



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Universidad Nacional de Colombia

Sede Medellín

Generalidades: Decisiones e Inteligencia Artificial



Profesora: Patricia Jaramillo A. Ph.D

Para abordar un problema de decisión, se siguen las siguientes etapas:

Recolección: de datos desde diferentes fuentes

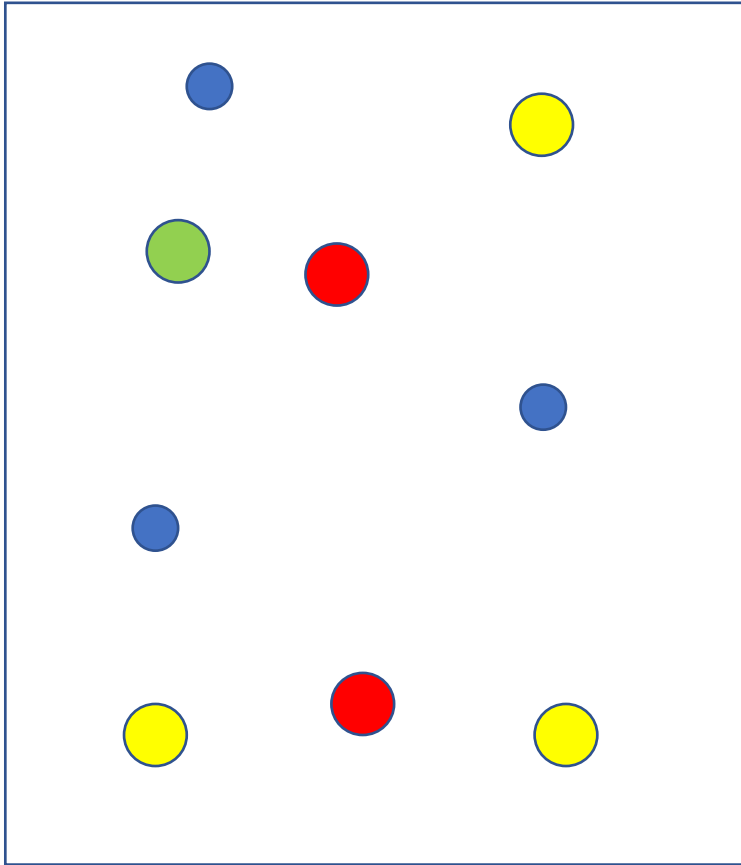
Información: datos procesados en un contexto

Conocimiento: información analizada

Decisión: Elegir alternativas para lograr objetivos

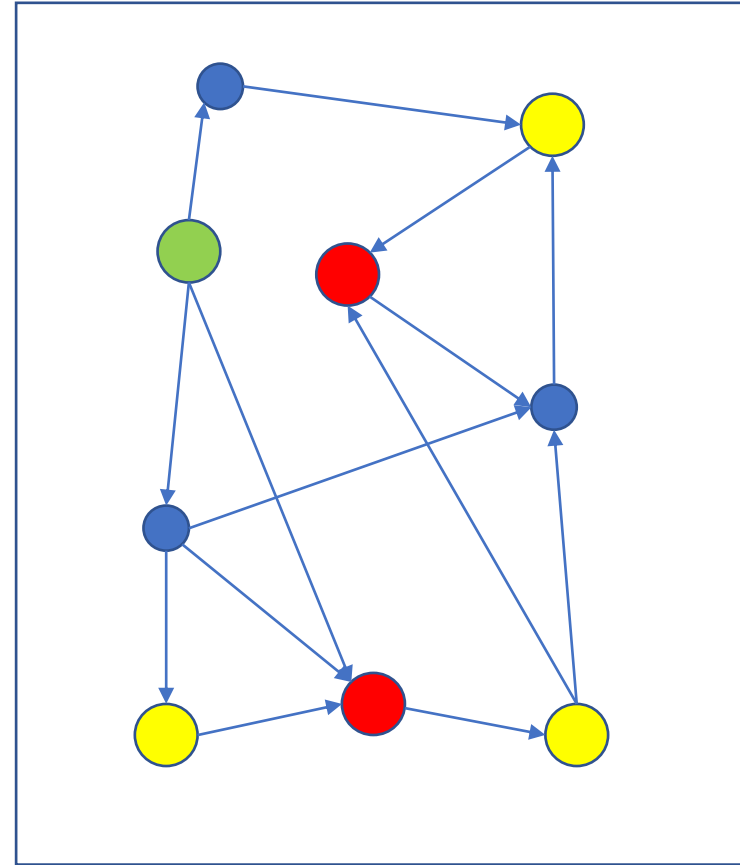
INFORMACION

Análisis estadístico,
agregaciones, etc

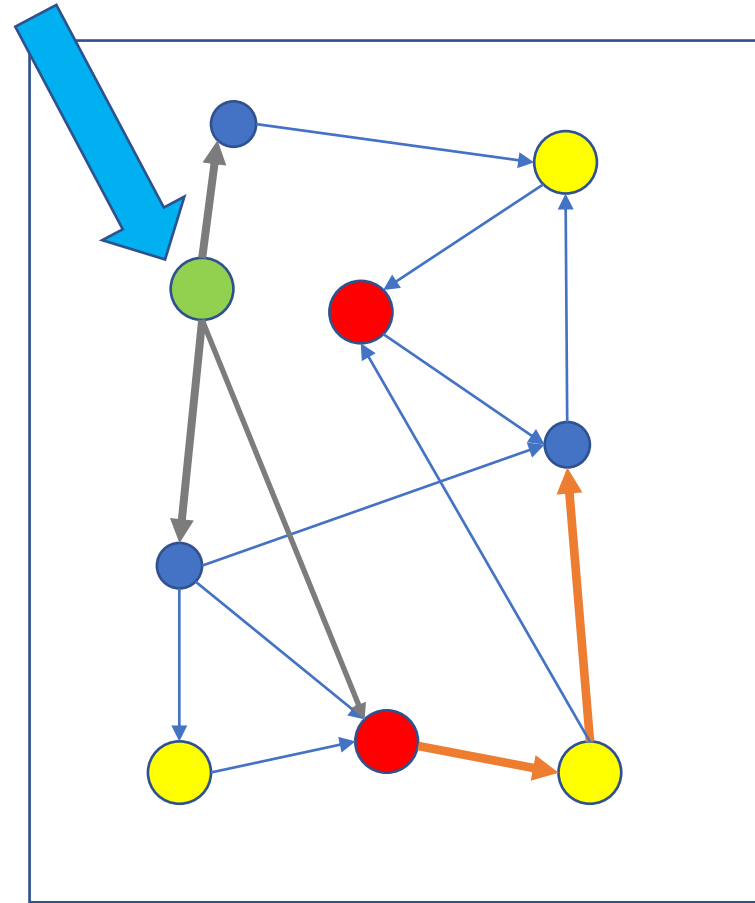


CONOCIMIENTO

Relaciones entre
variables, identificación
de patrones



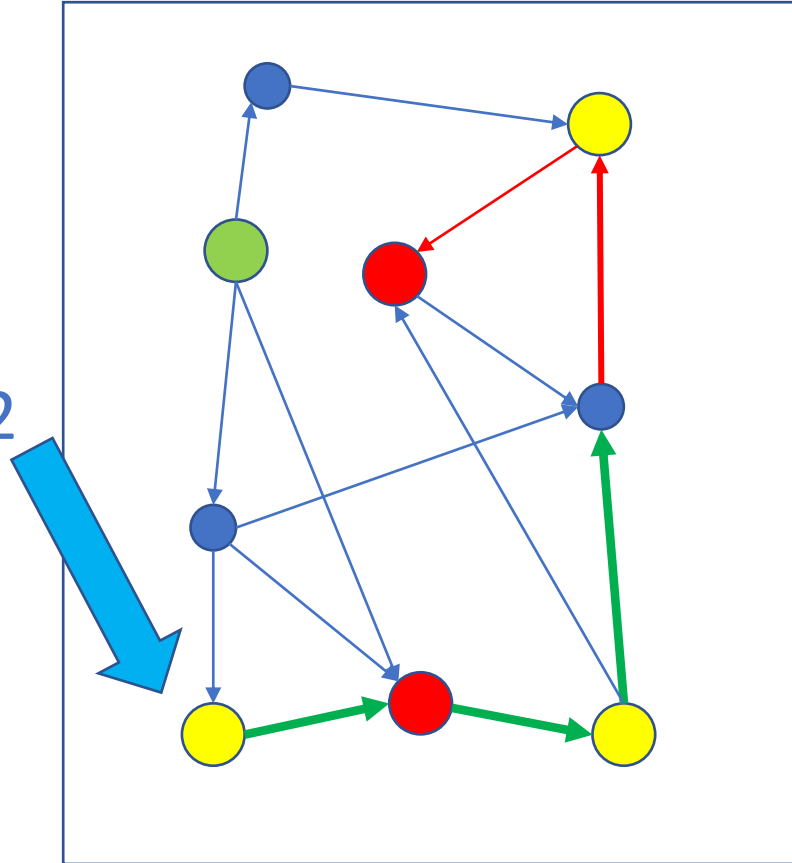
Alternativa 1



DECISIÓN

Identificar la mejor opción que afecte de manera conveniente el sistema. Verificar como se propagan los efectos positivos y negativos en el sistema

Alternativa 2



- Muchas personas confunden Conocimiento con Decisión.
- Conocimiento es insumo para la Decisión.
- La decisión implica un mayor análisis con base en la identificación de patrones porque:
 - Los recursos son escasos y no se puede actuar sobre todos los elementos identificados
 - Los efectos se propagan
 - Las redes son complejas
 - Las decisiones pasadas no siempre son las adecuadas y es posible que se desee cambiar el patrón, por ejemplo, segregación social, discriminación por género.

Generalmente, se desea decir de forma óptima

Optimizar: Encontrar la **mejor** solución a un problema en el que se desee maximizar o minimizar un objetivo.

Ejemplos:

Entrenar una red neuronal para minimizar el error de predicción.

Diseñar la arquitectura de una red neuronal para minimizar el error de predicción.

Ofrecer a los clientes los mejores productos para maximizar ventas.

Elegir un portafolio de acciones para maximizar los retornos y minimizar el riesgo

Esquema general de un problema de optimización

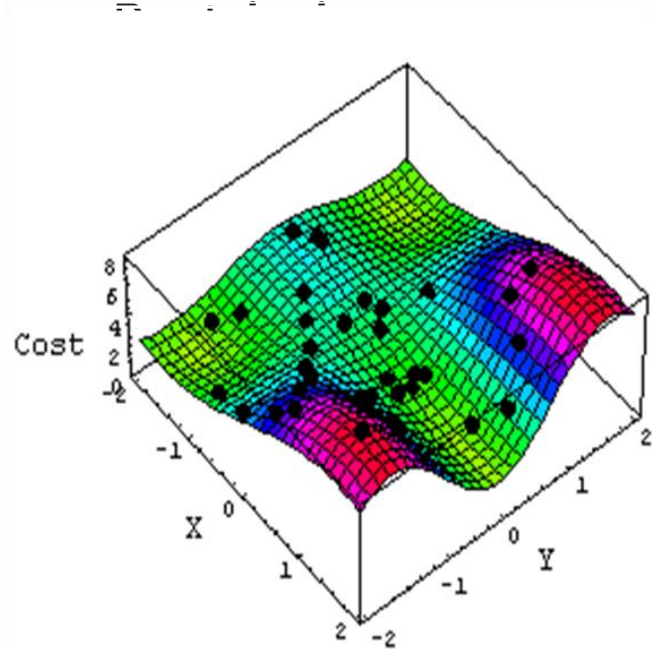
El primer paso para optimizar es modelar computacionalmente el problema del sistema

Función objetivo: Optimizar (min o max) $f(x)$

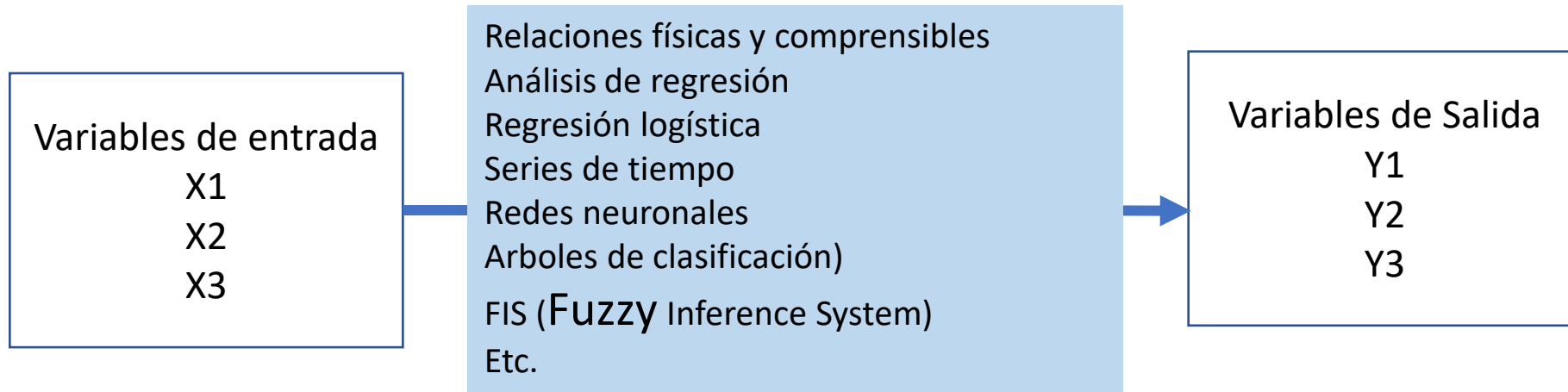
$$LB \leq x \leq UB$$

$$G(x) \leq b$$

X son variables de decisión



Ejemplo: Identificación de relaciones entre variables

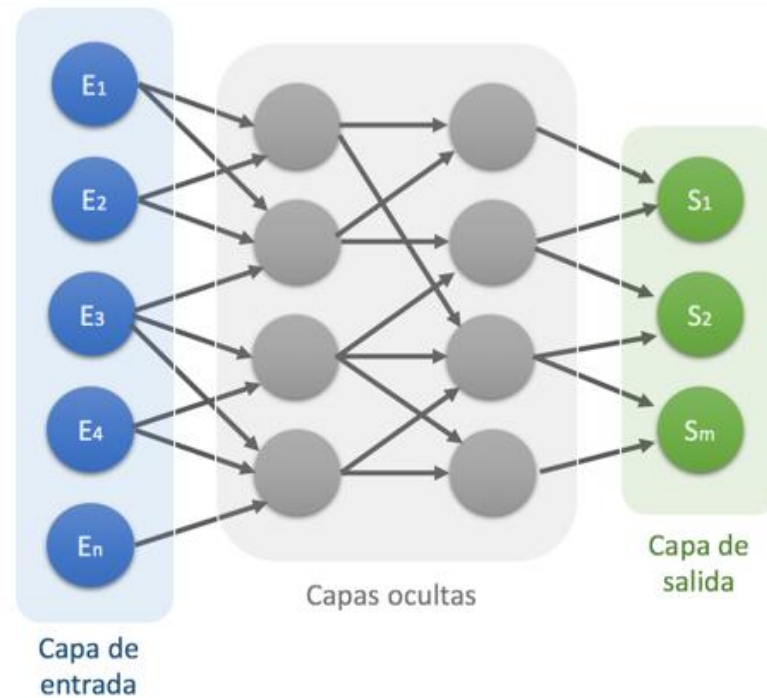


Elegir el modelo y calibrar el modelo que minimice el error entre la salida del modelo y la salida real

Permiten:

- Predecir el valor de las variables de salida, ante un nuevo caso (X1,X2,X3)
- Ayudar al entendimiento de las relaciones para para toma de decisiones

Ejemplo: Entrenamiento de una red neuronal



- Minimizar $\sum(l, (\sum(n, (y_{nl} - S_{nl})^2))$
- Variables de decisión: pesos y sesgos, w_{jk}, θ_j

Y luego usar esos modelos para optimizar un sistema

Ejemplo: Diseño de redes

Ejemplo: determinar la manera optima de diseñar una red para maximizar la atención a la demanda pronosticada en cada uno de los nodos. Se prefieren rutas cortas (económicas) y atender prioritariamente a los nodos de mayor demanda. Sujeto a un presupuesto limitado. Si $X_{ij}=1$ si el arco que va del nodo i al j se incluye en la red, $Y_i=1$ si la demanda del nodo i puede ser atendido por la red diseñada

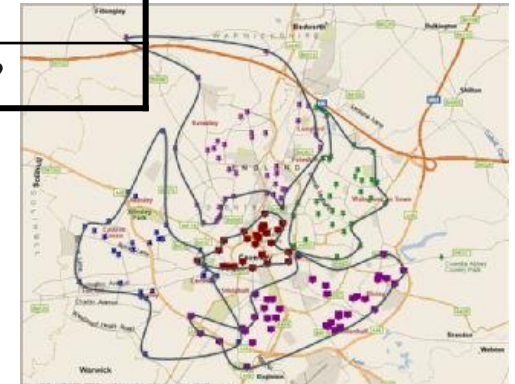
$$\text{Max sum}(i, D(i) Y(i))$$

$$X(ij) \leq Y(i)$$

$$\sum_j X(i, j) = \sum_j X(j, i) \leq 1$$

$$C(i, j)X(i, j) + CEST Y(i) \leq \text{PRES.}$$

Número de nodos	Posibles soluciones
6	60
7	360
10	181.000
20	10.000.000.000.000.000
100	???????



Ejemplo: A cuáles hospitales abastecer de equipos UCI

El gobierno tiene presupuesto para dotar hospitales y tiene que decidir a cuáles de los hospitales reforzar con equipos de respiración y camas para atender las urgencias de coronavirus, durante 3 meses. La demanda se asocia con la población más vulnerable, que ya ha sido analizada por una NN: variables: lugar donde habita, condiciones socioeconómicas, edad y antecedentes de salud. Se desea maximizar las vidas salvadas.

$Y_{it} = 1$ si se mejora el hospital i en mes t

X_{ij} = Numero de camas para el hospital i en t que atenderían a enfermos de la zona j en mes t , simultáneamente.

Maximizar $\sum_i \sum_j \sum_t (4-t) * Prioridad(j) D(j,t) / dist(i,j) X(i,j,t)$

Sujeto a

Para cada demanda j, t $\sum_i X(i,j,t) \leq D(j,t)$

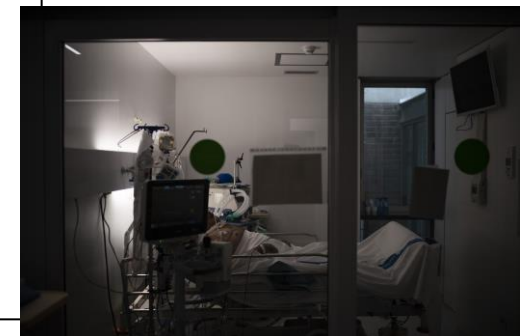
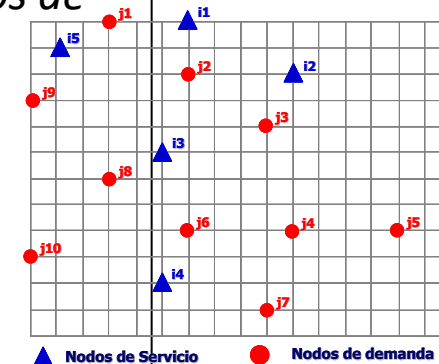
presupuesto limitado para cada mes t $\sum_i COpenY(i,t) + \sum_i \sum_j COEQUIP$

$X(i,j,t) \leq PRES(t)$

cada hospital i en cada t $\sum_j X(i,j,t) \leq Capacidad(i)(Y(i,t) + Y(i,t-1))$

$X(i,j,t)$ enteras

$Y(i,t)$ binarias



Y manejar la incertidumbre.....



Algunas Empresas que han implementado
todo el proceso

Recursos humanos

Sears Holding Corporation es propietaria de los retailers Kmart and Sears Y Roebuck and Company y ha creado un equipo de analítica en su organización para soportar el programa de **contratación y retención de talentos**.

RH usa IA para contratar personas con altas capacidades y asegurando un medio laboral que los retenga.



Mercadeo

Análisis de actividad **online** como visitas a sitios web o redes sociales como facebook o Instagram, permiten plantear mejores estrategias de **promoción y venta de productos** y servicios vía web.



Permiten modelos predictivos para entender mejor al consumidor para ofrecerle precios, campañas publicitarias, líneas de productos que le satisfagan y crear fidelidad.

Mercadeo

P&G (Procter y Gamble) es un mercaderista de diferentes marcas, en mas de 180 países. Lanzó el proyecto “Strengthening Global Effectiveness” para convertir a la cadena de suministro, inicialmente en USA, lo mas eficiente posible.

La Universidad de Cincinnati ayudo a crear un sistema que ayudó a responder:

- **modelos de pronóstico para estimar demandas futuras para los próximos 10 años**
- Con base en eso, decidir en cuales plantas fabricar las familias de productos
- Dónde localizar los centros de distribución
- Cuáles clientes deber ser atendidos desde cuál centro de distribución



Una vez se implementó la alternativa elegida se ahorraron US250 millones por año

- **Amazon y NetFlix:**

amazon.com



A medida que los usuarios visitan la web o eligen películas en Netflix, ellos van capturando mas datos acerca del cliente y van actualizando los modelos de IA para hacerle **recomendaciones** que maximicen la probabilidad de compra o de elección.

- **Zara**

determina patrones de compra de los clientes y así analiza que **productos introducir** en cada una de sus tiendas

ZARA

- Las páginas web de ventas de pasajes, hoteles o renta de carros (**despegar, tiquetesbaratos, expedia**) evalúan múltiples iteraciones factores del cliente y de la compra tales como niveles de demanda, socio y demográficos, para **ofrecerle precios y ofertas**.
- Hoteles segmentan los clientes basados en múltiples datos para entender como consumen; por ejemplo, [InterContinental Hotel Group](#) usa 650 variables para determinar la oferta que puede hacer a sus clientes en precio por producto y al cliente correcto.



American Airlines

Desde 1960 investiga el problema del inventario de reservas. Debido a la magnitud y complejidad del problema, AA ha desarrollado una serie de modelos para sobreventa de tiquetes, asignación de descuentos, y manejo de tráfico. Reportan ganancias hasta de US\$500'000.000/Año





Registra las compras y relaciona los productos que se suelen comprar juntos. Aconseja ofertas específicas a los clientes según compras anteriores. Ofrece ofertas conjuntas para promocionar artículos poco vendidos.

Salud

diagnósticos y tratamientos. programación de pacientes, médicos, y demás personal, hospitales.

Healthcare combina datos de los pacientes, como medicinas requeridas, datos socioeconómicos, datos de los hospitales y medicina disponible puede ofrecer mejor servicio a menores precios: también mejoran las decisiones sobre nuevos hospitales o adquisición de equipos para mejorar la eficiencia de los hospitales

Un estudio de **McKinsey Global Institute** estima que el sistema público de salud en USA ha ahorrado mas de 300 billones por año por usos de analítica.



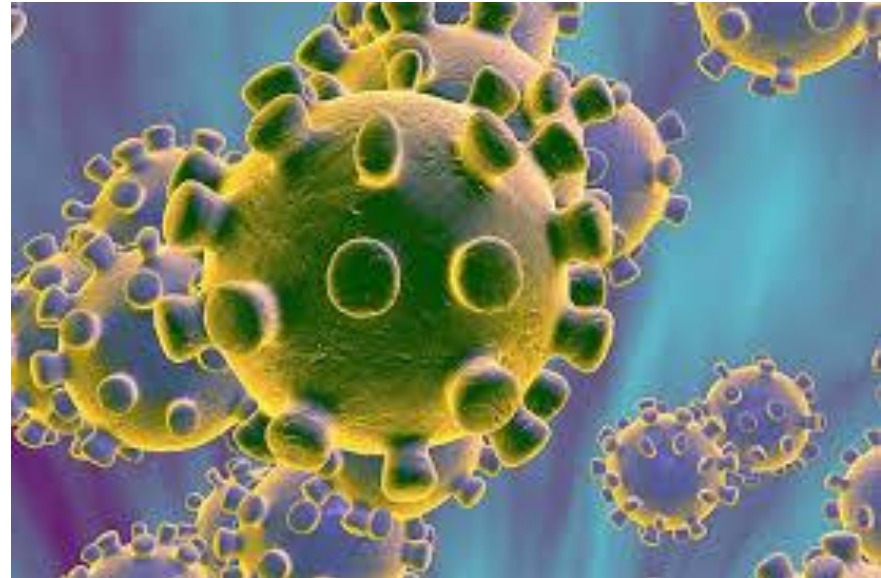


- médicos usan modelos que les permiten hacer recomendaciones sobre los **mejores tratamientos al paciente** ([Aurora Health Care Centre](#) redujo readmisiones a una tasa de 10% y ahorro US\$ 6 millones anuales)
- Georgia Institute of Technology (memorial Sloan Kettering Cancer Center) desarrolló un modelo de tiempo real para determinar la colocación óptima de **puntos de radioactividad** para el tratamiento de cáncer de próstata y como resultado se disminuye en 20 a 30% los puntos de radioactividad disminuyendo costos y procedimientos mas invasivos y con efectos colaterales.

Predicción de difusión de virus

En 2009 Google predijo la difusión de la gripa H1N1, mas rápidamente que el sistema de salud en EEUU.

A partir de análisis de los términos mas buscados en temporadas previas a etapas de gripa



- **Análisis de ADN**

- Watson de IBM ayuda a especialistas de genómica a acelerar el análisis de ADN y determinar tratamientos personalizados para los enfermos de cáncer.

- **Oftalmología**

- Google diseñó un algoritmo que detecta signos de retinopatía diabética en ojos. Facebook y Microsoft tienen sistemas que "miran" las imágenes y describen el contenido a personas ciegas.

-

Logística

- Apache Corp. (compañía de gas y petróleo) usa [Ayata's prescriptive analytics software](#) para optimizar la maquinaria que bombea petróleo del subsuelo anticipándose a los hallazgos o a las posibles fallas.



- El carro autónomo de Google usa analítica prescriptiva para las decisiones autónomas que toma en el trayecto.



- Otras empresas usan optimización de rutas. [UPS](#) analiza y combina miles de datos y optimiza 10.000 rutas por minuto de todos sus camiones.



Gobierno

Incrementar la efectividad de sus políticas y programas.

Actualmente se usa desde decisiones sobre donde aumentar las campañas para elecciones o programas de recolección de impuestos (como lo ha hecho el Dto del estado de NY con apoyo de IBM con lo que recuperaron más de 93 millones en 2 años)

Catholic relief Services es una agencia que ayuda por el mundo con programas de salud, educación y agricultura en países pobres y usa IA y analítica para la asignación de recursos para maximizar el impacto de sus programas.

Deporte

En 2003 Michael Lewis publico *MoneyBall* , la historia de como el equipo de ***Oakland Athletics*** uso analítica para la evaluación de jugadores con el fin de tener un equipo muy competitivo usando un presupuesto limitado.



Otra aplicación es en la decisión de cuanto ofrecer por un jugador.

Cuales pitcher usar en varios juegos de la Liga de Baseball en USA.

Estimar precios adecuados de tiquetes de entrada a los partidos que reflejen la atraktividad y demanda del juego.



- **Encontrar amigos:**

- Facebook utiliza un famoso algoritmo que analiza todos los datos de sus usuarios para ayudarlos a encontrar nuevos amigos y el contenido más adaptado a sus aspiraciones.

Apoyo a la policía

En Inglaterra se usa software que:

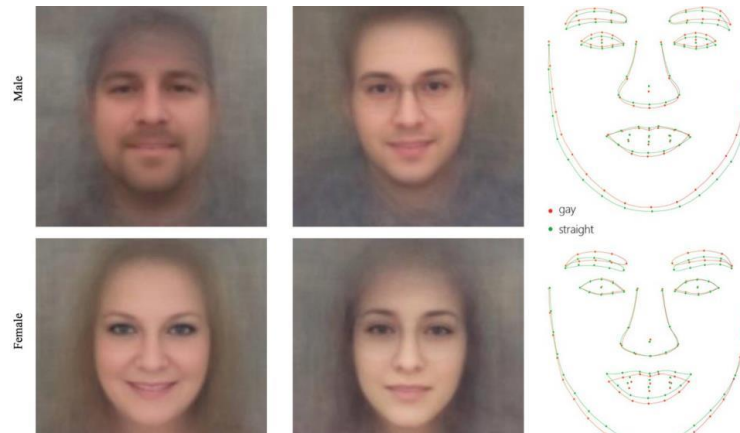
- detecta **patrones entre crímenes y épocas del año** ,días, semanas y horas en que se cometen (West Midlands)
- Predice **zonas de alto riesgo** (West Yorkshire)
- Predice si una persona arrestada por un crimen tiene **probabilidades de volver a delinquir** (Durham)



También existen peligros

- En 2010 escuelas públicas de Washington despidieron a más de 200 profesores, algunos sumamente respetados por la evaluación a partir de un algoritmo.
- El uso de algoritmo promueve segregación, por ejemplo, Penas de cárcel según barrio de origen
- .
- Otorgar créditos o seguros con apoyo de IA puede desfavorecer a sectores que son ya vulnerables. Incluso la Casa Blanca alertó que el uso de IA sin intervención adicional humana podía llevar a perjudicar aún más a los más pobres.
- La campaña del presidente Trump se sirvió de datos de redes sociales para identificar los lugares con mayor tasa de electores susceptibles de ser convencidos por los argumentos del candidato (recomiendo ver en Netflix "El Gran Hackeo")

- Realizado por Y. Wang y M. Kosinski realizaron un algoritmo para identificar la preferencia sexual de las personas
- **PELIGRO: Atenta con la privacidad de las personas y los pone en peligro en países donde ser gay es delito.**
- Datos 35 mil 326 imágenes obtenidas de páginas de cita de personas blancas. Efectividad de 91% en hombres y 83% en mujeres.
- Posibles errores: No incluyó otras razas, transgénero, bisexuales o personas mayores.



DISTURBIOS RACIALES EN EE UU >

Detenido injustamente un afroamericano en EE UU por un error en el sistema de reconocimiento facial

La organización de derechos civiles ACLU presenta una queja en contra del Departamento de Policía de Detroit y pide que deje de usar el software en las investigaciones



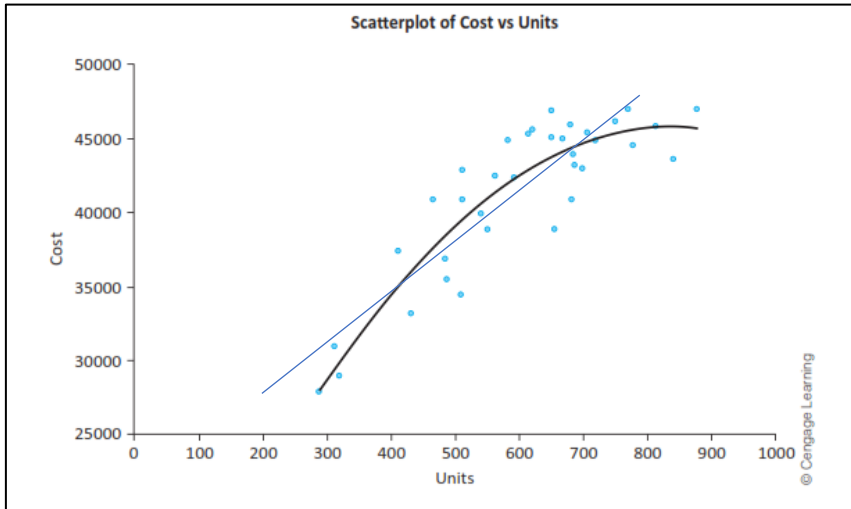
- <https://elpais.com/tecnologia/2020-06-26/un-afroamericano-es-detenido-injustamente-por-un-error-en-el-sistema-de-reconocimiento-facial.html?rel=mas>

Sesgo de automatización

- Es el exceso de confianza y falta de escepticismo ante los algoritmos de IA. Como todos los sesgos cognitivos, se activa automáticamente y se tiende a negar.
- IA identifica relaciones que a veces los humanos no somos capaces de hacerlo y entonces permite sugerencias para tomar decisiones con mayor conocimiento. Ejemplos:
 - "¿cuál es la pena adecuada que debemos imponer a un preso?"
 - "¿cuál medicamento hay que recetarle a este paciente?"
- Pero no se **debe seguir al pie de la letra, requiere un análisis más profundo.**

- Al grano...
- Veamos ejemplos computacionales muy sencillos
- Hacer ajuste de los datos desde una función lineal o una exponencial o una logística también es “aprendizaje”

Ejemplo: ajuste de modelo a datos de costo de energía vs unidades vendidas



Inicialmente se escoge la función: Lineal parábola, exponencial, red neuronal, etc.

Por ejemplo LINEAL: $\text{costo} = a + b \text{ Unidades}$ ($y = a + b X$)

Por optimización se encuentran los valores a y b que logran una recta con mejor ajuste.

Variables de decisión a, b

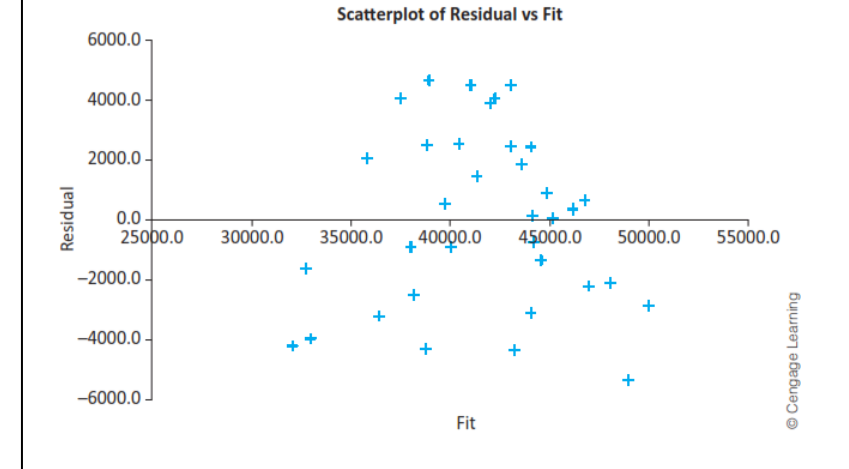
Función: Minimizar $\sum(i, (Y_i^{\text{ob}} - Y_i))^2 = \sum(i, ((a + bX_i) - Y_i))^2$

El resultado óptimo es: $a=23651$ $b=30.53$ Tal que :

$\text{costo} = 23651 + 30,53 \text{ Unidades}$ ($R^2=73.6\%$ relativamente baja)

Quizás la línea recta no es una buena representación. La gráfica sugiere economías de escala!

Además la gráfica de dispersión de Y_{ajus} vs residuales



Sugiere un patrón, los residuos en el centro son positivos pero en la derecha e izquierda son negativos: esto sugiere cierta relación **no lineal (en este caso parábola)**:

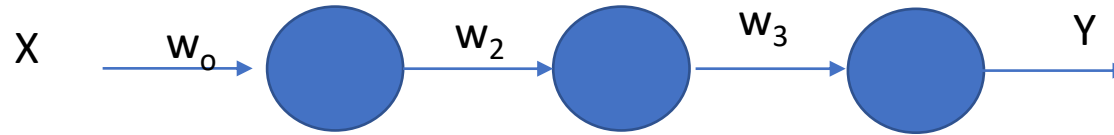
Variables de decisión a , b y c

Función objetivo: minimizar $\sum(i, (a + bX_i + cX_i^2) - Y_i)^2$

La solución óptima es $a=5793$ $b=98,35$ $c=-0.06$

la cual correspondió a: $Costo = 5793 + 98,35 \text{ Unidades} - 0,06 \text{ Unidades}^2$
($R^2=82,2\%$: mucho mejor)

Ajuste a con una serie de neuronas



Cualquier aprendizaje supervisado es similar, solo que las funciones pueden ser mas o menos complejas, por lo tanto requieren de metodologías más potentes para optimizar

Regresión logística

Cuando la variable Y es cualitativa, se aplica un operador logístico:

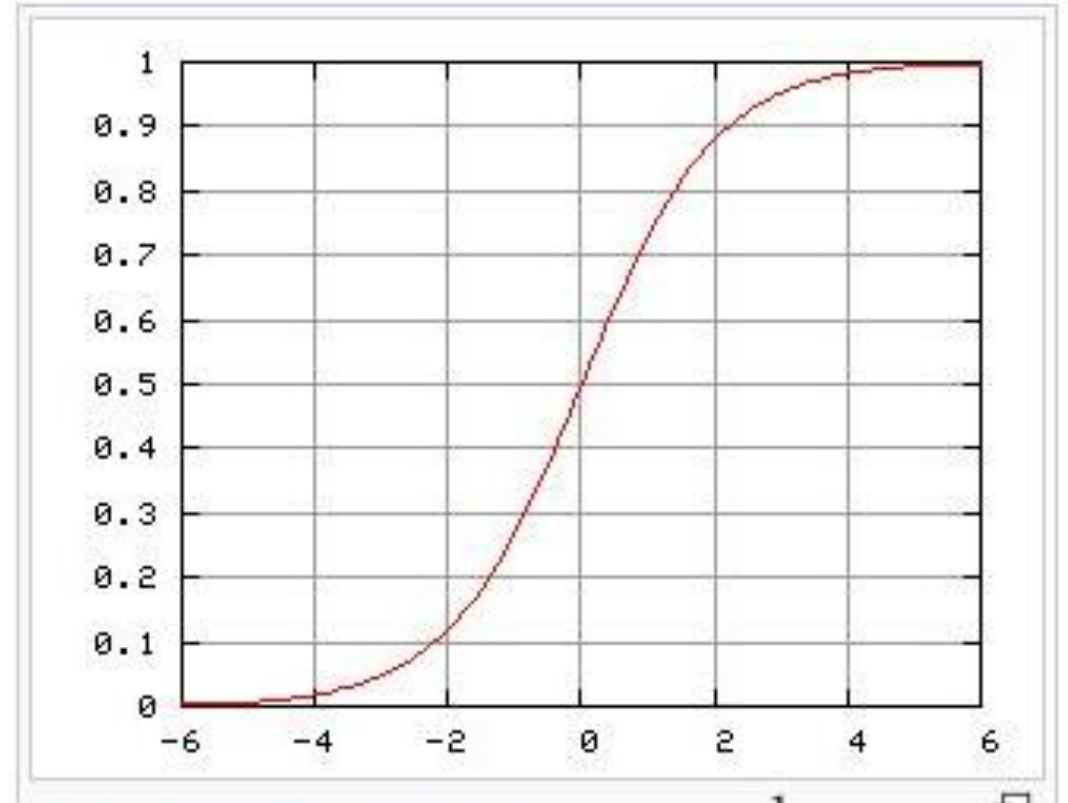
Transforma la variable cualitativa en un valor de probabilidad.

Sigue una estructura equivalente a la regresión lineal, así:

$$\text{Logit}(P_y) = \ln(P_y / (1 - P_y)) = a + bX$$

$$P_y = 1 / (1 + e^{-(a+bX)})$$

Se usa la función logística S-forma, que siempre da valores entre 0 y 1.



Curva logística normalizada

Ejemplo

- Se cuenta con datos de personas que se han contagiado de un virus que puede ser mortal. Se sospecha que entre mayor edad, mas probabilidad de morir si se contagia.
- Variable de entrada X: edad.
- Variable de salida Y:
 - 1: muere:
 - 0: sobrevive

Edad X	sobreviven	mueren	P(sobrev) =cuantos sobreviven en esa categoría	Odss P/1-p	Logit = ln(p/1-p)
5	21	0	1		
15	29	1	0.966667	29	3.367296
25	87	6	0.935484	14.5	2.674149
35	75	11	0.872093	6.818182	1.919593
45	85	23	0.787037	3.695652	1.307157
55	64	38	0.627451	1.684211	0.521297
65	53	73	0.420635	0.726027	-0.32017
75	31	81	0.276786	0.382716	-0.96046
85	10	41	0.196078	0.243902	-1.41099
95	3	28	0.096774	0.107143	-2.23359

Se aplica
regresión lineal a
la columna X y a
columna logit

b	a
-0.07008	4.394729

$$\text{Logit}(P_y) = \ln(P_y / (1 - P_y)) = a + bX = 4.394729 - 0.007008X$$

$P_y = 1 / (1 + e^{-(a+bX)})$; Pregunta: si un paciente de 40 años se contagia, que probabilidad hay de que muera?

$$\text{Logit}(P_y) = 4.394729 - 0.007008(40) = 1.591636 \quad \text{entonces} \quad P_y = 1 / (1 + \exp(-1.591636)) = \underline{0.83}$$

Regresión logística Incluyendo varias variables de entrada

- Sigue una estructura equivalente a la regresión lineal:

$$\text{Logit}(P_y) = \ln(P_y / (1 - P_y)) = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_k * X_k$$

$$P_y = \frac{1}{1 + e^{-(a + b_1 X_1 + \dots + b_k X_k)}}$$

Equivalente a función perceptrón de una capa en una red neuronal

Y luego??? Como puedo decidir con esta información?

- Suponga que se cuenta con un numero N de vacunas que debe distribuirse en la población.
- No es igual de costoso llegar a ciertos lugares para llevar la vacuna y no se cuenta con un presupuesto limitado.
- De alguna manera debe tenerse en cuenta otras consideraciones.
- A que poblaciones y a que sectores demográficos dotar de vacunas?



Modelo de optimización/simulación