

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Lectura: Lectura y práctica aplicada. Prototipo de un sistema artificial motor. Diseño aplicado

Objetivos

El objetivo de esta actividad es, por un lado, aprender a buscar literatura académica útil, realizando una lectura sobre un texto técnico en el ámbito de la neurociencia cognitiva para sacar conclusiones sobre las principales diferencias entre los mecanismos motores del cuerpo, tanto animal como humano.

La segunda parte de la práctica tiene como objetivo aplicar, para así diseñar lo aprendido en la lectura.

Descripción de la actividad

La práctica consiste en buscar una lectura dentro del ámbito académico, de los sistemas motores en animales y/o humanos. Dicha lectura ha de ser del ámbito académico, no divulgativo. Tras ello, se ha de realizar un resumen, exponiendo el caso y justificando el porqué de la selección del artículo.

Como segunda parte, se ha de aplicar lo aprendido. Así, se busca aplicar un prototipo detallado de sistema artificial motor de alto nivel.

Es importante que busques información sobre los conceptos técnicos que no entiendas, preguntando al profesor las dudas que no consigas resolver utilizando las fuentes a tu disposición.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Esta actividad requiere que hagas un esfuerzo en asimilar cuáles son los problemas y las técnicas de investigación en neurociencia cognitiva y que apliques lo aprendido a nivel lógico y creativo.

Cuestiones Generales y Orientaciones

Sobre el formato de presentación de la actividad

La extensión máxima permitida en esta Actividad 2 es de tres páginas, es decir, tres caras de folio. Se prescindirá de utilizar portada e índice, en favor de que podáis disponer de dicha extensión de tres caras exclusivamente para el desarrollo de la actividad. Este es el motivo por el que, en el documento de explicación de la Actividad 2, se alude a que se penalizará la inclusión de portada, índice u otros apartados no sustanciales.

En cuanto al formato textual, propiamente dicho, el tamaño de letra mínimo que se podrá utilizar será 10. Además, a la hora de citar el artículo que busquéis, o bien, en general, cualquier artículo que necesitéis citar durante el desarrollo de la actividad, habréis de emplear el estilo APA.

Sobre la fuente documental que hay que buscar

Esta actividad 2 mantiene el enfoque y filosofía ya perseguidos por la anterior Actividad 1: aproximarse al problema de cuán distintos son el sistema nervioso humano y los sistemas de inteligencia artificial a la hora de procesar la información y de gestionar sus acciones y respuestas a las exigencias del entorno. En esta ocasión, sin embargo, la temática a la que deben responder tanto la fuente documental buscada como también, posteriormente, el modelo artificial prototipado, es la de las funciones motoras.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Sobre la elaboración del modelo o prototipo de un sistema artificial

Se sugiere tratar de responder a las siguientes preguntas:

1. ¿A qué problema del ámbito de las funciones motoras deseo enfrentarme al proponer un modelo de sistema de IA de alto nivel?
2. ¿En qué formas de procesamiento motor propias de los humanos puedo inspirarme ("bioinspiración", ¿recordáis?) para que mi sistema de IA de alto nivel pueda enfrentarse a ese problema con mayor eficacia y eficiencia? Es decir: que no se trate, por lo tanto, de inspirarse en el sistema cognitivo humano por el simple hecho de hacerlo.
3. ¿Cómo debo modelar o prototipar mi sistema de IA de alto nivel para que los puntos fuertes del sistema cognitivo humano en esa función motora (abstracción, eficacia, etc.) y los de la IA (rapidez, fiabilidad) se retroalimenten entre sí de la mejor manera? En otras palabras: que resulte provechoso el hecho de bioinspirarse.

Sobre el modo de corrección o de calificación

Como podéis ver en el propio documento de la Actividad, existe una rúbrica de aspectos fundamentales en los que basarse para corregirla. Sin embargo, junto con la misma, los aspectos clave de la forma de corregir esta actividad residen, en realidad, en los mismos puntos que os comento en todo este mensaje:

- En lo referente a la parte de selección justificada de un artículo: demostrar, en el resumen, que se ha sabido extraer las ideas clave en lo que se refiere a las diferencias fundamentales que existen entre el sistema cognitivo humano y los sistemas de IA en lo relativo al ámbito de las funciones motoras.
- En lo referente al prototipado de un modelo de IA de alto nivel: escoger un "problema" del mundo real claro y bien definido, relativo al terreno de las

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

funciones motoras; recurrir a un modelo cognitivo de dicha función motora que las ciencias cognitivas hayan propuesto hasta la fecha; diseñar y describir el esquema básico de un sistema de IA de alto nivel que se bioinspire en ese modelo cognitivo para implementar la función motora escogida, determinando muy bien qué facetas del sistema cognitivo humano pueden servir como una buena y útil inspiración para nuestro sistema de cara a dicho "problema" o realidad; pensar en cómo optimizar la forma en que la IA pueda aprovechar esa inspiración para dar lugar a un sistema artificial que resuelva ese "problema" de forma eficaz y eficiente.

Es importante que sepáis que **el foco de evaluación de esta actividad NO está en la calidad ni eficacia del modelo o prototipo computacional que hipoteticéis (que sea “mejor” o “peor”). Lo que importa en esta práctica es demostrar que se es capaz de dar un salto bien articulado del mundo cognitivo humano al mundo computacional de las máquinas.**

Preguntas Importantes (FAQ's)

Sobre la primera parte de la Actividad 2: búsqueda y análisis de una fuente científica sobre funciones motoras

¿Acerca de qué campo teórico hay que buscar una fuente bibliográfica científica? Es fácil encontrar, por ejemplo, literatura diversa respecto a por ejemplo la percepción e impulso motor por el dolor, recuerdo de secuencias motoras, aprendizaje, etc.

Lo importante es que la fuente documental encontrada verse sobre la motricidad humana y su gestión por parte del sistema nervioso (lo que denominamos cognición motora). Eso significa que cualquiera de las posibilidades que mencionas funcionaría, siempre que se enfoquen temáticamente en la función motora: si es impulso motor por dolor, que se refiera a cómo se responde de manera motora a los estímulos

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

aversivos (aunque te adelanto que gran parte de estas respuestas son reflejas y, como tal, son gestionadas de manera autosuficiente por la médula espinal, no dejando demasiado espacio a que exista cognición motora como tal); el recuerdo de secuencias motoras será acertado siempre que haga más hincapié en la faceta motriz que en la puramente mnésica (i.e. de la memoria); si es aprendizaje, otro tanto: que el aspecto motriz sea vital, aunque se hable de aprendizaje.

¿A qué se refiere la expresión "diferencias entre los mecanismos motores del cuerpo"? ¿A que busquemos un contenido similar al que se ha explicado en el tema 6? ¿Algo que hable de lo mismo, pero más ampliado? ¿Va orientado a buscar algún artículo donde expliquen deficiencias en alguno de estos sistemas? ¿O va orientado a entrar, más en concreto, en alguno de esos mecanismos motores? Muchos artículos tienen que ver con analogías entre sistema cognitivo y motriz humanos. ¿Bastaría con la lectura de este tipo de artículo?

En efecto, el Tema 6 es el claro foco de atención de esta práctica (si bien podéis siempre beneficiaros del conocimiento proporcionado por los anteriores, si es el caso). En principio se podría dar por válida cualquiera de las opciones propuestas. Pero creo que esto, más que ayudarte, te desorientaría más. Arrojando un poco de precisión al respecto: como se trata de buscar un artículo, lo cierto es que tanto existen artículos de revisión general de modelos y teorías como también artículos más específicos. Eso significa que:

- **Si el artículo que encontréis se dedica a analizar, revisar o cuestionar una o más teorías enteras, entonces será perfectamente válido**, porque cumple con tratar el tema de la neuromecánica y, además, puede dar pie a plantear una implementación computacional (bien sea por inspirarte en alguno de los modelos que el artículo trate, o bien por las ideas que a ti misma te suscite al leer el artículo).
- **Si el artículo que encontréis aborda un "problema" desde dentro de un modelo o teoría neuromecánica específica a la que se adscribe, entonces**

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

también será perfectamente válido, porque sigue cumpliendo con lo que la actividad requiere, que es asistir a un estudio de los modelos motores en humanos y/o animales y permitir, luego, suscitar ideas que sean implementadas en un hipotético sistema artificial.

En virtud de esto, el contenido del tema 6 no debe actuar como limitador de las posibilidades que manejeis al buscar un artículo científico sobre cognición motora. De hecho, como capítulo de temario académico que es, el Tema 6 no deja de ser demasiado general, así que no os preocupéis por la relación que el artículo que encontréis mantenga con este tema 6. No importa si abarca mucho del mismo, o si se centra en algún aspecto concreto, etc. Lo que importa del artículo que encontréis es que sirva para ser analizado y extraer de él las ideas clave. Incluso puede que os vaya dando ideas para la siguiente parte de la actividad (la del prototipado).

¿Algún ejemplo de lo anterior?

Mientras la cognición motora sea la protagonista del artículo o capítulo de libro científico que proporcionéis, son múltiples los tipos de ejemplos que pueden guiarnos:

- **Con un carácter muy amplio o general sobre la cognición motora humana:** un tipo de artículo científico que siempre existe es lo que se llaman las *reviews*. Una *review* tiene forma de artículo científico, pero, en vez de tratar sobre un estudio o experimento concreto, lo que hace es analizar el estado de la cuestión (o incluso los puntos fuertes o débiles) de una o más teorías actuales sobre la cognición motora. Por ejemplo: encontrar una *review* sobre la teoría de los modelos internos de la cognición motora humana; por otro lado, los manuales (es decir, libros académicos especializados) siempre pueden ser útiles aquí, porque hablamos del carácter amplio o general.
- **Con un carácter más específico sobre la cognición motora humana:** cualquier estudio puntual que se haya hecho en materia de cognición motora humana, pero sobre algún aspecto puntual de la misma. Experimentos sobre cómo atrapar objetos, sobre cómo se suelen manipular los objetos, etc. También en

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

relación al aprendizaje y a la memoria: cómo es el aprendizaje de los movimientos, cómo somos capaces las personas de memorizar secuencias de movimientos...

¿Tendría que hacerse también búsqueda de un artículo asociado a animales para la comparativa?

El concepto de “animal” simplemente se utiliza, junto con el de “humano”, para distinguir los sistemas naturales (i.e. el sistema nervioso humano, aunque también sean igualmente biológicos y naturales los sistemas nerviosos de otras especies animales, pero ante todo con atención en el humano) de los sistemas artificiales y de IA.

El foco de atención de esta actividad está, en la primera parte, en encontrar y analizar una fuente documental científica sobre la cognición motora humana, y en la segunda, en encontrar el modelo cognitivo de alguna función motora específica en humanos, para su posterior implementación computacional.

El término “animal” es, aquí, puramente accesorio al de “humano”. No presenta relevancia propia dentro de la actividad.

En la enunciación oficial de la práctica dice: "La práctica consiste en buscar una lectura dentro del ámbito académico, de los sistemas motores en animales y/o humanos. Dicha lectura ha de ser del ámbito académico, no divulgativo". ¿A qué tipo de documentos se refiere exactamente? ¿A cualquier documento en internet sobre un tema técnico? ¿Solamente a los documentos en las bibliotecas de universidades, solamente documentos de fin de Máster o Doctorado? Cuando se dice "divulgativo", ¿se refiere a textos que no sean artículos científicos?

Con "ámbito académico", se refiere a que la fuente bibliográfica sea una publicación científica, es decir, en forma de artículo, y publicada en una revista científica. Como tal, este tipo de fuentes están ampliamente disponibles (no siempre a texto completo, pero sí en numerosas ocasiones) en lo que se denomina "bases de datos",

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

como las que tenéis disponibles en el apartado de Biblioteca de la UNIR. Algunos ejemplos de bases de datos de donde extraer publicaciones de revista científica son Scopus, ScienceDirect, WOS (Web Of Science), recursos de Elsevier en general, etc. La divulgación, por el contrario, es la transmisión o comunicación de la ciencia al gran público generalista (fuera de la comunidad científica). La divulgación es lo que tiene lugar cuando se habla de ciencia en la televisión, en blogs, en plataformas como YouTube o en ciertas secciones de la prensa generalista (también en algunas revistas* especializadas en ciencia, pero desde este mismo punto de vista divulgativo, y no estrictamente científico). Debido a su finalidad de llegar al gran público, la divulgación científica prescinde del lenguaje y el detallado de los métodos que sí existe en los artículos científicos como tal (ámbito académico**).

Por lo tanto, para transmitir resultados científicos a la propia comunidad científica (tanto nacional como internacional), se elaboran artículos científicos que son publicados en revistas científicas. Por eso, este es el tipo de fuente al que debéis acudir.

Para ser justos, es cierto que el artículo no es tampoco el único formato de publicación estrictamente científica, ya que también se puede acudir a tesis doctorales concretas, así como a manuales (libros desarrollados específicamente el ámbito académico).

**Hay que tener cuidado con la palabra "revista". Popularmente es utilizada para las revistas que se venden al público general en quioscos o bien en formato electrónico. Sin embargo, la palabra revista también se usa para las publicaciones a las que pertenecen los artículos científicos (comunicación científica dentro de la propia comunidad científica), que a su vez pueden ser encontrados en bases de datos. Como habrás podido ver, para referirme a este último caso (el adecuado en esta actividad), suelo decir específicamente "revista científica". Una base de datos es, por lo tanto, un repositorio en internet de artículos científicos procedentes de múltiples revistas científicas (insisto en que NO me refiero a las de divulgación y prensa generalista).*

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

***La publicación de artículos científicos en revistas científicas no tiene como único canal de transmisión la universidad y demás instituciones educativas. Sin embargo, dado que son la fuente bibliográfica por excelencia en estos ámbitos, ese es el motivo por el que nos referimos a los artículos científicos como fuentes "académicas". También caen en esa denominación las tesis doctorales, los manuales especializados, etc.*

¿Es válido utilizar como fuente un libro de texto en lugar de un artículo?

Sí. Tal como se aclaraba en el punto anterior, existe lo que se denomina **manuales**. Los manuales son libros destinados a servir como material de consulta y como bibliografía (tanto central como complementaria) de los cursos que los profesores imparten en las universidades. Estos textos existen, por lo tanto, dentro de la propia esfera académica y son, por lo tanto, **válidos**. De hecho, a la hora de buscar **modelos cognitivos**, pueden incluso resultar más eficientes que los artículos científicos* (ya que estos últimos, a menudo, son el reporte de un cierto estudio o experimentación puntual).

**Los de tipo review, en cambio, sí pueden resultar más útiles.*

¿El artículo que hay que buscar debe ser afín a un planteamiento corpóreo o simbolista?

Esta cuestión es **indiferente** e **irrelevante** en esta Actividad 2. Ambos planteamientos son válidos, por lo que no tenéis que pararos a analizar a cuál de dichas corrientes se adscribe la fuente bibliográfica que proporcionéis. Cualquiera, en este sentido, será válida.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Sobre la segunda parte de la Actividad 2: prototipado bioinspirado de un sistema de IA de función motora

Al decir "prototipo detallado de sistema artificial motor de alto nivel", ¿qué se busca obtener? ¿Cuál es la forma de representarlo?

Lo que se persigue en esta parte de la actividad es diseñar un modelo artificial que se bio-inspire a partir del modelo cognitivo de cómo funciona alguna función motora humana en concreto. Esta es la única diferencia con respecto a la actividad 1: que, en este caso, el modelo cognitivo que busquéis, así como el modelo artificial que éste os permita bio-inspiraros para proponer, tienen que versar sobre la función motora. Pero, por lo demás, el razonamiento es el mismo que el de la parte de prototipado de la actividad 1.

Los sistemas artificiales funcionan mediante algoritmos (planificación de las acciones en función de las entradas de información del ambiente en cada paso de la misma). Los algoritmos suelen ser representados, además, mediante diagramas de flujo o conexionistas. Pues bien: una forma de abordar esta parte de la actividad puede ser justamente esa: llegar a plantear el diagrama de flujo que seguiría una máquina para imitar el cómo las personas realizamos algún determinado tipo de función motora. En cualquier caso, hay dos cosas importantes que tener claras:

- El modelo cognitivo del proceso motor que nos interesa no tiene por qué formar parte del contenido ni del ámbito del artículo que hayamos buscado en la parte anterior de la actividad. Si ambos aspectos están relacionados y eso te inspira y te ahorra tiempo, bien. Si no, también igualmente bien, porque puedes buscar el modelo cognitivo en otras fuentes.
- Siempre conviene describir brevemente, de manera verbal, todo aquello de los que se proporcione una esquematización gráfica.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

¿Cómo estaría relacionado el tema del artículo encontrado con el prototipo que hay que proponer? ¿Se debe partir de un modelo que se proponga en el artículo para realizar el prototipo?

Este razonamiento es el mismo que en la Actividad 1. Además de buscar una fuente científica, se debe buscar también (a menos que justamente se detalle en la propia fuente científica encontrada) cuál es el modelo cognitivo que las ciencias cognitivas han propuesto para describir alguna determinada función motora. El objetivo es, entonces, diseñar con criterio propio una implementación computacional de dicho modelo: el resultado será la hipotetización de un sistema artificial de IA capaz de llevar a cabo una o más funciones motoras de forma parecida a como lo hace un humano.

Igualmente, se insiste aquí en lo expuesto en la pregunta inmediatamente anterior: el modelo cognitivo del proceso motor que nos interesa no tiene por qué formar parte del contenido ni del ámbito del artículo que hayamos buscado en la parte anterior de la actividad. Si ambos aspectos están relacionados y eso nos inspira y nos ahorra tiempo, bien. Si no, también igualmente bien, porque puedes buscar el modelo cognitivo en otras fuentes.

Sobre los criterios de evaluación

Dentro de la rúbrica detallada en la enunciación de la práctica, se mencionan "selección y exposición crítica de un artículo académico" y "exposición y justificación del texto". ¿A qué se refiere esta distinción?

Ambos aspectos suenan parecido y, en realidad, se refieren esencialmente a lo mismo: cuando encontréis una fuente documental acorde con la temática de la cognición motora, debéis analizarla para resumir y extraer las ideas principales que extraigáis de ella. El aspecto "crítico" se refiere a que no dudéis en detallar cuáles os parecen aspectos fuertes en la fuente hallada, y cuáles quedan más débiles.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

¿Qué tipo de estructura formal es correcta en el prototipo propuesto? ¿Qué tiene que cumplir? ¿También hay que enlazarlo de alguna forma con la IA? ¿De qué forma hay que relacionarlas?

Desde el momento en que proponemos el esquema que seguiría una máquina para hacer algo (incluso aunque no sea por bio-inspiración desde un modelo cognitivo, aunque en estas actividades **sí** es el caso), siempre podemos relacionarlo con la IA. Y la forma de hacerlo puede ser sugiriendo (simplemente, sólo eso, sin llegar siquiera a explicar de qué manera) en qué partes del modelo computacional puede venir bien aplicar *deep learning*, o bien redes neuronales, bases de datos, etc. AHORA BIEN: hacer esto no es imprescindible para que la práctica esté bien hecha. Si no eres alguien familiarizado con esos conceptos, no por ello estarás haciendo peor la actividad, debido a lo que te comentaba: **lo importante de esta práctica es cómo bio-inspiráis un proceso, pero NO cómo de bien o mal implementado esté computacionalmente**. Y esto enlaza justamente con la segunda de estas dos últimas preguntas: si evaluásemos la calidad del modelo computacional en vez de solamente el proceso de bioinspiración, los profesores caeríamos en el error de evaluarlos por unos contenidos que tal vez ni siquiera habéis tenido tiempo aún de dar en clase. **En esta práctica importa la bioinspiración, pero no la calidad absoluta del modelo propuesto.**

En otras palabras, tal como formulábamos al comienzo de este documento: el foco de evaluación de esta actividad NO está en la calidad ni eficacia del modelo o prototipo computacional que hipoteticéis (que sea “mejor” o “peor”). Lo que importa en esta práctica es demostrar que se es capaz de dar un salto bien articulado del mundo cognitivo humano al mundo computacional de las máquinas.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Guía y Ejemplo de la segunda parte de la Actividad 2: Modelado y prototipado de un sistema de IA bioinspirado para funciones motoras

Determinación del objetivo: ¿qué se os pide en esta parte de la Actividad 2?

Esta segunda parte de la Actividad 2 es **completamente homóloga** a la tercera de la Actividad 1, por lo que su **objetivo es exactamente el mismo**, con la única restricción, en esta ocasión, de que **el prototipo propuesto debe circunscribirse al ámbito de las funciones motoras**.

De nuevo, lo que se nos pide es prototipar cómo implementaríamos, en un sistema de IA, algún tipo de función motora, de manera **bioinspirada**. Es decir: basándonos en el modelo cognitivo (extraído de la literatura científica) que las ciencias cognitivas hayan propuesto para describir cómo realiza el sistema cognitivo humano esa misma función.

Para llevar esto a cabo, se sugiere los siguientes **pasos**:

- **Pensar en alguna función motora del ser humano que nos interese o nos llame la atención.** Ejemplos:
 - Cómo decide y planifica el sistema cognitivo la forma adecuada de realizar un movimiento corporal para cualquier fin necesario.
 - Coordinación motora: estrategias del sistema cognitivo para simultanear, de manera lo más eficiente posible, dos o más movimientos simultáneos (tiene mucho que ver con la anteriormente mencionada atención dividida).
 - Aprendizaje motor: cómo es capaz la cognición motora del ser humano de mejorar movimientos a medida que se practican tras haberlos realizado por primera vez.
 - Movimientos reflejos frente a complejos: tal como se ha estudiado en el Tema 6 de la asignatura, los movimientos complejos y elaborados requieren un

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

procesamiento profundo por parte de las cortezas motoras del cerebro, en coordinación con la información sensorial que procede de los sentidos; por el contrario, los movimientos reflejos necesitan ser tan rápidos que son gestionados de manera autosuficiente en la médula espinal, mucho antes siquiera de llegar a ser procesado a fondo el estímulo en las cortezas cerebrales. Una posible idea al respecto es la implementación de un sistema de IA que sea capaz de distinguir qué estímulos deben desplegar un proceso parecido a un reflejo, y qué estímulos deben desencadenar procesos más elaborados.

- **Buscar en fuentes bibliográficas el modelo cognitivo que la Psicología Cognitiva ha propuesto para describir esa función motora humana que hemos elegido.** Estos modelos suelen tener, por su propia naturaleza, forma de esquema o diagrama.
- **Pensar cómo lo implementaríamos en un sistema de IA. IMPORTANTE:** se trata de un prototipo esquematizado, por lo que bastará con quedarnos en el nivel de algoritmo (en forma de diagrama de flujo, por ejemplo). No hay que llegar a proponer *scripts* concretos con código en ningún lenguaje de programación en particular. Para ello, traduciremos el esquema del modelo cognitivo a un esquema que resulte más implementable en una máquina (por ejemplo, pasando de una estructura formal a un diagrama de flujo o, incluso, una estructura conexionista).
- Se puede especificar qué tipo de modelo de alto nivel elegiremos (entidad-relación, jerárquico, de red, relacional...), qué elementos introduciremos y qué relaciones existirán entre ellos (en este punto es donde puede ayudarnos el haber planteado una estructura conexionista), así como qué recursos y metodologías propias de la IA pueden ser útiles plantear en cada parte del modelo computacional. Por ejemplo, *machine learning*, *deep learning*, redes neuronales, etc.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Ejemplo

Vamos a proponer aquí un ejemplo de resolución de esta tarea. Lo haremos siguiendo la propia estructura sugerida anteriormente.

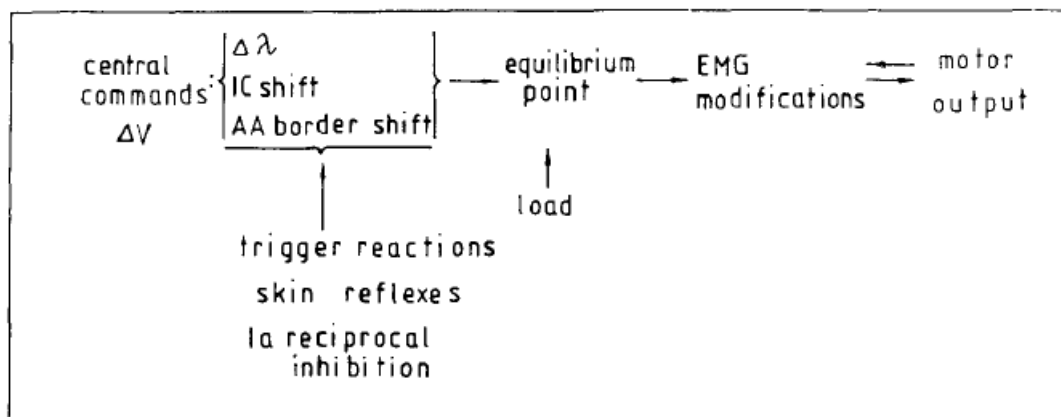
1. Pensar en alguna función motora del ser humano que nos interese o nos llame la atención.

En este caso, hemos escogido como función motora de interés el control genérico de los músculos (en cuanto a fuerza y tensión) al realizar movimientos.

2. Buscar en fuentes bibliográficas el modelo cognitivo que la Psicología Cognitiva ha propuesto para describir esa función motora humana que hemos elegido. Estos modelos suelen tener, por su propia naturaleza, forma de esquema o diagrama.

Uno de los modelos cognitivos más precisos que las Ciencias Cognitivas han propuesto para describir el proceso del control motor en humanos es el Modelo del Punto de Equilibrio de Feldman (también conocido como *Modelo λ* , “lambda”). Aunque, en sus orígenes, se trató de un modelo propuesto para describir el control motor que los humanos ejercen sobre sus articulaciones, a día de hoy se ha erigido en una propuesta mucho más amplia sobre el control motor en general. Este modelo concibe los movimientos como *configuraciones neuromecánicas* que son gestionadas por el sistema nervioso conforme al *umbral de reflejo de estiramiento tónico* (RET). Este reflejo es el responsable de que la tensión de los músculos, al realizar cualquier movimiento, se adecúe al esfuerzo que es necesario, el cual es reconocido a través de la longitud del propio músculo. El Modelo de Feldman entiende que esta relación entre tensión y longitud es la que el sistema nervioso utiliza para adecuar de manera instantánea la actividad muscular a los requerimientos de cada situación. El funcionamiento es el siguiente:

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	



Tomado de Feldman, 1986.

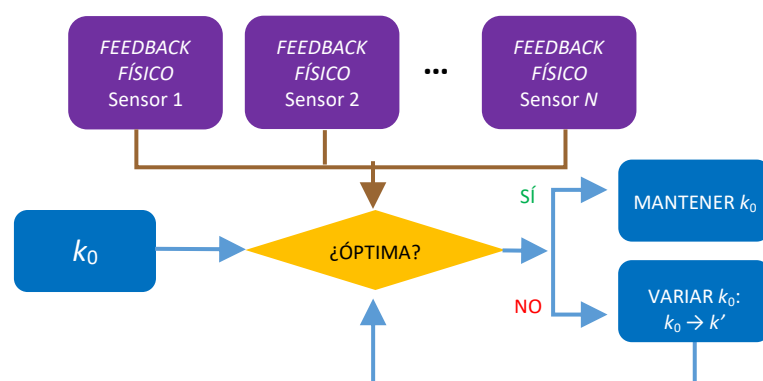
Los movimientos voluntarios vienen dados por órdenes motoras desde las cortezas cerebrales. Estas órdenes motoras, al alcanzar los músculos a través de las motoneuronas, se traducen en diferencias en el umbral del reflejo de estiramiento tónico, RET: dependiendo de la situación, un mismo estiramiento en longitud, por parte del músculo, se traducirá en una mayor o menor tensión producida en el mismo, conforme a las necesidades de dicha situación. En este sentido, se acaba alcanzando un punto de equilibrio en el que el músculo aplica la razón estiramiento/tensión óptima para esa situación. Esta razón, a su vez, puede modificarse según las distintas estimulaciones sensoriales propias de la situación, así como por los propios cambios de actividad muscular, dando lugar a correcciones en la acción motora desempeñada.

3. **Pensar cómo lo implementaríamos en un sistema de IA. IMPORTANTE:** se trata de un prototipo esquematizado, por lo que bastará con quedarnos en el nivel de algoritmo (en forma de diagrama de flujo, por ejemplo). No hay que llegar a proponer scripts concretos con código en ningún lenguaje de programación en particular. Para ello, traduciremos el esquema del modelo cognitivo a un esquema que resulte más implementable en una máquina (por ejemplo, pasando de una estructura formal a un diagrama de flujo o, incluso, una estructura conexionista).

Ya tenemos el modelo cognitivo. Sin embargo, como siempre, su esquematización es aún demasiado general o abstracta para un sistema de inteligencia artificial. Tal vez

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

una mejor forma de aproximarnos al “lenguaje de las máquinas” sea representar lo mismo en términos de diagrama de flujo. Se propone, entonces, la siguiente adaptación del Modelo del Punto de Equilibrio de Feldman a un esquema de sistema artificial de IA:



Los efectores (los músculos en el caso de un ser humano) son como muelles que responden al entorno recibiendo órdenes sobre cómo de tensos han de encontrarse a razón de su estiramiento. Cada muelle presenta un umbral a partir del cual procederá a elongarse para ganar tensión (esto sería el equivalente al reflejo de estiramiento tónico, RET). Este umbral viene caracterizado por la razón k entre la tensión T del músculo y su estiramiento L en cada momento:

$$k = T / L$$

Cuando se presenta la necesidad de realizar una cierta acción motora, los efectores comenzarán a abordarla con este valor inicial de k (k_0). En ese momento, el sistema necesita poseer un *feedback* sobre la situación, para saber si la acción motora desplegada está siendo correcta o no. Esto puede realizarse mediante sensores específicos (detección del movimiento si se trata de un objeto que se deba sostener inmóvil, detección de presión si se trata de algún tipo de fuerza opuesta que convenga contrarrestar, etc.). A través de este *feedback*, el sistema debe determinar

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

si la razón tensión/longitud que los efectores están empleando (k_0) está haciendo exitosa la acción motora o no. En caso afirmativo, dicha razón k_0 se mantendrá activa. Generalmente, sin embargo, ésta deberá ser corregida sobre la marcha a partir del *feedback* de los sensores. Éste último indicará al sistema qué debe hacer con la ratio k_0 para corregir la situación: su aumentarla o disminuirla. En virtud de su decisión, el sistema volverá a tomar constancia de la entrada de datos del *feedback* de los sensores para determinar, si ahora sí, la acción motora estará resultando exitosa. De no ser así, una nueva corrección habrá de tener lugar, y así sucesivamente.

4. Se puede especificar qué tipo de modelo de alto nivel elegiremos (entidad-relación, jerárquico, de red, relacional...), qué elementos introduciremos y qué relaciones existirán entre ellos (en este punto es donde puede ayudarnos el haber planteado una estructura conexionista), así como qué recursos y metodologías propias de la IA puede sernos útil plantear en cada parte del modelo computacional. Por ejemplo, *machine learning*, *deep learning*, redes neuronales, etc.

Resultaría muy interesante que este sistema abasteciese a una base de datos en la que fuera posible, a largo plazo, acabar clasificando objetos por aquellas propiedades físicas que hayan sido medidas en los sensores de *feedback* del sistema. Prospectivamente, además, esto permitiría implementar funciones de reconocimiento de objetos a partir de esta base de datos cuando dichos objetos no son conocidos desde un principio. Para este último fin, sin embargo, es necesario desplegar un sistema capaz de evaluar las salidas (aciertos o fallos por parte del sistema en el reconocimiento del tipo de objeto que le suscita una respuesta motora) para compararlas con entradas conocidas por la persona que se encuentre entrenando al sistema. Esto es algo típicamente realizado mediante redes neuronales artificiales operadas en régimen de aprendizaje supervisado. Siempre sin descartar, en cualquier caso, la posibilidad de ir empleando dinámicas de *deep learning* a medida que la base de datos fuese resultando lo suficientemente nutrida.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Si escogemos, por ejemplo, un modelo de entidad-relación, podremos estructurar el modelo anterior mediante los conceptos de *objeto*, atributo y *relación*, como vemos a continuación:

OBJETOS	ATRIBUTOS		RELACIONES
Propiedades físicas de la situación a la que se responde (<i>feedback</i> físico)	Propiedad medida por el Sensor 1	Valor numérico	Relación óptima con la ratio entre Tensión y Longitud del efector
			Relación deficiente con la ratio entre Tensión y Longitud del efector
	Propiedad medida por el Sensor 2	Valor numérico	Relación óptima con la ratio entre Tensión y Longitud del efector
			Relación deficiente con la ratio entre Tensión y Longitud del efector
	⋮		
	Propiedad medida por el Sensor <i>N</i>	Valor numérico	Relación óptima con la ratio entre Tensión y Longitud del efector
			Relación deficiente con la ratio entre Tensión y Longitud del efector
Propiedades de los efectores	Tensión	Valor numérico	Relación óptima con los valores de <i>feedback</i> físico
			Relación deficiente con los valores de <i>feedback</i> físico
	Longitud	Valor numérico	A Relación óptima con los valores de <i>feedback</i> físico
			Relación deficiente con los valores de <i>feedback</i> físico

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos:	
	Nombre:	

Referencias

Feldman, A. G. (1986). Once More on the Equilibrium-Point Hypothesis (λ Model) for Motor Control. *Journal of Motor Behavior*, 18(1), 17-54.

Rúbrica

Título de la actividad (valor real: 4 puntos)	Descripción	Puntuación máxima (puntos)	Peso %
Criterio 1	Selección y exposición crítica de un artículo académico	3	30%
Criterio 2	Exposición y justificación del texto	3	30%
Criterio 3	Presentación del prototipo	4	40%
		10	100 %

Extensión máxima de la actividad: 3 hojas (se evaluará la capacidad de síntesis, por lo que de 3 hojas conllevará penalización). Se penalizará incluir índices, portada, etc. que sobrepasen dicha extensión.