

Perspectiva Historica y Cientifica

Contenido

- Posicion de los AE y metaforas basicas
- Perspectiva historica
- Inspiracion biologica
 - teoria evolutiva
 - genetica
- Motivacion de los AE
- Ejemplos de aplicaciones
- Demo: cuadrados magicos

Posicion de los AE

- Computacion evolutiva es parte de ciencias de la computacion
- CE no es parte de ciencias de la vida/biologia (hasta ahora...)
- La biologia sirvio como fuente de ideas, metaforas y terminologia
- AE pueden ser aplicados a la solucion de problemas de la biologia

Las metáforas más importantes de computación evolutiva

EVOLUCION

Resolucion de problemas

Medio ambiente



Problema

Individuo



Solution candidata

Fitness



calidad

Fitness → chances sobrevivir y reproduccion

Calidad → chances de generar nuevas soluciones

Historia Breve 1: los ancestros

- 1948, Turing:
propone “busqueda genetica o evolutiva”
- 1962, Bremermann
optimizacion por medio de evolucion y recombinacion
- 1964, Rechenberg
introduce estrategias evolutivas
- 1965, L. Fogel, Owens and Walsh
introduce programacion evolutiva
- 1975, Holland
introduce algoritmos geneticos
- 1992, Koza
introduce programacion genetica

Historia Breve 2: el auge de CE

- 1985: primera conferencia internacional (ICGA)
- 1990: primera conferencia internacional en Europa (PPSN)
- 1993: Primer journal (JEC, MIT Press)
- 1997: EvoNet

AE al Principio del Siglo XXI

- 3 conferencias grandes y al menos 10 menores
- 3 journals dedicados a AE
- entre 750-1000 papers publicados en 2003
- EvoNet cuenta con 150 institutos como miembros
- muchísimas aplicaciones
- muchas firmas de consultoría y R&D

Selección Natural: la supervivencia del más apto (1)

- Todos los entornos/ambientes tienen recursos finitos
(solo pueden mantener un número finito de individuos)
- Al haber recursos finitos existe competencia
- Al haber competencia existe selección
- Aquellos individuos que son mejores en el “juego de la vida” tienen más chances de dejar descendientes
- Como los descendientes tienden a parecerse a los padres, entonces descendientes de padres buenos al juego de la vida tienden a ser buenos jugadores también.

Selección Natural: la supervivencia del más apto (2)

- Propiedades fenotípicas:
 - Diferencias físicas o de comportamiento que afectan la interacción con el entorno (y otros individuos)
 - Parcialmente determinada por los genes, parcialmente por el “desarrollo” y parcialmente por la cultura (memetics)
 - Único de cada individuo (accidentes históricos)
- Si las propiedades fenotípicas:
 - Llevan a mayores chances de reproducción
 - Podrían ser heredadas

entonces tenderían a incrementarse en generaciones consecuentes,

- Que lleva a nuevas combinaciones de propiedades

Selección Natural: un resumen

- La población consiste de un conjunto de individuos diversos
- La combinación de propiedades que están mejores adaptadas tienden a incrementar su concentración en la población

los individuos son las “unidades de selección”

- Variación ocurre por modificaciones al azar, esto incrementa la diversidad de la población, tomado junto con la selección:

La población es la “unidad de evolución”

- Noten la ausencia de una “fuerza primordial/guía”
- Esto es lo que R. Dawkins llama “The blind watchmaker”

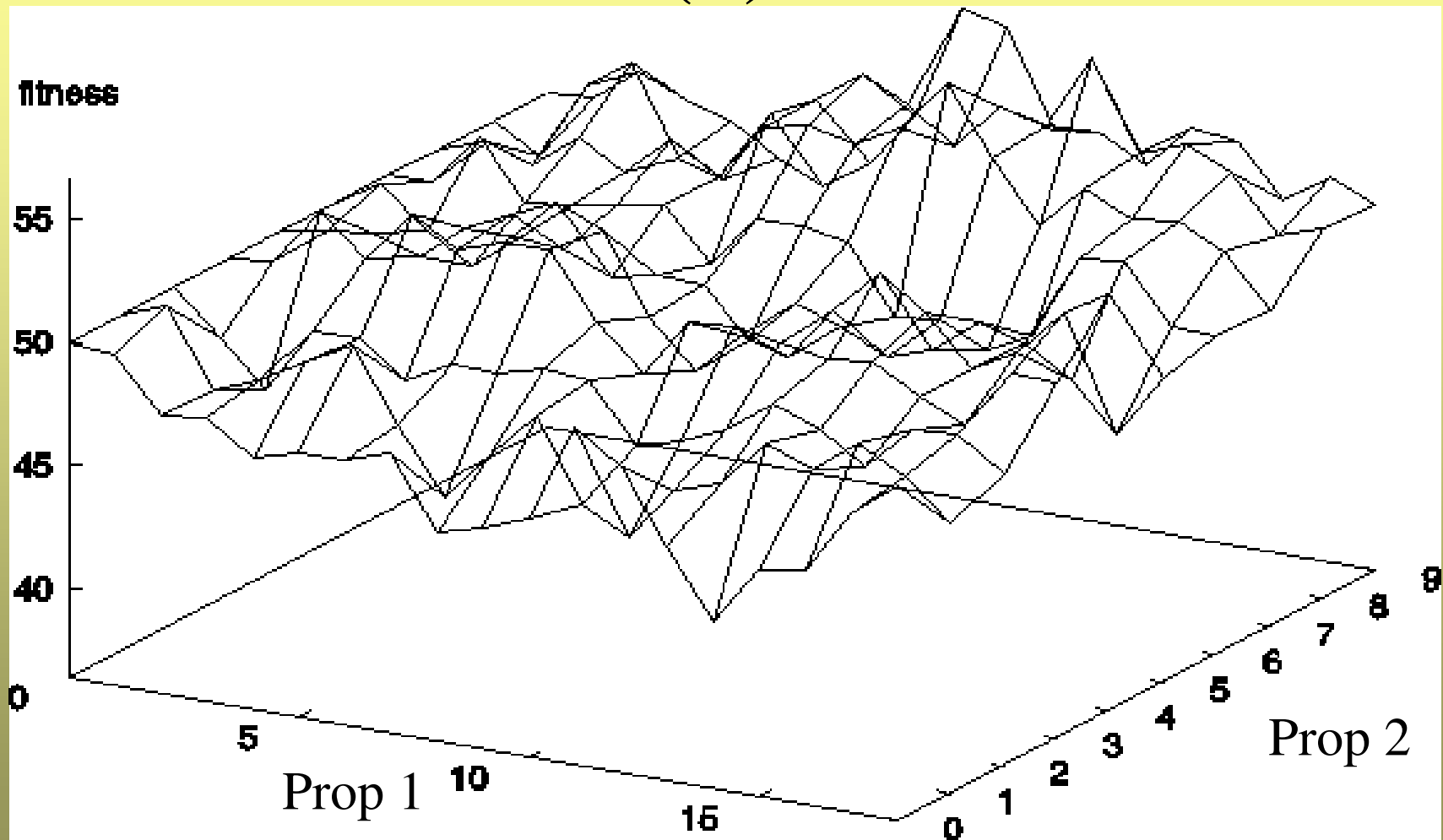
La metáfora de los “Adaptive landscape”

(Wright, 1932) (1)

- Uno puede imaginar el espacio de fenotipos (individuos) determinado por n propiedades como un espacio con $n+1$ dimensiones
- Cada individuo con sus propiedades particulares puede entonces representarse como un punto en el espacio n -dimensional
- La dimensión $n+1$ esta ocupada por el “fitness” del individuo, esto es:
 - Si $I=(x_1,x_2,\dots,x_n)$ este individuo ocupa la posición en el adaptive landscape $(x_1,x_2,\dots,x_n,F(x_1,\dots,x_n))$.
- Se llama adaptive porque el valor del $F(.)$ depende de las propiedades del individuo, cuanto mejores sean esas propiedades, mas alto el fitness del mismo.

Ejemplo con 2 propiedades (traits)

(2)



Adaptive landscape (3)

- La población estaría representada por una nube de puntos en este espacio multidimensional
- La selección “empuja” a la población hacia los picos del espacio
- Deriva genética (genetic drift):
 - variaciones al azar en la distribución de propiedades pueden causar que una población que convergió a un pico se “derrita” y baje por la ladera del pico.
 - esto a su vez representa un mecanismo para escapar óptimos locales.

Principios Elementales de Genetica

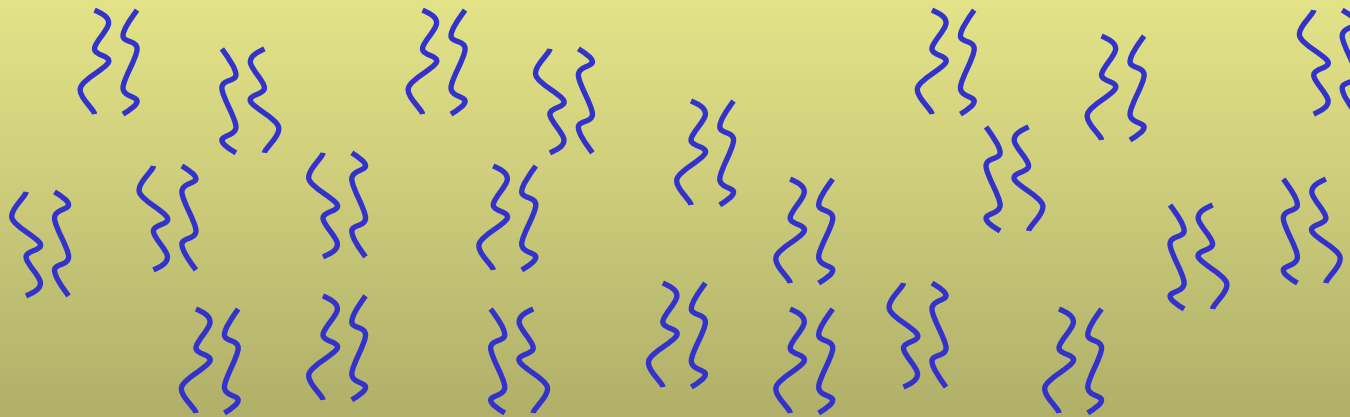
- La informacion necesaria para codificar un organismo esta encerrada en su DNA
- El genotipo (esto es el DNA) determina el fenotipo
- El mapeo de genes → fenotipos es complejo:
 - un gen puede afectar varias propiedades (traits) del fenotipo (**pleiotropy**)
 - varios genes pueden afectar una propiedad (**polygeny**)
- Cambios pequenos en el genotipo llevan a cambios pequenos en el fenotipo (e.g., altura, color de ojos, etc)

Genes y Genoma

- Los genes están codificados en cadenas de ADN llamadas cromosomas
- En la mayoría de las células hay dos copias de los cromosomas (**diploidy**)
- El material genético completo de un individuo se llama Genoma
- Dentro de una misma especie el genoma es quasi-identico.

Ejemplo: Homo Sapiens

- El DNA humano se organiza en cromosomas
- Las células humanas contienen 23 pares de cromosomas que definen las características del individuo:

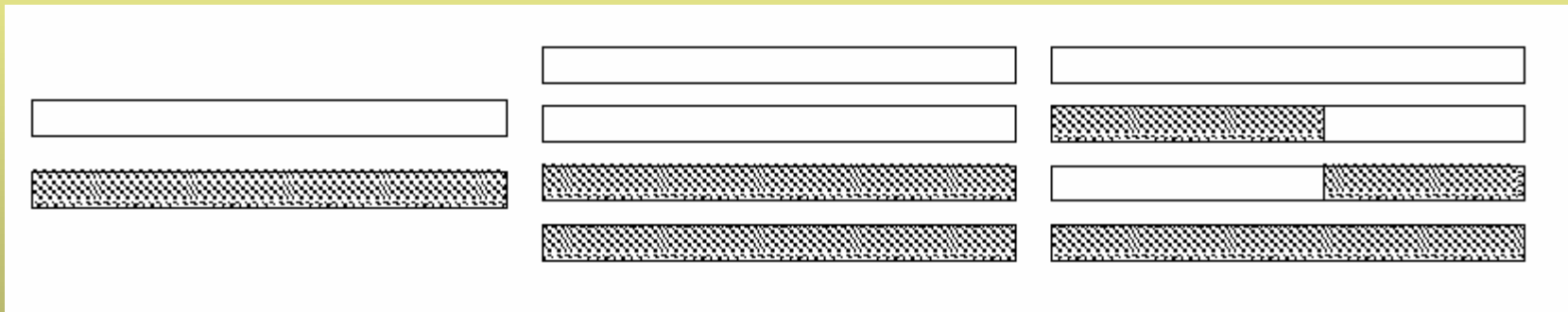


Celulas Reproductivas

- Gametos (esperma y ova) continen 23 cromosomas individuales (no 23 pares)
- Celulas con solo una copia se llaman **Haploides**
- Los gametos se forman por un proceso llamado **meiosis**
- Durante la meiosis los pares de cromosomas pasan por un proceso de “**crossing-over**”

Crossing-over durante la Meiosis

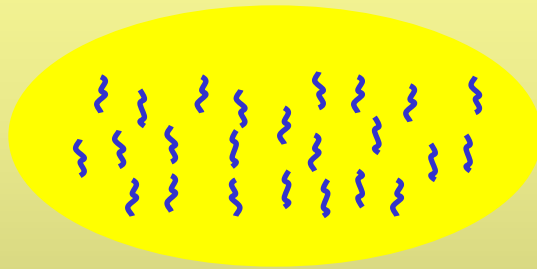
- Pares de cromosomas se alinean y duplican
- Pares interiores se conectan en un “centromero” e intercambian partes de los mismos.



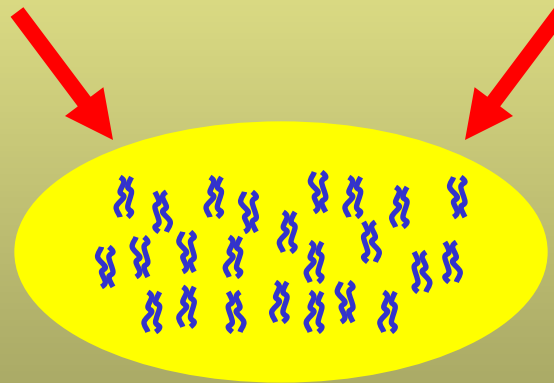
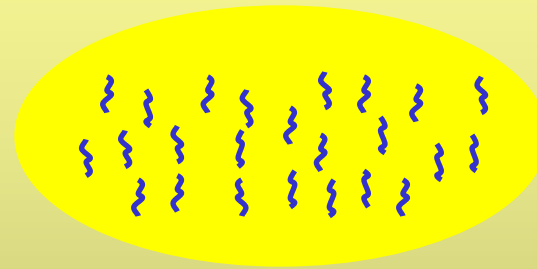
- El resultado es un cromosoma de la madre/padre y dos nuevas combinacion
- Luego del crossing-over uno de cada par termina en un gameto

Fertilizacion

Esperma del padre



Ova de la madre



Nueva zigota

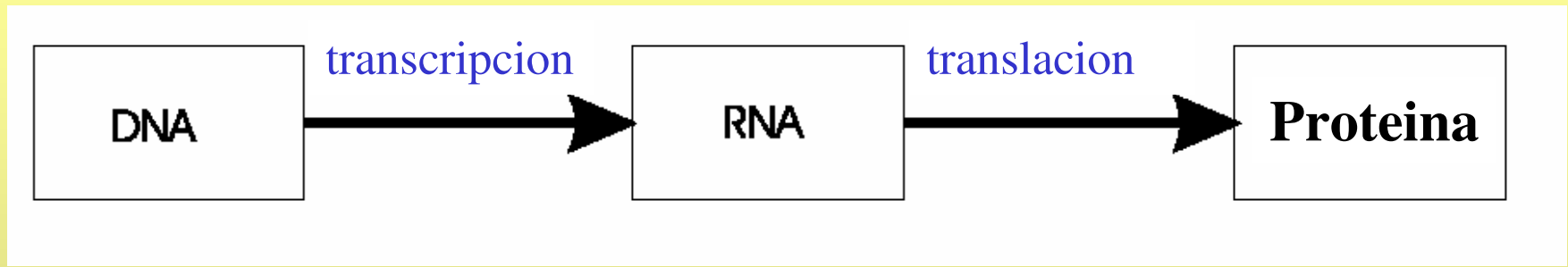
Luego de la Fertilizacion

- La nueva cigota se replica formando un nucleo de celulas con identico material genetico
- Aunque todas las celulas tienen el mismo genoma dependiendo de (por ejemplo) en que parte del organismo se encuentren se comportaran distinto.
- El proceso de diferenciacion durante el desarrollo se llama ontogenesis
- Todo esto usa, y es controlado por, los mismos mecanismos que decodifican los genes del DNA.

Codigo Genetico

- El DNA esta constituido por 4 **nucleotidos** formando una doble helice: purinas A,G; pirimidinas T,C
- Ternas de nucleotidos forman **codones**, y cada codon codifica un **aminoacido**.
- Hay mucha redundancia en el codigo:
 - purinas complementan a las pirimidinas
 - el genoma contiene mucha “basura”(?)
 - $4^3=64$ codones codifican 20 aminoacidos
 - codigo genetico = mapeo de codones a aminoacidos
- Todas las proteinas estan compuestas por estos 20 aminoacidos
- Para todas las formas de vida naturales el codigo genetico es el mismo

Transcripcion, translacion



El dogma central de la biologia molecular postulado por Weismann:

La informacion fluye en un solo sentido

Genotipo \longrightarrow Fenotipo

Genotipo \longleftarrow Fenotipo

El dogma central invalida la posibilidad de Lamarkianismo

Mutaciones

- Ocasionalmente errores de replicacion causa que un hijo tenga material genetico que no deriva de ningun de los padres (una mutacion)
- Esto puede ser
 - catastrofico: el hijo no es viable (lo mas probable)
 - neutral: las nuevas propiedades (si es que las hay) no cambian el fitness del hijo
 - ventajoso: las nuevas propiedades le dan una ventaja selectiva
- La redundancia del codigo genetico brindan un colchon que amortigua estos errores.

Motivaciones para CE(1)

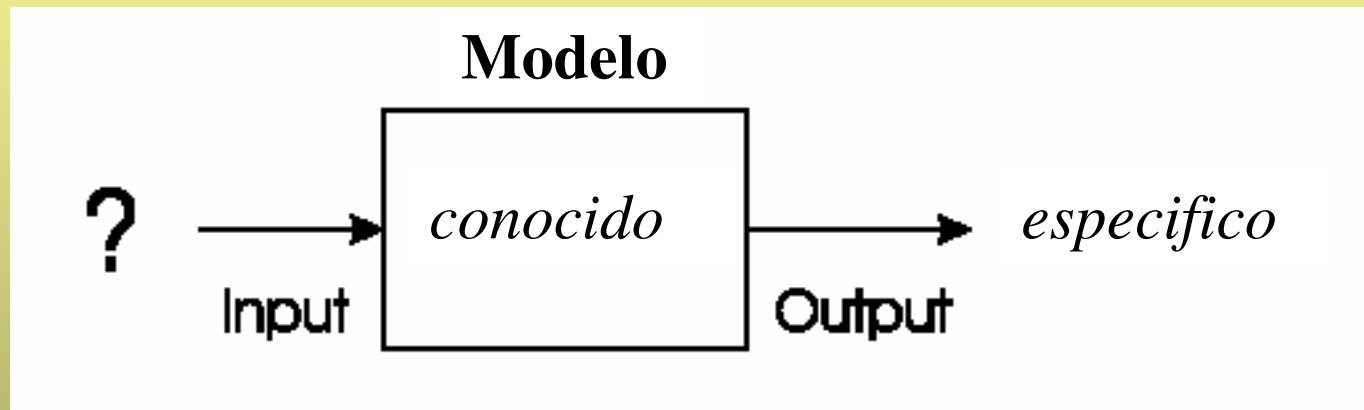
- La naturaleza siempre inspiro al ser humano (particularmente científicos e ingenieros)
- Los mejores “problem solvers” que conocemos son:
 - **el cerebro humano que creo** la teoria de la relatividad, puso al hombre en la luna, produjo el proyecto genoma y nos dio el Talmud y la poesia de Borges.
 - **la seleccion natural** que creo el cerebro humano (“Origin of Species...” de C.Darwin (& Wallace))
- El primero → neurocomputacion
- El segundo → computacion evolutiva

Motivaciones para CE(2)

- El desarrollo, análisis y aplicación de métodos (algoritmo) para resolver problemas es un tema central en matemáticas y ciencias de la computación
- El tiempo para un análisis detallado de problemas decrece
- Complejidad de los problemas incrementa
- Consecuencia:
Se necesita una tecnología robusta para la solución de problemas

Problema de Optimización

- Tenemos un modelo de nuestro sistema y buscamos el input que nos de un output específico



- por ejemplo
 - schedules para exámenes en universidades, rota de enfermeras en hospitales, etc
 - especificaciones de diseño, etc

Ejemplo de optimización: tabla de horarios



Espacio de búsqueda enorme

las tablas deben ser *buenas*

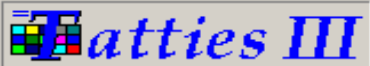
“Buenas” se define por medio de un número de criterios que no son siempre compatibles

Las tablas deben ser realizables

La gran mayoría del espacio de búsqueda es no-realizable

Tatties III Beta 1.4 - Full Copy - H:\tattiesIII2.1beta\dept.tat

File Evolution Evaluation Algorithm Display Advanced



Evaluations: 717 Last change at: 431 Evaluations per minute: 14952 Displaying: Best
 Run No: 0 Placing Events is a Special Priority

Targets			Weights	
22		Unplaced Events: 1		100
0		Changes: 0		0
1		Five O'Clock Classes: 13		100
6		Wed Afternoon Classes: 13		24
60		Gaps in Student Day: 7046		82
0		Lone Classes: 17708		100
30		Long Intensive: 0		100
0		Overloaded Lecturers: 26		27
0		No Teaching Free Day: 52		46
0		Instant Site Changes: 0		30
0		Site Changes: 0		43
210		Location Changes: 49738		8
100		Room Changes: 11869		13

Progress: 55%

Ejemplo de optimización: diseño de estructuras



Optimizar el diseño de satélites / antenas (NASA) para minimizar las vibraciones indeseadas.

Evolucionan: diseños de estructuras

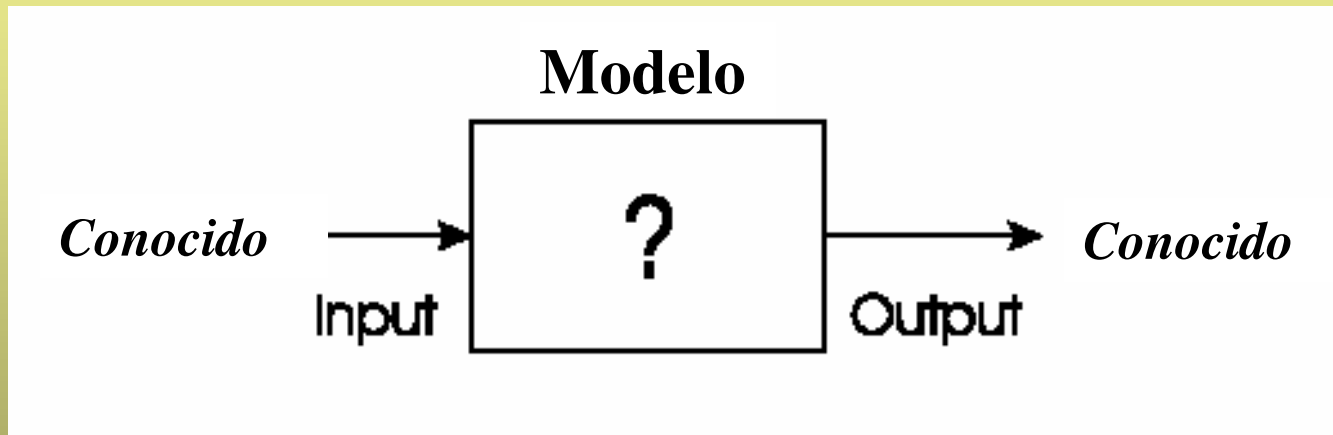
Fitness: resistencia a la vibración

“creatividad evolutiva”
o mejor aun :

“Designoids” (R.Dawkins,
climbing mount improbable)

Problemas de Modelado

- Conocemos los inputs y outputs pero no sabemos cual es el proceso que produce esos pares



- Aprendizaje computacional evolutivo (evolutionary machine learning)

Ejemplo de modelado: creidibilidad crediticia



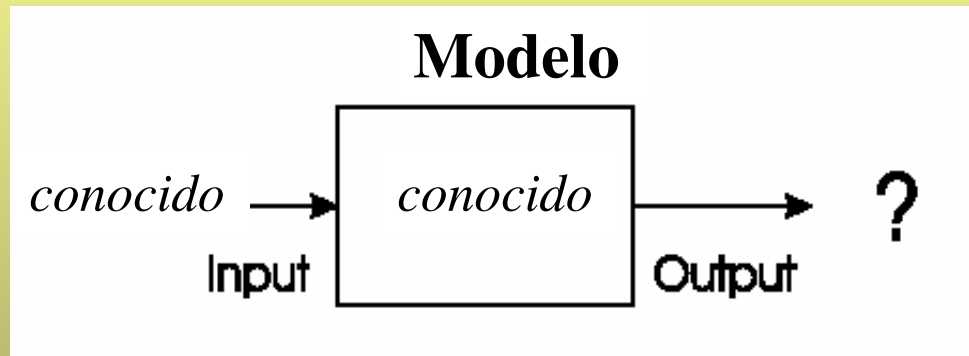
Los bancos británicos producen modelos de credibilidad crediticia diseñados

Evolucionan: modelos predictivos de capacidad de pago

Fitness: precisión del modelo en datos históricos

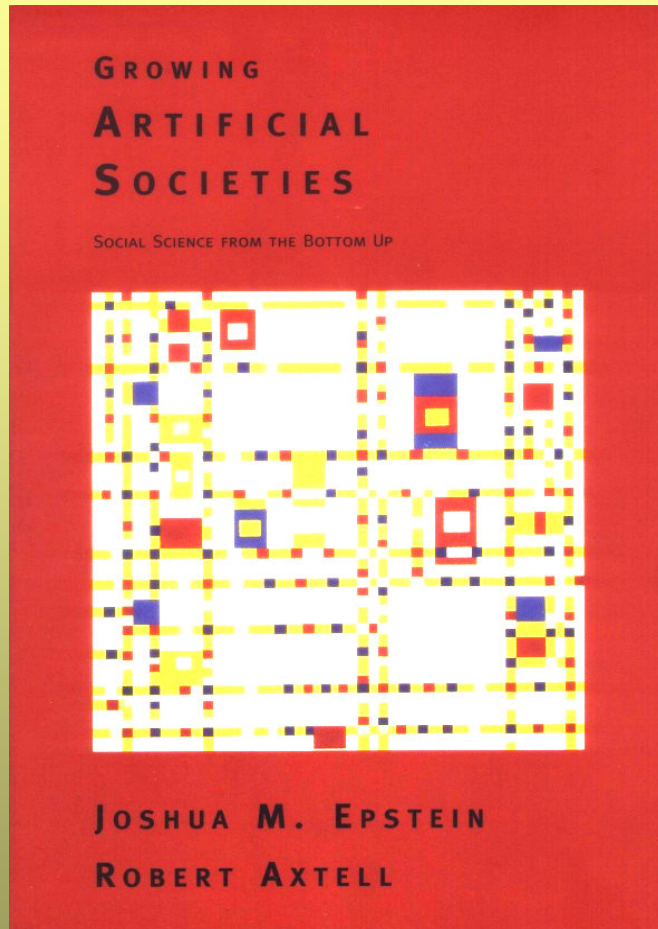
Problemas de Simulacion

- Tenemos un modelo y queremos saber que tipos de outputs se pueden esperar del mismo



- generalmente usado para responder preguntas del tipo “que pasa si?” en ambientes dinamicos.
- Ejemplos: modelado de juegos evolutivos, economicos, sociales, etc

Otro ejemplo:



simulacion de comercio, economia, competicion, etc para ajustar las variables de modelos.

Se usa el modelo para optimizar reglas, estrategias y politicas

La supervivencia del mas apto es universal, se aplica a los pequenos consumidores y a los grandes monopolios.

Demostracion: cuadrados magicos

- Dada una grilla de 10x10 con un pequeno cuadrado de 3x3 adentro
- acomodar los numeros del 1 al 100 de tal forma que:
 - todas las sumas verticales, horizontales y diagonales sumen lo mismo (505)
 - un cuadradito de 3x3 forma la solucion para 1-9

Enfoque evolutivo

- Crear un arreglo aleatorio
- producir N mutates de dicho arreglo
- mantener el mutante con el menor error
- parar cuando el error sea creó

Demonstration: magic square

- Software por M. Herdy, TU Berlin
- Parametros:
 - Step1: mutacion chica, lento pero llega al optimo
 - Step10: mutacion grande, rapido pero se sale del optimo
 - Mstep: mutacion se modifica on-line, rapido y llega al optimo



Application