguido de 16 ceros) . Por lo tanto tenemos famosa de Einstein $E = mc^2$. 10 tanto una onza (28 gramos) de masa es equivalente a 600 mil toneladas de TNT. La carta de Einstein , de 2 de agosto de 1939, el presidente Roosevelt le informaba de la posibilidad de una bomba atómica sobre la base de esta fórmula marcó el comienzo de la atómica age.¹¹

Se podría pensar que esto debería haber sido evidente antes, dado que los experimentadores habían dado cuenta de que la masa de las sustancias radiactivas se redujo como resultado de la radiación con el tiempo . Se supone , sin embargo , que las sustancias radiactivas contenían un combustible de alta energía especial de algún tipo que se quemando . Este supuesto no es todo malo , es sólo que el combustible que se estaba " quemado " era simplemente masiva.

Hay varias razones por las que han abierto este libro con Darwin y experimentos de la mente de Einstein. En primer lugar , muestran el extraordinario poder del cerebro humano . Sin ningún equipo en absoluto que no sea un lápiz y papel para dibujar las figuras de palo en estos experimentos mentales simples y escribir las ecuaciones bastante simples que se derivan de ellos, Einstein fue capaz de derrocar a la comprensión del mundo físico que se remonta dos siglos , una profunda influencia en el curso de la historia (incluyendo la Segunda Guerra Mundial), y marcar el comienzo de la era nuclear.

Es cierto que Einstein se basó en algunos de los resultados experimentales del siglo XIX , aunque estos experimentos también no usan equipo sofisticado. También es cierto que la posterior validación experimental de las teorías de Einstein ha utilizado tecnologías avanzadas , y si éstas no se había desarrollado lo no tendría la validación que poseemos hoy que las ideas de Einstein son auténticos y significativos. Sin embargo, estos factores no altera el hecho de que estos experimentos mentales famosos revelan el poder del pensamiento humano en su máxima expresión . Einstein es ampliamente considerado como el principal científico del siglo XX (y Darwin sería un buen candidato para ese honor en el siglo XIX) , pero las matemáticas que subyacen en sus teorías es en última instancia, no es muy complicado. Los mismos experimentos mentales eran sencillas. Podríamos preguntarnos , entonces, en qué sentido podría Einstein se considera particularmente inteligente. Hablaremos más adelante exactamente qué era lo que estaba haciendo con su cerebro cuando subía con sus teorías , y donde reside esa calidad. Por el contrario , esta historia también demuestra las limitaciones del pensamiento humano. Einstein fue capaz de montar su haz de luz sin que se caiga (aunque llegó a la conclusión de que era imposible de montar en realidad un haz de luz), pero cuántos miles de otros observadores y pensadores eran completamente incapaces de pensar a través de estos ejercicios muy complicados ? Una falla común es la dificultad que la mayoría de la gente tiene en los descartes y trascender las ideas y puntos de vista de sus compañeros. Hay otras deficiencias , así que vamos a discutir con más detalle después de haber examinado el funcionamiento del neocórtex .

Un modelo unificado de la Neocorteza

La razón más importante que estoy compartiendo lo que son quizás los más famosos experimentos del pensamiento en la historia es como una introducción al uso del mismo enfoque con respecto al cerebro. Como se puede ver , se puede obtener muy lejos de entender cómo funciona la inteligencia humana a través de algunos experimentos mentales simples de la nuestra. Considerando el asunto en cuestión , los experimentos mentales deberían ser un enfoque muy apropiado.

Si los pensamientos ociosos de un joven y el uso de ningún equipo que no sea la pluma y el papel eran suficientes para revolucionar nuestra comprensión de la física , entonces deberíamos ser capaces de hacer un progreso razonable de un fenómeno con el que estamos más familiarizados . Después de todo , experimentamos nuestro pensamiento cada momento de nuestras vidas y despertar nuestra vida soñando también.

Después se construye un modelo de cómo funciona pensamiento a través de este proceso de auto reflexión, vamos a examinar en qué medida se puede afirmar que a través de las últimas observaciones de los cerebros reales y el estado del arte en la recreación de estos procesos en las máquinas .

CAPÍTULO 2

Experimentos mentales en el pensamiento

Muy rara vez pienso en las palabras en absoluto. Un pensamiento viene , y puedo tratar de expresarlo en palabras después. Albert Einstein

El cerebro es una masa de tres libras que puede tener en la mano que puede concebir un universo de cientos de millones de años luz de diámetro.
Marian Diamond

Lo que parece sorprendente es que un mero objeto de tres libras , hecha de los mismos átomos que constituyen todo lo demás bajo el sol , es capaz de dirigir prácticamente todo lo que los seres humanos han hecho : volar a la luna y conectar jonrones setenta , escribiendo Hamlet y construcción el Taj Mahal , incluso abrir los secretos del cerebro mismo . Joel Havemann

Empecé a pensar sobre el pensamiento en torno a 1960, el mismo año en que descubrí el ordenador. Usted sería muy difícil hoy en día encontrar una niña de doce años de edad, que no utiliza un ordenador , pero en aquel entonces había sólo un puñado de ellos en mi ciudad natal de la ciudad de Nueva York. Por supuesto, estos dispositivos tempranos no cabían en la mano , y lo primero que me dieron acceso a ocupaban una habitación grande. A principios de 1960 me hice un poco de programación en un IBM 1620 para hacer los análisis de varianza (una prueba estadística) en la que habían sido recogidas por el estudio de un programa para la educación de la primera infancia , un precursor de Head Start. Por lo tanto existe una considerable teatro que participan en el esfuerzo, ya que el destino de esta iniciativa educativa nacional montó en nuestro trabajo. Los algoritmos y datos analizados fueron lo suficientemente complejo que no hemos sido capaces de anticiparse a lo que responde el equipo podría llegar a. Las respuestas fueron , por supuesto , determinados por los datos, pero no eran previsibles. Resulta que la distinción entre ser determinado y ser predecible es un año importante , a la que volveré . Recuerdo la emoción que sentí cuando las luces del panel frontal se apagaron justo antes de que el algoritmo terminado sus deliberaciones, como si el equipo fuera sumida en sus pensamientos . Cuando la gente venía por, ansioso por el siguiente conjunto de resultados, me gustaría señalar que las luces suavemente y decir: " Está pensando. " Este tanto fue y no fue una broma , realmente parecía estar contemplando las respuestas y los funcionarios comenzaron a atribuirle una personalidad a la máquina. Fue un anthropomorphization , tal vez, pero lo hizo hacerme empezar a considerar seriamente la relación entre el pensamiento y la informática . A fin de evaluar el grado en que mi propio cerebro es similar a los programas de ordenador que estaba familiarizado , me puse a pensar en lo que mi cerebro debe estar haciendo , ya que procesa la información . He seguido esta investigación desde hace cincuenta años. Lo que voy a describir a continuación acerca de nuestra actual comprensión de cómo funciona el cerebro sonará muy diferente al concepto estándar de un ordenador. Fundamentalmente.

Sin embargo , el cerebro hace almacenar y procesar información, y debido a la universalidad de la computación , un concepto al que también me volveré hay más de un paralelismo entre el cerebro y las computadoras que pueden ser evidentes . Cada vez que hago algo o pensar en algo si es cepillarse los dientes, caminando a través de la cocina, contemplando un problema de negocios , practicando en un teclado musical , o de presentar una nueva idea, que reflexionar sobre la forma en que pude lograrlo. Creo aún más acerca de todas las cosas que yo no soy capaz de hacer, ya que las limitaciones del pensamiento humano proporcionan un conjunto tan importante de pistas. Pensar mucho sobre el pensamiento podría muy bien ser yo desacelerando , pero he sido la esperanza de que este tipo de ejercicios en la auto reflexión me permitirán refinar mis métodos mentales .

Para elevar nuestra conciencia de cómo funcionan nuestros cerebros , vamos a considerar una serie de experimentos de la mente . Prueba esto: Recitar el alfabeto . Probablemente recuerde esto desde la infancia y puede hacerlo con facilidad. Bien, ahora intente esto: recitar el alfabeto al revés.

A menos que usted ha estudiado el alfabeto en este orden, es probable que les resulta imposible hacerlo . De vez en cuando alguien que ha pasado una cantidad significativa de tiempo en un aula de la escuela primaria donde se muestra el alfabeto será capaz de acceder a su memoria visual y luego leerlo al revés de eso. Aunque esto es difícil, sin embargo, porque en realidad no recordamos las imágenes completas . Recitar el alfabeto hacia atrás debe ser una tarea sencilla, ya que implica exactamente la misma información que recitarlo hacia adelante, sin embargo, son generalmente incapaces de hacerlo.

¿Te acuerdas de tu número de seguro social? Si lo hace, puede recitarlo atrás sin primero escribirlo ? ¿Qué hay de la canción infantil " Mary Had a Little Lamb "? Las computadoras pueden hacerlo trivial . Sin embargo, no somos capaces de que si no aprendemos concretamente la secuencia hacia atrás cuando una nueva serie. Esto nos dice algo importante acerca de cómo está organizada la memoria humana.

Por supuesto , somos capaces de realizar esta tarea con facilidad si escribimos la secuencia y luego leerlo al revés. De este modo estamos utilizando un lenguaje a la tecnología escrita compensar una de las limitaciones de nuestro pensamiento sin ayuda , aunque sea una herramienta muy temprano . (Era nuestra segunda invención, con el lenguaje hablado como el primero.) Por eso inventamos herramientas para compensar nuestras carencias .

Esto sugiere que los recuerdos son secuenciales y en orden. Puede acceder a ellos en el orden en que se recuerdan . No somos capaces de invertir directamente en la secuencia de una memoria.

También tenemos un poco de dificultad para iniciar una memoria en la mitad de una secuencia . Si aprendo a tocar una pieza de música en el piano , por lo general no puedo simplemente comenzarlo en un punto arbitrario en el medio. Hay algunos puntos en los que me puedo saltar, porque mi memoria secuencial de la obra está organizada en segmentos.

Si trato de empezar en el medio de un segmento, sin embargo, tengo que volver a la lectura a primera vista hasta que mi memoria secuencial patadas pulg

A continuación, intente esto: Recuperar un paseo que ha tomado en el último día o

dos. ¿Qué recuerdas de eso? Este experimento mente funciona mejor si se toma un paseo muy recientemente, como el día de hoy y de ayer. (También puede sustituir una unidad, o básicamente cualquier actividad en la que se mudó al otro lado de un terreno.) Es probable que usted no recuerda mucho de la experiencia. ¿Quién fue la quinta persona con la que se encontró con (y no sólo como gente que usted conoce) ? ¿Has visto un roble ? Un buzón de correo? ¿Qué viste cuando encendió la primera curva ? Si ha pasado algunas tiendas , lo que estaba en la segunda ventana ? Tal vez usted puede reconstruir las respuestas a algunas de estas preguntas de las pocas pistas que me acuerdo , pero es probable que usted recuerde relativamente pocos detalles , aunque se trata de una experiencia muy reciente.

Si usted toma camina regularmente , piense de nuevo a la primera caminata que tomó el mes pasado (o el primer viaje a la oficina el mes pasado , si usted conmuta) . Es probable que no pueda recordar el paseo o viaje específico en absoluto, y si lo hace, sin duda, recordar aún menos información sobre ella que sobre su pie en la actualidad.

Después voy a discutir el tema de la conciencia y hacer el punto de que tendemos a equiparar conciencia con la memoria de los acontecimientos. La razón principal por la que creemos que no somos conscientes cuando bajo anestesia es que no recordamos nada de ese periodo (aunque hay excepciones inquietante intriga y para esto) . Así, con respecto a la caminata que tomé esta mañana, yo no estaba consciente durante la mayor parte de él? Es una pregunta razonable , dado que recuerdo casi nada de lo que he visto , o incluso lo que estaba pensando.

Sucede que hay algunas cosas que recuerdo de mi paseo esta mañana. Recuerdo haber pensado acerca de este libro , pero no podía decir exactamente cuáles eran esos pensamientos. También recuerdo que pasa una mujer empujando un cochecito de bebé. Recuerdo que la mujer era atractiva, y que el bebé era lindo también. Recuerdo dos pensamientos que tenía en relación con esta experiencia: Este bebé es adorable, como mi nuevo nieto , y lo que es este bebé percibe en su entorno visual ? No puedo recordar lo que uno de ellos llevaba o el color de su cabello. (Mi esposa le dirá que eso es típico.) Aunque soy incapaz de describir algo específico sobre su aspecto , tengo un sentido inefable de lo que la madre y parecía creer que podía escoger su foto entre los de varios diferentes mujeres. Así, mientras que debe haber algo en su aspecto que he conservado en mi memoria, si pienso en la mujer , carro de bebé , y el bebé, no puedo visualizarlos . No hay ninguna fotografía o video de este evento en mi mente. Es difícil describir exactamente lo que está en mi mente acerca de esta experiencia.

También recuerdo haber pasado una mujer diferente con un cochecito de bebé en una caminata de unas pocas semanas antes. En ese caso, no creo que ni siquiera pude reconocer la imagen de esa mujer. Ese recuerdo ahora es mucho más débil de lo que debe haber sido poco después de ese paseo .

Luego, piensa en las personas que usted haya encontrado una o dos veces . Puedes visualizar con claridad ? Si usted es un artista visual, entonces usted puede haber aprendido esta habilidad de observación, pero por lo general no somos capaces de visualizar personas que hemos sólo casualmente encontramos con dibujar o describirlos suficientemente pero tendría poca dificultad en el reconocimiento de una

foto de ellos .

Esto sugiere que no hay imágenes , vídeos o grabaciones de sonido almacenados en el cerebro. Nuestros recuerdos se almacenan como secuencias de patrones . Recuerdos que no se tiene acceso tenue con el tiempo . Cuando retrato robot entrevista artistas víctima de un crimen , no preguntan , " ¿Qué hicieron las cejas del perpetrador ' s parecen? " Más bien, se mostrarán una serie de imágenes de las cejas y pedir a la víctima que elija uno. El conjunto correcto de las cejas se disparará el reconocimiento del mismo patrón que se almacena en la memoria de la víctima . Consideremos ahora las caras que usted conoce bien . ¿Se puede reconocer alguna de estas personas ?

Usted es , sin duda, capaz de reconocer estas personalidades conocidas , a pesar de que son parcialmente cubierta o falseada . Esto representa una fortaleza clave de la percepción humana : Podemos reconocer un patrón , incluso si sólo una parte de ella se percibe (ver, oír , sentir) e incluso si contiene modificaciones . Nuestra capacidad de reconocimiento es aparentemente capaz de detectar rasgos invariantes de un patrón , características que sobreviven a las variaciones de la vida real . Las distorsiones en una caricatura o , en ciertas formas de arte como el impresionismo enfatizan los patrones de una imagen (persona, objeto) que reconocemos al cambiar otros detalles. El mundo del arte es en realidad la cabeza del mundo de la ciencia en apreciar el poder del ser humano sistema perceptivo . Utilizamos el mismo enfoque cuando se reconoce una melodía de sólo unas pocas notas . Ahora considere esta imagen :

La imagen es ambigua : la esquina indicada por la región de negro puede ser una esquina interior o un esquina exterior . Al principio es probable que se perciba de una manera u otra , aunque con un poco de esfuerzo usted puede cambiar su percepción de la interpretación alterna. Una vez que su mente se ha fijado en el conocimiento , sin embargo , puede ser difícil ver el otro punto de vista . (Esto resulta ser cierto de perspectivas intelectuales también.) La interpretación de su cerebro de la imagen realmente influye en su experiencia de ella. Cuando la esquina parece ser una dentro de uno , el cerebro interpretará la región gris como una sombra , por lo que no parece ser lo más oscuro al interpretar la parte de ser un fuera de uno .

Por lo tanto nuestra experiencia consciente de nuestras percepciones es realmente cambiar nuestras interpretaciones .

Considere que vemos lo que esperamos

Estoy seguro de que se haya podido completar la frase anterior .

Si yo hubiera escrito la última palabra , que habría necesitado sólo para echarle una ojeada momentánea para confirmar que era lo que había esperado .

Esto implica que estamos prediciendo constantemente el futuro y formular hipótesis que vamos a experimentar . Esta expectativa influye en lo que realmente percibimos. Predecir el futuro es en realidad la principal razón que tenemos un cerebro.

Considere la posibilidad de una experiencia que todos tenemos de forma regular : Un recuerdo de hace años aparece inexplicablemente en su cabeza.

A menudo, este será un recuerdo de una persona o un acontecimiento que no se ha pensado durante mucho tiempo. Es evidente que algo ha desencadenado la memoria .

El tren de pensamiento que lo hizo puede ser evidente y algo que es capaz de articular. En otras ocasiones, es de su conocimiento de la secuencia de pensamientos que llevaron a la memoria, pero podría tener dificultades para expresarlo. A menudo, el gatillo se pierde rápidamente, por lo que la memoria parece haber surgido de la nada. A menudo experimentan estos recuerdos al azar al hacer los procedimientos de rutina, como cepillarse los dientes. A veces puedo ser consciente de la conexión en la pasta de dientes se caiga el cepillo de dientes me podría recordar la pintura caerse de un pincel en una clase de pintura que tomé en la universidad. A veces sólo tengo una vaga sensación de la conexión, o ninguno en absoluto.

Un fenómeno relacionado que todos experimentamos con frecuencia está tratando de pensar en un nombre o una palabra. El procedimiento que utilizamos en esta circunstancia es tratar de recordar de los desencadenantes que pueden desbloquear la memoria. (Por ejemplo : . ¿Quién juega Reina Padmé en La Venganza de los Sith Vamos a ver, es que la misma actriz que fue la estrella en una reciente película oscura sobre el baile, que fue Cisne Negro, oh sí, Natalie Portman) A veces adoptamos mnemotécnicos idiosincrásicos para ayudarnos a recordar. (Por ejemplo : Ella siempre delgado, no gordo, oh sí, Portman, Natalie Portman.) Algunos de nuestros recuerdos son lo suficientemente consistentes que podemos ir directamente a una pregunta (por ejemplo, quién jugó Reina Padmé) para la respuesta, a menudo tenemos que pasar por una serie de factores desencadenantes hasta encontrar uno que funcione. Es muy parecido a tener el enlace Web derecha. Recuerdos de hecho pueden llegar a ser perdido como una página Web a la que ninguna otra página enlaza a (al menos no página que podemos encontrar).

Durante la ejecución de los procedimientos de rutina, tales como ponerse una camisa ten cuidado de realizar, y tener en cuenta la medida en que siga la misma secuencia de pasos cada vez. Desde mi propia observación (y como ya he dicho, estoy constantemente tratando de observarme a mí mismo), lo más probable es que siga mucho los mismos pasos cada vez que realice una tarea de rutina en particular, aunque puede haber módulos añadidos adicionales. Por ejemplo, la mayoría de mis camisas no requieren gemelos, pero cuando uno lo hace, eso implica otra serie de tareas.

Las listas de los pasos en mi mente están organizados en jerarquías. Sigo un procedimiento de rutina antes de ir a dormir. El primer paso es cepillarse los dientes. Sin embargo, esta acción es a su vez dividido en una serie más pequeña de pasos, el primero de los cuales es poner pasta de dientes en el cepillo de dientes. Ese paso a su vez se compone de Aún pasos más pequeños, tales como la búsqueda de la pasta de dientes, la eliminación de la tapa, y así sucesivamente. El paso de encontrar la pasta de dientes también tiene pasos, el primero de los cuales es para abrir el armario del baño. Ese paso a su vez requiere de pasos, el primero de los cuales es para agarrar la parte exterior de la puerta del armario. Esta jerarquización realidad sigue a un grano muy fino de los movimientos, por lo que hay literalmente miles de pequeñas acciones que constituyen mi rutina nocturna. A pesar de que pueden tener dificultades para recordar detalles de un paseo que tomé hace apenas unas horas, no tengo ninguna dificultad para recordar todos estos muchos pasos en la preparación de la cama hasta el punto de que soy capaz de pensar en otras cosas mientras yo voy por

estas procedimientos . Es importante señalar que esta lista no se almacena como una larga lista de miles de pasos , más bien, cada uno de los procedimientos de rutina es recordado como una elaborada jerarquía de actividades anidadas.

El mismo tipo de jerarquía está involucrado en nuestra capacidad de reconocer objetos y situaciones. Reconocemos los rostros de las personas que conocemos bien y también reconocemos que estas caras contienen ojos, una nariz , una boca , y así sucesivamente , una jerarquía de modelos que utilizamos tanto en nuestras percepciones y nuestras acciones. El uso de jerarquías nos permite reutilizar los patrones . Por ejemplo , no es necesario volver a aprender el concepto de una nariz y una boca cada vez que se nos presenta a un nuevo rostro .

En el próximo capítulo , vamos a poner los resultados de estos experimentos mentales juntos en una teoría de cómo debe funcionar el neocórtex . Voy a argumentar que revelan los atributos esenciales de nuestra forma de pensar que son uniformes , desde la búsqueda de la pasta de dientes para escribir un poema .

CAPÍTULO 3

UN MODELO DE LA NEOCORTEX : EL MODELO DE RECONOCIMIENTO TEORIA DE LA MENTE

El cerebro es un tejido . Se trata de un complicado tejido intrincado tejido , como ninguna otra cosa que conocemos en el universo , sino que se compone de células , como cualquier tejido es . Son , sin duda , las células altamente especializadas , pero funcionan de acuerdo a las leyes que rigen las otras células. Sus señales eléctricas y químicas se pueden detectar , registran e interpretan y los productos químicos que se pueden identificar , las conexiones que constituyen neuropilema tejido del cerebro se pueden asignar .

En resumen , el cerebro puede ser estudiado , al igual que el riñón pueda. David H. Hubel , neurocientífico

Supongamos que haya una máquina, la estructura de la que produce pensar, sentir y percibir , imaginar esta máquina ampliada pero conservando las mismas proporciones , por lo que podría entrar en él como si fuera un molino. Esto se supone , es posible visitar el interior , pero ¿qué observar allí? Nada más que piezas que empujan y mueven entre sí , y nunca nada que pudiera explicar la percepción. Gottfried Wilhelm Leibniz

Una jerarquía de los patrones

He repetido los experimentos simples y observaciones descritas en los capítulos anteriores, miles de veces en miles de contextos . Las conclusiones de estas observaciones limitan necesariamente mi explicación de lo que el cerebro debe estar haciendo , al igual que los experimentos simples en el tiempo , el espacio y los medios de que se llevó a cabo a principios y finales del siglo XIX necesariamente limitadas reflexiones del joven maestro Einstein sobre la forma del universo funcionado. En la discusión que sigue, también voy factor en algunas observaciones muy básicas de la neurociencia , tratando de evitar los muchos detalles que aún están

en disputa.

En primer lugar, permítanme explicar por qué esta sección se trata específicamente la neocórtex (del latín que significa " Nueva corteza ") . Sabemos el neocórtex es el responsable de nuestra capacidad para hacer frente a los patrones de la información y de hacerlo de una manera jerárquica. Animales sin neocórtex (básicamente no mamíferos) son en gran medida incapaces de comprender hierarchies.1 comprensión y el aprovechamiento de la innata naturaleza jerárquica de la realidad es una característica única de mamíferos y resulta de la posesión exclusiva de los mamíferos esta evolutivamente reciente de la estructura del cerebro . La corteza cerebral es responsable de la percepción sensorial , el reconocimiento de todo, desde objetos visuales a conceptos abstractos , el control del movimiento , el razonamiento de la orientación en el espacio al pensamiento racional y el lenguaje que, básicamente, lo que consideramos como "pensamiento " .

El neocórtex humano , la capa más externa del cerebro , es una estructura delgada , esencialmente bidimensional con un espesor de aproximadamente 2,5 milímetros (aproximadamente una décima parte de una pulgada) . En los roedores, que es aproximadamente del tamaño de un sello de correos y es suave. Una innovación evolutiva en primates es que se convirtió en intrincadamente pliega sobre la parte superior del resto del cerebro con surcos profundos , surcos y arrugas , para aumentar su área superficial . Debido a su elaborada plegado , el neocortex constituye la mayor parte del cerebro humano , que representan el 80 por ciento de su peso . Homo sapiens desarrolló un gran frente para permitir un neocórtex aún mayor , en particular, tenemos un lóbulo frontal donde nos ocupamos de los patrones más abstractos relacionados con conceptos de alto nivel .

Esta estructura fina se compone básicamente de seis capas , numeradas I (la capa más externa) de VI . Los axones que salen de las neuronas en el proyecto de III a otras partes de la neocorteza capas II y . Los axones (conexiones de salida) de las capas V y VI están conectados principalmente fuera de la corteza cerebral al tálamo , tronco cerebral , y la médula espinal . Las neuronas en la capa IV reciben conexiones sinápticas (de entrada) de las neuronas que están fuera del neocórtex , especialmente en el tálamo . El número de capas varía ligeramente de una región a otra . Capa IV es muy fina en la corteza motora , ya que en esa zona que en gran parte no recibe la entrada del tálamo , el tronco encefálico o la médula espinal . Por el contrario , en el lóbulo occipital (la parte de la neocorteza generalmente responsable de procesamiento visual) , hay tres subcapas adicionales que se pueden ver en la capa IV , debido a la considerable de entrada que circula en esta región , incluyendo desde el tálamo .

Una observación muy importante sobre el neocórtex es la uniformidad de su extraordinaria estructura fundamental . Esto fue observado por primera vez por América neurocientífico Vernon Mountcastle (nacido en 1918) . En 1957 Mountcastle descubrió la organización columnar de la neocorteza . En 1978 se hizo una observación que es tan importante para la neurociencia como el experimento de Michelson Morley éter refutación de 1887 fueron a la física. Ese mismo año se describe la organización notablemente invariable de la neocorteza , la hipótesis de que se compone de un único mecanismo que se repite una y otra vez , 2 y proponer la

columna cortical como la unidad básica . Las diferencias en la altura de ciertas capas de diferentes regiones mencionados anteriormente son simplemente diferencias en la cantidad de interconectividad que las regiones son responsables de tratar .

Mountcastle la hipótesis de la existencia de mini columnas en las columnas , pero esta teoría se convirtió en polémica porque no había demarcaciones visibles de este tipo de estructuras más pequeñas. Sin embargo , una amplia experimentación ha puesto de manifiesto que hay , de hecho, unidades que se repiten dentro de la tela neurona de cada columna . Mi opinión es que la unidad básica es un reconocedor de patrones y que esto constituye la fundamental componente de la neocorteza . En contraste con la noción de un mini columna de Mountcastle , no hay límite físico específico para estos reconocedores , ya que se colocan estrechamente una a la siguiente de una manera entrelazada , por lo que la columna cortical es simplemente un agregado de un gran número de ellos . Estos reconocedores son capaces de cableado a sí mismos el uno al otro a lo largo de toda la vida , por lo que la conectividad elaborada (entre módulos) que vemos en la neocorteza no se especificó previamente por el código genético , sino más bien está creado para reflejar los patrones que realmente aprenden con el tiempo . Voy a describir esta tesis con más detalle , pero yo sostengo que es así como se debe organizar el neocórtex .

Cabe señalar , antes de considerar aún más la estructura de la neocorteza , que es importante para los sistemas de modelo en el nivel adecuado . Aunque la química se basa teóricamente en la física y podría ser derivado enteramente de la física, esto sería difícil de manejar y no factible en la práctica , por lo que la química ha establecido sus propias reglas y modelos. Del mismo modo , debemos ser capaces de deducir las leyes de la termodinámica de la física , pero una vez que tenemos un número suficiente de partículas de llamarlos un gas en lugar de simplemente un montón de partículas , la solución de las ecuaciones de la física de partículas cada interacción se convierte en inútil , mientras que las leyes de la termodinámica funcionan bastante bien . Biología del mismo modo tiene sus propias reglas y modelos. Una sola célula de islotes pancreáticos es enormemente complicado , especialmente si la modelamos en el nivel de las moléculas ; modelando un páncreas lo hace en realidad en términos de regulación de los niveles de insulina y enzimas digestivas es considerablemente menos complejo .

El mismo principio se aplica a los niveles de modelado y la comprensión en el cerebro . Sin duda, es una parte útil y necesaria de la ingeniería inversa del cerebro para modelar sus interacciones a nivel molecular , pero el objetivo del esfuerzo aquí es esencialmente para perfeccionar nuestro modelo para explicar cómo el cerebro procesa la información para producir significado cognitivo.

Científico estadounidense Herbert A. Simon (19162001) , a quien se atribuye cofundador del campo de la inteligencia artificial, escribió elocuentemente sobre el tema de la comprensión de sistemas complejos en el nivel adecuado de abstracción. En la descripción de un programa de IA él había inventado llamado EPAM (primaria perceptor y memorizador) , escribió en 1973 : " Supongamos que usted decidió que quería entender el programa EPAM misterioso que tengo . Te podría dar con dos versiones de la misma . Una de ellas sería ... la forma en que en realidad fue escrito con toda su estructura de rutinas y subrutinas Alternativamente , podría ofrecerle

una versión en lenguaje de máquina de EPAM después de toda la traducción se ha llevado a cabo después de haber sido aplastado por así decirlo Yo no creo que sea necesario discutir en detalle cuál de estas dos versiones proporcionaría la , la , la descripción más legal más significativa más parsimonioso Ni siquiera voy a proponerle el tercero ... de que le proporciona ninguno de los programas , sino con las ecuaciones electromagnéticas y condiciones de contorno que el equipo , visto como un sistema físico , tendría que obedecer al servir de EPAM . Eso sería el colmo de la reducción y la incomprensión . " 3

Hay cerca de medio millón de columnas corticales en la neocorteza humana , cada uno ocupando un espacio sobre dos milímetros de alto y un medio milímetro de ancho y que contiene alrededor de 60.000 neuronas (que resulta en un total de unos 30 mil millones de neuronas en la neocorteza) . Una estimación aproximada es que cada reconocedor patrón dentro de una columna cortical contiene aproximadamente 100 neuronas , por lo que hay del orden de 300 millones de reconocedores de patrones en total en el neocórtex .

Al considerar cómo funcionan estos reconocedores de patrones , permítanme comenzar diciendo que es difícil saber exactamente por dónde empezar. Todo sucede al mismo tiempo en el neocórtex , así que no hay principio ni fin a sus procesos. Frecuencia necesitaré para referirse a fenómenos que todavía no he explicado , pero planea que volver, así que tenga con estas referencias adelantadas .

Los seres humanos sólo tienen una débil capacidad para procesar la lógica, sino una capacidad central muy profundo de reconocimiento de patrones . Para el pensamiento lógico , tenemos que usar el neocortex , que es básicamente una gran reconocedor de patrones. No es un mecanismo ideal para realizar transformaciones lógicas , pero es la única instalación que tenemos para el trabajo. Compare, por ejemplo, cómo un ser humano juega al ajedrez con el funcionamiento de un programa típico de ajedrez por computadora . Deep Blue, el equipo que derrotó a Garry Kasparov, el mundial de ajedrez humano campeón, en 1997 fue capaz de analizar las implicaciones lógicas de 200 millones de posiciones de la junta (en representación de las diferentes secuencias de movimiento contramovimiento) cada segundo. (Que ahora se puede hacer , por cierto , en algunos ordenadores personales.) Kasparov se le preguntó cuántas posiciones se puede analizar cada segundo , y él dijo que era menor que uno. ¿Cómo es posible , entonces, que él era capaz de soportar a Deep Blue en absoluto? La respuesta es el gran ser humano tiene la capacidad de reconocer patrones . Sin embargo , tenemos que formar a este servicio , por lo que no todo el mundo puede jugar al ajedrez maestro.

Kasparov había aprendido unos 100.000 puestos de mesa. Eso es un número real , hemos establecido que un maestro humano en un campo en particular ha dominado unos 100.000 fragmentos de conocimiento. Shakespeare compuso sus obras con 100.000 palabras sentidos (que emplea cerca de 29.000 palabras distintas , pero con la mayoría de ellos en múltiples formas) . Sistemas expertos médicos que se han construido para representar el conocimiento de un médico de medicina humana han demostrado que un típico médico especialista humana ha dominado unos 100.000 conceptos en su dominio. Reconociendo una parte del conocimiento de esta tienda no es sencilla , ya que un artículo en particular se presentará un poco diferente cada vez

que se experimenta .

Armado con su conocimiento , Kasparov se ve en el tablero de ajedrez y compara los patrones que ve a todos los 100,000 situaciones de mesa que ha dominado , y lo hace todos los 100000 comparaciones simultáneamente. Existe un consenso en este punto: Todas nuestras neuronas están procesando teniendo en cuenta la los patrones , al mismo tiempo. Eso no quiere decir que todos ellos son disparos al mismo tiempo (probablemente nos volveríamos a caer al suelo si eso sucediera), pero el ejercicio de su procesamiento están considerando la posibilidad de despido .

¿Cuántos modelos puede almacenar la neocorteza ? Tenemos que tener en cuenta el fenómeno de la redundancia. El rostro de un ser querido, por ejemplo, no se almacena una vez, pero en el orden de miles de veces. Algunas de estas repeticiones son en gran parte la misma imagen de la cara , mientras que la mayoría muestran diferentes perspectivas de la misma, diferente de iluminación , diferentes expresiones, y así sucesivamente . Ninguno de estos patrones repetidos se almacenan como imágenes per se (es decir, como matrices de dos dimensiones de píxeles) . Más bien, ellos se almacenan como listas de características que los elementos constitutivos de un patrón son en sí mismos patrones . Vamos a describir a continuación con mayor precisión lo que estas jerarquías de características se parecen y cómo se organizan .

Si tomamos el conocimiento básico de un experto como que consiste de alrededor de 100.000 "trozos" de conocimiento (es decir, patrones) con una estimación de la redundancia de alrededor de 100 a 1 , que nos da un requisito de 10 millones de patrones . Este conocimiento experto núcleo está construido en el conocimiento profesional más general y amplia , por lo que podemos aumentar el orden de magnitud de los patrones a aproximadamente 30 a 50 millones . Nuestro día a día el conocimiento " sentido común " como ser humano es aún mayor , " sabiduría de la calle " realmente requieren mucho más de nuestra neocorteza de incluir esto trae nuestra estimación a más " smarts del libro . "

100 millones de patrones , teniendo en cuenta el factor de redundancia de alrededor de 100 . Tenga en cuenta que el factor de redundancia está lejos de patrones comunes mismas fija tendrá un factor de redundancia bien en los miles , mientras que un nuevo fenómeno puede tener un factor de redundancia de menos de 10 .

Como voy a discutir más adelante, nuestros procedimientos y actuaciones comprenden también los patrones y se almacenan igualmente en las regiones de la corteza , por lo que mi estimación de la capacidad total de la neocorteza humana es del orden de unos pocos cientos de millones de patrones . Este recuento bruto se correlaciona bien con el número de reconocedores de patrones que estimé por encima de alrededor de 300 millones de dólares , por lo que es una conclusión razonable de que la función de cada reconocedor patrón neocortical es para procesar una iteración (es decir, una copia entre las múltiples copias redundantes de la mayoría de los patrones en la neocorteza) de un patrón . Nuestras estimaciones del número de patrones que un cerebro humano es capaz de tratar con (incluyendo redundancia necesaria) y el número de reconocedores de patrones físicos pasar a ser del mismo orden de magnitud . Cabe señalar aquí que cuando me refiero a " procesar " un patrón, me refiero a todas las cosas que somos capaces de hacer con un patrón: aprenderla , predecirla (incluyendo partes de la misma) , reconocer y poner en

práctica él (ya sea por pensar en ello más o a través de un patrón de movimiento físico) .

Trescientos millones de procesadores de patrones pueden sonar como un gran número, y de hecho fue suficiente para que el Homo sapiens para desarrollar el lenguaje oral y escrito , todas nuestras herramientas , y otras diversas creaciones . Estos inventos han construido sobre sí mismos , dando lugar al crecimiento exponencial de la información contenida en las tecnologías que se describe en mi ley de los retornos acelerados . Ninguna otra especie ha conseguido. Como he dicho , algunas otras especies , como los chimpancés , parecen tener una habilidad rudimentaria para comprender y formar el lenguaje y también utilizar herramientas primitivas . Ellos , después de todo , también tienen un neocórtex , pero sus capacidades son limitadas debido a su menor tamaño, especialmente del lóbulo frontal . El tamaño de nuestra neocorteza ha superado un umbral que ha permitido a nuestra especie para construir herramientas cada vez más potentes , como herramientas que pueden ahora nos permitan comprender nuestra propia inteligencia . En última instancia nuestro cerebro , en combinación con las tecnologías que han fomentado , nos permitirán crear un neocórtex sintética que contendrá mucho más allá de tan sólo 300 millones de procesadores de patrones. ¿Por qué no un billón ? O un billón ?

La estructura de un patrón

La teoría de reconocimiento de patrones de la mente que presento aquí se basa en el reconocimiento de patrones por los módulos de reconocimiento de patrones en el neocórtex . Estos patrones (y los módulos) están organizados en jerarquías . Discuto debajo de las raíces intelectuales de esta idea , incluyendo a mi propio trabajo con el reconocimiento de patrones jerárquicos en los años 1980 y 1990 y Jeff Hawkins (nacido en 1957) y Dileep George (nacido en 1977) el modelo del neocórtex en la década de 2000 .

Cada patrón (que es reconocido por uno de los cerca de 300 millones de reconocedores de patrón en el neocórtex) se compone de tres partes . La primera parte es la de entrada , que consiste en los patrones de nivel inferior que componen el patrón principal . Las descripciones de cada uno de estos patrones de nivel inferior no tienen que ser repetido para cada patrón de nivel superior que hace referencia a ellos . Por ejemplo , muchos de los patrones de las palabras incluirá la letra " A. " Cada uno de estos modelos no es necesario repetir la descripción de la letra " A " , sino que utilizan la misma descripción. Piense en ello como si fuera un puntero Web. Existe una página web (es decir, un patrón) para la letra " A " , y todas las páginas web (patrones) con palabras que incluyan "A" tendrá un enlace a la página de " A" (de la "A " pattern) . En lugar de enlaces web , el neocórtex utiliza conexiones neuronales reales. Hay un axón de la " A" reconocedor de patrones que se conecta a múltiples dendritas , una por cada palabra que utiliza " A. " Tenga en cuenta también el factor de redundancia : hay más de un reconocedor de patrones para la letra " A" Cualquier de estas múltiples reconocedores de patrones "A" puede enviar una señal a los reconocedores de patrones que incorporan " A. "

La segunda parte de cada patrón es el nombre del patrón. En el mundo de la lengua , este mayor nivel patrón es simplemente la palabra " manzana . " Aunque utilizamos directamente nuestro neocórtex de entender y procesar todos los niveles de la lengua , la mayor parte de los patrones que contiene no son patrones de lenguaje per se . En el neocórtex el "nombre" de un patrón no es más que el axón que se desprende de cada procesador patrón , cuando que los incendios axón , su correspondiente patrón ha sido reconocido . El disparo del axón es ese patrón reconocedor gritando el nombre del patrón: "Hola chicos , acabo de ver la palabra escrita 'apple '" .

Tres patrones redundantes (aunque algo diferente) para " A" alimentar a los patrones de más alto nivel que incorporan " A. "

La tercera y última parte de cada patrón es el conjunto de patrones de nivel superior que a su vez es parte de . Para la letra " A " , se trata de todas las palabras que incluyen " A. " Estas son , de nuevo , al igual que los vínculos Web . Cada patrón reconocido en un nivel activa el siguiente nivel que parte de ese patrón de nivel superior está presente . En el neocórtex , estos vínculos están representados por las dendritas físicos que desembocan en las neuronas de cada reconocedor patrón cortical. Tenga en cuenta que cada neurona puede recibir aportes de múltiples dendritas todavía produce una salida de un axón . Eso axón , sin embargo , puede entonces a su vez transmitir a múltiples dendritas .

Para tomar algunos ejemplos sencillos , los patrones simples en la página siguiente son un pequeño subconjunto de los patrones utilizados para compensar las letras impresas. Tenga en cuenta que todos los niveles constituye un patrón. En este caso , las formas son patrones , las letras son patrones , y las palabras también son patrones . Cada uno de estos modelos tiene un conjunto de entradas , un proceso de reconocimiento de patrones (basado en los insumos que se producen en el módulo) y una salida (que se alimenta a un nivel más alto de reconocedor de patrones) .

Suroeste a nortecentral de conexión : Sudeste de nortecentro de conexión : Travesaño horizontal:

Línea vertical de la izquierda: Región cóncava hacia el sur : Línea horizontal inferior:

Línea superior horizontal : Línea horizontal intermedia:

Loop constituyendo región superior :

Los modelos anteriores son constituyentes del siguiente nivel de modelo, que es una categoría denominada letras impresas (no existe tal categoría formal en el neocortex , sin embargo , de hecho , no hay categorías formales) . " A " Dos modelos diferentes , cualquiera de los cuales constituye " A " , y dos patrones diferentes en una mayor nivel ("APPLE " y "pera ") que "A" es una parte .

"P ": Los patrones que forman parte del patrón de nivel superior " P. "

" L ": Los patrones que forman parte del patrón de nivel superior " L. " "E ": Los patrones que forman parte del patrón de nivel superior "E"

Estos patrones de letras alimentan a un modelo aún más alto nivel en una categoría denominada palabras. (La palabra

"Las palabras " es nuestra categoría de idioma para este concepto, pero el neocórtex sólo los trata sólo como patrones) "APPLE " . :

En otra parte de la corteza es una jerarquía comparable de reconocedores de patrones de procesamiento de imágenes reales de los objetos (en lugar de las letras impresas) . Si usted está buscando en una manzana real , reconocedores de bajo nivel detectarán bordes curvos y los patrones de color de la superficie que conducen a un reconocedor de patrón de activación de su axón y diciendo en efecto, " Hey chicos , acabo de ver una manzana real. " Sin embargo, otro patrón reconocedores detectarán combinaciones de frecuencias de sonido que llevaron a un reconocedor de patrones en la corteza auditiva que podría disparar su axón que indica : " Acabo de oír la palabra ' manzana "' .

Tenga en cuenta el factor de la redundancia que no sólo tenemos un único reconocedor de patrones de " manzana " en cada una de sus formas (escrita , hablada y visual) . No es probable que sean cientos de estos reconocedores de cocción , si no más . La redundancia no sólo aumenta la probabilidad de que se le reconozca con éxito cada instancia de una manzana , pero también se ocupa de las variaciones de las manzanas de la vida real . Para los objetos de manzana , habrá reconocedores de patrones que se ocupan de las muchas y variadas formas de manzanas : diferentes puntos de vista , los colores, matices , formas y variedades.

También hay que tener en cuenta que la jerarquía que se muestra arriba es una jerarquía de conceptos. Estos reconocedores no se colocan físicamente uno encima del otro , debido a la construcción delgada de la neocorteza , es físicamente un solo patrón reconocedor alta . La jerarquía conceptual es creado por las conexiones entre los reconocedores de patrones individuales .

Un atributo importante de la PRTM es cómo se hacen los reconocimientos dentro de cada módulo de reconocimiento de patrones. Almacenado en el módulo es un peso para cada dendrita de entrada que indica cuán importante es que la entrada al reconocimiento . El reconocedor de patrón tiene un umbral para la cocción (lo que indica que este patrón reconocedor ha reconocido con éxito el patrón es responsable de) . No todos los patrones de entrada tiene que estar presente para un reconocedor de fuego. El reconocedor todavía puede disparar si una entrada con un bajo peso no se encuentra, pero es menos probable que disparará si una entrada de alta importancia falta . Cuando se dispara , un reconocedor de patrones es básicamente diciendo , "El patrón que soy responsable de probablemente está presente . "

Reconocimiento con éxito por un módulo de su patrón va más allá de simplemente contando las señales de entrada que se activan (incluso un recuento ponderado por el parámetro de importancia) . El tamaño (de cada entrada) asuntos . Hay otro parámetro (para cada entrada) que indica el tamaño esperado de la entrada , y otro que indica la forma en que el tamaño es variable de . Para comprender cómo funciona esto, supongamos que tenemos un reconocedor de patrón que se encarga de reconocer la palabra hablada Esta palabra tiene cuatro sonidos " empinada". : [S] , [t] , [E] y [p]. El [t] fonema es lo que se conoce como una " consonante dental ", lo que significa que se crea por la lengua creando una explosión de ruido al aire rompe su contacto con los dientes superiores. Es esencialmente imposible de articular la [t] fonema lentamente. El [p] fonema es considerado un " consonante oclusiva " o "oral

oclusiva , " lo que significa que se crea cuando el tracto vocal se bloquea súbitamente (en los labios en el caso de [p]) para que el aire no pasa . También es necesariamente rápida . El [E] vocal es causada por resonancias de la cuerda vocal y la boca abierta . Se considera una " vocal larga " , lo que significa que persiste por un período mucho más largo de tiempo que las consonantes como [t] y [p] , sin embargo , su duración puede ser muy variable. La [s] fonema se conoce como un " consonante sibilante , " y es causada por el paso de aire contra los bordes de los dientes , que se mantienen juntos . Su duración suele ser menor que la de una vocal larga , como [E] , sino que también es variable (en otras palabras, la [s] se puede decir rápidamente o puede arrastrar hacia fuera) .

En nuestro trabajo en el reconocimiento de voz , se encontró que es necesario para codificar este tipo de información en a fin de reconocer los patrones del habla . Por ejemplo , la palabra " paso " y " fuerte " son muy similares. Aunque la [e] fonema en " paso " y el [E] en " empinada " son algo diferentes sonidos de las vocales (en que tienen diferentes frecuencias de resonancia) , no es fiable para distinguir estas dos palabras sobre la base de estos sonidos de las vocales a menudo confundibles . Es mucho más fiable que considerar la observación de que la [e] en " paso " es relativamente breve en comparación con el [E] en " empinada . "

Podemos codificar este tipo de información con dos números para cada entrada : el tamaño esperado y el grado de variabilidad de ese tamaño . En nuestro ejemplo, " escarpado " , [e] y [p] sería ambos tienen muy poca duración , así como una pequeña variabilidad esperada (es decir, no esperamos escuchar de la t de largo y p 's) esperado. El sonido [s] tendría una corta duración esperada sino una mayor variabilidad , ya que es posible arrastrar hacia fuera. El [E] sonido tiene una duración larga espera , así como un alto grado de variabilidad .

En los ejemplos del habla , el parámetro "tamaño" se refiere a la duración, pero el tiempo es sólo una dimensión posible. En nuestro trabajo en el reconocimiento de caracteres , encontramos que la información espacial comparable fue importante con el fin de reconocer las letras impresas (por ejemplo, se espera que el punto sobre la letra " i " a ser mucho menor que la parte bajo el punto) . A niveles mucho más altos de abstracción, la neocorteza se ocupará de patrones con todo tipo de continuum , como los niveles de atractivo , la ironía , la felicidad , la frustración , y otros innumerables. Podemos trazar similitudes entre más diversos continuos , como Darwin hizo cuando se relaciona el tamaño físico de los cañones geológicos a la cantidad de la diferenciación entre las especies.

En un cerebro biológico , la fuente de estos parámetros proviene de la propia experiencia del cerebro. No nacemos con un conocimiento innato de los fonemas , de hecho diferentes idiomas tienen diferentes conjuntos de ellos. Esto implica que múltiples ejemplos de un patrón se codifican en los parámetros aprendidas de cada reconocedor de patrones (ya que requiere varias instancias de un patrón para determinar la distribución esperada de las magnitudes de las entradas para el patrón) . En algunos sistemas de inteligencia artificial , este tipo de parámetros son codificadas a mano por expertos (por ejemplo, los lingüistas que nos pueden decir las duraciones esperadas de los diferentes fonemas , como he explicado en otras anteriores). En mi propio trabajo , hemos encontrado que el tener un sistema de

inteligencia artificial descubrir estos parámetros en su propia a partir de datos de entrenamiento (similar a la forma en que el cerebro lo hace) era un enfoque superior . A veces utilizamos un enfoque híbrido , es decir, que ha preparado el sistema con la intuición de los expertos humanos (para los ajustes iniciales de los parámetros) y luego teníamos el sistema AI afinar automáticamente estas estimaciones utilizando un proceso de aprendizaje a partir de ejemplos reales de habla.

Lo que el módulo de reconocimiento de patrones está haciendo está calculando la probabilidad (es decir, la probabilidad sobre la base de la totalidad de su experiencia previa) que el patrón que es responsable de reconocer es, de hecho, actualmente representada por sus entradas activas . Cada entrada particular, el módulo está activo si el reconocedor de patrones de nivel inferior correspondiente está disparando (lo que significa que ese patrón de nivel inferior se reconoce) . Cada entrada también codifica el tamaño observado (en alguna dimensión apropiada, tal como duración temporal o magnitud física o algún otro continuo), de modo que el tamaño se puede comparar (con los parámetros de tamaño almacenados para cada entrada) por el módulo en el cálculo de la probabilidad global de el patrón .

¿Cómo funciona el cerebro (y ¿cómo puede un sistema de inteligencia artificial) calcular la probabilidad general de que el patrón (que el módulo se encarga de reconocer) está presente dado (1) las entradas (cada uno con un tamaño observado) , (2) los parámetros almacenados en el tamaño (el tamaño esperado y la variabilidad de tamaño) para cada entrada , y (3) los parámetros de la importancia de cada entrada ? En los años 1980 y 1990 , yo y otros pionero en un método matemático llamado modelos ocultos de Markov jerárquicos para el aprendizaje de estos parámetros y luego utilizarlos para reconocer patrones jerárquicos. Se utilizó esta técnica en el reconocimiento del habla humana , así como la comprensión de lenguaje natural . Describo este enfoque con más detalle en el capítulo 7. Volviendo al flujo de reconocimiento de un nivel de reconocedores de patrones a la siguiente , en el anterior ejemplo vemos el flujo de información en la jerarquía conceptual de las características básicas de la letra a las letras a las palabras . Reconocimientos continuará fluyendo a partir de ahí a frases y luego estructuras del lenguaje más complejas . Si subimos varias docenas más niveles , se llega a conceptos de alto nivel como la ironía y la envidia . A pesar de que cada reconocedor patrón está trabajando al mismo tiempo , hace falta tiempo para que los reconocimientos que se mueven hacia arriba en la jerarquía conceptual. Recorrer cada nivel dura entre unas pocas centésimas a unas décimas de segundo para procesar . Los experimentos han demostrado que un patrón moderadamente alto nivel , tales como una cara lleva al menos una décima parte de un segundo . Se puede tomar tanto tiempo como todo un segundo si hay distorsiones significativas . Si el cerebro fuera secuencial (como las computadoras convencionales), y se realiza cada reconocimiento de patrones en la secuencia , se tendría que considerar todos los patrones de bajo nivel antes de pasar al siguiente nivel . Así que tomaría muchos millones de ciclos sólo para ir a través de cada nivel. Eso es exactamente lo que sucede cuando simulamos estos procesos en un ordenador. Tenga en cuenta, sin embargo , el proceso que los equipos millones de veces más rápido que nuestros circuitos biológicos.

Un punto muy importante a tener en cuenta es que la información fluya en la jerarquía conceptual , así como arriba . En todo caso, este flujo descendente es aún más significativa. Si, por ejemplo , leemos de izquierda a derecha y ya hemos visto y reconocido por las letras " A", " P ", "P " y " L ", el " APPLE" reconocedor predecir que es probable que veamos una "E" en la siguiente posición. Se enviará una señal a la " E" reconocedor diciendo , en efecto: " Por favor, tenga en cuenta que hay una alta probabilidad de que usted vea a su patrón 'E ' muy pronto , por lo que en la búsqueda de ella. " El " E " reconocedor a continuación, ajusta su umbral de tal manera que es más probable de reconocer la letra " E " Así que si una imagen aparece al lado que está vagamente como una " E ", pero es quizás manchado de tal manera que no habría sido reconocido como un " E "en" circunstancias normales " , la " E " reconocedor puede indicar , sin embargo, que se ha visto de hecho una " E ", ya que se esperaba . El neocórtex es , por lo tanto , la predicción de lo que se espera encontrar . Previendo el futuro es una de las razones principales por las que tenemos un neocórtex . A nivel conceptual más alto , estamos continuamente haciendo predicciones que va a caminar a través de la puerta al lado , lo que es probable que decir a continuación , lo que esperamos ver cuando giramos la esquina , los posibles resultados de nuestras propias acciones a alguien, y así sucesivamente . Estas predicciones están ocurriendo constantemente en todos los niveles de la jerarquía neocortex . A menudo desconocer personas y las cosas y las palabras porque nuestro umbral para confirmar un patrón de espera es demasiado bajo.

Además de las señales positivas , también hay señales negativas o inhibidor que indican que un cierto patrón es menos probable que existan . Estos pueden provenir de los niveles conceptuales más bajos (por ejemplo, el reconocimiento de un bigote inhibirá la probabilidad de que una persona que veo en la fila para pagar es mi esposa) , o de un nivel superior (por ejemplo, sé que mi mujer está en un viaje, por lo que la persona en la línea de salida no puede ser ella) . Cuando un reconocedor patrón recibe una señal inhibitoria , se eleva el umbral de reconocimiento , pero todavía es posible que el patrón al fuego (por lo que si la persona en línea que realmente es ella, yo todavía puedo reconocerla) .

La naturaleza de los datos que fluyen en un reconocedor Patrón neocortical
Vamos a examinar más a fondo lo que los datos de un patrón se parece. Si el patrón es una cara , los datos existen en al menos dos dimensiones . No podemos decir que los ojos entran necesariamente en primer lugar, seguido por la nariz, y así sucesivamente. Lo mismo es cierto para la mayoría de los sonidos . Una pieza musical tiene al menos dos dimensiones . Puede haber más de un instrumento y / o voz haciendo sonidos al mismo tiempo . Por otra parte , una sola nota de un instrumento complejo , tales como el piano se compone de múltiples frecuencias . Una voz humana solo se compone de diferentes niveles de energía en docenas de bandas de frecuencias diferentes al mismo tiempo. Entonces, un patrón de sonido puede ser compleja en cualquier instante , y estos instantes complejos estirarse con el tiempo . Entradas táctiles también son de dos dimensiones , ya que la piel es un órgano de los sentidos de dos dimensiones , y tales patrones pueden cambiar con la tercera dimensión de tiempo .

Así que parece que la entrada a un procesador patrón neocortex debe comprender dos

si no patrones tridimensionales. Sin embargo , podemos ver en la estructura de la corteza cerebral que las entradas de patrones son sólo listas unidimensionales. Todo nuestro trabajo en el campo de la creación de sistemas de reconocimiento de patrones artificiales (como el reconocimiento de voz y sistemas de reconocimiento visual) demuestra que podemos (y lo hizo) representar dos y fenómenos tridimensionales con una lista de una sola dimensión . Voy a describir cómo estos métodos funcionan en el capítulo 7 , pero por ahora podemos proceder con el entendimiento de que la entrada a cada procesador patrón es una lista de una sola dimensión , a pesar de que el propio patrón puede reflejar por sí más de una dimensión.

Nos debería tener en cuenta en este punto la idea de que los patrones que hemos aprendido a reconocer (por ejemplo, un perro específico o la idea general de un "perro " , una nota musical o una pieza de música) son exactamente el mismo mecanismo que es la base de nuestros recuerdos . Nuestras memorias están en patrones de hechos organizados en listas (en donde cada elemento de cada lista es otro patrón en la jerarquía cortical) que hemos aprendido y reconocer cuando se presenta el estímulo adecuado. De hecho , existen memorias en el neocórtex con el fin de ser reconocido .

La única excepción a esto es a nivel conceptual más bajo posible , en la que los datos de entrada a un patrón representa la información sensorial específico (por ejemplo , datos de imagen desde el nervio óptico) . Incluso este nivel más bajo de patrón , sin embargo , se ha transformado de manera significativa en los patrones simples en el momento en que alcanza la corteza . Las listas de patrones que constituyen un recuerdo son para adelante, y que son capaces de recordar la memoria sólo en ese orden , de ahí la dificultad que tenemos para revertir nuestra memoria. Tiene que ser activado por otro pensamiento / memoria (son lo mismo) Una memoria . Podemos experimentar este mecanismo de disparo si estamos percibiendo un patrón. Cuando nos dimos cuenta de " A " , " P " , " P " y " L " , el patrón "APPLE " , predijo que veríamos una "E " y desencadenó la "E " patrón que se espera ahora . La corteza es lo que " piensa " de ver una "E " , incluso antes de verlo . Si esta interacción en particular en nuestra corteza tiene nuestra atención , vamos a pensar en "E " antes de que nos veamos o incluso si nunca nos vemos. Un mecanismo similar desencadena recuerdos . Por lo general, hay toda una cadena de este tipo de enlaces. Incluso si tenemos algún nivel de conciencia de los recuerdos (es decir, los patrones) que desencadenó la vieja memoria , memorias (patrones) no tienen etiquetas de lenguaje o imagen. Esta es la razón por la que los viejos recuerdos pueden parecer a saltar de repente en nuestra conciencia . Después de haber sido enterrada y no activado por quizás años , que necesitan un disparador de la misma manera que una página web necesita un enlace web para ser activado . Y al igual que una página web puede llegar a ser " huérfanos " porque hay otras páginas que enlacen a ella, lo mismo le puede pasar a nuestra memoria.

Nuestros pensamientos se activan en gran parte en uno de dos modos, no dirigidos y dirigidos , los cuales utilizan estos mismos enlaces corticales. En el modo sin dirección , dejamos los enlaces interpretan a sí mismos sin intentar mover en cualquier dirección particular. Algunas formas de meditación (como la meditación trascendental , que la práctica) se basan en dejar que la mente haga exactamente esto.

Los sueños tienen esta calidad también.

En el pensamiento dirigido intentamos pasar por un proceso más ordenado de recuperar una memoria (a historia , por ejemplo) o la solución de un problema . Esto también implica pasar a través de las listas de nuestro neocortex , pero el aluvión menos estructurado de pensamiento no dirigido también acompañará el proceso. El contenido completo de nuestro pensamiento por lo tanto, es muy desordenada, un fenómeno que James Joyce iluminado en su " flujo de conciencia " novelas .

Al pensar a través de los recuerdos / stories / patrones en su vida, ya se trate de un encuentro casual con una madre con un cochecito de bebé y el bebé en una caminata o la narrativa más importante de cómo conoció a su esposo , sus recuerdos consisten en una secuencia de patrones . Debido a que estos patrones no están etiquetados con las palabras o los sonidos o imágenes o videos, cuando intenta recordar un hecho relevante, que en esencia será la reconstrucción de las imágenes en su mente , ya que no existen las imágenes reales .

Si fuéramos a "leer " la mente de alguien y pares en exactamente lo que está pasando en su neocórtex , que sería muy difícil de interpretar sus recuerdos, si fuéramos a echar un vistazo a los patrones que se almacena sólo en la neocorteza de espera que se activará o los que se han disparado y se está experimentando en la actualidad como pensamientos activos. Lo que nos gustaría "ver" es la activación simultánea de millones de reconocedores de patrones. Una centésima de segundo más tarde , veríamos un conjunto diferente de un número comparable de reconocedores de patrones activados. Cada uno de tales patrón sería una lista de los patrones de otros , y cada uno de esos patrones sería una lista de otros patrones , y así sucesivamente hasta llegar a los patrones simples más elementales en el nivel más bajo . Sería muy difícil interpretar lo que significan estos patrones de nivel superior sin tener que copiar toda la información en todos los niveles en nuestra propia corteza . Así, cada patrón en nuestro neocortex sólo tiene sentido a la luz de toda la información contenida en los niveles inferiores . Por otra parte , otros patrones en el mismo nivel y en los niveles superiores también son relevantes en la interpretación de un patrón particular debido a que proporcionan contexto . Verdadero lectura de la mente , por lo tanto , sería necesario no sólo la detección de las activaciones de los axones pertinentes en el cerebro de una persona , pero el examen de esencialmente toda su neocórtex con todos sus recuerdos para entender estas activaciones .

A medida que experimentamos nuestros propios pensamientos y recuerdos , que "sabemos" lo que quieren decir , pero no existen pensamientos y recuerdos tan fácilmente explicables . Si queremos compartirlas con los demás , tenemos que traducirlos al idioma. Esta tarea también se lleva a cabo por el neocórtex , utilizando reconocedores de patrones formados con los patrones que hemos aprendido con el fin de usar el lenguaje . El lenguaje es en sí altamente jerárquica y evolucionado para tomar ventaja de la naturaleza jerárquica de la corteza cerebral , que a su vez refleja la naturaleza jerárquica de la realidad. La capacidad innata de los seres humanos para aprender las estructuras jerárquicas en un lenguaje que Chomsky escribió acerca refleja la estructura de la neocorteza . En un documento de 2002 fue coautor , Chomsky cita el atributo de " recursividad " como la contabilidad de la facultad del lenguaje único de la especie.⁴ recursividad humano, según Chomsky , es la capacidad

de armar las piezas pequeñas en un trozo más grande, y luego utilice ese pedazo como parte de otra estructura, y para continuar con este proceso de forma iterativa . De esta manera somos capaces de construir las estructuras complejas de oraciones y párrafos de un conjunto limitado de palabras. Aunque Chomsky no se refería explícitamente para la estructura del cerebro , la capacidad que está describiendo es exactamente lo que hace el neocortex .

Especies inferiores de mamíferos utilizan en gran medida a su neocortex con los desafíos de su particularmente estilos de vida . La especie humana adquieren capacidades adicionales por haber crecido mucho más corteza de manejar el lenguaje hablado y escrito . Algunas personas han aprendido estas habilidades mejor que otros. Si hemos contado una historia particular, muchas veces, vamos a empezar a conocer realmente la secuencia del lenguaje que describe la historia como una serie de secuencias distintas. Incluso en este caso, la memoria no es una secuencia estricta de las palabras, sino de las estructuras del lenguaje que debemos traducir en secuencias de palabras específicas cada vez que entregamos la historia. Es por eso que contar una historia un poco diferente cada vez que lo compartimos (a menos que aprendamos la secuencia exacta palabra como un patrón) .

Para cada una de estas descripciones de los procesos de pensamiento específicos , también es necesario tener en cuenta la cuestión de la redundancia. Como ya he dicho , no tenemos un solo patrón que representa a las entidades importantes en nuestras vidas, si estas entidades constituyen categorías sensoriales , los conceptos de lenguaje, o recuerdos de eventos .

Cada patrón importante en todos los niveles se repite muchas veces. Algunas de estas recurrencias representan simples repeticiones , mientras que muchos representan diferentes perspectivas y puntos de vista. Esta es una razón principal por la cual podemos reconocer un rostro familiar de diversas orientaciones y bajo una variedad de condiciones de iluminación. Cada nivel en la jerarquía tiene redundancia sustancial , lo que permite suficiente variabilidad que es consistente con este concepto .

Así que si tuviéramos que imaginar el examen de su neocórtex cuando estaban buscando a un ser querido en particular , veríamos una gran cantidad de disparos de los axones de los reconocedores de patrones en todos los niveles , desde el nivel básico de los patrones sensoriales primitivas hasta muchos patrones diferentes representa que amaba la propia imagen . También nos gustaría ver un número masivo de despídos que representan a otros aspectos de la situación , como los movimientos de esa persona , lo que está diciendo , y así sucesivamente. Así que si la experiencia parece mucho más rico que un viaje ordenado una jerarquía de funciones , lo es.

Una simulación por ordenador de los despídos de muchos reconocedores de patrones simultáneos en la neocorteza . Sin embargo, el mecanismo básico de la subida de una jerarquía de los reconocedores de patrones en la que cada nivel superior conceptual representa un concepto más abstracto y más integrada sigue siendo válida. El flujo de información a la baja es aún mayor, ya que cada nivel activado del patrón reconocido envía predicciones para el siguiente patrón reconocedor de nivel más bajo de lo que es probable que se encuentre siguiente. La aparente exuberancia de la experiencia

humana es el resultado del hecho de que todos los cientos de millones de reconocedores de patrones en nuestro neocórtex están considerando sus entradas simultáneamente .

En el capítulo 5 Voy a discutir el flujo de información de tacto, la vista , el oído y otros órganos de los sentidos en el neocórtex . Estas entradas primeros son procesados por regiones corticales que se dedican a los tipos pertinentes de la entrada sensorial (aunque hay una enorme plasticidad en la asignación de estas regiones , que refleja la uniformidad básica de la función en el neocórtex) . La jerarquía conceptual continúa por encima de los conceptos más altos en cada región sensorial de la neocorteza . Las áreas de asociación corticales integran las aportaciones de los diferentes estímulos sensoriales . Cuando escuchamos algo que quizá suena como la voz de nuestro cónyuge , y luego ver algo que es quizás indicativo de su presencia, no nos involucramos en un elaborado proceso de deducción lógica , sino que inmediatamente percibimos que nuestra pareja está presente en la combinación de estos reconocimientos sensoriales . Integramos todo el germano sensorial y perceptual señales , tal vez incluso el olor de su perfume o su colonia como una percepción de niveles múltiples.

A nivel conceptual sobre las áreas de asociación sensoriales corticales , somos capaces de tratar co-percibir , recordar y pensar , incluso más conceptos abstractos. Al más alto nivel que reconocer patrones , como eso es divertido, o ella es bonita, o eso es irónico, y así sucesivamente. Nuestros recuerdos son estos patrones abstractos reconocimiento también. Por ejemplo , podríamos recordar que estábamos dando un paseo con alguien y que ella dijo algo divertido, y nos reímos , aunque es posible que no recuerde la propia broma real. La secuencia de la memoria para que el recuerdo sólo ha grabado la percepción del humor , pero no el contenido exacto de lo que era gracioso.

En el capítulo anterior he señalado que a menudo podemos reconocer un patrón , aunque no reconocemos lo suficientemente bien como para poder describirlo. Por ejemplo , creo que podría seleccionar una imagen de la mujer con el cochecito de bebé que vi el día de hoy , de entre un grupo de imágenes de otras mujeres , a pesar de que no puedo realmente visualizar ella y no puedo describir más específica sobre ella. En este caso, mi recuerdo de ella es una lista de algunas funciones de alto nivel. Estas características no tienen lengua o las etiquetas de imagen adjuntos a ellos , y ellos no son imágenes de píxeles , así que mientras yo estoy en condiciones de pensar en ella , no puedo describirla. Sin embargo, si se me presenta una foto de ella , puedo procesar la imagen , lo que se traduce en el reconocimiento de las mismas características de alto nivel que se reconocieron por primera vez que la vi. Me gustaría ser capaz de determinar de este modo que las características coinciden con confianza y por lo tanto recoger a su foto . A pesar de que vi a esta mujer una sola vez en mi caminar , probablemente hay ya varias copias de su patrón en mi neocórtex . Sin embargo , si yo no pienso en ella durante un período de tiempo determinado, entonces estos reconocedores de patrones serán reasignados a otros patrones. Es por eso que los recuerdos crecen dimmer con el tiempo: La cantidad de redundancia se reduce hasta que ciertos recuerdos se extinguen . Sin embargo , ahora que he conmemorado esta mujer en particular al escribir sobre ella aquí , yo probablemente

no olvidarla tan fácilmente.

Autoasociación y Invariance

En el capítulo anterior hablé de cómo podemos reconocer un patrón , incluso si todo el patrón no está presente, y también si se distorsiona . La primera capacidad se denomina autoasociación : la capacidad de asociar un patrón con una parte de sí mismo . La estructura de cada reconocedor patrón intrínsecamente compatible con esta capacidad .

En cada entrada de un reconocedor de patrones de nivel inferior fluye hasta un alto nivel uno, la conexión puede tener un " peso", lo que indica la importancia de ese elemento en particular en el patrón es . Así, los elementos más importantes de un patrón son más fuertemente ponderados al considerar si ese patrón debe dar lugar como " reconocido ". Barba de Lincoln , patillas de Elvis , y famoso gesto de la lengua de Einstein son propensos a tener altos pesos en los patrones que hemos aprendido acerca de la aparición de estas figuras icónicas . El reconocedor de patrón calcula una probabilidad de que toma los parámetros de importancia en cuenta . Por lo tanto la probabilidad global es menor si uno o más de los elementos falta , aunque el umbral de reconocimiento , sin embargo, se puede cumplir . Como he señalado , el cálculo de la probabilidad (que el patrón está presente) es más complicado que una simple suma ponderada en que los parámetros de tamaño también deben ser considerados.

Si el reconocedor patrón ha recibido una señal de un reconocedor de nivel más alto que su patrón se " espera ", entonces el umbral se reduce eficazmente (es decir, hace más fácil de conseguir) . Alternativamente , dicha señal puede simplemente añadir al total de las entradas ponderadas , compensando así un elemento que falta . Esto ocurre en todos los niveles , de manera que un patrón como una cara que es de varios niveles desde el fondo se puede reconocer incluso con múltiples características que faltan .

La capacidad de reconocer patrones , incluso cuando algunos de sus aspectos son transformados se llama función invariante , y se trata de cuatro maneras. En primer lugar , hay transformaciones globales que se realizan antes de la neocorteza recibe los datos sensoriales. Vamos a discutir el viaje de los datos sensoriales de los ojos , los oídos y la piel en la sección " La vía sensorial " en la página 94 .

El segundo método tiene la ventaja de la redundancia en nuestra memoria patrón cortical . Especialmente para los artículos importantes , hemos aprendido muchas perspectivas diferentes y puntos de vista para cada patrón . Por lo tanto muchas variaciones se almacenan y procesan por separado .

La tercera y más potente método es la capacidad de combinar dos listas . Una lista puede tener un conjunto de transformaciones que hemos aprendido puede aplicarse a una determinada categoría de patrón , la corteza se aplicará esta misma lista de posibles cambios en otro patrón. Esa es nuestra manera de entender estos fenómenos lingüísticos como metáforas y símiles .

Por ejemplo , hemos aprendido que ciertos fonemas (los sonidos básicos del lenguaje) pueden estar ausentes en el discurso oral (por ejemplo, " Goin ' ") . Si, pues, nos enteramos de una nueva palabra (por ejemplo, " conducción") , vamos a ser capaces

de reconocer esa palabra si uno de sus fonemas que falta , incluso si nunca hemos experimentado esa palabra en esa forma antes, porque nos hemos familiarizado con el fenómeno general de ciertos fonemas que se omiten . Como otro ejemplo, podemos saber que un artista le gusta destacar (haciendo más grande) algunos elementos de una cara como la nariz. Podemos identificar un rostro con el que estamos familiarizados en que esa modificación se ha aplicado incluso si nunca hemos visto que la modificación en esa cara . Ciertas modificaciones artísticas enfatizan las mismas características que son reconocidos por nuestro neocórtex basado en el reconocimiento de patrones. Como se ha mencionado , que es precisamente la base de la caricatura .

El cuarto método se deriva de los parámetros de tamaño que permiten que un solo módulo para codificar varias instancias de un patrón . Por ejemplo , hemos escuchado la palabra " empinadas " muchas veces . Un módulo de reconocimiento de patrón particular que se reconoce la palabra hablada puede codificar estas múltiples ejemplos por lo que indica que la duración de [E] tiene una alta variabilidad esperado . Si todos los módulos de palabras, incluyendo [E] comparten un fenómeno similar , que la variabilidad podría ser codificados en los modelos de [E] en sí . Sin embargo , diferentes palabras incorporación de [E] (o muchos otros fonemas) pueden tener diferentes cantidades de variabilidad esperado . Por ejemplo , la palabra "pico " es probable que no tienen el derecho [E] fonema como sacado como en la palabra " pendiente " . aprendizaje

¿No estamos creando nosotros mismos nuestros sucesores en la supremacía de la tierra? Añadiendo diario de la belleza y la delicadeza de su organización , a diario , dándoles mayor capacidad y el suministro de más y más de que la auto regulación de la energía de acción automática que será mejor que cualquier intelecto ? Samuel Butler, 1871

Las principales actividades de los cerebros están haciendo cambios en sí mismos.
Marvin Minsky , The Society of Mind

Hasta ahora hemos examinado cómo reconocemos patrones (sensorial y perceptual) y recordar secuencias de patrones (la memoria de las cosas , personas y eventos) . Sin embargo , no hemos nacido con una neocorteza lleno de cualquiera de estos patrones. Nuestro neocórtex es territorio virgen cuando se crea nuestro cerebro. Tiene la capacidad de aprendizaje y por lo tanto de crear conexiones entre sus reconocedores de patrones , pero gana esas conexiones de la experiencia . Este proceso de aprendizaje comienza incluso antes de nacer , que ocurre simultáneamente con el proceso biológico de la realidad cada vez más un cerebro. Un feto ya tiene un cerebro en un mes , aunque es esencialmente un cerebro reptil, ya que el feto va en realidad a través de una alta velocidad de re creación de la evolución biológica en el útero. El cerebro natal es claramente un cerebro humano con un neocórtex humano por el momento en que alcanza el tercer trimestre del embarazo . En este momento el feto está teniendo experiencias , y el neocórtex está aprendiendo. Ella puede oír los sonidos , especialmente s latidos de su madre , que es una de las

razones probables que las cualidades rítmicas de la música son universales a la cultura humana . Cada civilización humana jamás descubierta ha tenido la música como parte de su cultura , que no es el caso con otras formas de arte , como el arte pictórico. Es también el caso de que el ritmo de la música es comparable a nuestro ritmo cardíaco . Música bate ciertamente variar de lo contrario la música no sería mantener nuestro interés , pero los latidos del corazón varía también . Un latido cardíaco excesivamente regular es en realidad un síntoma de un corazón enfermo . Los ojos de un feto son parcialmente abiertos veintiséis semanas después de la concepción , y están completamente abiertos la mayor parte del tiempo por veintidós u ocho semanas después concepción. Puede que no haya mucho que ver en el interior del útero, pero no son los patrones de luz y oscuridad que la neocorteza comienza a procesar .

Así, mientras que un bebé recién nacido ha tenido un poco de experiencia en el útero, que está claramente limitado .

El neocórtex también puede aprender del cerebro antiguo (un tema que discuto en el capítulo 5), pero , en general, al nacer el niño tiene mucho que aprender todo, desde los sonidos básicos y las formas primitivas a las metáforas y el sarcasmo .

El aprendizaje es fundamental para la inteligencia humana. Si nos vamos a modelar y simular perfectamente el ser humano neocórtex (como el Proyecto Blue Brain está intentando hacer) y todas las otras regiones del cerebro que se requiere para funcionar (por ejemplo, el hipocampo y el tálamo) , no serían capaces de hacer mucho en la misma manera que un recién nacido bebé no puede hacer mucho (aparte de ser lindo, que es sin duda una adaptación clave de la supervivencia) .

El aprendizaje y el reconocimiento tienen lugar simultáneamente . Empezamos aprendiendo inmediatamente , y tan pronto como hemos aprendido un patrón , de inmediato empezamos reconociéndolo . El neocórtex está continuamente tratando de dar sentido a la entrada que se le presente . Si un nivel determinado no puede procesar plenamente y reconocer un patrón, que es enviado al siguiente nivel superior. Si ninguno de los niveles de éxito en el reconocimiento de un patrón , que se considera que es un nuevo patrón . Clasificar un patrón nuevo no significa necesariamente que cada aspecto de esto es nuevo . Si buscamos en las pinturas de un artista en particular y ver la cara de un gato con la nariz de un elefante , vamos a ser capaces de identificar cada uno de los rasgos distintivos , pero se dará cuenta que este patrón combinado es algo nuevo , y es probable que recuerde ella. Mayores niveles conceptuales de la neocorteza , que entienden el contexto

Por ejemplo, la circunstancia de que esta imagen es un ejemplo de la obra de un artista en particular y que estamos asistiendo a una abertura de la demostración de nuevas pinturas de ese artista se nota la inusual combinación de los patrones de la cara de gato elefante, pero también se incluyen estos detalles contextuales como los patrones de memoria adicionales.

Nuevos recuerdos tales como la cara del gato y el elefante se almacenan en un reconocedor de patrones disponibles . El hipocampo desempeña un papel en este proceso , y vamos a discutir lo que se sabe sobre los mecanismos biológicos reales en el siguiente capítulo. A los efectos de nuestro modelo de neocórtex , es suficiente decir que los patrones que no son reconocidos por lo demás se almacenan como

nuevos patrones y están conectados adecuadamente a los patrones de nivel inferior que los forman . La cara de gato elefante, por ejemplo, se almacena en varias formas diferentes : La nueva disposición de las partes de la cara será almacenada, así como recuerdos contextuales que incluyen el artista, la situación, y tal vez el hecho de que nos reímos cuando vimos por primera vez ella.

Memorias que son reconocidos con éxito también pueden resultar en la creación de un nuevo patrón para lograr una mayor redundancia . Si los patrones no están perfectamente reconocidos , que son susceptibles de ser almacenados como el reflejo de una perspectiva diferente sobre el tema que fue reconocido .

Entonces, ¿cuál es el método general para determinar qué patrones se almacenan ? En términos matemáticos , el problema puede plantearse de la siguiente manera : El uso de los límites disponibles de almacenamiento de modelo, ¿cómo nos representamos de manera óptima los patrones de entrada que hasta el momento se han presentado ? Si bien tiene sentido para permitir una cierta cantidad de redundancia , no sería práctico para llenar toda la zona de almacenamiento disponible (es decir, todo el neocórtex) con patrones repetidos , como que no permitiría una diversidad suficiente de patrones . Un modelo como el [E] fonemas en palabras habladas es algo que hemos experimentado un sinnúmero de veces. Se trata de un modelo simple de las frecuencias de sonido y que , sin duda, goza de redundancia significativa en nuestro neocórtex . Podríamos llenar todo nuestro neocortex con patrones repetidos de la [E] fonema. Hay un límite , sin embargo , a la redundancia útil, y un patrón común, tal como este ha alcanzado claramente.

Hay una solución matemática para este problema de optimización llamada de programación lineal , que resuelve de la mejor manera posible la asignación de los recursos limitados (en este caso , un número limitado de reconocedores de patrones) que representen todos los casos en los que el sistema ha entrenado . La programación lineal está diseñado para sistemas con entradas de una sola dimensión , que es otra razón por la que es óptima para representar la entrada a cada módulo de reconocimiento de patrones como una cadena lineal de entradas . Podemos utilizar este enfoque matemático en un sistema de software , y aunque un cerebro real está limitado aún más por las conexiones físicas que tiene a su disposición que se puede adaptar entre los reconocedores de patrones , el método es , sin embargo, similares .

Una consecuencia importante de esta solución óptima es que las experiencias que son de rutina se reconocen pero no dan lugar a una memoria permanente del ser hechas . Con respecto a mi pie , experimenté millones de patrones en todos los niveles , desde los bordes de Visual Basic y sombras a los objetos tales como postes de luz y los buzones y las personas y los animales y plantas que pasé . Casi nada de lo que viví fue único , y los patrones que reconocí hacía tiempo que había llegado a su nivel óptimo de redundancia. El resultado es que no recuerdo casi nada de este paseo. Los pocos detalles que sí recuerdo es probable que obtenga sobrescribe con nuevos patrones en el momento en que tomo otra docena camina excepto por el hecho de que ahora he conmemorado este paseo especial por escrito al respecto.

Un punto importante que se aplica tanto a nuestro neocórtex biológica y los intentos de emular es que es difícil de aprender demasiados niveles conceptuales

simultáneamente . Podemos aprender esencialmente uno o como máximo dos niveles conceptuales a la vez. Una vez que el aprendizaje es relativamente estable , podemos ir a aprender el siguiente nivel. Podemos seguir para poner a punto el aprendizaje en los niveles inferiores , pero nuestro enfoque es el aprendizaje en el siguiente nivel de abstracción. Esto es cierto tanto en el inicio de la vida , como la lucha de los recién nacidos con formas básicas , y más tarde en la vida, mientras luchamos para aprender nuevas materias , un nivel de complejidad a la vez. Nos encontramos con el mismo fenómeno en las emulaciones de máquinas de la neocorteza . Sin embargo , si se presentan cada vez más abstracto nivel de un material a la vez , las máquinas son capaces de aprender igual que los humanos (aunque todavía no con tantos niveles conceptuales) .

La salida de un patrón puede alimentar de nuevo a un patrón a un nivel inferior o incluso a la propia patrón , dando el cerebro humano su potente capacidad recursiva . Un elemento de un patrón puede ser un punto de decisión en base a otro patrón. Esto es especialmente útil para las listas que componen las acciones , por ejemplo , conseguir otro tubo de pasta de dientes si la actual no está vacío . Existen Estas condicionales a todos los niveles . Como cualquiera que haya intentado programar un procedimiento en un equipo sabe , condicionales son vitales para describir un curso de acción .

El Lenguaje del Pensamiento

El sueño actúa como una válvula de escape para el cerebro sobrecargado . Sigmund Freud , La interpretación de los sueños , 1911

Cerebro : un aparato con el que pensamos que pensamos.
Ambrose Bierce , Diccionario del Diablo

Para resumir lo que hemos aprendido hasta ahora acerca de la forma en la neocorteza funciona , por favor consulte el diagrama del módulo de reconocimiento de patrones neocortical en la página 42 .

a) Las dendritas entran en el módulo que representa el patrón . A pesar de que los patrones pueden parecer tener dos o tres dimensiones cualidades , que están representados por una secuencia unidimensional de señales . El patrón debe estar presente en este orden (secuencial) para el reconocedor de patrón para poder reconocerlo . Cada una de las dendritas está conectado en última instancia, a una o más axones de los reconocedores de patrones en un nivel conceptual más baja que han reconocido un patrón de nivel inferior que constituye parte de este patrón . Para cada uno de estos patrones de entrada , puede haber muchos reconocedores de patrones de nivel inferior que pueden generar la señal de que el patrón de nivel inferior ha sido reconocido . El umbral necesario para reconocer el patrón se puede conseguir incluso si no la totalidad de las entradas han señalado . El módulo calcula la probabilidad de que el patrón es responsable de está presente . Este cálculo considera la "importancia" y los parámetros " tamaño" (ver [f] a continuación) . Tenga en cuenta que algunas de las dendritas transmiten señales en el módulo y

algunos fuera del módulo . Si todas las dendritas de entrada a este patrón reconocedor están señalando que sus patrones de bajo nivel han sido reconocidas a excepción de una o dos , a continuación, este patrón reconocedor enviará una señal hacia abajo para el patrón reconocedor (s) el reconocimiento de los patrones de nivel inferior que aún no han sido reconocidas , lo que indica que existe una alta probabilidad de que ese patrón pronto será reconocida y que de nivel inferior reconocedor (s) debe estar en el puesto de observación para ello .

b) Cuando este patrón reconocedor reconoce su patrón (basado en la totalidad o la mayor parte de las señales de entrada se dendríticas activadas) , el axón (salida) de este patrón reconocedor se activará. A su vez , este axón se puede conectar a toda una red de dendritas que se conectan a muchos reconocedores patrón de nivel superior que este patrón de entrada es a . Esta señal se transmite información de magnitud para que los reconocedores de patrones en la próxima mayor nivel conceptual se considerará.

c) Si un reconocedor de patrón de nivel superior está recibiendo una señal positiva por parte de todos o la mayoría de sus modelos constitutivos excepción de la que representa este patrón reconocedor , entonces eso reconocedor de nivel superior podría enviar una señal a este reconocedor que indica que su patrón se espera . Esta señal haría que este patrón reconocedor para bajar el umbral , lo que significa que sería más probable que se envíe una señal de su axón (lo que indica que su patrón se considera que ha sido reconocido) , aunque algunos de sus insumos son falta o poco clara.

d) las señales inhibitorias desde abajo harían menos probable que este patrón reconocedor reconocerá su patrón . Esto puede ser resultado de reconocimiento de patrones de nivel inferior que sean incompatibles con el patrón asociado con este reconocedor de patrones (por ejemplo , el reconocimiento de un bigote por un menor nivel reconocedor haría menos probable que esta imagen es " mi esposa ") .

e) las señales inhibitorias de arriba también haría menos probable que este patrón reconocedor reconocerá su patrón . Esto puede ser resultado de un contexto de mayor nivel que sea incompatible con el patrón asociado con este reconocedor .

f) Para cada entrada , allí se almacenan parámetros de importancia , tamaño esperado , y la variabilidad del tamaño esperado . El módulo calcula una probabilidad general de que el patrón se basa presente en todos estos parámetros y las señales de corriente que indican cual de las entradas están presentes y sus magnitudes . Una forma matemáticamente óptima de lograr esto es con una técnica llamada modelos ocultos de Markov . Cuando tales modelos se organizan en una jerarquía (como lo son en la neocorteza o en los intentos para simular un neocórtex) , los llamamos modelos ocultos de Markov jerárquicos .

Patrones activan en el gatillo neocórtex otros patrones. Patrones parcialmente

completos envían señales abajo en la jerarquía conceptual; patrones completos envían señales de la jerarquía conceptual. Estos patrones neocorticales son el lenguaje del pensamiento. Al igual que el lenguaje, que son jerárquicas, pero no son lenguaje per se. Nuestros pensamientos no están concebidos principalmente en los elementos del lenguaje, aunque dado que el lenguaje es también el de las jerarquías de patrones en nuestro neocórtex, podemos tener ideas basadas en el lenguaje. Sin embargo, para la mayor parte, pensamientos están representados en estos patrones neocorticales. Como dije anteriormente, si hemos sido capaces de detectar los patrones de activaciones neocórtex de alguien, todavía tendríamos poca idea de lo que significaban esas activaciones patrón sin tener también acceso a toda la jerarquía de los patrones anteriores y por debajo de cada patrón activado. Eso sería prácticamente requerir el acceso a la totalidad de neocórtex de esa persona. Ya es bastante difícil para nosotros entender el contenido de nuestros propios pensamientos, pero la comprensión de otra persona requiere el dominio de un neocórtex diferente de la nuestra. Por supuesto que todavía no tenemos acceso a la neocórtex de otra persona, necesitamos en lugar de confiar en sus intentos de expresar sus pensamientos a un lenguaje (al igual que otros medios, como los gestos). Capacidad incompleta de las personas para llevar a cabo estas tareas de comunicación añade otra capa de complejidad, no es de extrañar que no entendemos unos a otros tanto como a nosotros.

Tenemos dos modos de pensar. Uno de ellos es el pensamiento no dirigido, en el que los pensamientos activan entre sí de una manera no lógica. Cuando experimentamos un repentino recuerdo de un recuerdo de años o décadas atrás mientras se hace otra cosa, como rastrillar las hojas o caminar por la calle, la experiencia se recuerda como todas las memorias son como una secuencia de patrones. No visualizar inmediatamente el lugar a menos que podamos recurrir a una gran cantidad de otros recuerdos que nos permiten sintetizar un recuerdo más fuerte. Si lo hacemos visualizar la escena de esa manera, estamos esencialmente creando en nuestra mente desde hace alusión a la época de recolección, la memoria en sí no se almacena en forma de imágenes o visualizaciones. Como mencioné anteriormente, los factores desencadenantes que llevaron esta idea para que aparezca en nuestra mente puede o no ser evidente. La secuencia de los pensamientos pertinentes puede haberse olvidado de inmediato. Incluso si lo hacemos recordarlo, será una secuencia no lineal y tortuosa de las asociaciones.

El segundo modo de pensamiento se dirige el pensamiento que usamos cuando tratamos de resolver un problema o formular una respuesta organizada. Por ejemplo, podríamos estar ensayando en nuestra mente algo que tenemos la intención de decir a alguien, o podríamos estar formulando un pasaje que queremos escribir (en un libro sobre la mente, tal vez). Al pensar en las tareas de este tipo, ya hemos desglosado cada uno en una jerarquía de subtareas. Escribir un libro, por ejemplo, consiste en escribir los capítulos, y cada capítulo tiene secciones, cada sección tiene párrafos, cada párrafo contiene frases que expresan ideas, cada idea tiene su configuración de elementos, cada elemento y cada relación entre los elementos es una idea que tiene que ser articulada, y así sucesivamente. Al mismo tiempo, las estructuras neocorticales han aprendido ciertas reglas que deben seguirse. Si la tarea es escribir,

entonces debemos tratar de evitar repeticiones innecesarias , debemos tratarnos de asegurarnos de que el lector pueda seguir lo que se está escribiendo , debemos tratar de seguir las reglas de gramática y estilo , y así sucesivamente . El escritor necesita tanto para construir un modelo del lector en su mente, y esa construcción es jerárquica también. De este pensamiento dirigido , estamos dando un paso a través de las listas en nuestro neocortex, cada uno de los cuales se expande en grandes jerarquías de sublistas , cada una con sus propias consideraciones . Tenga en cuenta que los elementos de una lista en un patrón neocortical pueden incluir condicionales , por lo que nuestros pensamientos y acciones subsiguientes dependerán de las evaluaciones realizadas a medida que avanzamos a través del proceso . Por otra parte, cada uno de esos pensamiento dirigido activará jerarquías de pensamientos no dirigidos. Una tormenta continua de reflexiones asiste tanto nuestras experiencias sensoriales y nuestros intentos de pensamiento dirigido . Nuestra experiencia mental real es complejo y complicado , formado por estas tormentas de patrones desencadenados , que cambian un centenar de veces por segundo .

El lenguaje de los sueños

Los sueños son ejemplos de pensamientos no dirigidos . Hacen un poco de sentido porque el fenómeno de un pensamiento de la activación otra está basada en los vínculos reales de patrones en nuestro neocortex . En la medida que un sueño no tiene sentido , tratamos de solucionarlo a través de nuestra capacidad de fabular . Como voy a describir en el capítulo 9 , los pacientes con el cerebro dividido (cuyo cuerpo calloso , que conecta los dos hemisferios del cerebro, se rompa o se averíe) se confabular (compensar) las explicaciones con el izquierdo del cerebro que controla el habla de centro a explicar lo que el hemisferio derecho del cerebro acaba de hacer con el aporte que el cerebro izquierdo no tenía acceso. Nos confabular todo el tiempo para explicar el desenlace de los acontecimientos. Si quieres un buen ejemplo de esto, simplemente sintonizar el comentario diario sobre el movimiento de los mercados financieros . No importa cómo funcionan los mercados , siempre es posible encontrar una buena explicación de por qué ocurrió , y tal comentario después de los hechos es abundante. Por supuesto, si estos comentaristas entienden realmente los mercados , no tendrían que perder su tiempo haciendo comentarios.

El acto de confabulando , por supuesto, también hecho en el neocortex , que es bueno en dar con historias y explicaciones que cumplan con ciertas restricciones. Lo hacemos cada vez que volvemos a contar una historia. Vamos a completar los detalles que pueden no estar disponibles o que hayamos olvidado lo que la historia tiene más sentido. Es por eso que las historias cambian con el tiempo , ya que se les dice una y otra vez por los nuevos narradores con quizá diferentes agendas. Como lengua hablada llevado a la lengua escrita , sin embargo, tuvimos una tecnología que podría grabar una versión definitiva de la historia y evitar este tipo de deriva.

El contenido real de un sueño, en la medida en que lo recordamos , es de nuevo una secuencia de patrones . Estos patrones representan limitaciones en una historia ; entonces confabular una historia que se ajuste a estas limitaciones . La versión del sueño que volvemos a contar (aunque sólo a nosotros mismos en silencio) es la confabulación. Como relatamos un sueño que provocamos cascadas de patrones que

lleen en el sueño real, que originalmente vivieron.

Hay una diferencia fundamental entre los pensamientos del sueño y nuestro pensamiento despierto . Una de las lecciones que aprendemos en la vida es que ciertas acciones, incluso pensamientos, no son admisibles en el mundo real. Por ejemplo , sabemos que no podemos cumplir con nuestros deseos inmediatamente . Hay reglas contra el acaparamiento de dinero en la caja registradora en una tienda , y las limitaciones en la interacción con una persona a la que podemos ser atraídos físicamente. También aprendemos que ciertos pensamientos no son admisibles porque están prohibidos culturalmente . A medida que aprendemos las habilidades profesionales, aprendemos las maneras de pensar que son reconocidos y recompensados en nuestras profesiones , y de ese modo evitar los patrones de pensamiento que podría traicionar a los métodos y normas de la profesión . Muchos de estos tabúes valen la pena , ya que imponen el orden social y consolidar el progreso. Sin embargo , también pueden prevenir el progreso de la aplicación de una ortodoxia improductivo. Esta ortodoxia es precisamente lo que Einstein dejó atrás cuando trató de montar un haz de luz con sus experimentos mentales .

Normas culturales se aplican en el neocórtex con la ayuda del viejo cerebro , especialmente la amígdala.

Cada pensamiento que tenemos desencadena otros pensamientos , y algunos de ellos se refieren a los peligros asociados . Nos enteramos , por ejemplo, que la ruptura de una norma cultural incluso en nuestros pensamientos privados puede llevar al ostracismo , lo que da cuenta de la neocorteza amenaza nuestro bienestar. Si nos entretenemos tales pensamientos , la amígdala se activa , y que genera miedo, que por lo general conduce a la terminación de ese pensamiento.

En los sueños , sin embargo , estos tabúes se relajan , y vamos a menudo soñar con asuntos que sean cultural, sexual o profesionalmente prohibidos. Es como si el cerebro se da cuenta de que no somos un actor real en el mundo durante el sueño . Freud escribió sobre este fenómeno, pero también señaló que vamos a disimular esos pensamientos peligrosos , por lo menos cuando se intenta recuperarlos , por lo que el cerebro despierto sigue estando protegido de ellos.

Relajante tabúes profesionales resulta ser útil para resolver problemas de forma creativa . Yo uso una técnica mental cada noche en la que pienso en un problema particular antes de irme a dormir. Esto desencadena secuencias de pensamientos que continuarán en mis sueños. Una vez que estoy soñando , no puedo pensar dream sobre soluciones al problema sin la carga de las restricciones profesionales que llevo durante el día . Entonces puedo acceder a estos pensamientos del sueño en la mañana , mientras que en un estado intermedio de soñar y estar despierto , a veces conocido como " sueño lúcido " . 5

Freud también escribió la célebre frase sobre la posibilidad de profundizar en la psicología de una persona mediante la interpretación de los sueños. Por supuesto, hay una vasta literatura sobre todos los aspectos de esta teoría , pero la idea fundamental de hacerse una idea de nosotros mismos a través del examen de nuestros sueños tiene sentido. Nuestros sueños son creados por nuestro neocortex , y por lo tanto sus bienes pueden ser reveladores del contenido y las conexiones se encuentran allí . La relajación de las restricciones de nuestro pensamiento que existen mientras estamos

despiertos también es útil para revelar el contenido neocortical que de otra manera no podríamos acceder directamente . También es razonable concluir que los modelos que terminan en nuestros sueños representan asuntos importantes para nosotros y por lo tanto claves para entender nuestros deseos y temores no resueltos.

Las raíces del Modelo

Como he mencionado anteriormente , dirigí un equipo en los años 1980 y 1990 que se desarrolló la técnica de los modelos ocultos de Markov jerárquicas para reconocer el habla humana y entender los estados de lenguaje natural . Este trabajo fue el predecesor de los sistemas comerciales generalizadas de hoy que reconocemos y entendemos lo que estamos tratando de decirles (sistemas de navegación para automóviles que se puede hablar, Siri en el iPhone , Google Voice Search , y muchos otros) . La técnica que hemos desarrollado tiene sustancialmente todos los atributos que describo en el PRTM . Se incluye una jerarquía de modelos a un nivel mayor de ser conceptualmente más abstracta que la de abajo . Por ejemplo, en el reconocimiento de voz de los niveles incluidos los patrones básicos de la frecuencia del sonido al nivel más bajo , luego fonemas, luego palabras y frases (que fueron reconocidos a menudo como si fueran palabras) . Algunos de nuestros sistemas de reconocimiento de voz puede comprender el significado de los comandos de lenguaje natural , por lo que los niveles aún más altos incluyen estructuras tales como nombre y frases verbales . Cada módulo de reconocimiento de patrones podía reconocer una secuencia lineal de patrones a partir de un nivel conceptual inferior . Cada entrada tenía los parámetros de importancia , el tamaño , y la variabilidad de tamaño. No hubo señales "hacia abajo " , indicando que se espera que un patrón de nivel inferior . Discuto esta investigación con más detalle en el capítulo 7 .

En 2003 y 2004 , Palm Pilot inventor Jeff Hawkins y Dileep George desarrollaron un modelo cortical jerárquica llamada memoria temporal jerárquica. Con el escritor de ciencia Sandra Blakeslee , Hawkins describió este modelo elocuente en su libro *On Intelligence* . Hawkins ofrece un fuerte argumento para la uniformidad del algoritmo cortical y su organización jerárquica y basada en listas . Hay algunas diferencias importantes entre el modelo presentado en en la inteligencia y lo que presento en este libro. Como el nombre implica , Hawkins está haciendo hincapié en la naturaleza temporal (basado en el tiempo) de las listas de constituyentes . En otras palabras , la dirección de las listas es siempre hacia delante en el tiempo . Su explicación de cómo las características de un modelo de dos dimensiones tales como la letra impresa "A" tienen un sentido del tiempo se basa en el movimiento del ojo . Explica que visualizamos imágenes con movimientos sacádicos , que son movimientos muy rápidos de los ojos de los que no somos conscientes . La información que llega al neocórtex por lo tanto, no es un conjunto bidimensional de características , sino más bien una lista ordenada por tiempo . Si bien es cierto que nuestros ojos hacen movimientos muy rápidos , la secuencia en la que se ven las características de un patrón como la letra " A" no siempre ocurre en un orden temporal coherente. (Por ejemplo, los movimientos sacádicos del ojo no siempre se registrará el vértice superior de "A" antes de su concavidad inferior.) Por otra parte , podemos reconocer un patrón visual que se presentan sólo a unas pocas decenas de

milisegundos , lo cual es un periodo muy corto de tiempo de movimientos sacádicos del ojo para escanearlo. Es cierto que los reconocedores de patrones en la tienda neocortex un patrón en forma de lista y que la lista es de hecho pedir , pero el orden no representa necesariamente el tiempo. Esto es a menudo el caso, pero también puede representar un conceptual espaciales o de mayor nivel de pedidos como se discutió anteriormente . La diferencia más importante es el conjunto de parámetros que he incluido para cada entrada en la módulo de reconocimiento de patrones , en especial los parámetros de variabilidad del tamaño y el tamaño . En la década de 1980 que en realidad tratamos de reconocer el habla humana sin este tipo de información. Esto fue motivado por los lingüistas " que nos dice que la información de duración no fue especialmente importante. Esta perspectiva se ilustra con los diccionarios que escriben la pronunciación de cada palabra como una cadena de fonemas , por ejemplo la palabra " fuerte " como [s] [t] [E] [p] , sin ninguna indicación de la duración de cada fonema es espera que dure . La implicación es que si creamos programas para reconocer fonemas y luego encontrar esta secuencia particular de cuatro fonemas (en una expresión hablada) , debemos ser capaces de reconocer que la palabra hablada. El sistema que hemos construido con este enfoque funcionó hasta cierto punto, pero no lo suficiente como para hacer frente a tales atributos como un amplio vocabulario , múltiples altavoces, y las palabras que se hablan continuamente sin pausas. Cuando se utilizó la técnica de los modelos ocultos de Markov jerárquicos con el fin de incorporar la distribución de las magnitudes de cada entrada , el rendimiento se disparó .

CAPÍTULO 4

El neocórtex BIOLÓGICA

Porque las cosas importantes van en un caso , tienes un cráneo para el cerebro , una funda de plástico para su peine, y una cartera de su dinero. George Costanza, en " La Mirilla Reverse" episodio de Seinfeld

Ahora, por primera vez , estamos observando el cerebro en el trabajo de una manera global con tal claridad que debemos ser capaces de descubrir los programas generales detrás de sus magníficos poderes. J . G. Taylor , B. Horwitz y J. K. Friston

La mente , en fin, trabaja sobre los datos que recibe en gran medida como un escultor trabaja en su bloque de piedra. En cierto sentido, la estatua estaba allí desde la eternidad. Pero había un millar de los diferentes junto a él , y el escultor solo es dar las gracias por haber desprendió ésta del resto. Justo lo que el mundo de cada uno de nosotros , independientemente de cuál sea diferente a nuestros diversos puntos de vista de lo que sea, todo estaba incrustado en el caos primordial de las sensaciones , lo que dio la mera materia al pensamiento de todos nosotros con indiferencia. Podemos, si queremos, por nuestros razonamientos descansar las cosas vuelvan a la continuidad de negro y sin juntas del espacio y las nubes en movimiento del enjambre de átomos que la ciencia llama el único mundo real. Pero al mismo tiempo que el mundo nos sentimos y vivimos será la que nuestros antepasados y nosotros, por

golpes lentamente acumulados de elección , se desprendió de esto, como escultores , por el simple rechazo de ciertas partes de la materia dada. Otros escultores, otras estatuas de la misma piedra ! Otras mentes , otros mundos desde el mismo caos monótono e inexpresivo ! Mi mundo no es más que una en un millón por igual incrustado, tanto real para aquellos que les abstracto. Qué diferente debe ser el mundo en la conciencia de la hormiga , jibia , o el cangrejo ! - William James

Es la inteligencia de la meta, o incluso un objetivo, de la evolución biológica ? Steven Pinker escribe: " Somos machistas sobre nuestro cerebro , pensaba que era el objetivo de la evolución", 1 y continúa argumentando que "el que no tiene sentido La selección natural no hace nada ni siquiera cerca de la lucha por la inteligencia. El proceso es impulsado por las diferencias en las tasas de supervivencia y reproducción de los organismos replicantes en un entorno particular. Con el tiempo, los organismos adquieren los diseños que ellos se adaptan para la supervivencia y la reproducción en ese medio, período, . Nada los detiene en cualquier dirección que no sea el éxito en el acto " Pinker concluye que " la vida es un arbusto denso ramificación, no una escala o un escalera , y los organismos vivos se encuentran en las puntas de las ramas , y no en niveles más bajos " .

En relación con el cerebro humano, que se pregunta si los "beneficios superan a los costos . " Entre los costos , menciona que " el cerebro [es] voluminosos. La pelvis de la mujer apenas tiene capacidad descomunal cabeza de un bebé. Ese compromiso de diseño mata a muchas mujeres durante el parto y requiere un paso giratorio que hace que las mujeres caminantes biomecánicamente menos eficientes que los hombres. También una cabeza pesada flotando alrededor en el cuello nos hace más vulnerables a las lesiones fatales en accidentes como caídas. " Él va a la lista adicional deficiencias , como el consumo de energía del cerebro , su tiempo de reacción lento, y el largo proceso de aprendizaje.

Si bien cada una de estas afirmaciones es exacta en su cara (aunque muchas de mis amigas son mejores caminantes que yo) , Pinker le falta el punto general aquí . Es cierto que biológicamente , la evolución no tiene dirección específica. Se trata de un método de búsqueda que, efectivamente, se llena a fondo la " ramificación arbusto densamente " de la naturaleza . Es igualmente cierto que los cambios evolutivos no necesariamente se mueven en la dirección de una mayor inteligencia se mueven en todas las direcciones . Hay muchos ejemplos de criaturas exitosas que se han mantenido relativamente sin cambios durante millones de años . (Cocodrilos , por ejemplo , la fecha de hace 200 millones de años, y muchos microorganismos se remontan mucho más lejos que eso.) Pero en el transcurso de llenar completamente las ramas evolutivas innumerables , una de las direcciones que se mueve en es hacia una mayor inteligencia. Ese es el punto de referencia a efectos de esta discusión .

Disposición física de las regiones clave del cerebro .

El neocórtex en diferentes mamíferos .

Supongamos que tenemos un gas de color azul en un frasco. Cuando quitamos la tapa, no hay ningún mensaje que va a todas las moléculas del gas diciendo, " Hey , chicos , la tapa está apagado el frasco ; . Vayamos hacia la apertura y hacia la libertad

" Las moléculas sólo seguir haciendo lo que siempre hacen , que es moverse en todas direcciones sin dirección aparente . Pero en el curso de hacerlo, algunos de ellos en la parte superior de hecho se moverá fuera del tarro , y con el tiempo la mayoría de ellos lo mismo. Una vez que la evolución biológica se tropezó con un mecanismo neural capaz de aprender jerárquica , que nos pareció ser inmensamente útil para un objetivo de la evolución, que es la supervivencia. El beneficio de tener un neocórtex se agudizó al cambiar rápidamente circunstancias favorecieron el rápido aprendizaje . Las especies de todo tipo plantas y animales pueden aprender a adaptarse a las circunstancias cambiantes en el tiempo , pero sin neocórtex , deben utilizar el proceso de la evolución genética . Se puede tomar muchísimas generaciones , miles de años para una especie sin neocórtex para aprender nuevos comportamientos significativos (o en el caso de los vegetales, las estrategias de adaptación) . La ventaja de supervivencia saliente de la neocorteza era que podría aprender en cuestión de días . Si una especie se encuentra dramáticamente cambio de circunstancias y un miembro de esa especie invente o descubra o simplemente tropieza (estos tres métodos son todas variaciones de innovación), una forma de adaptarse a ese cambio, otras personas se darán cuenta , aprender y copiar ese método, y se propagará rápidamente de forma viral a toda la población . El evento de extinción del Cretácico Paleógeno cataclísmica hace 65 millones de años llevó a la rápida desaparición de muchas especies no neocórtex transporte que no pudieron adaptarse con suficiente rapidez a un entorno de pronto alterada. Esto marcó el punto de inflexión para los mamíferos neocortex con capacidad para hacerse cargo de su nicho ecológico . De esta manera , la evolución biológica se ha encontrado que el aprendizaje jerárquica de la neocorteza era tan valioso que esta región del cerebro continuó creciendo en tamaño hasta que prácticamente se hizo cargo del cerebro de Homo sapiens .

Los descubrimientos de la neurociencia han establecido convincentemente el papel clave desempeñado por la jerárquica capacidades de la neocorteza , así como las pruebas ofrecidas por la teoría de reconocimiento de patrones de la mente (PRTM) . Esta evidencia se distribuye entre muchas observaciones y análisis, una parte del cual voy a revisar aquí . Psicólogo canadiense Donald O. Hebb (1904-1985) hizo un primer intento de explicar las bases neurológicas del aprendizaje. En 1949 se describió un mecanismo en el que las neuronas cambian según fisiológicamente en su experiencia, consolidando así las bases para el aprendizaje y la plasticidad cerebral : " Vamos a suponer que la persistencia o la repetición de una actividad de reverbero (o " traza ") tiende a inducir cambios celulares duraderos que se suman a su estabilidad

Cuando un axón de la célula A es lo suficientemente cerca como para excitar una célula B y repetida o persistentemente toma parte en coacción que , algún proceso de crecimiento o cambio metabólico se lleva a cabo en una o ambas células de tal manera que de una eficiencia , como una de las celdas de disparo B, se incrementa." 2 Esta teoría ha sido declarado como "células que disparan juntas, se conectan", y que se conoce como aprendizaje de Hebb. Aspectos de la teoría de Hebb se han confirmado, en el que es evidente que los conjuntos de cerebro pueden crear nuevas conexiones y reforzarlos , sobre la base de su propia actividad . De hecho, podemos ver las neuronas en desarrollo este tipo de conexiones en los escáneres cerebrales . Artificiales "redes neuronales" se basan en el modelo de aprendizaje neuronal de

Hebb.

El supuesto central en la teoría de Hebb es que la unidad básica de aprendizaje en el neocórtex es la neurona . La teoría de reconocimiento de patrones de la mente que el artículo en este libro se basa en una unidad diferente fundamental : no la propia neurona , sino más bien un conjunto de neuronas, que estimo a número de alrededor de un centenar. Los puntos fuertes de cableado y sináptica dentro de cada unidad son relativamente estables y se determinó que es genéticamente , la organización dentro de cada módulo de reconocimiento de patrones se determina por diseño genético . El aprendizaje tiene lugar en la creación de conexiones entre estas unidades , no dentro de ellas , y, probablemente, en la fuerza de las sinapsis de las conexiones entre unidades .

El apoyo más reciente para el módulo básico de aprendizaje de ser un módulo de decenas de neuronas proviene neurocientífico Henry Markram suizo (nacido en 1962) , cuyo proyecto Blue Brain ambicioso para simular todo el cerebro humano que describo en el capítulo 7 . En un documento de 2011 que describe cómo durante la exploración y el análisis de las neuronas neocorteza del mamífero reales , era " buscar [ing] la evidencia de ensamblajes Hebbian en el nivel más elemental de la corteza . " Lo que encontró su lugar , dice, eran " ensamblajes esquivos [cuya] conectividad y pesos sinápticos son altamente predecibles y restringida. " Él concluye que " estos hallazgos implican que la experiencia no se puede moldear fácilmente las conexiones sinápticas de las ensamblajes " , y especula que " sirven como innatas bloques de construcción Lego como , de conocimiento para percepción y que la adquisición de recuerdos implica la combinación de estos bloques de construcción en construcciones complejas " , continúa. :

Asamblajes neuronales funcionales han sido reportados desde hace décadas , pero la evidencia directa de grupos de neuronas conectadas sinápticamente ... ha desaparecido Desde estas ensamblajes serán todos similares en topología y sináptica pesos, no moldeados por cualquier experiencia específica , consideramos que estos son ensamblados innatas La experiencia juega un papel menor en la determinación de las conexiones sinápticas y los pesos dentro de estas ensamblajes Nuestro estudio encontró evidencia [de] innatas ensamblajes Lego como de una docena de neuronas ... Las conexiones entre los conjuntos pueden combinar en super ensamblados dentro de una capa neocortical , a continuación, en conjuntos de orden superior en una columna cortical , incluso conjuntos de orden superior en una región del cerebro , y, finalmente, en el conjunto de orden más alto posible representado por todo el cerebro La adquisición de recuerdos es muy similar a la construcción con Lego . Cada conjunto es equivalente a un bloque de Lego que sostiene alguna pieza de conocimiento innato elemental acerca de cómo procesar , percibir y responder al mundo Cuando diferentes bloques se unen, por lo tanto, forman una combinación única de estas percepciones innatas que representa el conocimiento específico de un individuo y experience.³

Los " bloques de Lego " que Markram propone son totalmente compatibles con los módulos de reconocimiento de patrones que he descrito . En una comunicación por e

mail , Markram describe estos " bloques de Lego " como " contenido compartido y el conocimiento innato. " 4 Me articulo que el objetivo de estos módulos es reconocer patrones , para recordarlos , y predecir ellos basados en patrones parciales . Tenga en cuenta que la estimación de Markram de que contienen " varias docenas de neuronas " de cada módulo se basa sólo en la capa V de la corteza cerebral . Capa de V es de hecho rica neurona , pero en base a la proporción habitual de los recuentos de neuronas en las seis capas , esto se traduciría en un orden de magnitud de alrededor de 100 neuronas por módulo , lo cual es consistente con mis estimaciones .

El cableado consistente y aparente modularidad de la neocorteza se ha observado durante muchos años , pero este estudio es el primero en demostrar la estabilidad de estos módulos como el cerebro sufre sus procesos dinámicos.

Otro estudio reciente , este Hospital General de Massachusetts , financiado por los Institutos Nacionales de Salud y la Fundación Nacional de Ciencias y publicado en la edición de marzo 2012 de la *Journal of Neuroscience*, también muestra una estructura regular de las conexiones a través de la neocortex.⁵ El artículo se describe el cableado de la neocorteza como siguiendo una cuadrícula , como ordenadas calles de la ciudad : "Básicamente , la estructura general del cerebro termina por parecerse Manhattan, donde se tiene un plan de 2 D de la calle y un tercer eje , un ascensor que va en la tercera dimensión " , escribió Van J. Wedeen , neurocientífico de Harvard y el físico y el jefe del estudio. En una revista *Science* podcast, Wedeen describió la importancia de la investigación: "Esta fue una investigación de la estructura tridimensional de las vías del cerebro. Cuando los científicos han pensado en los caminos del cerebro durante los últimos cien años , la típica imagen o modelo que viene a la mente es que estas vías pueden parecerse a los de un plato de espaguetis vías separadas que tienen poco patrón espacial particular, en relación con una otra . Utilizando imágenes de resonancia magnética , hemos sido capaces de investigar esta cuestión experimentalmente. Y lo que encontramos fue que en lugar de estar dispuestos al azar o vías independientes , encontramos que todos los caminos del cerebro en su conjunto encajar en una sola estructura sumamente simple.

Básicamente parece un cubo. Básicamente, se ejecutan en tres direcciones perpendiculares , y en cada una de esas tres direcciones de las vías son altamente paralelos entre sí y dispuestos en matrices . Así, en lugar de espaguetis independientes , vemos que la conectividad del cerebro es , en cierto sentido, una sola estructura coherente " .

Considerando que el estudio Markram muestra un módulo de neuronas que se repite en todo el neocórtex , el estudio Wedeen demuestra un patrón muy ordenada de las conexiones entre los módulos . El cerebro comienza con un muy gran número de " conexiones en espera " a la que los módulos de reconocimiento de patrones pueden conectar . Así, si un módulo dado desea conectarse a otro , lo que no necesita para crecer un axón de una y una dendrita de la otra para abarcar toda la distancia física entre ellos . Simplemente puede aprovechar una de estas conexiones axonales de honor y simplemente conectar a los extremos de la fibra. Como Wedeen y sus colegas escriben, " Los caminos del cerebro siguen un plan de base establecida por el ... embriogénesis temprana . Por lo tanto , los caminos del cerebro maduro presentan una imagen de estos tres gradientes primordiales, físicamente deformes por el

desarrollo. "En otras palabras, a medida que aprender y tener experiencias , los módulos de reconocimiento de patrones del neocórtex se conectan a estas conexiones preestablecidas que se crearon cuando éramos embriones.

Hay un tipo de chip electrónico denominado un campo de matriz de puertas programables (FPGA) que se basa en un principio similar . El chip contiene millones de módulos que implementan las funciones lógicas , junto con conexiones de honor . En el momento de uso , estas conexiones son o bien activan o desactivan (a través de señales electrónicas) para poner en práctica una capacidad en particular . En el neocórtex , las conexiones de larga distancia que no se utilizan eventualmente son podadas de distancia, que es una razón por la adaptación de una zona próxima a la corteza cerebral para compensar la que ha dañado no es tan eficaz como el uso de la región original . Según el estudio Wedeen , las conexiones iniciales son muy ordenada y repetitiva , al igual que los propios módulos , y su patrón de rejilla se utiliza para " guiar la conectividad " en la neocorteza . Este patrón se encontró en todos los cerebros de primates y humanos estudiado y fue evidente a través de la neocorteza , de las regiones que se ocupan de los patrones sensoriales primarias hasta emociones de más alto nivel . Artículo de la revista Science Wedeen concluyó que la " estructura de la red de vías cerebrales se ha generalizado , coherente y continuo con los tres ejes principales del desarrollo. " Esto habla de nuevo con un algoritmo común en todas las funciones neocorticales .

Desde hace tiempo se sabe que al menos ciertas regiones de la neocorteza son jerárquicos . La región mejor estudiada es la corteza visual , que se divide en áreas conocidas como V1 , V2 , y MT (también conocido como V5) . A medida que avanzamos hacia las zonas más altas de la región (" superior" en el sentido del proceso conceptual, no físicamente , ya que el neocortex es siempre sólo un patrón reconocedor de espesor) , las propiedades que pueden ser reconocidos pasan a ser más abstracto. V1 reconoce bordes muy básicos y formas primitivas . V2 puede reconocer contornos , la disparidad de las imágenes presentadas por cada uno de los ojos, la orientación espacial , y si una parte de la imagen es parte de un objeto o de las regiones background.6 de más alto nivel de la corteza cerebral reconocen conceptos tales como la identidad de los objetos y las caras y su movimiento . Desde hace tiempo también se ha sabido que la comunicación a través de esta jerarquía es a la vez hacia arriba y hacia abajo , y que las señales puede ser tanto excitatorios e inhibitorios . MIT neurocientífico Tomaso Poggio (nacido en 1947) ha estudiado ampliamente la visión en el cerebro humano, y su investigación de los últimos treinta y cinco años, ha sido fundamental en el establecimiento de enseñanza jerárquica y el reconocimiento de patrones en el "temprano" (la más baja conceptual) los niveles de la visual neocortex.7

La estructura de rejilla muy regular de las conexiones iniciales en la neocorteza encuentra en un Nacional Institutos de estudios de la Salud.

Otro punto de vista de la estructura de malla regular de conexiones neocorticales .

La estructura de rejilla que se encuentra en el neocórtex es notablemente similar a lo que se llama travesaño de conmutación , que se utiliza en los circuitos integrados y placas de circuitos .

Nuestra comprensión de los niveles jerárquicos inferiores de la corteza cerebral visual es consistente con la PRTM he descrito en el capítulo anterior, y la observación de la naturaleza jerárquica de procesamiento neocortical recientemente ha extendido mucho más allá de estos niveles. Universidad de Texas neurobiología profesor Daniel J. Felleman y sus colegas trazó la "organización jerárquica de la corteza cerebral ... [en] 25 áreas neocorticales ", que incluía tanto a las áreas visuales y las zonas de más alto nivel que combinan patrones de múltiples sentidos . Lo que encontraron a su paso por la jerarquía neocortical es que la transformación de los patrones se hizo más abstracta, compuesta áreas espaciales más grandes, e involucró a plazos más largos . Con todas las conexiones se encuentran la comunicación tanto hacia arriba y abajo de la hierarchy.⁸

La investigación reciente nos permite ampliar considerablemente estas observaciones a regiones mucho más allá de la corteza visual , e incluso a las áreas de asociación , que combinan las aportaciones de múltiples sentidos. Un estudio publicado en 2008 por el profesor de psicología de Princeton Uri Hasson y sus colegas demuestra que los fenómenos observados en la corteza visual se producen en una amplia variedad de áreas neocorticales : " Es bien sabido que las neuronas a lo largo de las vías corticales visuales tienen campos receptivos espaciales cada vez más grandes . Este es un principio organizativo básico del sistema visual Eventos del mundo real producen no sólo sobre las regiones extendidas de espacio , sino también durante períodos de tiempo prolongados . Por lo tanto, la hipótesis de que debe existir una jerarquía similar a la encontrada para el tamaño de los campos receptivos espaciales de las características de respuesta en el tiempo de las diferentes regiones del cerebro. "Esto es exactamente lo que encontraron , lo que les permitió concluir que " similar a la jerarquía cortical conocida de campos receptivos espaciales , hay una jerarquía de ventanas temporales receptivas progresivamente más largo en el cerebro humano . " ⁹ El argumento más poderoso para la universalidad de procesamiento en el neocórtex es la omnipresente evidencia de plasticidad (no sólo el aprendizaje, sino intercambiabilidad) : En otras palabras , una región es capaz de hacer el trabajo de otras regiones , lo que implica un algoritmo común en todo el neocórtex . Una gran parte de la investigación en neurociencias se ha centrado en identificar qué regiones de la corteza cerebral son responsables de qué tipos de patrones. La técnica clásica para la determinación de esta ha sido la de tomar ventaja de daño cerebral de una lesión o un accidente cerebrovascular y para correlacionar la pérdida de funcionalidad con las regiones dañadas específicos . Así , por ejemplo, cuando nos damos cuenta de que una persona con daño recién adquirido a la región del gyrus fusiforme repentinamente tiene dificultad para reconocer caras , pero todavía es capaz de identificar a las personas de sus voces y patrones de lenguaje , podemos plantear la hipótesis de que esta región tiene algo que ver con la cara reconocimiento . La suposición subyacente ha sido que cada una de estas regiones está diseñado para reconocer y procesar un tipo particular de patrón . Regiones físicas particulares se han convertido en asociados con ciertos tipos de patrones , porque en circunstancias normales esto es cómo la información pasa a fluir. Pero cuando ese flujo normal de información se interrumpe por cualquier motivo , otra región de la corteza cerebral es capaz de intervenir y hacerse cargo .

Plasticidad ha sido ampliamente observado por los neurólogos , que observaron que los pacientes con daño cerebral de una lesión o un accidente cerebrovascular pueden volver a aprender las mismas habilidades en otra zona de la corteza cerebral . Tal vez el ejemplo más dramático de la plasticidad es un estudio de 2011 por el neurocientífico estadounidense Marina Bedny y sus colegas en lo que sucede a la corteza visual de las personas con ceguera congénita . La sabiduría común ha sido que las primeras capas de la corteza visual , tales como V1 y V2 , se ocupan inherentemente con los patrones de muy bajo nivel (tales como bordes y curvas) , mientras que la corteza frontal (que evolutivamente nueva región de la corteza que nos tener en nuestra única grandes frentes) ofertas intrínsecamente con los patrones más complejos y sutiles del lenguaje y otros conceptos abstractos . Pero como Bedny y sus colegas encontraron , "Los seres humanos se cree que han evolucionado las regiones del cerebro en la corteza frontal y temporal izquierdo que son únicamente capaces de procesamiento del lenguaje . Sin embargo , las personas con ceguera congénita también activan la corteza visual en algunas tareas verbales . Ofrecemos pruebas de que la actividad de la corteza visual , de hecho, refleja el procesamiento del lenguaje . Encontramos que en las personas con ceguera congénita , la corteza visual izquierda se comporta de manera similar a las regiones clásicas del lenguaje Llegamos a la conclusión de que las regiones del cerebro que se cree que han evolucionado de la visión pueden asumir el procesamiento del lenguaje , como resultado de la experiencia temprana "10.

Considere las implicaciones de este estudio : Significa que las regiones neocorticales que son físicamente relativamente separados , y que también han sido considerados conceptualmente muy diferente (señales visuales primitivos frente a los conceptos del lenguaje abstracto) , utilizan esencialmente el mismo algoritmo . Las regiones que procesan estos tipos diferentes de patrones pueden sustituir unos por otros . Universidad de California en Berkeley neurocientífico Daniel E. Feldman escribió una completa revisión de 2009 de lo que llamó "mecanismos de plasticidad sináptica en la corteza cerebral " y encontró evidencia de este tipo de plasticidad en la corteza cerebral . Escribe que " la plasticidad permite que el cerebro de aprender y recordar patrones en el mundo de los sentidos , para perfeccionar los movimientos ... y para recuperar la función después de la lesión . " Y añade que esta plasticidad se habilita de " cambios estructurales , incluyendo la formación , la eliminación y la remodelación morfológica de sinapsis corticales y espinas dendríticas . " 11

Otro ejemplo sorprendente de la plasticidad neocortical (y por ende de la uniformidad del algoritmo neocortical) fue demostrado recientemente por científicos de la Universidad de California en Berkeley. Ellos conectaron microelectrodos implantados para recoger las señales del cerebro específica de una región de la corteza motora de los ratones que controla el movimiento de los bigotes . Establecieron su experimento para que los ratones recibirían una recompensa si se controlan estas neuronas al fuego en un cierto patrón mental, pero no moverse realmente sus bigotes. El patrón se requiere para obtener la recompensa implicado una tarea mental que sus neuronas frontales normalmente no lo hacen. Los ratones fueron , sin embargo, capaz de cumplir con esta tarea mental, esencialmente por pensar con sus neuronas motoras mientras mentalmente desacoplamiento de ellos el

control de motor movements.¹² La conclusión es que la corteza motora , la región de la corteza cerebral responsable de la coordinación de los movimientos musculares , también se utiliza la norma algoritmo neocortical .

Hay varias razones, sin embargo , ¿por qué una habilidad o un área de conocimiento que se ha vuelto a aprender el uso de una nueva área de la neocorteza para reemplazar a uno que ha sido dañado no será necesariamente tan bueno como el original . En primer lugar, porque nos llevó toda una vida para aprender y perfeccionar una destreza en particular , volver a aprender en otra área de la corteza cerebral no generará inmediatamente los mismos resultados.

Más importante aún, esta nueva área de la corteza cerebral no sólo ha estado sentado a esperar como reserva para una región lesionada . Ésta también ha estado llevando a cabo las funciones vitales , y por lo tanto se atreven a renunciar a sus patrones neocortical para compensar la región dañada . Se puede comenzar por la liberación de algunas de las copias redundantes de sus patrones, pero si lo hace sutilmente degradar sus habilidades existentes y no se libere todo el espacio cortical como las habilidades que se habían vuelto a aprender utilizada originalmente . Hay una tercera razón por la plasticidad tiene sus límites . Dado que en la mayoría de las personas de determinados tipos de patrones fluirán a través de determinadas regiones (por ejemplo, las caras están procesados por el giro fusiforme) , estas regiones se han convertido en optimizadas (por la evolución biológica) Para los tipos de patrones. Como puedo informar en el capítulo 7 , que encontró el mismo resultado en nuestros desarrollos neocortical digitales. Podríamos reconocer el habla con nuestros sistemas de reconocimiento de caracteres y viceversa , pero los sistemas de voz han sido optimizados para la voz y de manera similar a los sistemas de reconocimiento de caracteres han sido optimizados para caracteres de imprenta , por lo que no habría una reducción en el rendimiento si sustituimos uno para el otro. De hecho utilizamos algoritmos evolutivos (genéticos) para llevar a cabo esta optimización , una simulación de lo que la biología hace naturalmente . Dado que las caras han estado fluyendo a través del giro fusiforme para la mayoría de las personas para cientos de miles de años (o más) , la evolución biológica ha tenido tiempo para evolucionar una capacidad favorable para procesar dichos patrones en esa región . Se utiliza el mismo algoritmo básico , pero está orientado hacia caras . Como escribió el neurólogo holandés Randal Koene , " El [neo]

corteza es muy uniforme , cada columna o minicolumna puedo hacer lo que cada uno se puede hacer en principio " ¹³. Investigaciones recientes dan fe de la observación de que el patrón de reconocimiento de módulos de alambre mismos basa en los patrones a los que están expuestos . Por ejemplo , el neurocientífico Zuo Yi y sus colegas observaron a nuevos " espinas dendríticas " forman conexiones entre las células nerviosas como los ratones aprenden una nueva habilidad (que alcanza a través de una ranura para tomar una semilla) .¹⁴ Los investigadores del Instituto Salk han descubierto que esta autocrítica cableado de los módulos neocórtex está aparentemente controlado por un puñado de genes. Estos genes y este método de auto cableado también son uniformes en todo el neocortex.¹⁵

Muchos otros estudios documentan estos atributos de la neocorteza , pero vamos a resumir lo que podamos observar desde la literatura neurociencia y de nuestros

propios experimentos mentales . La unidad básica de la neocorteza es un módulo de neuronas, que estimo en alrededor de un centenar . Estas se entrelazan en cada columna neocortical para que cada módulo no es visiblemente distinta . El patrón de conexiones sinápticas y fortalezas dentro de cada módulo es relativamente estable . Se trata de las conexiones sinápticas y fortalezas entre los módulos que representan el aprendizaje.

Hay del orden de mil billones (10^{15}) conexiones en la neocorteza , sin embargo, sólo alrededor de 25 millones de bytes de información de diseño en el genoma (después de la compresión sin pérdidas) , 16 por lo que las conexiones por sí mismos no puede posiblemente ser determinada genéticamente. Es posible que algunos de este aprendizaje es el producto de la neocórtex está interrogando al viejo cerebro , pero que todavía representaría necesariamente sólo una cantidad relativamente pequeña de información . Las conexiones entre los módulos se crean en el conjunto de la experiencia (crianza en lugar de la naturaleza).

El cerebro no tiene suficiente flexibilidad para que cada módulo de reconocimiento de patrones neocortical simplemente puede enlazar a cualquier otro módulo (como se puede programar fácilmente en nuestros ordenadores o en la Web) , una conexión física real debe hacerse , compuesto por un axón conecta a una dendrita . Cada uno de nosotros empezamos con un vasto arsenal de posibles conexiones neuronales . A medida que el estudio Wedeen muestra , estas conexiones se organizan de una manera muy repetitiva y ordenada . Terminal de conexión de estos axones de honor se lleva a cabo en base a los patrones que cada reconocedor patrón neocortical ha reconocido . Conexiones no utilizadas se podan en última instancia de distancia . Estas conexiones se construyen jerárquicamente, lo que refleja el orden jerárquico natural de la realidad. Ese es el punto fuerte de la neocorteza .

El algoritmo básico de los módulos de reconocimiento de patrones neocortical es equivalente a través de la corteza cerebral de los módulos de " bajo nivel " , que se ocupan de los patrones de los sentidos más básicos, a los módulos de "alto nivel " , que reconocen los conceptos más abstractos. La gran evidencia de la plasticidad y la capacidad de intercambio de las regiones neocorticales es testimonio de esta importante observación. Hay una cierta optimización de las regiones que tienen que ver con determinados tipos de patrones , pero esto es un efecto de segundo orden algoritmo fundamental es universal .

Señales suben y bajan la jerarquía conceptual. Una señal que va a decir , " He detectado un patrón. " Una señal que va hacia abajo significa , " Estoy esperando a su patrón que se produzca " , y es esencialmente una predicción. Ambas señales ascendentes y descendentes pueden ser excitadoras o inhibidoras .

Cada patrón es en sí misma en un orden particular, y no se invierte fácilmente .

Incluso si un patrón parece tiene aspectos multidimensionales , que está representado por una secuencia unidimensional de patrones de nivel inferior . Un patrón es una secuencia ordenada de otros patrones , por lo que cada reconocedor es inherentemente recursiva . No puede haber muchos niveles de la jerarquía.

Hay una gran cantidad de redundancia en los patrones que aprendemos , sobre todo los más importantes. El reconocimiento de patrones (tales como objetos y rostros comunes) utiliza el mismo mecanismo que nuestros recuerdos , que son sólo los

patrones que hemos aprendido. También se almacenan como secuencias de patrones que son básicamente historias . Ese mecanismo se utiliza también para el aprendizaje y llevar a cabo el movimiento físico en el mundo . La redundancia de patrones es lo que nos permite reconocer objetos, personas e ideas , incluso cuando tienen variaciones y se producen en diferentes contextos. Los parámetros de variabilidad del tamaño y el tamaño también permiten que el neocórtex para codificar variación en la magnitud frente a diferentes dimensiones (duración en el caso de sonido) . Una manera en que estos parámetros de magnitud podrían ser codificados es simplemente a través de múltiples patrones con diferentes números de entradas repetidas . Así , por ejemplo , puede haber patrones de la palabra " fuerte " , con un número diferente de la vocal larga [E] repetida, cada uno con el parámetro de importancia establecido en un nivel moderado indica que la repetición de [E] es variable. Este enfoque no es matemáticamente equivalente a tener los parámetros de tamaño explícitas y no funciona tan bien en la práctica , pero es una aproximación a la magnitud de codificación. La evidencia más fuerte que tenemos para estos parámetros es que se necesitan en nuestros sistemas de inteligencia artificial para obtener niveles de precisión que están cerca de los niveles humanos.

El resumen anterior constituye las conclusiones que podemos extraer de la muestra de los resultados de investigación que he compartido anteriormente, así como la toma de muestras de los experimentos mentales que he explicado anteriormente . Yo sostengo que el modelo que he presentado es el único modelo posible, que satisfaga todas las restricciones que la investigación y los experimentos mentales han establecido.

Por último , hay una pieza más de evidencia que lo corrobora . Las técnicas que se han desarrollado durante las últimas décadas en el campo de la inteligencia artificial para reconocer y procesar de forma inteligente los fenómenos del mundo real (como el lenguaje humano y el lenguaje escrito) y para entender los documentos en lenguaje natural resultan ser matemáticamente similar a la modelo que he presentado anteriormente. También son ejemplos de la PRTM . El campo AI no estaba tratando explícitamente para copiar el cerebro , pero , sin embargo, llegó a técnicas esencialmente equivalentes .

CAPÍTULO 5

EL CEREBRO ANTIGUO

Tengo un viejo cerebro, sino una memoria excelente . Al Lewis

Aquí estamos en el centro de este nuevo mundo con nuestro cerebro primitivo , en sintonía con la vida sencilla cueva, con las fuerzas terribles de los que disponemos , que somos lo suficientemente inteligente como para liberar , pero cuyas consecuencias no podemos comprender. Albert Szent Györgyi

Nuestro cerebro antiguo la que teníamos antes de que fuéramos mamíferos no ha desaparecido. De hecho todavía proporciona gran parte de nuestra motivación en la búsqueda de gratificación y evitar el peligro . Estos objetivos son modulados , sin embargo , por nuestro neocórtex , que domina el cerebro humano en la masa y en la

actividad .

Los animales utilizados para vivir y sobrevivir sin un neocórtex , como también todos los animales no mamíferos continuará haciéndolo en la actualidad. Podemos ver el neocórtex humano como el gran sublimador tanto nuestra motivación primitiva para evitar un gran depredador puede ser transformado por el neocortex hoy en completar una misión para impresionar a nuestro jefe , el gran cacería puede volverse a escribir un libro sobre, por ejemplo , la mente y la búsqueda de la reproducción puede llegar a ser conseguir el reconocimiento público o la decoración de su apartamento. (Bueno, esta última motivación no es siempre tan escondido.)

El neocórtex es igualmente bueno para ayudar a resolver los problemas , ya que puede modelar con precisión el mundo , lo que refleja su verdadera naturaleza jerárquica. Pero es el viejo cerebro que nos presenta esos problemas. Por supuesto , como cualquier burocracia inteligente , el neocortex menudo se ocupa de los problemas a los que se asigna mediante la redefinición de ellos. En ese sentido, vamos a revisar el tratamiento de la información en el cerebro antiguo .

La vía sensorial

Imágenes , propagadas por el movimiento a lo largo de las fibras de los nervios ópticos en el cerebro , son la causa de la visión . Isaac Newton

Cada uno de nosotros vive en el universo la prisión de su propio cerebro . Proyección de ella son millones de fibras nerviosas sensoriales frágiles , en grupos singularmente adaptadas a degustar los estados energéticos del mundo que nos rodea : el calor , la luz, la fuerza, y la composición química. Eso es todo lo que siempre sabemos de él directamente, todo lo demás es inferencia lógica . Vernon Mountcastle¹

Aunque experimentamos la ilusión de la recepción de imágenes de alta resolución de nuestros ojos , lo que el nervio óptico en realidad envía al cerebro es sólo una serie de esquemas y pistas sobre los puntos de interés de nuestro campo visual. A continuación, esencialmente alucinamos el mundo de los recuerdos corticales que interpretan una serie de películas con muy bajas tasas de datos que llegan a canales paralelos . En un estudio publicado en la revista Nature , Frank S. Werblin , profesor de biología molecular y celular de la Universidad de California en Berkeley , y la estudiante de doctorado Boton Roska , MD, mostraron que el nervio óptico lleva once y cincuenta canales de salida , cada uno de los cuales lleva sólo una pequeña cantidad de información sobre un determinado scene.² un grupo de lo que se llaman células ganglionares envía información sólo sobre los bordes (los cambios de contraste) . Otro grupo detecta sólo las grandes áreas de color uniforme, mientras que un tercer grupo es sensible sólo a los fondos detrás de las cifras de interés .

La vía visual en el cerebro .

"A pesar de que pensamos que vemos el mundo tan completamente , lo que estamos recibiendo es realmente sólo sugerencias , bordes en el espacio y el tiempo", dice Werblin . "Estas 12 fotografías del mundo constituyen toda la información que jamás

tendremos de lo que está ahí fuera, y de estas 12 imágenes , que son tan escasos, que la reconstrucción de la riqueza del mundo visual. Tengo curiosidad por cómo la naturaleza selecciona las 12 películas sencillas y cómo puede ser que son suficientes para darnos toda la información parece que necesitamos " .

Esta reducción de datos es lo que en el campo de la IA que llamamos " codificación dispersos. " Hemos encontrado en la creación de sistemas artificiales que arrojando la mayor parte de la información de entrada de distancia y conservando sólo los detalles más sobresalientes proporciona resultados superiores. De lo contrario la capacidad limitada para procesar información en un neocórtex (biológicos o no) se abruma .

Siete de los doce "películas" de baja velocidad de datos enviados por el nervio óptico al cerebro .

El procesamiento de la información auditiva desde la cóclea humana a través de las regiones subcorticales y luego a través de las primeras etapas de la neocorteza ha sido meticulosamente modelado por Lloyd Watts y su equipo de investigación en la Audiencia, inc.³ Ellos han desarrollado investigación en tecnología que extrae 600 bandas de frecuencia diferentes (60 por octava) de sonido . Esto se acerca mucho más a la estimación de 3000 bandas extraídos por la cóclea humana (en comparación con el reconocimiento de voz comercial , que utiliza sólo 16 a 32 bandas) . El uso de dos micrófonos y su modelo detallado (y de alta resolución espectral) de procesamiento auditivo , Audiencia ha creado una tecnología comercial (con algo menor resolución espectral que su sistema de investigación) que elimina eficazmente el ruido de fondo de las conversaciones . Esto ahora se está utilizando en muchos teléfonos móviles populares y es un gran ejemplo de un producto comercial basado en la comprensión de cómo el sistema perceptivo auditivo humano es capaz de concentrarse en una sola fuente de sonido de interés.

La vía auditiva en el cerebro.

Entradas del cuerpo (estimado en cientos de megabits por segundo), incluyendo la de los nervios de la piel, los músculos, los órganos y otras áreas, corriente en la médula espinal superior. Estos mensajes implican algo más que la comunicación sobre el tacto, además de que contienen información acerca de la temperatura, los niveles de ácido (por ejemplo, el ácido láctico en los músculos), el movimiento de los alimentos a través del tracto gastrointestinal, y muchas otras señales. Estos datos se procesan a través del tronco cerebral y del cerebro medio. Células clave llamada lámina 1 neuronas crean un mapa del cuerpo, lo que representa su estado actual, no a diferencia de las pantallas utilizadas por los controladores aéreos para rastrear aviones. Desde aquí, los jefes de datos sensoriales a una región misteriosa llamada el tálamo, que nos lleva a nuestro siguiente tema.

Un modelo simplificado de procesamiento auditivo tanto en las áreas subcorticales (áreas antes de la neocorteza) y el neocórtex , creado por Audiencia , Inc. Figura adaptada de L. Watts, " ingeniería inversa de la vía auditiva humana ", en J. Liu et al. (eds.) , WCCI 2012 (Berlin : Springer Verlag, 2012) , p . 49 .

El tálamo

Todo el mundo sabe lo que es la atención. Son los que toman posesión de la mente, en forma clara y vívida, de uno de lo que parecen varios objetos a la vez posibles o trenes de pensamiento. Focalización, concentración, de la conciencia, son de su esencia. Implica la retirada de algunas de las cosas con el fin de hacer frente eficazmente a los demás. William James

Desde el cerebro medio, la información sensorial pasa entonces a través de una región de la tuerca de tamaño llamado núcleo ventromedial posterior (VMpo) del tálamo, que calcula las reacciones complejas a estados corporales tales como "esto tiene un sabor terrible, " " lo que es un hedor ", o " que toque de luz es estimulante . "La información cada vez procesado termina en dos regiones de la corteza cerebral llamada la ínsula . Estas estructuras, el tamaño de los dedos pequeños, están situados en los lados izquierdo y derecho de la neocorteza . Dr. Arthur Craig del Instituto Neurológico Barrow en Phoenix describe el VMpo y las dos regiones ínsula como " un sistema que representa el material de mi". 4

La vía sensitiva al tacto en el cerebro.

Entre otras funciones, el tálamo se considera una puerta de entrada de información sensorial preprocesado para entrar en el neocórtex . Además de la información táctil que fluye a través de la VMpo, información procesada desde el nervio óptico (que, como se señaló anteriormente, ya se ha transformado sustancialmente) se envía a una región del tálamo llamado el núcleo geniculado lateral, que entonces lo envía a la región V1 de la neocorteza . Información del sentido auditivo se pasa a través del núcleo geniculado medial del tálamo en la ruta a las regiones auditivas tempranas de la neocorteza . Todos nuestros datos sensoriales (excepto, al parecer, por el sistema olfativo, que utiliza el bulbo olfativo en su lugar) pasa a través de regiones específicas del tálamo .

El papel más importante del tálamo, sin embargo, es su comunicación continua con el neocórtex . Los reconocedores de patrones en el neocórtex enviar los resultados provisionales al tálamo y recibir respuestas principalmente utilizando señales recíprocas tanto excitatorios e inhibitorios de la capa VI de cada reconocedor . Tenga en cuenta que no se trata de mensajes de radio, por lo que es necesario que haya una cantidad extraordinaria de cableado actual (en forma de axones) que corre entre todas las regiones de la corteza cerebral y el tálamo . Tenga en cuenta la gran cantidad de bienes raíces (en términos de la masa física de conexiones requeridas) para los cientos de millones de reconocedores de patrones en la neocorteza que comprobar constantemente con el thalamus.5

¿Cuáles son los cientos de millones de reconocedores de patrones neocortical hablando sobre el tálamo ? Aparentemente es una conversación importante, porque un profundo daño a la región central del tálamo bilateral puede llevar a la inconsciencia prolongada. Una persona con un tálamo dañado puede todavía tener actividad en su neocórtex, en el que el pensamiento auto activación por asociación todavía puede funcionar . Pero el pensamiento dirigido, el tipo que nos sacará de la cama, en el coche, y se sienta a nuestra mesa en el trabajo no hace función sin un

tálamo. En un caso famoso , de veintiún años de edad, Karen Ann Quinlan sufrió un ataque al corazón e insuficiencia respiratoria y se mantuvo en un estado no interactivo , al parecer vegetativo desde hace diez años. Cuando murió, su autopsia reveló que su neocórtex era normal pero su tálamo había sido destruido .

Con el fin de desempeñar su papel fundamental en nuestra capacidad de atención directa , el tálamo se basa en la estructura conocimiento contenido en la neocorteza . Puede desplazarse por la lista (almacenada en la corteza cerebral) , lo que nos permite seguir una línea de pensamiento o seguir un plan de acción. Somos aparentemente capaz de mantenerse al día a cerca de cuatro artículos en nuestra memoria de trabajo a la vez, dos por cada continente, según una investigación reciente de los neurocientíficos en el Instituto Picower del MIT para el Aprendizaje y Memory.⁶ la cuestión de si el tálamo se encarga de la neocortex o viceversa es nada claro , pero son incapaces de funcionar sin ambos.

El Hippocampus

Cada hemisferio cerebral contiene un hipocampo , una región pequeña que se parece a un caballo de mar escondido en el lóbulo temporal medial. Su función principal es recordar eventos nuevos . Dado que la información sensorial fluye a través de la corteza cerebral , que depende de la neocorteza para determinar que una experiencia es nueva , a fin de presentarlo al hipocampo. Lo hace bien al no reconocer un conjunto particular de características (por ejemplo, una nueva cara) o por darse cuenta de que una situación de otra manera conocido ahora tiene atributos únicos (como los de su cónyuge que lleva un bigote falso) .

El hipocampo es capaz de recordar estas situaciones , aunque parece hacerlo todo a través de los punteros en la neocorteza . Así memorias en el hipocampo también se almacenan como patrones de nivel inferior que fueron reconocidos anteriormente y se almacenan en el neocórtex . Para los animales sin un neocórtex para modular experiencias sensoriales , el hipocampo simplemente recordar la información de los sentidos , aunque esto habrá experimentado preprocesamiento sensorial (por ejemplo , las transformaciones realizadas por el nervio óptico) . Aunque el hipocampo hace uso de la neocorteza (si un cerebro en particular tiene uno) como su plataforma de cero , su memoria (de punteros en la neocorteza) no es inherentemente jerárquico . Animales sin neocórtex en consecuencia pueden recordar las cosas que utilizan su hipocampo, pero sus recuerdos no serán jerárquica.

La capacidad del hipocampo es limitada, por lo que su memoria a corto plazo. Se va a transferir una secuencia particular de patrones a partir de su memoria a corto plazo a la memoria jerárquica a largo plazo de la neocorteza por jugar a este secuencia de la memoria a la neocorteza una y otra vez . Necesitamos , por tanto, un hipocampo con el fin de aprender nuevas memorias y habilidades (aunque estrictamente habilidades motoras parecen utilizar un mecanismo diferente) . Alguien con daños a ambas copias de su hipocampo retendrá sus memorias existentes pero no será capaz de formar otras nuevas .

Universidad del Sur de California neurocientífico Theodore Berger y sus colegas modela el hipocampo de una rata y se han experimentado con éxito la implantación de una artificial. En un estudio publicado en 2011 , los científicos de la USC

bloqueados determinadas conductas aprendidas en ratas con medicamentos . El uso de un hipocampo artificial , las ratas fueron capaces de volver a aprender rápidamente el comportamiento . " Da la vuelta al interruptor, y las ratas recuerdan. Voltar apagado y las ratas se olvidan " , escribió Berger , en referencia a su capacidad de controlar el implante neural forma remota . En otro experimento los científicos permitieron que su hipocampo artificial para trabajar junto a uno natural de las ratas . El resultado fue que la capacidad de las ratas para aprender nuevos comportamientos reforzada . " Estos estudios de modelos experimentales integrados muestran por primera vez , " explicó Berger , " que ... una prótesis neuronal capaz de la identificación en tiempo real y la manipulación del proceso de codificación puede restaurar e incluso mejorar los procesos cognitivos mnemotécnicos . " 7 El hipocampo es una de las primeras regiones dañadas por el Alzheimer ' s , por lo que uno de los objetivos de esta investigación es desarrollar un implante neural para los seres humanos que mitiguen esta primera fase de los daños causados por la enfermedad.

El Cerebelo

Hay dos métodos que puede utilizar para atrapar un elevado. Se podría resolver los complejos ecuaciones diferenciales simultáneas que controlan el movimiento de la pelota , así como otras ecuaciones que rigen su ángulo particular en ver la pelota , y luego calcular aún más las ecuaciones sobre la forma de mover el cuerpo , el brazo y la mano para estar en el lugar correcto en el momento adecuado .

Este no es el enfoque que adopta el cerebro . Básicamente se simplifica el problema por el colapso de una gran cantidad de ecuaciones en un modelo de tendencia simple, teniendo en cuenta las tendencias de donde la pelota parece estar en su campo de visión y la rapidez con que se mueve dentro de él. Se hace lo mismo con la mano , hacer predicciones esencialmente lineales de posición aparente de la pelota en su campo de visión y la de su mano. El objetivo, por supuesto , es para asegurarse de que se encuentran en el mismo punto en el espacio y el tiempo. Si la pelota parece estar cayendo demasiado rápido y la mano parece que se mueve muy lentamente , su cerebro se encargará de su mano se mueva con mayor rapidez , por lo que las tendencias coincidirán . Este " nudo gordiano " solución a lo que de otro modo sería un problema matemático intratable se llama funciones de base , y que se llevan a cabo por el cerebelo , una región en forma de judía y de manera apropiada de béisbol de tamaño que se encuentra en el cerebro stem.8

El cerebelo es una antigua región del cerebro que, una vez controlado prácticamente todos los movimientos de los homínidos. Todavía contiene la mitad de las neuronas en el cerebro , aunque la mayoría son relativamente pequeños , por lo que la región constituye sólo alrededor del 10 por ciento del peso del cerebro . El cerebelo representa igualmente otra instancia de la repetición masiva en el diseño del cerebro . Hay relativamente poca información acerca de su diseño en el genoma , ya que su estructura es un patrón de varias neuronas que se repite miles de millones de veces . Al igual que con la neocorteza , hay uniformidad a través de su structure.9

La mayor parte de la función de controlar los músculos se ha hecho cargo de la neocorteza , utilizando los mismos algoritmos de reconocimiento de patrones que

utiliza para la percepción y la cognición. En el caso de movimiento , podemos hacer referencia más apropiada a la función del neocórtex como patrón de aplicación . El neocórtex no hace uso de la memoria en el cerebelo para grabar secuencias de comandos de movimientos delicados , por ejemplo , su firma y algunos adornos en la expresión artística como la música y la danza. Estudios de la función del cerebelo durante el aprendizaje de la escritura a mano por los niños revelan que las células de Purkinje del cerebelo muestrean realmente la secuencia de movimientos , con cada uno de ellos sensible a una sample.¹⁰ específica Debido a que la mayor parte de nuestro movimiento es ahora controlada por el neocórtex , muchas personas pueden manejar con una discapacidad obvia relativamente modesta , incluso con daños importantes en el cerebelo, excepto que sus movimientos pueden ser menos elegante. El neocórtex también puede pedir al cerebelo para utilizar su capacidad de calcular funciones de base de tiempo real para anticipar lo que los resultados de las acciones sería que estamos considerando , pero aún no se han llevado a cabo (y nunca podrá llevar a cabo) , así como la acciones o posibles acciones de los demás . Es otro ejemplo de la incorporada en predictores lineales innatas en el cerebro. Se ha avanzado considerablemente en la simulación del cerebelo en relación con la capacidad de responder dinámicamente a las señales sensoriales utilizando las funciones de base que mencioné anteriormente, en ambas simulaciones de abajo arriba (basados en modelos bioquímicos) y simulaciones de arriba hacia abajo (a partir de modelos matemáticos de cómo cada unidad que se repite en el cerebelo opera)^{0.11}

El placer y el miedo

El miedo es la principal fuente de la superstición, y una de las principales fuentes de la crueldad. Para vencer el miedo es el principio de la sabiduría . Bertrand Russell

Siente el miedo y hacerlo de todos modos . Susan Jeffers

Si el neocortex es bueno en la solución de problemas , entonces ¿cuál es el principal problema que estamos tratando de resolver? El problema que la evolución siempre ha tratado de resolver es la supervivencia de la especie. Eso se traduce en la supervivencia del individuo , y cada uno de nosotros utiliza su propio neocortex interpretar que en miles de formas . Para sobrevivir , los animales necesitan conseguir su próxima comida y al mismo tiempo evitar ser la comida de otra persona. También tienen que reproducirse. Los primeros cerebros evolucionaron los sistemas de placer y el miedo que premia el cumplimiento de estas necesidades fundamentales , junto con comportamientos básicos que les facilitaron . Como ambientes y especies competidoras cambiaron gradualmente , la evolución biológica hizo alteraciones correspondientes . Con la llegada del pensamiento jerárquico , la satisfacción de las unidades de críticos se hizo más compleja , ya que ahora estaba sujeta a la gran complejidad de las ideas en ideas. Pero a pesar de su considerable modulación por el neocortex , el viejo cerebro todavía está vivo y bien y todavía nos motiva con el placer y el miedo.

Una región que está asociada con el placer es el núcleo accumbens . En los famosos

experimentos realizados en la década de 1950 , las ratas que fueron capaces de estimular directamente esta pequeña región (presionando una palanca que los electrodos implantados activados) preferían hacerlo con cualquier otra cosa , incluyendo el tener sexo o comer, en última instancia, agotador y ellos mueren de death.¹² en los seres humanos , otras regiones también están involucrados en el placer , tales como el pálido ventral y , por supuesto , la propia neocórtex . El placer también está regulada por sustancias químicas como la dopamina y la serotonina. Está más allá del alcance de este libro para hablar de estos sistemas en detalle, pero es importante reconocer que hemos heredado estos mecanismos de nuestros primos premamífera . Es el trabajo de nuestra corteza cerebral que nos permita ser el maestro del placer y el miedo y no su esclavo. En la medida en que a menudo somos objeto de las conductas adictivas , el neocórtex no siempre tiene éxito en esta tarea. La dopamina , en particular, es un neurotransmisor implicado en la experiencia del placer . Si algo bueno le sucede a nosotros, ganar la lotería, ganar el reconocimiento de nuestros pares, recibir un abrazo de un ser querido, o incluso los logros sutiles tales como conseguir un amigo para reírse de una broma que experimentamos una liberación de dopamina. A veces , al igual que las ratas que murieron overstimulating su núcleo accumbens , usar un atajo para lograr estos estallidos de placer , que no es siempre una buena idea.

Juegos de azar , por ejemplo, puede liberar dopamina , por lo menos cuando se gana , pero esto depende de su inherente falta de previsibilidad. Juegos de azar puede trabajar con el propósito de liberar dopamina por un tiempo, pero dado que las probabilidades están en contra de usted intencionalmente (de lo contrario el modelo de negocio de un casino no funcionaría) , puede llegar a ser desastroso como estrategia regular. Peligros similares están asociados con cualquier comportamiento adictivo . Una mutación genética particular del gen del receptor de dopamina D2 provoca especialmente fuertes sensaciones de placer de experiencias iniciales con sustancias y conductas adictivas , pero como es bien conocido (pero no siempre bien atendido) , la capacidad de estas sustancias para producir placer en el uso subsiguiente declina gradualmente . Otra mutación genética en las personas no está recibiendo los niveles normales de la liberación de dopamina en los logros cotidianos, que también puede conducir a la búsqueda de una mayor las primeras experiencias con las actividades adictivas . La minoría de la población que tiene estas inclinaciones genéticos a la adicción crea un enorme problema social y médico . Incluso aquellos que logran evitar conductas gravemente adictivos lucha con el equilibrio de los beneficios de la liberación de dopamina a las consecuencias de los comportamientos que los pongan en libertad .

La serotonina es un neurotransmisor que juega un papel importante en la regulación del estado de ánimo . En los niveles superiores se asocia con sentimientos de bienestar y satisfacción. La serotonina tiene otras funciones , como la fuerza de modulación sináptica , el apetito , el sueño , el deseo sexual, y la digestión. Drogas antidepresivas tales como inhibidores selectivos de la recaptación de la serotonina (que tienden a aumentar los niveles de serotonina disponible a los receptores) tienden a tener efectos de largo alcance , y no todas ellas deseables (como la supresión de la libido) . A diferencia de las acciones en la neocorteza , en que el

reconocimiento de patrones y las activaciones de los axones afectan sólo a un pequeño número de circuitos neocorticales a la vez , estas sustancias afectan grandes regiones del cerebro o incluso todo el sistema nervioso .

Cada hemisferio del cerebro humano tiene una amígdala, que consta de una región en forma de almendra que comprende varios lóbulos pequeños . La amígdala es también parte del cerebro antiguo y está involucrado en el procesamiento de varios tipos de respuestas emocionales, el más notable de los cuales es el miedo. En los animales premamífera , ciertos estímulos preprogramados feed peligro que representan directamente a la amígdala, que a su vez desencadena el mecanismo de " lucha o huida" . En los seres humanos la amígdala ahora depende de la percepción de peligro de ser transmitidos por el neocortex . Un comentario negativo por su jefe , por ejemplo, puede provocar tal respuesta , generando el temor de perder su trabajo (o tal vez no, si tiene confianza en un plan B). Una vez que la amígdala se decide que el peligro está por delante , una antigua secuencia de eventos . La amígdala indica a la glándula pituitaria para que libere una hormona llamada ACTH (corticotropina) . Esto a su vez desencadena la hormona del estrés cortisol por las glándulas suprarrenales, que se traduce en más energía que suministra a los músculos y el sistema nervioso . Las glándulas suprarrenales también producen adrenalina y noradrenalina , que suprimen el digestivo, inmunológico y reproductivo (calculando que estos no son procesos de alta prioridad en caso de emergencia) . Los niveles de presión arterial, azúcar en la sangre , el colesterol y fibrinógeno (que acelera la coagulación de la sangre) Todos de pie. La frecuencia cardíaca y la respiración aumentan. Incluso las pupilas se dilatan para que tenga una mejor agudeza visual de tu enemigo o su ruta de escape . Todo esto es muy útil si un peligro real, como un depredador de repente se cruza en su camino. Es bien sabido que en el mundo actual , la activación crónica de este mecanismo de lucha o de vuelo puede provocar daños a la salud permanente en cuanto a la hipertensión , los niveles elevados de colesterol y otros problemas .

El sistema de niveles globales de neurotransmisores , como la serotonina , y los niveles de hormonas , como la dopamina , es complicado , y podríamos pasar el resto de este libro sobre el tema (como un gran número de libros han hecho) , pero vale la pena señalar que el ancho de banda de la información (la tasa de procesamiento de la información) en este sistema es muy bajo en comparación con el ancho de banda de la neocorteza . Hay sólo un número limitado de sustancias implicadas y los niveles de estos productos químicos tienden a cambiar lentamente y son relativamente universal en el cerebro , en comparación con el neocórtex , que se compone de cientos de miles de millones de conexiones que pueden cambiar rápidamente .

Es justo decir que nuestras experiencias emocionales tienen lugar tanto en los antiguos y los nuevos cerebros . Pensamiento se lleva a cabo en el nuevo cerebro (el neocórtex) , pero sensación se lleva a cabo en ambos. Cualquier emulación de la conducta humana por lo tanto necesitan para modelar tanto . Sin embargo , si es sólo la inteligencia cognitiva humana que estamos después , el neocórtex es suficiente. Podemos reemplazar el viejo cerebro con la motivación más directa de un neocórtex no biológico para alcanzar los objetivos que le asignamos . Por ejemplo , en el caso de Watson , el objetivo era simplemente dijo : Vamos con respuestas correctas a

Jeopardy ! consultas (aunque éstos eran más modulado por un programa que entiende Jeopardy ! apuestas) . En el caso del nuevo sistema Watson está desarrollado conjuntamente por IBM y Nuance para el conocimiento médico, el objetivo es ayudar a tratar enfermedades humanas. Los futuros sistemas pueden tener objetivos como realmente curar la enfermedad y aliviar la pobreza . Gran parte de la lucha de placer miedo ya es obsoleto para los seres humanos , ya que el viejo cerebro evolucionaron mucho antes incluso la sociedad humana primitiva empezó , de hecho la mayor parte es de reptil. Hay una lucha continua en el cerebro humano en cuanto a si el antiguo o el nuevo cerebro está a cargo . El viejo cerebro trata de establecer el orden del día con su control del placer y el miedo experiencias , mientras que el nuevo cerebro está continuamente tratando de entender los algoritmos relativamente primitivas del cerebro antiguo y tratando de manipular a su propia agenda. Tenga en cuenta que la amígdala es incapaz de evaluar el peligro en su propio en el cerebro humano se basa en el neocórtex para hacer esos juicios. ¿Es esta persona un amigo o un enemigo , un amante o una amenaza? Sólo el neocórtex puede decidir . En la medida en que no estén directamente implicados en un combate mortal y la caza para la alimentación, hemos logrado , al menos parcialmente sublimar nuestras unidades antiguas de esfuerzos más creativos. En ese sentido , vamos a discutir la creatividad y el amor en el próximo capítulo.

CAPÍTULO 6

HABILIDADES trascendente

Esta es mi religión simple. No hay necesidad de templos , no hay necesidad de la filosofía complicada . Nuestro propio cerebro , nuestro propio corazón es nuestro templo , la filosofía es amabilidad. El Dalai Lama

Mi mano se mueve porque ciertas fuerzas eléctricas , magnéticas , o lo que sea " fuerza nerviosa " puede llegar a ser están impresas en ella por mi cerebro . Esta fuerza nerviosa , almacenada en el cerebro, probablemente sea trazable , si la ciencia fuera completo, a las fuerzas químicas suministradas al cerebro por la sangre , y en última instancia proviene de los alimentos que comemos y el aire que respiro . Lewis Carroll

Nuestros pensamientos emocionales también tienen lugar en el neocórtex , pero están influenciadas por las porciones del cerebro que van desde antiguas regiones del cerebro tales como la amígdala a algunos evolutivamente recientes estructuras cerebrales, tales como las neuronas del huso , que parecen desempeñar un papel clave en las emociones de más alto nivel . A diferencia de las estructuras recursivas regulares y lógica que se encuentran en la corteza cerebral , las neuronas del huso tienen formas y conexiones altamente irregulares . Ellos son los más grandes neuronas en el cerebro humano , que abarca toda su amplitud . Ellos están profundamente interconectadas , con cientos de miles de conexiones atar juntos diversas porciones de la neocorteza .

Como se mencionó anteriormente , el aislamiento ayuda a las señales sensoriales de proceso , sino que también desempeña un papel clave en la mayor emociones nivel. Es esta región de la que se originan las células fusiformes . Exploraciones de resonancia magnética funcional por imágenes (fMRI) han demostrado que estas células son particularmente activas cuando una persona está tratando con emociones como el amor , la ira , la tristeza y el deseo sexual. Las situaciones que las activan fuertemente incluyen cuando una persona mira a su pareja o escucha su llanto infantil.

Células husillos tienen filamentos neurales largas llamadas dendritas apicales , que son capaces de conectar a las regiones neocorticales lejanos. Tal interconexión "profundo" , en el que ciertas neuronas proporcionan conexiones a través de numerosas regiones , es una característica que se da cada vez más a medida que avanzamos en la escala evolutiva . No es sorprendente que las células fusiformes , que participan como en el manejo de las emociones y el juicio moral , tendrían este tipo de conexión, dada la capacidad de las reacciones emocionales de alto nivel para tocar en diversos temas y pensamientos. A causa de sus vínculos con otras partes del cerebro , las emociones de alto nivel que las células fusiformes proceso se ven afectadas por todas nuestras regiones perceptivas y cognitivas. Es importante señalar que estas células no están haciendo la resolución de problemas racional, razón por la cual no tenemos control racional sobre nuestras respuestas a la música o por enamorarse. El resto del cerebro está muy ocupado , sin embargo , al tratar de dar sentido a las emociones de alto nivel misteriosas.

Hay relativamente pocas células fusiformes : sólo alrededor de 80.000 , con aproximadamente 45.000 en el hemisferio derecho y 35.000 en la izquierda. Esta disparidad es al menos una de las razones por la percepción de que la inteligencia emocional es la provincia del hemisferio derecho del cerebro , a pesar de la desproporción es modesto.

Los gorilas tienen sobre 16.000 de estas células , bonobos unos 2.100 , unos 1.800 y chimpancés . Otros mamíferos que carecen completamente .

Los antropólogos creen que las células fusiformes hicieron su primera aparición hace 10 a 15 millones años, en el ancestro común aún por descubrir a los simios y homínidos (precursores de los seres humanos) y en rápido aumento en el número de hace unos 100.000 años. Curiosamente, las células fusiformes no existen en los seres humanos recién nacidos , pero empiezan a aparecer sólo en torno a la edad de cuatro meses y aumentará significativamente en número de entre uno y tres. Capacidad de los niños para hacer frente a cuestiones morales y percibir emociones tan alto nivel como el amor a desarrollar durante este mismo período.

Aptitud

Wolfgang Amadeus Mozart (1756-1791) escribió un minué cuando tenía cinco años . A los seis años se lleva a cabo por la emperatriz María Teresa en la corte imperial de Viena. Luego pasó a componer seiscientas piezas, entre cuarenta y una sinfonías, antes de su muerte a la edad de treinta y cinco años , y es ampliamente considerado como el más grande compositor de la tradición clásica europea . Se podría decir que tenía una aptitud para la música. Entonces, ¿qué significa esto en el contexto de la

teoría de reconocimiento de patrones de la mente? Es evidente que parte de lo que consideramos como la aptitud es el producto de la crianza, es decir, las influencias del medio ambiente y otras personas. Mozart nació en una familia de músicos. Su padre, Leopold, fue un compositor y maestro de capilla (literalmente líder musical), de la orquesta de la corte del arzobispo de Salzburgo. El joven Mozart se sumergió en la música, y su padre comenzó a enseñarle el violín y Clavier (un instrumento de teclado) a la edad de tres.

Sin embargo, las influencias ambientales por sí solos no explican totalmente el genio de Mozart. Es evidente que existe un componente de la naturaleza, así. ¿Qué forma tomará? Como escribí en el capítulo 4, las diferentes regiones de la corteza cerebral se han optimizado (por la evolución biológica) para ciertos tipos de patrones. A pesar de que el algoritmo de reconocimiento de patrón básico de los módulos es uniforme a través de la neocorteza, ya que ciertos tipos de patrones tienden a fluir a través de determinadas regiones (las caras a través de la circunvolución fusiforme, por ejemplo), esas regiones se pondrán más en el procesamiento de los patrones asociados. Sin embargo, hay numerosos parámetros que gobiernan cómo el algoritmo se lleva a cabo en realidad en cada módulo. Por ejemplo, ¿qué tan cerca se requiere un partido para ejemplo de ser reconocido? ¿Cómo es ese umbral modificada si un módulo de nivel superior envía una señal de que su patrón se "espera"? ¿Cómo se consideran los parámetros de tamaño? Estos y otros factores se han establecido de manera diferente en diferentes regiones para ser ventajoso para ciertos tipos de patrones. En nuestro trabajo con métodos similares en la inteligencia artificial, hemos observado el mismo fenómeno y hemos utilizado simulaciones de evolución para optimizar estos parámetros.

Si las regiones particulares pueden optimizarse para diferentes tipos de patrones, entonces se deduce que los cerebros individuales variarán también en su capacidad de aprender, reconocer, y crear ciertos tipos de patrones. Por ejemplo, el cerebro puede tener una aptitud innata para la música por ser más capaces de reconocer patrones rítmicos, o para comprender mejor las disposiciones geométricas de armonías. El fenómeno de tono perfecto (la capacidad de reconocer y reproducir una superficie de juego sin una referencia externa), que se correlaciona con talento musical, parece tener una base genética, aunque la capacidad necesita ser desarrollado, por lo que es probable que sea una combinación de la naturaleza y la crianza. La base genética de tono perfecto es probable que residan fuera del neocórtex en el preprocesamiento de la información auditiva, mientras que el aspecto aprendido reside en el neocórtex. Hay otras habilidades que contribuyen a grados de competencia, ya sea de la variedad de rutina o de el legendario genio. Habilidades para neocorticales ejemplo, la capacidad del neocórtex para dominar las señales de miedo que la amígdala genera (cuando se presenta con desaprobación), juegan un papel importante, al igual que los atributos, tales como la confianza, la capacidad de organización y la capacidad de influir en los demás. Una habilidad muy importante señalé anteriormente es el coraje para perseguir ideas que van contra la corriente de la ortodoxia. Invariablemente, las personas que consideramos genios perseguían sus propios experimentos mentales de manera que no se entendieron o apreciaron inicialmente por sus compañeros. Aunque Mozart hizo ganar reconocimiento durante su vida, la mayoría de la adulación vino

después. Murió en la miseria , enterrado en una fosa común , y sólo otros dos músicos se presentó en su funeral.

Creatividad

La creatividad es una droga que no puedo vivir sin él. Cecil B. DeMille

El problema nunca es cómo conseguir nuevas ideas innovadoras en su mente, pero cómo llegar a los antiguos . Cada mente es un edificio lleno de muebles arcaico. Limpie un rincón de su mente y la creatividad al instante llenarlo. Dee Hock

La humanidad puede ser muy frío para aquellos cuyos ojos ven el mundo de manera diferente . Eric A. Quemaduras

La creatividad puede resolver casi cualquier problema. El acto creativo , la derrota de la costumbre por la originalidad , todo lo vence . George Lois

Un aspecto clave de la creatividad es el proceso de encontrar grandes metáforas - símbolos que representan algo más. El neocórtex es una gran metáfora de la máquina , lo que explica por qué somos una especie única creativas. Cada uno de los aproximadamente 300 millones de reconocedores de patrones en nuestro neocortex es el reconocimiento y la definición de un patrón y darle un nombre , que en el caso de los módulos de reconocimiento de patrones neocortical es simplemente el axón emerge del reconocedor de patrón que se dispara cuando ese patrón es encontrada. Ese símbolo a su vez se convierte en parte de otro patrón. Cada uno de estos patrones es esencialmente una metáfora . Los reconocedores pueden disparar hasta 100 veces por segundo , por lo que tenemos la posibilidad de reconocer a 30 mil millones de metáforas por segundo. Por supuesto que no todos los módulos está disparando en cada ciclo , pero es justo decir que realmente estamos reconociendo millones de metáforas por segundo.

Por supuesto, algunas metáforas son más importantes que otros. Darwin comprendió que la intuición de Charles Lyell sobre cómo los cambios muy graduales de un hilo de agua podrían forjar grandes cañones era una poderosa metáfora de cómo un goteo de pequeños cambios evolutivos de miles de generaciones podría tallar grandes cambios en la diferenciación de las especies. Los experimentos mentales , como la que Einstein utilizó para iluminar el verdadero significado del experimento de Michelson Morley , son todas las metáforas , en el sentido de ser una "cosa considerada como representativa o simbólica de otra cosa " , para citar a una definición de diccionario . ¿Ve usted alguna metáforas en soneto 73 de Shakespeare ?

Esa época del año mayst tú en mí he aquí Cuando las hojas amarillas , o ninguno o pocos , no colgarán de las ramas que se agitan contra el frío,
Coros arruinados Bare , donde a finales de los dulces pájaros cantaban . En mí ves el crepúsculo de ese día
Como después del atardecer se marchita en el oeste,
Que por y de noche negro alumbra llevar, segundo auto de la Muerte que sella todo

en reposo. En mí ves el resplandor de ese fuego
Que en las cenizas de su juventud doth miente, como el lecho de muerte, sobre el cual
debe expirar Consumido por la que fue alimentada por .
Este perceiv'st tú, lo que hace tu amor más fuerte , Amar tan bien que has de salir
dentro de poco .

En este soneto , el poeta utiliza extensas metáforas para describir el avance de la edad . Su edad es como el final del otoño , "cuando las hojas amarillas , o ninguno o pocos , hacen pasar el rato . " El clima es frío y las aves ya no puede sentarse en las ramas , que él llama " coros Hundida desnudas. " Su edad es como el crepúsculo mientras que la " puesta de sol marchita en el oeste, que en términos de noche negro alumbra llevar. " se trata de los restos de un incendio " que sobre las cenizas de su juventud doth miente. " De hecho, todo el lenguaje es en última instancia la metáfora , a pesar de algunas expresiones de que son más memorables que otros. Encontrar una metáfora es el proceso de reconocer un patrón pesar de las diferencias en detalle y contexto de una actividad que realizamos trivialmente cada momento de nuestras vidas. Los saltos metafóricos que consideramos de importancia suelen tener lugar en los intersticios de las diferentes disciplinas . Trabajando en contra de esta fuerza esencial de la creatividad, sin embargo, es la tendencia generalizada hacia una mayor especialización en las ciencias (y casi cualquier otro campo también). Como matemático estadounidense Norbert Wiener (18941964) escribió en su libro Cibernética seminal , publicado el año en que nací (1948) :

Hay campos de trabajo científico , como veremos en el cuerpo de este libro, que se han explorado desde los diferentes lados de puras matemáticas, estadística , ingeniería eléctrica, y la neurofisiología , en el que cada idea recibe un nombre distinto en cada grupo , y en el que el trabajo importante se ha triplicado o cuadruplicado , mientras que todavía otro trabajo importante es retrasado por la falta de disponibilidad en un campo de resultados que pueden ya han llegado a ser clásica en el campo siguiente .

Son estas regiones limítrofes que ofrecen las oportunidades más ricas para el investigador cualificado. Ellos son al mismo tiempo los más refractarios a las técnicas aceptadas de ataque en masa y la división del trabajo .

Una técnica que he utilizado en mi trabajo para combatir la creciente especialización es reunir a los expertos que se han reunido para un proyecto (por ejemplo, mi trabajo de reconocimiento de voz incluyó a científicos del habla , lingüistas, psychoacousticians y expertos de reconocimiento de patrones , por no hablar de equipo científicos) y animar a cada uno para enseñar al grupo sus técnicas y terminología particulares. A continuación, echamos un vistazo a todos que la terminología y hacemos nuestra propia . Invariablemente encontramos metáforas de un campo que resuelven problemas en otro.

Un ratón que encuentra una vía de escape cuando se enfrentan a la casa del gato y puede hacerlo incluso si la situación es algo diferente de lo que se ha encontrado nunca, es ser creativo. Nuestra propia creatividad es varios órdenes de magnitud

mayor que la del ratón e implica muchos más niveles de abstracción porque tenemos un neocórtex mucho más grande , que es capaz de mayores niveles de la jerarquía . Así que una manera de lograr una mayor creatividad es por unión efectiva más neocortex .

Un enfoque para ampliar la neocorteza disponible es a través de la colaboración de varios seres humanos . Esto se realiza de forma rutinaria a través de la comunicación entre personas se reunieron en una comunidad de resolución de problemas .

Recientemente se han realizado esfuerzos para utilizar las herramientas de colaboración en línea para aprovechar el poder de colaboración en tiempo real , que han demostrado tener éxito en las matemáticas y otras fields.¹

El siguiente paso , por supuesto , será expandir el propio neocórtex con su equivalente no biológica . Este será nuestro último acto de la creatividad : la creación de la capacidad de ser creativo. A neocórtex no biológica en última instancia, ser más rápido y podría buscar rápidamente los tipos de metáforas que han inspirado Darwin y Einstein. Podría explorar sistemáticamente todos los límites se superponen entre nuestros exponencialmente crecientes fronteras del conocimiento.

Algunas personas expresan su preocupación por lo que sucederá con los que optar por salir de esa expansión de la mente . Me gustaría señalar que esta inteligencia adicional esencia reside en la nube (la red en expansión exponencial de los ordenadores que nos conectamos a través de la comunicación en línea), donde la mayor parte de nuestra inteligencia de la máquina se almacena ahora . Cuando se utiliza un motor de búsqueda , reconocer el habla de su teléfono , consulte a un asistente virtual , como Siri, o utilizar su teléfono para traducir un signo a otro idioma , la inteligencia no está en el dispositivo en sí, sino en la nube. Nuestro neocórtex ampliada se encuentra allí también. Si accedemos a tal inteligencia expandida a través de la conexión neuronal directa o la forma en que hacemos ahora, al interactuar con él a través de nuestros dispositivos es una distinción arbitraria . En mi opinión, todos vamos a ser

más creativa a través de la mejora generalizada , ya sea que decidamos participar o no de conexión directa a la inteligencia expandida de la humanidad . Ya hemos subcontratado gran parte de nuestra memoria personal , social , histórico y cultural de la nube, y que en última instancia hacer lo mismo con nuestro pensamiento jerárquico . Descubrimiento de Einstein resultó no sólo de su aplicación de metáforas a través de experimentos mentales , sino también de su valor en la creencia en el poder de las metáforas. Él estaba dispuesto a renunciar a las explicaciones tradicionales que no lograron satisfacer sus experimentos, y que estaba dispuesto a soportar las burlas de sus compañeros a las explicaciones extrañas que sus metáforas implícitas . Estas cualidades

Creencia en la metáfora y el coraje de la convicción son los que debemos ser capaces de programar en nuestro neocortex no biológicos también.

Amor

La claridad de la mente significa la claridad de la pasión, también, por eso una mente grande y clara ama ardientemente y ve claramente lo que quiere. Blaise Pascal

Siempre hay algo de locura en el amor. Pero también hay siempre una cierta razón en la locura . Friedrich Nietzsche

Cuando haya visto tanto de la vida como lo he hecho , no subestimes el poder del amor obsesivo .

Albus Dumbledore , de JK Rowling , Harry Potter y el Príncipe Mestizo

Siempre me gusta una buena solución matemática a un problema de amor.

Michael Patrick King, de la " Llévame al Juego de Pelota " episodio de Sexo y la ciudad

Si no tienes amor extático realidad experimentada personalmente , que sin duda han oído hablar de él . Es justo decir que una parte importante , si no la mayoría de los arte historias del mundo , novelas , música, danza , pintura , programas de televisión y películas se inspira en las historias de amor en sus primeras etapas.

La ciencia ha conseguido recientemente en el acto , así, y ahora estamos en condiciones de identificar los cambios bioquímicos que ocurren cuando alguien se enamora . La dopamina se libera , produciendo sentimientos de felicidad y alegría. Niveles de noradrenalina se elevan , lo que conduce a una aceleración del ritmo cardíaco y los sentimientos generales de euforia. Estas sustancias químicas , así como la feniletilamina , producen euforia , altos niveles de energía , la atención se centró , pérdida de apetito y un deseo general para el objeto de su deseo. Curiosamente , la investigación reciente de la Universidad College de Londres también muestra que los niveles de serotonina bajan , similar a lo que ocurre en el trastorno obsesivo - compulsivo , que es coherente con el carácter obsesivo de los primeros amor.² Los altos niveles de dopamina y norepinefrina en cuenta para el aumento la atención a corto plazo, euforia, y el deseo de amor antes de tiempo.

Si estos fenómenos bioquímicos suenan similares a los del síndrome de lucha o huida , que son, excepto que aquí estamos corriendo hacia algo o alguien y, de hecho , un cínico podría decir que en lugar de hacia fuera de peligro . Los cambios también son totalmente compatibles con los de las primeras fases de la conducta adictiva. La canción de Roxy Music "Love Is the Drug " es bastante precisa en la descripción de este estado (aunque el tema de la canción que está tratando de anotar su próxima dosis de amor) . Los estudios de las experiencias religiosas de éxtasis también muestran los mismos fenómenos físicos , sino que se puede decir que la persona que tiene tal experiencia está cayendo en amor con Dios, o lo que sea conexión espiritual en la que se concentran . En el caso del amor romántico temprano , el estrógeno y la testosterona sin duda juegan un papel en el establecimiento del deseo sexual, pero si la reproducción sexual fuera el único objetivo evolutivo del amor, entonces no sería necesario el aspecto romántico del proceso. Como escribió el psicólogo John Money William (19212006) , " La lujuria es lascivo , el amor es lírica. "

La fase de éxtasis de amor lleva a la fase de embargo y en última instancia a un bono a largo plazo . Hay productos químicos que estimulan este proceso , así, como la oxitocina y la vasopresina . Consideremos dos especies relacionadas de ratones de campo : el ratón de campo y el ratón de montaña . Son casi idénticas , excepto que

el ratón de las praderas tiene receptores para la oxitocina y la vasopresina , mientras que el ratón de montaña no. El ratón de campo se caracteriza por relaciones monógamas de por vida , mientras que las estaciones de montaña vole casi exclusivamente para una sola noche . En el caso de los ratones de campo , los receptores de la oxitocina y la vasopresina son más o menos determinante en cuanto a la naturaleza de su vida amorosa.

Mientras que estos productos químicos son influyentes en los seres humanos también , nuestro neocórtex ha asumido un papel de mando, como en todo lo que hacemos. Los ratones tienen un neocórtex , pero es un sello de correos de tamaño y plana y lo suficientemente grande como para que puedan encontrar un compañero para toda la vida (o, en el caso de los ratones de montaña , al menos por la noche) y llevar a cabo otras conductas básicas campañol . Los seres humanos tenemos suficiente neocortex adicional para participar en las amplias expresiones " líricas " a que se refiere el dinero .

Desde una perspectiva evolutiva , el amor mismo existe para satisfacer las necesidades de la neocorteza . Si no tenemos un neocórtex , a continuación, la lujuria sería más que suficiente para garantizar la reproducción . La iniciativa de éxtasis de amor lleva a la unión y el amor maduro, y da lugar a un vínculo duradero . A su vez, está diseñado para proporcionar al menos la posibilidad de un ambiente estable para los niños mientras que sus propios neocorteza se someten al aprendizaje crítico necesario para convertirse en adultos responsables y capaces. El aprendizaje en un ambiente rico es inherentemente parte del método de la neocorteza . De hecho, la misma oxitocina y vasopresina mecanismos hormonales desempeñan un papel clave en el establecimiento de la unión crítico de los padres (especialmente la madre) y el niño .

En el otro extremo de la historia de amor, un ser querido se convierte en una parte importante de nuestro neocortex . Después de décadas de estar juntos, a otra virtual existe en la corteza cerebral de tal manera que podemos anticipar cada paso de lo que va a decir a nuestra pareja y hacer. Nuestros patrones neocortical se llenan con los pensamientos y los patrones que reflejan quiénes son . Cuando perdemos a esa persona , que, literalmente, perdemos parte de nosotros mismos . Esto no es sólo una metáfora todos los grandes reconocedores de patrones que se llenan con los patrones que reflejan la persona que amamos repente cambiar su naturaleza. A pesar de que puede ser considerado una forma valiosa para mantener a esa persona viva dentro de nosotros mismos , los grandes patrones neocortical de un ser querido a su vez de repente de los factores desencadenantes de deleite desencadenantes de luto.

La base evolutiva para el amor y sus fases no es la historia completa en el mundo de hoy. Ya hemos tenido bastante éxito en el sexo liberador de su función biológica , en que podemos tener hijos sin sexo y sin duda podemos tener relaciones sexuales sin bebés. La gran mayoría de sexo se lleva a cabo para sus fines sensual y relacional . Y habitualmente enamoramos para fines distintos de la crianza de niños .

Del mismo modo, la vasta extensión de la expresión artística de todo tipo que celebra el amor y sus múltiples formas se remonta a la antigüedad también es un fin en sí mismo . Nuestra capacidad de crear estas formas perdurables de trascendencia en el conocimiento sobre el amor o cualquier otra cosa es precisamente lo que hace que

nuestra especie única.

El neocórtex es la creación más grande de la biología. A su vez , son los poemas sobre el amor y todas nuestras otras creaciones que representan los grandes inventos de nuestro neocortex .

CAPÍTULO 7

LA biológico inspirado DIGITAL NEOCORTEX

Nunca confíes en todo lo que puede pensar por sí mismo si no puede ver donde mantiene su cerebro.

Arthur Weasley, de JK Rowling, Harry Potter y el prisionero de Azkaban

No, no estoy interesado en el desarrollo de un poderoso cerebro. Lo único que busco es sólo un cerebro mediocre, algo así como el Presidente de la American Telephone and Telegraph Company. Alan Turing

Un equipo que merecería ser llamado inteligente si se pudiera engañar a un ser humano en la creencia de que era humano. Alan Turing

Creo que al final del siglo, el uso de las palabras y la opinión general de educación se han alterado tanto que se podrá hablar de máquinas pensantes sin esperar ser contradicho. Alan Turing

Una rata madre va a construir un nido para sus crías , aunque ella nunca ha visto otra rata en su vida.¹

Del mismo modo, una araña tejer una red , un gusano creará su propio capullo y un castor construirá una presa , aunque no contemporánea nunca les enseñó a realizar estas tareas complejas. Esto no quiere decir que estos no son comportamientos aprendidos . Es que estos animales no aprendieron en una sola vida

Que ellos aprendieron a través de miles de vidas. La evolución de la conducta animal no constituyen una proceso de aprendizaje, sino que se aprenden por la especie , no el individuo , y los frutos de este proceso de aprendizaje está codificada en el ADN .

Para apreciar la importancia de la evolución de la neocorteza , tenga en cuenta que en gran medida se aceleró el proceso de aprendizaje (conocimiento jerárquico) de miles de años o meses (o menos) . Incluso si millones de animales en una especie de mamífero particular, fallaron para resolver un problema (que requiere una jerarquía de pasos) , que requiere sólo una ocasión de caer accidentalmente con una solución . Ese nuevo método sería entonces ser copiado y se extendió de manera exponencial a través de la población .

Ahora estamos en condiciones de acelerar el proceso de aprendizaje en un factor de miles o millones de nuevo mediante la migración de lo biológico a la inteligencia no biológica . Una vez que el neocortex digitales aprende una habilidad, puede transferir ese conocimiento en cuestión de minutos o incluso segundos . Como uno de los muchos ejemplos , en mi primera empresa , Kurzweil Computer Products (ahora Nuance Speech Technologies) , que fundé en 1973 , hemos pasado año la formación

de un conjunto de equipos de investigación para reconocer las letras impresas de los documentos escaneados , una tecnología llamada omni fuente (cualquier tipo de letra) el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) . Este particular

La tecnología ha estado en continuo desarrollo durante casi cuarenta años, con el actual producto de Nuance OmniPage llamada . Si desea que su computadora para reconocer las letras impresas , no es necesario pasar años entrenar a hacerlo , como lo hicimos , sólo tiene que descargar los modelos evolucionados ya aprendidas por los equipos de investigación en forma de software. En la década de 1980 que comenzamos el reconocimiento de voz , y que la tecnología , que también ha estado en continuo desarrollo desde hace varios decenios , es parte de Siri. Una vez más, se puede descargar en cuestión de segundos los patrones evolucionado aprendidas por los equipos de investigación durante muchos años .

Finalmente vamos a crear un neocórtex artificial que tiene toda la gama y la flexibilidad de su contraparte humana. Considere los beneficios . Circuitos electrónicos son millones de veces más rápido que nuestros circuitos biológicos. En un primer momento vamos a tener que dedicar todo este aumento de velocidad de compensar la relativa falta de paralelismo en nuestros ordenadores, pero en última instancia, el neocórtex digital será mucho más rápido que la variedad biológica y sólo seguirá aumentando la velocidad.

Cuando aumentamos nuestro neocortex con una versión sintética , no tiene que preocuparse acerca de cuánto neocortex adicional puede físicamente en nuestros cuerpos y cerebros , ya que la mayoría de ellos estarán en la nube, como la mayoría de la computación que usamos hoy en día . I estimado anteriormente que tenemos en el orden de 300 millones de reconocedores de patrones en nuestro neocortex biológica. Eso es tanto como podría ser exprimido en nuestros cráneos incluso con la innovación evolutiva de un gran frente y con el neocórtex teniendo aproximadamente el 80 por ciento del espacio disponible . Tan pronto como empezamos a pensar en la nube, no habrá límites lo natural será capaz de utilizar miles de millones o billones de reconocedores de patrones, básicamente todo lo que necesitamos, y lo que la ley de los retornos acelerados podemos ofrecer en cada momento del tiempo.

Para que un neocórtex digital para aprender una nueva habilidad , todavía requieren muchas iteraciones de la educación , así como un neocórtex biológica hace, pero una vez que un solo neocortex digitales en algún lugar y en algún momento se entera de algo, pueden compartir ese conocimiento con todos los demás neocortex digital sin demora. Podemos tener cada uno nuestros propios extensores neocórtex privados en la nube, así como tenemos nuestros propios almacenes privados de datos personales en la actualidad.

Por último, pero no menos importante, vamos a poder hacer copia de seguridad de la parte digital de nuestra inteligencia . Como hemos visto , no es sólo una metáfora para indicar que existe información contenida en nuestro neocortex , y es aterrador pensar que ninguna de esta información es respaldada hoy. Hay, por supuesto , de una manera en la que hacemos una copia de seguridad alguna de la información en nuestro cerebro por escribirla. La capacidad de transferir al menos parte de nuestro pensamiento a un medio que puede durar más que nuestros cuerpos biológicos fue un gran paso adelante, pero una gran cantidad de datos en nuestro cerebro sigue siendo

vulnerable.

Las simulaciones del cerebro

Un enfoque para la construcción de un cerebro digital es para simular con precisión un uno biológica . Por ejemplo , Harvard cerebro ciencias estudiante de doctorado David Dalrymple (nacido en 1991) tiene la intención de simular el cerebro de un nematodo (gusano redondo a) 0,2 Dalrymple seleccionado el nematodo debido a su sistema nervioso relativamente simple, que consta de unas 300 neuronas , y que se vaya a simular en el nivel más detallado de las moléculas. También creará una simulación por ordenador de su cuerpo, así como su entorno para que su nematodo virtual puede cazar (virtual) de alimentos y hacer las otras cosas que los nematodos son buenos . Dalrymple dice que es probable que sea el primer cerebro completo subir de un animal biológico a uno virtual que vive en un mundo virtual. Al igual que su nematodo simulada, si incluso biológicos nematodos son conscientes está abierto a debate , aunque en su lucha por comer, digerir los alimentos , evitar a los depredadores y reproducirse , tienen experiencias de ser conscientes.

En el extremo opuesto del espectro , Proyecto Blue Brain de Henry Markram tiene la intención de simular el cerebro humano , incluyendo todo el neocórtex , así como las regiones de edad del cerebro tales como el hipocampo , la amígdala , y el cerebelo . Sus simulaciones previstas se construirán en diferentes grados de detalle, hasta una simulación completa en el nivel molecular. Como informé en el capítulo 4 , Markram ha descubierto un equipo auxiliar de varias docenas de neuronas que se repite una y otra vez en el neocórtex , lo que demuestra que el aprendizaje se realiza mediante estos módulos y no por las neuronas individuales .

El progreso de Markram ha ido ampliando a un ritmo exponencial. Se simuló una neurona en el 2005 , año en que se inició el proyecto. En 2008 su equipo simula toda una columna neocortical del cerebro de una rata , que consta de 10.000 neuronas.

Para el año 2011 esta se expandió a 100 columnas , por un total de un millón de células, lo que él llama un mesocircuit . Una controversia sobre la labor de Markram es cómo verificar que las simulaciones son exactas. Para hacer esto, estas simulaciones deberán demostrar el aprendizaje que se discuten a continuación.

Proyecta simular todo un cerebro de rata de 100 mesocircuits , totalizando 100 millones de neuronas y alrededor de un billón de sinapsis, en 2014 . En una charla en la conferencia TED 2009 en Oxford, dijo Markram , "No es imposible construir un cerebro humano , y podemos hacerlo en 10 años". 3 Su último objetivo para una simulación completa del cerebro es 2023.4

Markram y su equipo basan su modelo de anatomía detallada y análisis electroquímicos de las neuronas reales. Uso de un dispositivo automatizado que crearon llamado un robot de patchclamp , que están midiendo los canales específicos de iones , neurotransmisores, y enzimas que son responsables de la actividad electroquímica dentro de cada neurona . Su sistema automatizado fue capaz de hacer treinta años de análisis en seis meses, según Markram . Fue a partir de estos análisis que se dieron cuenta de la "memoria " de Lego unidades que son las unidades funcionales básicas de la neocorteza .

Progreso real y previsto del proyecto de simulación cerebral Blue Brain .

Contribuciones significativas a la tecnología de la robótica patch fijación se realizó por el MIT neurocientífico Ed Boyden , Georgia Tech profesor de ingeniería mecánica Craig Bosque, y el estudiante graduado Suhasa Kodandaramaiah del Bosque . Demostraron un sistema automatizado con precisión de un micrómetro que puede realizar la exploración de tejido neural a muy corta distancia sin dañar las delicadas membranas de las neuronas . "Esto es algo que un robot puede hacer que un ser humano no puede, " Boyden comentó .

Para volver a la simulación de Markram , después de simular una columna neocortical , Markram fue citado diciendo: "Ahora sólo tenemos que ampliarlo . " 5 La escala es sin duda un factor importante , pero no hay otro obstáculo clave , lo que está aprendiendo . Si el proyecto Blue Brain cerebro es " hablar y tener una inteligencia y se comportan en gran medida como un ser humano lo hace", que es como Markram describió su objetivo en una entrevista con la BBC en 2009 , entonces se tendrá que tener suficiente contenido en su neocortex simulada para llevar a cabo los tasks.⁶

Como cualquiera que ha tratado de mantener una conversación con un recién nacido puede dar fe , hay una gran cantidad de aprendizaje que debe lograrse antes de que esto es factible.

La punta del robot de patchclamp desarrollado en el MIT y Georgia Tech escanear el tejido neural.

Hay dos maneras obvias esto se puede hacer en un cerebro simulado como Blue Brain . Una de ellas sería que el cerebro aprenda este contenido la forma de un cerebro humano . Puede empezar como un bebé humano recién nacido con una capacidad innata para adquirir conocimiento jerárquica y con ciertas transformaciones preprogramados en las regiones preprocesamiento sensorial . Sin embargo, el aprendizaje que tiene lugar entre un niño biológico y un ser humano que puede mantener una conversación tendría que ocurrir en una forma comparable en el aprendizaje no biológica . El problema con este enfoque es que no se espera un cerebro que está siendo simulado en el nivel de detalle previsto para Blue cerebro para ejecutar en tiempo real, por lo menos hasta principios de los años década de 2020 . Incluso se ejecuta en tiempo real, sería demasiado lenta a menos que los investigadores están dispuestos a esperar una década o dos para llegar a la paridad intelectual con una persona adulta , aunque el rendimiento en tiempo real tendrá constantemente más rápido que las computadoras siguen creciendo en precio / rendimiento.

El otro método consiste en tomar uno o más cerebros humanos biológicos que ya han adquirido los conocimientos suficientes para conversar en el lenguaje significativo y que se comporten de otra manera de una manera madura y copiar sus patrones neocortical en el cerebro simulado. El problema con este método es que requiere una tecnología de exploración no invasiva y no destructiva de suficiente resolución y la velocidad espacial y temporal para llevar a cabo una tarea tan rápida y completamente . Yo no esperaría que una tecnología de " subir " como para estar disponible hasta alrededor de la década de 2040 . (El requerimiento computacional para simular un cerebro en ese grado de precisión , lo que estimo que 10¹⁹ cálculos

por segundo , estará disponible en un superordenador según mis proyecciones de principios de los años 2020 , sin embargo , las tecnologías de análisis no destructivos cerebrales necesarias tardarán más) .

Existe un tercer método, que es el que yo creo que los proyectos de simulación tales como Blue Brain tendrán que seguir. Se puede simplificar mediante la creación de modelos moleculares equivalentes funcionales en los diferentes niveles de especificidad , que van desde mi propio método algorítmico funcional (como se describe en este libro) para simulaciones que están más cerca de simulaciones moleculares completos. La velocidad de aprendizaje de este modo se puede aumentar por un factor de cientos o miles , dependiendo del grado de simplificación utilizada . Un programa educativo se puede diseñar para el cerebro simulado (utilizando el modelo funcional) que puede aprender con relativa rapidez . A continuación, la simulación molecular completo puede ser sustituido por el modelo simplificado sin dejar de utilizar su aprendizaje acumulado . A continuación, podemos simular el aprendizaje con el modelo molecular completa a una velocidad mucho más lenta. Americana ordenador científico Dharmendra Modha y sus colegas de IBM han creado una simulación de celda por celda de una porción de la neocorteza visual humano que comprende 1,6 mil millones de neuronas virtuales y 9 billones de sinapsis , lo que equivale a un neocórtex gato . Se ejecuta 100 veces más lento que el tiempo real en un BlueGene / P superordenador de IBM que consiste en 147 456 procesadores . La obra recibió el Premio Gordon Bell de la Association for Computing Machinery .

El propósito de un proyecto de simulación del cerebro , tales como azul de cerebro y simulaciones del neocórtex es Modha específicamente para refinar y confirmar un modelo funcional . AI a nivel humano sobre todo utilizar el tipo de modelo algorítmico funcional discutida en este libro. Sin embargo , las simulaciones moleculares nos ayudarán a perfeccionar ese modelo y que entendemos completamente qué detalles son importantes. En mi desarrollo de la tecnología de reconocimiento de voz en los años 1980 y 1990 , hemos sido capaces de refinar los algoritmos de una vez que las transformaciones reales realizadas por el nervio auditivo y las porciones anteriores de la corteza auditiva se entendieron . Incluso si nuestro modelo funcional fue perfecto, comprender exactamente cómo se aplica realmente en nuestros cerebros biológicos se revelan importantes conocimientos sobre la función humana y la disfunción . Necesitaremos datos detallados sobre los cerebros reales para crear simulaciones de base biológica . El equipo de Markram está recogiendo sus propios datos. Hay proyectos a gran escala para recopilar este tipo de datos y ponerlos a disposición de los científicos en general . Por ejemplo , el Laboratorio de Cold Spring Harbor en Nueva York ha recogido 500 terabytes de datos mediante el escaneo de un cerebro de mamífero (ratón), que se publicarán en junio de 2012. Su proyecto permite al usuario explorar el cerebro de manera similar a la forma en que Google Earth permite explorar la superficie del planeta . Puedes moverte por todo el cerebro y el zoom para ver las neuronas individuales y sus conexiones. Puede resaltar una única conexión y luego seguir su camino a través del cerebro .

Dieciséis secciones de los Institutos Nacionales de Salud se han reunido con el

patrocinio de una importante iniciativa denominada Proyecto Conectoma humano con \$ 38,5 millones de funding.⁷ Dirigido por la Universidad de Washington en St. Louis, la Universidad de Minnesota, la Universidad de Harvard , Massachusetts General Hospital, y la Universidad de California en Los Angeles , el proyecto busca crear un mapa tridimensional similar de conexiones en el cerebro humano. El proyecto utiliza una variedad de tecnologías de escaneo no invasivas , como las nuevas formas de resonancia magnética, la magnetoencefalografía (que mide los campos magnéticos producidos por la actividad eléctrica en el cerebro) , y tractography difusión (un método para trazar las vías de haces de fibras en el cerebro) . Como señalo en el capítulo 10 , la resolución espacial de exploración no invasiva del cerebro está mejorando a un ritmo exponencial . La investigación realizada por J. Van Wedeen y sus colegas en el Hospital General de Massachusetts, que muestra una estructura reticular muy regular del cableado del neocórtex que describí en el capítulo 4 es uno de los primeros resultados de este proyecto.

Oxford University computacional neurocientífico Anders Sandberg (nacido en 1972) y el filósofo sueco Nick Bostrom (nacido en 1973) ha escrito la integral Whole emulación del cerebro: Plan de trabajo , que detalla los requisitos para la simulación del cerebro humano (y otros tipos de cerebros) en diferentes niveles de especificidad de los modelos funcionales de alto nivel a simular moléculas.⁸ El informe no ofrece una línea de tiempo , pero describe los requisitos para simular diferentes tipos de cerebros en diferentes niveles de precisión en términos de exploración del cerebro , el modelado, el almacenamiento y cálculo.El informe proyecta ganancias exponenciales en curso en todas estas áreas de capacidad y sostiene que los requisitos para simular el cerebro humano con un alto nivel de detalle están entrando en su lugar.

Un resumen de las capacidades tecnológicas necesarias para la emulación de todo el cerebro , en todo el cerebro Emulación: Plan de trabajo por Anders Sandberg y Nick Bostrom .

Un esquema de emulación de todo el cerebro : Plan de trabajo por Anders Sandberg y Nick Bostrom . Redes Neuronales

En 1964 , a la edad de dieciséis años , escribí a Frank Rosenblatt (19281971) , profesor en la Universidad de Cornell , preguntando por una máquina llamada la Marca 1 Perceptron . Él había creado cuatro años antes, y fue descrito como poseedor de propiedades brainlike . Él me invitó a visitarlo y probar la máquina fuera . El Perceptron fue construido a partir de lo que dijo eran modelos electrónicos de neuronas. De entrada consistió en valores dispuestos en dos dimensiones . Para voz , una dimensión representada frecuencia y la otra vez , por lo que cada valor representa la intensidad de una frecuencia en un punto dado en el tiempo . Para las imágenes , cada punto era un píxel en una imagen de dos dimensiones . Cada punto de una entrada dada se conecta al azar a las entradas de la primera capa de neuronas simuladas . Cada conexión tiene un grado asociado sináptica , lo que representó su importancia, y que se fijó inicialmente en un valor aleatorio . Cada neurona suman las señales que llegan a ella. Si la señal combinada supera un determinado umbral , la neurona disparó y se envía una señal a su conexión de salida , y si la señal de entrada

combinada no supera el umbral , la neurona no se disparó , y su salida es cero . La salida de cada neurona se conecta al azar a las entradas de las neuronas de la capa siguiente . El 1 Perceptron Mark tenía tres capas , que pueden ser organizadas en una variedad de configuraciones. Por ejemplo , una capa puede alimentar de nuevo a una anterior . En la capa superior , la salida de uno o más neuronas , también seleccionada al azar , proporcionó la respuesta . (Para una descripción algorítmica de redes neuronales , vea esta nota al final.) 9

Dado que el cableado de red neuronal y los pesos sinápticos se establecen inicialmente al azar , las respuestas de un red neuronal sin entrenamiento también son aleatorios . La clave de una red neuronal , por lo tanto , es que debe aprender su objeto, al igual que los cerebros de los mamíferos en la que está supuestamente modeló . Una red neural comienza ignorante, su maestro , que puede ser un ser humano, un programa de ordenador , o tal vez sí, red neuronal más maduro que ya ha aprendido sus lecciones recompensas de la red neuronal estudiante cuando se genera la salida correcta y castiga cuando no lo hace. Esta información es a su vez utilizado por la red neuronal estudiante para ajustar la fuerza de cada conexión interneuronal . Conexiones que concuerdan con las respuestas correctas se hacen más fuertes. Los que abogan por una respuesta errónea se debilitan .

Con el tiempo, la red neuronal se organiza para dar las respuestas correctas sin entrenamiento. Los experimentos han demostrado que las redes neuronales pueden aprender su materia , incluso con profesores poco fiables . Si el profesor es correcta sólo el 60 por ciento de las veces, la red neuronal estudiante todavía aprender sus lecciones con una precisión cercana al 100 por ciento.

Sin embargo , las limitaciones en la gama de material que el Perceptrón era capaz de aprender rápidamente se hicieron evidentes . Cuando visité el profesor Rosenblatt en 1964 , traté de modificaciones simples a la entrada. El sistema fue creado para reconocer las letras impresas , y los reconocería con bastante precisión . Se hizo un trabajo bastante bueno de autoasociación (es decir , se podría reconocer las letras , aunque he cubierto partes de ellos), pero no le fue tan bien con invariabilidad (es decir, la generalización sobre el tamaño y los cambios de fuente , que confundieron a él).

Durante la última mitad de la década de 1960 , estas redes neuronales se hizo enormemente popular, y el campo de " conexionismo " se hizo cargo de al menos la mitad del campo de la inteligencia artificial. El enfoque más tradicional de AI , por su parte , incluye los intentos directos a programar soluciones a problemas específicos , tales como la forma de reconocer las propiedades invariantes de letras impresas .

Otra persona que visité en 1964 fue Marvin Minsky (nacido en 1927), uno de los fundadores del campo de la inteligencia artificial. A pesar de haber realizado un trabajo pionero sobre las redes neuronales a sí mismo en el 1950 , que se refería a la gran oleada de interés en esta técnica. Parte del encanto de las redes neuronales es que supuestamente no requieren programación aprenderían soluciones a los problemas por su cuenta. En 1965 entré en el MIT como estudiante con el profesor Minsky como mi mentor, y yo compartí su escepticismo acerca de la moda de los " conexionismo " .

En 1969 Minsky y Seymour Papert (nacido en 1928), los dos cofundadores del Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT , escribió un libro llamado Perceptrones , que presentaba un solo teorema central : en concreto , que el Perceptron era inherentemente incapaces de determinar si es o no una imagen estaba conectado . El libro creó una tormenta de fuego. Determinar si una imagen está conectada es una tarea que los humanos pueden hacer muy fácilmente, y también es un proceso sencillo de programar un ordenador para que esta discriminación. El hecho de que Perceptrones no pudieron hacerlo fue considerado por muchos como un error fatal .

Dos imágenes de la portada del libro Perceptrones por Marvin Minsky y Seymour Papert .

La imagen de arriba no está conectado (es decir, el área oscura que consta de dos partes desconectadas) . la imagen inferior se conecta . Un ser humano puede determinar fácilmente esto, al igual que un simple programa de software . A Perceptron feedforward como Frank Rosenblatt Marcos 1 Perceptron no puede hacer esta determinación

Perceptrones , sin embargo , fue interpretado ampliamente dar a entender más de lo que realmente lo hizo. Minsky y Papert del teorema aplica sólo a un determinado tipo de red neuronal se llama una red neuronal feedforward (una categoría que sí incluye perceptrón de Rosenblatt) , otros tipos de redes neuronales no tienen esta limitación . Sin embargo, el libro logró matar a gran mayoría de los fondos para la investigación de redes neuronales durante la década de 1970 . El campo arrojó en la década de 1980 con los intentos de utilizar lo que se afirma que los modelos más realistas de neuronas biológicas y los que evitan las limitaciones que implica el Perceptron teorema de Minsky , Papert . Sin embargo , la capacidad de la neocorteza para resolver el problema de invariancia , la clave de su fuerza, era una habilidad que se mantuvo difícil de alcanzar para el campo conexionista resurgente . Codificación Sparse : Cuantificación vectorial

A principios de 1980 comencé un proyecto dedicado a otro clásico problema de reconocimiento de patrones : entender el lenguaje humano. Al principio , se utilizaron métodos tradicionales de IA por programar directamente el conocimiento experto sobre las unidades fundamentales de los fonemas del habla y las normas de los lingüistas sobre la manera de cadena los fonemas para formar palabras y frases. Cada fonema tiene patrones de frecuencia distintivos . Por ejemplo , sabíamos que las vocales como " e " y " ah " se caracterizan por ciertas frecuencias resonantes llamados formantes , con una relación de características de los formantes de cada fonema. Sonidos sibilantes como " z " y " s " se caracterizan por una ráfaga de ruido que se extiende por muchas frecuencias . Capturamos discurso como una forma de onda , que luego nos convertimos en múltiples bandas de frecuencia (percibido como tonos) utilizando un banco de filtros de frecuencia . El resultado de esta transformación podría ser visualizado y fue llamado un espectrograma (véase la página 136) . El banco de filtros es copiar lo que hace la cóclea humana , que es el primer paso en nuestro proceso biológico de sonido. El software identifica primero fonemas basado

en patrones distintivos de frecuencias y luego palabras identificados sobre la base de la identificación de secuencias de fonemas característicos .

Un espectrograma de tres vocales . De izquierda a derecha: [i] como en " aprox eciate , " [u] como en " acústico " y [a] como en " ah. " El eje Y representa la frecuencia del sonido. Cuanto más oscuro es la banda más energía acústica existe en esa frecuencia .

Un espectrograma de una persona que dice la palabra " esconder " . Las líneas horizontales muestran los formantes , que se sustentan las frecuencias que tienen especialmente alto energy.¹⁰

El resultado fue un éxito parcial . Podríamos entrenar a nuestro dispositivo para conocer los patrones de una persona en particular usando un vocabulario de tamaño moderado , medido en miles de palabras. Cuando tratamos de reconocer decenas de miles de palabras , manejar múltiples altavoces , y permitir discurso totalmente continua (es decir , el habla , sin pausas entre las palabras) , nos encontramos con el problema de la invariancia . diferentes personas enunciado mismo fonema diferente por ejemplo, fonema " e " de una persona puede parecer de otra persona " ah " . Incluso la misma persona que era inconsistente en su manera de hablar de un fonema . El patrón de un fonema a menudo se ve afectada por otros fonemas cercanos . Muchos fonemas se quedaron por completo. La pronunciación de las palabras (es decir, cómo los fonemas se encadenan juntas para formar palabras) también fue muy variable y depende del contexto . Las reglas lingüísticas que habíamos programado rompían abajo y no podía seguir el ritmo de la variabilidad extrema del lenguaje hablado.

Quedó claro para mí en el momento en que la esencia del patrón humano y el reconocimiento conceptual se basa en jerarquías . Este es, sin duda evidentes para el lenguaje humano , que constituye una elaborada jerarquía de las estructuras . Pero lo que es el elemento en la base de las estructuras? Esa fue la primera pregunta que me consideré como me puse a buscar formas de reconocer automáticamente la voz humana totalmente normal.

Sonido entra en el oído como una vibración del aire y es convertido por los aproximadamente 3.000 células ciliadas internas en la cóclea en múltiples bandas de frecuencia . Cada célula de pelo se sintoniza a una frecuencia particular (nota que percibimos como tonos de frecuencias) y cada uno actúa como un filtro de frecuencia , emitiendo una señal cada vez que hay sonido en o cerca de su frecuencia de resonancia . Como parte de la cóclea humana , el sonido se representa por lo tanto aproximadamente 3,000 señales separadas , cada una representa la intensidad variable en el tiempo de una banda estrecha de frecuencias (con una superposición sustancial entre estas bandas) .

A pesar de que era evidente que el cerebro era masivamente paralelo , parecía imposible para mí que estaba haciendo patrones sobre 3.000 señales auditivas separadas. Dudaba de que la evolución pudo haber sido que ineficiente.

Ahora sabemos que la reducción de datos muy importante en efecto ocurre en el nervio auditivo antes de las señales sonoras lleguen a la neocorteza .

En los reconocedores de voz basadas en software , también utilizamos filtros

implementados como software dieciséis años para ser exactos (que luego se aumentó a treinta y dos años, ya que nos pareció que no había mucho beneficio para ir mucho más alto que esto) . Así en nuestro sistema , cada punto en el tiempo se representa por dieciséis números . Teníamos que reducir estas corrientes dieciséis de datos en una sola y, al mismo enfatizando las características que son importantes en el reconocimiento del habla.

Se utilizó una técnica matemáticamente óptima de lograr esto , llamado cuantificación vectorial . Tenga en cuenta que en cualquier punto particular en el tiempo , el sonido (por lo menos de una oreja) estuvo representado por nuestro software por dieciséis números diferentes : es decir, la salida de los filtros de frecuencia dieciséis . (En el sistema auditivo humano la cifra sería 3000 , que representa la salida de la cóclea las células ciliadas internas 3000 .) En la terminología matemática , cada uno de dichos conjunto de números (3000 si en el caso biológica o 16 en nuestra implementación de software) se llama una vectorial. Para simplificar, vamos a considerar el proceso de cuantificación de vectores con vectores de dos números. Cada vector puede ser considerado un punto en el espacio de dos dimensiones .

Si tenemos una muestra muy grande de estos vectores y las maquinas , que son propensas a notar las agrupaciones que forman .

Con el fin de identificar a los grupos, tenemos que decidir cuántos vamos a permitir . En nuestro proyecto por lo general permite 1.024 grupos para que pudiéramos numerarlas y asigne a cada grupo una etiqueta de 10 bits (porque $2^{10} = 1024$) . Nuestra muestra de los vectores representa la diversidad que esperamos . Nosotros asignamos tentativamente los primeros 1.024 vectores que las agrupaciones de un punto . A continuación, consideremos el vector th 1025 y encontramos el punto que está más cerca . Si la distancia es mayor que la distancia más pequeña entre cualquier par de los 1.024 puntos , lo consideramos como el comienzo de un nuevo clúster . A continuación, el colapso de las dos (un punto) grupos que están más cerca juntos en un solo grupo . Estamos por lo tanto aún queda 1024 clusters. Después de procesar la 1025 th vector, uno de esos grupos tiene ahora más de un punto. Seguimos puntos de procesamiento de esta manera , manteniendo siempre 1.024 agrupaciones . Después de haber procesado todos los puntos , representamos a cada grupo multipunto por el centro geométrico de los puntos en que se agrupan .

Continuamos este proceso iterativo hasta que hemos llevado a cabo a través de todos los puntos de muestra . Normalmente nos procesar millones de puntos en 1024 (2^{10}) grupos , también hemos usado 2048 (2^{11}) o 4096 (2^{12}) clusters. Cada grupo está representado por un vector que está en el centro geométrico de todos los puntos de ese clúster . Así, el total de las distancias de todos los puntos en el clúster hasta el punto de centro de la agrupación es tan pequeña como sea posible .

El resultado de esta técnica es que en lugar de tener los millones de puntos que empezamos con (y un número aún mayor de posibles puntos) , hemos reducido ahora los datos a sólo 1.024 puntos que utilizan el espacio de posibilidades de manera óptima . Las partes del espacio que no se utiliza no se asignan los grupos.

A continuación, asignar un número a cada grupo (en nuestro caso , de 0 a 1023) . Ese número es el , la representación reducida " cuantificado " de ese grupo , por lo que la técnica se llama cuantificación vectorial . Cualquier nuevo vector de entrada que llega en el futuro se representa entonces por el número del clúster cuyo punto central es la más cercana a este nuevo vector de entrada .

Ahora podemos calcular previamente una tabla con la distancia de la punta de cada clúster para cada punto central centro . Nosotros por lo tanto tienen disponible al instante la distancia de este nuevo vector de entrada (el cual representamos por este punto cuantificada en otras palabras , por el número de clúster que este nuevo punto es el más cercano a) a cualquier otro clúster. Ya que sólo representamos los puntos de su grupo más cercano , ahora sabemos que la distancia de este punto a cualquier otro punto es posible que pueda venir.

He descrito la técnica anterior usando vectores con sólo dos números cada uno , pero trabajar con vectores de dieciséis elemento es totalmente análogo al ejemplo más simple. Debido a que elegimos vectores con dieciséis números que representan dieciséis bandas de frecuencia diferentes , cada punto en nuestro sistema era un punto en el espacio de dieciséis dimensiones . Es difícil para nosotros imaginar un espacio de más de tres dimensiones (quizás cuatro, si incluimos el tiempo) , pero las matemáticas no tiene tales inhibiciones.

Hemos logrado cuatro cosas en este proceso. En primer lugar, hemos reducido en gran medida la complejidad de los datos . En segundo lugar, hemos reducido de datos de dieciséis dimensionales a los datos de una sola dimensión (es decir, cada uno muestra es ahora un solo número) . En tercer lugar , hemos mejorado nuestra capacidad de encontrar rasgos invariantes , porque estamos enfatizando porciones del espacio de posibles sonidos que transmiten la información más actualizada. La mayoría de las combinaciones de frecuencias son físicamente imposible o al menos muy poco probable , así que no hay razón para dar el mismo espacio a las combinaciones inverosímiles de los insumos en cuanto a las probabilidades . Esta técnica reduce los datos a posibilidades igualmente probables . La cuarta ventaja es que podemos utilizar los reconocedores de patrones de una sola dimensión , a pesar de que los datos originales consistían en muchas más dimensiones . Este resultó ser el método más eficaz para colocar los recursos computacionales disponibles .

Cómo leer su mente con los Modelos Ocultos de Markov

Con la cuantificación vectorial , hemos simplificado los datos de una manera que hacía hincapié en las características clave , pero todavía necesitamos una manera de representar la jerarquía de funciones invariantes que dar sentido a la nueva información. Después de haber trabajado en el campo del reconocimiento de patrones en ese momento (principios de 1980) durante veinte años , yo sabía que las representaciones unidimensionales eran mucho más potente, eficiente y susceptible de resultados invariables . No había mucho sabe sobre el neocórtex en la década de 1980 , pero en base a mi experiencia con una variedad de problemas de reconocimiento de patrones , supuse que el cerebro también era probable que la reducción de sus datos multidimensionales (ya sea de los ojos , los oídos , o la piel) utilizando una representación unidimensional , especialmente como conceptos

aumentaron en la jerarquía de la neocorteza .

Para el problema de reconocimiento de voz , la organización de la información en la señal de voz que parecía ser una jerarquía de patrones , con cada patrón representado por una cadena lineal de elementos con una dirección hacia adelante . Cada elemento de un patrón podría ser otro patrón a un nivel inferior , o una unidad fundamental de entrada (que en el caso de reconocimiento de voz serían nuestros vectores cuantificados) .

Usted reconocerá esta situación lo más coherente con el modelo de la corteza cerebral que presenté anteriormente . El habla humana , por lo tanto , se produce por una jerarquía de patrones lineales en el cerebro . Si pudiéramos simplemente examinar estos patrones en el cerebro de la persona que habla , sería un asunto sencillo para que coincida con sus nuevas expresiones del habla en contra de sus patrones cerebrales y entender lo que la persona estaba diciendo. Desafortunadamente no tenemos acceso directo al cerebro del hablante , la única información que tenemos es lo que realmente dijo . Por supuesto , ese es el punto central de la lengua hablada , el altavoz está compartiendo un pedazo de su mente con su enunciado.

Entonces me pregunté : ¿Hubo una técnica matemática que nos permita inferir los patrones en el cerebro del hablante ' s basado en sus palabras habladas ? Una expresión , obviamente, no puede ser suficiente, pero si tuviéramos un gran número de muestras , podríamos usar esa información para leer esencialmente los patrones en el altavoz ' s neocortex (o al menos formular algo matemáticamente equivalente que nos permita reconocer nuevas expresiones) ?

La gente a menudo no se dan cuenta lo poderoso que las matemáticas pueden tener en cuenta que nuestra capacidad de buscar mucho del conocimiento humano en una fracción de segundo con los motores de búsqueda se basa en una técnica matemática . Para el problema de reconocimiento de voz que estaba frente a principios de 1980 , se descubrió que la técnica de los modelos ocultos de Markov encajaba perfectamente bien . El matemático ruso Andrei Andreyevich Markov (1856-1922) construyó una teoría matemática de las secuencias jerárquicas de los estados. El modelo se basa en la posibilidad de recorrer los estados en una cadena, y si eso fue un éxito , lo que provocó un estado en el nivel inmediatamente superior en la jerarquía. ¿Suena familiar?

Un ejemplo sencillo de una capa de un modelo oculto de Markov . S1 a S4 representan el " oculto"

estados internos . El P_{ij} transiciones cada uno representa la probabilidad de pasar de un estado a otro $S_i \rightarrow S_j$. Estas probabilidades se determinan por el sistema de aprendizaje a partir de datos de entrenamiento (incluyendo durante el uso real) . Una nueva secuencia (tal como una nueva expresión hablada) se compara con estas probabilidades para determinar la probabilidad de que este modelo produce la secuencia .

El modelo de Markov incluye probabilidades de cada estado está ocurriendo con éxito. Luego pasó a plantear la hipótesis de una situación en la que un sistema tiene una jerarquía de tales secuencias lineales de estados, pero los que son incapaces de ser examinado directamente por lo tanto, los modelos ocultos de Markov nombre . El nivel más bajo de la jerarquía emite señales , que son todo lo que se nos permite ver .

Markov proporciona una técnica matemática para calcular lo que las probabilidades de cada transición debe basarse en los resultados observados . El método fue posteriormente refinado por Norbert Wiener en 1923. Refinamiento Wiener ' s también proporciona una forma de determinar las conexiones en el modelo de Markov ; se considera esencialmente cualquier conexión con una probabilidad muy baja de no existir. Se trata esencialmente de cómo los ajustes neocórtex humanos conexiones , si es que se utilizan rara vez o nunca , se consideran poco probable y se podan de distancia . En nuestro caso , el resultado observado es la señal de voz creado por la persona que habla , y las probabilidades de estado y las conexiones del modelo de Markov constituyen la jerarquía neocortical que lo produjo.

Me imaginaba un sistema en el que nos tomar muestras de voz humana , aplicar la técnica de modelos ocultos de Markov para inferir una jerarquía de estados con las conexiones y las probabilidades (esencialmente un neocórtex simulada para producir el habla) , y luego usar esta red jerárquica inferido de los Estados de reconocer nuevas expresiones . Para crear un sistema independiente del hablante , usaríamos muestras de muchas personas diferentes para entrenar los modelos ocultos de Markov . Añadiendo en el elemento de las jerarquías de representar la naturaleza jerárquica de la información en el lenguaje, estos fueron llamados correctamente los modelos jerárquicos ocultos de Markov (HHMMs) .

Mis colegas de Kurzweil Applied inteligencia se mostraron escépticos de que esta técnica podría funcionar , dado que se trataba de un método de auto organización que recuerda a las redes neuronales , que habían caído en desgracia y con el que habíamos tenido poco éxito. Señalé que la red en un sistema de red neuronal es fijo y no se adapta a la entrada : Los pesos se adaptan , pero las conexiones no. En el sistema de modelo de Markov , si se ha configurado correctamente , el sistema podar conexiones no utilizadas con el fin de adaptar esencialmente la topología.

Establecí lo que se considera un " Skunk Works " del proyecto (un término de organización de un proyecto fuera de lo común que tiene poco en el camino de los recursos formales) que consistía en mí, un programador a tiempo parcial , y un ingeniero eléctrico (para crear el banco de filtros de frecuencia). Para sorpresa de mis colegas, nuestro esfuerzo resultó ser un gran éxito , después de haber logrado el reconocimiento de voz que comprende un amplio vocabulario con gran precisión. Después de ese experimento , todos nuestros esfuerzos posteriores de reconocimiento de voz se han basado en modelos ocultos de Markov jerárquicos. Otras compañías de reconocimiento de voz aparecieron a descubrir el valor de este método de forma independiente , y desde mediados de la década de 1980 la mayoría del trabajo en el reconocimiento automático del habla se ha basado en este enfoque . Modelos ocultos de Markov también se utilizan en la síntesis del habla tenga en cuenta que nuestra jerarquía cortical biológica se utiliza no sólo para reconocer la entrada , sino también para producir una salida , por ejemplo , el habla y el movimiento físico .

HHMMs también se utilizan en los sistemas que entienden el significado de las oraciones del lenguaje natural , que representa subir la jerarquía conceptual.

Estados de Markov oculto y las posibles transiciones para producir una secuencia de palabras en natural texto en el idioma .

Para entender cómo funciona el método HHMM , comenzamos con una red que consta de todas las transiciones de estado que son posibles. El método de cuantificación de vector descrito anteriormente es fundamental aquí , porque de lo contrario no habría demasiadas posibilidades a considerar .

He aquí una posible topología inicial simplificada :

Un simple ocultos de Markov modelo de topología de reconocer dos palabras habladas.

Expresiones de ejemplo se procesan uno por uno . Para cada uno, nos iterativa modificar las probabilidades de las transiciones para reflejar mejor la muestra de entrada que acabamos de procesado. Los modelos de Markov se utilizan en el habla código de reconocimiento de la probabilidad de que patrones específicos de sonido se encuentran en cada fonema , cómo los fonemas se influyen mutuamente , y de las posibles órdenes de fonemas . El sistema también puede incluir redes de probabilidad en los niveles superiores de la estructura del lenguaje , tales como el orden de las palabras , la inclusión de frases , y así sucesivamente hasta la jerarquía de la lengua . Mientras que los sistemas de reconocimiento de voz anteriores incorporan normas específicas acerca de las estructuras de fonemas y las secuencias codificadas de manera explícita por los lingüistas humanos , el nuevo sistema basado en HHMM no se le dijo expresamente que hay cuarenta y cuatro fonemas en Inglés , las secuencias de los vectores que probablemente para cada fonema , o lo que era más probable que otras secuencias de fonemas .

Dejamos que el sistema descubrir estas "reglas" para sí mismo de miles de horas de datos de voz transcritos humanos . La ventaja de este enfoque sobre las reglas de codificación manual es que los modelos de desarrollo de las reglas de probabilidad de que los expertos humanos a menudo no son conscientes . Nos dimos cuenta de que muchas de las reglas que el sistema había aprendido de forma automática a partir de los datos difieren de manera sutil pero importante de las reglas establecidas por los expertos humanos .

Una vez que la red se formó , empezamos a tratar de reconocer el habla , considerando la alternativa caminos a través de la red y recoger el camino que era más probable , dada la secuencia real de los vectores de entrada que habíamos visto. En otras palabras, si viéramos una secuencia de estados que es probable que haya producido esa expresión , llegamos a la conclusión de que la expresión proviene de esa secuencia cortical. Este neocortex HHMM basado simulada incluye etiquetas de texto, por lo que fue capaz de proponer una transcripción de lo que escuchó .

Entonces pudimos mejorar nuestros resultados ante la persistencia de entrenar la red mientras lo estábamos usando para su reconocimiento. Como ya hemos comentado , el reconocimiento y el aprendizaje simultáneo también se llevan a cabo en todos los niveles en nuestra jerarquía neocortical biológica.

Algoritmos Evolutivos (genética)

Hay otra consideración importante : ¿Cómo establecemos los muchos parámetros que controlan el funcionamiento de un sistema de reconocimiento de patrones ? Estos podrían incluir el número de vectores que permiten en la etapa de cuantificación de

vectores , la topología inicial de estados jerárquicos (antes de la fase de formación del proceso de modelo de Markov oculto a ciruelas pasas atrás), el umbral de reconocimiento en cada nivel de la jerarquía , los parámetros que el control de la manipulación de los parámetros de tamaño , y muchos otros . Podemos establecer estos en base a la intuición , pero los resultados serán mucho que desear.

Llamamos a estos parámetros "Parámetros de Dios " , ya que se fijan antes del método de auto organización de la determinación de la topología de los modelos ocultos de Markov (o , en el caso biológico , antes de que la persona aprende sus lecciones mediante la creación de conexiones de manera similar en su jerarquía cortical) . Este es quizás un término equivocado , ya que estos detalles iniciales de diseño basadas en el ADN son determinados por la evolución biológica , aunque algunos pueden ver la mano de Dios en este proceso (y mientras lo hago cuenta que la evolución es un proceso espiritual , esta discusión pertenece correctamente capítulo 9) .

Cuando se trataba de establecer estos parámetros de " Dios" en nuestro sistema aprender y reconocer jerárquica simulada , una vez más tomamos el ejemplo de la naturaleza y decidimos evolucionar ellos en nuestro caso, el uso de la simulación de la evolución. Utilizamos lo que se llaman algoritmos genéticos o evolutivos (gas) , que incluyen la reproducción sexual simulado y mutaciones.

Aquí está una descripción simplificada de cómo funciona este método. En primer lugar , se determina la forma de codificar las posibles soluciones a un problema determinado . Si el problema es la optimización de los parámetros de diseño de un circuito , a continuación, se define una lista de todos los parámetros (con un número específico de bits asignados a cada parámetro) que caracterizan el circuito . Esta lista es considerado como el código genético en el algoritmo genético . Entonces generamos al azar miles o más códigos genéticos. Cada código genético tal (lo que representa un conjunto de parámetros de diseño) se considera un organismo " solución " simulada .

Ahora nosotros evaluamos cada organismo simulado en un entorno simulado mediante el uso de un método definido para evaluar cada conjunto de parámetros . Esta evaluación es la clave para el éxito de un algoritmo genético . En nuestro ejemplo , queremos ejecutar cada programa generado por los parámetros y juzgarlo con criterios apropiados (no se complete la tarea , ¿cuánto tiempo se tarda , y así sucesivamente) . Los organismos mejor solución (los mejores diseños) se les permite sobrevivir , y el resto se eliminan .

Ahora hacemos que cada uno de los supervivientes para multiplicarse hasta que alcanzan el mismo número de criaturas solución . Esto se realiza mediante la simulación de la reproducción sexual : En otras palabras , creamos nuevas crías en cada nueva criatura roba una parte de su código genético de uno de los padres y otra parte de un segundo padre . Por lo general, no se hace distinción entre los organismos masculinos o femeninos , es suficiente para generar un descendiente de cualquiera de los dos padres arbitrarias , por lo que básicamente estamos hablando sobre el matrimonio entre personas del mismo sexo en esta casa . Esto tal vez no sea tan interesante como la reproducción sexual en el mundo natural, pero el punto importante aquí es tener dos padres. A medida que estos organismos se multiplican simulada , permitimos alguna mutación (cambio al azar) en los cromosomas que se

produzca.

Ahora hemos definido una generación de la evolución simulada , ahora repetimos estos pasos para cada generación subsiguiente. Al final de cada generación se determina la cantidad de los diseños han mejorado (es decir, se calcula el promedio de mejora en la función de evaluación sobre todos los organismos supervivientes) . Cuando el grado de mejora en la evaluación de las criaturas de diseño de una generación a la siguiente se hace muy pequeña , nos detenemos este ciclo iterativo y utilizar el mejor diseño (s) en la última generación . (Para una descripción algorítmica de los algoritmos genéticos , vea esta nota al final.) 11

La clave de un algoritmo genético es que los diseñadores humanos no programar directamente una solución , sino que dejamos que uno emerge a través de un proceso de competencia simulada y mejoramiento iterativo. La evolución biológica es elegante pero lento , por lo que para aumentar su inteligencia que acelerará su ritmo pesado . El equipo es lo suficientemente rápido para simular muchas generaciones en cuestión de horas o días , y hemos ocasionalmente los hizo funcionar durante tanto tiempo como semanas para simular cientos de miles de generaciones . Pero tenemos que pasar por este proceso iterativo de una sola vez , tan pronto como hemos permitido esta evolución simulada siga su curso , podemos aplicar las normas desarrolladas y altamente refinado a los problemas reales de una manera rápida . En el caso de los sistemas de reconocimiento de voz , los usamos para evolucionar la topología inicial de la red y otros parámetros críticos. Así Utilizamos dos métodos de auto organización : un GA para simular la evolución biológica, que dio lugar a un diseño cortical particular, y HHMMs para simular la organización cortical que acompaña el aprendizaje humano .

Otro requisito importante para el éxito de un GA es un método válido de la evaluación de cada solución posible . Esta evaluación debe llevarse a cabo con rapidez , ya que debe tener en cuenta los muchos miles de posibles soluciones para cada generación de la evolución simulada. GAs son expertos en el manejo de problemas con demasiadas variables para que para calcular las soluciones analíticas precisas . El diseño de un motor, por ejemplo, puede implicar más de un centenar de las variables y requiere docenas satisfacción de restricciones , el gas utilizado por los investigadores de General Electric fueron capaces de llegar a los diseños de motores a reacción que cumplen las restricciones con mayor precisión que los métodos convencionales .

Cuando el uso de gas es necesario, sin embargo , tenga cuidado con lo que pides . Un algoritmo genético fue utilizado para resolver un problema de bloques de apilamiento , y se le ocurrió una solución perfecta ... excepto que tenía miles de pasos. Los programadores humanos se olvidaron de incluir: minimizar el número de pasos en la función de evaluación.

Proyecto de Electric Sheep de Scott Drave es un AG que produce el arte . La función de evaluación utiliza los evaluadores humanos en una colaboración de código abierto que implica muchos miles de personas. El arte se mueve a través del tiempo y se puede ver que en electricssheep.org .

Para el reconocimiento de voz , la combinación de algoritmos genéticos y modelos ocultos de Markov funcionó muy bien . Simulación de la evolución con un GA fue

capaz de mejorar sustancialmente el rendimiento de las redes HHMM

. Lo que la evolución ocurrió fue muy superior a nuestro diseño original, que se basaba en la intuición .

A continuación, experimentado con la introducción de una serie de pequeñas variaciones en el sistema global . Por ejemplo , podríamos hacer que las perturbaciones (cambios aleatorios menores) a la entrada . Otro de estos cambios era que los modelos de Markov adyacentes " fugas " entre sí haciendo que los resultados de un modelo de Markov para influir en los modelos que están "cerca " . Aunque no nos dimos cuenta en ese momento , el tipo de ajustes que estaban experimentando con son muy similares a los tipos de modificaciones que se producen en estructuras corticales biológicas .

Al principio , dichos cambios perjudicar el rendimiento (según lo medido por la exactitud de reconocimiento) . Pero si se volvió a ejecutar la evolución (es decir, volvió a ejecutar la GA) con estas alteraciones en el lugar, se podría adaptar el sistema en consecuencia , que para la optimización de estas modificaciones introducidas . En general , esto sería restaurar el rendimiento . Si, pues, nos quitamos los cambios que había introducido , el rendimiento sería más degradados, ya que el sistema se ha desarrollado para compensar los cambios. El sistema adaptado se hizo dependiente de los cambios .

Un tipo de alteración que el rendimiento en realidad ayudado (después de volver a ejecutar el GA) fue la introducción de pequeños cambios aleatorios a la entrada . La razón de esto es el conocido problema de " sobreajuste" en los sistemas de auto-organización . Existe el peligro de que tal sistema se generalizar en exceso a los ejemplos específicos contenidos en la muestra de entrenamiento . Al hacer ajustes al azar a la entrada , los patrones más invariantes en los datos sobreviven , y el sistema aprende con ello estos patrones más profundos . Esto ayudó sólo si reran la AG con la función de la asignación al azar en .

Esto presenta un dilema en la comprensión de nuestros circuitos corticales biológicos. Se había dado cuenta , por ejemplo , que podría de hecho ser una pequeña cantidad de fuga de una conexión cortical a otro , como resultado de la forma en que se forman conexiones biológicas : La electroquímica de los axones y las dendritas es aparentemente sujeto a los efectos electromagnéticos de conexiones cercanas.

Supongamos que hemos sido capaces de realizar un experimento en el que eliminamos este efecto en un cerebro real. Eso sería difícil en realidad llevar a cabo , pero no necesariamente imposible. Supongamos que realizamos un experimento y se encontró que los circuitos corticales trabajaron menos eficaz sin la pérdida neuronal . Podríamos entonces concluir que este fenómeno era un diseño muy inteligente por evolución y criticó a la corteza de la consecución de su nivel de rendimiento. Podríamos señalar , además, que tal resultado muestra que el modelo ordenado de la de los patrones de flujo en la jerarquía conceptual y el flujo hacia abajo de las predicciones de la jerarquía era , de hecho, mucho más complicado a causa de este intrincado influencia de conexiones el uno del otro .

Pero eso no sería necesariamente una conclusión precisa. Considere nuestra experiencia con una corteza simulada basada en HHMMs , en el que se implementó

una modificación muy similar a la diafonía interneuronal . Si, pues, nos encontramos con la evolución de ese fenómeno en su lugar, se restauraría el rendimiento (debido a que el proceso evolutivo adaptado a ella) . Si, pues, hemos eliminado la diafonía , el rendimiento se vería comprometida de nuevo. En el caso biológica , la evolución (es decir, la evolución biológica) fue de hecho " funcionar " con este fenómeno en su lugar . Los parámetros detallados del sistema de este modo han sido establecidos por la evolución biológica a depender de estos factores, por lo que el cambio les afectará negativamente el rendimiento a menos que se corre la evolución de nuevo. Si lo hace, es posible en el mundo simulado , donde la evolución sólo es cuestión de días o semanas , pero en el mundo biológico que requeriría decenas de miles de años . Entonces, ¿cómo podemos saber si una característica del diseño particular del neocortex biológica es una innovación importante introducida por el biológico , es decir, uno que es fundamental para nuestro nivel de inteligencia de la evolución que O meramente un artefacto que el diseño del sistema es ahora dependiente de , pero podría haber evolucionado sin ? Podemos responder a esa pregunta , simplemente ejecutando evolución simulada con y sin estas variaciones particulares a los detalles del diseño (por ejemplo, con y sin conexión a la diafonía) . Incluso podemos hacerlo con la evolución biológica si estamos examinando la evolución de una colonia de microorganismos en las generaciones se miden en horas, pero no es práctico para los organismos complejos como los humanos . Esta es otra de las muchas desventajas de la biología .

Volviendo a nuestro trabajo en el reconocimiento de voz , encontramos que si nos encontramos con la evolución (es decir, una GA) por separado en el diseño inicial de (1) los modelos ocultos de Markov jerárquicos que fueron modelando la estructura interna de los fonemas y (2) la modelado de las estructuras de las palabras y frases HHMMs ' , que se hizo aún mejores resultados. Ambos niveles del sistema estaban usando HHMMs , pero el GA se desarrollarían variaciones de diseño entre estos diferentes niveles . Este planteamiento permite la modelización de fenómenos que se produce entre los dos niveles , como la mancha de fonemas que a menudo ocurre cuando string ciertas palabras juntas (por ejemplo, " ¿Cómo hacen todos ? " Podría ser " ¿Cómo están y " todos haciendo ? ") .

Es probable que un fenómeno similar se llevó a cabo en diferentes regiones corticales biológicas , en que han evolucionado las pequeñas diferencias basadas en los tipos de patrones que tratan. Mientras que todas estas regiones utilizan el mismo algoritmo neocortical esencial , la evolución biológica ha tenido suficiente tiempo para afinar el diseño de cada uno de ellos para que sea óptimo para sus patrones particulares . Sin embargo, como ya señalé , los neurocientíficos y neurólogos han observado plasticidad considerable en estas áreas, lo que apoya la idea de un algoritmo neocortical general. Si los métodos fundamentales en cada región eran radicalmente diferentes , entonces tal intercambiabilidad entre las regiones corticales no sería posible .

Los sistemas que hemos creado en nuestra investigación utilizando esta combinación de métodos de auto-organización fueron muy exitosos . En el reconocimiento de voz , que fueron capaces por primera vez de manejar discurso totalmente continua y vocabularios relativamente sin restricciones . Hemos sido capaces de alcanzar un alto

índice de precisión en una amplia variedad de oradores , acentos y dialectos. El estado actual de la técnica, como este libro está siendo escrito está representado por un producto llamado Dragon Naturally Speaking (versión 11.5) para la PC de Nuance (anteriormente Kurzweil Computer Products) . Sugiero que las personas prueben si son escépticos sobre el desempeño de expresión contemporánea de reconocimiento precisiones son a menudo el 99 por ciento o más al cabo de unos minutos de entrenamiento de su voz en el habla continua y vocabularios relativamente sin restricciones . Dragon Dictation es una aplicación sencilla pero impresionante gratuita para el iPhone que no requiere ningún entrenamiento de la voz . Siri, el asistente personal de Apple iPhones contemporáneos , utiliza la misma tecnología de reconocimiento de voz con extensiones a manejar la comprensión de lenguaje natural .

El rendimiento de estos sistemas es un testimonio del poder de las matemáticas . Con ellos estamos básicamente calculando lo que está pasando en el neocórtex de un hablante a pesar de que no tenemos acceso directo a esa persona de cerebro como un paso importante en el reconocimiento de lo que la persona está diciendo y , en el caso de sistemas como Siri, lo que significan esas expresiones . Podemos preguntarnos , si tuviéramos que mirar realmente dentro neocórtex del hablante s , podríamos ver las conexiones y los pesos correspondientes a los modelos jerárquicos ocultos de Markov calculadas por el software? Es casi seguro que no encontraríamos una coincidencia exacta , las estructuras neuronales invariablemente difieren en muchos detalles en comparación con los modelos de la computadora. Sin embargo, yo sostengo que debe haber un elemento esencial equivalencia matemática con un alto grado de precisión entre la biología actual y nuestro intento de emular , de lo contrario estos sistemas no pueden funcionar tan bien como lo hacen .

LISP (List Processor) es un lenguaje de programación, originalmente especificado por AI pionero John McCarthy (1927 2011) en 1958. Como su nombre lo indica, ofertas LISP con listas . Cada declaración LISP es una lista de elementos , cada elemento es o bien otra lista o un " átomo " , que es un elemento irreducible que constituye un número o un símbolo . Una lista incluida en la lista puede ser la propia lista , por lo tanto, LISP es capaz de recursividad. Otra forma en que las declaraciones LISP pueden ser recursivo es si la lista incluye una lista, y así sucesivamente hasta que se especifica la lista original. Dado que las listas pueden incluir listas , LISP es también capaz de procesamiento jerárquico. Una lista puede ser un ejemplo condicional que sólo los " fuegos" si se cumplen sus elementos. De esta manera , las jerarquías de tales condicionales pueden ser utilizados para identificar cualidades cada vez más abstractas de un patrón .

LISP se convirtió en el último grito en la comunidad de inteligencia artificial en la década de 1970 y principios de 1980. La vanidad de los entusiastas de LISP de la década anterior fue que el idioma refleja la manera en que el cerebro humano trabaja que todo proceso inteligente podría ser codificado más fácil y eficiente en LISP . Siguió un mini pequeño auge en las empresas de " inteligencia artificial " que ofrecen intérpretes LISP y productos relacionados con LISP , pero cuando se hizo evidente a mediados de la década de 1980 que la propia LISP no era un acceso directo a la

creación de procesos inteligentes , el globo de la inversión se desplomó . Resulta que los entusiastas de LISP no eran del todo mal. Esencialmente , cada reconocedor de patrón en el neocórtex puede ser considerado como una declaración de LISP cada uno de ellos constituye una lista de elementos , y cada elemento puede ser otra lista . El neocórtex es por lo tanto, de hecho participan en lista de tramitación de carácter simbólico muy similar a la que tiene lugar en un programa LISP . Por otra parte, los procesos de los 300 millones de " declaraciones" LISP similares simultáneamente.

Sin embargo , hay dos aspectos importantes que faltan en el mundo de LISP , uno de los cuales estaba aprendiendo . Programas LISP tuvieron que ser codificados línea por línea por los programadores humanos. Hubo intentos de codificar automáticamente los programas LISP usando una variedad de métodos , pero estos no eran una parte integral del concepto de la lengua . El neocórtex , en cambio, sí los programas , llenando sus "declaraciones " (es decir, las listas) con información significativa y procesable de su propia experiencia y de sus propios circuitos de retroalimentación . Este es un principio clave de cómo funciona el neocortex : Cada uno de sus reconocedores de patrones (es decir, cada declaración LISP like) es capaz de llenar su propia lista y conectándose tanto hacia arriba como hacia abajo a otras listas . La segunda diferencia es los parámetros de tamaño . Se podría crear una variante de LISP (codificado en LISP) que permita el manejo de estos parámetros , pero estos no son parte del lenguaje básico. LISP es consistente con la filosofía original del campo AI , que era encontrar soluciones inteligentes a los problemas y para codificar directamente en lenguajes de programación . El primer intento de un método de auto organización que enseñaría en sí de la experiencia no neural redes fue un éxito , ya que no proporcionan un medio para modificar la topología del sistema en respuesta al aprendizaje. El modelo oculto de Markov jerárquica siempre eficaz que a través de su mecanismo de poda. Hoy en día , la HHMM junto con sus primos matemáticos constituye una parte importante del mundo de la IA .

Un corolario de la observación de la similitud de LISP y la estructura de la lista del neocórtex es un argumento de los que insisten en que el cerebro es demasiado complicado de entender para nosotros . Estos críticos señalan que el cerebro tiene miles de millones de conexiones , y dado que cada uno debe estar allí específicamente por su diseño, que constituyen el equivalente de miles de millones de líneas de código. Como hemos visto , he estimado que hay del orden de 300 millones de procesadores de patrón en el neocórtex o 300 millones de listas en las que cada elemento de la lista está apuntando a otra lista (o , en el plano conceptual más bajo , para un patrón irreducible básica desde fuera del neocórtex) . Sin embargo, 300 millones de dólares sigue siendo un número bastante grande de los estados LISP y de hecho es más grande que cualquier programa humano escrito en la existencia. Sin embargo , tenemos que tener en cuenta que estas listas no son en realidad especifican en el diseño inicial del sistema nervioso. El cerebro crea estas listas en sí y se conecta de forma automática los niveles de sus propias experiencias. Este es el secreto fundamental de la neocorteza . Los procesos que realizan esta auto organización son mucho más simple que los 300 millones de declaraciones que constituyen la capacidad de la neocorteza . Estos procesos se especifican en el

genoma . Como demostraré en el capítulo 11 , la cantidad de información única en el genoma (después de la compresión sin pérdidas) aplicada al cerebro es aproximadamente 25 millones de bytes , lo que equivale a menos de un millón de líneas de código. La complejidad algorítmica real es incluso menor que , como la mayor parte de los 25 millones de bytes de información genética se refieren a las necesidades biológicas de las neuronas , y no específicamente a su capacidad de procesamiento de información . Sin embargo , incluso los 25 millones de bytes de información de diseño es de un nivel de complejidad que podemos manejar.

Memory Systems jerárquica

Como he dicho en el capítulo 3 , Jeff Hawkins y Dileep George en 2003 y 2004 desarrolló un modelo de la neocorteza incorporar listas jerárquicas que se describen en el libro de Hawkins y Blakeslee 2004 On Intelligence . A más al día y muy elegante presentación del método de la memoria temporal jerárquica se pueden encontrar en la Dileep George 2008 doctoral dissertation.¹² Numenta la ha aplicado en un sistema llamado NuPIC (Numenta Plataforma de Computación Inteligente) y ha desarrollado el reconocimiento de patrones y sistemas de minería de datos inteligentes para clientes como Forbes y el Poder Analytics Corporation. Después de trabajar en Numenta , George ha comenzado una nueva empresa llamada Vicarious sistemas con financiación del Fondo Fundador (dirigido por Peter Thiel, el capitalista de riesgo detrás de Facebook, y Sean Parker, el primer presidente de Facebook) y de Buenas Ventures, dirigida por Dustin Moskovitz , cofundador de Facebook. George reporta importantes avances en el modelado de forma automática , el aprendizaje y el reconocimiento de la información con un número importante de las jerarquías . Él llama a su sistema de una "red cortical recursivo " y planes de solicitudes de imágenes médicas y la robótica , entre otros campos. La técnica de los modelos ocultos de Markov jerárquicos es matemáticamente muy similar a los sistemas de memoria jerárquicas , sobre todo si dejamos que el sistema HHMM para organizar sus propias conexiones entre los módulos de reconocimiento de patrones . Como se mencionó anteriormente , HHMMs proporcionan para un elemento adicional importante , que es el modelado de la distribución esperada de la magnitud (en algunos continuo) de cada entrada en el cálculo de la probabilidad de la existencia de la pauta bajo consideración. Recientemente he comenzado una nueva empresa llamada Patterns, Inc. , que tiene la intención de desarrollar modelos neocortical auto-organización jerárquica que utilizan HHMMs y técnicas relacionadas con el propósito de entender el lenguaje natural. Un énfasis importante será en la capacidad para el sistema para diseñar sus propias jerarquías de una manera similar a un neocórtex biológica . Nuestro sistema previsto leerá continuamente una amplia gama de materiales tales como Wikipedia y otras fuentes de conocimiento , así como escuchar todo lo que dicen y ver todo lo que escribes (si se deja) . El objetivo es que se convierta en un amigo servicial para responder sus preguntas , incluso antes de formular ellos y que le da información y consejos útiles a medida que avanza el día. La frontera en movimiento de la IA : Subiendo a la jerarquía de la competencia

- 1 . Un discurso tedioso tiempo entregado por un pastel de espuma batida.
- 2 . Una prenda usada por un niño , tal vez a bordo de un buque de ópera.
- 3 . Buscado por una ola de crímenes de doce años de comer guerreros rey Hrothgar ' s ; oficial Beowulf se ha asignado el caso.
- 4 . Puede significar para desarrollar gradualmente en la mente o para realizar durante el embarazo.
- 5 . Día Nacional del Maestro y Kentucky Derby Day .
- 6 . Wordsworth dijo que se disparan , pero nunca vagan .
- 7 . Palabra de cuatro letras para el accesorio de hierro en la pezuña de un caballo o de una caja de cartón trato en un casino.
- 8 . En el tercer acto de la ópera de Verdi 1846 , el Azote de Dios es apuñalado a muerte por su amante, Odabella .

Ejemplos de Jeopardy ! consultas , las cuales Watson ya correcta . Las respuestas son : Merengue arenga , delantal , Grendel , gestar , mayo, alondra , zapato . Para la octava consulta, Watson respondió: " ¿Qué es Atila ? " El anfitrión respondió diciendo: " Sé más específico? " Watson aclaró con , " ¿Qué es Atila ? ", Lo cual es correcto .

Técnicas de la computadora s para desentrañar Jeopardy ! pistas suenan como el mío . Esa máquina ceros en las palabras clave en una pista, luego peina su memoria (en el caso de Watson , un banco de datos de 15 terabytes de conocimiento humano) para grupos de asociaciones con estas palabras. Se comprueba rigurosamente los grandes éxitos contra toda la información contextual que puede reunir : el nombre de la categoría , el tipo de respuesta que se busca , el tiempo , lugar y género insinuado en la pista , y así sucesivamente . Y cuando se siente " seguro " suficiente , decide a zumar . Todo esto es un proceso instantáneo , intuitivo para un humano Jeopardy ! jugador, pero me sentí convencido de que bajo el capó de mi cerebro estaba haciendo más o menos lo mismo .

Ken Jennings, Jeopardy humano! campeón que perdió a Watson

Yo, por ejemplo , la bienvenida a nuestros nuevos amos del robot.

Ken Jennings , parafraseando a Los Simpson , después de perder a Watson

Oh , Dios mío . [Watson] es más inteligente que el promedio de Jeopardy ! jugador en contestar Jeopardy !

preguntas. Es impresionantemente inteligente.

Sebastian Thrun , el ex director del Laboratorio de Inteligencia Artificial de Stanford
Watson no entiende nada . Es una apisonadora más grande. Noam Chomsky

La inteligencia artificial es todo lo que nos rodea, ya no tenemos a nuestra mano en el enchufe. El simple hecho de conectar con alguien a través de un mensaje de texto , correo electrónico o una llamada telefónica celular utiliza algoritmos inteligentes para encaminar la información. Casi todos los productos que tocamos se diseñó originalmente en una colaboración entre la inteligencia humana y artificial y construido en las fábricas automatizadas. Si todos los sistemas de IA decidieron ir a la huelga de mañana, nuestra civilización quedaría mutilada : No pudimos conseguir el

dinero de nuestro banco, y de hecho, nuestro dinero desaparecería , la comunicación , el transporte y la manufactura serían los detendría . Afortunadamente , nuestras máquinas inteligentes aún no son lo suficientemente inteligentes como para organizar una conspiración.

Qué hay de nuevo en la IA hoy es el visceralmente impresionante naturaleza de ejemplos disponibles públicamente . Por ejemplo, considere los coches de auto-conducción de Google (que hasta este momento han pasado más de 200.000 millas en las ciudades y pueblos) , una tecnología que llevará a muchos menos accidentes , aumento de la capacidad de las carreteras , aliviando la necesidad de los seres humanos para realizar la tarea de conducción, y muchos otros beneficios . Coches sin conductor en realidad ya legal para operar en la vía pública en Nevada , con algunas restricciones , aunque el uso generalizado por el público en todo el mundo no se espera hasta el final de esta década. Tecnología inteligente que vigila la carretera y avisa al conductor de los peligros inminentes que ya se está instalando en los coches . Una de estas tecnologías se basa en parte en el exitoso modelo de procesamiento visual en el cerebro creado por el MIT Tomaso Poggio . Llamado Mobileye , que fue desarrollado por Amnón Shashua , un ex estudiante postdoctoral de Poggio de . Es capaz de alertar al conductor sobre peligros de una colisión inminente o un niño corriendo en la parte delantera del coche y, recientemente, se ha instalado en los coches de fabricantes como Volvo y BMW.

Me centraré en esta sección del libro sobre tecnologías de la lengua , por varias razones . No es sorprendente que la naturaleza jerárquica del lenguaje refleje fielmente la naturaleza jerárquica de nuestro pensamiento. Idioma fue nuestra primera tecnología, con el lenguaje escrito como el segundo . Mi propio trabajo en la inteligencia artificial, ya que este capítulo se ha demostrado , se ha centrado fundamentalmente en el lenguaje . Finalmente , el dominio del lenguaje es una capacidad poderosa de apalancamiento. Watson ya ha leído cientos de millones de páginas en la Web y dominar el conocimiento contenido en estos documentos. En última instancia las máquinas serán capaces de dominar todo el conocimiento en el que es esencialmente todo el conocimiento de nuestra civilización hombre-máquina en la Web que.

Inglés matemático Alan Turing (1912-1954) basó su examen del mismo nombre en la capacidad de una computadora para conversar en lenguaje natural el uso de texto messages.¹³ Turing sintió que toda la inteligencia humana se encarna y representa en el lenguaje, y que ninguna máquina podría aprobar una Turing prueba a través de simples trucos lingüísticos. Aunque la prueba de Turing es un juego con el lenguaje escrito , Turing creía que la única manera que una computadora podría pasar sería para que realmente posee el equivalente de la inteligencia de nivel humano . Los críticos han propuesto que una verdadera prueba de la inteligencia de nivel humano debe incluir el dominio de la información visual y auditiva como well.¹⁴ Dado que muchos de mis propios proyectos AI implican equipos didácticos para dominar la información sensorial como la voz humana , formas de las letras y los sonidos musicales , yo sería de esperar que abogar por la inclusión de estas formas de información en una verdadera prueba de inteligencia. Sin embargo, estoy de acuerdo con la idea original de Turing que la versión sólo texto de la prueba de Turing es

suficiente. Adición de entrada o de salida visual o auditiva de la prueba no sería realmente hacer que sea más difícil de pasar .

Uno no necesita ser un experto AI ser movido por el desempeño de Watson en Jeopardy !

Aunque tengo una comprensión razonable de la metodología utilizada en varias de sus subsistemas principales , que no disminuye mi reacción emocional a verlo le ? Realizarse. Incluso un conocimiento perfecto de cómo la totalidad de sus sistemas de componentes con el trabajo que en realidad nadie ha no ayudaría a predecir cómo Watson en realidad reaccionar a una situación dada. Contiene cientos de subsistemas que interactúan , y cada uno de ellos está considerando millones de hipótesis en competencia , al mismo tiempo , por lo que predecir el resultado es imposible.

Haciendo un profundo análisis a posteriori de las deliberaciones de Watson para un solo de tres segundos consulta tardaría siglos humanos.

Para continuar con mi propia historia, a finales de los años 1980 y 1990 empezamos a trabajar en la comprensión de lenguaje natural en dominios limitados. Usted podría hablar con uno de nuestros productos , llamado Kurzweil voz , sobre todo lo que queríamos , así que siempre que tenía que ver con la edición de documentos . (Por ejemplo , "Mover el tercer párrafo de la página anterior para aquí".) Funcionó bastante bien en este dominio limitado pero útil . También hemos creado sistemas con conocimiento del dominio médico para que los médicos puedan dictar los informes del paciente . Tenía suficientes conocimientos de campos como la radiología y la patología que pudiera cuestionar el médico si hay algo en el informe parece claro , y guiaría el médico a través del proceso de presentación de informes. Estos sistemas de información médicos se han convertido en un negocio de mil millones de dólares en Nuance.

La comprensión del lenguaje natural , especialmente como una extensión del reconocimiento automático del habla , ha entrado en la corriente principal. A partir de la redacción de este libro, Siri, el asistente personal automatizado en el iPhone 4S , ha creado un gran revuelo en el mundo de la computación móvil. Usted puede casi hacer Siri para hacer cualquier cosa que un smartphone que se precie debe ser capaz de hacer (por ejemplo, "¿Dónde puedo conseguir un poco de comida de la India por aquí? " O "Texto a mi esposa que yo estoy en mi camino , " o "¿Qué piensa la gente de la nueva película de Brad Pitt ? "), y la mayor parte del tiempo Siri cumplirán . Siri se entretienen un poco de charla no productiva . Si usted le pregunta cuál es el significado de la vida es , ella responderá con " 42 " , que los fans de la Guía del autostopista a la galaxia s reconocerán como su " respuesta a la pregunta fundamental de la vida , el universo, y todo. " preguntas de conocimientos (incluyendo el de sentido de la vida) son contestadas por Wolfram Alpha , que se describe en la página 170 . Hay todo un mundo de " robots charlatanes " que no hacen más que participan en una pequeña charla . Si a usted le gustaría hablar con nuestro chatbot llamada Ramona , vaya a nuestro sitio Web KurzweilAI.net y haga clic en "Charla con Ramona . "

Algunas personas se han quejado conmigo de fracaso de Siri para responder a determinadas peticiones , pero a menudo me recuerda que estas son las mismas personas que constantemente se quejan de los proveedores de servicios humanos

también . A veces sugiero que lo intentamos juntos, ya menudo funciona mejor de lo que esperan. Las quejas me recuerdan la historia del perro que juega al ajedrez . Para un interlocutor incrédulo, el dueño del perro le responde: " Sí , es verdad , que hace jugar al ajedrez, pero su juego final es débil . " Competidores efectivos están surgiendo , como Google Voice Search .

Que el público en general está teniendo conversaciones en lengua hablada natural con sus computadoras portátiles marca una nueva era . Es típico que las personas desestiman la importancia de una tecnología de primera generación debido a sus limitaciones. Unos años más tarde , cuando la tecnología lo hace bien el trabajo , la gente todavía descartan su importancia porque, bueno , ya no es nuevo. Dicho esto, Siri funciona impresionante para un producto de primera generación, y está claro que esta categoría de producto sólo va a mejorar.

Siri utiliza las tecnologías de reconocimiento de voz basados en HMM de Nuance. Las extensiones de lenguaje natural se han desarrollado por primera vez por el proyecto financiado por DARPA " CALO " . 15 Siri se ha mejorado con las propias tecnologías de lenguaje natural de Nuance y Nuance ofrece una tecnología muy similar llamado Dragón Go! 16

Los métodos utilizados para la comprensión de lenguaje natural son muy similares a los modelos ocultos de Markov jerárquicas , y de hecho HHMM en sí se utiliza comúnmente . Mientras que algunos de estos sistemas no están etiquetados específicamente como el uso de HMM o HHMM , la matemática es prácticamente idéntico . Todos ellos implican jerarquías de secuencias lineales donde cada elemento tiene un peso , conexiones que son auto adaptación, y un sistema general que la auto organiza sobre la base de los datos de aprendizaje . Por lo general, el aprendizaje continúa durante el uso real del sistema . Este enfoque coincide con la estructura jerárquica de lenguaje natural es sólo una extensión natural en la escala conceptual de las partes del discurso a las palabras a las frases con las estructuras semánticas.

Tendría sentido para ejecutar un algoritmo genético de los parámetros que controlan el algoritmo de aprendizaje precisa de este tipo de sistemas de aprendizaje jerárquicos y determinar las óptimas detalles algorítmicos .

Durante la última década ha habido un cambio en la forma en que se crean estas estructuras jerárquicas . En 1984 Douglas Lenat (nacido en 1950) comenzó el Cic ambicioso (por enciclopédica) del proyecto, cuyo objetivo es crear reglas que codificaría cotidiana conocimiento " sentido común " . Las reglas se organizan en una jerarquía enorme, y cada regla involucrada , otra vez, una secuencia lineal de los estados. Por ejemplo , una regla Cic podría afirmar que un perro tiene un rostro. CyC se puede vincular a las normas generales sobre la estructura de las caras : una cara que tiene dos ojos, una nariz y una boca , y así sucesivamente. No necesita tener un conjunto de reglas para la cara de un perro y luego otro de la cara de un gato, aunque es posible , por supuesto, quiere poner en las normas adicionales de las formas en que los perros caras diferentes de gatos caras . El sistema también incluye un motor de inferencia : Si tenemos reglas que establecen que un cocker spaniel es un perro, que los perros son animales , y que los animales comen alimentos, y si tuviéramos que preguntar al motor de inferencia si cocker spaniels comer , el sistema respondería que sí, cocker spaniels comer comida . Durante los siguientes veinte años, y con miles de

personas años de esfuerzo, más de un millón de estas normas fueron escritos y probados . Curiosamente , el lenguaje para escribir normas Cic llamado CycL es casi idéntica a LISP .

Mientras tanto , una escuela de pensamiento opuestas creían que el mejor enfoque para la comprensión del lenguaje natural , y para la creación de sistemas inteligentes en general, fue a través del aprendizaje automático de la exposición a un gran número de casos de los fenómenos que el sistema estaba tratando de dominar. Un claro ejemplo de este sistema es Google Translate, que puede traducir desde y hacia cincuenta idiomas. Eso es 2,500 direcciones de traducción diferentes , aunque para la mayoría de los pares de idiomas , en lugar de lenguaje translate 1 directamente en lenguaje 2 , será traducir el lenguaje 1 en Inglés y Inglés en lenguaje 2 . Esto reduce el número de traductores Google necesita para construir a noventa y ocho (además de un número limitado de pares distintos del inglés para los que no es traducción directa) . Los traductores de Google no utilizan reglas gramaticales , sino que crean enormes bases de datos para cada combinación lingüística de las traducciones comunes basados en grande " piedra de Rosetta " corpus de los documentos traducidos entre los dos idiomas. Para los seis idiomas que constituyen las lenguas oficiales de las Naciones Unidas, Google ha utilizado documentos de las Naciones Unidas, ya que se publican en los seis idiomas . Para idiomas menos comunes , se han utilizado otras fuentes.

Los resultados son a menudo impresionante . DARPA corre concursos anuales para los mejores sistemas de traducción automática para diferentes combinaciones de idiomas y traductor de Google gana a menudo para ciertos pares , los sistemas creados directamente por los lingüistas humanos superando .

Durante la última década dos ideas principales han influido profundamente en el campo del lenguaje entendimiento natural. El primero tiene que ver con las jerarquías . Aunque el enfoque de Google comenzó con la asociación de secuencias de texto plano de un idioma a otro , la naturaleza jerárquica inherente del lenguaje se ha deslizado inevitablemente en su funcionamiento. Los sistemas que incorporan el aprendizaje metódico jerárquica (como los modelos ocultos de Markov jerárquicos) proporcionan un rendimiento significativamente mejor . Sin embargo , tales sistemas no son tan automática para construir . Al igual que los seres humanos necesitan aprender aproximadamente una jerarquía conceptual a la vez , lo mismo es cierto para los sistemas informatizados , por lo que el proceso de aprendizaje debe ser gestionado cuidadosamente .

La otra idea es que las reglas construidas a mano funcionan bien para un núcleo de conocimiento básico común. Para las traducciones de pasajes cortos , este enfoque a menudo proporciona resultados más precisos . Por ejemplo , DARPA ha calificado basados en reglas traductores de chino a inglés superiores a Google Translate para pasajes cortos . Por lo que se llama la cola de un lenguaje, que se refiere a los millones de frases poco frecuentes y conceptos utilizados en el mismo, la precisión de los sistemas basados en reglas acerca inaceptablemente bajo asíntota . Si graficamos comprensión del lenguaje natural, la precisión en contra de la cantidad de datos de entrenamiento analizados , los sistemas basados en reglas tienen un rendimiento más alto al principio, pero estabilizarse en bastante bajas precisión de alrededor del 70 por

ciento. En marcado contraste , los sistemas estadísticos pueden alcanzar los altos 90s en la precisión sino que requieren una gran cantidad de datos para lograr eso.

A menudo es necesario una combinación de un rendimiento al menos moderada en una pequeña cantidad de datos de entrenamiento y entonces la oportunidad de lograr altas precisiones con una cantidad más significativa .

Obtención de un rendimiento moderado permite rápidamente nos pusimos a un sistema en el campo y luego a recoger automáticamente datos de entrenamiento ya que la gente realmente se utilicen . De esta manera , una gran cantidad de aprendizaje puede ocurrir al mismo tiempo que se está utilizando el sistema , y su precisión se mejorará . El aprendizaje estadístico debe ser totalmente jerárquica para reflejar la naturaleza del lenguaje , lo que refleja también cómo funciona el cerebro humano.

Así es también como Siri and Dragon Go! trabajo mediante reglas para los fenómenos más comunes y fiables y el aprendizaje de la "cola " de la lengua en las manos de los usuarios reales. Cuando el equipo de Cic dio cuenta de que habían llegado a un límite máximo del rendimiento basado en reglas de codificación manual , que también adoptaron este enfoque. Normas de codificación manual proporcionan dos funciones esenciales. Ellos ofrecen una precisión inicial adecuada , de modo que un sistema de prueba se puede colocar en uso generalizado , donde se mejorará automáticamente . En segundo lugar , proporcionan una base sólida para los niveles inferiores de la jerarquía conceptual para que el aprendizaje automatizado puede comenzar a aprender más altos niveles conceptuales.

Como se mencionó anteriormente , Watson representa un particularmente impresionante ejemplo del enfoque de la combinación de las reglas de codificación manual de aprendizaje estadístico jerárquico. IBM combinó una serie de importantes programas de lenguaje natural para crear un sistema capaz de jugar el juego de lenguaje natural de Jeopardy ! Los días 1416 de febrero del 2011, Watson compitió con los dos jugadores humanos principales : Brad Rutter , que había ganado más dinero que cualquier otra persona en el programa de preguntas y Ken Jennings , que había ocupado anteriormente el Jeopardy ! campeonato por un tiempo récord de setenta y cinco días.

A modo de contexto, que había predicho en mi primer libro , La era de las máquinas inteligentes , escrita a mediados de la década de 1980 , que una computadora podría ganar el campeonato mundial de ajedrez en 1998. También predije que cuando eso sucedió , lo haríamos bien downgrade nuestra opinión de la inteligencia humana , mejorar nuestra opinión de la inteligencia de la máquina, o minimizar la importancia del ajedrez, y que si la historia era una guía , nos minimizamos ajedrez. Ambas cosas sucedieron en 1997. Cuando la IBM ajedrez superordenador Deep Blue derrotó al vigente humana campeón mundial de ajedrez , Garry Kasparov , nos trataron inmediatamente a los argumentos de que era de esperar que un equipo iba a ganar en el ajedrez porque las computadoras son máquinas de la lógica y de ajedrez , después de todo , es un juego de lógica . Así, la victoria de Deep Blue se consideró sorprendente ni significativo. Muchos de sus críticos continuó argumentando que las computadoras nunca dominar las sutilezas del lenguaje humano , como metáforas , símiles, juegos de palabras, dobles sentidos y humor

La precisión de los sistemas de comprensión del lenguaje naturales como una función de la cantidad de formación datos . El mejor enfoque es combinar las reglas para el "núcleo " de la lengua y un enfoque basado en datos de la "cola" de la lengua .

Eso es al menos una razón por Watson representa un hito tan significativo :

Jeopardy ! es precisamente una tarea tan sofisticado y difícil lenguaje. Jeopardy típico ! consultas incluye muchos de estos caprichos del lenguaje humano. Lo que tal vez no sea evidente para muchos observadores es que Watson no sólo tuvo que dominar el idioma en las consultas inesperadas y complicadas , pero para la mayor parte de su conocimiento no era codificadas a mano . Se obtuvo que el conocimiento por leer realmente 200 millones de páginas de documentos en lenguaje natural , incluyendo todos los de la Wikipedia y otras enciclopedias , que comprende 4 billones de bytes de conocimiento basado en el lenguaje . Como los lectores de este libro son muy conscientes , Wikipedia no está escrito en LISP o CycL , sino más bien en las frases naturales que tienen todas las ambigüedades y complejidades inherentes en el lenguaje. Watson tenía que considerar todos los 4 billones de caracteres en su material de referencia a la hora de responder a una pregunta. (Me doy cuenta de que Jeopardy ! Consultas son respuestas en busca de una pregunta, pero esto es una cuestión técnica , que en última instancia son realmente preguntas.) Si Watson puede entender y responder a las preguntas sobre la base de 200 millones de páginas en tres segundos ! No hay nada dejar de sistemas similares de la lectura de los otros miles de millones de documentos en la Web. En efecto , ese esfuerzo ya está en marcha .

Cuando estábamos desarrollando sistemas de reconocimiento de voz y el carácter y principios del lenguaje natural comprensión de los sistemas en la década de 1970 a través de 1990, se utilizó una metodología de incorporación de un " gestor de expertos. " Queremos desarrollar múltiples sistemas para hacer lo mismo pero sin incorporar enfoques diferentes en cada uno. Algunas de las diferencias eran sutiles , tales como las variaciones en los parámetros que controlan la matemática del algoritmo de aprendizaje . Algunas variaciones son fundamentales , como la inclusión de los sistemas basados en reglas en lugar de los sistemas de aprendizaje estadístico jerárquicos. El gerente de expertos era en sí mismo un programa de software que se ha programado para conocer los puntos fuertes y débiles de los diferentes sistemas mediante el examen de su desempeño en situaciones del mundo real. Se basa en la idea de que estas fuerzas eran ortogonal , es decir, un sistema tendería a ser fuerte donde otro era débil . De hecho , el rendimiento global de los sistemas combinados con el gerente experto entrenado a cargo era mucho mejor que cualquiera de los sistemas individuales.

Watson funciona de la misma manera. Con una arquitectura llamada UIMA (no estructurado Information Management Architecture) , Watson despliega literalmente cientos de diferentes sistemas muchos de los componentes individuales de la lengua en Watson son los mismos que se utilizan en el lenguaje natural entendimiento a disposición del público los sistemas , todos los cuales están intentando a o bien directamente con una respuesta a la Jeopardy ! consulta o bien , al menos, proporcionar alguna desambiguación de la consulta . UIMA actúa básicamente como el gestor de expertos para combinar de forma inteligente los resultados de los sistemas independientes . UIMA va mucho más allá de los sistemas anteriores, como

el que hemos desarrollado en la empresa predecesora de Nuance, en que sus sistemas individuales pueden contribuir a un resultado sin necesidad de llegar a una respuesta definitiva . Es suficiente que un subsistema ayuda a reducir la solución. UIMA también es capaz de calcular la cantidad de confianza que tiene en la respuesta final . El cerebro humano hace esto también , es probable que estemos muy seguros de nuestra respuesta cuando se le preguntó por el primer nombre de nuestra madre ' s , pero estamos menos en subir con el nombre de alguien que conocimos casualmente hace un año.

Así, en lugar de llegar a un solo enfoque elegante para entender el problema de lenguaje inherente a Jeopardy ! los científicos de IBM combinan todos los módulos de idioma comprensión del estado de la técnica que pudieran tener en sus manos . Algunos modelos de uso jerárquicos ocultos de Markov , algunos utilizan variantes matemáticas de HHMM , mientras que otros utilizan métodos basados en reglas para codificar directamente a un conjunto básico de normas fiables . UIMA evalúa el rendimiento de cada sistema en el uso real y los combina de una manera óptima . Existe cierta confusión en las discusiones públicas de Watson en que los científicos de IBM que crearon a menudo se centran en UIMA , que es el encargado de expertos que crearon. Esto lleva a los comentarios de algunos observadores de que Watson no tiene una verdadera comprensión de la lengua , ya que es difícil determinar dónde reside este entendimiento. Aunque el marco UIMA también aprende de su propia experiencia , " comprensión " de Watson de la lengua no se puede encontrar en UIMA solos sino que se distribuye a través de todos sus muchos componentes , incluidos los módulos de lenguaje de autoorganización que utilizan métodos similares a los HHMM . Otra parte de la tecnología de Watson utiliza estimación de la confianza de UIMA en sus respuestas a determinar cómo colocar Jeopardy ! apuestas. Mientras que el sistema Watson está optimizado específicamente para jugar a este juego en particular , su tecnología de base del idioma y conocimiento búsqueda se puede adaptar fácilmente a otras tareas generales. Uno podría pensar que los conocimientos profesionales con menor frecuencia compartida , como el que en el campo de la medicina , sería más difícil de dominar que el propósito general del conocimiento " común" que se requiere para jugar Jeopardy ! En realidad , lo contrario es el caso : el conocimiento profesional tiende a ser más altamente organizado y estructurado , y menos ambigua que su homólogo de sentido común , por lo que es altamente susceptible a la comprensión de lenguaje natural precisa el uso de estas técnicas . Como se ha mencionado , IBM está trabajando con Nuance para adaptar la tecnología de Watson a la medicina .

La conversación que tiene lugar cuando Watson está jugando Jeopardy ! es un breve : Una cuestión se plantea , y Watson se le ocurre una respuesta. (De nuevo , técnicamente, se trata con una pregunta para responder a una respuesta.) No participar en una conversación que requeriría el seguimiento de todas las declaraciones anteriores de todos los participantes. (Siri realmente hace esto de forma limitada : Si le piden que envíe un mensaje a su esposa, se le pedirá que se identifique con ella, pero que recordará quién es para las solicitudes posteriores .) Tracking toda la información en una conversación , una tarea que es evidente que se requiere para pasar la prueba de Turing , es un requisito adicional significativa, pero

no fundamentalmente más difícil de lo que Watson está haciendo ya . Después de todo , Watson ha leído cientos de millones de páginas de material , lo que obviamente incluye muchas historias , por lo que es capaz de rastrear a través de eventos secuenciales complicados . Por lo tanto, debe ser capaz de seguir sus propias conversaciones y tomar esto en consideración en sus respuestas posteriores.

Otra limitación del Jeopardy ! juego es que las respuestas son generalmente breves : No , por ejemplo, plantean preguntas como las que pide a los concursantes para nombrar a los cinco temas principales de un cuento de dos ciudades . En la medida en que se puede encontrar documentos que hacen discutir los temas de esta novela , una versión adecuadamente modificada de Watson debe ser capaz de responder a esta . El subir con esos temas por su cuenta a partir de sólo leer el libro, y no copiar esencialmente los pensamientos (incluso sin las palabras) de otros pensadores, es otro asunto. Hacerlo constituye una tarea de nivel superior que Watson es capaz de hacer . Es lo que yo llamo una tarea de prueba de nivel de Turing . (Dicho esto, voy a señalar que la mayoría de los humanos no vienen con sus propios pensamientos originales o bien, pero copiar las ideas de sus compañeros y líderes de opinión.) En cualquier caso, esto es 2012 , no 2029, por lo que no se puede esperar prueba de inteligencia a nivel de Turing todavía. Por otro lado, me gustaría señalar que la evaluación de las respuestas a preguntas tales como encontrar ideas clave en una novela no es en sí misma una tarea sencilla. Si a alguien se le pide que firmó la Declaración de Independencia, se puede determinar si su respuesta es verdadera o falsa . La validez de las respuestas a las preguntas más alto nivel, tales como la descripción de los temas de un trabajo creativo es mucho más difíciles de establecer . Es de destacar que a pesar de las competencias lingüísticas de Watson son en realidad un poco inferior a la de un ser humano educado, que era capaz de derrotar a los dos mejores Jeopardy ! jugadores del mundo . Se podría lograr esto, ya que es capaz de combinar su capacidad de lenguaje y comprensión conocimiento con el recordatorio perfecto y recuerdos altamente precisos que las máquinas poseen . Es por eso que ya hemos asignado en gran medida nuestros recuerdos personales , sociales e históricos a ellos.

Aunque yo no estoy preparado para subir mi pronóstico de un equipo de pasar la prueba de Turing en 2029 , el progreso que se ha logrado en los sistemas como Watson debe dar a nadie importante la confianza de que el advenimiento de Turing nivel AI está a la mano . Si uno fuera a crear una versión de Watson que fue optimizado para el test de Turing, que probablemente viene muy cerca.

Filósofo norteamericano John Searle (nacido en 1932) argumentó recientemente que Watson no es capaz de pensar. Citando su " habitación china " experimento mental (del que hablaré con más detalle en el capítulo 11) , afirma que Watson sólo está manipulando símbolos y no entiende el significado de esos símbolos . En realidad , Searle no está describiendo Watson con precisión , ya que su comprensión del lenguaje se basa en procesos de no estadísticos jerárquicos la manipulación de símbolos . La única manera de que la caracterización de Searle sería preciso es si consideramos cada paso en los procesos de autoorganización de Watson que es " la manipulación de símbolos . " Pero si ese fuera el caso , entonces el cerebro humano podría no ser juzgado capaz de pensar bien .

Es divertido e irónico cuando los observadores critican Watson por sólo hacer un análisis estadístico de lengua en lugar de poseer la "verdadera" comprensión del lenguaje que los humanos tienen. Análisis estadístico jerárquico es exactamente lo que el cerebro humano está haciendo cuando se está resolviendo múltiples hipótesis sobre la base de la inferencia estadística (y de hecho en todos los niveles de la jerarquía neocortical). Tanto Watson y el cerebro humano aprende y responde basan en un enfoque similar a la comprensión jerárquica. En muchos aspectos, el conocimiento de Watson es mucho más amplia que la de un humano, ningún ser humano puede decir que ha dominado toda la Wikipedia, que es sólo una parte de la base de conocimientos de Watson. Por el contrario, un ser humano puede dominar hoy los niveles más conceptuales que Watson, pero que sin duda no es un vacío permanente.

Un sistema importante que demuestra la fuerza de la informática aplicada al conocimiento organizado es Wolfram Alpha, un motor de respuesta (en comparación con un motor de búsqueda), desarrollado por el matemático británico y científico Dr. Wolfram (nacido en 1959) y sus colegas de Wolfram Research. Por ejemplo, si le preguntas a Wolfram Alpha (a WolframAlpha.com): "¿Cuántos números primos hay menos de un millón?" Que responderá con "78498". No se veía a la respuesta, se calcula, y después de la respuesta que proporciona las ecuaciones que utiliza. Si ha intentado conseguir que la respuesta usando un motor de búsqueda convencional, se dirigiría a enlaces donde se puede encontrar los algoritmos necesarios. A continuación, tendría que conectar las fórmulas en un sistema como Mathematica, también desarrollado por Dr. Wolfram, pero esto, obviamente, requieren mucho más trabajo (y la comprensión) que simplemente preguntando Alfa. En efecto, Alpha se compone de 15 millones de líneas de código de Mathematica. Lo que Alfa está haciendo es, literalmente, el cálculo de la respuesta de aproximadamente 10 billones de bytes de datos que han sido curadas con cuidado por el personal de Wolfram Research. Usted puede pedir a una amplia gama de cuestiones de hecho, como "¿Qué país tiene el mayor PIB por persona?" (Respuesta: Mónaco, con \$ 212,000 por persona en dólares americanos), o "¿Qué edad tiene Stephen Wolfram?" (Respuesta: 52 años, 9 meses, 2 días a partir del día que estoy escribiendo esto). Como se ha mencionado, Alpha se utiliza como parte de Siri de Apple, y si le preguntas a Siri una cuestión de hecho, que se entrega a Alpha de manejar. Alfa también se ocupa de algunas de las búsquedas que plantea al motor de búsqueda de Microsoft Bing.

En un reciente post, el Dr. Wolfram Alfa informó que está proporcionando respuestas exitosas 90 por ciento del tiempo.¹⁷ Además, informa de una disminución exponencial de la tasa de fracaso, con una vida media de alrededor de dieciocho meses. Se trata de un impresionante sistema, y utiliza métodos artesanales y los datos de la mano a cuadros. Es un testimonio de eso que hemos creado equipos en el primer lugar. A medida que descubrimos y compilar los métodos científicos y matemáticos, las computadoras son mucho mejor que la inteligencia humana sin ayuda en su aplicación. La mayoría de los métodos científicos conocidos han sido codificados en Alfa, junto con los datos continuamente actualizados sobre temas que van desde la economía a la física. En una conversación privada que tuve con el doctor

Wolfram , estimó que los métodos de autoorganización , tales como los utilizados en Watson generalmente alcanzan alrededor de un 80 por ciento de exactitud cuando están trabajando bien . Alfa , señaló, es el logro de un 90 por ciento de exactitud . Por supuesto, no es autoselección en estos dos números de precisión en que los usuarios (como yo) han aprendido qué tipo de preguntas Alfa es bueno, y un factor similar se aplica a los métodos de auto organización . El ochenta por ciento parece ser una estimación razonable de la precisión de Watson está en Jeopardy ! consultas, pero esto fue suficiente para derrotar a los mejores seres humanos.

Es mi opinión de que se necesitan métodos de auto organización como I articulados en la teoría de reconocimiento de patrones de la mente para entender las jerarquías elaboradas ya menudo ambigua que encontramos en los fenómenos del mundo real , incluyendo el lenguaje humano. Una combinación ideal para un sistema robusto inteligente sería combinar la inteligencia jerárquica basada en el PRTM (que yo sostengo es como funciona el cerebro humano) con codificación precisa de conocimientos y datos científicos . Eso describe esencialmente un ser humano con un ordenador . Vamos a mejorar los dos polos de la inteligencia en los próximos años . Con respecto a nuestra inteligencia biológica , aunque nuestro neocórtex tiene plasticidad considerable , su arquitectura básica está limitada por sus limitaciones físicas. Poner neocortex adicional en la frente fue una importante innovación evolutiva , pero ahora no puede ampliar fácilmente el tamaño de los lóbulos frontales por un factor de mil , o incluso en un 10 por ciento. Es decir, no podemos hacerlo biológicamente, pero eso es exactamente lo que vamos a hacer tecnológicamente.

Una estrategia para la creación de una mente

Hay miles de millones de neuronas en nuestro cerebro , pero ¿cuáles son las neuronas ? Sólo las células . El cerebro no tiene conocimiento hasta que se hagan las conexiones entre las neuronas . Todo lo que sabemos , todo lo que somos , viene de la forma en que nuestras neuronas están conectadas. Tim Berners Lee

Vamos a utilizar las observaciones que he discutido anteriormente para comenzar a construir un cerebro. Vamos a empezar por la construcción de un reconocedor de patrón que cumple con los atributos necesarios . A continuación vamos a hacer tantas copias del reconocedor que tenemos memoria y recursos computacionales de apoyo . Cada reconocedor calcula la probabilidad de que su patrón ha sido reconocido . Al hacer esto , se toma en consideración la magnitud observada de cada entrada (en algunos continuo apropiado) y coincide con éstos contra el tamaño aprendido y parámetros de variabilidad del tamaño asociado con cada entrada . El reconocedor desencadena su axón simuladas si esa probabilidad calculada supera un umbral. Este umbral y los parámetros que controlan el cálculo de la probabilidad de que el patrón se encuentran entre los parámetros vamos a optimizar con un algoritmo genético . Debido a que no es un requisito que cada entrada sea activa para un patrón a ser reconocido , esto proporciona para el reconocimiento autoassociative (es decir, el reconocimiento de un patrón basado en sólo una parte del patrón de estar presente) . También permitimos que para las señales inhibitorias (señales que indican que el patrón es menos probable) .

Reconocimiento del patrón envía una señal activa el axón simulada de este patrón reconocedor . Este axón es a su vez conectado a uno o más reconocedores de patrones en la siguiente mayor nivel conceptual . Todos los reconocedores de patrones conectados en la próxima mayor nivel conceptual están aceptando este patrón como una de sus entradas. Cada reconocedor patrón también envía señales a los reconocedores de patrones a nivel conceptual más bajos cada vez más de un patrón ha sido reconocido , lo que indica que es el resto del patrón de " espera ". Cada reconocedor patrón tiene uno o más de estos canales de entrada de señal esperados. Cuando se recibe una señal de espera de esta manera , el umbral para el reconocimiento de este patrón reconocedor está rebajado (hecho más fácil) .

Los reconocedores de patrones son responsables de " cableado " a sí mismos a otros reconocedores de patrones hacia arriba y abajo en la jerarquía conceptual. Tenga en cuenta que todos los "cables" en una implementación de software operan a través de enlaces virtuales (que, como enlaces web , son básicamente punteros de memoria) y no los cables reales. Este sistema es en realidad mucho más flexible que en el cerebro biológico . En el cerebro humano, los nuevos modelos que se asignará a una física real reconocedor de patrones y nuevas conexiones tienen que hacerse con un vínculo efectivo axón a las dendritas . Por lo general, esto significa tomar una conexión física existente que es aproximadamente lo que se necesita y el crecimiento del axón necesario y extensiones dendríticas para completar la conexión completa.

Otra técnica utilizada en el cerebro de los mamíferos biológicos es comenzar con un gran número de posibles conexiones y luego podan las conexiones neuronales que no se usan . Si un neocórtex biológica reasigna reconocedores de patrones corticales que ya han aprendido los patrones mayores con el fin de aprender el material más reciente , entonces las conexiones tienen que estar físicamente reconfigurado . Una vez más , estas tareas son mucho más simples en una implementación de software . Nosotros simplemente asignamos nuevas posiciones de memoria a un nuevo reconocedor de patrones y distintos enlaces de memoria para las conexiones. Si el neocórtex digitales desea volver a asignar los recursos de memoria corticales de un conjunto de patrones a otro , simplemente devuelve los viejos reconocedores de patrones para la memoria y a continuación, hace que la nueva asignación . Esta especie de " recolección de basura " y la reasignación de la memoria es una característica típica de la arquitectura de muchos sistemas de software. En nuestro cerebro digital, tendríamos también copia de seguridad de los viejos recuerdos antes de tirarlos a la basura de la neocorteza activa, una precaución que no podemos tener en nuestros cerebros biológicos.

Hay una variedad de técnicas matemáticas que pueden emplearse para poner en práctica este enfoque de la autoorganización jerárquica de reconocimiento de patrones . El método que yo usaría es jerárquica ocultos de Markov modelos , por varias razones. Desde mi punto de vista personal, tengo varias décadas de familiaridad con este método , después de haber utilizado en el reconocimiento del habla temprana y sistemas de lenguaje natural a partir de la Década de 1980 . Desde la perspectiva del campo en general , existe una mayor experiencia con los modelos ocultos de Markov que con cualquier otro enfoque para tareas de reconocimiento de patrones . También se utilizan ampliamente en la comprensión de lenguaje natural .

Muchos sistemas NLU utilizan técnicas que son al menos matemáticamente similar a HHMM .

Tenga en cuenta que no todos los sistemas de modelos ocultos de Markov son completamente jerárquica . Algunos permiten a unos pocos niveles jerárquicos , por ejemplo , al pasar de estados acústicos de los fonemas en palabras. Para construir un cerebro, vamos a querer para que nuestro sistema para crear tantos nuevos niveles de jerarquía , según sea necesario . Además, los sistemas modelo de Markov más ocultos no son totalmente autoorganización . Algunos tienen conexiones fijas , aunque estos sistemas no podan efectivamente muchas de sus conexiones a partir de lo que les permite evolucionar cero pesos de conexión . Nuestros sistemas de los años 1980 y 1990 podados automáticamente las conexiones con pesos de conexión por debajo de un cierto nivel , y también permitieron hacer nuevas conexiones a un mejor modelo de los datos de entrenamiento y aprender sobre la marcha. Un requisito clave , creo, es permitir que el sistema para crear su propia flexibilidad topologías en base a los patrones que están expuestos mientras se aprende . Podemos utilizar la técnica matemática de la programación lineal para asignar óptimamente las conexiones con nuevos reconocedores de patrones.

Nuestro cerebro digital también tendrá en cuenta la redundancia considerable de cada patrón , especialmente las que se producen con frecuencia. Esto permite robusto reconocimiento de patrones comunes y es también uno de los métodos clave para lograr el reconocimiento invariante de diferentes formas de un patrón . Nosotros, sin embargo , necesitan reglas para la cantidad de redundancia para permitir, ya que no queremos utilizar hasta una cantidad excesiva de memoria en los patrones de bajo nivel muy comunes.

Las normas relativas a la redundancia , los umbrales de reconocimiento, y el efecto en el umbral de una indicación "Se espera que este patrón " , son algunos ejemplos de los parámetros globales clave que afectan el rendimiento de este tipo de sistema de autoorganización . Yo inicialmente establecer estos parámetros en base a mi intuición , pero nos gustaría entonces optimizarlos mediante un algoritmo genético.

Una consideración muy importante es la formación de un cerebro , ya sea un agente biológico o de un software único. Como se analizó anteriormente , un sistema de reconocimiento de patrón jerárquico (digital o biológica) sólo aprender acerca de dos niveles de preferencia de una sola jerárquicos a la vez. Para arrancar el sistema me gustaría empezar con las redes jerárquicas previamente capacitados que ya han aprendido sus lecciones en el reconocimiento de la voz humana , los caracteres impresos , y las estructuras de lenguaje natural . Dicho sistema sería capaz de leer documentos en lenguaje natural , pero sólo sería capaz de dominar aproximadamente un nivel conceptual a la vez. Niveles previamente aprendidas podrían proporcionar una base relativamente estable para aprender el siguiente nivel. El sistema puede leer los mismos documentos una y otra vez , ganando nuevos niveles conceptuales con cada lectura posterior , similar a la forma de releer y lograr una comprensión más profunda de los textos. Miles de millones de páginas de material están disponibles en la Web. Wikipedia en sí tiene cerca de cuatro millones de artículos en la versión Inglés .

También me gustaría dar un módulo de pensamiento crítico , que se realice un análisis continuo en segundo plano de todos los modelos existentes , la revisión de su compatibilidad con los otros patrones (ideas) en el neocórtex software. No tenemos ninguna de esas instalaciones en nuestros cerebros biológicos , por lo que las personas pueden tener ideas completamente inconsistentes con ecuanimidad. Al identificar una idea incompatible , el módulo digital comenzaría la búsqueda de una resolución, incluyendo sus propias estructuras corticales , así como todos los de la vasta literatura que disponga. Una resolución puede significar simplemente determinar que una de las ideas inconsistentes es simplemente incorrecta (si contraindicado por una preponderancia de datos contradictorios) . Más constructiva , sería encontrar una idea en un mayor nivel conceptual que se resuelve la aparente contradicción al proporcionar una perspectiva que explica cada idea. El sistema añade esta resolución como un nuevo modelo y un enlace a las ideas que inicialmente desencadenó la búsqueda de la resolución. Este módulo de pensamiento crítico se ejecute como una tarea de fondo continuo. Sería muy beneficioso si los cerebros humanos hicieron lo mismo . También me gustaría dar un módulo que identifica las preguntas abiertas en todas las disciplinas . Como otra tarea en segundo plano continuo , sería buscar soluciones en otras áreas diferentes de conocimiento. Como he señalado , el conocimiento en el neocórtex consiste en patrones profundamente anidadas de patrones , por lo que es completamente metafórico. Podemos utilizar un patrón para proporcionar una solución o una penetración en un campo aparentemente desconectado.

Como un ejemplo , recordar la metáfora que utilicé en el capítulo 4 en relación con los movimientos aleatorios de las moléculas en un gas a los movimientos aleatorios de cambio evolutivo . Las moléculas de un gas se mueven al azar sin aparente sentido de la orientación . A pesar de esto , virtualmente cada molécula de un gas en un vaso de precipitados , tiempo suficiente dado, dejará el vaso de precipitados . Me di cuenta que esto proporciona una perspectiva sobre una cuestión importante sobre la evolución de la inteligencia . Al igual que las moléculas en un gas , cambios evolutivos también se mueven en todas direcciones sin dirección aparente . Aún así , sin embargo, vemos un movimiento hacia una mayor complejidad y mayor inteligencia , de hecho para el logro supremo de la evolución de la evolución de la corteza cerebral capaz de pensamiento jerárquico . Así que estamos en condiciones de obtener una idea de cómo un proceso aparentemente sin sentido y sin dirección puede lograr un resultado aparentemente intencional en un campo (la evolución biológica) mirando otro campo (la termodinámica) .

He mencionado anteriormente cómo la intuición de Charles Lyell que cambia minuto a Formaciones rocosas en streaming agua podrían tallar grandes valles con el tiempo inspiró a Charles Darwin a realizar una observación similar acerca de los cambios continuos minutos a las características de los organismos de una misma especie . Esta búsqueda metáfora sería otro proceso continuo en segundo plano .

Debemos proporcionar un medio para pasar a través de varias listas simultáneamente para proporcionar el equivalente de pensamiento estructurado. La lista podría ser la declaración de las limitaciones que la solución a un problema debe satisfacer. Cada paso puede generar una búsqueda recursiva a través de la jerarquía existente de ideas

o una búsqueda en la literatura disponible. El cerebro humano parece ser capaz de manejar sólo cuatro listas simultáneas a la vez (sin la ayuda de herramientas tales como computadoras) , pero no hay ninguna razón para un neocórtex artificial para tener una limitación de este tipo .

También queremos mejorar nuestros cerebros artificiales con el tipo de inteligencia que los equipos siempre han sobresalido en , que es la capacidad de dominar vastas bases de datos con precisión y aplicar algoritmos conocidos de forma rápida y eficiente. Wolfram Alpha combina de forma única un gran número de métodos científicos conocidos y los aplica a los datos recopilados cuidadosamente . Este tipo de sistema también va a seguir mejorando la observación de una disminución exponencial de las tasas de error de determinada Dr. Wolfram .

Por último , nuestro nuevo cerebro necesita un propósito. Un propósito se expresa como una serie de objetivos . En el caso de nuestros cerebros biológicos , nuestras metas son establecidas por los centros del placer y el miedo que hemos heredado del viejo cerebro . Estos impulsos primitivos fueron inicialmente establecidos por la evolución biológica para promover la supervivencia de las especies, pero el neocórtex nos ha permitido sublimarlos. El objetivo de Watson era responder a Jeopardy ! consultas . Otro objetivo podría ser indicado simplemente para pasar el test de Turing . Para ello, un cerebro digital, necesitaría un relato humano de su propia historia de ficción para que pueda hacerse pasar por un ser humano biológico. También tendría que mudarse en sí de forma considerable , para cualquier sistema que muestre el conocimiento de, por ejemplo , Watson sería rápidamente desenmascarado como no biológica .

Más interesante aún , podríamos dar a nuestro nuevo cerebro un objetivo más ambicioso , como contribuir a un mundo mejor . Uno de los objetivos en este sentido , por supuesto , plantea muchas preguntas: ¿ Mejor para quién ? Mejor de qué manera? Para los seres humanos biológicos ? Para todos los seres conscientes? Si ese es el caso, ¿quién o qué es consciente?

Como el cerebro no biológico se convierte tan capaz como los biológicos de efectuar cambios en el mundo , de hecho , en última instancia mucho más capaz que sin contraste biológico los vamos a tener en cuenta su educación moral. Un buen lugar para comenzar sería con una idea antigua de nuestras tradiciones religiosas : la regla de oro .

CAPÍTULO 8

LA MENTE COMO ORDENADOR

En forma un poco como una barra de pan francés del país , nuestro cerebro es un laboratorio de química llena de gente, llena de conversaciones nerviosas sin escalas . Imagínese el cerebro, ese montículo brillante del ser, que el parlamento gris ratón de las células , que fábrica de sueños , que petit tirano dentro de una bola de hueso, que se apiñan de neuronas llamadas todas las jugadas , que poco por todas partes, que Pleasuredome voluble , que arrugado armario de uno mismo metido en el cráneo como demasiada ropa en una bolsa de deporte . Diane Ackerman

Brains existen porque la distribución de los recursos necesarios para la supervivencia y los peligros que amenazan la supervivencia varía en el espacio y el tiempo. John M. Allman

La geografía moderna del cerebro tiene un ambiente deliciosamente anticuado a ella algo así como un mapa medieval con el mundo conocido rodeado por terra incognita donde los monstruos vagan . David Bainbridge

En matemáticas no entiendes las cosas. Usted acaba de acostumbrarse a ellos. John von Neumann

E ver desde la aparición de la computadora en la mitad del siglo XX, ha habido un debate en curso no sólo sobre la extensión final de sus habilidades, sino sobre si el cerebro humano puede ser considerado una forma de ordenador. En lo que se refiere a esta última cuestión , el consenso se ha desviado de ver estas dos clases de entidades de procesamiento de información como esencialmente el mismo que su ser fundamentalmente diferente. Así que es el cerebro de una computadora?

Cuando las computadoras se convirtieron por primera vez un tema popular en la década de 1940 , eran considerados inmediatamente como máquinas pensantes . El ENIAC , que se anunció en 1946 , fue descrito por la prensa como un "cerebro gigante. " Como se dispuso comercialmente computadoras en la década siguiente , los anuncios se refiere habitualmente a ellos como los cerebros capaces de hazañas que los cerebros biológicos comunes no podían igualar. Un anuncio de 1957 que muestra el concepto popular de un ordenador como un cerebro gigante.

Los programas de ordenador rápidamente habilitadas las máquinas a la altura de la facturación. El " solucionador de problemas generales ", creado en 1959 por Herbert A. Simon , JC Shaw, y Allen Newell en la Universidad Carnegie Mellon , fue capaz de diseñar una prueba un teorema que los matemáticos Bertrand Russell (18721970) y Alfred North Whitehead (18611947) había sido incapaz de resolver en su famosa obra Principia Mathematica 1913 . Lo que se hizo evidente en las décadas que siguieron fue que las computadoras podrían fácilmente superar significativamente la capacidad humana sin ayuda en estos ejercicios intelectuales como la resolución de problemas matemáticos , el diagnóstico de la enfermedad , y jugando al ajedrez , pero tuvo dificultades con el control de un robot atarse los cordones o con la comprensión de la lengua común de que un niño de cinco años de edad, podía comprender . Las computadoras están sólo empezando a dominar este tipo de habilidades.

Irónicamente, la evolución de la inteligencia informática ha avanzado en la dirección opuesta de la maduración humana.

La cuestión de si el ordenador y el cerebro humano están en un nivel equivalente sigue siendo controversial hoy. En la introducción mencioné que había millones de enlaces para las citas en la complejidad del cerebro humano. Del mismo modo, una investigación de Google : también " Citas del cerebro no es un ordenador " devuelve millones de enlaces . A mi juicio , las declaraciones en este sentido son lo mismo que decir , " Puré de manzana no es una manzana . " Técnicamente esta afirmación es cierta, pero se puede hacer puré de manzana de una manzana . Tal vez más al punto ,

es como decir : " Las computadoras no son los procesadores de texto . " Es cierto que un ordenador y un procesador de textos existen en los diferentes niveles conceptuales , pero un equipo puede llegar a ser un procesador de textos si se está ejecutando el software de procesamiento de textos y no lo contrario. Del mismo modo, un ordenador puede convertirse en un cerebro si se está ejecutando software cerebro. Eso es lo que los investigadores entre los que me están tratando de hacer. La pregunta, entonces , es si podemos encontrar un algoritmo que convertir un ordenador en una entidad que es equivalente a un cerebro humano . Un equipo que , después de todo, puede ejecutar cualquier algoritmo que podríamos definir debido a su universalidad innata (sólo sujeta a su capacidad) . El cerebro humano , por otro lado , se está ejecutando un conjunto específico de algoritmos . Sus métodos son inteligentes , ya que permite la plasticidad significativa y la reestructuración de sus propias conexiones basadas en su experiencia, pero estas funciones pueden ser emulados por software.

La universalidad de la computación (el concepto de que un ordenador de propósito general puede implementar cualquier algoritmo) y el poder de esta idea surgieron al mismo tiempo que las primeras máquinas reales . Hay cuatro conceptos fundamentales que son la base de la universalidad y la viabilidad de la computación y su aplicabilidad a nuestro pensamiento. Son pena revisar aquí, porque el cerebro hace uso de ellos . El primero es la capacidad para comunicarse , recordar y calcular información fiable. Alrededor de 1940 , si se ha utilizado la palabra " computadora", la gente suponía que estabas hablando de una computadora analógica , en la que los números se representan mediante diferentes niveles de tensión y componentes especializados podrían realizar funciones aritméticas , como la suma y la multiplicación. Una gran limitación de las computadoras analógicas , sin embargo , era que estaban plagados de problemas de precisión . Los números sólo podían ser representados con una precisión de aproximadamente una parte en cien , y como los niveles de tensión que representan ellos fueron procesadas por un número creciente de operadores aritméticos , errores se acumularían . Si desea realizar más de un puñado de los cálculos , los resultados habrían llegado a ser tan exacta como sea insignificante.

Cualquier persona que puede recordar los días de la grabación de música con máquinas de cinta analógica recordará este efecto. Hubo degradación notable en la primera copia , ya que era un poco más ruidosas que el original. (Recuerde que el "ruido " representa imprecisiones al azar.) Una copia de la copia era más ruidoso aún , y por la décima generación de la copia era casi por completo el ruido. Se suponía que el mismo problema se plagando el mundo emergente de las computadoras digitales . Podemos comprender estas preocupaciones si tenemos en cuenta la comunicación de la información digital a través de un canal. Ningún canal es perfecto y cada uno tendrá algún tipo de error inherente. Supongamos que tenemos un canal que tiene un 0,9 de probabilidad de transmitir correctamente cada bit. Si envío un mensaje que es un poco largo , la probabilidad de transmitir con precisión a través de ese canal será 0,9 . Supongamos que enviar dos bits ? Ahora, la precisión es de $0,9^2 = 0,81$. ¿Qué tal si envío un byte (ocho bits) ? Tengo menos de un por ciento de posibilidades (0,43 para ser exactos) de enviarlo correctamente. La probabilidad

de enviar con precisión cinco bytes es de aproximadamente 1 por ciento .

Una solución obvia para eludir este problema es hacer el canal más precisa .

Supongamos que el canal tiene un solo error en un millón de pedazos. Si envío un archivo que consta de un medio millón de bytes (aproximadamente del tamaño de un modesto programa o base de datos) , la probabilidad de transmitir correctamente es menos de 2 por ciento , a pesar de la muy alta precisión inherente del canal . Teniendo en cuenta que un error de un solo bit puede invalidar por completo un programa de ordenador y otras formas de datos digitales , que no es una situación satisfactoria . Independientemente de la exactitud de la canal , ya que la probabilidad de un error en una transmisión crece rápidamente con el tamaño del mensaje , esto parece ser una barrera insuperable .

Ordenadores analógicos acercaron este problema a través de la degradación elegante (lo que significa que los usuarios sólo presentan problemas en los que se podrían tolerar los errores pequeños), sin embargo , si los usuarios de computadoras analógicas se limitaron a un conjunto limitado de los cálculos , los equipos probó algo útil . Ordenadores digitales , por otro lado, requieren una comunicación continua , no sólo desde un ordenador a otro , pero dentro del propio ordenador . Existe una comunicación de su memoria hacia y desde la unidad central de procesamiento .

Dentro de la unidad central de procesamiento, hay una comunicación de un registro a otro y de un lado a otro de la unidad aritmética , etc . Incluso dentro de la unidad aritmética , existe una comunicación de un bit de un registro a otro . La comunicación es un fenómeno generalizado en todos los niveles . Si tenemos en cuenta que las tasas de error aumentan rápidamente con el incremento de la comunicación y que un error de un solo bit puede destruir la integridad de un proceso , la computación digital fue condenada o eso parecía en ese momento. Sorprendentemente , esa era la opinión común hasta matemático estadounidense Claude Shannon (19162001)

llegó y demostró cómo se puede crear una comunicación arbitrariamente precisa utilizando incluso los canales de comunicación más confiables. Lo Shannon declaró en su documento histórico "Teoría Matemática de la Comunicación " , publicado en la Campana System Technical Journal en julio y octubre de 1948, y en particular en su teorema de codificación de canal ruidoso, era que si se tiene disponible un canal con cualquier error tasa (excepto exactamente el 50 por ciento por bit , lo que significaría que el canal estaba transmitiendo puro ruido) , que son capaces de transmitir un mensaje en el que la tasa de error es tan exacto como usted desea. En otras palabras, la tasa de error de la transmisión puede ser un poco fuera de n bits , donde n puede ser tan grande como usted defina. Así , por ejemplo, en el caso extremo, si hay un canal que transmite correctamente los bits de información de sólo el 51 por ciento del tiempo (es decir, se transmite el bit correcto sólo un poco más de las veces el poco mal), puede transmitir , sin embargo, los mensajes de tal manera que sólo un poco de cada millón es incorrecta, o un bit de un billón o un trillón trillón.

¿Cómo es esto posible ? La respuesta es a través de la redundancia. Esto puede parecer obvio ahora , pero no lo era en aquel momento. Como un simple ejemplo , si yo transmito cada bit tres veces y tomar el voto de la mayoría , yo he aumentado considerablemente la fiabilidad del resultado. Si eso no es suficiente , basta con aumentar la redundancia hasta que llegue la fiabilidad que necesita . Basta con repetir

la información es la forma más fácil de lograr altos índices de precisión arbitraria de canales de baja precisión , pero no es el enfoque más eficaz . El artículo de Shannon , que estableció el campo de la teoría de la información , presentó los métodos más eficaces de detección de errores y códigos de corrección que pueden lograr cualquier precisión al objetivo a través de cualquier canal no aleatoria . Lectores de más edad recordarán los módems telefónicos , que transmiten información a través de líneas telefónicas analógicas ruidosos. Estas líneas ofrecieron silbidos audible obvias y pops y muchas otras formas de distorsión, pero sin embargo fueron capaces de transmitir datos digitales con muy altos índices de precisión , gracias al canal ruidoso teorema de Shannon. El mismo problema y la misma solución que existen para la memoria digital. Alguna vez se preguntó cómo CDs , DVDs y discos del programa continúan proporcionando resultados fiables, incluso después de que el disco se ha caído al suelo y se rascó ? Una vez más, podemos dar gracias a Shannon.

Computación consta de tres elementos : la comunicación que, como ya he dicho, es un fenómeno generalizado , tanto dentro como entre los equipos de memoria , y puertas lógicas (que realiza la funciones aritméticas y lógicas) . La exactitud de puertas lógicas también puede hacerse arbitrariamente alta por forma similar utilizando los códigos de detección de errores y corrección . Es debido a teorema y teoría de que podemos manejar arbitrariamente grandes y complejos de datos digitales y algoritmos sin los procesos que se están perturbadas o destruidas por los errores de Shannon. Es importante señalar que el cerebro utiliza el principio de Shannon , así , a pesar de la evolución del cerebro humano es anterior claramente Shannon propia ! La mayoría de los patrones o ideas (y la idea también es un patrón) , como hemos visto , se almacenan en el cerebro con una cantidad sustancial de redundancia. Una razón principal para la redundancia en el cerebro es la falta de fiabilidad inherente de los circuitos neuronales .

La segunda idea importante sobre la que se basa la era de la información es la que mencioné antes: la universalidad de la computación . En 1936 Alan Turing describió su "máquina de Turing " , que no era una máquina real , pero otro experimento mental . Su equipo teórica consiste en una cinta de la memoria infinitamente largo con un 1 o un 0 en cada cuadrado. De entrada a la máquina se presenta en esta cinta , que el equipo puede leer un cuadrado a la vez. La máquina también contiene una tabla de reglas esencialmente un programa almacenado , que constará de los estados numerados . Cada regla especifica una acción si la plaza está leyendo actualmente está a 0 , y una acción diferente si la plaza actual es un 1 . Las posibles acciones incluyen escribir un 0 o un 1 en la cinta , pasando la cinta de una casilla a la derecha oa la izquierda, o detener . Cada estado y especifique el número del siguiente estado que la máquina debe estar adentro.

La entrada a la máquina de Turing se presenta en la cinta . El programa se ejecuta , y cuando la máquina detiene , que ha completado su algoritmo , y la salida del proceso es a la izquierda en la cinta . Tenga en cuenta que a pesar de que la cinta es teóricamente infinito en extensión, cualquier programa que actualmente no entrar en un bucle infinito se utiliza sólo una parte limitada de la cinta, por lo que si nos limitamos a una cinta finita , la máquina todavía resolver un útil conjunto de problemas.

Si la máquina de Turing parece simple , es porque ese era su objetivo inventor ' s . Quería que su máquina de Turing a ser tan simple como sea posible (pero no más simple , para parafrasear Einstein) . Turing y Alonzo Church (19031995) , su antiguo profesor , pasó a desarrollar la tesis de Church Turing, que establece que si un problema que se puede presentar a una máquina de Turing no es resoluble por ella , sino que también no se puede resolver por cualquier máquina, siguiendo la ley natural. A pesar de que la máquina de Turing tiene sólo un puñado de comandos y procesos de un solo bit a la vez , se puede calcular cualquier cosa que cualquier ordenador puede calcular . Otra forma de decir esto es que cualquier máquina que se " Turing completo " (es decir, que tiene la capacidad equivalente a una máquina de Turing) se puede calcular cualquier algoritmo (un procedimiento que se puede definir) .

Un diagrama de bloques de una máquina de Turing con una cabeza que lee y escribe la cinta y un programa interno que consiste en las transiciones de estado .

Interpretaciones " fuertes " de la tesis de Church Turing propone una equivalencia esencial entre lo que un ser humano puede pensar o saber y lo que es computable por una máquina. La idea básica es que el cerebro humano es también sujeto a la ley natural, y por lo tanto su capacidad de procesamiento de la información no puede ser superior a la de una máquina (y por lo tanto de una máquina de Turing) .

Podemos correctamente crédito Turing con el establecimiento de los fundamentos teóricos de la computación con su 1936 papel, pero es importante tener en cuenta que estaba profundamente influido por una conferencia que Hungarian American matemático John von Neumann (19031957) dio en Cambridge en 1935, en su concepto de programa almacenado , un concepto consagrado en el Turing machine.¹ En a su vez , von Neumann fue influenciado por Turing 1936 papel, que elegantemente estableció los principios de la computación , y la convirtió en lectura obligatoria para sus colegas a finales de 1930 y principios de 1940s.²

En el mismo artículo de Turing , en otro descubrimiento inesperado : el de los problemas irresolubles . Estos son problemas que están bien definidas las respuestas únicas que se pueda demostrar que existe, pero que también pueden resultar no se puede calcular por cualquier Turing es decir , por una máquina, una reversión de lo que había sido un diecinueve por máquina que dogma del siglo que los problemas que podrían definirse en última instancia, se resolverían . Turing demostró que hay tantos problemas irresolubles como los que tienen solución . Matemático americano y filósofo austriaco Kurt Gödel llegaron a una conclusión similar en su 1931 " teorema de incompletitud . " Así nos quedamos con la desconcertante situación de poder definir un problema , para demostrar que existe una respuesta única , y sin embargo, sabemos que la respuesta puede nunca se encuentran.

Turing había demostrado que en su esencia , el cálculo se basa en un mecanismo muy simple . Debido a que la máquina de Turing (y por lo tanto cualquier ordenador) es capaz de basar su futuro curso de acción en los resultados que ya ha computado , es capaz de tomar decisiones y modelar jerarquías arbitrariamente complejas de información.

En 1939 Turing diseñó una calculadora electrónica denominada Bombe que ayudó a decodificar los mensajes que habían sido cifrados por la máquina codificadora

Enigma Nazi . En 1943 , un equipo de ingenieros de la influencia de Turing terminó lo que es posiblemente el primer equipo, el Coloso , que permitió a los aliados a continuar decodificando mensajes de las versiones más sofisticadas de Enigma. La Bombe y Colossus fueron diseñados para una sola tarea y no podían ser reprogramadas para una diferente. Pero ellos realizan esta tarea con brillantez y se les atribuye haber permitido a los aliados para vencer a los tres a una de las ventajas que la Luftwaffe alemana disfrutó más de la Real Fuerza Aérea británica y ganar la batalla decisiva de la Gran Bretaña , así como para continuar anticipando tácticas nazis durante toda la guerra .

Fue sobre estas bases que John von Neumann creó la arquitectura de la computadora moderna , que representa la tercera idea importante. Llamado la máquina von Neumann , se ha mantenido la estructura del núcleo de esencialmente todos los ordenadores durante los últimos sesenta y siete años , desde el microcontrolador en la lavadora a las supercomputadoras más grandes . En un documento de fecha 30 de junio de 1945, y titulado " Primer Borrador de un informe sobre el EDVAC ", von Neumann presenta las ideas que han dominado la computación desde entonces. 3 El modelo de von Neumann incluye una unidad de procesamiento central , donde las operaciones aritméticas y lógicas se realizan , una unidad de memoria , donde se almacenan los programas y datos , almacenamiento masivo , un contador de programa , y de entrada / salida de los canales . Aunque este documento fue concebido como un documento interno del proyecto , se ha convertido en la biblia para los diseñadores de computadoras . Nunca se sabe cuando un memo interno aparentemente rutinario acabará revolucionando el mundo .

La máquina de Turing no fue diseñado para ser práctico . Teoremas de Turing se refiere no a la eficacia de la solución de problemas , sino más bien en el examen de la variedad de problemas que podrían en teoría ser resueltos por la computación. El objetivo de Von Neumann , por otra parte , era crear un concepto viable de una máquina computacional . Su modelo sustituye cálculos de un bit de Turing con las palabras de varios bits (generalmente un múltiplo de ocho bits). Cinta de la memoria de Turing es secuencial , por lo que los programas de la máquina de Turing gastan una cantidad excesiva de tiempo moviendo la cinta de un lado a otro para almacenar y recuperar los resultados intermedios . En contraste , la memoria de von Neumann es de acceso aleatorio , de manera que cualquier elemento de datos puede ser recuperada inmediatamente .

Una de las ideas fundamentales de von Neumann es el programa almacenado , que se había introducido en la década anterior : colocar el programa en el mismo tipo de memoria de acceso aleatorio como los datos (y a menudo en el mismo bloque de memoria) . Esto permite que el ordenador para ser reprogramado para diferentes tareas, así como para el código automodificable (si el almacén de programa se puede escribir) , que permite una forma poderosa de recursión . Hasta ese momento , casi todos los equipos , incluido el Colossus , fueron construidos para una tarea específica . El programa almacenado hace que sea posible que una computadora sea realmente universal , cumpliendo así con la visión de la universalidad de la computación de Turing .

Otro aspecto clave de la máquina de von Neumann es que cada instrucción incluye un

código de operación que especifica la operación aritmética o lógica a realizar y la dirección de un operando de la memoria .

Concepto de cómo se debe architected un ordenador de Von Neumann se introdujo con su publicación del diseño del EDVAC , un proyecto se llevó a cabo con los colaboradores J. Presper Eckert y John Mauchly . El EDVAC sí en realidad no funcionar hasta 1951 , momento en que había otros equipos de programa almacenado , como la máquina de Manchester Small Scale Experimental , ENIAC , EDSAC y BINAC , todos los cuales habían sido profundamente influenciado por el papel de von Neumann y Eckert y Mauchly participar como diseñadores . Von Neumann era un contribuyente directo al diseño de una serie de estas máquinas , incluyendo una versión posterior de ENIAC , que apoyó un programa almacenado . Había algunos precursores de la arquitectura de von Neumann , aunque con una excepción sorprendente , ninguno son verdaderos máquinas von Neumann . En 1944, Howard Aiken presentó el Mark I , que tenía un elemento de programación , pero no hizo uso de un programa almacenado . Leyó las instrucciones de una cinta de papel perforado y luego ejecuta cada comando inmediatamente . También carecía de una instrucción de ramificación condicional.

En 1941 el científico alemán Konrad Zuse (19101995) creó el equipo Z 3 . También leer su programa a partir de una cinta (en este caso , codificado en la película) y también tenía ninguna instrucción de ramificación condicional .

Curiosamente, Zuse tuvo el apoyo del Instituto de Investigación de la aviación alemana , que utiliza el dispositivo para estudiar aleteo del ala, pero su propuesta al gobierno Nazi de financiación para sustituir sus relés con tubos de vacío fue rechazada. Los nazis consideraron cálculo que " no de guerra importante. " Esa perspectiva va un largo camino , en mi opinión, a explicar el resultado de la guerra. En realidad, hay una auténtica precursora de concepto de von Neumann , y viene de un siglo antes! (17911871) Máquina Analítica matemático e inventor Inglés de Charles Babbage , que se describió por primera vez en 1837 , hizo incorporar las ideas de von Neumann y contó con un programa almacenado a través de un puñetazo tarjetas tomados del loom.⁴ Su memoria de acceso aleatorio Jacquard incluyeron 1.000 palabras de 50 dígitos decimales cada uno (el equivalente de unos 21 kilobytes) . Cada instrucción incluye un código de operación y un número de operando , al igual que las lenguas modernas máquinas . Se incluía ramificación condicional y bucle , así que fue un verdadera máquina de von Neumann . Se basa totalmente en los engranajes mecánicos y parece que la máquina analítica fue más allá del diseño de Babbage y capacidad de organización . Él construyó parte de ella , pero nunca funcionó . No está claro si los pioneros del siglo XX de la computadora , como von Neumann , estaban al tanto del trabajo de Babbage .

Computadora de Babbage hizo resultado en la creación del campo de la programación de software . Inglés escritora Ada Byron (18151852) , condesa de Lovelace y la única hija legítima del poeta Lord Byron, fue la primera programadora de computadoras del mundo . Ella escribió programas para la máquina analítica , que ella necesitaba para depurar en su propia mente (ya que el ordenador no funcionaba) , una práctica bien conocida por los ingenieros de software hoy en día como " la comprobación de tabla. " Ella tradujo un artículo del matemático italiano

Luigi Menabrea en la Máquina Analítica y añadió extensas notas de su cuenta, escribiendo que " la Máquina Analítica teje patrones algebraicos , al igual que las flores telar de Jacquard teje y se va. " Ella pasó a ofrecer tal vez las primeras especulaciones sobre la viabilidad de la inteligencia artificial, pero llegó a la conclusión que la máquina analítica "no tiene pretensiones lo que sea que se origine cualquier cosa. "

La concepción de Babbage es muy milagrosa si tenemos en cuenta la época en que vivió y trabajó . Sin embargo, a mediados del siglo XX , sus ideas se habían perdido en las brumas del tiempo (aunque posteriormente fueron redescubiertos) . Fue von Neumann quien conceptualiza y articula los principios fundamentales de la computadora tal como la conocemos hoy en día, y el mundo lo reconoce al continuar para referirse a la máquina de von Neumann como el modelo principal de la computación . Tenga en cuenta, sin embargo, que la máquina de von Neumann se comunica continuamente datos entre sus distintas unidades y dentro de estas unidades , por lo que no podría ser construido sin teoremas de Shannon y los métodos que ideó para la transmisión y almacenamiento de información digital fiable .

Esto nos lleva a la cuarta idea importante, que es ir más allá de la conclusión de Ada Byron de que un equipo no puede pensar de forma creativa y encontrar los algoritmos de clave utilizados por el cerebro y luego usarlos para convertir un ordenador en un cerebro . Alan Turing introdujo este objetivo en 1950 su artículo " Computing Machinery e Inteligencia ", que incluye su famoso test de Turing para determinar si es o no una IA ha alcanzado un nivel humano de inteligencia.

En 1956 von Neumann empezó a preparar una serie de conferencias destinadas a la prestigiosa serie de conferencias Silliman la Universidad de Yale . Debido a los estragos del cáncer , nunca pronunció estas conversaciones ni tampoco completar el manuscrito de la que iban a recibir . Este documento , sin embargo, permanece sin terminar un brillante y sombra profética de lo que considero más intimidante e importante proyecto de la humanidad . Se publicó póstumamente como el ordenador y el cerebro en 1958. Es apropiado que el trabajo final de uno de los más brillantes matemáticos del siglo pasado y uno de los pioneros de la era de la informática era un examen de la inteligencia misma . Este proyecto fue la primera investigación seria sobre el cerebro humano desde la perspectiva de un matemático y científico de la computación . Antes de von Neumann , los campos de ciencias de la computación y la neurociencia eran dos islas sin puente entre ellos .

Von Neumann comienza su discusión mediante la articulación de las similitudes y diferencias entre el ordenador y el cerebro humano . Teniendo en cuenta , cuando escribió este manuscrito , que es muy precisa. Señaló que la salida de las neuronas era digital un axón sea despedido o no lo hizo. Esto estaba lejos de ser evidente en el momento , en que la salida podría haber sido una señal analógica . El procesamiento en las dendritas que conducen a una neurona y en el cuerpo de la célula soma neuronal , sin embargo , era analógica , y que describe sus cálculos como una suma ponderada de las entradas con un umbral . Este modelo de cómo funcionan las neuronas llevó al campo de la conexionismo , que construyó sistemas sobre la base de este modelo de neurona en hardware y software . (Como describí en el capítulo anterior, el primer sistema conexionista fue creado por Frank Rosenblatt como un

programa de software en una computadora IBM 704 en Cornell en 1957 , inmediatamente después de los proyectos de las conferencias de von Neumann llegó a estar disponible .) Ahora tenemos modelos más sofisticados de cómo las neuronas se combinan entradas , pero la idea esencial de procesamiento analógico de las entradas dendríticas utilizando concentraciones de los neurotransmisores se ha mantenido válida .

Von Neumann aplica el concepto de la universalidad de la computación a la conclusión de que a pesar de que los bloques de la arquitectura y la construcción parecen ser radicalmente diferente entre el cerebro y el ordenador , que , sin embargo, se puede concluir que una máquina de von Neumann puede simular el procesamiento en un cerebro . Lo contrario no se sostiene, sin embargo, debido a que el cerebro no es una máquina de von Neumann y no tiene un programa almacenado como tal (aunque se puede simular una máquina de Turing muy simple en la cabeza) . Su algoritmo o métodos están implícitos en su estructura . Von Neumann concluye correctamente que las neuronas pueden aprender los patrones de sus entradas , que ahora que hemos establecido son codificados en parte en las fortalezas dendrita . Lo que no se conocía en la época de von Neumann es que el aprendizaje se realiza también a través de la creación y la destrucción de las conexiones entre las neuronas. Von Neumann proféticamente toma nota de que la velocidad de procesamiento neural es extremadamente lento , del orden de un centenar de cálculos por segundo , pero que el cerebro compensa esto a través de procesamiento otra idea no evidente y chaveta masiva . Von Neumann argumentó que cada uno de 10^{10} las neuronas del cerebro (una cifra que en sí era razonablemente exacta ; estimaciones hoy en día son entre 1.010 y 1.011) estaba procesando al mismo tiempo . De hecho , cada una de las conexiones (con un promedio de alrededor de 10^3 a 10^4 conexiones por neurona) es la computación simultáneamente .

Estimaciones de Von Neumann y sus descripciones de procesamiento neural son notables , dado el estado primitivo de la neurociencia en el momento . Un aspecto de su trabajo que estoy en desacuerdo con el , sin embargo, es su evaluación de la capacidad de memoria del cerebro. Se supone que el cerebro recuerda cada entrada durante toda su vida . Von Neumann supone un promedio de vida de 60 años, o aproximadamente 2×10^9 segundos . Con cerca de 14 entradas a cada neurona por segundo (que es realmente baja por al menos tres órdenes de magnitud) y con 1.010 neuronas , llega a una estimación de alrededor de 10^{20} bits para la capacidad de memoria del cerebro. La realidad , como he señalado antes, es que recordamos sólo una fracción muy pequeña de nuestros pensamientos y experiencias , e incluso estos recuerdos no se almacenan como patrones de bits en un nivel bajo (por ejemplo, una imagen de vídeo) , sino más bien como secuencias de los patrones de alto nivel. Como von Neumann describe cada mecanismo en el cerebro, que muestra cómo una computadora moderna puede lograr lo mismo , a pesar de sus aparentes diferencias . Mecanismos analógicas del cerebro pueden ser simuladas a través de los digitales porque computación digital puede emular valores analógicos a cualquier grado de precisión deseado (y la precisión de la información analógica en el cerebro es bastante baja) . Paralelismo masivo del cerebro puede ser simulado , así , dada la significativa ventaja de velocidad de los ordenadores en la computación de serie (una

ventaja que se ha expandido enormemente en el tiempo) . Además , también podemos utilizar el procesamiento paralelo en equipos mediante máquinas paralelas von Neumann que es exactamente cómo funcionan los superordenadores de hoy . Von Neumann llega a la conclusión de que los métodos del cerebro no pueden implicar algoritmos secuenciales largos , cuando se tiene en cuenta la rapidez con la que los seres humanos son capaces de tomar decisiones junto con la velocidad de cálculo muy lento de las neuronas. Cuando tercera base A campos de pelota y decide tirar a primera y no a la segunda base , se toma esta decisión en una fracción de segundo, que sólo es tiempo suficiente para que cada neurona que pasar por un puñado de ciclos. Von Neumann concluye correctamente que los poderes extraordinarios del cerebro provienen de todos sus 100 mil millones de neuronas ser capaz de procesar la información de forma simultánea. Como ya he señalado, la corteza visual hace juicios visuales sofisticados en sólo tres o cuatro ciclos neuronales .

Existe una considerable plasticidad en el cerebro, lo que nos permite aprender . Pero no es mucho mayor plasticidad en un ordenador , que puede reestructurar completamente sus métodos mediante el cambio de su software . Por lo tanto , a este respecto , un ordenador será capaz de emular el cerebro , pero lo contrario no es el caso .

Cuando von Neumann comparó la capacidad de organización paralela masiva del cerebro de las computadoras (pocos) de su época , estaba claro que el cerebro tenía mucha más memoria y velocidad . Por ahora el primer superordenador para lograr las especificaciones coincidan algunas de las estimaciones más conservadoras de la velocidad requerido para simular funcionalmente el cerebro humano (alrededor de 10¹⁶ operaciones por segundo) ha sido built.5 (I estiman que este nivel de cálculo va a costar 1.000 dólares a principios de los años 2020 .) En cuanto a la memoria que estamos aún más cerca. Aunque era muy temprano en la historia de la computadora cuando el manuscrito fue escrito, von Neumann , sin embargo, tenía la confianza de que el hardware y el software de la inteligencia humana en última instancia, caerá en su lugar , lo cual era su motivación por haber elaborado estas conferencias .

Von Neumann era profundamente consciente de la creciente ritmo de progreso y sus graves consecuencias para el futuro de la humanidad . Un año después de su muerte en 1957 , investigador matemático Stan Ulam , citado por haber dicho a principios de 1950 que " el avance cada vez más acelerado de la tecnología y los cambios en el modo de vida humano dan la apariencia de acercarse a alguna singularidad esencial en la historia de la carrera más allá del cual los asuntos humanos , tal como los conocemos , no podría continuar . "Este es el primer uso conocido de la palabra " singularidad "en el contexto de la historia de la tecnología humana.

Idea fundamental de von Neumann fue que existe una equivalencia esencial entre un ordenador y el cerebro. Tenga en cuenta que la inteligencia emocional de un ser humano biológica es parte de su inteligencia . Si la idea de von Neumann es correcto, y si se acepta mi propio salto de fe que una entidad no biológica que convincente volver a crear la inteligencia (emocional y de otro tipo) de un ser humano biológico es consciente (véase el capítulo siguiente), entonces habría que la conclusión de que existe una equivalencia esencial entre un ordenador con el software y una mente derecha (consciente) . Así es correcta von Neumann ?

La mayoría de los ordenadores en la actualidad son totalmente digitales , mientras que el cerebro humano combina métodos digitales y analógicas . Pero los métodos analógicos se vuelven a crear con facilidad y de forma rutinaria por los digitales a cualquier nivel deseado de exactitud . Americana informático Carver Mead (nacido en 1934) ha demostrado que podemos imitar directamente los métodos análogos del cerebro en el silicio , que ha demostrado con lo que él llama " neuromórfica " chips.⁶ Mead ha demostrado que este enfoque puede ser miles de veces más eficiente de emular digitalmente métodos analógicos . Al codificar el algoritmo neocortical repetida masivamente , tendrá sentido utilizar el enfoque de Mead. El Grupo de Computación Cognitiva IBM , dirigido por Dharmendra Modha , ha introducido chips que emulan las neuronas y sus conexiones , incluyendo la capacidad para formar nuevas Conexiones.⁷ llama " sinapsis " , uno de los chips proporciona una simulación directa de 256 neuronas , con cerca de un cuarto millones de conexiones sinápticas . El objetivo del proyecto es crear un neocórtex simulada con 10 mil millones de neuronas y 100 billones de conexiones cerca de un cerebro humano, que utiliza un solo kilovatio de energía .

Como von Neumann describió hace más de medio siglo, el cerebro es muy lento, pero masivamente paralelo. Circuitos digitales de hoy son por lo menos 10 millones de veces más rápido que los interruptores electroquímica del cerebro.

Por el contrario , todos los 300 millones de reconocedores de patrones neocortical del cerebro procesar al mismo tiempo , y todos los billones de sus conexiones interneuronales están potencialmente Computing al mismo tiempo . La cuestión clave para proporcionar el hardware requerido para modelar con éxito un cerebro humano , sin embargo, es la memoria total y el rendimiento computacional requerido . No necesitamos copiar directamente la arquitectura del cerebro, lo que sería un enfoque muy ineficiente e inflexible.

Vamos a estimar lo que los requisitos de hardware . Muchos proyectos han tratado de emular el tipo de aprendizaje jerárquica y reconocimiento de patrones que tiene lugar en la jerarquía neocortical , incluyendo mi propio trabajo con los modelos ocultos de Markov jerárquicos . Una estimación conservadora de mi propia experiencia es que emula un ciclo en un solo reconocedor de patrón en la neocorteza del cerebro biológico requeriría unos 3.000 cálculos. La mayoría de las simulaciones se ejecutan en una fracción de esta estimación . Con el cerebro funcionando a alrededor de 102 ciclos por segundo (100) , que viene a 3×10^5 (300.000) de cálculos por segundo reconocedor por el patrón . Usando mi estimación de 3×10^8 (300 millones) reconocedores de patrones , se ha obtenido 1.014 (100 billones de cálculos por segundo) , una cifra que es consistente con mi estimación en La Singularidad está cerca.

En el libro que proyectaba que para simular la funcionalidad del cerebro requeriría entre 10^{14} y 10^{16} cálculos por segundo (cps) y se utiliza 10^{16} cps a ser conservadores . Estimación de AI experto Hans Moravec , basado en la extrapolación de la exigencia computacional de principios del procesamiento visual (inicial) a través del cerebro, es 10^{14} cps , que coincide con mi propia evaluación aquí .

Máquinas de escritorio de rutina pueden llegar a 1.010 cps , aunque este nivel de rendimiento se puede amplificar de manera significativa mediante el uso de recursos

de la nube . La supercomputadora más rápida , K Computer de Japón, que ya ha alcanzado 1016 cps.⁸ Dado que el algoritmo de la neocorteza se repite de forma masiva , el enfoque de la utilización de chips de neuromórficos como los chips de IBM sinapsis mencionados anteriormente también es prometedor.

En cuanto a los requisitos de memoria , necesitamos alrededor de 30 bits (unos cuatro bytes) para una conexión para hacer frente a uno de 300 millones de otros reconocedores de patrones. Si calculamos un promedio de ocho entradas a cada reconocedor de patrones, que llega a 32 bytes por reconocedor . Si a esto añadimos un peso de un byte para cada entrada , que nos lleva a 40 bytes . Añadir otros 32 bytes para conexiones de baja , y estamos a 72 bytes . Tenga en cuenta que la cifra de ramificación upand down a menudo será mucho mayor que ocho, aunque estos grandes árboles de ramificación son compartidos por muchos reconocedores . Por ejemplo , puede haber cientos de reconocedores implicadas en el reconocimiento de la letra " p " . Estos se alimentan en miles de esos reconocedores en este siguiente nivel superior que tienen que ver con las palabras y frases que incluyen "p . " Sin embargo , cada " p" reconocedor no se repite el árbol de conexiones que alimenta a todas las palabras y frases que incluyen "p" todos ellos comparten un tal árbol de conexiones . Lo mismo puede decirse de las conexiones a la baja : un reconocedor que se encarga de la palabra "APPLE " le dirá a todos los miles de "E" reconocedores a un nivel por debajo de lo que se espera una "E" si ya se ha visto " A, " " P ", " P ", y " L " ese árbol de conexiones no se repite para cada palabra o frase que reconocedor quiere informar al siguiente nivel más bajo que un " se espera e " . Una vez más, se comparten . Por esta razón, una estimación global de ocho años y ocho abajo en promedio por reconocedor patrón es razonable. Incluso si aumentamos esta estimación particular, no cambia significativamente el orden de magnitud de la estimación resultante .

Con 3×10^8 (300 millones) reconocedores de patrones de 72 bytes cada uno, tenemos una necesidad de memoria global de aproximadamente 2×10^{10} (20 mil millones) bytes . Esto es realmente un número bastante modesto que la rutina computadoras de hoy pueden superar .

Estas estimaciones tienen como única finalidad proporcionar estimaciones aproximadas del orden de magnitud requerido . Dado que los circuitos digitales son intrínsecamente unos 10 millones de veces más rápido que los circuitos neocorticales biológicos , no es necesario que coincida con el cerebro humano para el procesamiento paralelo moderado (comparado con el paralelismo billones veces del cerebro humano) será suficiente. Podemos ver que los requisitos computacionales necesarios están llegando a su alcance. Cableado del cerebro en sí, las dendritas están creando continuamente nuevas sinapsis también puede ser emulado en software mediante enlaces , un sistema mucho más flexible que el método de la plasticidad del cerebro , que como hemos visto es impresionante , pero limitado .

La redundancia utilizado por el cerebro para lograr resultados invariantes robustos sin duda puede ser replicado en emulaciones de software. La matemática de la optimización de este tipo de sistemas de aprendizaje jerárquicas autoorganización es bien entendido . La organización del cerebro está lejos de ser óptima. Por supuesto,

no tenía necesidad de ser sólo tenía que ser lo suficientemente bueno para lograr el umbral de ser capaces de crear herramientas que compensen sus propias limitaciones. Otra restricción de la neocorteza humana es que no hay un proceso que elimina o revisa las ideas contradictorias , lo que explica por qué el pensamiento humano es a menudo enormemente inconsistente. Tenemos un mecanismo débil para hacer frente a este llamado pensamiento crítico , pero esta habilidad no se practica con tanta frecuencia como debería ser . En un neocórtex basado en software , podemos construir en un proceso que revela inconsistencias para su posterior revisión. Es importante tener en cuenta que el diseño de toda una región del cerebro es más simple que el diseño de una sola neurona . Como se señaló anteriormente , los modelos suelen tener más simple a un nivel a considerar una analogía mayor con un ordenador. Necesitamos entender la física detallada de los semiconductores para modelar un transistor, y las ecuaciones que subyacen a un solo transistor real son complejas. Un circuito digital que dos números múltiples requiere cientos de ellos . Sin embargo, podemos modelar este circuito de multiplicación muy simplemente con uno o dos fórmulas . Un equipo completo con miles de millones de transistores puede ser modelado a través de su conjunto de instrucciones de registro y descripción, que puede ser descrito en un puñado de páginas escritas de texto y fórmulas . Los programas de software para un sistema operativo, compiladores de lenguaje y ensambladores son bastante complejas, pero el modelado de un programa en particular por ejemplo, un programa de reconocimiento de voz basado en modelos ocultos de Markov jerárquico podrá igualmente ser descrito en sólo unas pocas páginas de ecuaciones. En ninguna parte de esta descripción se encuentran los detalles de la física de los semiconductores o incluso de la arquitectura de computadores .

Una observación similar es válido para el cerebro. Un reconocedor de patrón neocortical particular que detecta una característica visual invariante particular (tal como una cara) o que realiza un filtrado de paso de banda (restringir la entrada a un rango de frecuencia específica) en el sonido o que evalúa la proximidad temporal de dos eventos puede ser descrito con un número mucho menor detalles específicos que los de física y química las relaciones reales que controlan los neurotransmisores , canales iónicos , y otras variables sinápticas y dendríticas que participan en los procesos neuronales . A pesar de toda esta complejidad debe ser considerado cuidadosamente antes de avanzar a la siguiente más alto nivel conceptual , gran parte de ella se puede simplificar como los principios de funcionamiento del cerebro se revelan .

CAPÍTULO 9

EXPERIMENTOS DE PENSAMIENTO EN LA MENTE

Las mentes son simplemente lo que hacen los cerebros . Marvin Minsky , The Society of Mind

Cuando las máquinas inteligentes se construyen , no debemos ser sorprendidos al encontrar tan confusos y tan terco como los hombres en sus convicciones acerca de la mente materia , la conciencia, el libre albedrío , y similares.

Marvin Minsky , The Society of Mind

Quien es consciente?

La verdadera historia de la conciencia comienza con la propia primera mentira. -

Joseph Brodsky

El sufrimiento es el único origen de la conciencia . Fiodor Dostoievski , Memorias del subsuelo

Hay un tipo de planta que se alimenta de comida orgánica con sus flores : cuando una mosca se asienta sobre la flor, los pétalos cerca de ella y la retienen hasta que la planta ha absorbido el insecto en su sistema , pero se cerrará en nada , pero lo es bueno para comer , de una gota de lluvia o un pedazo de palo que se no hacen caso . Curioso ! que una cosa tan inconsciente debe tener ojos tan interesados en su propio interés. Si esta es la inconsciencia , ¿dónde está el uso de la conciencia? Samuel Butler, 1871

Hemos estado examinando el cerebro como una entidad que es capaz de determinados niveles de logro. Pero este punto de vista deja esencialmente nosotros mismos fuera de la foto . Pareciera que vivimos en nuestros cerebros . Tenemos vidas subjetivas. ¿Cómo afecta la visión objetiva del cerebro que hemos discutido hasta ahora se relacionan con nuestros propios sentimientos , a nuestro sentido de ser la persona que tiene la experiencia ?

Filósofo británico Colin McGinn (nacido en 1950) escribe que discutir " la conciencia puede reducir incluso el pensador más exigente a balbucear incoherencias. " La razón de esto es que las personas tienen a menudo sin examinar y puntos de vista contradictorios sobre exactamente lo que significa el término .

Muchos observadores consideran que la conciencia de ser una forma de actuación , por ejemplo , la capacidad de auto reflexión, es decir, la capacidad de entender los pensamientos propios y que se las expliquen . Lo describiría como que la capacidad de pensar sobre el propio pensamiento . Presumiblemente , podríamos llegar a una forma de evaluar la capacidad y luego utilizar esta prueba para separar lo consciente de lo inconsciente .

Sin embargo , se obtiene rápidamente en problemas al tratar de poner en práctica este enfoque. Es un bebé consciente? Un perro ? No son muy buenos para describir su propio proceso de pensamiento . Hay personas que creen que los bebés y los perros no son seres conscientes , precisamente porque no pueden explicar por sí mismos. ¿Y el equipo conocido como Watson ? Se puede poner en un modo en el que en realidad no explica cómo llegó a una respuesta determinada. Debido a que contiene un modelo de su propio pensamiento , es por lo tanto, Watson consciente mientras que el bebé y el perro no lo son?

Antes de proceder a analizar esta cuestión , es importante reflexionar sobre la distinción más relevante en relación a la misma: ¿Qué es lo que se puede determinar a

partir de la ciencia , frente a lo que sigue siendo un verdadero asunto de la filosofía ? Una opinión es que la filosofía es una especie de casa de acogida para las preguntas que aún no han dado con el método científico. De acuerdo con este punto de vista , una vez que la ciencia avanza lo suficiente para resolver un conjunto de preguntas , los filósofos se pueden pasar a otros asuntos , hasta el momento en que la ciencia les resuelve también . Este punto de vista es endémica cuando se trata de la cuestión de la conciencia, y en concreto a la pregunta " ¿Qué y quién es consciente? "

Tenga en cuenta estas declaraciones por el filósofo John Searle : "Sabemos que el cerebro porque la conciencia de los mecanismos biológicos específicos Lo esencial es reconocer que la conciencia es un proceso biológico como la digestión , la lactancia , la fotosíntesis , o mitosis El cerebro es una máquina, una máquina biológica para estar seguro , pero una máquina de todos modos . Así que el primer paso es averiguar cómo el cerebro lo hace y luego construir una máquina artificial que tiene un mecanismo igualmente efectivo para hacer que el conocimiento. " 1 Las personas se sorprenden al ver estas citas porque asumen que Searle se dedica a proteger el misterio de la conciencia frente a los reduccionistas como Ray Kurzweil . El filósofo australiano David Chalmers (nacido en 1966) ha acuñado el término " problema duro de la conciencia " para describir la dificultad de fijar por este concepto esencialmente indescriptible. A veces, una breve frase resume toda una escuela de pensamiento tan bien, que se convierte en emblemático (por ejemplo, de Hannah Arendt " la banalidad del mal ") . Famosa formulación de Chalmers consigue esto muy bien.

Cuando se habla de la conciencia , es muy fácil caer en cuenta los atributos observables y medibles que asociamos con ser consciente, pero este enfoque no alcanza la esencia misma de la idea. Acabo de mencionar el concepto de metacognición , la idea de pensar el propio pensamiento como uno de tales correlato de la conciencia . Otros observadores confunden la inteligencia emocional o inteligencia moral con la conciencia . Pero , una vez más , nuestra capacidad para expresar un sentimiento amoroso , para obtener la broma , o para ser sexy son simplemente tipos de actuaciones , impresionante e inteligente, tal vez, pero las habilidades que sin embargo se puede observar y medir (aunque discutimos sobre la forma de evaluar ellos) . Descubrir cómo el cerebro lleva a cabo este tipo de tareas y lo que está sucediendo en el cerebro cuando las hacemos constituye pregunta "fácil" de Chalmers de la conciencia. Por supuesto , el problema "fácil" es cualquier cosa menos y representa quizás la misión científica más difícil e importante de nuestra era . Pregunta " duro" de Chalmers , por su parte , es tan fuerte que es esencialmente inefable .

En apoyo de esta distinción , Chalmers presenta un experimento mental que implica lo que él llama zombies. Un zombi es una entidad que actúa como una persona , sino que simplemente no tienen la experiencia subjetiva, Es decir, un zombi no es consciente. Chalmers afirma que puesto que podemos concebir de zombies , que son por lo menos lógicamente posible . Si usted estuviera en una fiesta y había dos seres humanos "normales" y los zombies , ¿cómo saber la diferencia ? Tal vez esto suena como una fiesta que ha asistido .

Muchas personas responden a esta pregunta diciendo que interrogar a las personas

que deseaban evaluar sobre sus reacciones emocionales a los hechos y las ideas . Un zombie , en su opinión, sería traicionar a su falta de experiencia subjetiva a través de una deficiencia en ciertos tipos de respuestas emocionales. Pero una respuesta a lo largo de estas líneas simplemente no tiene en cuenta los supuestos del experimento mental . Si nos encontramos con una persona carente de emociones (como una persona con ciertos déficits emocionales , como es común en algunos tipos de autismo) o un avatar o un robot que no era convincente como un ser humano, emocional, entonces esa persona no es un zombie. Recuerde: De acuerdo con la suposición de Chalmers, un zombi es completamente normal en su capacidad de responder , incluyendo la capacidad de reaccionar emocionalmente , sino que es sólo falta la experiencia subjetiva. La conclusión es que no hay forma de identificar a un zombi, porque , por definición, no hay aparente indicación de su naturaleza zombie en su comportamiento . Así que esta es una distinción sin una diferencia? Chalmers no intenta responder a la pregunta difícil, pero sí proporciona algunas posibilidades. Uno de ellos es un forma de dualismo en el que la conciencia en sí misma no existe en el mundo físico , sino como una realidad ontológica separada. De acuerdo con esta formulación , lo que hace una persona está basada en los procesos en el cerebro. Debido a que el cerebro está causalmente cerrado , podemos explicar completamente las acciones de una persona , incluyendo sus pensamientos, a través de sus procesos. La conciencia entonces existe esencialmente en otro reino , o por lo menos es una propiedad independiente del mundo físico. Esta explicación no permite la mente (es decir , la propiedad consciente asociada con el cerebro) para afectar causalmente el cerebro .

Otra posibilidad que Chalmers entretiene , que no es lógicamente distinta de la noción de dualismo , ya menudo se llama panprotopsychism , sostiene que todos los sistemas físicos son conscientes, aunque sea un ser humano es más consciente de que, por ejemplo , un interruptor de luz . Sin duda de acuerdo en que el cerebro humano tiene más que ser conscientes de que un interruptor de la luz .

Mi propio punto de vista , que es tal vez una de subescuela panprotopsychism , es que la conciencia es una propiedad emergente de un sistema físico complejo . En este punto de vista de un perro también es consciente, pero un poco menos que un ser humano . Una hormiga tiene un cierto nivel de conciencia , también, pero mucho menos que la de un perro. La colonia de hormigas , por otro lado, podría considerarse que tiene un mayor nivel de conciencia de la hormiga individual, es sin duda más inteligente que una hormiga solitaria. Por este cálculo , un equipo que está emulando con éxito la complejidad de un cerebro humano también tendría la misma conciencia emergente como un ser humano .

Otra forma de conceptualizar el concepto de la conciencia es como un sistema que tiene " qualia " . Entonces, ¿qué son los qualia ? Una definición del término es " experiencias conscientes . " Sin embargo, eso no nos lleva muy lejos . Considere este experimento mental : Un neurocientífico daltónico no es del todo el tipo de daltonismo en el que se confunde ciertos matices de, por ejemplo , el verde y el rojo (como yo) , sino más bien una condición en la que vive el individuo afectado enteramente en un mundo negro y blanco . (En una versión más extrema de este escenario , ha crecido en un mundo negro y blanco , y nunca ha visto los colores de

línea. Bottom , no hay color en su mundo .) Sin embargo , se ha estudiado ampliamente la física de color es consciente de que la longitud de onda de la luz roja es de 700 nanómetros , así como los procesos neurológicos de una persona que puede experimentar colores normalmente , por lo que sabe mucho acerca de cómo los procesos cerebrales de color . Ella sabe más sobre el color que la mayoría de la gente . Si quieres ayudar a salir y explicar lo que esta experiencia real de "red " es como , ¿cómo lo harías ?

Tal vez usted desea leer su sección del poema

" Rojo" por el poeta nigeriano Oluseyi Oluseun :

Rojo del color de la sangre en el símbolo de la vida

Rojo el color de peligro, el símbolo de la muerte

Rojo color de rosa del símbolo de la belleza

Rojo el color de los amantes del símbolo de la unidad

Rojo el color del tomate en el símbolo de la buena salud de la

Red de color de fuego caliente el símbolo del deseo ardiente

Que en realidad le daría una idea de algunas de las asociaciones de personas han hecho con el rojo, e incluso puede permitirle mantener su cuenta en una conversación sobre el color. ("Sí , me encanta el color rojo, que es muy caliente y ardiente , tan peligrosamente bella ... ") En caso de que ella quería , ella probablemente podría convencer a la gente que había experimentado rojo, pero toda la poesía del mundo no sería en realidad permitirle tener esa experiencia .

Del mismo modo , ¿cómo explicar lo que se siente al sumergirse en el agua para alguien que nunca ha tocado el agua?

Queremos una vez más obligados a recurrir a la poesía , pero no hay realmente ninguna manera de difundir la experiencia misma. Estas experiencias son las que nos referimos como qualia .

Muchos de los lectores de este libro han experimentado el color rojo. Pero ¿cómo saber si su experiencia de rojo no es la misma experiencia que tengo cuando miro azul? Tanto miramos un objeto rojo y estatales por cierto que es de color rojo , pero eso no responde la pregunta. Puedo estar experimentando lo que se experimenta cuando nos fijamos en azul, pero ambos hemos aprendido a llamar a las cosas de color rojo rojo. Podríamos empezar a intercambiar poemas de nuevo, pero que sólo servirían para reflejar las asociaciones que la gente ha hecho con los colores , no hablan de la naturaleza real de la qualia . De hecho , las personas con ceguera congénita han leído una gran tratan acerca de los colores , ya que dichas referencias están repletos en la literatura, y por lo tanto ellos no tienen alguna versión de una experiencia de color. ¿De qué manera su experiencia de rojo comparar con la experiencia de las personas videntes ? Esta es realmente la misma pregunta como la referente a la mujer en el mundo en negro y blanco . Es de destacar que este tipo de fenómenos comunes en nuestras vidas son tan completamente inefable como para hacer una confirmación simple, como el que estamos viviendo la misma qualia , imposible.

Otra definición de Qualia es la sensación de una experiencia. Sin embargo , esta

definición no es menos circular que nuestros intentos de definir la conciencia superior , ya que las frases " sentimiento ", "tener una experiencia", y la "conciencia " son todos sinónimos. La conciencia y la cuestión estrechamente relacionada de los qualia son , tal vez la última, cuestión filosófica fundamental (aunque el tema de la identidad puede ser aún más importante, ya que voy a discutir en la sección de cierre de este capítulo) .

Así, con respecto a la conciencia, ¿qué es exactamente la pregunta de nuevo ? Es la siguiente: ¿Quién o qué es consciente? Me refiero a la "mente " en el título de este libro en lugar de "cerebro " , porque la mente es un cerebro que es consciente. También podríamos decir que la mente tiene el libre albedrío y la identidad. La afirmación de que estas cuestiones son filosóficas no es en sí mismo evidente. Yo sostengo que estas preguntas no se pueden resolver completamente a través de la ciencia. En otras palabras , no hay experimentos falsables que podemos contemplar que resolverlos , no sin hacer suposiciones filosóficas . Si estábamos construyendo un detector de conciencia , Searle lo querría para determinar que fue saliendo a chorros neurotransmisores biológicos. Filósofo americano Daniel Dennett (nacido en 1942) sería más flexible en el sustrato , pero puede ser que desee para determinar si el sistema contenía un modelo de sí mismo y de su propio desempeño. Ese punto de vista se acerca más a la mía, pero en su esencia sigue siendo un supuesto filosófico . Las propuestas se han presentado con regularidad que pretende ser teorías científicas que vinculan la conciencia a algún atributo físico medible lo que Searle se refiere como el "mecanismo de causar conciencia. " Científico americano, filósofo y anestesiólogo Stuart Hameroff (nacido en 1947) ha escrito que " filamentos del citoesqueleto son las raíces de la conciencia " . 2 se refiere a las roscas finas en cada célula (incluyendo las neuronas , pero no limitados a ellos) llamado microtúbulos , que dan a cada integridad estructural celular y juegan un papel en la división celular . Sus libros y artículos sobre este tema contienen descripciones detalladas y las ecuaciones que explican la plausibilidad de que los microtúbulos desempeñan un papel en el procesamiento de la información dentro de la célula. Pero la conexión de los microtúbulos a la conciencia requiere un salto de fe no es fundamentalmente diferente del acto de fe implícita en una doctrina religiosa que describe un ser supremo conciencia otorgamiento (a veces referido como un "alma ") para determinados (normalmente humano) entidades. Alguna evidencia débil se ofreció a la opinión de Hameroff , específicamente la observación de que los procesos neurológicos que podrían apoyar esta computing celular supuestamente se detienen durante la anestesia. Pero esto está lejos de la justificación convincente , dado que muchos de los procesos se detienen durante la anestesia. Ni siquiera podemos decir con certeza que los sujetos no son conscientes cuando anestesiado. Todo lo que sabemos es que la gente no recuerda sus experiencias después. Aun que no es universal , ya que algunas personas lo recuerdan precisión la experiencia, mientras que bajo anestesia , incluyendo, por ejemplo , las conversaciones por sus cirujanos . Llamado conciencia durante la anestesia , se estima que este fenómeno se produzca cerca de 40.000 veces al año en los Estados Unidos.³ Pero aún dejando eso a un lado , la conciencia y la memoria son conceptos completamente diferentes . Como he discutido ampliamente , si pienso en mi momento a momento las experiencias en los

últimos días, he tenido un gran número de impresiones sensoriales sin embargo, yo recuerdo muy pocos de ellos . Estaba por lo tanto, no es consciente de lo que estaba viendo y escuchando todo el día? En realidad, es una buena pregunta, y la respuesta no es tan clara.

Inglés físico y matemático Roger Penrose (nacido en 1931) dieron un salto diferente de la fe en proponer la fuente de la conciencia , aunque su también se refería a los microtúbulos concretamente , sus funciones de una computadora cuántica supuestos . Su razonamiento , aunque no explícitamente , parece ser que la conciencia es un misterio , y un evento cuántico también es un misterio , por lo que debe estar vinculado de alguna manera.

Penrose comenzó su análisis con los teoremas de Turing en problemas insolubles y Gödel relacionados teorema de incompletitud . La premisa de Turing (que se discute con mayor detalle en el capítulo 8) es que hay problemas algorítmicos que pueden ser establecidas, pero que no pueden ser resueltos por una máquina de Turing . Dada la universalidad computacional de la máquina de Turing, se puede concluir que estos " problemas sin solución " no pueden ser resueltos por una máquina. Teorema de incompletitud de Gödel tiene un resultado similar con respecto a la capacidad de probar conjeturas que tienen números. El argumento de Penrose es que el cerebro humano es capaz de resolver estos problemas sin solución , por lo tanto, es capaz de hacer cosas que una máquina determinista , como un ordenador no es capaz de hacer. Su motivación , al menos en parte , es elevar los seres humanos por encima de las máquinas . Pero sus centrales premisa que los seres humanos pueden resolver Turing y de insolubles de Gödel por desgracia , simplemente no los problemas es cierto.

Un famoso problema insoluble llamado el problema de castor ocupado se afirma lo siguiente: Busque el número máximo de 1s que una máquina de Turing con un cierto número de estados se puede escribir en la cinta. Así que para determinar el castor ocupado del número n , construimos todas las máquinas de Turing que tienen n estados (que será un número finito si n es finito) y luego determinar el mayor número de 1s que estas máquinas de escribir en sus cintas , con excepción de las máquinas de Turing que entran en un bucle infinito. Esto no tiene solución , porque a medida que tratamos de simular todas estas máquinas n Estado Turing , nuestro simulador entrar en un bucle infinito cuando intenta simular una de las máquinas de Turing que no entran en un bucle infinito. Sin embargo , resulta que las computadoras han sido , sin embargo, capaz de determinar la función de castor ocupado con certeza n s . Así que tienen los seres humanos , pero los ordenadores han resuelto el problema para mucho más n s que los seres humanos no asistidas . Las computadoras son generalmente mejores que los seres humanos en la solución de Turing y de problemas sin solución de Gödel .

Penrose vinculado estas funciones trascendentes reclamados del cerebro humano a la computación cuántica que la hipótesis se llevó a cabo en el mismo. Según Penrose , estos efectos cuánticos neuronales eran de alguna manera intrínsecamente no alcanzables por las computadoras , por lo tanto, el pensamiento humano tiene una ventaja inherente. De hecho , la electrónica común utiliza los efectos cuánticos (transistores dependen de túnel cuántico de los electrones a través de barreras), la computación cuántica en el cerebro no se ha demostrado , el rendimiento mental

humano puede ser explicado satisfactoriamente por métodos informáticos clásicos , y en ningún momento nos faltan los ejemplos de la aplicación de la computación cuántica en las computadoras. Ninguna de estas objeciones nunca ha sido abordada por Penrose . Fue cuando los críticos señalaron que el cerebro es un lugar cálido y desordenado para la computación cuántica que Hameroff y Penrose se unieron . Penrose encontró un vehículo perfecto dentro de las neuronas que posiblemente podrían apoyar la computación cuántica a saber , los microtúbulos que Hameroff había especulado eran parte del procesamiento de la información dentro de una neurona . Así que la tesis Hameroff Penrose es que los microtúbulos en las neuronas están haciendo computación cuántica y que este es responsable de la conciencia .

Esta tesis también ha sido criticada , por ejemplo, por el físico estadounidense y cosmólogo Max Tegmark (nacido en 1967), quienes determinaron que los eventos cuánticos en los microtúbulos podrían sobrevivir por sólo 10⁻¹³ segundos , lo cual es demasiado breve un período de tiempo ya sea para calcular resultados de cualquier significado o afecten a los procesos neuronales . Hay ciertos tipos de problemas para los cuales la computación cuántica se muestran capacidades superiores a la computación clásica , por ejemplo , el desciframiento de los códigos de cifrado a través de la factorización de números grandes. Sin embargo , el pensamiento humano sin ayuda ha demostrado ser terrible en la solución de ellos, y no puede compararse con las computadoras , incluso clásicos en esta área , lo que sugiere que el cerebro no está demostrando ninguna capacidad de computación cuántica. Además, incluso si un fenómeno como la computación cuántica en el cerebro existiera , no sería necesariamente ligada a la conciencia. Tienes que tener fe

Qué pedazo de trabajo es un hombre! Qué noble su razón! Cómo infinito en facultades ! En forma y en movimiento ,
¿cómo expreso y admirable ! En la acción cómo como un ángel ! En la aprehensión, la forma como un dios ! La belleza del mundo ! El parangón de los animales ! Y, sin embargo , para mí, ¿qué es esta quintaesencia del polvo?
Hamlet , en el Hamlet de Shakespeare

La realidad es que estas teorías son actos de fe , y yo añadiría que cuando se trata de la conciencia, el principio rector es " tienes que tener fe" es que , cada uno de nosotros necesitamos un acto de fe en cuanto a qué y quién es consciente , y quién y qué somos como seres conscientes. De lo contrario no podría levantarse en la mañana. Pero tenemos que ser honestos acerca de la necesidad fundamental de un acto de fe en este asunto y autoreflexivo sobre lo que implica nuestro propio salto particular.

Las personas tienen diferentes saltos , a pesar de las impresiones de lo contrario. Supuestos filosóficos individuales acerca de la naturaleza y el origen de la conciencia subyacen desacuerdos sobre temas que van desde los derechos de los animales al aborto , y dará lugar a más polémicos futuros conflictos sobre los derechos de la máquina. Mi predicción objetiva es que las máquinas en el futuro parecen ser conscientes y que sean convincentes para las personas biológicas cuando hablan de su qualia . Se exhibirán toda la gama de sutiles señales emocionales , familiares , que

nos harán reír y llorar , y se enoje con nosotros si decimos que no creemos que sean conscientes . (Estarán muy inteligente , así que no quiero que eso suceda.) Vamos a llegar a aceptar que se trata de personas conscientes. Mi propio acto de fe es la siguiente: Una vez que las máquinas tienen éxito en ser convincente cuando habla de sus qualia y experiencias conscientes , ellos de hecho constituyen personas conscientes. He llegado a mi posición a través de este experimento mental : Imagina que te encuentras una entidad en el futuro (un robot o un avatar) que es completamente convincente en sus reacciones emocionales. Ella se ríe de tus chistes convincente , ya su vez te hace reír y llorar (pero no sólo pellizcando usted). Ella le convence de su sinceridad cuando habla de sus miedos y anhelos . En todos los sentidos , parece conciente. Parece , de hecho , como una persona . ¿Quieres que le acepte como una persona consciente?

Si su reacción inicial es que lo más probable sería detectar algún modo en el que traiciona a su naturaleza no biológica, entonces usted no está manteniendo a los supuestos en esta situación hipotética , que establece que es totalmente convincente. Dado este supuesto , si estuviera amenazado de destrucción y respondió , como un humano , con terror, ¿podría reaccionar de la misma manera empática que usted si usted testigo de una escena que implica un ser humano? Para mí, la respuesta es sí , y creo que la respuesta sería la misma para la mayoría, si no casi todos los demás , independientemente de lo que podrían valer ahora en un debate filosófico. Una vez más, el énfasis está en la palabra " convincentes ".

Ciertamente, hay desacuerdo sobre cuándo o incluso si nos encontraremos con un no biológicos como entidad . Mi propia predicción consistente es que esto primero tendrá lugar en 2029 y convertido en una rutina en el Década de 2030 . Pero dejando a un lado el tiempo , creo que con el tiempo llegaremos a considerar a dichas entidades como consciente. Considere la forma en que ya tratamos cuando estamos expuestos a ellos como personajes de cuentos y películas : R2D2 de las películas de Star Wars , David y Teddy de la película AI , los datos de la serie de televisión Star Trek : The Next Generation , Johnny 5 de la película Short Circuit , WALL E de la película de Disney de Wall E , T 800 la (buena) Terminator en el segundo y más tarde las películas de Terminator , Rachael la Replicant del Blade Runner película (que , por cierto , no tiene conocimiento que no es humano) , Bumblebee de la película , la televisión y la serie Transformers comic , y Sonny de la película I, Robot . Nosotros identificamos con estos personajes a pesar de que sabemos que son no biológica . Nosotros los consideramos como personas conscientes, al igual que hacemos personajes humanos biológicos. Compartimos sus sentimientos y temores para ellos cuando se meten en problemas . Si esa es la forma en que tratamos a personajes de ficción no biológicas hoy, entonces es cómo vamos a tratar las inteligencias de la vida real en el futuro que no sucede que tiene un sustrato biológico .

Si acepta el salto de fe que una entidad no biológica que es convincente en sus reacciones a los qualia es realmente consciente, y luego considerar lo que eso implica : a saber, que la conciencia es una propiedad emergente de la pauta general de la entidad , no el sustrato se ejecuta en .

Hay una brecha conceptual entre la ciencia , que es sinónimo de medición objetiva, y

las conclusiones que podemos sacar de este modo , y la conciencia , que es sinónimo de la experiencia subjetiva. Obviamente no podemos simplemente pedir una entidad en cuestión, "¿Es usted consciente? " Si miramos dentro de su " cabeza", biológico o de otro modo , para cerciorarse de que , entonces tendríamos que hacer suposiciones filosóficas para determinar qué es lo que estamos buscando para . La cuestión de si es o no una entidad es consciente de lo que no es un ser científica. En base a esto, algunos observadores van a cuestionar si la conciencia misma tiene ninguna base en la realidad. Inglés escritor y filósofo Susan Blackmore (nacido en 1951) habla de la " gran ilusión de la conciencia. " Ella reconoce la realidad del meme (idea) de la conciencia

En otras palabras , la conciencia sin duda existe como una idea, y hay un gran número de estructuras neocorticales que tienen que ver con la idea, por no hablar de las palabras que se han dicho y escrito sobre él. Pero no está claro que se refiere a algo real. Blackburn pasa a explicar que ella no niega necesariamente la realidad de la conciencia , sino más bien el intento de articular el tipo de dilemas que enfrentamos cuando tratamos de definir el concepto . Como psicólogo y escritor británico Stuart Sutherland (1927-1998) escribió en el Diccionario Internacional de Psicología : " La conciencia es un fenómeno fascinante, pero difícil de alcanzar , sino que es imposible especificar qué es, qué hace, y por qué ha evolucionado. " 4

Sin embargo, sería aconsejable no descartar el concepto demasiado fácilmente como un debate entre filósofos educados que, por cierto , data remonta a dos mil años en los diálogos platónicos . La idea de la conciencia subyace en nuestro sistema moral , y nuestro sistema legal a su vez se basa libremente en las creencias morales. Si una persona se extingue la conciencia de alguien, como en el acto de asesinato , consideramos que para ser inmoral, y con algunas excepciones , un crimen de alta . Estas excepciones también son relevantes para la conciencia, en que podamos autorizar a la policía o de las fuerzas militares para matar a ciertas personas conscientes de proteger a un mayor número de otras personas conscientes . Podemos debatir los méritos de excepciones particulares , pero el principio básico es válido . Asaltar a alguien y lo que la hizo experimentar sufrimiento también es generalmente considerado inmoral e ilegal . Si destruyo mi propiedad, es probable que sea aceptable. Si destruyo su propiedad sin su permiso , probablemente no es aceptable, pero no porque yo estoy causando sufrimiento a su propiedad, sino más bien a usted como el dueño de la propiedad. Por otro lado , si mi propiedad incluye un ser consciente , como un animal , entonces yo como propietario de ese animal no necesariamente tienen rienda moral o legal gratuita a hacer con ella lo que quisiera hay, por ejemplo, las leyes contra la crueldad animal.

Debido a que una gran parte de nuestro sistema moral y jurídico se basa en la protección de la existencia y prevenir el sufrimiento innecesario de entidades conscientes , con el fin de emitir juicios responsables tenemos que responder a la pregunta de quién es consciente. La pregunta por lo tanto, no es simplemente una cuestión para el debate intelectual , como es evidente en la controversia en torno a un tema como el aborto . Debo señalar que el tema del aborto puede ir un poco más allá de la cuestión de la conciencia, como los defensores provida sostienen que el potencial de un embrión para convertirse en última instancia, una persona consciente

es razón suficiente para que pueda ser otorgado la protección, al igual que alguien en un coma merece ese derecho. Pero fundamentalmente el tema es un debate acerca de cuándo un feto se convierte en consciente.

Las percepciones de la conciencia a menudo afectan nuestros juicios en áreas controversiales . En cuanto a la cuestión del aborto de nuevo, muchas personas hacen una distinción entre una medida como la píldora del día después , lo que impide la implantación del embrión en el útero durante los primeros días de embarazo y un aborto en etapa tardía . La diferencia tiene que ver con la probabilidad de que el feto en etapa tardía es consciente. Es difícil sostener que un embrión de pocos días de edad es consciente de que el que toma una posición panprotopsyichist , pero incluso en estos términos sería clasificar a continuación el animal más simple en términos de conciencia . Del mismo modo , tenemos muy diferentes reacciones al maltrato de los grandes simios frente a , por ejemplo, los insectos. Nadie se preocupa mucho hoy sobre causando dolor y sufrimiento a nuestro software de ordenador (aunque hacemos comentar mucho sobre la capacidad del software para hacernos sufrir), pero cuando el software de futuro tiene la inteligencia intelectual , emocional y moral de los seres humanos biológicos , esto se convertirá en una verdadera preocupación .

Por tanto, mi posición es que voy a aceptar las entidades no biológicas que se convencer plenamente en sus reacciones emocionales a ser personas conscientes, y mi predicción es que el consenso en la sociedad los acepte también. Tenga en cuenta que esta definición va más allá de las entidades que pueden pasar la prueba de Turing , que requiere el dominio del lenguaje humano . Estos últimos son lo suficientemente parecidos a los humanos que me gustaría incluir , y creo que la mayoría de la sociedad también lo hará , pero también incluye entidades que evidencia reacciones emocionales similares a las humanas , pero puede no ser capaz de pasar la prueba de Turing por ejemplo , los niños pequeños .

¿Esto resuelve la cuestión filosófica de quién es consciente, al menos para mí y para otras personas que aceptan este salto particular de fe ? La respuesta es : no del todo. Nosotros sólo hemos cubierto un caso, que es el de las entidades que actúan de una manera similar a la humana . A pesar de que estamos hablando de futuras entidades que no son biológicos, estamos hablando de entidades que demuestran convencer reacciones similares a las humanas , por lo que esta posición es todavía humano - céntrica. Pero ¿qué pasa con las formas más exóticas de la inteligencia que no son parecidos a los humanos ? Podemos imaginar las inteligencias que son tan complejos como o tal vez mucho más complejo e intrincado que los cerebros humanos , pero que tienen completamente diferentes emociones y motivaciones. ¿Cómo decidir si son o no son conscientes ?

Podemos empezar por considerar las criaturas en el mundo biológico que tienen cerebros comparables a los de los seres humanos aún evidencian muy diferentes tipos de comportamientos. Filósofo británico David Cockburn (nacido en 1949) escribe sobre la visualización de un video de un calamar gigante que estaba siendo atacado (o al menos eso pensó que era Cockburn hipótesis de que podría haber tenido miedo de los humanos con la cámara de vídeo) . El calamar se estremeció y encogió y Cockburn escribe: " respondió de una manera que me llamó la atención de inmediato

y con fuerza como una de miedo. Parte de lo que se llama la atención en esta secuencia era la forma en que era posible ver en el comportamiento de una criatura físicamente de modo muy diferentes de los seres humanos una emoción que era tan inequívocamente y específicamente una de miedo . " 5 Se llega a la conclusión de que el animal sentía que la emoción y articula la creencia de que la mayoría de la gente que ve la película llegaría a la misma conclusión. Si aceptamos la descripción y la conclusión de Cockburn, entonces tendríamos que añadir los calamares gigantes a nuestra lista de entidades conscientes. Sin embargo, esto no nos ha llegado muy lejos tampoco, porque todavía se basa en nuestra reacción empática con una emoción que reconocemos en nosotros mismos. Todavía es una perspectiva de auto centrado o humano céntrica.

Si nos salimos de la biología , la inteligencia no biológica será aún más variado que la inteligencia en el mundo biológico . Por ejemplo , algunas entidades no pueden tener miedo de su propia destrucción , y no pueden tener una necesidad de que las emociones que vemos en los humanos ni en ninguna criatura biológica. Tal vez todavía podría pasar el test de Turing , o tal vez ni siquiera esté dispuesto a intentarlo. Nosotros , de hecho, construir robots hoy que no tienen un sentido de auto - preservación para llevar a cabo misiones en entornos peligrosos. No son lo suficientemente inteligentes o complejo pero que debemos considerar seriamente su capacidad de sentir , pero podemos imaginar que los robots del futuro de este tipo que son tan complejos como los humanos . ¿Qué pasa con ellos?

Personalmente , diría que si vi en el comportamiento de un tal dispositivo un compromiso con un objetivo complejo y digno y la capacidad de ejecutar las decisiones y acciones para llevar a cabo su misión notables , estaría impresionado y probablemente se enfadan si fue destruido . Esto ahora quizá estirando el concepto un poco , ya que estoy respondiendo a un comportamiento que no incluye muchas emociones que consideramos universales en las personas e incluso en las criaturas biológicas de todo tipo. Pero, de nuevo , estoy tratando de conectar con los atributos que pueda relacionarse en mí mismo ya otras personas. La idea de una entidad totalmente dedicado a un objetivo noble y llevarla a cabo o al menos tratar de hacerlo sin tener en cuenta su propio bienestar es , después de todo, no es completamente ajeno a la experiencia humana . En este caso también estamos considerando una entidad que se pretende proteger los humanos biológicos o de alguna manera avanzar nuestra agenda.

¿Qué pasa si esta entidad tiene sus propios objetivos distintos de un ser humano y no está llevando a cabo una misión que reconoceríamos como noble en nuestros propios términos ? Entonces yo podría tratar de ver si podía conectar y apreciar algunas de sus habilidades en alguna otra forma. Si de hecho es muy inteligente , es probable que sea bueno para las matemáticas , por lo que tal vez podría tener una conversación con él sobre ese tema. Tal vez sería apreciar bromas matemáticas.

Pero si la entidad no tiene interés en comunicarse conmigo , y no tienen acceso suficiente a sus acciones y decisiones para ser movido por la belleza de sus procesos internos de toma de decisiones , ¿significa eso que no es consciente? Tengo que concluir que las entidades que no tienen éxito en convencerme de sus reacciones emocionales , o que no me importa probar , ¿no no necesariamente consciente. Sería

difícil de reconocer a otra entidad consciente sin establecer algún tipo de comunicación con empatía , pero que el juicio refleja mis propias limitaciones más que a la entidad en cuestión. Por lo tanto tenemos que continuar con humildad. Es un reto suficiente para ponernos en los zapatos subjetivos de otro ser humano , por lo que la tarea será mucho más difícil con las inteligencias que son muy diferentes a los nuestros .

¿Qué somos conscientes de ?

Si pudiéramos mirar a través del cráneo en el cerebro de una persona consciente el pensamiento , y si el establecimiento de la excitabilidad óptima era luminosa , entonces deberíamos ver jugar sobre la superficie cerebral, un punto brillante con fantásticas , agitando las fronteras constante fluctuación en el tamaño y la forma , rodeado de una oscuridad más o menos profunda , que abarca el resto del hemisferio .
Ivan Petrovich Pavlov , 19136

Volviendo al calamar gigante , podemos reconocer algunos de sus aparentes emociones , pero gran parte de su comportamiento es un misterio. ¿Qué se siente ser un calamar gigante ? ¿Cómo se siente , ya que exprime su cuerpo sin espinas a través de una pequeña abertura ? Ni siquiera tenemos el vocabulario de responder a esta cuestión, teniendo en cuenta que no podemos ni describir experiencias que compartimos con otras personas , como ver el color rojo o sensación de chapoteo del agua en nuestro cuerpo .

Pero nosotros no tenemos que ir hasta el fondo del océano para encontrar misterios de la naturaleza de las experiencias conscientes sólo tenemos en cuenta nuestra. Sé, por ejemplo, que soy consciente. Supongo que usted, el lector, es consciente también .

(En cuanto a las personas que no han comprado mi libro , yo no estoy tan seguro .)

Pero lo que estoy consciente de ? Usted podría preguntar la misma pregunta .

Intente este experimento mental (que va a trabajar para aquellos que conducir un coche) : Imagínese que usted está manejando en el carril izquierdo de una autopista. Ahora cierra los ojos , tomar un volante imaginario, y hacer los movimientos para cambiar de carril al carril de la derecha .

Bueno, antes de continuar leyendo , Pruébalo.

Esto es lo que probablemente lo hizo : Sostuvo el volante. Se comprobó que el carril de la derecha es clara.

Asumiendo el carril era claro, se gira el volante a la derecha por un breve período. Luego enderezó de nuevo. Trabajo hecho .

Es una buena cosa que no estuviera en un coche real , ya que sólo has en todos los carriles de la carretera y se estrelló contra un árbol. Aunque probablemente debería haber dicho que usted no debe intentar esto en un coche en movimiento real (pero supongo que ya domina la regla de que no se debe conducir con los ojos cerrados) , eso no es realmente el problema clave aquí. Si ha utilizado el procedimiento que acabo de describir y casi todo el mundo hace cuando se hace este experimento mental se equivocó . Al girar el volante hacia la derecha y luego enderezar hacia fuera hace que el coche a la cabeza en una dirección que es diagonal a su dirección original. Se cruzará el carril de la derecha, como usted pretende , pero va a

seguir yendo a la derecha de forma indefinida hasta que se aleja de la carretera . Lo que usted necesita para hacer lo que el coche cruzó el carril de la derecha fue luego gire el volante hacia la izquierda, justo en la medida que había dado vuelta a la derecha , y luego enderezarlo de nuevo. Esto hará que el coche de nuevo a la cabeza recta en el nuevo carril .

Considere el hecho de que si usted es un conductor regular, que ha hecho esta maniobra miles de veces . Son no consciente cuando se hace esto? ¿Nunca has prestado atención a lo que realmente está haciendo al cambiar de carril ? Suponiendo que usted no está leyendo este libro en un hospital mientras se recuperaba de un accidente de cambio de carril, que han dominado claramente esta habilidad. Sin embargo, usted no es consciente de lo que hizo, sin embargo muchas veces que has logrado esta tarea.

Cuando la gente cuenta historias de sus experiencias, que ellos describen como secuencias de situaciones y decisiones. Pero esta no es la forma en que experimentamos una historia en el primer lugar. Nuestra experiencia original es como una secuencia de patrones de alto nivel, algunos de los cuales pueden haber desencadenado sentimientos. Recordamos sólo una pequeña parte de esos patrones , si acaso. Incluso si estamos razonablemente precisa en nuestro recuento de una historia , usamos nuestros poderes de confabulación para completar los detalles que falta y convertir la secuencia en un relato coherente. No podemos estar seguros de lo que nuestra experiencia consciente original era de nuestro recuerdo de ella , pero la memoria es el único acceso que tenemos a esa experiencia. El momento actual es, bueno, fugaz, y se convirtió rápidamente en un recuerdo, o , más a menudo , no . Incluso si una experiencia se convierte en una memoria , se almacena , como la PRTM indica , como un patrón de alto nivel compuesto por otros patrones en una jerarquía enorme . Como he señalado en varias ocasiones , casi todas las experiencias que tenemos (como cualquiera de los momentos que cambió de carril) se olvidan de inmediato . Así que determinar lo que constituye nuestra experiencia consciente no es realmente alcanzable.

Oriente es Oriente y Occidente es Occidente

Antes de cerebros no había color o sonido en el universo, ni hubo ningún sabor o aroma y probablemente poco sentido y ningún sentimiento o emoción. Roger W. Sperry⁷

René Descartes entra en un restaurante y se sienta a cenar .

El camarero se acerca y le pregunta si le gustaría un aperitivo.

"No, gracias ", dice Descartes , " Sólo me gustaría pedir la cena . "

"¿Te gustaría escuchar nuestros especiales del día ? ",

Pregunta el camarero . " No", dice Descartes , perdiendo la paciencia .

"¿Te gustaría tomar una copa antes de la cena ? ", Se pregunta el camarero .

Descartes es insultado , ya que él es un abstemio .

"No lo creo " , dice indignado , y ¡zas ! desaparece.

Una broma como recordó David Chalmers

Hay dos maneras de ver las preguntas que hemos estado considerando: la perspectiva occidental y perspectivas orientales sobre la naturaleza de la conciencia y de la realidad. En la perspectiva occidental, comenzamos con un mundo físico que se desarrolla patrones de información. Después de unos pocos millones de años de evolución, las entidades en ese mundo se han desarrollado lo suficiente como para convertirse en seres conscientes. En opinión del Este, la conciencia es la realidad fundamental, el mundo físico sólo llega a existir a través de los pensamientos de los seres conscientes. El mundo físico, en otras palabras, es el pensamiento de los seres conscientes se hace manifiesto. Se trata de simplificaciones de las filosofías complejas y diversas supuesto, pero representan las principales polaridades en las filosofías de la conciencia y su relación con el mundo físico.

La división entre el Este y el Oeste en el tema de la conciencia también ha encontrado su expresión en las escuelas de pensamiento opuestas en el campo de la física subatómica. En la mecánica cuántica, existen partículas como los llamados campos de probabilidad. Cualquier medición de realizar sobre ellos por un dispositivo de medición hace que lo que se llama un colapso de la función de onda, lo que significa que la partícula asume repente una ubicación en particular. Una idea popular es que una medida constituya la supervisión del observador consciente, porque de lo contrario la medida sería un concepto sin sentido. Por lo tanto la partícula asume un lugar determinado (así como otras propiedades, tales como la velocidad) sólo cuando se observa. Básicamente partículas Calculan que si nadie se molestaba en mirar a ellos, ellos no tienen que decidir dónde se encuentren. Yo llamo a esto la escuela budista de la mecánica cuántica, ya que en ella partículas esencialmente no existen hasta que son observados por una persona consciente.

Hay otra interpretación de la mecánica cuántica que evita esta terminología antropomórfica.

En este análisis, el campo que representa una partícula no es un campo de probabilidad, sino más bien simplemente una función que tiene valores diferentes en diferentes lugares. El campo, por lo tanto, es fundamentalmente lo que la partícula es. Hay limitaciones en lo que los valores del campo pueden estar en diferentes ubicaciones, debido a que el campo entero que representa una partícula representa sólo una cantidad limitada de información. Ahí es donde la palabra "quantum" viene de. El llamado colapso de la función de onda, este punto de vista sostiene, no es un colapso en absoluto. La función de onda en realidad nunca se va. Es justo que un dispositivo de medición también se compone de partículas con campos, y la interacción del campo de partículas que se los campos de partículas de los resultados del dispositivo de medición mide y en una lectura de la partícula de estar en un lugar determinado. El campo, sin embargo, todavía está presente. Esta es la interpretación occidental de la mecánica cuántica, si bien es interesante notar que el

Ver más popular entre los físicos en todo el mundo es lo que he llamado la interpretación del Este. Hubo un filósofo cuyo trabajo abarcó esta división entre el Este y el Oeste. El austriaco pensador británico Ludwig Wittgenstein (1889-1951) estudió la filosofía del lenguaje y el conocimiento y contempla la cuestión de qué es lo que realmente podemos saber. Reflexionó sobre este tema, mientras que un soldado en la Primera Guerra Mundial I y tomaba notas de lo que sería su único libro

publicado mientras estaba vivo , Tractatus Logico Philosophicus . El trabajo tiene una estructura inusual , y sólo a través de los esfuerzos de su antiguo instructor , matemático y filósofo británico Bertrand Russell, que encontró una editorial en 1921. Se convirtió en la biblia de una escuela importante de la filosofía conocida como positivismo lógico , que trató de definir los límites de la ciencia . El libro y el movimiento que lo rodean influyeron sobre Turing y el surgimiento de la teoría de la computación y la lingüística.

Tractatus Logico Philosophicus anticipa la idea de que todo conocimiento es inherentemente jerárquico. El libro se organiza en declaraciones anidadas y numeradas . Por ejemplo , las cuatro primeras declaraciones en el libro son :

1 El mundo es todo lo que es el caso.

1.1 El mundo es la totalidad de los hechos, no de las cosas.

1.11 El mundo está determinada por los hechos , y al hecho de ser todos los hechos.

1.12 Para la totalidad de los hechos determina lo que es el caso, y también todo lo que no es el caso. Otra declaración importante en el Tractatus y uno que Turing se haría eco es la siguiente: 4.0031 Toda la filosofía es una crítica del lenguaje .

Esencialmente tanto Tractatus Logico Philosophicus y el movimiento positivismo lógico afirmar que la realidad física existe separada de nuestra percepción de ella , sino que todos podemos conocer de la realidad es lo que percibimos con nuestros sentidos que puede ser aumentado a través de nuestras herramientas y la inferencias lógicas que pueden hacer a partir de estas impresiones sensoriales . Esencialmente Wittgenstein está tratando de describir los métodos y objetivos de la ciencia. La declaración final del libro es el número 7 , "Lo que no se puede hablar hay que callar . " El primer Wittgenstein , en consecuencia , considera que la discusión de la conciencia como circular y tautológica y por lo tanto una pérdida de tiempo .

El segundo Wittgenstein , sin embargo, rechazó por completo este enfoque y pasó toda su atención filosófica hablando de asuntos que había argumentado anteriormente debe ser pasado por alto . Se recogieron Sus escritos sobre este pensamiento revisado y publicado en 1953 , dos años después de su muerte , en un libro titulado Investigaciones filosóficas . Criticó a sus ideas anteriores en el Tractatus , juzgando a ser circular y vacío de significado , y llegó a la opinión de que lo que le había aconsejado que no se habla , de hecho, todo lo que valía la pena reflexionar sobre . Estos escritos influyeron en gran medida los existencialistas , por lo que Wittgenstein la única figura en la filosofía moderna siendo un importante arquitecto de las dos escuelas principales y contradictorias de pensamiento en la filosofía.

¿Qué es lo que el pensamiento posterior Wittgenstein valía la pena pensar y hablar sobre ? Fue temas como la belleza y el amor , que reconoció existe imperfecta como ideas en la mente de los hombres. Sin embargo , escribe que estos conceptos existan en una esfera perfecta e idealizada , similar a las "formas " perfectas que Platón escribió en los diálogos platónicos , otro trabajo que iluminaba al parecer enfoques contradictorios a la naturaleza de la realidad. Un pensador cuya posición que creo que es caracterizado erróneamente es el filósofo y matemático francés René Descartes. Su famoso "pienso, luego existo" se interpreta generalmente al pensamiento racional

exaltan , en el sentido de que "yo creo que es lo que puedo realizar el pensamiento lógico , por lo tanto soy la pena. " Descartes por lo tanto es considerado el arquitecto de la racional occidental perspectiva .

La lectura de esta declaración en el contexto de sus otros escritos, sin embargo , tengo una impresión diferente . Descartes estaba preocupado por lo que se conoce como el "problema mentecuerpo ": Es decir , ¿cómo puede una mente consciente surgir de la materia física del cerebro ? Desde esta perspectiva , parece que él estaba tratando de empujar el escepticismo racional al punto de ruptura , por lo que en mi opinión lo que su declaración significa realmente es , " creo, es decir , una experiencia subjetiva que está ocurriendo , por lo tanto, todo lo que sabemos seguro es que algo, llamarlo I existe. " no podía estar seguro de que el mundo físico existe , porque todo lo que tenemos son nuestras impresiones sensoriales individuales de ella , lo que podría estar mal o totalmente ilusoria. Lo que sí sabemos , sin embargo, que existe el experimentador .

Mi educación religiosa en una iglesia unitaria , donde estudiamos todas las religiones del mundo . Queremos pasar seis meses en, por ejemplo , el budismo y volvería a ir a los servicios budistas , leer sus libros , y tienen grupos de discusión con sus líderes . Entonces tendríamos cambiar a otra religión , como el judaísmo. El tema principal fue " muchos caminos a la verdad ", junto con la tolerancia y la trascendencia. Esta última idea significaba que resolver aparentes contradicciones entre las tradiciones no requiere decidir que es correcto y el otro está equivocado. La verdad puede ser descubierta sólo por la búsqueda de una explicación que anula trasciende aparentes diferencias , especialmente en cuestiones fundamentales de significado y propósito. Así es como puedo solucionar la brecha occidental y oriental de la conciencia y el mundo físico . En mi opinión, ambas perspectivas tienen que ser verdad.

Por un lado, es absurdo negar el mundo físico. Aunque vivimos en una simulación, como se especula por el filósofo sueco Nick Bostrom , la realidad es , sin embargo, un nivel conceptual que es real para nosotros. Si aceptamos la existencia del mundo físico y la evolución que ha tenido lugar en ella, entonces podemos ver que las entidades conscientes han evolucionado de la misma.

Por otro lado , la perspectiva del Este que la conciencia es fundamental y representa la única realidad que es verdaderamente importante también es difícil negar . Basta pensar en la relación preciosa que le damos a las personas conscientes frente a las cosas inconscientes. Consideramos que este último no tener ningún valor intrínseco , excepto en la medida en que pueden influir en la experiencia subjetiva de las personas conscientes.

Incluso si consideramos la conciencia como una propiedad emergente de un sistema complejo , no podemos tomar la posición de que es sólo otro atributo (junto con la " digestión " y " lactancia " , para citar a John Searle) . Representa lo que es verdaderamente importante.

La palabra "espiritual" se utiliza a menudo para referirse a las cosas que son de importancia fundamental . Muchas personas no les gusta usar esa terminología de las tradiciones espirituales y religiosas , porque implica conjuntos de creencias que no pueden suscribirse. Pero si nos despojamos de las complejidades místicas de las tradiciones religiosas y simplemente respetamos "espiritual" en el sentido de algo de

profundo significado para los seres humanos , entonces el concepto de conciencia se ajusta. Refleja el valor espiritual supremo. En efecto , el "espíritu" sí se usa a menudo para referirse a la conciencia.

Evolución a continuación, se puede ver como un proceso espiritual en que crea seres espirituales , es decir , entidades que son conscientes . Evolution también se mueve hacia una mayor complejidad , mayor conocimiento , mayor inteligencia , mayor belleza, mayor creatividad , y la capacidad de expresar emociones más trascendentes , como el amor . Estas son todas las descripciones que la gente ha utilizado el concepto de Dios , si bien Dios es descrito como no tener limitaciones en estos aspectos .

La gente a menudo se sienten amenazados por las discusiones que impliquen la posibilidad de que una máquina podría ser consciente, como lo ven las consideraciones en este sentido como una denigración del valor espiritual de las personas conscientes. Pero esta reacción refleja una interpretación errónea del concepto de una máquina. Tales críticos están abordando el tema sobre la base de las máquinas que conocemos hoy en día , y tan impresionante como se están haciendo , estoy de acuerdo que los ejemplos contemporáneos de la tecnología no son dignos de nuestro respeto como seres conscientes . Mi predicción es que va a ser indistinguibles de los humanos biológicos, los que hacemos lo que se refiere como seres conscientes , y por lo tanto participar en el valor espiritual que le atribuimos a la conciencia. Esto no es un menosprecio de las personas , sino que es una elevación de nuestra comprensión de (algunos) las futuras máquinas . nosotros probablemente debería adoptar una terminología diferente para estas entidades , ya que será un tipo diferente de máquina.

De hecho, como ahora vemos en el cerebro y decodificar los mecanismos descubrimos métodos y algoritmos que no sólo podemos entender , pero recrear " las partes de un molino empujando el uno del otro " , para parafrasear matemático y filósofo alemán Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) cuando escribió sobre el cerebro. Los humanos ya constituyen máquinas espirituales. Por otra parte , vamos a combinar con las herramientas que estamos creando tan de cerca que la distinción entre el ser humano y la máquina va a difuminar hasta que desaparezca la diferencia. Ese proceso ya está en marcha, aunque la mayoría de las máquinas que nos extienden aún no se encuentran dentro de nuestros cuerpos y cerebros .

Wi l

Un aspecto central de la conciencia es la capacidad de mirar hacia el futuro , la capacidad que llamamos " visión de futuro ". Es la capacidad para planificar, y en términos sociales para delinear un panorama de lo que es probable que va a pasar, o lo que podría suceder , en la vida social interacciones que aún no han tenido lugar Es un sistema por el cual podemos mejorar nuestras posibilidades de hacer las cosas que representarán a nuestros propios intereses Sugiero que el "libre albedrío " es nuestra aparente capacidad de elegir y actuar en cualquiera de los que parecen más útiles o convenientes , y nuestra insistencia en la idea de que estas elecciones son nuestras. - Richard D. Alexander

¿Diremos que la planta no sabe lo que está haciendo simplemente porque no tiene

ojos o los oídos , o el cerebro ? Si decimos que actúa mecánicamente , y mecánicamente sólo se que no se vio obligado a admitir que los diversos otros y al parecer muy deliberado acciones también son mecánica? Si nos parece que la planta mata y se come una mosca mecánica , puede no parecerse a la planta que el hombre debe matar y comer una oveja mecánica ? - Samuel Butler, 1871

Es el cerebro, que es sobre todo en la estructura doble , un doble de órganos, " pareciendo separado , pero aún una unión en la partición "? Henry Maudsley⁸

Redundancia , como hemos aprendido , es una estrategia clave desplegada por el neocórtex . Pero hay otro nivel de redundancia en el cerebro , en la que sus hemisferios izquierdo y derecho , si no idénticas , son en gran parte la misma . Así como ciertas regiones de la corteza cerebral que normalmente terminan procesar ciertos tipos de información , los hemisferios también se especializan en cierta medida , por ejemplo , el hemisferio izquierdo es normalmente responsable del lenguaje verbal. Sin embargo, estas asignaciones también pueden ser desviados , hasta el punto de que podemos sobrevivir y funcionar normalmente algo con un solo medio . Americana neuropsicología investigadores Stella de Bode y Susan Curtiss informó sobre cuarenta y nueve niños que habían sufrido un hemisferectomía (extirpación de la mitad de su cerebro) , una operación extrema que se realiza en pacientes con un trastorno convulsivo que amenaza la vida que existe en un solo hemisferio . Algunos de los que se someten al procedimiento quedan con déficit , pero esos déficits son específicos y los pacientes tienen personalidades bastante normales. Muchos de ellos prosperan , y no es evidente para los observadores que sólo tienen dos dedos de frente . De Bode y Curtiss escribir sobre niños dejados hemispherectomized que " desarrollan muy buen lenguaje pesar de la eliminación del hemisferio " lenguaje " . " ⁹ Describen uno de esos estudiantes que completaron la universidad, asistió a la escuela de posgrado , y anotó por encima del promedio en las pruebas de coeficiente intelectual . Los estudios han demostrado efectos mínimos a largo plazo sobre la cognición global , memoria , personalidad y sentido del humor. ¹⁰ En un estudio americano investigadores Shearwood McClelland ²⁰⁰⁷ y Robert Maxwell mostró resultados positivos a largo plazo similares en adults.¹¹

A diez años de edad, niña alemana que nació con sólo la mitad de su cerebro también se ha informado de que se bastante normal . Ella incluso tiene una visión casi perfecta en un ojo, mientras que los pacientes pierden parte hemisferectomía de su campo de visión después de la operation.¹² Scottish investigador Lars Muckli comentó: " El cerebro tiene plasticidad increíble, pero nos quedamos bastante sorprendido al ver lo bien que el solo hemisferio del cerebro en esta chica se ha adaptado para compensar la parte que falta . "

Si bien estas observaciones apoyan la idea de duda de la plasticidad en la corteza cerebral , su más implicación interesante es que cada uno parece tener dos cerebros , no uno , y podemos hacer bastante bien con cualquiera. Si perdemos uno , lo hacemos perder los patrones corticales que se almacenan únicamente allí, pero cada cerebro es en sí mismo bastante completo . Entonces, ¿ cada hemisferio tiene su propia conciencia ? Hay un argumento que hacer que así sea .

Considere la posibilidad de los pacientes con cerebro dividido , que todavía tiene sus dos hemisferios cerebrales , pero el canal entre ambos se ha reducido . El cuerpo calloso es un paquete de unos 250 millones de axones que conecta los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho , y permite que se comuniquen y coordinen entre sí. Así como dos personas pueden comunicarse estrechamente entre sí y actuar como una sola toma de decisiones sin dejar de ser individuos separados y todo , los dos hemisferios cerebrales pueden funcionar como una unidad sin dejar de ser independiente.

Como el término lo indica, en los pacientes con cerebro dividido el cuerpo calloso se ha cortado o dañado , dejando de manera efectiva con los dos cerebros funcionales sin un vínculo directo de comunicación entre ellos. Americana psicología investigador Michael Gazzaniga (nacido en 1939) ha llevado a cabo extensos experimentos en lo que cada hemisferio en pacientes con cerebro dividido está pensando.

El hemisferio izquierdo en un paciente con el cerebro dividido generalmente ve el campo visual derecho , y viceversa . Gazzaniga y sus colegas demostraron que un paciente con el cerebro dividido una imagen de una garra de pollo en el campo visual derecho (que fue visto por su hemisferio izquierdo) y una escena de nieve en el campo visual izquierdo (que fue visto por su hemisferio derecho) . Luego mostró una colección de fotografías de manera que los dos hemisferios pueden verlos. Se pide al paciente que elija una de las fotos que salieron bien en la primera imagen . La mano izquierda del paciente (controlada por el hemisferio derecho) se refirió a la imagen de una pala, mientras que su mano derecha se refirió a una foto de un pollo. Hasta aquí todo bien los dos hemisferios estaban actuando de manera independiente y con sensatez. " ¿Por qué elegiste eso? " Gazzaniga pide al paciente , que respondió verbalmente (controlado por el centro del lenguaje del hemisferio izquierdo) , " La garra de pollo va , obviamente, con el pollo. " Pero entonces el paciente bajó la vista y , al ver su mano izquierda señalando la pala, explicó inmediatamente esto (de nuevo con su centro del lenguaje del hemisferio izquierdo controlado) como " y necesitas una pala para limpiar el gallinero ".

Esta es una confabulación. El hemisferio derecho (que controla el brazo izquierdo y la mano) correctamente señala la pala, pero debido a que el hemisferio izquierdo (que controla la respuesta verbal) no es consciente de la nieve , se confabula una explicación, sin embargo, no es consciente de que está confabulando . Es tomar la responsabilidad de una acción que nunca se había decidido y nunca tuvo , pero piensa que lo hizo.

Esto implica que cada uno de los dos hemisferios en un paciente con el cerebro dividido tiene su propia conciencia. Los hemisferios parecen no ser conscientes de que su cuerpo está efectivamente controlada por dos cerebros , porque aprenden a coordinarse entre sí , y sus decisiones son suficientemente armonizada y coherente que cada uno piensa que las decisiones de los otros son propios.

El experimento de Gazzaniga no prueba que una persona normal con un cuerpo calloso funcionamiento tiene dos medio cerebros conscientes , pero es sugerente de esa posibilidad . Mientras que el cuerpo calloso permite la colaboración efectiva entre las dos mitades de cerebros , esto no significa necesariamente que no son mentes

separadas . Cada uno puede ser engañado en el pensamiento de que ha tomado todas las decisiones , ya que todos ellos serían lo suficientemente cerca de lo que cada uno hubiera decidido por sí mismo, y después de todo , tiene una gran influencia en cada decisión (mediante la colaboración con el otro hemisferio a través del cuerpo calloso) . Así que para cada uno de los dos mentes que parece como si se tratara en el control .

¿Cómo probar la conjetura de que ambos son conscientes ? Se podría evaluarlos para correlatos neurológicos de la conciencia, que es precisamente lo que ha hecho Gazzaniga . Sus experimentos muestran que cada hemisferio está actuando como un cerebro independiente . La confabulación no se limita a los hemisferios cerebrales , cada uno de nosotros lo hacemos sobre una base regular. Cada hemisferio es tan inteligente como un ser humano , por lo que si creemos que un cerebro humano es consciente, entonces tenemos que concluir que cada hemisferio es independientemente consciente. Podemos evaluar los correlatos neurológicos y podemos realizar nuestro propio pensamiento experimentos (por ejemplo, teniendo en cuenta que si dos hemisferios del cerebro sin cuerpo calloso funcionamiento constituyen dos mentes conscientes separados , lo mismo tendría que ser verdad para dos hemisferios con una conexión operativa entre ellos) , pero cualquier intento de una detección más directa de conciencia en cada hemisferio nos enfrenta de nuevo con la falta de una prueba científica para la conciencia . Pero si lo hacemos permite que cada hemisferio del cerebro es consciente, entonces nos conceda que la llamada actividad inconsciente en el neocórtex (que constituye el grueso de su actividad) tiene una conciencia independiente también? O tal vez tenga más de una ? En efecto , Marvin Minsky se refiere al cerebro como una "sociedad de la mente " 13. En otro experimento, la división del cerebro , los investigadores mostraron que la palabra " campana" en el lado derecho del cerebro y "música " para el cerebro izquierdo . Se le pide al paciente que palabra que vio. El centro del lenguaje del hemisferio izquierdo controlado dice " música. " El tema se muestra entonces un grupo de imágenes y pidió para que apunte a una imagen más estrechamente relacionados con la palabra que sólo se muestra. Su brazo derecho hemisferio controlado señaló la campana. Cuando se le preguntó por qué se refirió a la campana, el centro del lenguaje del hemisferio izquierdo controlado respondió: "Bueno , la música , la última vez que escuché toda la música era las campanas golpeando fuera de aquí . " Nos dio esta explicación , aunque había otros fotos para elegir que eran mucho más estrechamente relacionados con la música.

Una vez más , esta es una confabulación. El hemisferio izquierdo está explicando como si fuera su propia una decisión que nunca se hizo y nunca llevó a cabo . No lo está haciendo para encubrir a un amigo (es decir, su otro hemisferio) que realmente piensa que la decisión era propia.

Estas reacciones y decisiones pueden extender a las respuestas emocionales. Pidieron una división del cerebro adolescente al paciente para que ambos hemisferios oído : "¿Quién es tu favorito ..." y luego se alimenta la palabra " novia " , sólo para el hemisferio derecho a través del oído izquierdo. Informes Gazzaniga que el sujeto se sonrojó y actuó vergüenza , una reacción adecuada para un adolescente cuando se le preguntó acerca de su novia . Pero el centro del lenguaje del hemisferio izquierdo con

control informó de que no había escuchado palabras y solicitó una aclaración : "¿ Mi favorito lo que" Cuando se le preguntó de nuevo para responder a la pregunta , esta vez por escrito, escribió el lado derecho del hemisferio controlado izquierda el nombre de su novia.

Pruebas de Gazzaniga no se cree experimentos pero los experimentos mentales reales. Mientras que ofrecen una perspectiva interesante sobre la cuestión de la conciencia, que hablan más directamente a la cuestión del libre albedrío. En cada uno de estos casos, uno de los hemisferios cree que ha tomado una decisión que , de hecho, nunca lo hizo . ¿Hasta qué punto es cierto eso de las decisiones que tomamos todos los días?

Considere el caso de un paciente epiléptico hembra de diez años de edad .

Neurocirujano Itzhak Fried estaba realizando una cirugía cerebral mientras estaba despierto (que es factible porque no hay receptores del dolor en el cerebro) .¹⁴ Siempre que estimuló un punto concreto de su neocórtex , se reía . Al principio, el equipo quirúrgico pensó que podrían estar provocando una especie de reflejo de risa , pero rápidamente se dio cuenta de que estaban provocando la percepción real del humor. Al parecer, habían encontrado un punto en su neocortex , es evidente que hay más de una que reconoce la percepción del humor. Ella no estaba riendo que en realidad encontró la situación divertida , a pesar de que nada había cambiado realmente en la situación que no sea su haber estimulado este momento de su neocórtex . Cuando le preguntaron por qué se reía , ella no respondió a lo largo de las líneas de, " Oh , no hay razón en particular", o " Sólo estimulado mi cerebro", pero le confabular inmediatamente una razón. Ella recuerda a algo en la habitación y tratar de explicar por qué era gracioso. " Ustedes son simplemente de pie tan divertido allí" fue un comentario típico.

Somos aparentemente muy dispuestos a explicar y racionalizar nuestras acciones , incluso cuando en realidad no tomamos las decisiones que llevaron a ellos. Entonces, ¿cómo somos responsables de nuestras decisiones ?

Considere estos experimentos por el profesor Benjamin Libet fisiología (19162007) en la Universidad de California en Davis. Libet hizo que los participantes se sientan delante de un temporizador , electrodos EEG unidos a su cuero cabelludo . Él instruyó a hacer tareas sencillas como pulsar un botón o mover un dedo. Se pidió a los participantes a tomar nota de la hora en el temporizador cuando " primero se dan cuenta de la voluntad o el impulso de actuar. " Las pruebas indican un margen de error de sólo 50 milisegundos en los análisis efectuados por los sujetos. También midieron un promedio de alrededor de 200 milisegundos entre el momento en que los sujetos informaron de conciencia de la necesidad de actuar y la actual act.¹⁵

Los investigadores también analizaron las señales de EEG procedentes de cerebros de los sujetos . La actividad del cerebro implicada en la iniciación de la acción de la corteza motora (que es responsable de llevar a cabo la acción), en realidad se produjo en promedio alrededor de 500 milisegundos antes de la realización de la tarea . Esto significa que la corteza motora estaba preparando para llevar a cabo la tarea de un tercio de segundo antes de que el objeto era aún consciente de que había tomado la decisión de hacerlo.

Las implicaciones de los experimentos de Libet han sido objeto de acalorados debates

. Mismo Libet concluyó que la conciencia de la toma de decisiones parece ser una ilusión, que " la conciencia está fuera de onda . " Filósofo Daniel Dennett , comentó: " La acción se precipita originalmente en alguna parte del cerebro , y de volar las señales a los músculos , haciendo una pausa en el camino para decirle , el agente consciente, lo que está pasando (pero como todos los buenos funcionarios que dejar que el presidente inepto , mantener la ilusión de que lo inició todo) "16. Al mismo tiempo Dennett ha cuestionado los tiempos registrados por el experimento, básicamente, argumentando que los sujetos pueden no ser realmente consciente de cuando se dan cuenta de la decisión de actuar . Uno podría preguntarse : Si el sujeto no es consciente de que ella es consciente de tomar una decisión, entonces, ¿quién es ? Pero el punto es en realidad bien llevado , como ya señalé , lo que son conscientes de está lejos de ser clara.

Los indios americanos neurocientífico Vilayanur Subramanian " Rama"

Ramachandran (nacido en 1951) explica la situación de manera diferente . Dado que tenemos del orden de 30 mil millones de neuronas en la corteza cerebral , siempre hay mucho que hacer allí, y somos conscientes de muy poco de él . Las decisiones , grandes y pequeñas , están constantemente siendo procesados por el neocortex , y propusieron soluciones burbuja hasta nuestra conciencia . En lugar de libre albedrío , Ramachandran sugiere que deberíamos hablar de "libre no" , es decir, la facultad de rechazar las soluciones propuestas por las partes inconscientes de nuestro neocortex . Considere la analogía de una campaña militar . Oficiales del ejército preparar una recomendación al presidente. Antes de recibir la aprobación del presidente , que llevan a cabo los trabajos preparatorios que permitan la decisión de llevar a cabo . En un momento determinado , la decisión propuesta es presentada al presidente, que lo aprueba, y se lleva a cabo a continuación, el resto de la misión. Dado que el "cerebro " representado por esta analogía implica los procesos inconscientes de la neocorteza (es decir, los funcionarios en el marco del presidente), así como sus procesos conscientes (el presidente) , veríamos la actividad neuronal , así como las acciones reales que tienen lugar antes de que está siendo tomada la decisión oficial. Podemos conseguir siempre a los debates en una situación particular en cuanto a cuánto margen de maniobra a los funcionarios en el marco del presidente en realidad le dieron o ella para aceptar o rechazar una recomendación, y, ciertamente, los presidentes estadounidenses han hecho ambas cosas. Pero no nos debe sorprender que la actividad mental, incluso en la corteza motora , comenzaría antes de que fuéramos conscientes de que había una decisión que debe tomarse .

Lo que los experimentos de Libet no ponen de relieve es que no hay mucha actividad en el cerebro que subyace a nuestras decisiones que no está consciente. Ya sabíamos que la mayor parte de lo que sucede en el neocórtex no es consciente , no es de extrañar , pues, que nuestras acciones y decisiones se deben a la actividad tanto inconsciente y consciente. Es importante esta distinción? Si surgen nuestras decisiones tanto , debería importar si clasificamos las partes conscientes del inconsciente ? ¿No es el caso que ambos aspectos representan nuestro cerebro? ¿No somos en última instancia responsable de todo lo que pasa en nuestro cerebro ? " Sí , me tiro a la víctima , pero no soy responsable porque yo no estaba prestando atención " es probablemente una defensa débil. A pesar de que hay algunas razones legales

estrechos en los que una persona no pueda ser considerada responsable de sus decisiones , estamos generalmente considerados responsables de todas las decisiones que tomamos.

Las observaciones y los experimentos que he citado anteriormente constituyen pensaron experimentos sobre el tema del libre albedrío , un tema que , al igual que el tema de la conciencia, se ha debatido desde Platón . El término "libre albedrío " en sí se remonta al siglo XIII , pero ¿qué significa?

El diccionario Merriam Webster define como "la libertad de los seres humanos a tomar decisiones que no son determinado por causas anteriores o por la intervención divina " Usted se dará cuenta que esta definición es irremediamente circular : " . el libre albedrío es la libertad " Dejando a un lado la idea de la posición de la intervención divina en la oposición al libre albedrío , no es un elemento útil en esta definición , que es la idea de una decisión de " no [se] determinado por causas anteriores. " voy a volver a ese momento .

La enciclopedia de Stanford de Estados Filosofía que el libre albedrío es la " capacidad de los agentes racionales para elegir un curso de acción entre varias alternativas. " Según esta definición, un simple ordenador es capaz de libre albedrío, por lo que es menos útil que la definición del diccionario .

Wikipedia es en realidad un poco mejor. Define el libre albedrío como "la capacidad de los agentes para tomar decisiones libres de ciertos tipos de restricciones La restricción de la preocupación dominante ha sido ... el determinismo " Una vez más , se utiliza la palabra circular" libre " en la definición de libre albedrío , pero no articular lo que ha sido considerado como el principal enemigo del libre albedrío : el determinismo. En ese sentido, la definición de Merriam Webster anterior es en realidad similar en su referencia a las decisiones que " no están determinadas por causas anteriores. "

Entonces, ¿qué queremos decir con el determinismo ? Si pongo " $2 + 2$ " en una calculadora y muestra " 4 ", puedo decir que la calculadora muestra su voluntad con la decisión de mostrar que " 4 "? Nadie podría aceptar eso como una manifestación del libre albedrío, ya que la "decisión " estaba predeterminado por los mecanismos internos de la calculadora y la entrada . Si pongo en un cálculo más complejo , todavía llega a la misma conclusión con respecto a su falta de voluntad.

¿Qué hay de Watson cuando se responde a una Jeopardy ! consulta? A pesar de sus deliberaciones son mucho más complejas que las de la calculadora, muy pocos o ninguno de los observadores atribuyen el libre albedrío de sus decisiones. Nadie humano sabe exactamente cómo todos sus programas de trabajo , pero podemos identificar a un grupo de personas que colectivamente pueden describir todos sus métodos . Más importante aún , su salida está determinado por (1) la totalidad de sus programas en el momento que la consulta se plantea , (2) la propia consulta, (3) el estado de los parámetros internos que influyen en sus decisiones , y (4) su trillones de bytes de bases de conocimiento , como las enciclopedias . En base a estas cuatro categorías de información , se determinó su salida. Podríamos especular que la presentación de la misma consulta siempre obtener la misma respuesta , pero Watson está programado para aprender de su experiencia , por lo que existe la posibilidad de que las respuestas posteriores serían diferentes . Sin embargo , eso no contradice este

análisis , sino que sólo constituye un cambio en el punto 3 , los parámetros que controlan sus decisiones.

Entonces, ¿ exactamente qué se diferencia un humano de Watson , de tal manera que le atribuimos a la libre voluntad del programa de computadora humana, pero no es así? Podemos identificar varios factores. A pesar de que Watson es una mejor Jeopardy ! jugador que la mayoría si no todos los seres humanos , que , sin embargo, no es tan complejo como un neocórtex humano . Watson hace poseer una gran cantidad de conocimiento , y se hace uso de métodos jerárquicos , pero la complejidad de su pensamiento jerárquico es todavía considerablemente menor que la de un humano . Así es la diferencia simplemente uno de la escala de la complejidad de su pensamiento jerárquico ? Hay un argumento que hizo que la cuestión se reduce a esto. En mi análisis de la cuestión de la conciencia me di cuenta que mi acto de fe es que yo consideraría un equipo que pasó una prueba de Turing válida para ser consciente. Los mejores chatbots no son capaces de hacer eso hoy en día (aunque están mejorando constantemente) , por lo que mi conclusión con respecto a la conciencia es una cuestión del nivel de rendimiento de la entidad . Tal vez lo mismo se puede decir de mi libre albedrío atribuir a él.

La conciencia es de hecho una diferencia filosófica entre el cerebro humano y los programas de software contemporáneas. Consideramos que los cerebros humanos sean conscientes , mientras que nosotros hacemos que aún no es atributo que a los programas de software. ¿Es este el factor que estamos buscando que se basa el libre albedrío?

Un sencillo experimento mental diría que la conciencia es de hecho una parte esencial de la libre voluntad . Considere una situación en la que alguien realiza una acción sin conciencia de que lo está haciendo se lleva a cabo en su totalidad por la actividad no consciente en el cerebro de esa persona. ¿Nos consideramos que se trata de una exhibición de libre albedrío? La mayoría de la gente respondería que no. Si la acción era dañina , probablemente aún sostenemos que la persona responsable , pero buscamos algunos actos conscientes recientes que pueden haber causado esa persona para llevar a cabo acciones sin ser consciente , como tomar una copa de más , o simplemente dejar de entrenarse adecuada para considerar conscientemente sus decisiones antes de que ella actuó en ellos.

Según algunos comentaristas , los experimentos de Libet argumentaron en contra del libre albedrío , poniendo de relieve lo mucho de nuestra toma de decisiones no es consciente. Dado que existe un consenso razonable entre los filósofos que el libre albedrío implica la toma de decisiones consciente, parece ser una condición necesaria para el libre albedrío. Sin embargo, para muchos observadores , la conciencia es una condición necesaria pero no suficiente . Si nuestras decisiones conscientes o no están predeterminados antes de hacer ellos, ¿cómo podemos decir que nuestras decisiones son libres ? Esta posición , que sostiene que el libre albedrío y el determinismo no son compatibles, se conoce como incompatibilismo . Por ejemplo, el filósofo norteamericano Carl Ginet (nacido en 1932) argumenta que si se determinan los acontecimientos en el pasado, el presente y el futuro , entonces se puede considerar que no tienen control sobre ellos o sus consecuencias. Nuestros aparentes decisiones y acciones son simplemente parte de esta secuencia predeterminada . Para Ginet , esto

excluye el libre albedrío.

No todo el mundo considera el determinismo por ser incompatible con el concepto de libre albedrío, sin embargo. Los compatibilistas sostienen, fundamentalmente, que usted es libre de decidir lo que quiere a pesar de lo que decida sea o pueda ser determinada. Daniel Dennett, por ejemplo, sostiene que si bien el futuro puede determinarse a partir del estado de la actualidad, la realidad es que el mundo es tan intrincado complejo que no nos es posible saber lo que el futuro traerá. Podemos identificar lo que él se refiere como "expectativas", y somos realmente libres para llevar a cabo actos que difieren de estas expectativas. Debemos considerar cómo nuestras decisiones y acciones en comparación con estas expectativas, no a un futuro teóricamente determinado que no podemos, de hecho conocer. Eso, Dennett argumenta, es suficiente para el libre albedrío.

Gazzaniga también articula una posición compatibilista: "Somos agentes personalmente responsables y deben rendir cuentas de nuestras acciones, a pesar de que vivimos en un mundo determinado." 17 Un cínico podría interpretar este punto de vista como: Usted no tiene control sobre sus acciones, pero le echaremos la culpa de todos modos. Algunos pensadores rechazan la idea del libre albedrío como una ilusión. Filósofo escocés David Hume (1711

1776) lo describió como una simple cuestión "verbal", caracterizada por "una sensación falsa o aparente experiencia." 18 filósofo alemán Arthur Schopenhauer (1788-1860) escribió que "todo el mundo se cree a priori para ser perfectamente libre, incluso en sus acciones individuales, y piensa que en cada momento se puede iniciar otra forma de vida Sin embargo, a posteriori, a través de la experiencia, se encuentra para su sorpresa que no es libre, pero sujeta a la necesidad, que a pesar de todas sus resoluciones y reflexiones que no cambia su conducta, y que desde el inicio de su vida hasta el final de la misma, que debe llevar a cabo el mismo carácter que él mismo condena." 19

Yo añadiría varios puntos aquí. El concepto de voluntad y libre de responsabilidad, que es una idea estrechamente alineados es útil, e incluso indispensable, para mantener el orden social, sean o no realmente se existe. Al igual que la conciencia existe claramente como un meme, también lo hace el libre albedrío. Los intentos para demostrar su existencia, o incluso a definirla, pueden llegar a ser irremediabilmente circular, pero la realidad es que casi todo el mundo cree en la idea. Porciones muy importantes de nuestro neocórtex de nivel superior se dedican a la idea de que tomamos decisiones libres y responsables de nuestras acciones. Ya sea en un sentido estrictamente filosófico que es cierto o posible, la sociedad sería mucho peor si no tuviéramos esas creencias.

Por otra parte, el mundo no se determina necesariamente. Hablé sobre dos perspectivas en la mecánica cuántica, que difieren en cuanto a la relación de los campos cuánticos a un observador. Una interpretación popular de la perspectiva del observador a base proporciona una función de la conciencia: Partículas no resuelven su ambigüedad cuántica hasta observada por un observador consciente. Hay otra división en la filosofía de los eventos cuánticos que tiene una incidencia en nuestra discusión sobre el libre albedrío, que gira en torno a la pregunta: ¿Son los eventos cuánticos determinado o al azar?

La interpretación más común de un evento cuántica es que cuando la función de onda que constituye una partícula " se colapsa , " la ubicación de la partícula se hace específica . Más de un gran número de tales eventos , habrá una distribución predecible (que es la razón por la función de onda se considera que es una distribución de probabilidad) , pero la resolución de cada uno de tales partículas someterse a un colapso de su función de onda es aleatoria . La interpretación contraria es determinista : en concreto , que no es una variable oculta que no somos capaces de detectar por separado, pero cuyo valor determina la posición de la partícula. El valor o la fase de la variable oculta en el momento del colapso de la función de onda determina la posición de la partícula. La mayoría de los físicos cuánticos parecen favorecer la idea de una resolución al azar de acuerdo con el campo de probabilidad , pero las ecuaciones de la mecánica cuántica no permiten la existencia de una variable tales oculto .

Así, el mundo no se puede determinar después de todo. De acuerdo con la interpretación onda de probabilidad de la mecánica cuántica , no es una fuente continua de incertidumbre en el nivel más básico de la realidad . Sin embargo , esta observación no resuelve necesariamente los intereses de los incompatibilistas . Es cierto que bajo esta interpretación de la mecánica cuántica , el mundo no está determinado , pero nuestro concepto del libre albedrío se extiende más allá de las decisiones y acciones que no son más aleatorios. La mayoría de incompatibilistas encontrarían el concepto de la libre voluntad de ser también incompatible con el "ser esencialmente accidental nuestras decisiones. El libre albedrío parece implicar la toma de decisiones con propósito.

Dr. Wolfram propone una manera de resolver el dilema. Su libro *A New Kind of Science* (2002) presenta una visión global de la idea de autómatas celulares y su papel en todas las facetas de nuestras vidas. Un autómata celular es un mecanismo en el que el valor de las células de información se recalcula continuamente como una función de las células cerca de él. John von Neumann creó una máquina teórica auto-replicante llamado constructor universal que fue quizás el primer autómata celular . Dr. Wolfram ilustra su tesis con el autómata celular más simple posible, un grupo de células en una línea unidimensional . En cada momento , cada célula puede tener uno de dos valores : negro o blanco. El valor de cada celda se recalcula para cada ciclo . El valor de una celda para el siguiente ciclo es una función de su valor actual, así como el valor de sus dos vecinos adyacentes . Cada autómata celular se caracteriza por una regla que determina cómo calcular si una célula es de color negro o blanco en el siguiente ciclo. Consideremos el ejemplo de lo que el Dr. Wolfram llama regla 222.

Los ocho posibles combinaciones de valor para ser recalcula la célula y su izquierda y derecha vecinos se muestran en la fila superior. Su nuevo valor se muestra en la fila inferior . Así , por ejemplo , si la célula es de color negro y sus dos vecinos también son de color negro , a continuación, la célula permanecerá en negro en la próxima generación (ver el términos de la regla del extremo izquierdo de la regla 222) . Si el celular es de color blanco , su vecino de la izquierda es de color blanco , y su vecino de la derecha es negro , entonces se cambiará a negro en la próxima generación (ver el dispuesto por el párrafo de la regla 222 que es el segundo de la derecha) .

El universo de esta simple autómatas celular es sólo una fila de células . Si partimos de una sola célula negro en el centro y muestran la evolución de las células a través de múltiples generaciones (donde cada fila a medida que avanzamos hacia abajo representa una nueva generación de valores) , los resultados de la regla 222 aspecto: n autómatas se basa en una regla , y una regla define si la celda será de color negro o blanco sobre la base de cuál de los ocho patrones posibles existir en la generación actual . Así, hay $2^8 = 256$ posibles reglas. El Dr. Wolfram lista de los 256 posibles tales autómatas y se asigna a cada uno un código de Wolfram de 0 a 255 . Curiosamente , estas 256 máquinas teóricas tienen propiedades muy diferentes . El autómatas de lo que el Dr. Wolfram llama clase I , como regla 222 , crear patrones muy predecibles. Si yo le preguntara cuál es el valor de la celda del medio fue después de un billón de billones de iteraciones de la regla 222 , usted podría contestar fácilmente : negro . Mucho más interesante, sin embargo , son los autómatas de clase IV , ilustrada por la regla 110 .

Varias generaciones de esta mirada autómatas como este :

Lo interesante de la regla 110 autómatas y la clase IV autómatas , en general, es que los resultados son completamente impredecible . Los resultados pasan los más estrictos tests matemáticos de aleatoriedad , sin embargo, no sólo generan ruido : Hay patrones que se repiten , pero que se repiten de manera extraña e impredecible. Si yo le preguntara cuál es el valor de una celda en particular fue después de un billón de billones de iteraciones , no habría manera de responder a esta pregunta sin tener que correr a través de esta máquina que muchas generaciones . La solución es claramente determinada , porque esta es una máquina determinista muy simple , pero es completamente impredecible sin ejecutar realmente la máquina .

Tesis principal del Dr. Wolfram es que el mundo es una gran clase IV autómatas celular . La razón de que su libro se titula A New Kind of Science se debe a que esta teoría contrasta con la mayoría de las leyes científicas . Si hay un satélite en órbita terrestre , podemos predecir donde estará dentro de cinco años sin tener que correr a través de cada momento de un proceso simulado utilizando las leyes de la gravedad y resolver donde estará en los puntos en el tiempo el momento en el futuro . Pero el estado futuro de la clase IV autómatas celulares no se puede predecir sin simular cada paso en el camino. Si el universo es un autómatas celular gigante , como postula el doctor Wolfram , no habría ningún equipo lo suficientemente grande , ya que cada equipo sería un subconjunto del universo, que podría ejecutar una simulación tal. Por lo tanto el estado futuro del universo es completamente desconocido a pesar de que es determinista .

Así, a pesar de que nuestras decisiones están determinadas (porque nuestros cuerpos y cerebros son parte de un universo determinista) , sin embargo son inherentemente impredecible porque vivimos en (y son parte de) un autómatas de clase IV . No podemos predecir el futuro de un autómatas de clase IV , excepto dejar que el futuro se desarrolle . Para el doctor Wolfram , esto es suficiente para permitir el libre albedrío.

No tenemos que mirar hacia el universo para ver eventos futuros que se determinan todavía impredecible. Ninguno de los científicos que han trabajado en Watson puede

predecir lo que va a hacer, ya que el programa es demasiado complejo y variado , y su rendimiento se basa en el conocimiento de que es demasiado larga para cualquier ser humano de dominar . Si creemos que los seres humanos exhiben libre albedrío , entonces se deduce que tenemos que permitir que las futuras versiones de Watson o máquinas de Watson como pueden exhibir también .

Mi propio acto de fe es que yo creo que los seres humanos tienen libre albedrío , y mientras yo actúo como si ese es el caso , estoy en apuros para encontrar ejemplos entre mis propias decisiones que ilustran esto. Tenga en cuenta la decisión de escribir este libro, yo nunca tomé esa decisión . Más bien, la idea del libro decidió que para mí. En general, me encuentro en cautiverio a las ideas que parecen implantarse en mi neocórtex y tomar el control . ¿Y la decisión de casarse , lo que hice (en colaboración con otra persona) hace treinta y ¿Seis años? En ese momento, yo había estado siguiendo el programa habitual de sentirse atraído y seguir una chica bonita.

Entonces me enamoré . ¿Dónde está el libre albedrío en eso?

Pero ¿qué pasa con las pequeñas decisiones que tomo cada día por ejemplo, las palabras específicas que elijo para escribir en mi libro ? Empiezo con una hoja virtual en blanco de papel. Nadie me dice qué hacer. No hay editor de mirar por encima del hombro. Mis opciones son totalmente de mí. Soy libre , totalmente libre de escribir lo que ...

Uh, asimilar ... Grok ? Bueno , lo hice que finalmente presenté mi libre albedrío . Iba a escribir la palabra " quiero ", pero tomé una decisión libre de escribir algo totalmente inesperado en su lugar. Esta es quizás la primera vez que he tenido éxito en el ejercicio de la libre voluntad pura. O no .Debe ser evidente que se trataba de una pantalla no de voluntad , pero en lugar de tratar de ilustrar un punto (y tal vez un débil sentido del humor) .

Aunque comparto la confianza de Descartes de que soy consciente, no estoy tan seguro sobre el libre albedrío . Es difícil escapar a la conclusión Schopenhauer ' s que "se puede hacer lo que quiere, pero en un momento dado de su vida que usted puede querer una sola cosa definitiva y absolutamente nada más que una cosa. "20.

Sin embargo voy a seguir actuando como si tuviera voluntad y creer en ella , siempre y cuando no tengo que explicar por qué.

Identidad

Un filósofo una vez tuvo el siguiente sueño .

Primero apareció Aristóteles , y el filósofo le dijo: " ¿Me podría dar un bosquejo cápsula de quince minutos de toda su filosofía? " Para sorpresa del filósofo ' s , Aristóteles le dio una excelente exposición en la que se comprime una gran cantidad de material en tan sólo quince minutos. Pero el filósofo planteó cierta objeción que Aristóteles no pudo contestar. Confundido , Aristóteles desapareció.

Entonces apareció Platón. Lo mismo volvió a ocurrir , y la objeción de que el filósofo ' s de Platón fue el mismo que su objeción a Aristóteles. Platón no pudo responder y desaparecido.

Entonces todos los famosos filósofos de la historia aparecieron uno por uno y nuestro filósofo refutaron cada uno con la misma objeción .

Después de que el último filósofo desapareció , nuestro filósofo dijo a sí mismo : "Yo

sé que estoy dormido y soñando todo esto. Sin embargo, me he encontrado una refutación universal para todos los sistemas filosóficos ! Mañana cuando me despierto , probablemente lo he olvidado , y el mundo será realmente echo de menos algo! " Con un esfuerzo de hierro , el filósofo se obligó a despertar , se apresuran a su escritorio , y anote su refutación universal. Luego saltó a la cama con un suspiro de alivio.

A la mañana siguiente, cuando despertó, se acercó a la mesa para ver lo que había escrito. Era: "Eso es lo que dice." -Raymond Smullyan, citado por David Chalmers²¹

Lo que me pregunto acerca cada vez más de si soy o no consciente o ejercicio libre albedrío es por eso que da la casualidad de ser consciente de las experiencias y las decisiones de esta persona en particular que escribe libros , disfruta de senderismo y bicicleta , toma suplementos nutricionales , etc . Una respuesta obvia sería: " Porque eso es lo que eres. "

Ese intercambio es probablemente no más tautológica que mis respuestas anteriores a las preguntas sobre la conciencia y el libre albedrío . Pero la verdad es que tengo una mejor respuesta para eso que mi conciencia se asocia con esta persona en particular : Es porque eso es lo que he creado yo mismo ser.

Un aforismo común es : "Tú eres lo que comes. " Es aún más cierto decir : "Tú eres lo que piensas. " Como ya hemos comentado , todas las estructuras jerárquicas en mi neocórtex que definen mi personalidad , las aptitudes y conocimiento son el resultado de mis propios pensamientos y experiencias. La gente que elijo para interactuar y las ideas y proyectos decido emprender son los principales determinantes de la que me hago . Por lo demás, lo que como también refleja las decisiones tomadas por mi neocórtex . Aceptando el lado positivo de la dualidad de libre albedrío por el momento , es mis propias decisiones que se traducen en lo que soy.

Independientemente de cómo llegamos a ser lo que somos , cada uno de nosotros tiene el deseo de nuestra identidad a persistir. Si no tiene la voluntad de sobrevivir , no estarías leyendo este libro. Cada criatura tiene ese objetivo

Que es el principal determinante de la evolución. La cuestión de la identidad es quizás aún más difícil de definir que la conciencia o libre albedrío , pero es posiblemente más importante. Después de todo, tenemos que saber lo que somos si buscamos preservar nuestra existencia.

Considere este experimento mental : Estás en el futuro con las tecnologías más avanzadas que las de hoy . Mientras duermes , algún grupo explora su cerebro y recoge todos los detalles sobresalientes . Tal vez hacerlo con máquinas de escaneo de células del tamaño de la sangre viajan en los capilares de su cerebro o con algún otro tipo de tecnología no invasiva adecuada , pero tienen toda la información sobre su cerebro en un punto determinado en el tiempo . También recogen y registran los detalles corporales que sea incompatible con su estado de ánimo , tales como el sistema endocrino. Ellos ejemplifican este "archivo mental" en un cuerpo no biológica que se ve y se mueve como usted y tiene la sutileza necesaria y la flexibilidad para pasar por usted. Por la mañana se le informa acerca de esta transferencia y ves (tal vez sin ser notado) el clon de la mente , a quien voy a llamar 2 . 2 Usted está hablando de su vida como si s / he eras , y relatando cómo s / he

descubierto esa misma mañana que s / que le habían dado un nuevo cuerpo mucho más durable versión 2.0. " Oye, a mí me gusta este nuevo cuerpo! " S / exclama . La primera cuestión a considerar es : ¿Es usted consciente de 2 ? Bueno, s / él ciertamente parece ser. S / que pasa la prueba de I articulado anterior , en que s / él tiene las señales sutiles de ser un sentimiento , una persona consciente. Si usted es consciente, entonces también lo es usted 2 .

Así que si usted fuera a , uh , desaparecer, nadie se dio cuenta. 2 Usted podría ir por ahí que dice ser usted. Todos sus amigos y seres queridos se contentarían con la situación y tal vez contento de que ahora tiene un cuerpo más resistente y sustrato mental que solía tener . Tal vez sus amigos más filosóficamente mente se expresan preocupaciones, pero en su mayor parte , todo el mundo sería feliz, incluyéndolo a usted , o al menos la persona que está convincentemente que dice ser usted.

Así que no necesitamos de su viejo cuerpo y el cerebro más, ¿verdad? Está bien si nos deshacemos de él? Usted probablemente no va a estar de acuerdo con esto. Señalé que la exploración no invasiva era , por lo que todavía existen y todavía consciente . Por otra parte su sentido de la identidad sigue siendo con usted, no con usted 2 , a pesar de que usted piensa que 2 s / que es una continuación de ustedes . 2 Usted puede ser que incluso no ser conscientes de que existe o existió alguna vez . De hecho, no sería consciente de la existencia de You 2 o bien , si no le habíamos dicho. Nuestra conclusión ? 2 Usted es consciente, pero es una persona diferente de lo que usted 2 tiene una identidad diferente. S / he es extremadamente similar , mucho más que un mero clon genético , ya que s / él también comparte todos sus patrones y conexiones neocorticales . O debería decir s / he compartido estos patrones en el momento s / él fue creado . En ese momento, los dos comenzaron a seguir tu propio camino , neocortically hablar. Usted sigue siendo alrededor. Usted no está teniendo las mismas experiencias que usted 2 . En pocas palabras: You 2 no eres tú . Bueno, hasta ahora tan bueno . Consideremos ahora otro pensamiento experimento , uno que es, creo yo , más realista en términos de lo que traerá el futuro . Se someta a un procedimiento para reemplazar una parte muy pequeña de su cerebro con una unidad no biológica . Usted está convencido de que es seguro, y hay informes de diversos beneficios.

Esto no es tan descabellada , como se hace habitualmente para las personas con problemas neurológicos y sensoriales , tales como el implante neuronal en la enfermedad de Parkinson y los implantes cocleares para personas sordas . En estos casos se coloca el dispositivo informatizado en el interior del cuerpo, pero fuera del cerebro todavía conectado en el cerebro (o en el caso de los implantes cocleares , para el nervio auditivo) . En mi opinión, el hecho de que el equipo real se coloca físicamente fuera del cerebro real no es filosóficamente significativa : Estamos aumentando con eficacia el cerebro y la sustitución con un dispositivo computarizado los de sus funciones que ya no funciona correctamente . En la década de 2030 , cuando los dispositivos computarizados inteligentes serán el tamaño de las células sanguíneas (y tener en cuenta que las células blancas de la sangre son lo suficientemente inteligentes como para reconocer y combatir los agentes patógenos), nosotros introducimos no invasiva , no requiere cirugía .

Volviendo a nuestro escenario futuro , usted tiene el procedimiento , y como había

prometido, hoy funcionan bien seguro de sus capacidades han mejorado . (Usted tiene mejor memoria, tal vez.) Lo son aún verdad? Tus amigos sin duda creo. ¿Eso crees . No hay un buen argumento de que de repente eres una persona diferente. Obviamente, se sometieron al procedimiento , a fin de efectuar un cambio en algo, pero usted sigue siendo el mismo que usted . Su identidad no ha cambiado. Conciencia de otra persona no apareció de repente se apodere de tu cuerpo. Bien, entonces, alentados por estos resultados , ahora se decide tener otro procedimiento , esta vez con una región diferente del cerebro . El resultado es el mismo : puede experimentar alguna mejoría en la capacidad , pero sigues siendo tú . Debe ser evidente a dónde voy con esto. Sigues optar por otros procedimientos , su confianza en el proceso sólo en aumento, hasta que finalmente ha cambiado todas las partes de su cerebro. cada vez que el procedimiento se hace con cuidado para preservar todas sus patrones y conexiones neocorticales así que no ha perdido un ápice de su personalidad , habilidades o recuerdos. Nunca hubo un tú y un You 2 ; había sólo usted. Nadie, ni siquiera usted, nunca se da cuenta que usted deje de existir. De hecho , ahí estás.

Nuestra conclusión : Todavía existe. No hay dilema . Todo está bien.

A excepción de esto: Usted , después de que el proceso de sustitución gradual , es enteramente equivalente a You 2 en el experimento anterior (que llamaré el escenario scan and instantiate) . Usted , después de que el escenario de sustitución gradual , tiene todos los patrones y conexiones que tenías originalmente neocortical , sólo en un sustrato no biológico , lo que también es cierto para usted 2 , en el escenario de exploración y instantiate . Usted , después de que el escenario de sustitución gradual , tiene algunas capacidades adicionales y mayor durabilidad que antes del proceso, pero esto es igualmente cierto para usted 2 , en el proceso de análisis y instantiate . Pero llegamos a la conclusión de que usted 2 no eres tú . Y si , después de que el proceso de sustitución gradual , es completamente equivalente a You 2 después de que el proceso de análisis y instantiate , a continuación, después de que el proceso de sustitución gradual tampoco debe usted.

Eso, sin embargo , contradice nuestra conclusión anterior . El proceso de sustitución gradual consiste en varios pasos. Cada uno de esos pasos parecían preservar la identidad , al igual que la conclusión de hoy que un paciente de Parkinson tiene la misma identidad después de haber tenido un implante neural installed. 22

Es precisamente este tipo de dilema filosófico que lleva a algunos a concluir que estos escenarios de reemplazo nunca va a pasar (a pesar de que ya se están llevando a cabo) . Pero considere esto: Como es natural, se someten a un proceso de sustitución gradual a lo largo de nuestras vidas. La mayoría de las células de nuestro cuerpo están constantemente siendo reemplazados . (Usted acaba de reemplazar 100 millones de ellos en el curso de la lectura de la última frase.) Las células en el revestimiento interno del intestino delgado vuelta en alrededor de una semana , al igual que el revestimiento protector del estómago. La vida útil de las células blancas de la sangre varía desde unos pocos días hasta varios meses , dependiendo del tipo. Las plaquetas duran nueve días.

Las neuronas persisten , pero sus orgánulos y sus moléculas constituyentes se vuelven más dentro de un month.23

La vida media de un microtúbulo neuronal es de unos diez minutos, los filamentos de actina en las dendritas última unos cuarenta segundos; las proteínas que proporcionan energía a las sinapsis son reemplazado cada hora ; los receptores de NMDA en las sinapsis son relativamente de larga duración a los cinco días .

Así que esta completamente reemplazada en cuestión de meses , lo que es comparable con el escenario de sustitución gradual que describo arriba. ¿Eres la misma persona que eras hace unos meses ? Es cierto que hay algunas diferencias. Tal vez usted ha aprendido un par de cosas . Pero se supone que su identidad continúa, que no está destruido constantemente y volver a crear.

Considere la posibilidad de un río, como el que fluye más allá de mi oficina. Al mirar ahora en lo que se llama el río Charles , ¿es el mismo río que vi ayer? Reflexionemos primero sobre lo que es un río . El diccionario lo define es " una gran corriente natural de agua que fluye ". Según esta definición, el río que estoy viendo es un ser completamente diferente de lo que era ayer. Cada una de sus moléculas de agua ha cambiado , un proceso que ocurre muy rápidamente . Filósofo griego Diógenes Laercio escribió en el siglo III de nuestra era que "no se puede entrar en el mismo río dos veces. "

Pero esa no es la forma en que generalmente consideramos ríos. La gente le gusta mirar a ellos, ya que son el símbolo de la continuidad y la estabilidad. Por la opinión común , el río Charles que miré ayer es el mismo río que veo hoy . Nuestras vidas son muy similares . Fundamentalmente no somos el material que compone nuestros cuerpos y cerebros . Estas partículas esencialmente fluyen a través de nosotros de la misma manera que las moléculas de agua fluyen a través de un río. Somos un patrón que cambia lentamente , pero tiene la estabilidad y la continuidad , a pesar de que el material que constituye el patrón cambia rápidamente .

La introducción gradual de sistemas no biológicos en nuestros cuerpos y cerebros será sólo otro ejemplo de la continua rotación de las piezas que nos componen . No va a alterar la continuidad de nuestra identidad más que el sustituto natural de nuestras células biológicas hace. Tenemos ya en gran medida subcontratado nuestros recuerdos históricos , intelectuales , sociales y personales con nuestros dispositivos y la nube . Los dispositivos que interactúan para acceder a estos recuerdos pueden no estar dentro de nuestros cuerpos y cerebros , pero a medida que se hacen más pequeños y más pequeños (y la tecnología se están reduciendo a un ritmo de alrededor de un centenar en el volumen 3 D por década) , harán su camino allí. En cualquier caso , será un buen lugar para ponerlos , no vamos a perder de esa manera. Si la gente optar por la colocación de dispositivos microscópicos dentro de sus cuerpos , que va a estar bien , ya que habrá otras formas de acceso a la inteligencia de la nube omnipresente .

Pero volvemos al dilema que presenté anteriormente . Usted , después de un período de la sustitución gradual , es equivalente a You 2 en el escenario de escanear y instantiarse , pero decidimos que usted 2 en ese escenario no tiene la misma identidad que usted. Entonces, ¿dónde nos deja esto ?

Esto nos deja con una apreciación de la capacidad que tienen los sistemas no biológicos que los sistemas biológicos no: la capacidad de copiar , copia de seguridad y volver a crear . Lo hacemos de forma rutinaria con nuestros dispositivos . Cuando

tenemos un nuevo teléfono inteligente , que copiar todos los archivos , por lo que tiene la misma personalidad , las aptitudes y los recuerdos que el teléfono antiguo hizo. Tal vez también tiene algunas capacidades nuevas , pero el contenido del teléfono antiguo todavía están con nosotros. Del mismo modo , un programa tal como es, sin duda Watson copia de seguridad. Si el hardware Watson fueron destruidos mañana , Watson se vuelve a crear fácilmente sus archivos de copia de seguridad almacenados en la nube.

Esto representa una capacidad en el mundo no biológico que no existe en el mundo biológico . Es una ventaja , no una limitación , que es una razón por la que estamos tan ansiosos hoy para continuar subir nuestros recuerdos a la nube. Sin duda seguiremos en esta dirección , ya que los sistemas no biológicos alcanzan cada vez más de la capacidad de nuestros cerebros biológicos .

Mi resolución del dilema es éste: No es cierto que usted 2 no eres tú eres tú . Es sólo que ahora hay dos. Eso no es tan malo , si usted piensa que son una buena cosa, entonces ustedes dos es aún mejor.

Lo que creo que realmente sucederá es que vamos a seguir en el camino del escenario de sustitución y el aumento gradual hasta que en última instancia, la mayor parte de nuestro pensamiento estará en la nube. Mi acto de fe en la identidad es que la identidad se conserva a través de la continuidad de la estructura de información que nos hace ser nosotros. La continuidad no permitir el cambio continuo , por lo que mientras que yo soy un poco diferente de lo que era ayer, sin embargo, tengo la misma identidad . Sin embargo , la continuidad del patrón que constituye mi identidad no es dependiente de sustrato . Sustratos biológicos son una maravilla, nos han llegado muy lejos , pero estamos creando un sustrato más capaz y durable por muy buenas razones.

CAPÍTULO 10

LA LEY DE retornos acelerados APLICADA AL CEREBRO

Y aunque el hombre debe seguir siendo , en algunos aspectos , la criatura más alta, no es esto de acuerdo con la práctica de la naturaleza, lo que permite que la superioridad en algunas cosas a los animales que tienen, en general, ha superado de largo ? ¿No ha permitido la hormiga y la abeja para conservar la superioridad sobre el hombre en la organización de sus comunidades y los arreglos sociales , el pájaro al atravesar el aire , los peces en la natación , el caballo de fuerza y ligereza , y el perro en el auto sacrificio ? Samuel Butler, 1871

Hubo un tiempo , cuando la tierra era a todas luces la indigencia tanto de la vida animal y vegetal, y cuando de acuerdo con la opinión de nuestros mejores filósofos se trataba simplemente de una bola caliente con una costra de enfriamiento gradual . Ahora bien, si un ser humano hubiera existido , mientras que la tierra estaba en este estado y se le había permitido verlo como si se tratara de algún otro mundo con el que no tenía ninguna preocupación , y si , al mismo tiempo que eran totalmente ignorantes de toda la ciencia física , ¿no habría pronunciado imposible que los seres poseídos por algo como la conciencia deben evolucionaron a partir de la ceniza

aparente que estaba contemplando ? ¿No habría negado que contenía toda la potencialidad de la conciencia? Sin embargo, en el transcurso de la conciencia del tiempo llegó . ¿No es posible entonces que puede ser incluso aún nuevos canales excavados en la conciencia , aunque podemos detectar ninguna señal de ellos en la actualidad ? Samuel Butler, 1871

Cuando reflexionamos sobre las múltiples facetas de la vida y de la conciencia que se ha convertido ya , sería aventurado decir que nadie más se pueden desarrollar , y que la vida animal es el fin de todas las cosas . Hubo un momento en que el fuego era el fin de todas las cosas : cuando otras rocas y el agua eran así. Samuel Butler, 1871

No hay seguridad contra el último desarrollo de la conciencia mecánica , en el hecho de máquinas que poseen poca conciencia ahora . Un molusco no tiene mucho sentido . Reflexionar sobre el extraordinario avance que las máquinas han hecho durante los últimos cien años, y tenga en cuenta la lentitud de los reinos animal y vegetal están avanzando . Las máquinas más altamente organizados son criaturas no tanto de ayer , a partir de los últimos cinco minutos , por así decirlo , en comparación con el tiempo pasado. Supongamos por el bien del argumento de que los seres conscientes han existido desde hace unos veinte millones años : ver qué máquinas zancadas han hecho en los últimos mil ! ¿No podría el mundo desde hace veinte millones años más? Si es así , ¿qué no en el extremo vuelto ? - Samuel Butler, 1871

Mi tesis principal, que yo llamo la ley de rendimientos acelerados (LOAR) , es que las medidas fundamentales de la tecnología de la información siguen trayectorias predecibles y exponenciales , desmintiendo la creencia popular de que " no se puede predecir el futuro. " Todavía hay muchas cosas qué proyecto , empresa o técnica estándar prevalecerá en el mercado, que la paz llegará a Oriente Medio que permanecen incognoscible , pero el precio del subyacente / rendimiento y la capacidad de información ha demostrado , sin embargo, ser muy predecible. Sorprendentemente , estas tendencias son imperturbables por condiciones tales como la guerra o la paz y la prosperidad o recesión.

Una razón principal de que la evolución creó cerebros era predecir el futuro. Como uno de nuestros antepasados caminó a través de las sabanas hace miles de años , podría haber dado cuenta de que un animal se avanza hacia un camino que estaba tomando . Se podría predecir que si se quedaba en el camino , sus caminos se cruzan . En base a esto, ella decidió ir en otra dirección, y su previsión resultó valiosa para la supervivencia.

Pero tales predictores integrados del futuro es lineal , no exponencial , una cualidad que se deriva de la organización lineal de la neocorteza . Recordemos que el neocórtex está constantemente haciendo predicciones , ¿qué letra y palabra veremos a continuación , los cuales esperamos que a medida que la vuelta de la esquina, y así sucesivamente. El neocórtex se organiza con secuencias lineales de pasos en cada patrón , lo que significa que el pensamiento exponencial no es algo natural para nosotros. El cerebelo también utiliza predicciones lineales . Cuando nos ayuda a atrapar un fly que está haciendo una predicción lineal de donde la pelota estará en

nuestro campo visual de vista y donde la mano enguantada debe estar en nuestro campo visual de vista de atraparlo .

Como ya he señalado , hay una gran diferencia entre las progresiones lineales y exponenciales (cuarenta pasos linealmente es cuarenta años, pero de manera exponencial es un millón de millones) , lo que explica por qué mis predicciones derivadas de la ley de los retornos acelerados parecer sorprendente para muchos observadores en la primera . Tenemos que entrenarnos para pensar de manera exponencial. Cuando se trata de tecnologías de la información , es la manera correcta de pensar.

El ejemplo por excelencia de la ley de los retornos acelerados es el crecimiento perfectamente lisa , doblemente exponencial del precio / rendimiento de la computación , que se ha mantenido estable durante 110 años a través de dos guerras mundiales, la Gran Depresión , la Guerra Fría , el colapso de la Unión Soviética Unión , el resurgimiento de china, la reciente crisis financiera , y todos los otros acontecimientos notables de finales del XIX, XX y principios del XXI siglos.

Algunas personas se refieren a este fenómeno como "ley de Moore", pero eso es un error . Ley de Moore , que dice que se puede colocar el doble de componentes en un circuito integrado cada dos años , y se ejecuta más rápido porque son más pequeños es sólo un paradigma entre muchos. De hecho, fue el quinto , no el primero , de paradigma para que el crecimiento exponencial de la relación precio / rendimiento de la informática.

El aumento exponencial de la computación comenzó con el censo de 1890 EE.UU. (el primero en ser automatizado) con el primer paradigma de cálculo electromecánico , décadas antes de que Gordon Moore de que naciera . En The Singularity is Near Ofrezco este gráfico hasta 2002 , y aquí pongo al día a través de 2009 (véase el gráfico de la página 257 titulada "El crecimiento exponencial de la computación para 110 años ") . La trayectoria sin problemas predecibles ha continuado, incluso a través de la reciente recesión económica .

Cálculo es el ejemplo más importante de la ley de los retornos acelerados , debido a la cantidad de datos que tenemos para ello , la ubicuidad de la computación , y su papel clave en última instancia, revolucionando todo lo que nos importa . Pero está lejos de ser el único ejemplo. Una vez que la tecnología se convierte en una tecnología de la información , se convierte en objeto de la LOAR .

Biomedicina se está convirtiendo en la zona reciente más significativo de la tecnología y la industria para ser transformado de esta manera . Los avances en la medicina se ha basado históricamente en los descubrimientos accidentales , por lo que los avances en la época anterior fue lineal , no exponencial. Sin embargo, esta ha sido beneficiosa : La esperanza de vida ha aumentado de veintitrés años desde hace más de mil años , a treinta y siete años de hace doscientos años , para cerrar a ochenta años en la actualidad .

Con la reunión de los software de la vida el genoma

La medicina y la biología humana se han convertido en una tecnología de la información . El propio proyecto del genoma humano era perfectamente exponencial , con la cantidad de duplicación de datos genéticos y el costo por par

de bases que baja a la mitad cada año desde que el proyecto se inició en 1990.³
(Todos los gráficos de este capítulo se han actualizado desde La singularidad está cerca fue publicado .)

El costo de la secuenciación de una de tamaño humano genome.¹

La cantidad de datos genéticos secuenciado en el mundo cada año ²

Ahora tenemos la capacidad de diseñar intervenciones biomédicas en los equipos y ponerlos a prueba en simuladores biológicos , la escala y la precisión de los cuales también se duplica cada año . También podemos actualizar nuestro software obsoleto : la interferencia del ARN puede desactivar genes , y las nuevas formas de terapia génica puede añadir nuevos genes , no sólo para un recién nacido , sino a un individuo maduro . El avance de las tecnologías genéticas también afecta el proyecto de ingeniería inversa del cerebro , en la que un aspecto importante de la misma es la comprensión de cómo los genes controlan las funciones del cerebro , tales como la creación de nuevas conexiones para reflejar el conocimiento cortical recientemente añadido . Hay muchas otras manifestaciones de esta integración de la tecnología de la biología y la información , como ir más allá de la secuenciación del genoma de la síntesis del genoma.

Otra tecnología de la información que ha experimentado un crecimiento exponencial sin problemas es nuestra capacidad de comunicarse entre sí y transmitir grandes repositorios de conocimiento humano. Hay muchas maneras de medir este fenómeno . Ley Cooper ' s , que indica que la capacidad total de bits de las comunicaciones inalámbricas en una determinada cantidad de espectro radioeléctrico se duplica cada treinta meses se ha mantenido fiel desde el momento Guglielmo Marconi utilizó el telégrafo inalámbrico para transmisiones de código Morse en 1897 a las tecnologías de comunicaciones 4G de hoy 0.4 de acuerdo con la ley Cooper ' s , la cantidad de información que puede ser transmitida a través de una determinada cantidad de espectro radioeléctrico se ha duplicado cada dos años y medio años por más de un siglo. Otro ejemplo es el número de bits por segundo transmitidos a través de Internet , que se duplica cada uno y un cuarto años.⁵

La razón por la que me interesé en tratar de predecir ciertos aspectos de la tecnología es que me di cuenta hace unos treinta años que la clave para tener éxito como inventor (una profesión que adopté cuando tenía cinco años de edad) era el momento . La mayoría de los inventos y los inventores no fracasan porque los propios aparatos no funcionan, sino porque su tiempo es malo , que aparecen ya sea antes de que todos los elementos necesarios están en su lugar o demasiado tarde , después de haber perdido la oportunidad.

El ancho de banda internacional (de país a país) dedicada a la Internet para la mundo.⁶

El mayor ancho de banda (velocidad) de la Internet backbone.⁷

Al ser un ingeniero , hace unos treinta años que empecé a recopilar datos sobre las medidas de tecnología en diferentes áreas. Cuando comencé este esfuerzo, no me

esperaba que iba a presentar una imagen clara , pero yo espero que proporcionaría alguna guía y me permitirá hacer conjeturas . Mi objetivo era y sigue siendo en cuando mis propios esfuerzos de la tecnología para que puedan ser apropiados para el mundo que existe cuando complete un proyecto que me di cuenta de que sería muy diferente del mundo que existía cuando empecé.

Considere la cantidad y la rapidez con que el mundo ha cambiado muy poco . Hace apenas unos años , la gente no usan las redes sociales (Facebook, por ejemplo, fue fundada en 2004 y tenía 901 millones de usuarios activos mensuales a finales de marzo de 2012) , 8 wikis , blogs o tweets . En la década de 1990 la mayoría de la gente no utiliza los motores de búsqueda o teléfonos celulares . Imagina un mundo sin ellos. Esto parece historia antigua , pero no fue hace tanto tiempo. El mundo va a cambiar aún más drásticamente en el futuro próximo.

En el curso de mi investigación , he hecho un descubrimiento sorprendente : si una tecnología es una tecnología de la información , las medidas básicas de relación precio / rendimiento y la capacidad (por unidad de tiempo o costo , u otro recurso) siguen trayectorias exponenciales increíblemente precisas .

Estas trayectorias más aprisa que los paradigmas específicos que se basan (como la ley de Moore) . Sin embargo, cuando se ejecuta un paradigma de vapor (por ejemplo , cuando los ingenieros ya no fueron capaces de reducir el tamaño y costo de los tubos de vacío en la década de 1950) , se crea una presión de investigación para crear el siguiente paradigma , y por lo que otro de S curva del progreso comienza .

La parte exponencial de que la próxima curva S para el nuevo paradigma continúa la actual exponencial de la medida de la tecnología de información. Así computing tubo a base de vacío en la década de 1950 dio paso a los transistores en la década de 1960 , y luego a los circuitos integrados y la ley de Moore a finales de 1960 , y más allá. La ley de Moore , a su vez , dará paso a la computación en tres dimensiones , los primeros ejemplos de los cuales ya están en su lugar . La razón por la que las tecnologías de información son capaces de superar consistentemente las limitaciones de cualquier paradigma particular es que los recursos necesarios para calcular y recordar o transmitir un bit de información son sumamente pequeñas .

Podríamos preguntarnos , ¿existen límites fundamentales para nuestra capacidad de calcular y transmitir información , con independencia de paradigma ? La respuesta es sí , sobre la base de nuestra comprensión actual de la física de la computación. Esos límites , sin embargo , no son muy limitantes. En última instancia podemos ampliar nuestros trillones veces de inteligencia basado en la computación molecular. Según mis cálculos , vamos a llegar a esos límites a finales de este siglo.

Es importante señalar que no todos los fenómenos exponencial es un ejemplo de la ley de los retornos acelerados . Algunos observadores interpretan mal la LOAR citando tendencias exponenciales que no son basada en la información : por ejemplo , señalan , máquinas de afeitar de los hombres han pasado de una hoja de dos a cuatro, y luego preguntar, ¿dónde están las máquinas de afeitar de ocho palas ? Máquinas de afeitar no son (todavía) una tecnología de la información .

En La singularidad está cerca , proporcionó un examen teórico , incluyendo (en el apéndice de ese libro) un tratamiento matemático de por qué el LOAR es tan muy predecible. Esencialmente , siempre utilizamos la última tecnología para crear la

próxima . Tecnologías de construir en sí mismos de una manera exponencial , y este fenómeno es fácilmente medible si se trata de una tecnología de la información . En 1990 se utilizaron las computadoras y otras herramientas de la época para crear los equipos de 1991 , y en 2012 estamos utilizando herramientas de información actuales para crear las máquinas de 2013 y 2014 . Más en términos generales , esta aceleración y el crecimiento exponencial se aplica a cualquier proceso en el que los patrones de información evolucionan . Vemos, pues, la aceleración en el ritmo de la evolución biológica , y similar (pero mucho más rápido) la aceleración de la evolución tecnológica, que es en sí mismo una consecuencia de la evolución biológica .

Ahora tengo una trayectoria pública de más de un cuarto de siglo de predicciones basado en la ley de los retornos acelerados , a partir de los que se presentan en la era de las máquinas inteligentes , que escribí a mediados de la década de 1980. Los ejemplos de predicciones precisas de ese libro son: la aparición a mediados o finales 1990 de una vasta red mundial de comunicaciones que atan a personas de todo el mundo entre sí y con todo el conocimiento humano , una gran ola de democratización que surge de esta red de comunicación descentralizada , barriendo la Unión Soviética y la derrota de la campeona mundial de ajedrez por 1998 , y muchos otros.

Describí la ley de rendimientos acelerados , tal como se aplica a la computación , ampliamente en la era de las máquinas espirituales , en el que da a conocer un siglo de datos que muestran la progresión doblemente exponencial del precio / rendimiento de la computación a través de 1998 . Se pone al día hasta el 2009 a continuación.

Hace poco escribí una crítica de 146 páginas de las predicciones que hice en la era de las máquinas inteligentes , la era de las máquinas espirituales , y *The Singularity Is Near*. (Usted puede leer el ensayo aquí , vaya al enlace en esta nota al final.) 9 La era de las máquinas espirituales incluyó cientos de predicciones durante décadas específicos (2009 , 2019, 2029 y 2099) . Por ejemplo , hice 147 predicciones para el año 2009 en la era de las máquinas espirituales , que escribí en 1990. De éstos, 115 (78 por ciento) están del todo correcto a partir de finales de 2009 , las predicciones que se ocupan de las medidas básicas de la capacidad y precio / rendimiento de las tecnologías de la información son especialmente precisos. Otro 12 (8 por ciento) son " esencialmente correcto . " Un total de 127 predicciones (86 por ciento) son correctas o esencialmente correcta. (Dado que las predicciones se hicieron específica a una determinada década , una predicción para 2009 se consideraba "esencialmente correcta " si se hizo realidad en 2010 o 2011 .) Otros 17 (12 por ciento) son parcialmente correctas , y 3 (2 por ciento) están equivocados .

Los cálculos por segundo por (constante) mil dólares de diferente computing devices.¹⁰

Operaciones de punto flotante por segundo de diferentes supercomputers.¹¹

Los transistores por chip para diferentes Intel processors.¹²

Bits por dólar para la memoria dinámica de acceso aleatorio chips.¹³

Bits por dólar para la memoria de acceso aleatorio chips.¹⁴

El precio medio del transistor en dollars.¹⁵

El número total de bits de memoria de acceso aleatorio enviado cada año.¹⁶

Bits por dólar (en dólares constantes de 2000) para los datos magnéticos storage.¹⁷

Incluso las predicciones que estaban "mal" no estaban mal. Por ejemplo, he considerado mi predicción de que nos tenemos los coches de autoconducción para estar mal, a pesar de que Google ha demostrado coches de autoconducción, ya pesar de que en octubre de 2010 cuatro furgonetas eléctricas sin conductor concluido con éxito un 13,000 prueba de conducción kilometros desde Italia a China.¹⁸ Expertos en la materia actualmente predicen que estas tecnologías estarán disponibles de forma rutinaria a los consumidores a finales de esta década.

Expansión exponencial tecnologías informáticas y de comunicación, contribuyen a que el proyecto de entender y recrear los métodos del cerebro humano. Este esfuerzo no es un proyecto organizado, sino más bien el resultado de un gran número de proyectos diversos, incluyendo el modelado detallado de los componentes del cerebro que van desde las neuronas individuales a toda la corteza cerebral, el mapeo de la "connectome" (las conexiones neuronales en el cerebro), simulaciones de las regiones del cerebro, y muchos otros. Todo esto ha ido ampliando de forma exponencial. Gran parte de la evidencia presentada en este libro sólo se ha convertido recientemente disponibles

Por ejemplo, el estudio Wedeen 2012 se discute en el capítulo 4, que mostró la muy ordenado y "simple" patrón reticular de las conexiones en la corteza cerebral (para citar a los investigadores). Los investigadores en este estudio reconocen que su visión (e imágenes) sólo fue posible como resultado de la nueva tecnología de imágenes de alta resolución.

Tecnologías de escaneo del cerebro están mejorando en la resolución, espacial y temporal, a un ritmo exponencial. Diferentes tipos de métodos de exploración del cerebro se persiguen gama de métodos completamente no invasivas que se pueden utilizar con los seres humanos a métodos más invasivos o destructivos en los animales.

MRI (resonancia magnética), una técnica de imagen no invasiva, con relativamente alta resolución temporal, ha mejorado de manera constante a un ritmo exponencial, hasta el punto de que las resoluciones espaciales están ahora cerca de 100 micrones (millonésimas de metro).

Un diagrama de Venn de imágenes cerebrales methods.¹⁹

Herramientas para la formación de imágenes del brain.²⁰

Resolución espacial de la RM en microns.²¹

La resolución espacial de las imágenes destructivas techniques.²²

La resolución espacial de las técnicas de imagen no destructivos en animals.²³

Formación de imágenes destructivo, que se realiza para recoger el connectome (mapa de todas las conexiones interneuronales) en los cerebros de animales, también se ha mejorado a un ritmo exponencial. Resolución máxima actual es de alrededor de cuatro nanómetros, lo cual es suficiente para ver las conexiones individuales.

Tecnologías de inteligencia artificial tales como los sistemas de comprensión del lenguaje natural, no están diseñadas para emular los principios de la teoría de la función cerebral, sino más bien para una máxima efectividad. Ante esto, cabe

destacar que las técnicas que se han ganado a cabo sean coherentes con los principios que he descrito en este libro : la auto organización , reconocedores de patrones jerárquicos de invariantes auto asociativos con redundancia y de arriba a abajo las predicciones . Estos sistemas también están ampliando de forma exponencial , ya que Watson ha demostrado .

Un objetivo principal de la comprensión del cerebro es ampliar nuestra caja de herramientas de técnicas para crear sistemas inteligentes. Aunque muchos investigadores de la IA pueden no apreciar esto, ellos ya han sido profundamente influenciado por el conocimiento de los principios del funcionamiento del cerebro. Entender el cerebro también nos ayuda a revertir disfunciones cerebrales de diversa índole. Hay, por supuesto , otro de los objetivos clave del proyecto de ingeniería inversa del cerebro : comprender quiénes somos.

CAPÍTULO 11

OBJECIONES

Si una máquina puede resultar indistinguible de un ser humano , hay que adjudicarle el respeto que haría a un ser humano que debemos aceptar que tiene una mente.
Stevan Harnad

La principal fuente de oposición a la tesis sobre la ley de rendimientos acelerados y su aplicación a la amplificación de la inteligencia humana se deriva de la naturaleza lineal de la intuición humana . Como he descrito anteriormente , cada uno de los varios cientos de millones de reconocedores de patrones en el neocórtex procesa información de manera secuencial. Una de las implicaciones de esta organización es que tenemos expectativas lineales sobre el futuro , por lo que los críticos aplicar su intuición lineal a los fenómenos de información que son fundamentalmente exponencial.

Me llamo objeciones en este sentido " las críticas de la incredulidad ", en el que las proyecciones exponenciales parece increíble dada nuestra predilección lineal , y toman una variedad de formas . Cofundador de Microsoft, Paul Allen (nacido en 1953) y su colega Mark Greaves recientemente articulan varios de ellos en un ensayo titulado " La Singularidad no está cerca ", publicado en Technology Review magazine.¹ Mientras mi respuesta aquí es que las críticas particulares de Allen , que representan un rango típico de las objeciones a los argumentos que hemos hecho , sobre todo en relación con el cerebro. Aunque las referencias Allen The Singularity Is Near en el título de su ensayo , su única cita en la obra es un ensayo que escribí en 2001 (" La ley de retornos acelerados ") . Por otra parte, el artículo no se reconoce ni responde a los argumentos de hecho, me hago en el libro. Por desgracia , creo que esto a menudo es el caso con los críticos de mi trabajo.

Cuando la era de las máquinas espirituales se publicó en 1999 , aumentó más tarde por el ensayo de 2001 , generó varias líneas de la crítica , tales como: la ley de Moore llegará a su fin, la capacidad del hardware se puede expandir exponencialmente pero el software está atascado en el barro ; el cerebro es demasiado complicado , hay capacidades en el cerebro que intrínsecamente no puede ser replicado en el software ,

y varios otros. Una de las razones por las que escribí *The Singularity is Near* fue para responder a esas críticas.

No puedo decir que Allen y los críticos similares necesariamente han sido convencidos por los argumentos que hizo en ese libro , pero al menos él y otros podría haber respondido a lo que realmente escribí . Allen argumenta que " la ley de retornos acelerados (LOAR) ... no es una ley física. " Me gustaría señalar que las leyes de la mayoría de científicos no son leyes físicas , sino que derivan de las propiedades emergentes de un gran número de eventos en un nivel inferior. Un ejemplo clásico son las leyes de la termodinámica (LOT) . Si nos fijamos en las matemáticas que subyacen a la LOT, modela cada partícula como seguir un paseo aleatorio , por lo que , por definición, no podemos predecir que cualquier partícula en particular será en cualquier momento futuro. Sin embargo, las propiedades globales del gas son bastante predecible con un alto grado de precisión , de acuerdo con las leyes de la termodinámica . Lo mismo ocurre con la ley de los retornos acelerados : Cada proyecto de tecnología y colaborador es impredecible , pero la trayectoria general , cuantificada a través de medidas básicas de relación precio / rendimiento y capacidad, sin embargo, sigue un camino muy predecible.

Si la tecnología informática estaban siendo perseguidos por un puñado de investigadores , sería realmente impredecible. Pero es el producto de un sistema suficientemente dinámica de proyectos competitivos que una medida básica de su relación precio / rendimiento , tales como cálculos por segundo por cada dólar de valor constante , sigue una trayectoria exponencial suave, que data del censo de 1890 de América como lo señaló en el capítulo anterior . Mientras que la base teórica de la LOAR se presenta ampliamente en la singularidad está cerca , el caso más fuerte para que se haga por la amplia evidencia empírica de que yo y otros presentes.

Allen escribe que "el trabajo estas " leyes " hasta que no lo hacen. " Aquí está paradigmas confusos con la trayectoria actual de una zona básica de tecnología de la información . Si nos examinamos , por ejemplo, la tendencia a la creación de vacío cada vez más pequeños tubos de paradigma para la mejora de la computación en la década de 1950 que es verdad que continuó hasta que no lo hizo. Pero a medida que el final de este paradigma particular, quedó claro , la presión creció la investigación para el próximo paradigma. La tecnología de transistores mantuvo la tendencia subyacente del crecimiento exponencial de precio / rendimiento de la computación va , y que condujo a la quinta paradigma (la ley de Moore) y la compresión continua de las características de los circuitos integrados . Ha habido predicciones regulares que la ley de Moore llegará a su fin. " Hoja de Ruta Tecnológica Internacional para Semiconductores " de la industria de semiconductores de proyectos cuenta con siete nanómetros por el 2020s.2 temprano en que las características principales puntos será el ancho de treinta y cinco átomos de carbono , y será difícil continuar reduciéndolos más lejos. Sin embargo , Intel y otros fabricantes de chips ya están dando los primeros pasos hacia el sexto paradigma , la informática en tres dimensiones, para continuar la mejora exponencial del precio / rendimiento. Ya se han introducido transistores tridimensionales y chips de memoria 3 D , proyectos de Intel que los chips tridimensionales estarán corriente por los años de la adolescencia . Este sexto paradigma mantendrá el LOAR

va con respecto a la computadora del precio / rendimiento a un tiempo más adelante en este siglo, cuando el valor de cómputo de mil dólares será trillones de veces más potente que el ser humano cerebro.³ (Parece que Allen y yo son por lo menos de acuerdo sobre cuál es el nivel de la computación se requiere para simular la funcionalidad del cerebro humano.)⁴ Allen se va a dar el argumento estándar de que el software no está progresando de la misma manera exponencial como hardware. En *The Singularity is Near* Me dirigí a esta cuestión en profundidad , citando diferentes métodos de medición de complejidad y capacidad de software que hacen mostrar una exponencial growth.⁵ Un reciente estudio similar (" Informe al Presidente y al Congreso , Diseño de un Futuro Digital: Fondo Federal Investigación y Desarrollo de redes y Tecnología de la Información , " por el Consejo Presidencial de Asesores en Ciencia y Tecnología) establece lo siguiente :

Aún más notable y menos aún ampliamente entendida es que en muchas áreas, mejoras en el rendimiento debido a las mejoras en los algoritmos han superado ampliamente incluso los aumentos dramáticos en la performance debido a la mayor velocidad del procesador. Los algoritmos que utilizamos hoy en día para el reconocimiento de voz , para la traducción del lenguaje natural, para el juego de ajedrez , para la planificación logística, han evolucionado notablemente en la última década Aquí es sólo un ejemplo , proporcionado por el profesor Martin Grötschel de Konrad Zuse Zentrum für Informationstechnik Berlín. Grötschel , experto en optimización, observa que un modelo de planificación de la producción de referencia resuelto usando programación lineal habría tomado 82 años para resolver , en 1988 , el uso de las computadoras y los algoritmos de programación lineal del día. Quince años después, en 2003 este mismo modelo podría ser resuelto en más o menos 1 minuto , una mejora por un factor de aproximadamente 43 millones. De esto, un factor de aproximadamente 1000 era debido al aumento de la velocidad del procesador , mientras que un factor de aproximadamente 43.000 era debido a las mejoras en los algoritmos ! Grötschel también cita una mejora de algoritmos de más o menos 30.000 de programación entera mixta entre 1991 y 2008 . El diseño y análisis de algoritmos , y el estudio de la complejidad computacional inherente de los problemas , son subcampos fundamentales de la ciencia informática .

Tenga en cuenta que la programación lineal que Grötschel cita anterior como se haya beneficiado de una mejora en el rendimiento de 43 millones a 1 es la técnica matemática que se utiliza para asignar de manera óptima los recursos en un sistema de memoria jerárquica como HHMM que se analizó anteriormente . Cito muchos otros ejemplos similares de este tipo en la singularidad es Near.⁶

En cuanto a la IA , Allen se apresura a descartar Watson de IBM, una opinión compartida por muchos otros críticos . Muchos de estos detractores no saben nada acerca de Watson que no sea el hecho de que es software que se ejecuta en un ordenador (aunque otro paralelo con 720 núcleos de procesador) . Allen escribe que los sistemas tales como Watson " siguen siendo frágiles , sus límites de rendimiento se fijan rígidamente por sus supuestos internos y los algoritmos que definen , no se pueden generalizar , y que con frecuencia dan respuestas sin sentido fuera de sus

áreas específicas . "

En primer lugar , podríamos hacer una observación similar acerca de los seres humanos. También me gustaría señalar que las "áreas específicas " de Watson incluyen toda Wikipedia además de muchas otras bases de conocimiento , lo que no constituye un enfoque limitado . Watson se ocupa de una amplia gama del conocimiento humano y es capaz de hacer frente a las formas sutiles del lenguaje , incluyendo juegos de palabras , símiles y metáforas en prácticamente todos los campos del quehacer humano. No es perfecto , pero tampoco lo son los seres humanos, y que era lo suficientemente bueno para ser victoriosos en Jeopardy ! más de los mejores jugadores humanos . Allen argumenta que Watson fue montado por los propios científicos , la construcción de cada eslabón de conocimiento estrecha en áreas específicas. Esto simplemente no es verdad . Aunque algunas áreas de datos de Watson se programan directamente , Watson adquirió la mayoría significativa de su conocimiento sobre su propia mediante la lectura de documentos en lenguaje natural tales como Wikipedia . Eso representa su principal fuerza , al igual que su capacidad de comprender el lenguaje enrevesado en Jeopardy ! consultas (respuestas en busca de una pregunta) .

Como mencioné anteriormente , gran parte de la crítica de Watson es que funciona a través de probabilidades estadísticas en lugar de "verdadero " entendimiento. Muchos lectores interpretan esto como que Watson no es más que la recopilación de estadísticas sobre secuencias de palabras . El término " información estadística " en el caso de Watson en realidad se refiere a los coeficientes distribuidos y conexiones simbólicas en métodos de auto organización , como los modelos ocultos de Markov jerárquicos. Uno podría simplemente como despedir fácilmente las concentraciones de los neurotransmisores distribuidos y los patrones de conexión redundantes en la corteza humana como " información estadística . " Efecto que resolver las ambigüedades en mucho de la misma manera que hace Watson teniendo en cuenta la probabilidad de diferentes interpretaciones de una frase .

Allen continúa: " Toda estructura [del cerebro] se ha formado precisamente por millones de años de evolución para hacer algo en particular , lo que sea . No es como una computadora, con miles de millones de transistores idénticos en las matrices de memoria regulares que son controlados por una CPU con unos pocos elementos diferentes . En el cerebro cada estructura individual y circuito neural ha sido refinado por separado por la evolución y los factores ambientales " .

Esta afirmación de que todas las estructuras y circuitos neuronales en el cerebro es único y no por diseño es simplemente imposible , porque significaría que el modelo del cerebro requeriría cientos de miles de millones de bytes de información. El plan de estructural del cerebro (como la del resto del cuerpo) está contenido en el genoma , y el propio cerebro no puede contener más información sobre el diseño que el genoma . Tenga en cuenta que la información epigenética (tales como los péptidos que controlan la expresión de genes) no apreciablemente añadir a la cantidad de información en el genoma . La experiencia y el aprendizaje hacen aumentar considerablemente la cantidad de información contenida en el cerebro, pero lo mismo se puede decir de los sistemas de inteligencia artificial como Watson. Muestro en La Singularidad está cerca de eso, después de la compresión sin pérdida (debido a la

redundancia masiva en el genoma) , la cantidad de información sobre el diseño del genoma es de unos 50 millones de bytes, aproximadamente la mitad de los cuales (es decir , alrededor de 25 millones de bytes) pertenece a la brain.⁷ Eso no es simple, pero es un nivel de complejidad que podemos tratar y representa menos complejidad que muchos sistemas de software en el mundo moderno . Además gran parte del cerebro de 25 millones de bytes de información de diseño genético se refieren a las necesidades biológicas de las neuronas , no a sus algoritmos de procesamiento de información .

¿Cómo llegamos a del orden de 100 a 1.000 billones de conexiones en el cerebro de sólo unas decenas de millones de bytes de información de diseño ? Obviamente, la respuesta es a través de la redundancia masiva . Dharmendra Modha , gerente de Computación Cognitiva de IBM Research, escribe que " neuroanatomistas no ha encontrado una red irremediabilmente enredado, arbitrariamente conectados , completamente idiosincrásica al cerebro de cada individuo , pero en su lugar una gran cantidad de repetición de estructura dentro de un cerebro individual y una gran cantidad de homología entre especies La reconfigurabilidad naturales sorprendente da esperanza de que los algoritmos básicos de neurocomputación son independientes de las modalidades sensoriales o motoras específicas y que gran parte de la variación observada en la estructura cortical a través de áreas representa un refinamiento de un circuito canónica , sino que es de hecho este circuito canónica deseamos ingeniería inversa " . 8

Allen argumenta a favor de una inherente " freno de la complejidad que necesariamente limitan el progreso en la comprensión del cerebro humano y la reproducción de sus capacidades " , basada en la idea de que cada uno de los aproximadamente 100 a 1.000 billones de conexiones en el cerebro humano está ahí por diseño explícito. Su " freno de la complejidad" confunde el bosque con los árboles. Si usted quiere entender , modelar, simular y recrear un páncreas , que no es necesario volver a crear o simular cada orgánulo en todas las células del islote pancreático. Usted quiere en lugar de comprender una célula islote , a continuación resumen su funcionalidad básica en lo que respecta al control de la insulina , y luego extender el proceso a un grupo grande de tales células . Este algoritmo se entiende bien con respecto a células de los islotes . En la actualidad hay páncreas artificiales que utilizan este modelo funcional se está probando . Aunque sin duda hay mucha más complejidad y la variación en el cerebro que en las células de los islotes repetidas masiva del páncreas , hay repetición , no obstante masiva de funciones , como he descrito en varias ocasiones en este libro.

Las críticas a lo largo de las líneas de Allen también articulan lo que yo llamo el " pesimismo del científico. "

Los investigadores que trabajan en la próxima generación de la tecnología o de modelar un área científica son siempre luchando con ese conjunto inmediato de los desafíos , así que si alguien describe lo que la tecnología se verá en diez generaciones , con los ojos vidriosos . Uno de los pioneros de los circuitos integrados se acordaba de mí recientemente las luchas para pasar de 10 micrones (10.000 nanómetros) cuentan con tamaños de 5 micrones (5.000 nanómetros) características hace más de treinta años . Los científicos se mostraron cautelosamente confiado de alcanzar este

objetivo , pero cuando la gente predijo que algún día nos gustaría realmente tener circuitos con tamaños de la característica menos de 1 μm (1000 nanómetros) , la mayor parte de ellos , centrado en su propia meta , el pensamiento de que era demasiado salvaje para contemplar . Las objeciones se hicieron con respecto a la fragilidad de los circuitos en ese nivel de precisión , los efectos térmicos , y así sucesivamente . Hoy Intel ha comenzado a utilizar los chips con longitudes de puerta de 22 nanómetros .

Fuimos testigos de la misma especie de pesimismo con respecto al Proyecto del Genoma Humano. A mitad de camino a través del esfuerzo de quince años , sólo el 1 por ciento del genoma se había recogido , y críticos se propone límites básicos sobre la rapidez con que podría ser secuenciado sin destruir las estructuras genéticas delicadas . Pero gracias al crecimiento exponencial de la capacidad y el rendimiento / precio , el proyecto se terminó siete años después. El proyecto de ingeniería inversa del cerebro humano está progresando similar. Hace poco , por ejemplo, que hemos llegado a un umbral con técnicas de escaneo no invasivas , para que podamos ver las conexiones interneuronales individuales que forman y disparando en tiempo real. Gran parte de la evidencia que he presentado en este libro era dependiente de dicha evolución, y ha sido recientemente disponible.

Allen describe mi propuesta sobre la ingeniería inversa del cerebro humano como un simple escaneo del cerebro para comprender su estructura fina y luego simular todo un " abajo hacia arriba " cerebro sin comprender sus métodos de procesamiento de información . Esta no es mi asunto . Nosotros tenemos que entender en detalle cómo los tipos de neuronas de trabajo y , a continuación, recoger información acerca de cómo están conectados los módulos funcionales . Los métodos funcionales que se derivan de este tipo de análisis a continuación, se pueden guiar el desarrollo de sistemas inteligentes . Básicamente , estamos buscando métodos inspirados en la biología que pueden acelerar el trabajo de AI , gran parte de lo que ha progresado sin una información valiosa sobre cómo el cerebro lleva a cabo funciones similares. Desde mi propio trabajo en el reconocimiento de voz , sé que nuestro trabajo se aceleró en gran medida cuando ganamos comprensión de cómo el cerebro elabora y transforma la información auditiva .

La forma en que las estructuras redundantes masivamente en el cerebro se diferencian es a través del aprendizaje y la experiencia. El estado actual de la técnica en la IA no en el hecho de que los sistemas aprendan también de su propia experiencia. Los coches de autoconducción de Google aprender de su propia experiencia de conducción , así como de los datos de los vehículos de Google impulsada por factores humanos , Watson aprendió la mayor parte de sus conocimientos mediante la lectura por sí mismo.

Es interesante observar que los métodos desplegados hoy en AI han evolucionado para ser matemáticamente muy similar a los mecanismos en el neocórtex .

Otra objeción a la posibilidad de " IA fuerte " (inteligencia artificial a nivel humano y más) que a menudo se plantea es que el cerebro humano hace un amplio uso de la computación analógica, mientras que los métodos digitales inherentemente no pueden replicar las gradaciones de valor que las representaciones analógicas pueden encarnar. Es cierto que un bit es encendido o apagado , pero las palabras de varios bits

fácilmente representar múltiples gradaciones y puede hacerlo en cualquier grado de precisión deseado . Esto es , por supuesto , hace todo el tiempo en los ordenadores digitales . Como es, la exactitud de la información analógica en el cerebro (la fuerza sináptica , por ejemplo) es sólo alrededor de un nivel dentro de 256 niveles que pueden ser representados por ocho bits .

En el capítulo 9 he citado Roger Penrose y oposición de Stuart Hameroff , que se refería a los microtúbulos y la computación cuántica. Recordemos que afirman que las estructuras de microtúbulos en las neuronas están haciendo computación cuántica , y puesto que no es posible lograr que en los ordenadores , el cerebro humano es fundamentalmente diferente y, presumiblemente, mejor. Como dije antes, no hay pruebas de que los microtúbulos neuronales están llevando a cabo la computación cuántica . Los seres humanos , de hecho, hacen un trabajo muy pobre de resolver el tipo de problemas que un ordenador cuántico lo haría sobresalir en (como factorizar números grandes) . Y si nada de esto resultó ser cierto, no habría nada de restricción de la computación cuántica de que también se utiliza en nuestros ordenadores.

John Searle es famoso por introducir un experimento mental que él llama " la habitación china", un argumento se discute en detalle en La singularidad está Near.9 En definitiva , se trata de un hombre que lleva en las preguntas escritas en chino y luego responde . Para hacer esto, se utiliza un elaborado libro de reglas. Searle afirma que el hombre no tiene una verdadera comprensión de los chinos y no es " consciente" de la lengua (como él no entiende las preguntas o las respuestas) a pesar de su aparente capacidad para responder a las preguntas en chino. Searle compara con un ordenador y llega a la conclusión de que un equipo que podría responder a preguntas en chino (esencialmente superación de una prueba de Turing chino) sería , al igual que el hombre de la habitación china , no tienen una verdadera comprensión de la lengua y no hay conciencia de lo que estaba haciendo .

Hay algunas artimañas filosóficas de la mano en el argumento de Searle . Por un lado, el hombre de este experimento mental es sólo comparable a la unidad de procesamiento central (CPU) de un ordenador. Se podría decir que una CPU no tiene una verdadera comprensión de lo que está haciendo , pero la CPU es sólo una parte de la estructura. En la habitación china de Searle , es el hombre con su libro de reglas que constituyen todo el sistema. Este sistema tiene una comprensión de los chinos , de lo contrario no sería capaz de responder convincentemente a preguntas en chino , lo que violaría la suposición de Searle para este experimento .

El atractivo del argumento de Searle se deriva del hecho de que es difícil hoy en día para inferir verdadera comprensión y la conciencia en un programa de ordenador . El problema con este argumento , sin embargo, es que se puede aplicar a su propia línea de razonamiento para el cerebro humano. Cada patrón neocortical reconocedor de hecho, cada neurona y cada componente neuronal está siguiendo un algoritmo.

(Después de todo , estos son los mecanismos moleculares que siguen la ley natural.)

Si llegamos a la conclusión de que después de un algoritmo es incompatible con la verdadera comprensión y la conciencia, entonces tendríamos que concluir también que el cerebro humano no presenta estas cualidades tampoco. Usted puede tomar argumento de la habitación china de John Searle y simplemente sustituir "conexiones

interneuronales manipulación y fortalezas sinápticas " por las palabras " la manipulación de símbolos" y tendrá un argumento convincente en el sentido de que el cerebro humano no puede entender realmente nada.

Otra línea de argumentación proviene de la naturaleza de la naturaleza , que se ha convertido en una nueva tierra sagrada para muchos observadores . Por ejemplo, Nueva Zelanda biólogo Michael Denton (nacido en 1943) ve una gran diferencia entre los principios de diseño de las máquinas y las de la biología. Denton escribe que las personas naturales son " autoorganización , ... autorreferencial , ... auto-replicante , ... recíproco , ... auto formativa , y ... holístico. " 10 Afirma que tales formas biológicas sólo se pueden crear a través de procesos biológicos y que estas formas son lo que " inmutable, impenetrable ... y ... las realidades fundamentales "de la existencia, y por lo tanto , básicamente, una categoría filosófica diferente de máquinas.

La realidad , como hemos visto , es que las máquinas pueden ser diseñados utilizando estos mismos principios .

Aprendizaje de los paradigmas de diseño específicos de la naturaleza más inteligente entidad el cerebro humano es precisamente el objetivo del proyecto de ingeniería inversa del cerebro . Tampoco es cierto que los sistemas biológicos son totalmente " holística ", como dice Denton , ni , a la inversa , qué máquinas deben ser completamente modular. Hemos identificado claramente las jerarquías de las unidades de la funcionalidad de los sistemas naturales, especialmente el cerebro, y los sistemas de inteligencia artificial están utilizando métodos comparables .

Me parece que muchos críticos no estarán satisfechos hasta que las computadoras pasan rutinariamente la prueba de Turing, pero incluso ese límite no será clara. Sin lugar a dudas , habrá controversia sobre si reclamaron pruebas de Turing que se han administrado son válidas. De hecho , probablemente voy a estar entre los primeros críticos despectivos reclamaciones en este sentido. Por el momento los argumentos acerca de la validez de un equipo de pasar la prueba de Turing hacen sentar la cabeza , los equipos tendrán tiempo que superó la inteligencia humana no amplificada Mi énfasis está en la palabra " amplificada ", porque la mejora es precisamente la razón por la que estamos creando estos "niños de la mente ", como Hans Moravec llama ellos¹¹ combinación de reconocimiento de patrones a nivel humano con la velocidad inherente y la precisión de las computadoras se traducirá en las habilidades muy poderosas . Pero esto no es una invasión extraterrestre de máquinas inteligentes de Marte estamos creando estas herramientas para hacernos más inteligentes. Creo que la mayoría de los observadores están de acuerdo conmigo en que esto es lo que es único acerca de la especie humana : Construimos estas herramientas para ampliar nuestro alcance.

EPÍLOGO

Bastante sombrías, caballeros de la imagen ... climas del mundo están cambiando, los mamíferos se están apoderando , y todos tienen un cerebro del tamaño de una nuez.

Los dinosaurios que hablan, en Al otro lado de Gary Larson

La inteligencia puede ser definida como la capacidad de resolver problemas con recursos limitados, en el que un tal recurso clave es el tiempo. Así, la capacidad de resolver con mayor rapidez un problema como la búsqueda de alimentos o evitar un depredador refleja un mayor poder del intelecto . Inteligencia evolucionó porque era útil para la supervivencia , un hecho que puede parecer obvio, pero con la que no todo el mundo está de acuerdo. Tal como se practica por nuestra especie, que nos ha permitido no sólo para dominar el planeta, sino a mejorar constantemente la calidad de nuestras vidas. Este último punto , también, no es evidente para todos, dado que no existe una percepción generalizada de hoy en día que la vida está empeorando . Por ejemplo, una encuesta de Gallup publicada el 4 de mayo de 2011, reveló que sólo el " 44 por ciento de los estadounidenses cree que los jóvenes de hoy tendrán una vida mejor que sus padres . " 1

Si nos fijamos en las tendencias generales , no sólo tiene la esperanza de vida humana se cuadruplicó en la última milenio (y más que duplicado en los últimos dos siglos) , 2 pero el PIB per cápita (en dólares constantes corrientes) ha pasado de cientos de dólares en 1800 a miles de dólares en la actualidad , con las tendencias más pronunciadas en los países desarrollados sólo mundo.3 un puñado de democracias de hace un siglo , mientras que son la norma en la actualidad. Para obtener una perspectiva histórica de lo mucho que hemos avanzado , le sugiero la gente lee *Leviatán* de Thomas Hobbes (1651) , en el que describe la "vida del hombre" como " solitaria, pobre , desagradable, brutal y corta ". Para una perspectiva moderna , el reciente libro de la abundancia (2012) , por el Premio de la Fundación X fundador (y cofundador conmigo de la Universidad Singularity) Peter Diamandis y divulgador científico Steven Kotler , documenta las maneras extraordinarias en las que la vida ha mejorado de manera constante en todas las dimensiones . Steven Pinker ' s reciente de los mejores ángeles de nuestra naturaleza : ¿Por qué la violencia ha disminuido (2011) documenta cuidadosamente el aumento constante de las relaciones pacíficas entre las personas y los pueblos. Abogado americano , empresario y autor Martine Rothblatt (nacido en 1954) documenta la mejora constante de los derechos civiles , señalando , por ejemplo, cómo en un par de décadas el matrimonio entre personas del mismo sexo pasó de ser legalmente reconocida en ningún lugar del mundo para estar legalmente aceptado en un número cada vez mayor de jurisdicciones.4

Una razón principal de que la gente cree que la vida es cada vez peor es porque nuestra información acerca de la problemas del mundo ha mejorado de manera constante . Si hay una batalla hoy en algún lugar del planeta, lo vivimos casi como si estuviéramos allí. Durante la Segunda Guerra Mundial, decenas de miles de personas podrían perecer en una batalla , y si el público lo veía en todo lo que estaba en un noticiario granulada en un cine semanas posteriores. Durante la Primera Guerra Mundial, una pequeña elite podía leer sobre la marcha del conflicto en el periódico (sin imágenes) . Durante el siglo XIX hubo casi ningún acceso a las noticias en el momento oportuno para cualquiera.

El avance que hemos hecho como una especie debido a nuestra inteligencia se refleja en la evolución de nuestro conocimiento , que incluye nuestra tecnología y nuestra cultura. Nuestras diversas tecnologías son cada vez más las tecnologías de la

información, que por sí continúan avanzando de manera exponencial. Es a través de este tipo de tecnologías que somos capaces de hacer frente a los grandes desafíos de la humanidad , tales como el mantenimiento de un medio ambiente sano , proporcionando los recursos para una población creciente (incluida la energía , alimentos y agua) , la superación de la enfermedad , que se extiende mucho la longevidad humana , y la eliminación de la pobreza. Es sólo mediante la extensión de nosotros mismos con la tecnología inteligente que podemos hacer frente a la magnitud de la complejidad necesaria para hacer frente a estos desafíos.

Estas tecnologías no son la vanguardia de una invasión inteligente que competirá con y en última instancia desplazarnos . Desde que tomó un palo para llegar a una rama más alta , hemos utilizado nuestras herramientas para extender nuestro alcance , tanto física como mentalmente. Que podamos tener un dispositivo de nuestro bolsillo hoy y acceder a gran parte del conocimiento humano con sólo pulsar unas teclas nosotros se extiende más allá de lo imaginable por la mayoría de los observadores hace sólo unas pocas décadas. El " teléfono celular " (el término se coloca entre comillas porque es mucho más que un teléfono) en el bolsillo es un millón de veces más barato sin embargo, miles de veces más potente que la computadora todos los estudiantes y profesores del MIT comparten cuando era un estudiante allí. Eso es un aumento de varios miles de millones de veces en la relación precio / rendimiento en los últimos cuarenta años , una escalada que nos veremos de nuevo en los próximos veinticinco años, cuando lo usa para caber en un edificio, y ahora cabe en el bolsillo, se ajuste en el interior una célula de sangre .

De esta manera vamos a fusionar con la tecnología inteligente que estamos creando. Nanobots inteligentes en nuestro torrente sanguíneo mantendrá nuestro cuerpo biológico saludable a nivel celular y molecular. Van a ir en nuestro cerebro no invasiva a través de los capilares e interactuar con nuestras neuronas biológicas , que se extiende directamente a nuestra inteligencia. Esto no es tan futurista como puede parecer. Ya hay dispositivos de células de sangre de tamaño que pueden curar la diabetes tipo I en animales o detectar y destruir las células cancerosas en el torrente sanguíneo . En base a la ley de los retornos acelerados , estas tecnologías serán un billón de veces más potente dentro de tres décadas de lo que son hoy.

Ya me considero los dispositivos que uso y la nube de los recursos informáticos a los que están conectados virtualmente como una extensión de mí mismo, y me siento menos completa si estoy separado de estos extensores del cerebro . Por eso la huelga de un día por Google , Wikipedia , y miles de otros sitios web en contra de la ley SOPA (Stop Online Piracy Act) el 18 de enero de 2012, fue tan notable : me sentí como si una parte de mi cerebro se va a la huelga (aunque yo y otros encontré maneras de acceder a estos recursos en línea) . También fue una impresionante demostración del poder político de estos sitios como el proyecto de ley , que parecía que se dirigía a la ratificación , murió instantáneamente . Pero lo más importante, demostró cuan profundamente tenemos piezas ya externalizados de nuestro pensamiento a la nube de computación . Ya es parte de lo que somos . Una vez que habitualmente tenemos la inteligencia no biológica inteligente en nuestro cerebro , este aumento y la nube que está conectado a va a seguir creciendo en la capacidad de manera exponencial.

La inteligencia vamos a crear a partir de la ingeniería inversa del cerebro tendrá acceso a su código fuente , y será capaz de mejorar rápidamente sí en un ciclo de diseño acelerar iterativo. Aunque existe una considerable plasticidad en el cerebro humano biológica , como hemos visto , tiene una arquitectura relativamente fija, que no puede ser modificado de manera significativa , así como una capacidad limitada . No somos capaces de incrementar sus 300 millones de reconocedores de patrones para , por ejemplo, 400 millones menos que lo hagamos no biológicamente . Una vez que podemos lograrlo, no habrá ninguna razón para parar en un determinado nivel de capacidad. Podemos pasar a hacerlo de mil millones de patrones reconocedores , o un billón .

Desde mejora cuantitativa viene avance cualitativo . El avance evolutivo más importante en el Homo sapiens era cuantitativa : el desarrollo de un frente más grande para dar cabida a más neocórtex . Una mayor capacidad de neocortical habilitado esta nueva especie para crear y contemplar pensamientos a niveles conceptuales más altos, lo que resulta en la creación de todos los diversos campos del arte y la ciencia. A medida que agregamos más neocortex en una forma no biológica , podemos esperar que los niveles cualitativos más altos de abstracción.

Matemático británico Irvin J. Bueno , colega de Alan Turing , escribió en 1965 que " la primera máquina ultrainteligente es el último invento de que el hombre necesita que realizar. " Se define como una máquina como la que podría superar las "actividades intelectuales de cualquier hombre sin embargo inteligente ", y concluyó que" desde el diseño de las máquinas es una de estas actividades intelectuales , una máquina ultrainteligente podría diseñar máquinas aún mejores , no habría entonces , sin duda, ser una " " explosión de inteligencia ".

La última invención que la evolución biológica necesaria para que el neocórtex que inevitablemente conduce a la última invención que la humanidad necesita para hacer verdaderamente inteligente máquinas y el diseño de uno está inspirando a la otra. La evolución biológica continúa , pero la evolución tecnológica se está moviendo de un millón de veces más rápido que el primero. De acuerdo con la ley de los retornos acelerados , a finales de este siglo vamos a ser capaces de crear cómputo en los límites de lo posible, sobre la base de las leyes de la física aplicada a computation.⁵ llamamos materia y energía organizada de esta manera " computronium ", que es mucho más poderosa libra por libra que el cerebro humano. No sólo será el cálculo bruto, pero será infundido con algoritmos inteligentes que constituyen todo el conocimiento humano máquina. Con el tiempo vamos a convertir gran parte de la masa y la energía en nuestro pequeño rincón de la galaxia que es adecuado para este propósito computronium . Entonces , para mantener la ley de la aceleración vuelve curso, tendremos que extender al resto de la galaxia y el universo .

Si la velocidad de la luz en realidad sigue siendo un límite inexorable , entonces colonizar el universo va a tomar mucho tiempo, dado que el sistema de la estrella más cercana a la Tierra es de cuatro años luz de distancia . Si hay medios , incluso sutiles de eludir este límite, la inteligencia y la tecnología será lo suficientemente potente como para explotarlos. Esta es una razón por la reciente sugerencia de que los muones que atravesaban los 730 kilómetros del acelerador del CERN en la frontera franco-suiza para el Laboratorio Gran Sasso , en Italia central parecían moverse más

rápido que la velocidad de la luz era una noticia potencialmente significativo . Esta observación particular parece ser una falsa alarma , pero hay otras posibilidades de conseguir alrededor de este límite. Ni siquiera tenemos que superar la velocidad de la luz si podemos encontrar accesos directos a otros lugares aparentemente lejanos a través de dimensiones espaciales más allá de los tres con los que estamos familiarizados . Si somos capaces de superar o de otra manera de moverse por la velocidad de la luz como límite será el tema estratégico clave para la civilización humana máquina en el comienzo del siglo XXII .

Los cosmólogos discuten sobre si el mundo terminará en fuego (un crujido grande para que coincida con el Big Bang) o hielo (la muerte de las estrellas , ya que se extienden en una expansión eterna) , pero esto no tiene en cuenta el poder de la inteligencia , como si su emergencia fuera sólo un espectáculo entretenido de la mecánica celeste grandes que ahora gobiernan el universo. ¿Cuánto tiempo tomará para que podamos difundir nuestra inteligencia en su forma no biológica en todo el universo ? Si somos capaces de superar la velocidad de la luz , sin duda un gran si por ejemplo, mediante el uso de agujeros de gusano en el espacio (que son consistentes con nuestra comprensión actual de la física) , que se podría lograr en unos pocos siglos. De lo contrario, es probable que tome mucho más tiempo. En cualquiera de los casos , el despertar del universo, y luego decidir inteligentemente su destino mediante la infusión con la inteligencia humana en su forma no biológica , es nuestro destino.

NOTAS introducción

1 . He aquí una frase de Cien años de soledad de Gabriel García Márquez : Aureliano Segundo no era consciente de la cantinela hasta el día siguiente , después del desayuno cuando se sintió ser molestado por un zumbido que era por entonces más fluido y más fuerte que el sonido de la lluvia , y fue Fernanda , quien estaba caminando por toda la casa quejándose de que habían educado para ser una reina sólo para que su fin como sirvienta en una casa de locos , con un vago idólatra , marido libertino que yacía de espaldas esperando que llueva pan del cielo mientras ella se esforzaba sus riñones tratando de mantener a flote un hogar se mantienen unidos con alfileres , donde había tanto hacer, por lo difícil de soportar en el marco y la reparación desde el momento en que Dios le dio a su sol de la mañana hasta la hora de ir a la cama que cuando llegó allí sus ojos estaban llenos de cristal esmerilado , y sin embargo nadie dice que ella " Buenos días, Fernanda , ¿has dormido bien ? " , ni la habían pedido , aunque por cortesía, por qué estaba tan pálida o por qué se despertó con anillos de color púrpura debajo de sus ojos , a pesar del hecho de que ella lo esperaba, por supuesto, , de una familia que siempre había considerado su una molestia , un trapo viejo , un piquero pintado en la pared, y que siempre se va por ahí diciendo cosas en contra de ella a sus espaldas , llamándola Churchmouse , llamándola fariseo , llamándola astuto, y incluso Amaranta , que descansa en paz , había dicho en voz alta que ella era una de esas personas que no podían contar sus

rectos de sus cenizas , que Dios tenga misericordia , tales palabras , y ella había tolerado todo con resignación por el Santo Padre , pero ella no había sido capaz de tolerar más que cuando el mal José Arcadio Segundo dijo que la perdición de la familia había llegado cuando abrió sus puertas a un montañés engreída , imagínate , un montañés mandona , Señor sálvanos , un montañés hija del mal lengua de la misma banda que los montañeses el gobierno envió a matar a los trabajadores , que me diga , y que se refería a nadie más que a ella, la ahijada del duque de Alba , una mujer de ese linaje que hizo el hígado de las esposas aljaba presidentes , una noble dama de la sangre bien como ella, que tenía derecho a firmar once nombres peninsulares y que era la única criatura mortal en ese pueblo lleno de hijos de puta que no se sentían confundidos todo a la vista de dieciséis piezas de cubiertos, por lo que su marido adúltero podría morir de la risa después y decir que no estaban destinados tantos cuchillos y tenedores y cucharas para un ser humano, sino de un ciempiés , y el único que podía decir con los ojos cerrados cuando el vino blanco era sirve y de qué lado y en el que el vidrio y cuando el vino rojo y de qué lado y en el que el vidrio y no como ese campesino de Amaranta , que descansa en paz , que pensaba que el vino blanco se sirve en el vino durante el día y rojo en la noche, y el único en toda la costa que podrían estar orgullosos del hecho de que ella se hizo cargo de su cuerpo necesita solamente en bacinillas de oro , por lo que el coronel Aureliano Buendía , que descansa en paz , podría tener el descaro de pedirle con su Masonic mal humor que había recibido ese privilegio , y si ella no shit shit pero cagado albahaca , imagínense , con esas mismas palabras , y para que Renata , su propia hija, que por un descuido había visto heces en el dormitorio, había respondido que, incluso si el bote estaba todo el oro y con un escudo de armas, lo que había dentro era pura mierda , mierda física , y peor aún que cualquier otro tipo , ya que estaba atrapado mierda montaña, imagínese , su propia hija, de modo que ella nunca tuvo ilusiones sobre el resto de la familia, pero en cualquier caso no tenía derecho a esperar un poco más de consideración por parte de su marido porque , para bien o para mal, él era su esposo consagrada , su compañera , su expoliador legal, que tomó sobre sí mismo por su propia voluntad soberana y la grave responsabilidad de llevarla lejos de su casa paterna , en la que nunca quiso a favor o sufría de nada , donde se tejían coronas fúnebres como un pasatiempo , ya que su padrino había envió una carta con su firma y el sello de su anillo en la cera de lacre , simplemente decir que el no estaban destinados manos de su ahijada para las tareas de este mundo , excepto a jugar el clavicordio , y, sin embargo , su marido demente habían llevado de su casa con todo tipo de admoniciones y advertencias y se habían llevado a la sartén del infierno donde una persona no podía respirar por el calor , y antes de que ella había terminado su Pentecostal rápido que se había ido con sus baúles errantes y acordeón de su derrochador de pan en adulterio con un miserable de quien sólo era suficiente para ver su trasero , bueno, eso es se ha dicho , al verla mover su yegua está detrás con el fin de adivinar que era , que era , todo lo contrario de ella, que era una señora en un palacio o en una pocilga , en la mesa o en la cama, una dama de la cría, temerosos de Dios , obedeciendo sus leyes y sumisa a sus deseos, y con el que no pudo realizar , por supuesto , las acrobacias y payasadas trampish que hizo con el otro, que , por supuesto , estaba preparado para cualquier cosa, como las matronas francesas, y peor

aún , si se considera así , porque por lo menos tuvieron la honestidad de poner una luz roja en su puerta, cochinada así, imagínate , y eso era todo lo que se necesita por la única y amada hija de Doña Renata Argote y don Fernando del Carpio , y sobre todo este último , un hombre de bien , un buen cristiano, un caballero de la Orden del Santo Sepulcro , los que reciben directamente de Dios el privilegio de permanecer intacta en sus tumbas con la piel suave como las mejillas de una novia y sus ojos vivos y claros como esmeraldas .

2 . Véase el gráfico "El crecimiento en GenBank ADN Datos de Secuencia " en el capítulo 10 .

3 . Cheng Zhang y Ma Jianpeng , " Muestreo y Aplicaciones de plegamiento de proteínas en solvente explícito , Enhanced " Diario de la Química Física 132 , no. 24 (2010) : 244.101 . Ver también <http://folding.stanford.edu/English/About> sobre el proyecto Folding @ home , que ha aprovechado más de cinco millones de computadoras alrededor del mundo para simular el plegamiento de proteínas .

4 . Para una descripción más completa de este argumento, véase la sección " [El impacto ...] en el destino inteligente del Cosmos : ¿Por qué es probable que estemos solos en el Universo " , en el capítulo 6 de la singularidad está cerca de Ray Kurzweil (Nueva York: viking, 2005) .

5 . James D. Watson , Descubriendo el cerebro (Washington , DC : National Academies Press, 1992) .

6 . Sebastian Seung , Conectoma : Cómo cableado del cerebro que nos hace quienes somos (New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2012) .

7 . " Mandelbrot Zoom, " <http://www.youtube.com/watch?v=gEw8xpb1aRA> ; "Zoom Fractal Mandelbrot Corner " , http://www.youtube.com/watch?v=G_GBwuYuOOs .

Capítulo 1 : Pensamiento experimentos en el mund

1 . Charles Darwin , El Origen de las Especies (PF Collier & Son, 1909) , 185/9596 .

2 . Darwin , El Origen de las Especies , 751 (206.1.16) , edición Variorum de Peckham, editado por Morse Peckham, El Origen de las Especies de Charles Darwin : Un Texto Variorum (Philadelphia : University of Pennsylvania Press, 1959) .

3 . R. Dahm , " Descubriendo el ADN : Friedrich Miescher y los primeros años de Nucleic Acid Research , " Human Genetics 122 , no. 6 (2008) : 56581 , doi : 10.1007/s0043900704330 ; PMID 17901982 .

4 . Valery N. Soyfer , " Las consecuencias de la dictadura política de la ciencia rusa, " Nature Reviews Genetics 2 , no. 9 (2001) : 72329 , doi : 10.1038/35088598 ; PMID 11533721 .

5 . JD Watson y FHC Crick, "una estructura para el ácido desoxirribonucleico , " Nature 171 (1953) : 73738 , <http://www.nature.com/nature/dna50/watsoncrick.pdf> y " Double Helix : 50 Años de ADN , " archivo Naturaleza, <http://www.nature.com/nature/dna50/archive.xhtml> .

6 . Franklin murió en 1958 y el Premio Nobel por el descubrimiento del ADN fue concedido en 1962 . Existe controversia en cuanto a si o no ella habría compartido el premio que había estado vivo en 1962.

- 7 . Albert Einstein , "Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento " (1905) . En este trabajo se estableció la teoría especial de la relatividad. Véase Robert Bruce Lindsay y Henry Margenau , Los fundamentos de la Física (Woodbridge , CT: Ox Bow Press, 1981) , 330.
 - 8 . " Radiómetro de Crookes , " Wikipedia,
http://en.wikipedia.org/wiki/Crookes_radiometer .
 - 9 . Tenga en cuenta que algunos de el impulso de los fotones se transfiere a las moléculas de aire en el bulbo (ya que no es un vacío perfecto) y luego transferidos de las moléculas de aire caliente a la paleta .
 - 10 . Albert Einstein : " ¿La inercia de un cuerpo depende de su contenido de energía ? " (1905) . En este trabajo se estableció la famosa fórmula de Einstein $E = mc^2$.
 - 11 . "Cartas de Albert Einstein al presidente Franklin Delano Roosevelt , "
<http://hypertextbook.com/eworld/einstein.shtml> .
- Capítulo 3 : Un modelo del Neocórtex : El Reconocimiento de Patrones

Teoría de la Mente

- 1 . Algunos no mamíferos , como los cuervos , loros y pulpos, se informó a ser capaces de un cierto nivel de razonamiento , sin embargo , esto es limitado y no ha sido suficiente para crear herramientas que tienen su propio curso evolutivo de desarrollo . Estos animales pueden haber adaptado otras regiones del cerebro para llevar a cabo un pequeño número de niveles de pensamiento jerárquico , pero se requiere un neocórtex para el pensamiento jerárquico relativamente sin restricciones que los seres humanos pueden llevar a cabo .
- 2 . VB Mountcastle " , un principio de organización para la función cerebral : el modelo de la unidad y el sistema distribuido " (1978) , de Gerald M. Edelman y Vernon B. Mountcastle , El Cerebro Consciente : Organización cortical y de la Teoría de Grupos selectiva de las funciones cerebrales superiores (Cambridge , MA: MIT Press, 1982) .
- 3 . Herbert A. Simon , " La Organización de los Sistemas Complejos , " en Howard H. Pattee , ed. , Teoría de la Jerarquía : El desafío de Sistemas Complejos (New York : George Braziller , Inc. , 1973) , http://blog.santafe.edu/wp-content/uploads/2009/03/simon_1973.pdf .
- 4 . Marc D. Hauser, Noam Chomsky , y W. Tecumseh Fitch , " La facultad del lenguaje : ¿Qué es , que lo tiene, y cómo evolucionó? " Ciencia 298 (noviembre de 2002): 15691579 , [http:// www.sciencemag.org/content/298/5598/1569.short](http://www.sciencemag.org/content/298/5598/1569.short) .
- 5 . El siguiente pasaje del libro de Transcend : Nueve pasos para vivir bien siempre, por Ray Kurzweil y Terry Grossman (New York: Rodale, 2009) , describe esta técnica sueños lúcidos con más detalle :
He desarrollado un método para resolver problemas mientras duermo . He perfeccionado por mí mismo durante varias décadas y han aprendido los medios sutiles por las que esto es probable que funcione mejor.
Empiezo a cabo mediante la asignación de un mismo problema cuando me meto en la cama . Esto puede ser cualquier tipo de problema . Podría ser un problema de

matemáticas , un problema con uno de mis inventos , una pregunta estrategia comercial, o incluso un problema interpersonal .

Voy a pensar en el problema durante unos minutos , pero trato de no resolverlo. Eso acaba de cortar la resolución creativa de problemas por venir . Yo trato de pensar en ello. ¿Qué sé yo de esto? ¿Qué forma podría adoptar una solución? Y luego me voy a dormir . Hacer esto prepara la mente subconsciente para trabajar en el problema .

Terry : Sigmund Freud señaló que cuando soñamos , muchos de los censores de nuestro cerebro está relajado , por lo que podríamos soñar con cosas que sean social , cultural o incluso sexual tabú. Podemos soñar con cosas raras que no íbamos a dejarnos pensar durante el día . Eso es , al menos, una de las razones por qué los sueños son extraños .

Ray : También hay anteojeras profesionales que impiden a las personas a pensar de forma creativa , muchos de los cuales provienen de nuestra formación profesional, bloqueos mentales tales como " usted no puede solucionar un problema de procesamiento de señal de esa manera " o " la lingüística no se supone que usar esas reglas . " estos supuestos mentales también están relajados en nuestro estado de sueño, así que voy a soñar con nuevas formas de resolver problemas sin tener que responsabilizarse por estas restricciones durante el día .

Terry : Hay otra parte de nuestro cerebro también no funcionaba cuando soñamos , nuestras facultades racionales para evaluar si una idea es razonable. Así que esa es otra razón por la que las cosas extrañas o fantásticas suceden en nuestros sueños. Cuando el elefante camina a través de la pared , no estamos sorprendidos de cómo el elefante podía hacer esto. Nos decimos a nosotros mismos sueños : "Está bien , un elefante caminó a través de la pared, no es gran cosa . "De hecho , si me despierto en medio de la noche , a menudo me encuentro con que he estado soñando de manera extraña y oblicua sobre el problema que me asignaron a mí mismo .

Ray : El siguiente paso se da en la mañana en el estado a medio camino entre el sueño y la vigilia , que a menudo se llama el sueño lúcido . En este estado, todavía tengo los sentimientos y las imágenes de mis sueños , pero ahora yo tengo mis facultades racionales . Me doy cuenta , por ejemplo, que estoy en una cama. Y podría formular el pensamiento racional que tengo mucho que hacer, así que será mejor que levantarse de la cama . Pero eso sería un error. Siempre que puedo , voy a quedarme en la cama y continuar en este estado de sueño lúcido , ya que es fundamental para este método de resolución de problemas creativa. Por cierto, esto no funciona si la alarma suena .

Lector: Suena como el mejor de los dos mundos.

Ray : Exactamente. Todavía tengo acceso a los pensamientos del sueño sobre el problema que he asignado a mí mismo la noche anterior. Pero ahora soy lo suficientemente consciente y racional para evaluar las nuevas ideas creativas que

vienen a mí durante la noche. Puedo determinar cuáles tienen sentido. Después tal vez 20 minutos de esto, siempre tendrá nuevas visiones penetrantes en el problema.

Yo he llegado con las invenciones de esta manera (y pasó el resto del día por escrito una solicitud de patente) , descubierto la manera de organizar el material para un libro como éste, y llegar a ideas útiles para una diversidad de problemas. Si tengo una decisión clave para hacer , siempre voy a pasar por este proceso , después de lo cual estoy probabilidades de tener verdadera confianza en mi decisión .

La clave del proceso es dejar que tu mente , para ser libre de prejuicios , y no preocuparse por lo bien que el método funciona. Es lo contrario de una disciplina mental. Piense en el problema, pero luego dejar las ideas pasen sobre ti como te duermas. Luego, en la mañana , deja que tu mente vaya de nuevo al revisar las extrañas ideas que tus sueños se generan. He encontrado que esto es un método de gran valor para el aprovechamiento de la creatividad natural de mis sueños.

Lector: Bueno, para los adictos al trabajo entre nosotros , ahora podemos trabajar en nuestros sueños. No estoy seguro de mi esposo se va a apreciar esto.

Ray : En realidad , se puede pensar en ello como conseguir sus sueños de hacer su trabajo para usted . Capítulo 4 : El Neocortex Biológica

- 1 . Steven Pinker, Cómo funciona la mente (Nueva York: Norton, 1997) , 15253 .
- 2 . DO Hebb , la organización de la conducta (New York: John Wiley & Sons, 1949) .
- 3 . Henry Markram y Rodrigo Perrin , " ensamblajes neuronales innata de memoria Lego " Fronteras de Circuitos Neuronales 5 , no. 6 (2011) .
- 4 . La comunicación por correo electrónico de Henry Markram , 19 de febrero de 2012.
- 5 . Van Wassenhove J. et al. " , La estructura geométrica de los Caminos de fibra del cerebro , " Ciencia 335 , no. 6076 (30 de marzo de 2012).
- 6 . Tai Sing Lee, " Cálculos en la corteza visual temprana " , Journal of Physiology - Paris 97 (2003) : 12139 .
- 7 . Una lista de los documentos se puede encontrar en http://cbcl.mit.edu/people/poggio/tpcv_short_pubs.pdf .
- 8 . Daniel J. Felleman y David C. Van Essen, " Distributed Processing jerárquica de la corteza cerebral Primate , " Cerebral Cortex 1 , no. 1 (enero / febrero de 1991) : 147 .
Un análisis convincente de la matemática bayesiana de la comunicación de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba en el neocortex es proporcionada por Tai Sing Lee en " Inferencia bayesiana jerárquica de la corteza visual , " Diario de la Sociedad Americana de Óptica 20, no. 7 (julio 2003) : 14341448 .
- 9 . Uri Hasson et al. , " Una jerarquía de Ventanas Receptivo temporales en la corteza humana" Journal of Neuroscience 28 , no. 10 (5 de marzo de 2008): 253950 .
- 10 . Marina Bedny et " Procesamiento del Lenguaje en la corteza occipital de ceguera congénita al. , Adultos " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias de la 108 , no.

- 11 (15 de marzo , 2011) : 442934 .
- 11 . Daniel E. Feldman, "Mecanismos de plasticidad sináptica en el neocórtex , " Revisión Anual de Neurociencia 32 (2009) : 3355 .
- 12 . Aaron C. Koralek et al. , " Plasticidad corticostriatal es necesaria para el aprendizaje intencional Habilidades neuroprosthetic , "Nature 483 (15 de marzo de 2012) : 33135 .
- 13 . La comunicación por correo electrónico de Randal Koene , enero de 2012.
- 14 . Min Fu, Xinzhu Yu , Lu Ju , y Yi Zuo , "Aprendizaje Motor repetitivo induce Coordinado. La formación de las espinas dendríticas en clúster en Vivo, "Nature 483 (1 de marzo de 2012) : 9295 .
- 15 . Darío Bonanomi et al. , " Ret es una Coreceptor multifuncional que integra difusible y Señales de contacto Axon Orientación, " Cell 148 , no. 3 (febrero de 2012) : 56882 .
- 16 . Ver nota 7 del capítulo 11 .

Capítulo 5 : El viejo cerebro

- 1 . Vernon B. Mountcastle , "The View from Within : Caminos para el Estudio de la Percepción " Johns Hopkins Medical Journal 136 (1975) : 10931 .
- 2 . B. Roska y F. Werblin , " Las interacciones verticales en diez paralelo , apilados Representaciones en la retina de mamíferos , "Nature 410 , no. 6828 (29 de marzo , 2001) : 583 87 , " Eye Strips Imágenes de All pero Bare Essentials Antes de Envío de información visual en el cerebro , UC Berkeley investigación muestra , " la Universidad de California en Berkeley comunicado de prensa , 28 de marzo de 2001, www.berkeley.edu/news/media/releases/2001/03/28_wers1.shtml .
- 3 . Lloyd Watts, " ingeniería inversa de la vía auditiva humana ", en J. Liu et al, eds, WCCI 2012 (Berlin : Springer Verlag, 2012 .) . , 4759 . Lloyd Watts, " en tiempo real de simulación de alta resolución de la vía auditiva , con aplicación a Cell Phone ruido R edución , " ISCAS (2 de junio de 2010) : 382124 . Para ver otros papeles <http://www.lloydwatts.com/publications.shtml> .
- 4 . Ver Sandra Blakeslee, "La humanidad ? Tal vez está todo en el cableado , "New York Times, 11 de diciembre de 2003, <http://www.nytimes.com/2003/12/09/science/09BRAI.shtml> .
- 5 . TEJ Behrens et al. , " Mapping no invasiva de las conexiones entre el tálamo humano y la corteza por medio de imágenes de difusión , " Nature Neuroscience 6 , no. 7 (julio de 2003) : 75057 .
- 6 . " Sustratos neurales de las limitaciones de capacidad cognitiva", Actas de la Academia Nacional de Ciencias de la 108 , no Buschman Timothy J. et al. , . 27 (5 de julio de 2011) : 1125255 , <http://www.pnas.org/content/108/27/11252.long> .
- 7 . Theodore W. Berger et al. , " A cortical neuronal Prótesis para restablecer y reforzar Memoria ", Journal of Neural Engineering 8 , no. 4 (agosto de 2011).
- 8 . Funciones de base son funciones no lineales que se pueden combinar linealmente (mediante la suma de múltiples funciones ponderada base) para aproximar cualquier función no lineal . A. Pouget y LH Snyder, " Métodos computacionales para

- Transformaciones sensoriomotrices , " Nature Neuroscience 3 , no. 11 Anexo (noviembre de 2000) : 11921198 .
- 9 . JR Bloedel , " Heterogeneidad funcional con homogeneidad estructural: ¿Cómo funciona el Cerebelo Operar ? " Comportamiento y Ciencias del Cerebro 15 , no. 4 (1992) : 66678 .
- 10 . S. Grossberg y RW Paine , "Un modelo neural de la corteza cerebelosa Interacciones durante imitación atenta y aprendizaje predictivo de los movimientos secuenciales de escritura a mano , " Redes Neuronales 13 , no. 89 (octubre-noviembre de 2000) : 9991046 .
- 11 . Javier F. Medina y Michael D. Mauk , "Simulación por ordenador de la Información cerebelosa Processing, " Nature Neuroscience 3 (noviembre de 2000) : 12051211 .
- 12 . James Olds, " centros de placer en el cerebro ", Scientific American (octubre de 1956) : 10516 .
- Aryeh Routtenberg , "El sistema de recompensa del cerebro ", Scientific American 239 (noviembre de 1978) : 15464 . KC Berridge y ML Kringelbach , " Neurociencia Afectiva del Placer : Recompensa en humanos y otros animales , " Psicofarmacología 199 (2008) : 45780 . Morten L. Kringelbach , el centro del placer : Confíe en sus instintos animales (Nueva York: Oxford University Press, 2009) . Michael R. Liebowitz , la química del amor (Boston : Little, Brown, 1983) . WL Witters y P. Jones Witters , Sexualidad humana : una perspectiva biológica (New York: Van Nostrand , 1980) .

Capítulo 6 : Habilidades Trascendente

- 1 . Michael Nielsen, Reinventar Descubrimiento : La Nueva Era de la Red Ciencia (Princeton , NJ : Princeton University Press, 2012) , 13 . T. Gowers y M. Nielsen, "Matemáticas masivo de colaboración , " Nature 461 , no. 7266 (2009) : 87981 . "Un enfoque combinatoria de Densidad Hales Jewett, " Weblog de Gowers , <http://gowers.wordpress.com/2009/02/01/acombinatorialapproachtodensityhalesjewett/> . Michael Nielsen , "El proyecto Polymath : Alcance de la Participación ", 20 de marzo de 2009 <http://michaelsnielsen.org/blog/?p=584> . Julie Rehmeyer , " SIAM : Matemáticas masivo de colaboración , " Society for Industrial and Applied Mathematics , 1 de abril de 2010, <http://www.siam.org/news/news.php?id=1731> .
- 2 . P. Dayan y Huys QJM , " La serotonina , Inhibición , y del estado de ánimo negativo , " PLoS Computational Biology 4 , no. 1 (2008) , <http://compbiol.plosjournals.org/perlserv/?request=getdocument&doi=10.1371/journal.pcbi.0040004> .

Capítulo 7 : El Neocortex Digital biológico inspirado

- 1 . Gary Cziko , sin milagros : Teoría selección universal y la Segunda darwiniana Revolution (Cambridge , MA: MIT Press, 1955) .
- 2 . David Dalrymple ha sido un pupilo mío desde que tenía ocho años de edad en

1999. Usted puede leer sus antecedentes aquí:

<http://esp.mit.edu/learn/teachers/davidad/bio.xhtml> y

<http://www.brainsciences.org/ResearchTeam/mrdaviddalrymple.xhtml> .

3 . Jonathan Fildes , " cerebro artificial '10 años de distancia " , "BBC News , 22 de julio de 2009, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/8164060.stm> . Véase también el video "

Henry Markram en Simular el cerebro: Los próximos años decisivos " ,

[http://www.kurzweilai.net/henrymarkramsimulating los cerebro next decisiva año .](http://www.kurzweilai.net/henrymarkramsimulating%20los%20cerebro%20next%20decisiva%20a%C3%B1o)

4 . M. Mitchell Waldrop , "Computer Modelling : Cerebro en una caja , " Noticias de la Naturaleza , 22 de febrero , 2012 , <http://www.nature.com/news/computer-modelling-brain-in-a-box-1.10066> .

5 . Jonah Lehrer , " ¿Puede un pensar, recordar , la toma de decisiones del cerebro biológicamente exacto se construirá a partir de un superordenador ? " Seed,

http://seedmagazine.com/content/article/out_of_the_blue/ .

6 . Fildes , " cerebro artificial '10 años de distancia. "

7 . Ver <http://www.humanconnectomeproject.org/> .

8 . Anders Sandberg y Nick Bostrom , emulación de todo el cerebro : Plan de trabajo , Informe Técnico

20083 (2008) , el futuro de la Humanidad Institute, Universidad de Oxford,

www.fhi.ox.ac.uk/reports/20083.pdf

9 . Aquí es el esquema básico de un algoritmo de red neuronal . Muchas variaciones son posibles , y el diseñador del sistema debe proporcionar ciertos parámetros y métodos críticos , que se detallan en las páginas siguientes .

Creación de una solución de red neuronal de un problema implica los siguientes pasos: Definir la entrada. Definir la topología de la red neuronal (es decir , las capas de neuronas y las conexiones entre las neuronas) . Entrenar la red neuronal en ejemplos del problema.

Ejecutar la red neuronal entrenada para resolver nuevos ejemplos del problema .

Tome su neural pública neta de la compañía .

Estos pasos (excepto la última) se detallan a continuación :

La entrada Problema

El problema de entrada a la red neuronal se compone de una serie de números . Esta entrada puede ser :

En un sistema de reconocimiento de patrones visuales , una matriz bidimensional de números que representan los píxeles de una imagen , o

En un sistema de reconocimiento auditivo (por ejemplo , el habla) , una matriz bidimensional de números que representan un sonido , en el que la primera dimensión representa parámetros del sonido (por ejemplo , componentes de frecuencia) y la segunda dimensión representa diferentes puntos en el tiempo ; o

En un sistema de reconocimiento de patrones arbitraria , una matriz ndimensional de números que representa el patrón de entrada .

Definición de la topología

Para configurar la red neuronal , la arquitectura de cada neurona se compone de : Entradas múltiples en el que cada entrada está " conectado " a cualquiera de la salida de otra neurona o uno de los números de entrada .

En general , una sola salida , que está conectado a ya sea la entrada de otra neurona (que es por lo general en una capa más alta) o la salida final .

Configuración de la primera capa de neuronas

Crear N_0 neuronas en la primera capa . Para cada una de estas neuronas , "conectar" cada una de las múltiples entradas de la neurona a "puntos " (es decir , números) en la entrada del problema. Estas conexiones pueden ser determinados aleatoriamente o mediante un algoritmo evolutivo (véase más adelante) .

Asignación de una " fuerza sináptica " inicial a cada conexión creada . Estos pesos pueden comenzar de todos modos, pueden ser asignados al azar , o se pueden determinar de otro modo (véase más adelante) .

Configuración de las capas adicionales de neuronas

Configurar un total de capas M de neuronas. Para cada capa , configure las neuronas en esa capa. Para Layer I :

Crear neuronas N_i en Layer I . Para cada una de estas neuronas , " conectar " cada una de las múltiples entradas de la neurona a las salidas de las neuronas en Layer $I - 1$ (ver variaciones más abajo) .

Asignación de una " fuerza sináptica " inicial a cada conexión creada . Estos pesos pueden comenzar de todos modos, pueden ser asignados al azar , o se pueden determinar de otro modo (véase más adelante) .

Las salidas de las neuronas en layer M son las salidas de la red neuronal (ver variaciones más abajo) . Los ensayos de reconocimiento

Cómo funciona Cada neurona

Una vez que la neurona está configurado, se hace lo siguiente para cada ensayo de reconocimiento :

Cada entrada ponderada a la neurona se calcula multiplicando la salida de la otra neurona (o de entrada inicial) que la entrada a esta neurona está conectada a por la fuerza sináptica de esa conexión .

Todas estas entradas ponderadas a la neurona se resumen .

Si esta suma es mayor que el umbral de disparo de esta neurona , entonces se considera que esta neurona a disparar y su salida es 1 . De lo contrario , su salida es 0 (ver variaciones más abajo) .

Haga lo siguiente para cada prueba de reconocimiento

Para cada capa , de capa 0 a layerM : Para cada neurona en la capa :
Sumando las entradas ponderadas (cada entrada ponderada = la salida de la otra neurona [o inicial de entrada] que la entrada a esta neurona está conectada a , multiplicado por la fuerza sináptica de esa conexión) .

Si esta suma ponderada de las entradas es mayor que el umbral de disparo de esta neurona , ajuste la salida de esta neurona = 1 , de lo contrario establecerlo en 0 .

Entrenar a la red neuronal

Ejecutar pruebas de reconocimiento repetidos problemas de ejemplo .

Después de cada prueba , ajuste las resistencias sinápticas de todas las conexiones interneuronales para mejorar el rendimiento de la red neuronal en este ensayo (véase la discusión más abajo sobre cómo hacer esto) .

Continuar esta formación hasta que el índice de precisión de la red neuronal ya no está mejorando (es decir , llega a una asíntota) .

Las decisiones clave de diseño

En el sencillo esquema anterior , el diseñador de este algoritmo de red neuronal tiene que determinar , en primer lugar :

¿Qué representan los números de entrada . El número de capas de neuronas .

El número de neuronas en cada capa . (Cada capa no necesariamente tienen que tener el mismo número de neuronas

El número de entradas a cada neurona en cada capa . El número de entradas (es decir , las conexiones interneuronales) también puede variar de una neurona a otra y de capa a capa .

El " cableado " actual (es decir , las conexiones) . Para cada neurona en cada capa , este consiste en una lista de otras neuronas , las salidas de los que constituyen las entradas de esta neurona . Esto representa un área clave en el diseño . Hay una serie de posibles maneras de hacer esto :

- (1) Conecte la red neuronal al azar , o
- (2) Utilice un algoritmo evolutivo (véase más adelante) para determinar un cableado óptimo , o
- (3) Utilice el mejor criterio del diseñador del sistema para determinar el cableado.

Los puntos fuertes sinápticas iniciales (es decir , pesos) de cada conexión . Hay una serie de posibles maneras de hacer esto :

- (1) Establecer las fortalezas sinápticas en el mismo valor , o
- (2) Establecer las fortalezas sinápticas a diferentes valores aleatorios , o
- (3) Usar un algoritmo evolutivo para determinar un conjunto óptimo de valores

iniciales ; o

(4) Utilice el mejor criterio del diseñador del sistema para determinar los valores iniciales.

El umbral de disparo de cada neurona . Determine la salida. La salida puede ser : (1) las salidas de layerM de las neuronas , o

(2) la salida de una única neurona de salida , las entradas de las cuales son las salidas de las neuronas en layerM ; (3) una función de (por ejemplo , una suma de) las salidas de las neuronas en layerM ; o

(4) otra función de la neurona emite en múltiples capas .

Determinar cómo se ajustan las fuerzas sinápticas de todas las conexiones durante el entrenamiento de esta red neuronal . Esta es una decisión de diseño clave y es el objeto de una gran cantidad de investigación y discusión . Hay una serie de posibles maneras de hacer esto :

(1) Para cada ensayo de reconocimiento , aumentan o disminuyen cada fuerza sináptica en una cantidad fija (generalmente pequeñas) para que la salida de la red neuronal es más compatible con la respuesta correcta. Una forma de hacer esto es tratar de incremento y decremento y ver lo que tiene el efecto más deseable. Esto puede llevar mucho tiempo , por lo que existen otros métodos para la toma de decisiones locales sobre si se debe aumentar o disminuir cada uno de la fuerza sináptica .

(2) existen otros métodos estadísticos para la modificación de los puntos fuertes sinápticas después de cada ensayo de reconocimiento para que el rendimiento de la red neuronal en ese ensayo es más compatible con la respuesta correcta .

Tenga en cuenta que la formación de redes neuronales funcionará incluso si las respuestas a los ensayos de entrenamiento no son los correctos. Esto permite el uso de datos de entrenamiento del mundo real que pueden tener un margen de error inherente. Una clave para el éxito de un sistema de reconocimiento basado en red neural es la cantidad de datos utilizados para el entrenamiento . Por lo general, se necesita una cantidad muy importante para obtener resultados satisfactorios . Al igual que con los estudiantes humanos , la cantidad de tiempo que una red neuronal gasta aprender sus lecciones es un factor clave para su rendimiento.

Muchas variaciones de lo anterior son factibles . Por ejemplo :

Hay diferentes maneras de determinar la topología . En particular , el cableado interneuronal se puede ajustar ya sea aleatoriamente o mediante un algoritmo evolutivo .

Hay diferentes maneras de establecer las fortalezas sinápticas iniciales.

Las entradas a las neuronas en LayerI no necesariamente tienen que venir de las salidas de las neuronas en LayerI 1

. Alternativamente , las entradas a las neuronas en cada capa pueden provenir de cualquier capa inferior o de cualquier capa .

Hay diferentes maneras de determinar el resultado final .

El método descrito anteriormente da como resultado en un " todo o nada " (1 o 0) disparando llama una no linealidad. Hay otras funciones no lineales que pueden ser utilizados . Comúnmente se utiliza una función que va de 0 a 1 de una manera rápida , pero más gradual . Además, las salidas pueden ser números distintos de 0 y 1.

Los diferentes métodos de ajuste de los puntos fuertes sinápticas durante el entrenamiento representan las decisiones de diseño clave.

El esquema anterior describe una red de " síncrono " neuronal , en el que cada uno de reconocimiento avanza el juicio por el cálculo de las salidas de cada capa , a partir de la capa de 0 a través de layerM . En un verdadero sistema paralelo , en el que cada neurona está en funcionamiento independientemente de los otros , las neuronas pueden operar " de forma asíncrona " (es decir , de forma independiente) . En un enfoque asíncrono , cada neurona está escaneando constantemente sus entradas y se activa siempre que la suma de las entradas ponderadas supera su umbral (o cualquiera que sea su función de salida específica) .

10 . Robert Mannell , "Representaciones acústicos de expresión", 2008 , http://clas.mq.edu.au/acoustics/frequency/acoustic_speech.xhtml .

11 . Este es el esquema básico de un algoritmo genético (evolutivo) . Muchas variaciones son posibles , y el diseñador del sistema tiene que proporcionar ciertos parámetros y métodos críticos , que se detallan a continuación. El Algoritmo Evolutivo

Crear "criaturas " . Solución N Cada uno tiene :

Un código genético : una secuencia de números que caracterizan una posible solución al problema . Los números pueden representar parámetros críticos , pasos a una solución , normas , etc

Para cada generación de la evolución , haga lo siguiente :

Haga lo siguiente para cada una de las criaturas solución de n :

Aplicar solución de esta solución de la criatura (como se representa por su código genético) para el problema , o entorno simulado . Cambio de la solución.

Elige las criaturas solución L con las calificaciones más altas para sobrevivir a la siguiente generación . Eliminar los (N L) no sobrevivientes criaturas solución .

Crear (N L) nuevas criaturas solución de la L sobrevivir criaturas solución a través de:

(1) Creación de copias de la carta de sobrevivir criaturas. Introducir pequeñas

variaciones aleatorias en cada copia , (2) Crear criaturas adicional para la solución mediante la combinación de partes del código genético (el uso de la reproducción " sexual " , o combinar de otro modo las porciones de los cromosomas) a partir de la L supervivientes criaturas ; o

(3) ¿Es una combinación de (1) y (2) . Determine si debe o no seguir evolucionando :

Mejora = (calificación más alta en esta generación) (calificación más alta en la generación anterior) . Si

Mejoramiento < Umbral Mejora entonces hemos terminado.

La criatura solución con la calificación más alta de la última generación de la evolución tiene la mejor solución. Aplicar la solución definida por su código genético para el problema .

Las decisiones clave de diseño

En el sencillo esquema anterior , el diseñador tiene que determinar , en primer lugar :
Los parámetros clave :

N L

Umbral de mejora.

Lo que los números en el código genético representan y cómo la solución se calcula a partir del código genético .

Un método para la determinación de las criaturas solución de n en la primera generación . En general , estos necesitan Sólo intento ser "razonables " en una solución. Si estas soluciones de primera generación son demasiado lejos , el algoritmo evolutivo puede tener dificultad para converger en una buena solución . A menudo vale la pena para crear las criaturas solución inicial , de tal manera que son razonablemente diversa . Esto ayudará a evitar que el proceso evolutivo de sólo la búsqueda de un " local " solución óptima.

¿Cómo se clasifican las soluciones.

¿Cómo se reproducen los seres solución sobrevivientes. Variaciones

Muchas variaciones de lo anterior son factibles . Por ejemplo :

No tiene por que ser un número fijo de sobrevivir criaturas solución (L) de cada generación . La regla de la supervivencia (s) puede permitir un número variable de supervivientes .

No tiene por que ser un número fijo de nuevas criaturas solución creada en cada generación (N L) . Las reglas de procreación pueden ser independientes del tamaño de la población . Procreación puede estar relacionado con la supervivencia , permitiendo de ese modo las criaturas solución más aptos para procrear el más .

La decisión sobre si continuar o no con la evolución puede ser variado. Se puede considerar más que la criatura solución de mayor audiencia de la generación más

reciente (s) . También se puede considerar una tendencia que va más allá de las últimas dos generaciones.

12 . Dileep George , " Cómo el cerebro podría funcionar : un modelo jerárquico y temporal para el Aprendizaje y reconocimiento " (Tesis doctoral , Universidad de Stanford , junio de 2008) .

13 . AM Turing " Computing Machinery e Inteligencia , " Mind , octubre de 1950.

14 . Hugh Loebner tiene una competencia " Loebner Prize " que se ejecuta cada año . La medalla de plata Loebner irá a un equipo que pasa original de sólo texto de prueba de Turing . La medalla de oro va a ir a un equipo que puede pasar a una versión de prueba que incluye la entrada y salida de audio y video. A mi juicio , la inclusión de audio y vídeo en realidad no hacen la prueba más difícil.

15 . " Asistente cognitivo que aprende y organiza , " Centro de Inteligencia Artificial , SRI International, <http://www.ai.sri.com/project/CALO> .

16 . Dragón Go! Nuance Communications , Inc. , acción <http://www.nuance.com/products/dragongoin/index.htm> .

17 . "Superar la Estupidez Artificial ", WolframAlpha Blog , 17 de abril de 2012, <http://blog.wolframalpha.com/author/stephenwolfram/> .

Capítulo 8 : La mente como ordenador

1 . Salomon Bochner , una memoria biográfica de John von Neumann (Washington , DC: National Academy of Sciences, 1958) .

2 . AM Turing, "Sobre los números computables , con una aplicación al Entscheidungsproblem ", Actas de la Sociedad Matemática de Londres Series 2 , vol . 42 (1936/37) : 23065 , <http://www.comlab.ox.ac.uk/activities/ieg/e-library/sources/tp2ie.pdf> . AM Turing, " Sobre los números computables , con una aplicación al Entscheidungsproblem : una corrección ", Actas de la Sociedad Matemática de Londres 43 (1938) : 54446 .

3 . John von Neumann , " Primer Borrador de un Reporte sobre el EDVAC , " Escuela Moore de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pennsylvania , 30 de junio de 1945. John von Neumann , "Una teoría matemática de la comunicación , " Campana System Technical Journal , julio y octubre 1948 .

4 . Jeremy Bernstein, La Máquina Analítica : rev Computadoras Pasado , Presente y Futuro . ed. (New York: William Morrow & Co., 1981) .

5 . "K Computer de Japón Tops 10 petaflop / s para mantenerse en la cima TOP500 List, " Top 500 , noviembre 11 , 2011 , <http://top500.org/lists/2011/11/pressrelease> .

6 . Carver Mead, analógico VLSI y Sistemas Neuronales (Reading, MA: Addison Wesley, 1986) .

7 . "IBM Revela cognitivos chips Informática, " IBM comunicado de prensa , 18 de agosto de 2011, <http://www03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/35251.wss> .

8 . "De Japón K Computer Tops 10 petaflop / s para mantenerse en la cima TOP500 List ". Capítulo 9 : Los experimentos del pensamiento en la mente

1 . John R. Searle, " Me casé con un PC", en Jay W. Richards , ed. , Somos Espiritual Máquinas ? Ray Kurzweil frente a los críticos de la IA fuerte (Seattle : Discovery

Institute , 2002) .

2 . Stuart Hameroff , Ultimate Computing : La conciencia y Nanotecnología Biomolecular (Amsterdam : Elsevier Science , 1987) .

3 . PS Sebel et al , " La incidencia de la conciencia durante la anestesia : . Estudio multicéntrico Estados Unidos estudio , " Anestesia y Analgesia 99 (2004) : 83339 .

4 . Stuart Sutherland, El Diccionario Internacional de Psicología (Nueva York: Macmillan, 1990) .

5 . David Cockburn , " seres humanos y los calamares gigantes , " Philosophy 69 , no. 268 (abril de 1994) : 13550 .

6 . Ivan Petrovich Pavlov , de una conferencia pronunciada en 1913 , publicado en Conferencias sobre reflejos condicionados : Veinticinco Años de Estudio Objetivo de la Actividad Nerviosa Superior [comportamiento] de los Animales (London : Martin Lawrence, 1928) , 222 .

7 . Roger W. Sperry , de James Arthur conferencia sobre la evolución del cerebro humano , 1964 , p . 2 .

8 . Henry Maudsley , " El Cerebro doble , " Mind 14 , no. 54 (1889) : 16187 .

9 . Susan Curtiss y Stella de Bode , "Idioma después Hemisferectomía , " Cerebro y Cognición 43 , nos. 13 (junio agosto de 2000) : 13538 .

10 . EP Vining et al . , "¿Por qué quitar la mitad del cerebro ? El resultado de 58 niños después Hemisferectomía el

Johns Hopkins Experiencia : 1968 a 1996, " Pediatría 100 (agosto de 1997) : 16371 .

MB Pulsifer et al . , " El resultado cognitivo de Hemisferectomía en 71 niños , " Epilepsia 45 , no. 3 (marzo de 2004) : 24354 .

11 . S. McClelland III y RE Maxwell , " Hemisferectomía para la epilepsia intratable en Adultos: La primera serie reportada " , Anales de Neurología 61 , no. 4 (abril de 2007) : 37276 .

12 . Lars Muckli , Marcus J. Naumerd , y Wolf Singer "Mapas del campo visual bilateral en un

Pacientes con un único hemisferio " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias 106 , no. 31 (4 de agosto , 2009) , <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0809688106> .

13 . Marvin Minsky , The Society of Mind (Nueva York: Simon and Schuster, 1988) .

14 . F. Fay Evans Martin , el sistema nervioso (New York: Chelsea House, 2005) , <http://www.scribd.com/doc/5012597/TheNervousSystem> .

15 . Benjamin Libet , Tiempo Mente : El factor temporal en la Conciencia (Cambridge , MA: Harvard University Press, 2005) .

16 . Daniel C. Dennett , Libertad Evolucionaria (New York : Viking, 2003) .

17 . Michael S. Gazzaniga , ¿Quién está a cargo? Libre Albedrío y la Ciencia del Cerebro (New York: Ecco / HarperCollins, 2011) .

18 . David Hume , Investigación sobre el entendimiento humano (1765) , 2^a ed. , Editado por Eric Steinberg (Indianapolis : Hackett , 1993) .

19 . Arthur Schopenhauer , la sabiduría de la vida .

20 . Arthur Schopenhauer , a la libertad de la voluntad (1839) .

21 . De Raymond Smullyan , 5000 aC y otras fantasías filosóficas (Nueva York : St. Prensa de Martin, 1983) .

22 . Para un profundo y entretenido análisis de los aspectos similares de la identidad

y la conciencia , ver Martine Rothblatt , " La Mente Terasem Carga Experiment " , Revista Internacional de la Conciencia de la máquina 4 , no. 1 (2012) : 14158 . En este trabajo,

Rothblatt examina el tema de la identidad con respecto a software que emula a una persona sobre la base de " una base de datos de entrevistas en video y la información correspondiente sobre una persona predecesor. " En este experimento futura propuesta, el software está emulando con éxito a la persona que se basa en .

23 . Ciencia "How Do You persisten cuando sus moléculas no lo hacen? " Revisión y Conciencia 1 , no. 1 (junio de 2004) , <http://www.scicon.org/articles/20040601.xhtml> . Capítulo 10 : La ley de retornos acelerados Aplicada al cerebro

1 . "Los costos de secuenciación de ADN " , Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano , NIH, <http://www.genome.gov/sequencingcosts/> .

2 . " Genetic Banco secuencia de datos , distribución de notas de la versión " , 15 de diciembre de 2009, el Centro Nacional de Información Biotecnológica , la Biblioteca Nacional de Medicina ,<ftp://ftp.ncbi.nih.gov/genbank/gbrel.txt>

3 . " Secuenciación de ADN La Historia de la secuenciación de ADN " , 2 de Enero de 2012, <http://www.dnasequencing.org/historyofdna> .

4 . "Ley de Cooper, " ArrayComm , <http://www.arraycomm.com/technology/coopers-law> .

5 . " La era zetabyte , " Cisco , http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/VNI_Hyp y " Número de hosts de Internet , " Consorcio Internet Systems, <http://www.isc.org/solutions/encuesta/history> .

6 . TeleGeography © PriMetrica , Inc. , 2012 .

7 . David Kristula , " La historia de la Internet" (marzo de 1997, actualización de agosto de 2001) , <http://www.davesite.com/webstation/nethistory.shtml> ; Robert Zakon , " Hobbes ' Internet Timeline v8.0 "

<http://www.zakon.org/robert/internet/timeline> ; Búsqueda Communications, 8 K para el 13.09.1998 EX 99.1 ; Converge ! Red Resumen , 5 de diciembre de 2002,

[http://www.convergedigest.com/Daily/daily.asp?vn=v9n229&](http://www.convergedigest.com/Daily/daily.asp?vn=v9n229&fecha=Diciembre%2005%202002)

[fecha=Diciembre% 2005 % 202002](http://www.convergedigest.com/Daily/daily.asp?vn=v9n229&fecha=Diciembre%2005%202002) ; Jim Duffy, "AT & T planes de actualización Backbone de 40G , " Computerworld

, 7 de junio de 2006, [http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic](http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9001032) y [articleId=](http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9001032)

9001032 ; " 40G : la conexión más rápida que puede recibir " InternetNews.com , 2 de noviembre de 2007, <http://www.internetnews.com/infra/article.php/3708936> , " primer proveedor de servicios global de Verizon para desplegar 100G en la red de largo recorrido de EE.UU. " , comunicado de prensa de Verizon , <http://newscenter.verizon.com/pressreleases/verizon/2011/verizonfirstglobal-service.xhtml> .

8 . Facebook, " Información importante " , <http://newsroom.fb.com/content/default.aspx?NewsAreaId=22> .

9 . <http://www.kurzweilai.net/howmypredictionsarefaring> .

10 . Los cálculos por segundo por cada \$ 1,000

11 . Top 500 Supercomputer Sites , <http://top500.org/> .

12 . " Microprocesador Guía de Referencia Rápida , " Intel Research,
<http://www.intel.com/pressroom/kits/quickreffam.htm> .

13 . 19712000 : VLSI Research Inc.

20012006 : La Hoja de Ruta Internacional de Tecnología de Semiconductores , 2002 Update y Update 2004 , Cuadro 7a , "Años de costos a corto plazo " , "costo DRAM / bit al (microcents envasados) en la producción " .

20072008 : La Hoja de Ruta Internacional de Tecnología de Semiconductores de 2007 Tablas 7a y 7b , "Años de costos a corto plazo " , " Años de costos a largo plazo" <http://www.itrs.net/Links/2007ITRS/ExecSum2007.pdf> .

20092022 : La Hoja de Ruta Internacional de Tecnología de Semiconductores de 2009 , las tablas 7a y 7b , "Años de costos a corto plazo " , " Años de costos a largo plazo" <http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/Home2009.htm> .

14 . Para que todos los valores del dólar comparable , precios de las computadoras de todos los años se convirtieron en su equivalente en dólares del año 2000 con los datos del IPC de la Junta de la Reserva Federal en <http://minneapolisfed.org/research/data/us/calc/> . Por ejemplo, \$ 1 millón en 1960 es equivalente a \$ 5,8 millones en 2000 y \$ 1 millón en 2004 es equivalente a \$ 0,91 millones en 2000.

1949 : <http://www.cl.cam.ac.uk/UoCCL/misc/EDSAC99/statistics.shtml> , <http://www.davros.org/misc/chronology.shtml> .

1951 : Richard E. Matick , Sistemas de Almacenamiento y Tecnología (New York: John Wiley & Sons , 1977) ; <http://inventors.about.com/library/weekly/aa062398.htm> .

1955 : Matick , Sistemas de Almacenamiento y Tecnología ; OCDE , 1968 , <http://members.iinet.net.au/~DGREEN/timeline.shtml> .

1960 : ftp://rtfm.mit.edu/pub/usenet/alt.sys.pdp8/PDP8_Frequently_Asked_Questions_%28posted_every_other_month%29%3Bhttp://www.dbit.com/~greeng3/pdp1/pdp1.shtml#INTRODUCCIÓN .

1962 : ftp://rtfm.mit.edu/pub/usenet/alt.sys.pdp8/PDP8_Frequently_Asked_Questions_%28posted_every_other_month%29%3Bhttp://www.dbit.com/~greeng3/pdp1/pdp1.shtml#INTRODUCCIÓN .

1964: Matick , Sistemas de Almacenamiento y Tecnología ; <http://www.research.microsoft.com/users/gbell/craytalk> ; http://www.ddj.com/documents/s=1493/ddj_0005hc/ .

1965: Matick , Sistemas de Almacenamiento y Tecnología ; <http://www.fourmilab.ch/documents/univac/config1108.shtml> ; <http://www.frobenius.com/univac.htm> .

1968 : Datos generales .

1969 , 1970 : Piedras http://www.eetimes.com/special/special_issues/millennium/mile/whittier.shtml .

1974 : Scientific Electronic Computer Consulting Biológica (SCELBI) .

19751996 : anuncios de la revista Byte.

19972000 : anuncios de las revistas PC Informática .

2001 : www.pricewatch.com ([http://www.jcnews.com/parse.cgi ? news/pricewatch/raw/pw010702](http://www.jcnews.com/parse.cgi?news/pricewatch/raw/pw010702)) .
2002 : www.pricewatch.com (<http://www.jcnews.com/parse.cgi?news/pricewatch/raw/pw020624>) .
2003 : http://sharkyextreme.com/guides/WMPG/article.php/10706_2227191_2 .
2004 : <http://www.pricewatch.com> (11/17/04) .
2008 : <http://www.pricewatch.com> (10/02/08) (\$ 16.61) .15 . Dataquest / Intel y
Pathfinder Investigación : Año \$ Log (\$)

1968	1.00000000	0
1969	0.85000000	0.16252
1970	0.60000000	0.51083
1971	0.30000000	1.20397
1972	0.15000000	1.89712
1973	0.10000000	2.30259
1974	0.07000000	2.65926
1975	0.02800000	3.57555
1976	0.01500000	4.19971
1977	0.00800000	4.82831
1978	0.00500000	5.29832
1979	0.00200000	6.21461
1980	0.00130000	6.64539
1981	0.00082000	7.10621
1982	0.00040000	7.82405
1983	0.00032000	8.04719
1984	0.00032000	8.04719
1985	0.00015000	8.80488
1986	0.00009000	9.31570
1987	0.00008100	9.42106
1988	0.00006000	9.72117
1989	0.00003500	10.2602
1990	0.00002000	10.8198
1991	0.00001700	10.9823
1992	0.00001000	11.5129
1993	0.00000900	11.6183
1994	0.00000800	11.7361
1995	0.00000700	11.8696
1996	0.00000500	12.2061
1997	0.00000300	12.7169
1998	0.00000140	13.4790
1999	0.00000095	13.8668
2000	0.00000080	14.0387
2001	0.00000035	14.8653
2002	0.00000026	15.1626
2003	0.00000017	15.5875
2004	0.00000012	15.9358

2005 0,000000081 16.3288

2006 0,000000063 16.5801

2007 0,000000024 17.5452

2008 0,000000016 17.9507

16 . Steve Cullen , In Stat , septiembre de 2008 , www.instat.com . Mbits Año Bits

1971 921.6 9.216E +08

1972 3.788,8 3.789E +09

1973 8.294,4 8.294E +09

1974 19,865.6 1.987E +10

1975 42,700.8 4.270E +10

1976 130.662,4 1.307E +11

1977 276.070,4 2.761E +11

1978 663.859,2 6.639E +11

1979 1.438.720,0 1.439E +12

1980 3.172.761,6 3.173E +12

1981 4.512.665,6 4.513E +12

1982 11.520.409,6 1.152E +13

1983 29.648.486,4 2.965E +13

1984 68.418.764,8 6.842E +13

1985 87.518.412,8 8.752E +13

1986 192.407.142,4 1.924E +14

1987 255.608.422,4 2.556E +14

1988 429.404.979,2 4.294E +14

1989 631.957.094,4 6.320E +14

1990 950.593.126,4 9.506E +14

1991 1546590618 1.547E +15

1992 2845638656 2.846E +15

1993 4177959322 4.178E +15

1994 7510805709 7.511E +15

1995 13010599936 1.301E +16

1996 23359078007 2.336E +16

1997 45653879161 4.565E +16

1998 85176878105 8.518E +16

1999 1.47327E +11 1.473E +17

2000 2.63636E +11 2.636E +17

2001 4.19672E +11 4.197E +17

2002 5.90009E +11 5.900E +17

2003 8.23015E +11 8.230E +17

2004 1.32133E +12 1.321E +18

2005 1.9946E +12 1.995E +18

2006 2.94507E +12 2.945E +18

2007 5.62814E +12 5.628E +18

17 . "Notas históricas sobre el costo de espacio de almacenamiento en disco duro "

<http://www.littletechshoppe.com/ns1625/winchest.shtml> , anuncios en revistas Byte ,
1 9 7 jul9 en 9 8 , anuncios en revistas Informática PC , 3/ 1999; Understanding

Computers : Memoria y Almacenamiento (New York: Time Life, 1990) ;
http://www.cedmagic.com/history/ibm305_ramac.shtml ; John C. McCallum , "los precios de unidad de disco (1955-2012) , " <http://www.jcmit.com/diskprice.htm> ; IBM , "Preguntas más frecuentes " , <http://www03.ibm.com/ibm/historia/documentos/pdf/faq.pdf> ; IBM, "IBM 355

Unidad de almacenamiento en disco , " http://www03.ibm.com/ibm/history/exhibits/storage/storage_355.shtml ; IBM, "IBM 3380 Direct Access Storage Device " , http://www03.ibm.com/ibm/history/exhibits/storage/storage_3380.shtml .

18 . "Sin el controlador o mapa , Vans Ir de Italia a China, " Sydney Morning Herald , octubre 29 , 2010 , <http://www.smh.com.au/technology/technologynews/without-driverormap-furgonetas-van-de-italy-a-china-20101029-176ja.shtml> .

19 . KurzweilAI.net .

20 . Adaptado con el permiso de Amiram Grinvald y Rina Hildesheim, " VSDI : Una nueva era en la imagen funcional de corticales Dynamics, " Nature Reviews Neuroscience 5 (noviembre 2004) : 87485 .

Las principales herramientas para la obtención de imágenes del cerebro se muestran en este diagrama. Sus capacidades son representados por los rectángulos sombreados .

La resolución espacial se refiere a la dimensión más pequeña que se puede medir con una técnica . La resolución temporal es hora de imágenes o duración . Existen ventajas y desventajas con cada técnica . Por ejemplo , el EEG (electroencefalografía) , que mide las ondas cerebrales " (" señales eléctricas de las neuronas) , se pueden medir las ondas cerebrales muy rápidos (que se producen en intervalos de tiempo cortos) , pero sólo se puede detectar señales cerca de la superficie del cerebro .

En contraste , fMRI (imágenes por resonancia magnética funcional) , que utiliza una máquina de resonancia magnética especial para medir el flujo de sangre a las neuronas (lo que indica actividad de la neurona) , puede detectar mucho más profundo en el cerebro (y la médula espinal) y con una resolución más alta , hasta decenas de micrones (millonésimas de metro) . Sin embargo , fMRI opera muy lentamente en comparación con EEG .

Se trata de técnicas no invasivas (se requiere ninguna cirugía o drogas) . MEG (magnetoencefalografía) es otra técnica no invasiva. Se detecta los campos magnéticos generados por las neuronas . MEG y EEG pueden resolver eventos con una resolución temporal de hasta 1 milésima de segundo , pero es mejor que la fMRI , que se puede resolver en el mejor de los eventos con una resolución de varios cientos de milisegundos . MEG también señala las fuentes de precisión en auditiva primaria , somatosensorial y áreas motoras .

Imágenes ópticas cubre casi toda la gama de resoluciones espaciales y temporales , pero es invasiva . VSDI (tintes sensibles al voltaje) es el método más sensible para la medición de la actividad del cerebro , pero está limitado a mediciones cerca de la superficie de la corteza de los animales .

La corteza expuesta se cubre con una cámara sellada transparente ; después de la

corteza se tiñe con un colorante sensible al voltaje adecuado, que se ilumina con luz y una secuencia de imágenes se toma con una cámara de alta velocidad . Otras técnicas ópticas utilizadas en el laboratorio incluyen iones de imagen (normalmente iones de calcio o de sodio) y los sistemas de formación de imágenes de fluorescencia (confocal de imágenes y múltiple de imágenes) Otras técnicas de laboratorio incluyen PET (tomografía por emisión de positrones , una técnica de formación de imágenes de medicina nuclear que produce una imagen 3 D) , 2DG (2 desoxiglucosa histología post mortem , o análisis de los tejidos) , lesiones (se refiere a las neuronas perjudiciales en un animal y la observación de los efectos)

, Parche de sujeción (para medir corrientes de iones a través de membranas biológicas) , y microscopía electrónica (usando un haz de electrones para examinar los tejidos o las células a una escala muy fina) . Estas técnicas también se pueden integrar con la formación de imágenes ópticas .

21 . Resolución espacial de la RM en micrómetros (micras) , 19802012 :

22 . La resolución espacial en nanómetros (nm) de las técnicas de imagen destructivos, 19832011 :

23 . La resolución espacial en micrones (micras) de las técnicas de imagen no destructivos en los animales, 1985 2012 :

Año Encontrar 2012 Resolución 0.07

Cita Sebastian Berning et al. , " Nanoscopia en un Living ratón Cerebro ", Ciencia 335 , no. 6068 (3 de febrero de 2012) : 551.

URL <http://dx.doi.org/10.1126/science.1215369>

Técnica de la emisión estimulada de agotamiento (STED) nanoscopia fluorescencia Notas resolución más alta lograda en vivo hasta ahora 2012 Resolución 0.25

Cita Sebastian Berning et al. , " Nanoscopia en un Living ratón Cerebro ", Ciencia 335 , no. 6068 (3 de febrero de 2012) : 551.

URL <http://dx.doi.org/10.1126/science.1215369>

Técnica de microscopía confocal y multifotónica 2004 Resolución 50

Amiram Grinvald y Rina Hildesheim, " VSDI : Una nueva era en Imágenes Funcionales

Cita de corticales Dynamics, " Nature Reviews Neuroscience 5 (noviembre de 2004) : 874 85 . URL <http://dx.doi.org/10.1038/nrn1536>

Técnica de escaneo basada en tintes sensibles al voltaje (VSDI)

Notas " VSDI ha proporcionado mapas de alta resolución , que corresponden a las columnas corticales en las que se produce con picos , y ofrecen una resolución espacial mejor que 50 micras . "

1996 Resolución 50

Dov Maloney y Amiram Grinvald " , las interacciones entre la actividad eléctrica y citación Microcirculación cortical revelado por Espectroscopia en Imágenes : Implicaciones para la Mapeo Cerebral Funcional " , Science 272 , no. 5261 (26 de abril , 1996) : 55154 .

URL <http://dx.doi.org/10.1126/science.272.5261.551>

Técnica de escaneo espectroscopia " El estudio de las relaciones espaciales entre las columnas corticales individuales dentro de una

Notas

área del cerebro dado se ha convertido en factible con proyección de imagen óptica sobre la base de señales intrínsecas , a una resolución espacial de aproximadamente 50 micras " . 1995 Resolución 50

DH Turnbull et " Ultrasonido Backscatter análisis microscópico de principios al. , citación De embriones de ratón de Desarrollo del Cerebro " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias 92 , no. 6 (14 de marzo , 1995) : 223943 .

URL <http://www.pnas.org/content/92/6/2239.short>

Técnica de ultrasonido retrodispersión microscopía

" Se demuestra la aplicación de un método de imagen en tiempo real denominadas ultrasonido

Notas

microscopía de retrodispersión para visualizar ratón primeros tubos neurales embrionarias y corazones. Este método se utilizó para estudiar embriones vivos en el útero entre 9,5 y 11,5 días de la embriogénesis , con una resolución espacial cercana a 50 micras . " 1985 Resolución 500

SA Orbach , LB Cohen y A. Grinvald , " Mapping Optical of Electrical citación La actividad en Rat somatosensoriales y Visual Cortex, "Journal of Neuroscience 5 , no.

7 (1 de julio de 1985) : 18861895 .

URL <http://www.jneurosci.org/content/5/7/1886.short>

Los métodos ópticos Técnica

Capítulo 11 : Excepciones

1 . Paul G. Allen y Mark Greaves, "Paul Allen : La Singularidad no está cerca , " Tecnología Revisión , 12 de octubre de 2011,

<http://www.technologyreview.com/blog/guest/27206/> .

2 . ITRS , " International Technology Roadmap para Semiconductores "

<http://www.itrs.net/Links/2011ITRS/Home2011.htm> .

3 . Ray Kurzweil , The Singularity Is Near (New York : Viking, 2005) , capítulo 2 .

4 . Nota 2 en Allen y Greaves, " La Singularidad no está cerca " , dice lo siguiente : "

Estamos empezando a tener al alcance de la potencia de los ordenadores que podríamos necesitar para apoyar este tipo de simulación cerebral masiva .

Ordenadores de clase petaflop (tales como de IBM BlueGene / P que se utilizó en el sistema de Watson) están ahora disponibles comercialmente . Equipos de clase

Exaflop se encuentran actualmente en los tableros de

dibujo . Estos sistemas probablemente podría desplegar la capacidad computacional prima necesaria para simular los patrones de activación para todas las neuronas del cerebro , aunque en la actualidad sucede muchas veces más lento que iba a suceder en un cerebro real " .

5 . Kurzweil , La singularidad está cerca , en el capítulo 9 , sección titulada " La Crítica de Software" (pp. 43542) .

6 . Ibid . , En el capítulo 9 .

7 . A pesar de que no es posible determinar con precisión el contenido de la

información en el genoma , a causa de los pares de bases repetidos es claramente mucho menor que los datos no comprimidos totales. Aquí hay dos enfoques para estimar el contenido de información comprimida del genoma , ambos de los cuales demuestran que un rango de 30 a 100.000.000 bytes es conservadora alta .

1 . En términos de los datos sin comprimir , hay 3 mil millones de peldaños de ADN en el código genético humano , cada uno de codificación 2 bits (ya que hay cuatro posibilidades para cada par de bases de ADN) . Así, el genoma humano es alrededor de 800 millones bytes sin comprimir . El ADN no codificante que solía llamarse " ADN basura " , pero ahora está claro que desempeña un papel importante en la expresión génica. Sin embargo , es muy ineficiente codificado . Por un lado , hay despidos masivos (por ejemplo, la secuencia llamada " ALU " se repite cientos de miles de veces) , que los algoritmos de compresión pueden aprovechar.

Con la reciente explosión de los bancos de datos genéticos , existe una gran cantidad de interés en la compresión de los datos genéticos . Los trabajos recientes en la aplicación de algoritmos de compresión de datos estándar a los datos genéticos indican que la reducción de los datos en un 90 por ciento (para la compresión perfecta bits) es factible : . Hisahiko Sato et al , " Compresión de datos ADN en el genoma era post , " Genoma Informática 12 (2001) :

51214 , <http://www.jsbi.org/journal/GIW01/GIW01P130.pdf> .

Por lo tanto podemos comprimir el genoma a unos 80 millones de bytes sin pérdida de información (lo que significa que podemos reconstruir a la perfección el genoma sin comprimir 800 millones de byte completo).

Ahora considera que más de 98 por ciento del genoma no codifica para las proteínas . Incluso después de la compresión de datos estándar (que elimina redundancias y utiliza una búsqueda de diccionario de secuencias comunes) , el contenido algorítmico de las regiones no codificantes parece ser más bien bajo , lo que significa que es probable que podríamos codificar un algoritmo que realizar la misma función con menos bits . Sin embargo , ya que estamos todavía al principio del proceso de ingeniería inversa del genoma , no podemos hacer una estimación fiable de este nuevo descenso en base a un algoritmo funcionalmente equivalente. Estoy utilizando , por lo tanto , una gama de 30 a 100.000.000 bytes de información comprimida en el genoma . La parte superior de este rango asume sólo la compresión de datos y no hay simplificación algorítmica .

Sólo una parte (aunque la mayoría) de esta información caracteriza el diseño del cerebro .

2 . Otra línea de razonamiento es el siguiente . Aunque el genoma humano contiene alrededor de 3 mil millones de bases , sólo un pequeño porcentaje, como se mencionó anteriormente , los códigos para las proteínas . Según estimaciones actuales , hay 26.000 genes que codifican para las proteínas . Si suponemos que los genes promedio 3000 bases de datos útiles , los mismos sólo aproximadamente 78 millones de bases. Una base de ADN sólo requiere 2 bits, que se traduce en unos 20 millones de bytes (78 millones de bases dividido por cuatro) . En la proteína de la secuencia de codificación de un gen , cada " palabra " (codón) de tres bases de ADN se traduce en un aminoácido . Hay , por lo tanto , 43 (64) de códigos posibles de codones , cada uno compuesto de tres bases de ADN . Hay , sin embargo , sólo 20 aminoácidos

utilizados más un codón de parada (ácido amino nula) de la 64 . El resto de los códigos 43 se utilizan como sinónimos de los 21 los útiles . Considerando que el 6 bits se requiere que el código de 64 combinaciones posibles , sólo alrededor de $4,4 \log_2 (21)$ bits son necesarios para codificar 21 posibilidades , un ahorro de 1,6 a cabo de 6 bits (alrededor de 27 por ciento) , que nos hace caer a unos 15 millones de bytes . Además , un poco de compresión estándar basado en secuencias de repetición es factible aquí , aunque es posible mucho menos de compresión en esta porción de la proteína codificación del ADN que en el llamado ADN basura , que tiene redundancias masivas . Así que esto hará que la cifra probablemente por debajo de 12 millones de bytes . Sin embargo , ahora hay que añadir la información de la parte no codificante del ADN que controla la expresión génica. Aunque esta porción del ADN constituye el grueso del genoma , que parece tener un bajo nivel de contenido de información y está repleta de redundancias masivas . Estimando que coincida con los aproximadamente 12 millones de bytes de ADN que codifica la proteína , una vez más llega a aproximadamente 24 millones de bytes . Desde esta perspectiva, una estimación de 30100000000 bytes es conservadora alta .

8 . Dharmendra Modha S. et al. , " Cognitive Informática, " Comunicaciones de la ACM 54 , no. 8 (2011) : 6271 , <http://cacm.acm.org/magazines/2011/8/114944-cognitivecomputing/fulltext> .

9 . Kurzweil , La singularidad está cerca , en el capítulo 9 , sección titulada " La Crítica de la Ontología : ¿Puede un ordenador Ser consciente? " (Pp. 45869) .

10 . Michael Denton, " organismo y la máquina: La Analogía defectuoso" en ¿Estamos Espiritual

Máquinas ? Ray Kurzweil frente a los críticos de la IA fuerte (Seattle : Discovery Institute , 2002) .

11. Hans Moravec, mente Niños (Cambridge , MA: Harvard University Press, 1988).

Epílogo

1 . "En EE.UU. , el optimismo sobre el futuro de la Juventud llega a su nivel más bajo ", Gallup Política, 02 de mayo, 2011 , <http://www.gallup.com/poll/147350/optimism-futureyouthreachestimelow.aspx> .

2 . James C. Riley, aumento de la esperanza de vida: A Global History (Cambridge : Cambridge University Press , 2001) .

3 . J. Bradford DeLong , "Estimación del PIB mundial , un millón de años Presente " , 24 de mayo de 1998,

http://econ161.berkeley.edu/TCEH/1998_Draft/World_GDP/Estimating_World_GDP.xhtml y http://futurist.typepad.com/my_weblog/2007/07/economicgrowth.xhtml .

Véase también Peter H. Diamandis y Steven Kotler , Abundancia : El futuro es mejor de lo que piensa (Nueva York : Free Press, 2012) .

4 . Martine Rothblatt , Transgénero de Transhuman (privada impresa , 2011) . Ella explica cómo es más probable que ocurra para " transhumanos " , por ejemplo , pero no biológicos mentes conscientes convincente como se discute en el capítulo 9 una rápida trayectoria similar de aceptación.

5 . El siguiente extracto de La singularidad está cerca , en el capítulo 3 (pp. 13335) , de Ray Kurzweil (New York : Viking, 2005) , trata sobre los límites de la

computación basada en las leyes de la física :

Los últimos límites de los ordenadores son profundamente alto. A partir del trabajo de la Universidad de California en Berkeley Profesor Hans Bremermann y nanotecnología teórico Robert Freitas , profesor del MIT Seth Lloyd ha estimado que la máxima capacidad de cálculo , de acuerdo con las leyes conocidas de la física , de un ordenador pesa un kilo y ocupando un litro de volumen

Sobre el tamaño y peso de un pequeño ordenador portátil , lo que llama la [Nota : Seth Lloyd, "Límites físicos

Ultimate a Computation , " Nature 406 (2000) : "laptop final. " 1047 54 .

[Los primeros trabajos sobre los límites de la computación fueron hechas por Hans J. Bremermann en 1962 : Hans J. Bremermann , "Optimización través de la evolución y recombinación , " en MC Yovits , CT Jacobi , CD Goldstein , compiladores , sistemas autoorganizados (Washington , DC: . Libros espartanos , 1962) , pp 93106 .

[En 1984 Robert A. Freitas Jr. se basó en trabajos de Bremermann en Robert A. Freitas Jr. , "X enopsychology , " Analog 104 (abril de 1984) : 4153 ,

[http://www.rfreitas.com/Astro/Xenopsychology . htm](http://www.rfreitas.com/Astro/Xenopsychology.htm) # SentienceQuotient .]

La cantidad potencial de cálculo aumenta con la energía disponible . Podemos entender el enlace entre la energía y la capacidad computacional de la siguiente manera . La energía en una cantidad de materia es la energía asociada con cada átomo (y partícula subatómica) . Por lo tanto los más átomos , más energía . Como se discutió anteriormente , cada átomo potencialmente se puede utilizar para el cálculo .

Así que cuanto más átomos , más cálculo . La energía de cada átomo o partícula crece con la frecuencia de su movimiento : el más movimiento , más energía . La misma relación existe para el potencial de cálculo : cuanto mayor es la frecuencia de movimiento , el cálculo más cada componente (que puede ser un átomo) puede realizar . (Esto lo vemos en los chips contemporáneos : cuanto mayor sea la frecuencia del chip , mayor es su velocidad de cálculo .)

Así que hay una relación directamente proporcional entre la energía de un objeto y su potencial para realizar el cálculo . La energía potencial en un kilogramo de materia es muy grande , como sabemos por la ecuación de Einstein $E = mc^2$. La velocidad de la luz al cuadrado es un número muy grande : aproximadamente 10^{17} meter²/second² . El potencial de la materia para calcular también se rige por un número muy pequeño , la constante de Planck : $6,6 \times 10^{-34}$ joules segundo (un joule es una medida de energía) . Esta es la escala más pequeña a la que podemos aplicar la energía para el cálculo . Se obtiene el límite teórico de un objeto para llevar a cabo el cálculo dividiendo el total de energía (la energía media de cada átomo o partícula veces el número de tales partículas) por la constante de Planck . Lloyd muestra cómo la capacidad de cálculo potencial de un kilogramo de la materia es igual a π veces la energía dividida por la constante de Planck . Puesto que la energía es un número tan grande y la constante de Planck es tan pequeña , esta ecuación genera un número extremadamente grande : aproximadamente 5×10^{50} operaciones por segundo .

[Nota : $\pi \times$ energía máxima ($1.017 \text{ kg} \times \text{meter}^2/\text{second}^2$) / ($6,6 \times 10^{34}$) joulesseg)

$= \sim 5 \times 1.050$ operaciones / segundo .]

Si relacionamos esta cifra con la estimación más conservadora de la capacidad del cerebro humano (1019 cps y 1010 los seres humanos) , que representa el equivalente de unos 5 billones de trillones de las civilizaciones humanas .

[Nota : 5×1050 cps es equivalente a 5×1021 (5 billones de trillones) civilizaciones humanas (cada uno requiere 1.029 cps) .]

Si utilizamos la cifra de 1.016 cps que creo que será suficiente para la emulación funcional de la inteligencia humana , la última computadora portátil podría funcionar en la capacidad cerebral equivalente a 5 billones de billones de civilizaciones humanas .

[Nota : Diez mil millones (1010) los seres humanos en 1016 cps cada uno es 1026 cps para la civilización humana. Así que 5×1.050 cps es equivalente a 5×1024 (5 billones de billones) las civilizaciones humanas .]

Esta laptop podría realizar el equivalente de todo el pensamiento humano en los últimos diez mil años (es decir, diez mil millones de cerebros humanos que operan durante diez mil años) en una diez milésima parte de un nanosegundo. [Nota : Este cálculo hace que la hipótesis conservadora de que hemos tenido diez mil millones de seres humanos durante los últimos diez mil años, lo que obviamente no es el caso . El número real de los seres humanos ha estado aumentando gradualmente en el pasado para llegar a alrededor de 6,1 millones de dólares en 2000 . Hay 3×107 segundos en un año, y 3×1.011 segundos en diez mil años. Por lo tanto , el uso de la estimación de 1026 cps para la civilización humana , el pensamiento humano más de diez mil años es equivalente a sin duda no más de 3×1.037 cálculos. El último portátil realiza 5×1.050 cálculos en un segundo. Así simulando diez mil años de pensamientos diez mil millones de seres humanos " tomarían unos 10^{13} segundos , que es una diez milésima parte de un nanosegundo.]

Una vez más, algunas advertencias están en orden. Conversión de la totalidad de la masa de nuestro portátil de 2.2 libras en energía es esencialmente lo que ocurre en una explosión termonuclear . Por supuesto , no queremos que el portátil a punto de estallar , pero para permanecer dentro de la dimensión de un litro . Así que esto requerirá un poco cuidadoso embalaje , por decir lo menos . Mediante el análisis de la entropía máxima (grados de libertad representados por el estado de todas las partículas) de tal dispositivo , Lloyd muestra que tal equipo tendría una capacidad de memoria teórico de 1.031 bits. Es difícil imaginar tecnologías que ir todo el camino en el logro de estos límites. Pero podemos imaginar fácilmente las tecnologías que vienen bastante cerca de hacerlo . Como se muestra en la Universidad de Oklahoma proyecto , que ya se ha demostrado la capacidad de almacenar al menos cincuenta bits de información por átomo (aunque sólo en un pequeño número de átomos , hasta el momento) . Almacenamiento de 1.027 bits de memoria en los 1.025 átomos en un kilogramo de la materia debe por lo tanto ser eventualmente alcanzable .

Pero debido a que muchas de las propiedades de cada átomo se podrían explotar para almacenar información , como la posición exacta , girar y estado cuántico de todas sus partículas que podemos hacer probablemente algo mejor que 1027 bits. El neurocientífico Anders Sandberg estima la capacidad de almacenamiento potencial de un átomo de hidrógeno a aproximadamente cuatro millones de bits . Estas densidades

aún no se han demostrado , sin embargo , por lo que vamos a utilizar la estimación más conservadora.

[Nota : Anders Sandberg, " La física de los Superobjects Procesamiento de la Información : La vida cotidiana de los cerebros de Júpiter ", diario de la evolución y la Tecnología 5 (22 de diciembre , 1999) , [http://www.transhumanist.com/volume5/Brains2 . pdf .](http://www.transhumanist.com/volume5/Brains2.pdf)]

Como se discutió anteriormente , 1042 cálculos por segundo podrían alcanzarse sin producir calor significativa .

Mediante la implementación de técnicas de computación totalmente reversibles , con diseños que generan bajos niveles de errores , y teniendo en cuenta una cantidad razonable de disipación de energía , hay que acabar en algún lugar entre 1042 y 1050 cálculos por segundo .

El terreno de diseño entre estos dos límites es complejo . El examen de las cuestiones técnicas que surgen a medida que avanzamos 10421050 está más allá del alcance de este capítulo . Debemos tener en cuenta, sin embargo , que la forma en que esto va a jugar no es comenzar con el límite último de 1050 y trabajando hacia atrás en base a distintas consideraciones prácticas. Por el contrario, la tecnología continuará el incremento, usando siempre su última proeza para avanzar al siguiente nivel . Así que una vez que lleguemos a una civilización con 1.042 cps (por cada 2,2 libras) , los científicos e ingenieros de ese día usarán su esencia inmensa inteligencia no biológica de averiguar cómo conseguir 1043, luego 1044, y así sucesivamente. Mi expectativa es que vamos a estar muy cerca de los límites últimos .

Incluso a 1.042 cps , un 2,2 libras " ordenador portátil definitivo " sería capaz de realizar el equivalente de todo el pensamiento humano en los últimos diez mil años (que se supone a diez mil millones de cerebros humanos durante diez mil años) en diez microsegundos.

[Nota: Consulte la nota anterior. 1042 cps es un factor de 108 a menos de 1.050 cps , para una diez milésima parte de un nanosegundo se convierte en 10 microsegundos.] Si examinamos el crecimiento exponencial de la carta Computing (capítulo 2) , vemos que esta cantidad de la computación se estima que esté disponible para los mil dólares para el año 2080 .

ÍNDICE

Los números de página en cursiva se refieren a los gráficos e ilustraciones . aborto , 21213

Abundancia (Diamandis y Kotler) , 278 Ackerman , Diane , 179

ACTH (corticotropina) , 107 conductas adictivas, 1056 , 118 glándulas suprarrenales, 107 adrenalina , 107

Era de las máquinas inteligentes, La (Kurzweil) , 4 , 16566 , 25657

Age of Spiritual Machines , The (Kurzweil) , 4 , 257, 267

A.I. (película) , 210

Aiken , Howard, 189

Alexander , Richard D., 224 algoritmos , inteligente , 67

Allen , Paul, 26672

Allman , John M., 179

La enfermedad de Alzheimer , 102 amígdala , 71 , 77 , 1068 , 109 procesamiento analógico , digital, de emulación , 19495 , 274
Analytical Engine, 18990 conciencia durante la anestesia , 206
comportamiento de los animales , la evolución de , 122 dendritas apicales , 110 aptitud , 11112 inteligencia artificial (AI) , 7 , 3738 , 50 , 265, 280
Allen , 27071 modelos biológicos para , 273 juego de ajedrez y , 6 , 3839, 16566 , 257 conversación y , 16869 como extensión de la neocorteza , 172 , 276
bases de conocimiento y , 4, 67 , 17071 , 246, 247
el procesamiento del lenguaje y el habla en , 7273 , 92, 11516 , 12223 , 128, 13541 , 14246 , 145, 14950 , 15253 , 156, 15772 medicina y , 67, 39 , 108 , 156, 16061 , 168 omnipresencia de , 158 optimización de reconocimiento de patrones en , 112 codificación dispersas en , 9596 véase también el neocórtex , Audiencia digital, Inc., 9697 , 98 asociación auditiva, 77 corteza auditiva , 7 , 77 , 97, 128 procesamiento de la información auditiva , 9697 , 97 nervio auditivo , 97, 128 de reducción de datos en , 138 vía auditiva , 97 autoasociación , 5961 , 133, 173 automóviles, autoconducción , 7, 159 , 261, 274 axones , 36, 42 , 43, 66 , 67, 90 , 100, 113 , 150, 173 que los procesadores digitales, 191
Babbage , Charles, 18990
Bainbridge , David, 179 de ancho de banda de Internet , funciones de base 254 , 1034
Bedny , Marina , 87
De Bell System Technical Journal , 184
Berger , Theodore , 102
Berners Lee , Tim , 172
El principio de Bernoulli , 5 , 8
Mejores ángeles de nuestra naturaleza: ¿Por qué la violencia ha disminuido (Pinker) , 27
Bierce , Ambrose , 66
BINAC , 189
Bing , biología 171 , 37
ADN como la teoría unificadora de 17 de ingeniería inversa de , 45 biomedicina , LOAR y , 251, 252 , 253
Blackmore , Susan, 211
Blade Runner (película) , 210
Blakeslee , Sandra , 73, 156
Proyecto Blue Brain , 63, 80 , 12428 , 125
Bombe , 187
Bostrom , Nick , 12930 , 222
Boyden , Ed, 126 cerebro, evolución , 2 cerebro humano : computación analógica , 274 complejidad , 89, 181 , 272 implantes digitales en , 24344 neocortex digital como extensión de , 172, 276 hemisferios , 77, 22449
LOAR tal como se aplica a , 26163 , 263 , 264 , 265 por predicción , 250 redundancia de , 9 ingeniería inversa de , ver cerebro humano , la emulación de equipo ; neocortex , la estructura digital , 77 cerebro , humano , la emulación de ordenador , 5 , 7 , 17998 , 273 , 280 y invariancia , 197 requisitos de memoria de , 19697 procesamiento paralelo en 197, la velocidad de procesamiento en , 19596 redundancia , 197

singularidad y , 194
 Prueba de Turing y , 15960 , 169 , 170 , 178 , 191 , 213 , 214 , 233 , 276 , 298n von
 Neumann en , 19195 ver también neocórtex , el cerebro digital, mamíferos :
 pensamiento jerárquico como única , 23, 35 en el neocortex , 78, 93 , 286n
 la plasticidad del cerebro , 79, 8789 , 91, 182 , 193, 197 , 225, 280
 como prueba de la transformación universal de neocortical , 86 , 88 , 152 limitaciones
 sobre , 8889 exploración del cerebro , 7 , 263 , 308n destructiva , 264 , 265 , 309n
 11n LOAR y , 26263 , 263 , 264 , 265 no destructiva , 127, 129 , 264, 312n 13n
 no invasiva , 273
 Diagrama de Venn de , 262
 simulaciones del cerebro, 12431 , 262 tronco cerebral , 36, 99
 Bremermann , Hans , 316n
 Gran Bretaña, Battle of, 187
 Brodsky , Joseph , 199
 Burns, Eric A. , 113
 problema castor ocupado , 207
 Butler, Samuel , 62, 199200 , 224, 24849
 Byron , Ada , condesa de Lovelace , 190, 191
 California, Universidad de , en Berkeley , 88 proyecto " CALO " , 162 átomos de
 carbono , estructuras de información basados, 2
 Carroll , Lewis , 109
 células , la sustitución de , 245, 246 autómatas celulares , 23639 cerebelo, 7 , 77, 103-
 4 estructura uniforme , 103 la corteza cerebral , 78
 véase también el neocórtex
 Chalmers , David, 2012 , 218, 241 chatbots " , " 161 química , 37
 ajedrez, sistemas de inteligencia artificial y , 6, 3839 , 16566 , 257 chimpancés :
 lenguaje y , 3 , 41 uso de herramientas por, 41
 " Habitación china " pensamiento experimento, 170 , 27475
 Chomsky , Noam , 56, 158
 Church, Alonzo , 186
 Tesis de ChurchTuring , 186 derechos civiles, 278
 cloud computing, 11617 , 123 , 246, 27980 cóclea , 96, 97 , 135, 138 implantes
 cocleares, 243
 Cockburn , David, 214
 Cold Spring Harbor Laboratory , 129
 Colossus , 187, 188 " sentido común", 40
 la comunicación, la fiabilidad de la , 18285 , 190 tecnología de la comunicación , y
 LOAR , 253, 254 compatibilismo ,
 234
 complejidad , 198, 233
 de cerebro humano , 89 , 181 , 272 de modelado y , 3738 verdadera vs aparente, 1011
 cálculo : precio / rendimiento de , 45, 25051 , 257 , 257, 26768 , 301N 3n pensando
 en comparación con a , 2627 universalidad , 26 , 18182 , 185, 188 , 192, 207
 Ordenador y el cerebro , The (von Neumann) , 191 equipos: cerebro emulado por,
 ver cerebro humano , la emulación de equipo de la conciencia y , 20911 , 21315 , 223

algoritmos inteligentes empleadas por , base de conocimientos expandido en 67 , 4 ,
 246, 247 puertas lógicas , en 185 en la memoria , 185 , 259 , 260 , 268 , 301N 3n ,
 306N 7n fiabilidad de la comunicación por, 18285 , 190 véase también el neocortex ,
 digital " Computing Machinery e Inteligencia " (Turing) , 191 condicionales , 65 ,
 69, 153 , 189, 190 confabulación , 70 , 217, 227 , 228, 229 conexionismo , 133, 191 "
 connectome , " 262 conciencia , 11 , 199209 hemisferios cerebrales y , 22629 , 20911
 y computadoras , 21315 , 223, 233
 Descartes en adelante, 22122 vistas dualistas de 2023 , Este vs Oeste de vistas , 218-
 24 libre albedrío y , 23334
 El experimento de pensamiento sobre Kurzweil , 210 vistas salto de fe , 20910 , 233
 como meme , 211, 235 memoria y , 2829 , 2067 , 217
 sistemas morales y legales, basadas en , 21213 de las formas de vida no humanas ,
 21314 vista panprotopsyndist de , 203, 213
 como construcción filosófica , 2019 qualia y , 2035 , 211
 como científicamente verificable , 205, 211 , 228 como construcción espiritual, 222-
 23 como experiencia subjetiva , 211 Wittgenstein en , 22021
 zombie experimento del pensamiento y , 202 conversación, AI y , 16869
 convicciones , valor de , 11 , 2324 , 112, 117
 La ley de Cooper, 253
 cuerpo calloso , 70 , 77, 226 áreas de asociación corticales , cortisol 58 , 107
 Craig , Arthur , 100 creatividad, 11317 y la expansión de neocorteza , 11617
 Evento de extinción del Cretácico Paleógeno , 79
 Crick , Francis , 1617 de pensamiento crítico , 6 , 176, 197 " las críticas de la
 incredulidad " , 26672
 Radiómetro de Crookes , 2021, 21 travesaño de conmutación , 85
 Curtiss , Susan, 225
 Cibernética (Wiener) , 115
 Proyecto Cic , 162 , 164
 Gen D2 , 106
 Dalai Lama , 109
 Dalrymple , David , 124, 291n
 DARPA , 162, 163
 Darwin , Charles, 15
 La influencia de Lyell sobre , 1415, 114 , 177 experimentos mentales de , 1416, 23
 datos , determinados contra el tráfico de datos 26 , 239 predecible , en Internet , 254
 de Bode , Stella , 225
 Deep Blue , de 39 años , 166
 DeMille , Cecil B., 113
 dendritas , 42 , 43 , 66 , 67 , 90 , 150 como procesadores analógicos , 19192 , 110
 apicales
 Dennett , Daniel , 2056 , 230, 234
 Denton , Michael, 27576
 Descartes , René , 22122 , 240
 técnicas destructivas de imagen, 264 , 265 , 309n 11n resultados determinados ,
 resultados predecibles vs , 26, 239 , 23233 determinismo

libre albedrío y , 23233 , 234 aleatoriedad y 236
Diccionario del Diablo, El (Bierce) , 66
Diamandis , Peter , 278
Diamond , Marian , 25
Dickinson , Emily , 1 difusión tractography , procesadores digitales de 129 :
emulación de procesamiento analógico en , 19495 , 274 véase también ordenadores ;
neocortex , digital
Diógenes Laercio , 246
ADN , 910 comportamiento de los animales codificado en , 122 descubrimiento y la
descripción de , 1617 de codificación de la información en , 2 , 17 como la teoría
unificadora de la biología , 17 véase también genoma humano de dopamina ,
1056 , 107, 118
Dostoevsky , Fyodor , 199
Dragon Dictation , 15253
Dragón Go! , 162, 164
Dragon Naturally Speaking , 152
Drave , Scott, 149 sueños :
vs pensamiento consciente , 7172 y tabúes , 7172 como los pensamientos no dirigidos
, 7072 la memoria RAM dinámica , el crecimiento de , 259 , 301N 3n
E = mc², 22
Eckert , J. Presper , 189
EDSAC , 189
EDVAC , 189
Einstein , Albert, 11 , 25 , 35, 71 experimentos mentales de , 1823 , 114, 117
Electric Sheep , 149
Emerson , Ralph Waldo , 13
inteligencia emocional, 110 , 194, 201 , 213 emociones : alto nivel, 10911
como productos de ambas viejo cerebro y la neocorteza , 1078 energía, masa
equivalente a , 2223
ENIAC , 180, 189
Máquina de codificación Enigma, 187
EPAM (primaria perceptor y memorizador) , 3738 estrógeno, 118
teoría del éter , Michelson Morley refutación de , 18 , 19 , 36, 114 la evolución, 7679
La teoría de Darwin de , 1416 de codificación de la información y , 2 inteligencia
como objetivo , 7678 , 277, 278
LOAR y , 4 del neocortex , 3536
de organismos simulados , 14753 como proceso espiritual , 223 supervivencia como
objetivo de , 79, 104 , 242 véase también la selección natural
(genética) algoritmos evolutivos (gas), 14753 , 173 , 221 existencialismo
expectativa (excitatoria) señales , 42 , 52 , 54 , 60 , 67 , 73 , 85 , 91 , 100 , 112 ,
173 , 175 , 19697 , 16667 gestores expertos , 168 expertos , el conocimiento básico
de 39 a 40 , crecimiento exponencial , ver la ley de la aceleración de los movimientos
oculares devoluciones, reconocimiento de patrones y , 73
Far Side , 277 miedo, en el cerebro de antiguos y nuevos, 1048 función invariancia ,
ver invariancia red neuronal feedforward , 134, 135

Feldman , Daniel E. , 88
Felleman , Daniel J., 86 feto , cerebro , 62
matriz de puertas programables (FPGA) , 83 mecanismo de " lucha o huida" , 107,
118 " Primer Borrador de un Reporte sobre el EDVAC " (von Neumann) , 188
Bosque , Craig , formantes 126 , 135 , 137 fractales , 9 , 1011 , 10
Franklin, Rosalind , 1617, 17 libre albedrío , 11 , 22440 conciencia y , 23334
definición de , 231 a 32 , y el determinismo , 23233 , 234 como meme, 235
responsabilidad y , 235
Freitas , Robert, 316n
Freud , Sigmund , 66, 71 , 72
Friston , K. J. , 75 lóbulo frontal , 36 , 41, 77 giro fusiforme , 89, 95 , 111
juegos de azar , 106 células ganglionares , 95
García Márquez , Gabriel , 34, 283n 85n
Gazzaniga , Michael, 22629 , 234
General Electric , 149 algoritmos genéticos (evolutiva) , vea los algoritmos
evolutivos (genéticos) del genoma , humano , 4 , 103, 251 la información codificada
en el diseño , 90 , 147, 155 , 271, 314N 15n redundancia , 271, 314N , 315n
secuenciación , LOAR y , 252 , 252, 253 véase también el ADN George , Dileep ,
41 , 73, 156
Ginet , Carl , 234
Dios , el concepto de , 223
Gödel , Kurt , 187
teorema de incompletitud de , 187, 2078 "Parámetros de Dios", 147
Bueno , Irvin J., 28081
Google , 279
coches de autoconducción de , 7, 159 , 261, 274
Traductor Google , 163
Google Voice Search , 72, 161
Greaves, Marcos, 26672
Grossman , Terry, 287n 88n
Grötschel , Martin, 269
Hameroff , Stuart, 206 , 208, 274
Hameroff Penrose tesis , 2089
Hamlet (Shakespeare) , 209
Harnad , Stevan , 266
Harry Potter y el misterio del príncipe (Rowling) , 117
Harry Potter y el prisionero de Azkaban (Rowling) , 121
Hasson , Uri , 86
Havemann , Joel , 25
Hawkins , Jeff, 41 , 73, 156
Hebb , Donald O., 7980
Aprendizaje de Hebb , 80 hemisferectomía , 225
modelos ocultos de Markov (HMM) , 68, 14144 , 143, 145 , 147, 162
modelos jerárquicos ocultos de Markov (HHMMs) , 51 , 68 , 72 , 74 , 14446 , 14950
, 15253 , 155 , 156 ,

162 , 164 , 16768 , 195 , 269 , 270
poda de conexiones no utilizadas por, 144 , 147, 155 aprendizaje jerárquico , 164,
195 , 197 memoria jerárquica : digital, 15657 temporales , 73
sistemas jerárquicos , 4 , 35 pensamiento jerárquico , 8 , 69, 105 , 117, 15354 , 177 ,
233, 286n flujo bidireccional de información , 52 idiomas y , 56, 159 , 162, 163 en el
cerebro de los mamíferos , 23 reconocimiento de patrones como , 33 , 4153
recursividad en , 3 , 78 , 56, 65 , 91, 109 , 156, 177 tareas de rutina y , 3233 como
mecanismo de supervivencia , 79 como única en el cerebro de mamíferos , 35
hipocampo, 63 , 77, 1012
Guía del autoestopista galáctico , The (Adams) , 161
Hobbes , Thomas, 278
Hock , Dee , 113
Horwitz , B. , de 75 años
Hubel , David H. , de 34 años
Proyecto Conectoma Humanos , 129 genoma humano , ver genoma , el Proyecto
Genoma Humano, humano , 251, 273 seres humanos :
fusión de la tecnología inteligente con , 26672 , 276, 27982 herramienta de toma de
capacidad , 3 , 27 , 276, 279
Hume , David, 23435
IBM , 67, 108 , 128, 16566
Cognitive Computing Group de , 195 ideas, vinculando recursivas de identidad , 3 ,
10 , 11, 24047
como patrón de continuidad , 246 , 247 experimentos mentales en , 24247 parámetros
de importancia , 42 , 60 , 66 , 67 incompatibilismo , 234 , 236
incompleto , el teorema de Gödel , 187, 2078
motores de inferencia , 16263 , la codificación de la información : en el ADN, 2 , 17 ,
122 y evolución , 2 en el genoma humano , 90 , 147, 155 , 271, 314N 15n estructuras
de información , basada en el carbono , 2 tecnologías de la información :
el crecimiento exponencial de la , 27879
LOAR y , 4 , 24957 , 252 , 257 , 258 , 259 , 260 , 261 , 261
señales inhibitorias , 42, 5253 , 67, 85 , 91, 100 , 173 ínsula , 99100 , 99, 110
circuitos integrados , 85
Intel, 268 inteligencia, 12 emocional, 110 , 194, 201, 213
como meta evolutiva , 7678 , 277, 278 evolución de , 177 como la capacidad de
resolución de problemas , 277
Diccionario Internacional de Psicología (Sutherland) , 211 " Hoja de Ruta
Tecnológica Internacional para
Semiconductores , " 268
Internet , el crecimiento exponencial de , 254
Interpretación de los Sueños, La (Freud) , 66 la intuición, la naturaleza lineal de ,
266
invariancia , en el reconocimiento de patrones , 30 , 5961 , 133 , 135 , 137 , 175 y
emulación de ordenador de cerebro , 197
representaciones de una dimensión de los datos y , 14142 vector de cuantificación , y
141 inventores , el calendario y , 253, 255

I, Robot (película), 210
 Telar de Jacquard , 189, 190
 James , William, 7576 , 9899
 Jeffers , Susan, 104
 Jennings , Ken, 15758 , 165
 Jeopardy ! (Programa de televisión) , 67 , 108 , 15758 , 160 , 165 , 166 , 167 , 168 ,
 169 , 172 , 178 , 23233 , 270
 Joyce , James , de 55 años
 Kasparov , Garry , 39, 166
 K Computer, 196 bases de conocimiento :
 Sistemas de inteligencia artificial y , 4 , 67, 17071 , 246, 247 del neocortex digital,
 177 el crecimiento exponencial de , 3 como inherentemente jerárquico , la lengua 220
 y 3 profesional , 3940 ideas de forma recursiva vinculados, 3
 Kodandaramaiah , Suhasa , 126
 Koene , Randal , 89
 Koltsov , Nikolai , 16
 Kotler , Steven , 278
 KurzweilAI.net , 161
 Kurzweil Applied Inteligencia 144
 Kurzweil Computer Products , 122
 Kurzweil Voice 160 1 lámina de neuronas, 97 idiomas : chimpancés , y 3 , 41
 y el crecimiento de la base de conocimiento , 3 naturaleza jerárquica de , 56, 159 ,
 162, 163 como metáfora , 115 como la traducción del pensamiento , 56, 68
 software de lenguaje , 51, 7273 , 92, 11516 , 12223 , 14445 , 145, 156 , 15772 , 174,
 270 gestores especializados en , 16667 normas de codificación manual en , 16465 ,
 166, 168 HHMMs en sistemas jerárquicos , 16768 , 16265 en
 Larson , Gary, 277
 "Last Voyage of the Ghost , La " (García Márquez) , núcleo geniculado lateral 34, 95
 , 100 la ley de los retornos acelerados (LOAR) , 4, 6 , 7, 41 , 123 que se aplican en
 el cerebro humano , 26163 , 263 , 264,
 265 y biomedicina , 251 , 252, 253 tecnología de la comunicación y , 253, 254
 capacidad de cálculo y , 281, 316n 19n tecnologías de la información y , 4 , 24957 ,
 252, 257 , 258, 259, 260 , 261, 261 objeciones , 26682 predicciones basadas en , 256-
 57 , 257 , 258, 259 , 260, 261 y la escasa probabilidad de que otras especies
 inteligentes , 5
 "La ley de retornos acelerados , La " (Kurzweil) , 267 leyes de la termodinámica ,
 37, 267 aprendizaje , 6165 , 122, 155 , 27374 condicionales , en 65
 y la dificultad de comprender más de un nivel conceptual a la vez , en 65 neocórtex
 digital, 12728 , 17576 medio ambiente y , 119
 Hebb , 80 jerárquica , 164, 195 , 197 en las redes neuronales , 13233 bases
 neurológicas de la , 7980 reconocimiento de patrones como unidad básica de , 8081
 de patrones , 6364 , 90 reconocimiento simultáneo con , 63 procesamiento simultáneo
 en , 63 , 146 sistemas jurídicos , la conciencia como base de , 21213
 Leibniz , Gottfried Wilhelm , 34, 223
 Lenat , Douglas, 162

Leviathan (Hobbes) , 278
Lewis , Al, 93
Libet , Benjamin , 22930 , 231, 234 de luz , la velocidad de , 281
Experimentos de Einstein sobre el pensamiento , 1823 programación lineal, 64
LISP (List Processor) , 15355 , 163 módulos de reconocimiento de patrones en
comparación con , 154 , 155
Lloyd , Seth , 316n , 317N
Loebner , Hugh , Premio Loebner 298n , 298n lógica , 3839 positivismo lógico , 220
puertas lógicas , 185
Lois , George, 113 amor, 11720 cambios bioquímicos asociados con , 11819 objetivos
evolutivos , y 119 módulos de reconocimiento de patrones y, 11920 "Love Is The
Drug " , 118
Lovelace , Ada Byron , condesa de , 190, 191 sueños lúcidos , 72, 287n 88n
Lyell , Charles , 1415, 114 , 177
McCarthy , John, 153
McClelland, Shearwood , 225
McGinn , Colin, 200 almacenamiento magnético de datos , el crecimiento de , 261,
301N 3n magnetoencefalografía , 129
Manchester Máquina Experimental de Pequeña Escala , 189
Mandelbrot set, 1011, 10
Marconi, Guglielmo , 253
Marcos 1 Perceptron , 13132 , 134 , 135, 189
Markov , Andrei Andreyevich , 143
Markram , Henry, 8082 , 12427 , 129 equivalente en masa, de la energía , 2223
Mathematica , 171
"Teoría Matemática de la Comunicación , A" (Shannon) , 184
Mauchly , John, 189
Maudsley , Henry, 224
Maxwell , James Clerk , 20
Maxwell , Robert, 225
Mead , Carver , 19495 núcleo geniculado medial , 97, 100 la medicina, la IA y , 67,
39 , 108 , 156, 16061 , 168 memes : conciencia como , 211, 235 libre albedrío , 235
memoria en las computadoras, 185 , 259, 260 , 268, 301N , 306N 3n 7N
memoria, memorias, humanos: conceptos abstractos en 5859, capacidad de 192 a 93 ,
ordenadores como extensiones de 169 , frente a la conciencia , 2829 , 2067 , 217 de
regulación de 29 , 59 hipocampo y , 1012 como secuencias de patrones, 2729 , 54 ,
59 despidos de pedido retiro inesperado , 3132 , 54, 6869 trabajo , 101
Menabrea , Luigi, metacognición 190 , 200, 201 metáforas , 1415 , 11317 , 17677
Michelson , Albert , 18 , 19 , 36 , 114
Michelson Morley , 19 , 36, 114 microtúbulos , 206, 207 , 208, 274
Miescher , Friedrich , 16 mente, 11
teoría del reconocimiento de patrón (PRTM) , 56 , 8 , 11 , 3474 , 79 , 80 , 86 , 92 ,
111 , 172 , 217 pensó en experimentos , 199247 problema mente cuerpo, 221
Minsky , Marvin , 62, 13335 , 134, 199 , 228
MIT Laboratorio de Inteligencia Artificial, 134

MIT Instituto Picower para el Aprendizaje y la Memoria, 101
 Mobileye , 159 modelado , la complejidad y , 3738
 Modha , Dharmendra , 128, 195 , 27172 impulso, 2021 conservación de , 2122
 Money , John William , 118, 119 montano vole , 119 el estado de ánimo , la
 regulación de , 106
 Moore , Gordon , 251
 La ley de Moore , 251, 255 , 268 inteligencia moral , 201 sistemas morales , la
 conciencia como base de , 21213
 Moravec , Hans , 196
 Morley, Eduardo, 18 , 19 , 36, 114
 Moskovitz , Dustin , 156 corteza motora , 36, 99 , 99 nervios motores
 Mountcastle , Vernon, 36 , 37, 94
 Mozart , Leopold , 111
 Mozart , Wolfgang Amadeus , 111, 112
 MRI (resonancia magnética) , resolución espacial de 129 , 26265 , 263, 309n (V5)
 región de la corteza visual MT , 83, 95
 Muckli , Lars , 225 música, tan universal a la cultura humana , 62 mutaciones ,
 simulada, 148 nombres , recordando , 32
 Institutos Nacionales de la Salud , 129 selección natural, 76
 proceso geológico como metáfora , 1415, 114 , 177 véase también la evolución
 Naturaleza, 94 sistema nervioso nematodo , la simulación de , 124 neocortex , 3 , 7 ,
 77, 78
 AI ingeniería inversa de, consulte la neocorteza , digital de flujo bidireccional de
 información en , 8586 , 91 evolución, 3536
 expansión de , a través de AI , 172, 26672 , 276 expansión de , a través de la
 colaboración, la 116 orden jerárquico ,4153
 proceso de aprendizaje, véase organización de aprendizaje lineal , 250 como metáfora
 de la máquina , 113 fugas neural , 15051 viejo cerebro como por moduladas , 9394 ,
 105, 108 representaciones unidimensionales de datos multidimensionales , 53, 66 ,
 91, 141 a 42 , en el reconocimiento de patrones , ver el reconocimiento de patrones
 reconocedores de patrones en , ver los módulos de reconocimiento de patrón de
 plasticidad , ver la plasticidad del cerebro por predicción , 5051 , 52 , 58 , 60 , 6667 ,
 250
 PRTM como algoritmo básico de , 6 poda de conexiones no utilizadas en , 83, 90 ,
 143, 174 redundancia , 9 , 224 estructura de rejilla regular de , 8283 , 84, 85 , 129,
 262 de entrada sensorial , 58, 60 procesamiento simultáneo de la información en , 193
 tipos específicos de patrones asociados con las regiones de , 8687 , 8990 , 91 , 111 ,
 152 , simplicidad estructural de 11
 uniformidad estructural , 3637 estructura , 3537, 38 , 7592 como mecanismo de
 supervivencia , 79, 250 tálamo como puerta de entrada a , 100101
 capacidad total de , 40 , 280 número total de neuronas , la actividad inconsciente en
 230 , 228, 231 , 233 modelo unificado de , 24 , 3474 como única de cerebro de los
 mamíferos , 93 , 286n algoritmo universal de procesamiento de , 86 , 88 , 9091 , 152 ,
 272 véase también la corteza cerebral
 neocortex , digital , 68, 41 , 11617 , 12178 , 195 beneficios de, 12324 , 247 flujo

bidireccional de información , 173 como susceptible de ser copiado , 247
módulo de pensamiento crítico para , 176, 197, como extensión del cerebro humano ,
172, 276
HHMMs en 17475 , la estructura jerárquica de , 173 bases de conocimiento , de
aprendizaje en 177 , 12728 , 17576 módulo metáfora búsqueda en , 17677 educación
moral de , 17778
redundancia patrón en , 175 búsqueda simultánea en , 177 de estructura , 17278
conexiones virtuales neuronales en columnas neocorticales , 17374 , 3637 , 38, 90 ,
12425 sistema nervioso, de 2 circuitos neuronales, falta de fiabilidad de los implantes
neurales , 185 , 243, 245
redes neuronales, 13135 , 144, 155 , 291n algoritmo de feedforward 97N , 134, 135 ,
132 a 33 , en el aprendizaje procesamiento neural :
emulación digital , 19597
paralelismo masivo de , 192 , 193 , 195 de velocidad , 192 , 195
fichas neuromórficos , 19495 , 196 de unión neuromuscular , 99 neuronas, 2 , 36, 38 ,
43, 80 , 172 , 1057
neurotransmisores
nuevo cerebro , ver neocortex
Newell , Allen, 181
New Kind of Science, A (Wolfram) , 236, 239
Newton , Isaac , 94
Nietzsche , Friedrich , 117
sistemas no biológicos , como puedan ser copiado , 247 técnicas de imagen no
destructivas , 127, 129 , 264, 312n 13n no mamíferos , razonamiento , por 286n
noradrenalina , 107 norepinefrina , 118
Memorias del subsuelo (Dostoievski) , 199
Tecnologías de Nuance Speech , 67 , 108 , 122 , 152 , 161 , 162 , 168 núcleo
accumbens, 77 , 105
Numenta , 156
NuPIC , 156
trastorno obsesivo compulsivo , 118 lóbulo occipital , 36 viejo cerebro , 63, 71 , 90,
93108
neocortex como modulador de la , 9394 , 105, 108 vía sensorial , 9498 sistema
olfativo , 100
Oluseun , Oluseyi , 204
OmniPage , 122
Cien años de soledad (García Márquez) , 283n 85n
On Intelligence (Hawkins y Blakeslee) , 73, 156
El Origen de las Especies (Darwin) , 1516 de reconocimiento óptico de caracteres
(OCR) , 122 del nervio óptico , 95 ,100
canales , 9495 , 96
organismos , simulado, evolución de, 14753 problema sobreajuste, 150 oxitocina, 119
páncreas, panprotopsyism 37 , 203, 213
Papert , Seymour , 13435 , 134 parámetros, en el reconocimiento de patrones :
"Dios", 147 importancia , 42, 4849 , 60 , 66, 67

tamaño, 42 , 4950 , 60 , 61, 66 , 67, 7374 , 9192 , 173 variabilidad tamaño, 42 , 4950 , 67, 7374 , 9192
 Parker , Sean , 156
 La enfermedad de Parkinson , 243 , 245
 la física de partículas , ver la mecánica cuántica
 Pascal , Blaise , 117
 patch clamp robótica, 12526 , 126 reconocimiento de patrones , 195
 de conceptos abstractos, 5859
 como función de la experiencia , 50 , 90, 273 a 74 como unidad básica de aprendizaje , 8081 flujo bidireccional de información , 52, 58 , 68 y distorsiones , 30
 movimiento de los ojos y , 73
 como jerárquica , 33 , 90 , 138 , 142 de imágenes , 48
 invariancia y ver invariancia , en el reconocimiento de patrones aprendizaje simultáneo con , 63
 Lista combinando en , 6061
 en el neocortex , consulte patrón módulos de reconocimiento de redundancia , 3940 , 57, 60 , 64, 185 módulos de reconocimiento de patrones , 3541 , 42, 90 , 198 , 6061 autoasociación en
 axones de , 42 , 43 , 66 , 67 , 113 , 173
 flujo bidireccional de información hacia y desde el tálamo , 100101 dendritas de , 42 , 43 , 66, 67
 digital, 17273 , 175, 195
 señales de expectativa (excitatoria), en 42 , 52 , 54 , 60 , 67 , 73 , 85 , 91 , 100 , 112 , 173 , 175 , 19697 estructura determinada genéticamente , 80 " parámetro de Dios" , 147
 parámetros de importancia en , 42 , 4849 , 60 , 66 , 67 señales inhibitorias en , 42 , 5253 , 67 , 85 , 91 , 100 , 173 de entrada en , 4142 , 42 , 5359 amar y , 11920
 conexiones neuronales entre 90 , como conjuntos neuronales, 8081
 representación unidimensional de datos multidimensionales en , 53 , 66 , 91 , 14142
 predicción por , 5051 , 52 , 58 , 60, 6667 redundancia , 42, 43 , 48, 91
 procesamiento secuencial de la información por, 266 disparos simultáneos de , 5758 , 57, 146
 parámetros de tamaño en , 42 , 4950 , 60 , 61 , 66 , 67 , 7374 , 9192 , 173 parámetros de variabilidad en tamaño , 42 , 67 , 7374 , 9192 , 173 de sonidos, 48
 umbrales de , 48 , 5253 , 60 , 66 , 67 , 11112 , 173 número total de , 38 , 40 , 41 , 113 , 123 , 280 algoritmo universal de , 111 , 275
 patrón teoría del reconocimiento de la mente (PRTM) , 56 , 8 , 11 , 3474 , 79 , 80 , 86 , 92 , 111 , 172 , 217 patrones :
 ordenamiento jerárquico de , 4153 patrones de más alto nivel vinculados a , 43, 45 , 66, 67 de entrada en , 41, 42 , 44 , 66, 67 el aprendizaje de , 6364 , 90 nombre del , 4243 salida , 42, 44 , 66, 67 y redundancia , 64
 áreas específicas de la corteza cerebral asociadas con , 8687 , 8990 , 91, 111 , 152 de almacenamiento , 6465 estructura , 4153
 Patrones , Inc. , 156
 Pavlov , Ivan Petrovich , 216

Penrose , Roger , 2078 , 274
 percepciones, como la influencia de las expectativas e interpretaciones, 31
 perceptrones , 13135
 Perceptrones (Minsky y Papert) , 13435 , 134 feniletilamina , 118
 Investigaciones filosóficas (Wittgenstein) , 221 fonemas, 61 , 135, 137 , 146, 152
 fotones, 2021 física, 37
 capacidad computacional y , 281, 316n 19n leyes de , 37, 267 modelos estándar de
 2 , véase también la mecánica cuántica
 Pinker , Steven , 7677 , 278 hipófisis , 77
 Platón, 212 , 221, 231 placer, en los viejos y nuevos cerebros, 1048
 Poggio , Tomaso , 85, 159
 núcleo ventromedial posterior (VMpo) , 99100 , 99
 pradera vole , 119 resultados previsibles , los resultados determinados vs , 26, 239
 Consejo Presidencial de Asesores en Ciencia y Tecnología, 269 precio / rendimiento ,
 de la computación , 45, 25051 ,
 257 , 257, 26768 , 301N 3n Principia Mathematica (Russell y Whitehead) , 181
 campos de probabilidad, 21819 , 23536 conocimientos profesionales , 3940 proteínas,
 la ingeniería inversa de 45 , qualia , 2035 , 210, 211
 calidad de vida , la percepción de , 27778 computación cuántica, 2079 , 274 mecánica
 cuántica, 21819 , 21819 , en observación , 23536 aleatoriedad versus determinismo ,
 236
 Quinlan , Karen Ann , 101
 Ramachandran , Vilayanur Subramanian " Rama ", memoria de acceso aleatorio 230:
 el crecimiento en , 259 , 260 , 301N 3n , 306N 7n
 tridimensional , 268 aleatoriedad , el determinismo y 236 racionalización, ver
 confabulación
 realidad, la naturaleza jerárquica de , 4 , 56, 90 , 94, 172 recursividad , 3 , 78, 56 , 65,
 91 , 153, 156 , 177, 188 "Red " (Oluseum) , 204
 redundancia, 9 , 3940 , 64 , 184, 185 , 197, 224 en el genoma , 271, 314N , 315n del
 recuerdo , 59
 de módulos de reconocimiento de patrones , 42 , 43 , 48 , 91 , 57 y pensamiento
 religiosa éxtasis , 118
 " Informe al Presidente y al Congreso , diseño de un futuro digital " (Consejo
 Presidencial de Asesores en Ciencia y Tecnología) , 269 retina , 95 la ingeniería
 inversa : de los sistemas biológicos , 45 del cerebro humano , véase el cerebro
 humano , la emulación de equipo ; neocortex , digital Rosenblatt , Frank , 131 , 133,
 134 , 135, 191
 Roska , Botton , 94
 Rothblatt , Martine , 278
 las tareas de rutina , como la serie de pasos jerárquicos , 3233
 Rowling , JK , 117, 121
 Roxy Music , 118
 Russell , Bertrand , 104 , 181, 220
 Rutter, Brad , 165 sacádicos , 73
 Instituto Salk , 89

el matrimonio entre personas del mismo sexo, 278
Sandberg, Anders , 12930 , 318n Schopenhauer , Arthur , 235, 240 la ciencia :
como base en mediciones objetivas , 211 especialización , 115
Ciencia , 8283
" El pesimismo de científico, " 27273
Searle , John, 170 , 201, 205 , 206, 222
" Habitación china " experimento mental de , 170, 27475
Seinfeld (programa de televisión) , 75 inhibidores selectivos de serotonina , 106
recaptación
sistemas de autoorganización , 144 , 147 , 149 , 150 , 15455 , 162 , 168 , 17172 ,
175 , 197 , 270 de la zona sensoriomotor , 77
corteza sensorial , 99 nervios sensoriales , 99 órganos de los sentidos , 58 receptores
sensoriales, 99 sensorial touch vía , 58, 60 , 9498 , 95, 97100 , 97, 99
serotonina , 105 , 106 , 107 , 118
Seung , Sebastian, 10
Sex and the City (programa de televisión) , 117 la reproducción sexual , 118
simulada, 148
Shakespeare , William, 39 , 11415 , 209
Shannon , Claude , 18384 , 190
Shashua , Amnón , 159
Shaw , J. C. , 181
Cortocircuito (película), 210
Simon , Herbert A., 3738 , 181 singularidad, 194
Singularity Is Near , The (Kurzweil) , 4 , 5 , 196 , 251, 253 , 256, 257 , 267, 26869 ,
271 , 274, 316n 19n
" Singularidad no está cerca , El " (Allen y chicharrones) , 26672
Siri , 7 , 72 , 116 , 123 , 153 , 16162 , 164 , 168 , 171 parámetros de tamaño , 42 , 60 ,
66 , 67 , 7374 , 9192 parámetros de tamaño variabilidad , 42, 4950 , 67, 7374 , 9192
Skinner , B. F. , 13
Smullyan , Raymond, 241
Society of Mind , The (Minsky) , 62, 199
Soneto 73 (Shakespeare) , 11415
SOPA (Stop Online Piracy Act) , 279 códigos escasa, 9596 , 13541 especialización
creciente , espectrogramas 115 ,
135 , 136, 137
software de reconocimiento de voz , 4950 , 51, 53 , 61, 7274 , 92, 11516 , 12223 ,
128, 13546 , 145, 198 , 273
Gas en , 14950 , 152
HHMM en , 14950 , 15253 velocidad de la luz , 281
Experimentos del pensamiento de Einstein sobre , 1823
Sperry , Roger W. , 218 médula espinal, 36 , 99 neuronas fusiformes , 10911
pacientes con cerebro dividido , 70,
22627
Stanford Encyclopedia of Philosophy , The, 232
Star Trek : The Next Generation (programa de televisión) , 210

Star Wars películas , la variación estocástica 210 , 9
 poder superordenador , el crecimiento de , 258, 301N 3n
 la supervivencia : como meta evolutiva , 79, 104 , 242 como meta individual , 242
 Sutherland , Stuart, 211
 Chips de sinapsis , 195, 196
 Szent Györgyi , Albert, 93 tabúes , los sueños y , 7172
 Taylor , J. G. , 75
 tecnología, como compensación de las limitaciones humanas , 3 , 27 , 276, 279
 Technology Review , 266
 Tegmark , Max, 208
 Terminator películas , testosterona 210 , 118 tálamo , 36 , 77, 95 , 97, 97 , 98 a 101
 como puerta de entrada al neocortex ,
 100101 termodinámica, 177 leyes de , 37, 267
 Thiel , Peter , 156 pensamiento : en comparación con el cálculo , 2627 desorden de ,
 55, 69 lenguaje como traducción de, 56, 68 limitaciones, 2324, 27 y redundancia, 57
 como el análisis estadístico, estadística y probabilidad 170 , 27071
 experimentos mentales sobre , 24, 2533 no dirigida contra las instrucciones, 5455 ,
 6869 ver también el pensamiento jerárquico experimentos mentales , 114 "habitación
 china " , 170 , 27475
 el equipo conciencia , 202, 210 de Darwin , 1416, 23 de Einstein , 1823 , 114, 117 en
 la identidad , 24247
 en la mente, 199247 en el pensamiento , 24 , 25 a 33 de Turing, 18587 , 188
 Thrun , Sebastian, 158 tiempo , los experimentos de Einstein pensaba en 1920 , la
 fabricación de herramientas , de los seres humanos , 3, 27 , 276 , 279
 Tractatus Logico Philosophicus (Wittgenstein) , 21921
 Transcend : Nueve pasos para el Buen Vivir para siempre (Kurzweil y Grossman) ,
 287n 88n
 Películas de Transformers, 210 transistores :
 por chip , el crecimiento de , 258 , 301N 3n disminución de los precios en , 260 ,
 304N 6n tridimensional , 268
 Turing , Alan , 121, 15960 , 185, 191 experimentos de pensamiento , 18587 , 188
 irresoluble problema teorema de , 187, 2078
 Máquina de Turing , 18587 , 186, 188 , 192, 2078
 Prueba de Turing, 15960 , 169, 170 , 178 , 191, 213 , 214, 233 , 276, 298n
 UIMA (no estructurado Information Management Architecture) , 16768
 Ulam , Stan , 194
 Unitarismo , 222
 universalidad de la computación , 26 , 18182 , 185, 188 , 192, 207 universo, tan capaz
 de codificar información , 2
 University College (Londres), 118
 problemas sin solución , el teorema de Turing , 187, 2078 vasopresina , 119
 cuantificación vectorial , 135 , 13839 , 145 y invariancia , 141 pálido ventral , 105
 Vicarious Systems, 156 asociación visual , 77 corteza visual , 7 , 77, 83 , 95, 193 de
 las personas con ceguera congénita
 , 87 la simulación digital de , 128 estructura jerárquica , 8586

V1 región , 83 , 85 , 87 , 95 , 100
Región V2 de , 83 , 85 , 87 , 95
V5 región (MT) de , 83, 95 procesamiento de la información visual , 9496 , 95, 96
vía visual , 95 sistemas de reconocimiento visual, 53
von Neumann, John, 179, 18689, 190, 195 / cerebro informático de comparación de,
19195 concepto de programa almacenado de, 18687, 188 máquina von Neumann,
18789, 190, 193
Voyage of the Beagle (Darwin), 14
Walle (película), 210
Watson (IBM PC), 67, 108, 15758, 159, 160, 165, 166, 16768, 171, 172, 178, 200,
232 33, 239, 247, 265, 27071, 274
Watson, James D., 89, 1617
Watts, Lloyd, 96
función de onda, el colapso de la, 21819, 23536
Wedeen, J. Van, 8283, 90, 129, 262
Werblin, Frank S., 9495
Whitehead, Alfred North, 181
Todo emulación del cerebro: Plan de trabajo (Sandberg y Bostrom), 12930, 130, 131
Wiener, Norbert, 115, 143
Wikipedia, 6, 156, 166, 170, 176, 232, 270, 279
Wittgenstein, Ludwig, 21921
Wolfram, Stephen, 17071, 177, 23639
Wolfram Alpha, 161, 17072, 177
Wolfram Research, 17071 memoria de trabajo, 101
Primera Guerra Mundial, 278
II Guerra Mundial, 187, 278 escribir, como sistema de copia de seguridad, 12324
Young, Thomas, 18
Z3 equipo, 189
Zuo, Yi, 89
Zuse, Konrad, 189