



Algoritmos y modelos económicos y financieros

José García Montalvo
Catedrático de Economía

B-DEBATE
14 de mayo de 2014

biocat



- Introducción
- Algoritmos en economía: microeconomía, macroeconomía y finanzas
- Gestión empresarial, algoritmos y “big data”
- Conclusiones

- Definición de algoritmo: lista de instrucciones que proporcionan una respuesta particular, o output, basada en la información disponible
- Cientos de ellos se utilizan en la economía y la gestión empresarial y muchos son compartidos con otras ciencias
- Selección muy complicada
- Decisión: los más importantes, los que he utilizado recientemente y los más próximos a la experiencias diarias

- En estos tiempos hay una pelea enorme por contratar matemáticos y estadísticos para los departamentos de “predictive analytics” de las empresas que sepan utilizar todo tipo de algoritmos
- Pole trabajaba justamente en Target’s Guest Marketing Analytics department”: economista y estadístico
- Pole fue asignado a buscar aquellos momentos únicos en la vida de un consumidor cuando sus hábitos son más flexibles y la adecuada publicidad o cupón le causa comprar en nuevas formas -> el nacimiento de un hijo es uno de esos momentos
- ...pero todos lo saben y Target quería evitar llegar tarde (cuando ya ha nacido el niño): mejor momento el segundo trimestre de embarazo

- En esos momentos es cuanto más vulnerables son a la publicidad (cambio de casa, nacimiento de un hijo, divorcio, etc.)
- Identificar futuros padres supone unas ganancias millonarias
- Identificaron 25 productos (suplementos de calcio, magnesio, cinc, jabón sin aroma, bolsas grandes de algodón, etc.) que se compran en las primeras 20 semanas para predecir embarazos...
- Y otros algoritmos refuerzan el “habit looping”

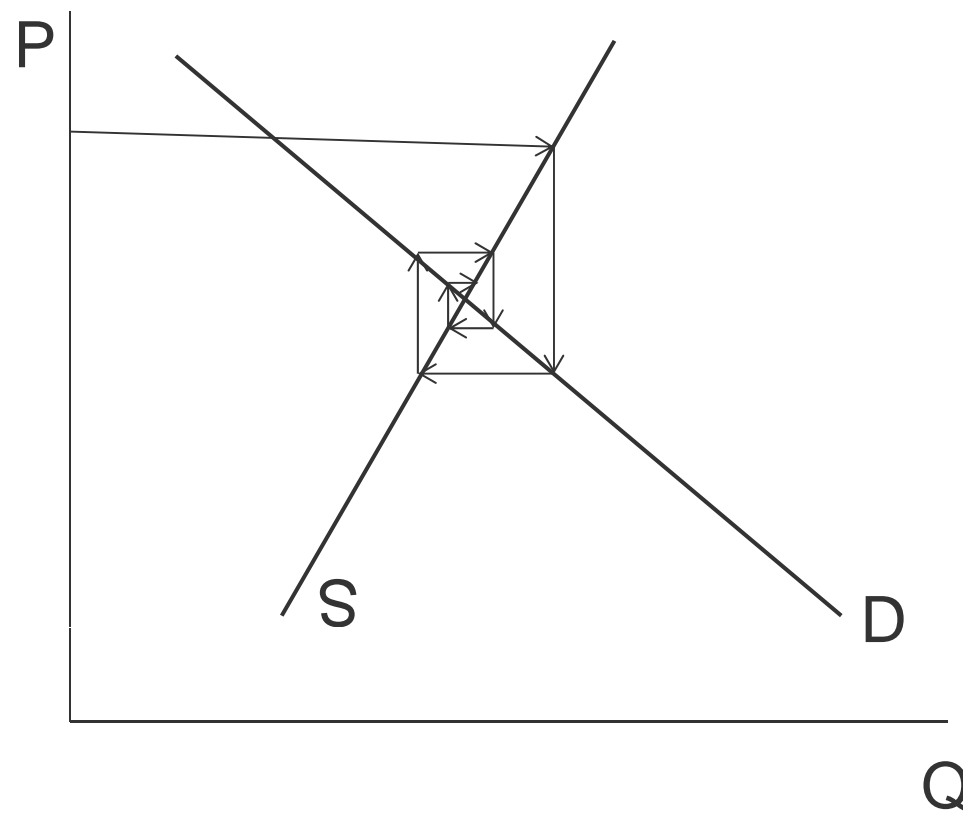
- El empleado más buscado: “chief scientist”
- Los algoritmos en economía y gestión empresarial se utilizan básicamente para:
 - Predecir
 - Clasificar
 - Agrupar
- Los algoritmos más utilizados son:
 - Regresión
 - K-NN (k “nearest neighbor”)
 - K-means
 - Mezclas de los anteriores



Algoritmos y modelos económicos: micro

- Cobweb y el concepto de equilibrio estable
- El concepto de estrategias dominantes en teoría de juegos
- Bolsa y concursos de belleza
- Intercambio de riñones
- Algoritmos genéticos y aprendizaje adaptativo

- Cobweb y el concepto de equilibrio estable



- El concepto de estrategias dominantes en teoría de juegos: dilema del prisionero

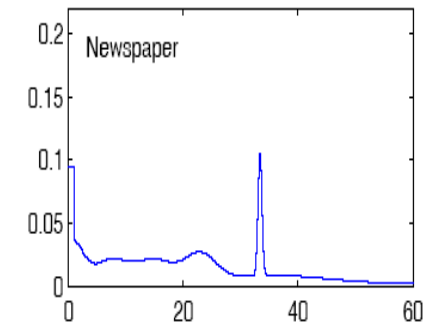
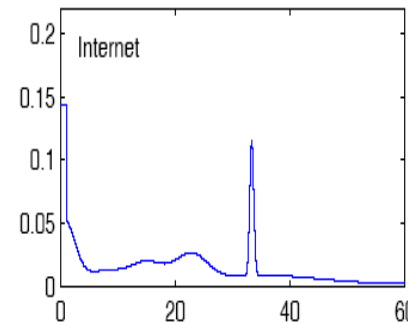
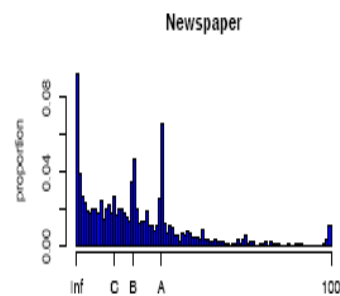
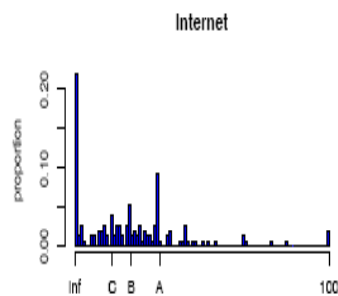
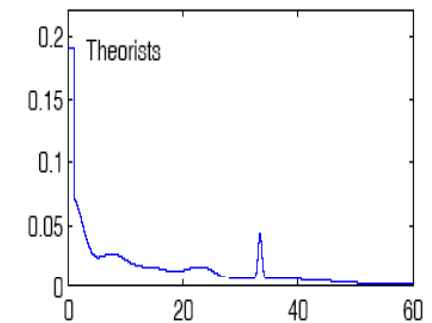
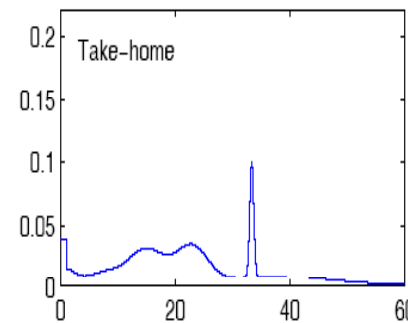
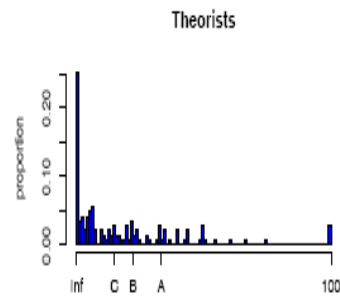
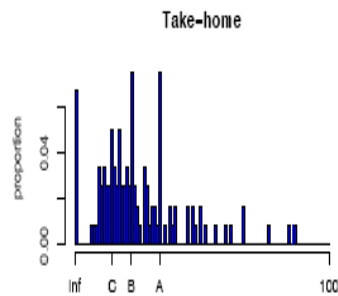
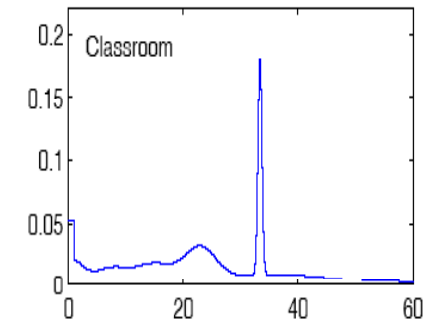
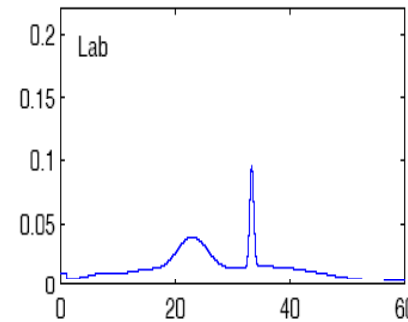
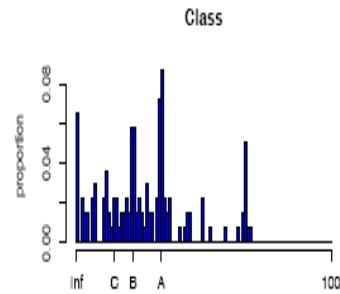
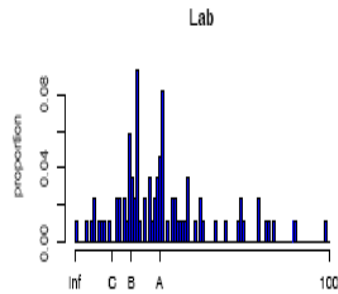
	Tú confiesas	Tú lo niegas
Él confiesa	Ambos son condenados a 6 años.	Él sale libre y tú eres condenado a 10 años.
Él lo niega	Él es condenado a 10 años y tú sales libre.	Ambos son condenados a 6 meses.



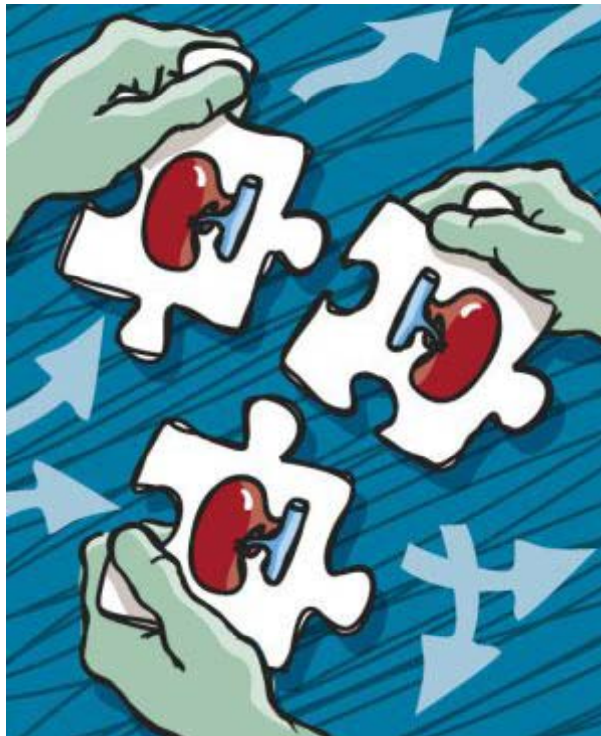
Algoritmos y modelos económicos: micro

- Bolsa y concursos de belleza ("beauty contest game")
- "It is not a case of choosing those [faces] that, to the best of one's judgment, are really the prettiest, nor even those that average opinion genuinely thinks the prettiest. We have reached the third degree where we devote our intelligences to anticipating what average opinion expects the average opinion to be. And there are some, I believe, who practice the fourth, fifth and higher degrees." (Keynes, General Theory of Employment Interest and Money, 1936).

- Bolsa: no se compra o se vende en función del valor fundamental sino de lo que piensan todos los otros sobre el valor de una acción
- Beauty contest game: experimento económico
 - N jugadores tienen que escoger un número entre 0 y 100
 - Gana el que se acerca más a $2/3$ por la media del número seleccionado por los jugadores
 - Un jugador totalmente racional siempre debería elegir 0: algoritmo de selección
 - Pero hay niveles de razonamiento



- Intercambio de organos



Cadena de trasplantes

Una ingeniosa fórmula permite que no se pierdan órganos de donante vivo por culpa de una incompatibilidad (Editorial, El País, 10 de mayo de 2014)

Una extraordinaria cadena de trasplantes salva seis vidas
(El País 8 de mayo de 2014)



Algoritmos y modelos económicos: micro

- Alvin Roth et al. (2004), "Kidney exchange" QJE
- Most transplanted kidneys are from cadavers, but there are also many transplants from live donors. Recently, there have started to be kidney exchanges involving two donor-patient pairs such that each donor cannot give a kidney to the intended recipient because of immunological incompatibility, but each patient can receive a kidney from the other donor. We explore how larger scale exchanges of these kinds can be arranged efficiently and incentive compatibly, within existing constraints
- Algoritmo para el diseño de un mecanismo óptimo de intercambio de riñones
- Roth consiguió el premio nobel en 2012 por sus contribuciones en el diseño de mecanismos de mercado y la teoría de repartos estables

- En la actualidad el modelo macro por excelencia es el Dynamic Stochastic General Equilibrium Model (DSGEM)
- Ejemplo simple: modelo de Real Business Cycles
- Solución: linearización, simulación MCMC (Markov Chain Monte Carlo simulation)

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\log(c_t) + v \log(1 - l_t)], \quad 0 < \beta < 1, v > 0 \quad (16)$$

subject to the following restrictions

$$e^{a_t} k_t^{1-\alpha} l_t^\alpha = c_t + k_{t+1} - (1 - \delta) k_t, \quad 0 < \alpha < 1, 0 < \delta < 1 \quad (17)$$

$$a_t = \rho a_{t-1} + v_t, \quad 0 < \rho < 1 \quad (18)$$

- En la actualidad el modelo macro por excelencia es el Dynamic Stochastic General Equilibrium Model (DSGEM)

2) Model Solution

The steps:

Euler equations

Linearize

Example: the linearized Gali, López-Salido, Vallés (2003) model:

Calvo Pricing/NKPC: $\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \kappa x_t$

intertemporal consumption: $x_t = -\sigma^{-1}(r_t - E_t \pi_{t+1} - rr_t^*) + E_t x_{t+1}$

monetary policy: $r_t = (1-\alpha)\phi_\pi \pi_t + (1-\alpha)\phi_x x_t + \alpha r_{t-1} + u_t$

natural interest rate: $rr_t^* = \rho \Delta a_t + (1+\phi)^{-1}(1-\lambda) \tau_t$

processes for shocks: $\Delta a_t = \rho \Delta a_{t-1} + \eta_t^a$

$$u_t = \delta u_{t-1} + \eta_t^u$$

$$\tau_t = \lambda \tau_{t-1} + \eta_t^\tau$$

Model parameters (12): $\theta = (\beta, \kappa, \sigma, \alpha, \phi_z, \phi_\pi, \rho, \delta, \lambda, \sigma_a^2, \sigma_u^2, \sigma_\tau^2)$

- Problema: optimizar una función de los datos y los parámetros a estimar.
- Funciones objetivo habituales: minimizar la suma de los residuos al cuadrado, maximizar la función de verosimilitud, minimizar la suma del cuadrado de los residuos ponderados, etc.
- Para la optimización no lineal se utilizan los algoritmos iterativos clásicos:
 - Steepest ascent/descent (solo usa el gradiente)
 - Métodos de Newton: usa también el hesiano (ap. Taylor)
 - Quadratic hill climbing
 - Cuasi Newton o Davidon-Fletcher-Powell

- Para problemas de maximización de función de verosimilitud también se utiliza el algoritmo esperanza-maximización (EM)
- Cuando se quiere estudiar algunos estimadores cuyas propiedades son desconocidas o no se pueden resolver analíticamente se utilizan generadores de muestras:
 - Procedimiento de Montecarlo
 - Muestras de Gibbs (fundamentalmente para modelos bayesianos) para resolver una densidad marginal a partir de una conjunta cuando la integración directa no es factible o es muy complicada
 - Bootstrapping



Algoritmos y modelos econométricos

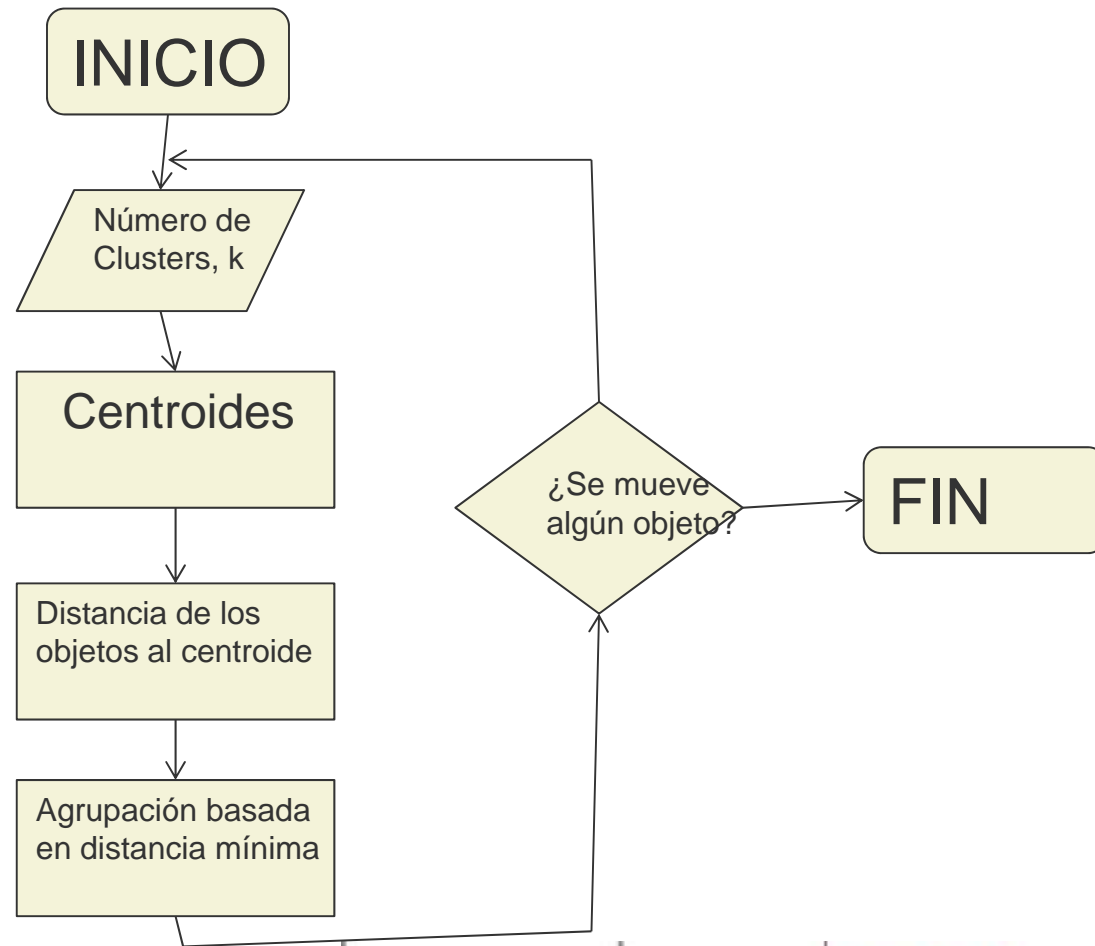
- El efecto de las becas sobre el mercado laboral de los becados
- Experimentos controlados frente a datos observacionales
 - La terapia de reemplazamiento hormonal
 - El chequeo anual
- Buscar grupo tratado y de control lo más parecidos posibles: emparejamiento en el “propensity score”

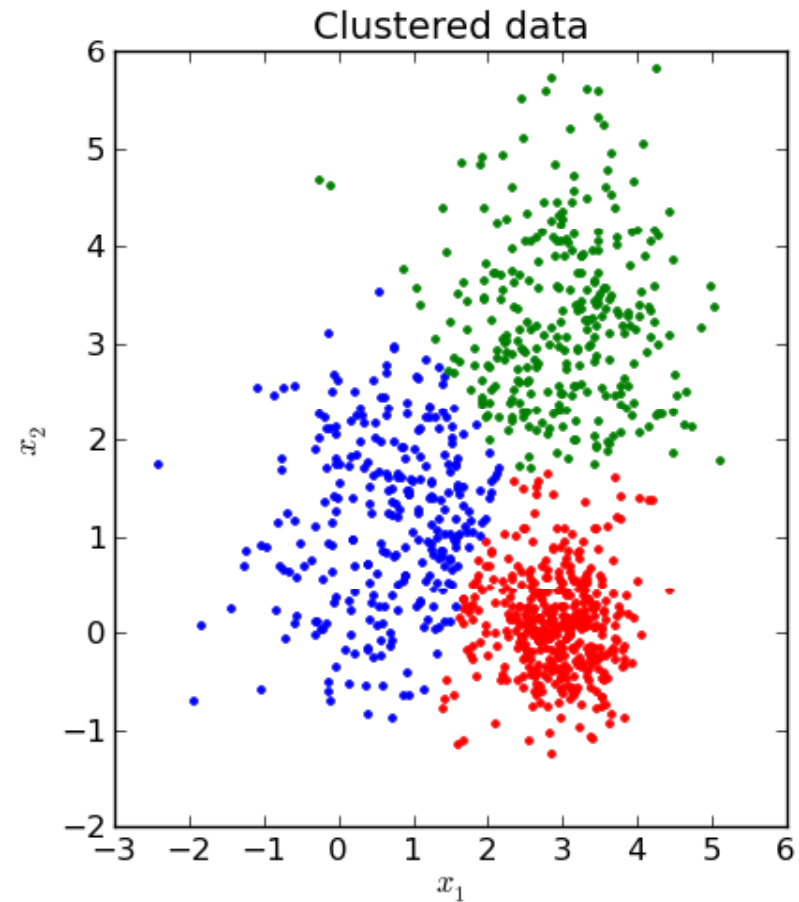
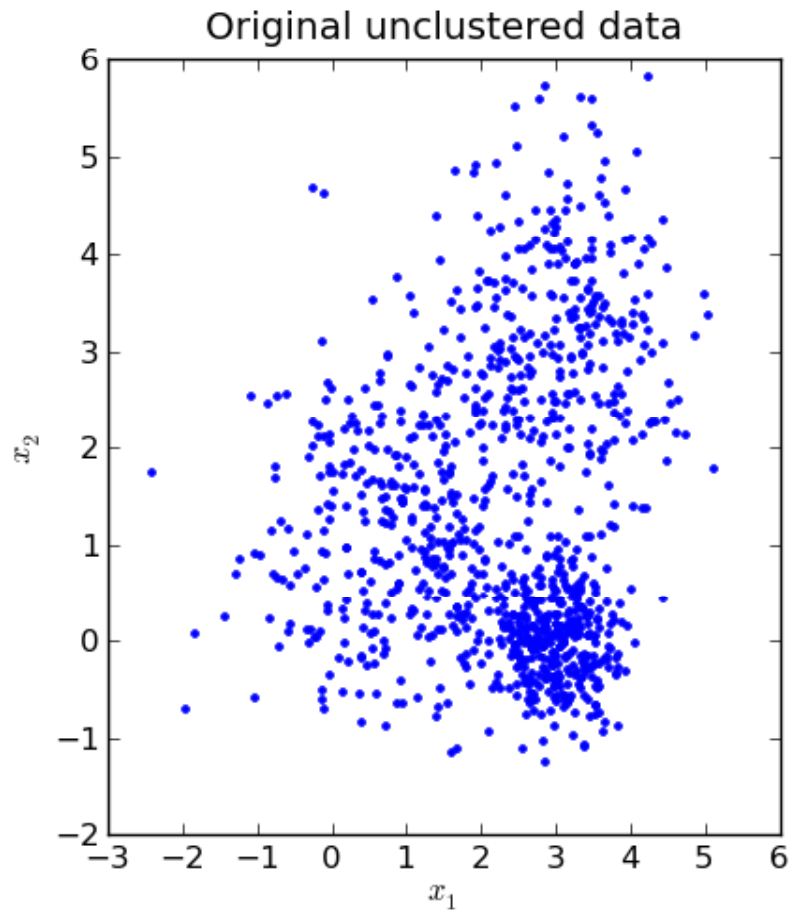
- La atracción de Wall Street por físicos y matemáticos (quants)
- Hace 20 años la tenencia media de una acción era de 4 años. En la actualidad es de 22 segundos
- “Trading algorithms”: intentan aprovechar anomalías según modelos (día de la semana, hora del día, concentración, etc.) o nuevas estrategias
- Mr. Li y la fórmula mágica de las cópulas para asset backed securities (ABS): pooling and tranching

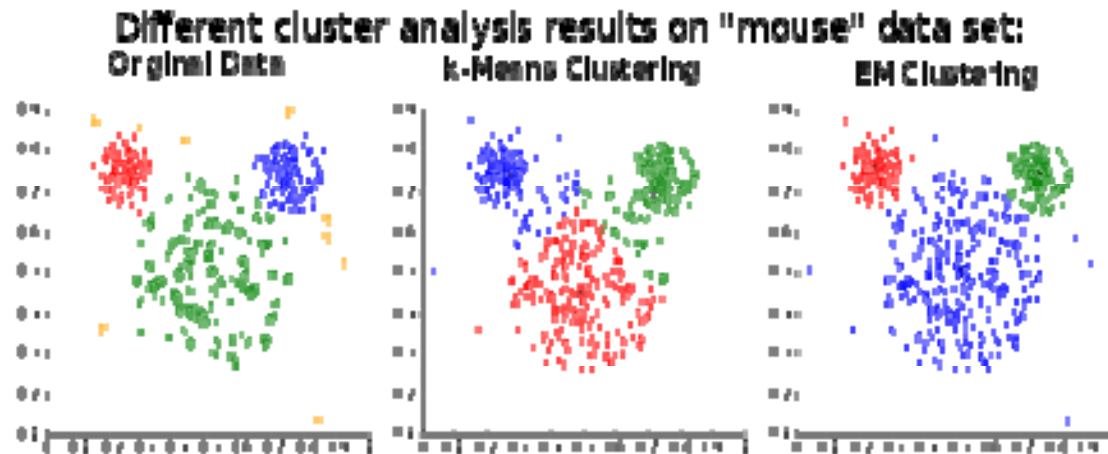
- Michael Lewis “flash boys” y “ultrafast-high frequency trading”: saber unos microsegundos antes que negociarán otros traders a partir de órdenes especiales o situando sus ordenadores algo más cerca (o dentro) del “exchange”
- Big data y el scoring del crédito por localización de los tuits en Twiter
- Control del fraude de tarjetas de crédito a partir de algoritmos (temas de seguridad los dejo para los algoritmos cuánticos)

- Los algoritmos son cada vez más importantes en el mundo empresarial:
 - Enorme cantidad de datos disponibles por las empresas (compras, interés, búsquedas, etc.) -> se genera más información que la que puede manejar una organización
 - Todos esos nuevos datos se quieren emplear para hacer cosas más complicadas como responder de forma personalizada a los clientes
- Hay todo tipo de algoritmos desde los que pretenden resolver problemas genéricos (por ejemplo, el camino más rápido de distribución de mercancías) o problemas específicos (Amazon, Google, etc.)

- De forma general los algoritmos más utilizados resuelven tres tipos de problemas:
 - El problema del viajero (ruta más corta)
 - Segmentación de clientes o productos (análisis cluster)
 - Algoritmos de clasificación
 - Predicción de hábitos
- Los algoritmos más utilizados son:
 - Regresión
 - K-NN (k “nearest neighbor”)
 - K-means
 - Mezclas de los anteriores









Problemas empresariales y algoritmos

- En general podemos dividir los algoritmos empresariales en dos tipos:
 - Mejora de procesos (configuración de redes, cadenas logísticas, etc.)
 - Análisis de datos sobre consumo

- Algoritmos para mejorar procesos:
 - La solución de UPS para el problema del viajante (“travelling-salesman problem”) -> VOLCANO (volume, locations and aircraft network optimizer)
 - Empresas de telecomunicaciones tienen algoritmos para establecer las conexiones más rápidas en llamadas de teléfono (o descargas de información de Internet) dentro de su red
 - Empresas productivas usan algoritmos para ajustar sus cadenas logísticas
 - Los “call-centers” usan algoritmos para decidir la posición de una llamada entrante en función de la localización del consumidor, la cola que haya y el motivo de la llamada
 - Para rastrear operaciones con tarjeta de crédito fraudulentas

- Algoritmos para analizar comportamientos del consumidor:
 - Targeting de promociones para familias con un hijo recién nacido o un que se va a la universidad; para un divorciado; para los dueños de una nueva casa; etc.
 - Algoritmo “rolling ball” de Dunnhumby para Tesco: asigna un atributo a cada producto de Tesco. Para hacer un rating en cada dimensión el algoritmo empieza con los extremos y comprueba, a partir de los datos de compras, que otros productos aparecen en el mismo carro de la compra. Con cada producto categorizado y puntuado en cada atributo se puede segmentar y agrupar los consumidores basándose en lo que compran

- Amazon empleó hasta 2001 a docenas de críticos y editores para sugerir títulos a sus clientes- > “Amazon voice” fue considerado por el WSJ como el crítico más influyente de EEUU
- Jeff Bezos se preguntó si no sería mejor hacer recomendaciones basadas en libros específicos comprados por los clientes:
 - Primero se hizo utilizando muestras y buscando similitudes entre la gente
 - Linden propone solución nueva: filtro “item-by-item”
 - El ordenador no necesita saber por que el comprador de el Quijote le gustaría comprar también una tostadora

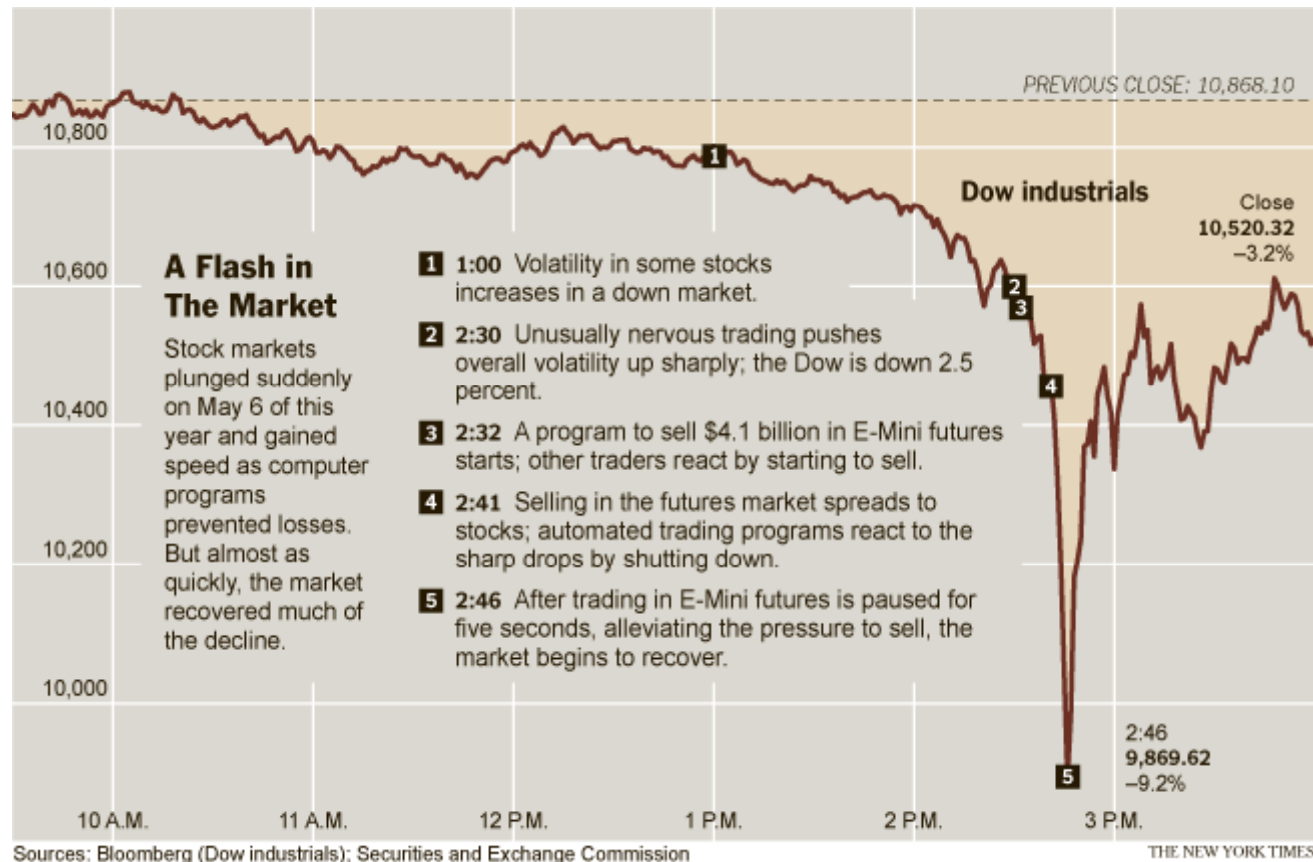
- “Amazon voice” o “machine learning”? Críticos o algoritmos? -> el sistema de recomendación basado en datos únicamente ganó por goleada
- Todos lo críticos fueron despedidos -> hoy una tercera parte de las ventas de Amazon son resultado del sistema personalizado de recomendación
- El sistema de Linden ha sido adoptado por la mayoría de los grandes comercios digitales (por ejemplo Netflix, la compañía de alquiler de películas)

- Algoritmos de los motores de búsqueda (Google, MSN, Yahoo!, Ask.com, etc.) -> como la fórmula de la Coca Cola
- Algoritmos para descifrar algoritmos: precios de billetes de avión. Oren Etzioni y su viaje iniciático de 2003. Modelo predictivo de si el precio de un billete de avión subiría o bajaría en los próximos días -> FARECAST : en 2008 la empresa utilizaba 200.000 millones de precios cruzados para hacer predicciones, 75% de acierto y ahorro medio de 50 euros por billete -> vendió la empresa a MSF por 110 millones!!

- Los algoritmos necesitan supervisión regular y, por supuesto, un diseño apropiado y capacidad de aprender
- La arrogancia del Big data: no necesitamos causalidad solo correlación -> eso no puede ser toda la historia
- Cuando los genios y los algoritmos fallan: la historia del Long Term Capital Management
- El “flash crash” de 2010 y algoritmos que negocian en la dirección del mercado. “High frequency traders” pugnan por conseguir liquidez y provocan más volatilidad

Cuidado con los algoritmos

“Flash crash” del 6 de junio de 2010 o “Crash” de las 2.45





Cuidado con los algoritmos



- Predicciones de la gripe (“Google Flu Trends”): big data y algoritmos tienen sus limitaciones -> en los últimos 3 años ha sobreestimado la gripe un 50%
- Princeton versus Facebook
 - Facebook perderá 80% de sus usuarios usando modelo epidémico sobre el número de veces que la palabra Facebook se busca en Google y usando MySpace como comprobación
 - “Utilizando el principio correlación implica causalidad y los mismos criterios de Princeton la universidad desaparecerá próximamente”

- Libros a 2 millones de euros: el 8 de abril de 2011 Michael Eisen, biólogo de Berkeley, fue a comprar el libro "The making of a fly" (1992) a Amazon y encontró dos empresas habituales que vendían copias nuevas: uno pedía 1.730.045 dólares y el otro 2.198.177. Pensó que era un error. Al día siguiente los precios habían subido a 2.194.443 y 2.788.233. Y así siguió subiendo hasta superar los 23 millones el 18 de abril-> algoritmos no supervisados
- Privacidad, bid data y algoritmos

