

8221010015

Evrimsel Hesaplama ve Uygulamaları

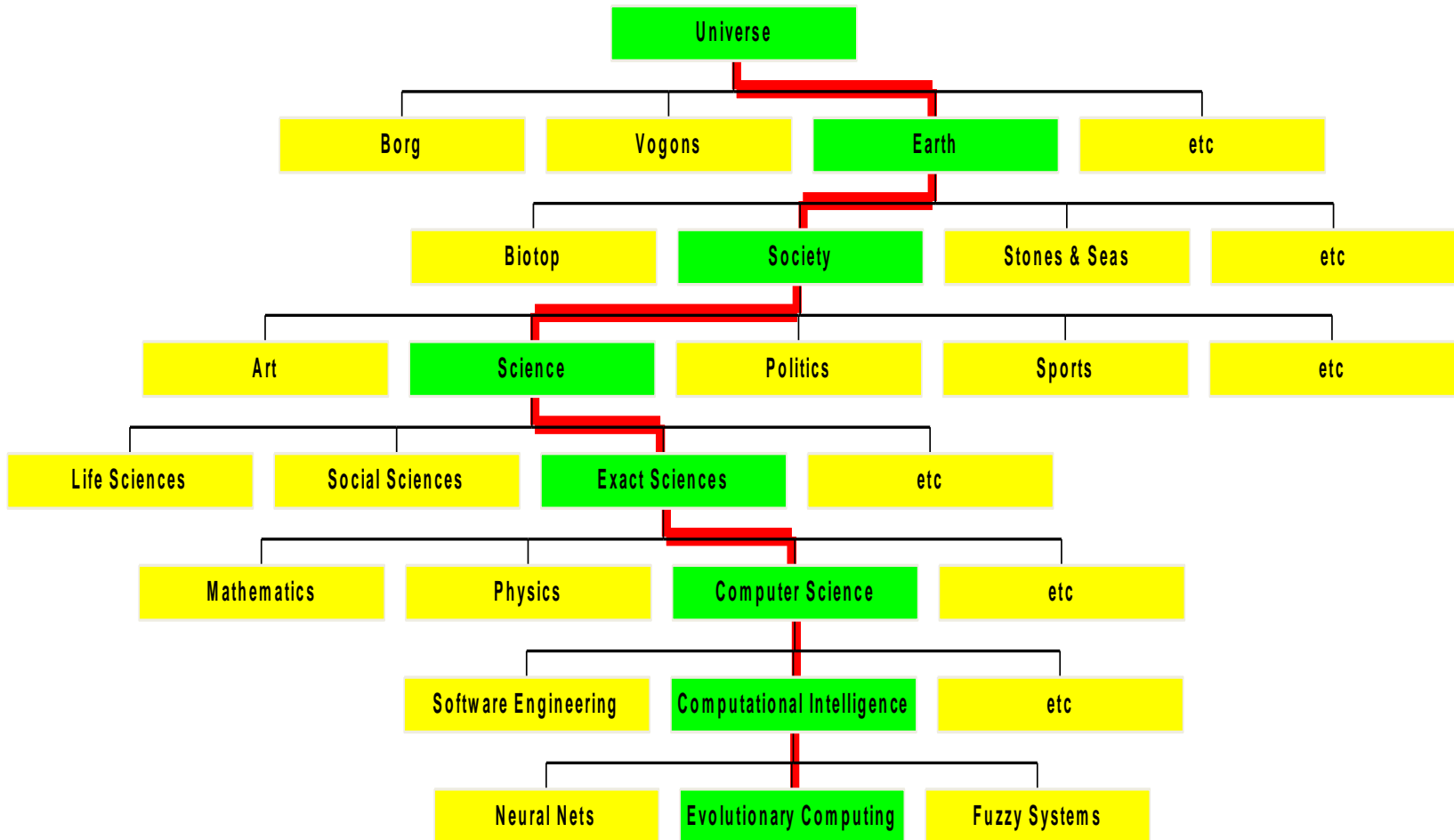
2.HAFTA

Evrimsel Hesaplamanın Temelleri

1.Hafta - Tekrar

- Ders Hakkında – Ödev, Proje, Sınav
- Çözülecek Problemler
- Kara Kutu Modeli
 - Optimizasyon, Modelleme, Simülasyon
- Arama Problemleri
 - Arama Uzayı
- Optimizasyon ve Kısıt Memnuniyeti
 - Amaç Fonksiyonu ve Kısıtlar
 - FOP, CSP, COP
- NP-Problems
 - P, NP, NP-Complete, NP- Hard

Evolutionary Computing



Giriş

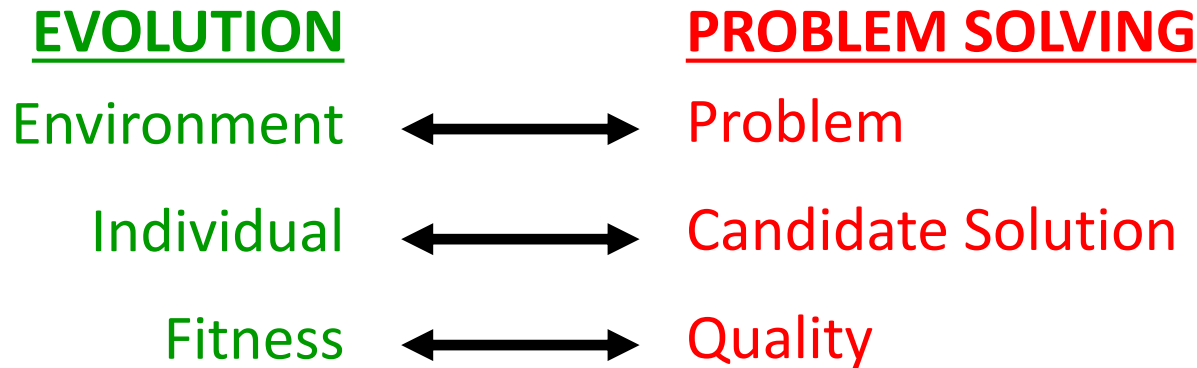
- Evrimsel Hesaplama alanının genel özeti
- Araştırmacılara zengin bir kaynak sağlayan metafor ve fikirler
- İlham kaynağı olan biyolojik süreçler
- Evrimsel Hesaplama üzerinde çalışma konusunda motivasyon ve uygulama örnekleri

Temel Evrimsel Hesaplama Metaforu

- Bilgisayar bilimlerinde bir araştırma alanı,
- Doğal evrim sürecinden ilham alan özel bir hesaplama tekniği,
- Doğadaki evrimin gücü,
 - Dünyamızı oluşturan her biri kendi yerinde hayatta kalmak için tasarlanmış çeşitli türlerde belirgindir
- Evrimsel hesaplamanın temel metaforu,
 - Bu güçlü doğal evrimi, belirli bir problem çözme tarzıyla (deneme yanılma) ilişkilendirir.

Temel Evrimsel Hesaplama Metaforu

- Çevre, hayatta kalmak ve üremek için çabalayan bireylerin nüfusu ile doludur.
- Bu bireylerin uygunluğu çevre tarafından belirlenir ve hedeflerine ulaşmada ne kadar başarılı oldukları ile ilgilidir.
 - Hayatta kalma ve çoğalma şanslarını temsil eder.
- Problem çözme sürecinde aday çözümler ve problemi çözme kaliteleri



Fitness → chances for survival and reproduction

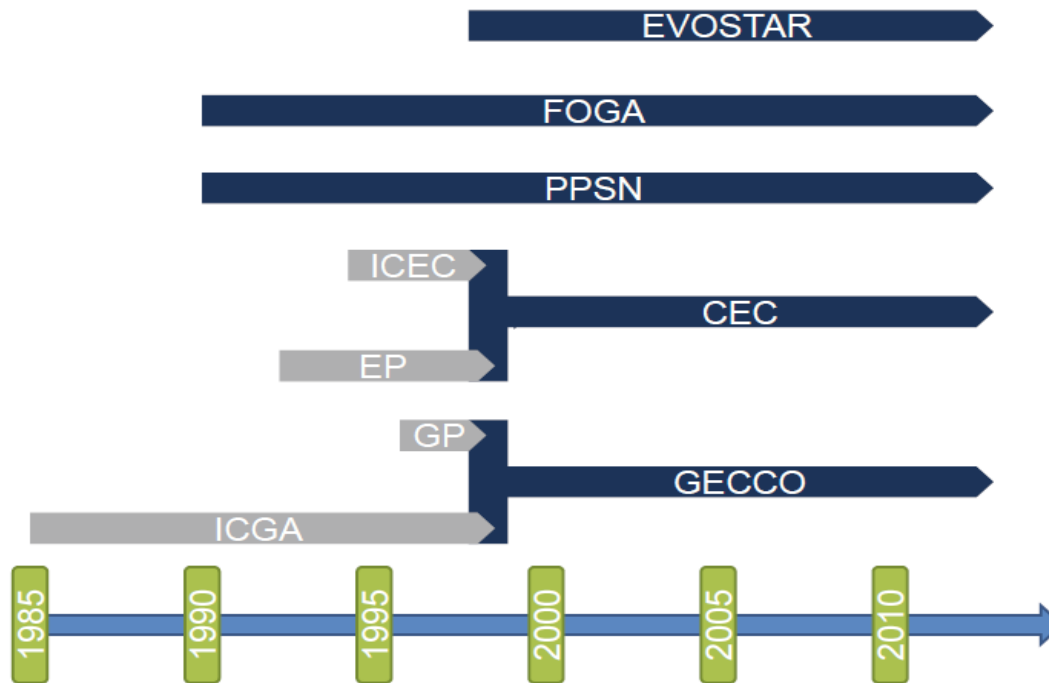
Quality → chance for seeding new solutions

Brief History 1: The ancestors

- 1948, Turing:
proposes “genetical or evolutionary search”
- 1962, Bremermann
optimization through evolution and recombination
- 1964, Rechenberg
introduces evolution strategies
- 1965, L. Fogel, Owens and Walsh
introduce evolutionary programming
- 1975, Holland
introduces genetic algorithms
- 1992, Koza
introduces genetic programming

Evolutionary Computing and Evolutionary Algorithms

Brief History 2: The rise of EC



- 1985: first international conference (ICGA)
- 1990: first international conference in Europe (PPSN)
- 1993: first scientific EC journal (MIT Press)
- 1997: launch of European EC Research Network EvoNet

Studies on the EC

•Searches in ScienceDirect.com

- Evolutionary Computing → 87,242
- Evolutionary Algorithms → 99,268
- Genetic Algorithm → 223,034

•Journals

- Evolutionary Computation – MIT
- Swarm and Evolutionary Computation – Elsevier
- IEEE Transactions on Evolutionary Computation-IEEE
- Genetic Programming and Evolvable Machines - Springer

Studies on Genetic Algorithm for years

<input type="checkbox"/>	2020 (600)
<input type="checkbox"/>	2019 (20,967)
<input type="checkbox"/>	2018 (20,714)
<input type="checkbox"/>	2017 (17,842)
<input type="checkbox"/>	2016 (16,461)
<input type="checkbox"/>	2015 (15,227)
<input type="checkbox"/>	2014 (13,769)
<input type="checkbox"/>	2013 (12,859)
<input type="checkbox"/>	2012 (11,614)
<input type="checkbox"/>	2011 (10,375)
<input type="checkbox"/>	2010 (9,142)
<input type="checkbox"/>	2009 (8,651)
<input type="checkbox"/>	2008 (7,861)
<input type="checkbox"/>	2007 (7,094)
<input type="checkbox"/>	2006 (6,724)
<input type="checkbox"/>	2005 (5,848)
<input type="checkbox"/>	2004 (4,824)
<input type="checkbox"/>	2003 (4,118)
<input type="checkbox"/>	2002 (3,120)
<input type="checkbox"/>	2001 (2,874)
<input type="checkbox"/>	2000 (2,550)
<input type="checkbox"/>	1999 (2,200)
<input type="checkbox"/>	1998 (2,272)
<input type="checkbox"/>	1997 (2,454)
<input type="checkbox"/>	1996 (2,149)

Darwinist Evrimi

-En Uyumluların Hayatta Kalması-

- Sınırlı kaynaklara sahip bir ortam düşünelim.
 - Yalnızca sınırlı sayıda kişiyi destekleyebilir.
- Yaşam biçimlerinin, üremeye yönelik temel içgüdüleri / yaşam döngüleri vardır.
- Bu nedenle bir çeşit seçim kaçınılmazdır.
- Kaynaklar için en etkili şekilde rekabet eden bireyler çoğalma şansını arttırmışlardır.

Darwinist Evrim

-Çeşitlilik ile Değişim Sağlama-

- Fenotipik özellikler
 - Çevreye verilen tepkiyi etkileyen davranış / fiziksel farklılıklar
 - Kısmen kalıtım yoluyla, kısmen gelişme sırasındaki faktörlerle belirlenir
 - Her bireye özel, kısmen rastgele değişikliklerin bir sonucu olarak
- Eğer fenotipik özellikler
 - Daha yüksek üreme şansına yol açar ve
 - Miras alınabilir

o zaman sonraki nesillerde artış eğilimi göstereceklerdir.
- Yeni özellik kombinasyonlarına öncülük ederler.

Darwinist Evrim - Özet

- Popülasyon çeşitli bireylerden oluşur.
- Daha iyi adapte olmuş özelliklerin kombinasyonları popülasyondaki temsili artırma eğilimindedir.

Individuals are “units of selection”

- Varyasyonlar, sürekli bir çeşitlilik kaynağı oluşturan rastgele değişikliklerle gerçekleşir, seçim ile birleştğinde ise;

Population is the “unit of evolution”

- Note the absence of “guiding force”

Adaptive landscape metaphor

- On this landscape the height dimension belongs to fitness: high altitude stands for high fitness.
- The other two (or more, in the general case) dimensions correspond to biological traits
- The xy -plane holds all possible trait combinations, and the z values show their fitnesses
- Hence, each peak represents a range of successful trait combinations, while troughs belong to less fit combinations.
- Evolution is then the process of gradual advances of the population to high-altitude areas, powered by variation and natural selection.

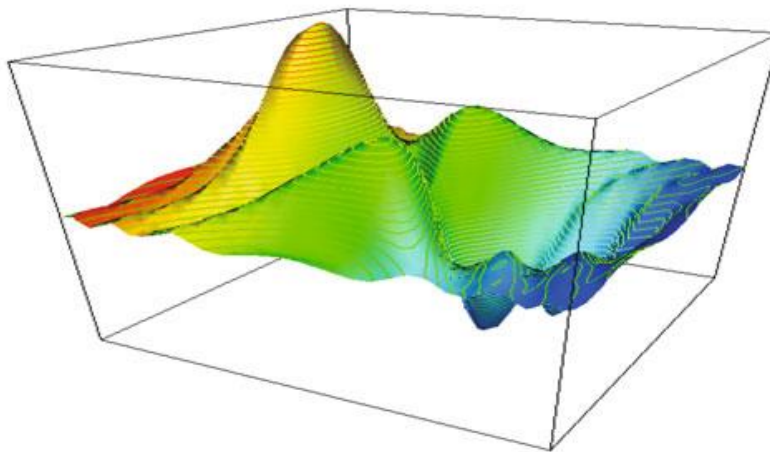
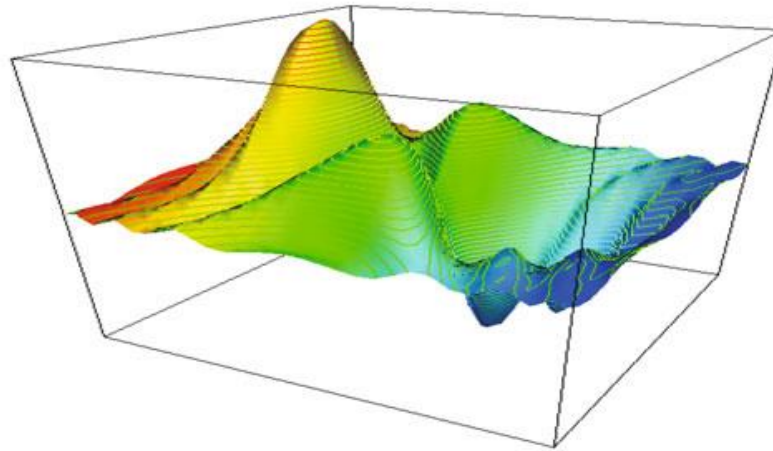


Illustration of Wright's adaptive landscape with two traits

Adaptive landscape metaphor



- Our familiarity with the physical landscape on which we exist naturally leads us to the concept of ***multimodal problems***.
- These are problems in which there are a number of points that are better than all their neighbouring solutions.
- We call each of these points ***a local optimum*** and denote the highest of these as the ***global optimum***.
- A problem in which there is only one local optimum is known as ***unimodal***.

Adaptive landscape metaphor

- Selection “pushes” population up the landscape
- Genetic drift (Genetik Kayma):
 - random variations in feature distribution
 - (+ or -) arising from sampling error
 - highly fit individuals may be lost from the population, or the population may suffer from a loss of variety concerning some traits.
 - can cause the population “melt down” hills, thus crossing valleys and leaving local optima

Doğal Genetik

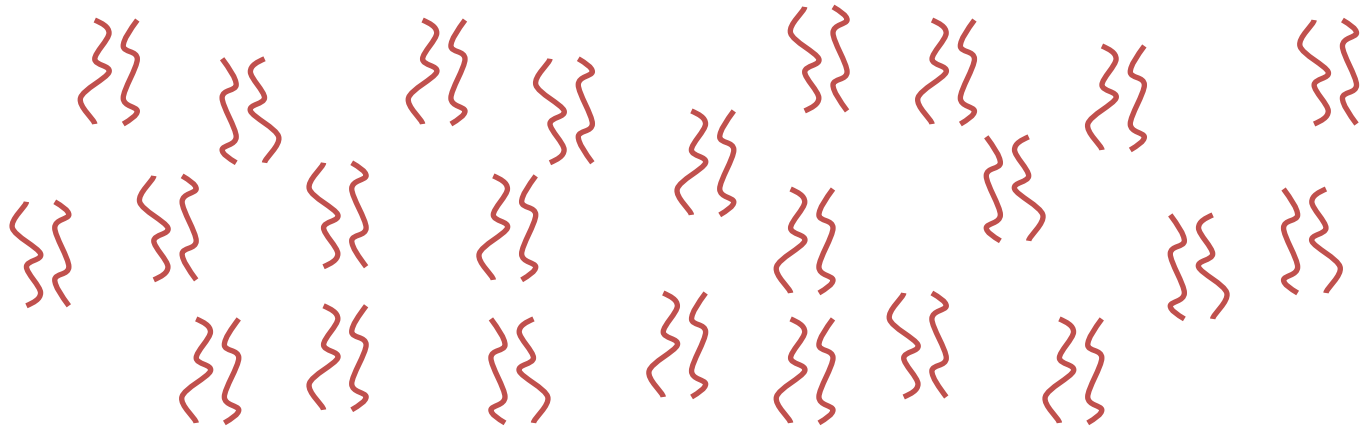
- Canlı bir organizma oluşturmak için gereken bilgiler bu organizmanın DNA'sında kodlanmıştır.
- Genotip (Genotype-DNA inside), Fenotipi (phenotype) belirler
- Genler → fenotipik özellikler karmaşık bir haritalamadır
 - Bir gen birçok özelliği etkileyebilir (pleiotropy)
 - Pek çok gen bir özelliği etkileyebilir (polygeny)
- Genotipteki küçük değişiklikler organizmada küçük değişikliklere yol açar (örneğin; boy, saç rengi)

Genler ve Genom

- Genler, kromozom adı verilen DNA zincirlerinde kodlanmıştır.
- Çoğu hücrede, her bir kromozomun iki kopyası vardır (diploidy).
- Bir kişinin genotipindeki genetik materyalin tamamına **Genom** denir.
- Bir tür içinde, genetik materyalin çoğu aynıdır.

Örnek: İnsanlar (Homo Sapiens)

- İnsan DNA'sı kromozomlar halinde düzenlenmiştir
- İnsan vücudu hücreleri, bireyin fiziksel özelliklerini birlikte tanımlayan 23 çift kromozom içerir:

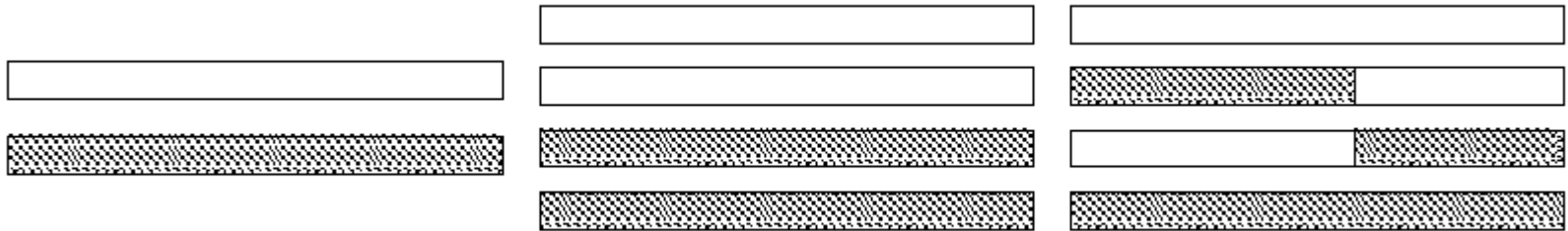


Üreme Hücreleri (Reproductive Cells)

- Gametler (sperm ve yumurta hücreleri) 23 çift yerine 23 bireysel kromozom içerir.
- Her bir kromozomun yalnızca bir kopyasına sahip hücrelere **Haploid** adı verilir
- Gametler **mayoz** olarak adlandırılan özel bir hücre bölünmesi formundan oluşur.
- Mayoz sürecinde, kromozom çiftleri **çaprazlama(crossing-over)** denen bir operasyon geçirir.

Mayoz Sürecinde Çaprazlama

- Kromozom çiftleri hizalanır ve kopyalanır.
- İç çiftler bir noktaya (*centromere*) bağlanır ve kendi parçalarını değiştirir.

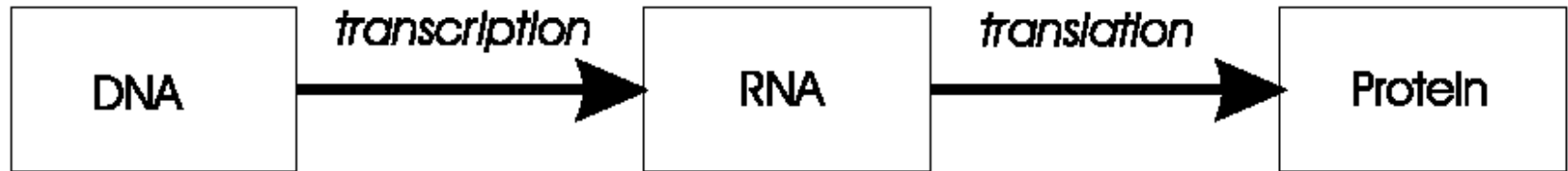


- Sonuç, anne / baba kromozomun bir kopyası ve iki yeni kombinasyondur.
- Çaprazlamadan sonra her çiftten biri gamete gider.

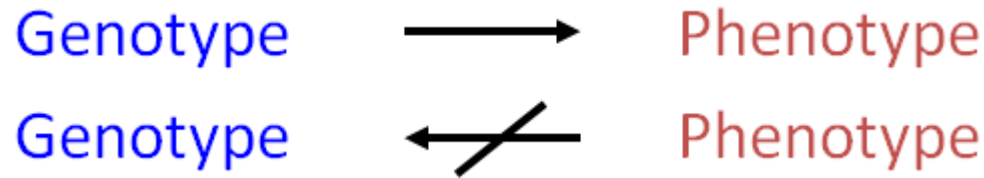
Genetic code

- Dünyada üzerindeki yaşam içinde bulunan tüm proteinler, 20 farklı amino asitten meydana gelen dizilerden oluşur.
- DNA, bir çift sarmal spiralde dört nükleotitten oluşur: purinler A, G; pirimidinler T, S
- **Kodonlar** bu nükleotitlerin üçlemelerinden oluşur ve bu kodonlar belirli bir amino asidi kodlar.
- Much redundancy:
 - purines complement pyrimidines
 - the DNA contains much rubbish
 - $4^3=64$ codons code for 20 amino acids
 - genetic code = the mapping from codons to amino acids
- **For all natural life on earth, the genetic code is the same !**

Transkripsiyon ve Translasyon



- A central claim in molecular genetics: only one way flow



- Lamarckism (saying that acquired features can be inherited) is thus wrong!
- Changes in the genetic material of a population can only arise from random variations and natural selection and definitely not from individual learning.
- It is important to understand that all variations (mutation and recombination) happen at the genotypic level, while selection is based on actual performance in a given environment, that is, at the phenotypic level.

Mutation

- Occasionally some of the genetic material changes very slightly during this process (replication error)
- This means that the child might have genetic material information not inherited from either parent
- This can be
 - catastrophic: offspring is not viable (most likely)
 - neutral: new feature does not influence fitness
 - advantageous: strong new feature occurs
- Redundancy in the genetic code forms a good way of error checking

Motivations for EC: 1

- Nature has always served as a source of inspiration for engineers and scientists
- The best problem solver known in nature is:
 - the (human) brain
 - the evolution mechanism
- Answer 1 → neurocomputing
- Answer 2 → evolutionary computing

Motivations for EC: 2

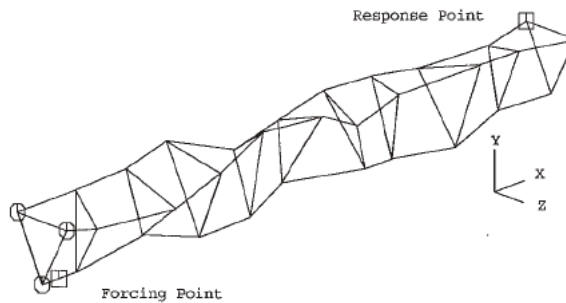
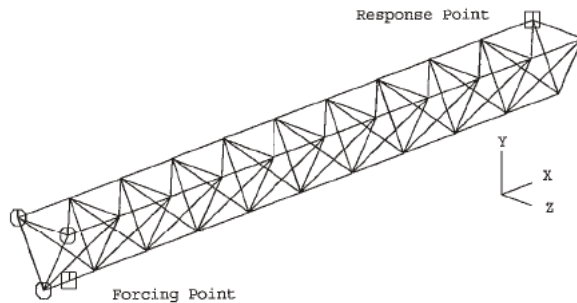
- Developing, analyzing, applying **problem solving** methods a.k.a. algorithms **is a central theme** in mathematics and computer science
- **Time** for thorough problem analysis **decreases**
- **Complexity** of problems to be solved **increases**
- Consequence:
Robust problem solving technology needed
- That is, there is a need for algorithms that are applicable to
 - A wide range of problems,
 - Do not need much tailoring for specific problems, and
 - Deliver good (not necessarily optimal) solutions within acceptable time.
- Evolutionary algorithms do all this, and so provide an answer to more complex problems in less time

Motivations for EC: 3

- Human curiosity
- Evolutionary computing represents the possibility of performing experiments differently from traditional biology.
- Evolutionary processes can be simulated in a computer,
 - First, because we do not know whether the computer models represent the biological reality with sufficient fidelity.
 - Second, it is unclear whether conclusions drawn in a digital medium, in silico, can be transferred to the carbon-based biological medium.
- Application issues do not play a role here, at least not in the short term.
- But, of course, learning more about evolutionary processes in general can help in designing better algorithms later.

Application Examples for EC

- Timetabling of university classes
- Designing a satellite dish holder boom



- Evaluating new loan applicants
- Modelling the behaviour of stock market traders

Advantages of EC

- No presumptions with respect to problem space
- Widely applicable
- Low development & application costs
- Easy to incorporate other methods
- Solutions are interpretable (unlike NN)
- Can be run interactively, accommodate user proposed solutions
- Provides many alternative solutions
- Intrinsic parallelism, straightforward parallel implementations

Disadvantages of EC

- No guarantee for optimal solution within finite time
- Weak theoretical basis
- May need parameter tuning
- Often computationally expensive, i.e. slow

Summary

- Evolutionary Computation:
 - is a method, based on biological metaphors, of breeding solutions to problems
 - has been shown to be useful in a number of areas
 - could be useful for your problem
 - its easy to give it a try
 - is FUN

Kaynaklar

- A.E. Eiben and J.E. Smith, Introduction to Evolutionary Computing, Natural Computing Series, Springer