

CENG 415 Evrimsel Hesaplama

Bölüm 3: Evrimsel Hesaplama Nedir?

Şevket Umut Çakır

Pamukkale Üniversitesi

22 Ekim 2020

EH Metaforu Hatırlatma

- Bireylerin oluşturduğu popülasyon kaynakları kısıtlı bir ortamda bulunur
- Kaynaklar için oluşan **rekabet**, ortama daha iyi uyum sağlayan(fit) bireylerin seçilimine sebep olur
- Bu bireyler, rekombinasyon ve mutasyon yoluyla yeni bireylerin oluşumu için tohum görevi görür
- Yeni bireylerin uygunlukları değerlendirilir ve hayatta kalmak için (muhtemelen ebeveynleriyle de) rekabet eder
- Zamanla Doğal seçim, popülasyonun uygunluğunun artmasına neden olur



EH Metaforu Hatırlatma

- Evrimsel hesaplama algoritmaları "oluştur ve test et" algoritma kategorisindedir
- Stokastik, popülasyon temelli algoritmalarlardır
- Varyasyon operatörleri (rekombinasyon ve mutasyon) gerekli çeşitliliği yaratır ve böylece yeniliği kolaylaştırır
- Seçim çeşitliliği azaltır ve kalite artımını zorlayan bir güç görevi görür



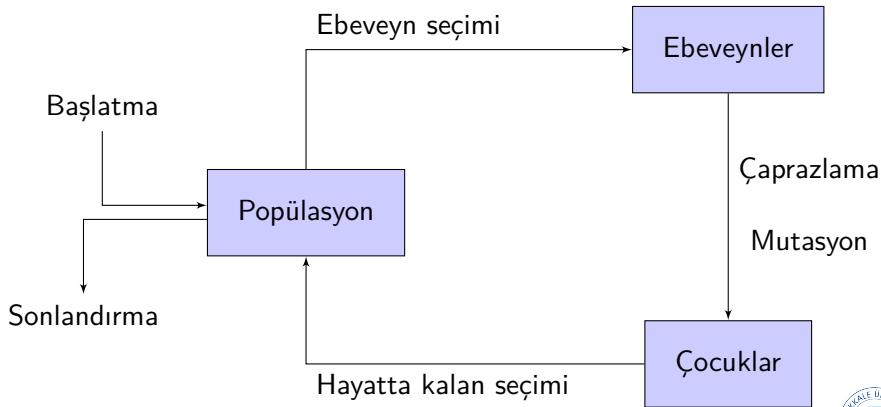
Evrimsel Hesaplama Nedir?

- 1 Evrimsel Hesaplama Şeması
- 2 Ana EH Bileşenleri
- 3 Örnek: 8-Vezir Problemi
- 4 Tipik EH Davranışı
- 5 EH ve Küresel Eniyileme
- 6 EH ve Komşuluk Araması



Evrimsel Hesaplama Şeması

Genel Şema



Evrimsel Hesaplama Şeması

Sözde kod şema

BASLA

Baslangic populasyonunu rastgele olustur(INITIALISE)

Her adayi degerlendir(EVALUATE)

Bitis kosulu saglanana kadar TEKRARLA(REPEAT)

1 Ebeveynleri sec(PARENT SELECT)

2 Ebeveynleri caprazla(RECOMBINE)

3 Yavrulari mutasyona tabi tut(MUTATE)

4 Yeni adaylari degerlendir(EVALUATE)

5 Sonraki nesile hayatta kalacaklari
sec(SURVIVOR SELECT)

BITIR



Evrimsel Hesaplama Şeması

Evrimsel süreçlerin ortak modeli

- Bireylerden oluşan **popülasyon**
- Bireylerin **uygunluk**(fitness) değerleri var
- **Çeşitlilik**(variation) operatörleri: çaprazlama ve mutasyon
- Uygunluk değeri büyük olanın **seçilimi**
 - ▶ En güçlünün hayatta kalması
 - ▶ En güçlünün çiftleşmesi/üremesi



Evrimsel Hesaplama Şeması

Evrimin iki ayağı

İki rakip güç var

Popülasyon **çeşitliliğini artıran**
genetik operatörler

- mutasyon
- çaprazlama

Yeniliği(novelty) artırır

Popülasyon **çeşitliliğinin** seçim ile
azalması

- hayatta kalanların
- ebeveynlerin

Kaliteyi artırır



Ana EH Bileşenleri

Temsil

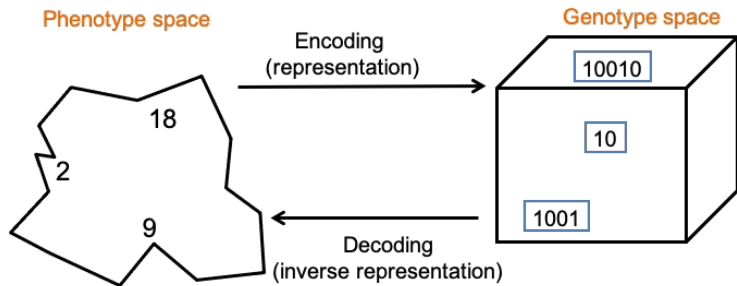
- **Rolü:** Çeşitlilik operatörleri tarafından değiştirilebilecek, aday çözümler için bir kod sağlar
- İki farklı şekilde ortaya çıkar
 - ▶ **fenotip:** Orjinal problem bağlamında olası çözümleri oluşturan nesneler, dışarıda
 - ▶ **genotip:** Nesneyi belirten kod, içeride (kromozom, sayısal DNA)
- İki eşleşmeyi ifade eder
 - ▶ Kodlama(encoding): fenotip \rightarrow genotip (birebir olmak zorunda değil)
 - ▶ Kod çözme(decoding): genotip \rightarrow fenotip (birebir olmak zorunda)
- Kromozomlar, **lokus** (tek lokus) adı verilen (genellikle sabit) pozisyonlarda bulunan ve bir değeri (**alel**) olan **genleri** içerir



Ana EH Bileşenleri

Temsil

Örnek: Tamsayı değerlerini ikili kodları ile temsil etmek



Global optimum noktasını bulabilmek için, bütün uygun/geçerli çözümler genotip uzayında temsil edilmelidir



Ana EH Bileşenleri

Değerlendirme(Fitness) Fonksiyonu

- Rolü:
 - ▶ Çözülmesi gereken problemi temsil eder, uyum/uygunluk için gereksinimler(ortam olarak düşünülebilir)
 - ▶ Seçilimi mümkün kılar(karşılaştırma için temel sağlar)
 - ▶ örneğın bazı fenotipik özellikler avantajlıdır, arzu edilir(büyük kulaklar daha iyi serinleme sağlar), bu özellikler beklenen şekilde aynı özelliğı taşıyacak daha fazla yavru tarafından ödüllendirilir.
- *Kalite fonksiyonu* ya da *amaç fonksiyonu* olarak da bilinir
- Seçimin temelini oluşturan her fenotipe tek bir gerçek değeri(sayısal) uygunluk değeri atar
- Tipik olarak fonksiyon değeri en çoklanması(maximise)
 - ▶ Bazı problemler en iyi küçültme(minimization) problemi olarak değerlendirilebilir
 - ▶ Minimizasyon türündeki problemleri maximizasyon türüne dönüştürmek matematiksel olarak kolaydır(tersi de geçerli)



Ana EH Bileşenleri

Popülasyon

- Rolü: Problemin aday çözümlerini birey(genotip) olarak barındırır
- Teorik olarak popülasyon çoklu bireylerin kümesidir, tekrarlar mümkündür
- Popülasyon evrimin temel birimidir, yani bireyler değil popülasyon gelişmektedir
- Seçim operatörleri popülasyon düzeyinde çalışır
- Çeşitlilik operatörleri bireysel düzeyde çalışır



Ana EH Bileşenleri

Popülasyon

- Bazı karmaşık EH yöntemleri popülasyon üzerinde uzamsal bir yapı ortaya koyar, bir ızgara yapısı gibi
- Seçim operatörleri genellikle tüm popülasyonu hesaba katar, yani üreme olasılıkları mevcut nesil ile ilişkilidir
- Bir popülasyonun çeşitliliği, mevcut farklı uygunluk değerlerinin / fenotiplerin / genotiplerin sayısını ifade eder (not: aynı şey değil)



Ana EH Bileşenleri

Seçme mekanizması

- Rolü: Bireyleri tanımlar
 - ▶ Hayatta kalacak
 - ▶ Ebeveyn olacak
- Popülasyonu daha yüksek uygunluk değerlerine iter
- Genellikle olasılıklıdır
 - ▶ Yüksek kaliteli çözümler, düşük kaliteliye göre daha çok seçilme olasılığına sahiptir
 - ▶ ama garanti değildir
 - ▶ mevcut popülasyondaki en kötü bireyin bile seçilme olasılığı sıfırdan büyüktür
- İşlemin stokastik doğası yerel optimum noktalardan kaçmaya yardım edebilir

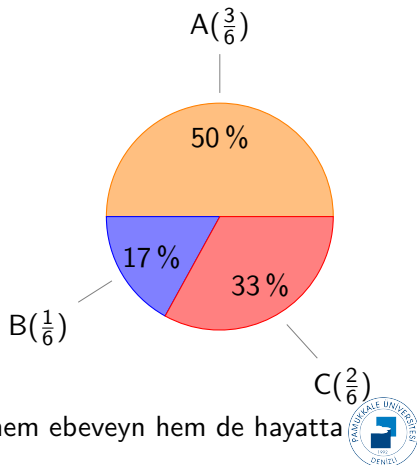


Ana EH Bileşenleri

Seçme mekanizması

Örnek: Rulet tekeri seçme

- $\text{fitness}(A) = 3$
- $\text{fitness}(B) = 1$
- $\text{fitness}(C) = 2$



Prensip olarak herhangi bir seçim işlemi hem ebeveyn hem de hayatta kalanların seçimi için kullanılabilir.



Ana EH Bileşenleri

Seçme Mekanizması

- Hayatta kalanların seçimi(değiştirme(replacement) olarak da bilinir)
- Çoğu EH yöntemi sabit boyutlu popülasyon kullanır, bu nedenle (ebeveynler + çocuklar) kümesinden bir sonraki nesle gitmek için bir yola ihtiyaç vardır
- Genellikle deterministik(ebeveyn seçimi rassal/stokastik olmasına rağmen)
 - ▶ Fitness/uygunluk değeri tabanlı: ebeveynler + çocukları sırala, en iyilerini al
 - ▶ Yaş tabanlı: Ebeveyn sayısı kadar çocuk oluştur ve tüm ebeveynleri sil
- Bazen de stokastik ve deterministik seçimin bir kombinasyonu(elitizm)



Ana EH Bileşenleri

Çeşitlilik Operatörleri

- Rolü: Yeni aday çözümler üretmek
- Genellikle argüman sayısına(**arity**) göre ikiye ayrılır
 - ▶ Arity 1: mutasyon operatörleri
 - ▶ Arity >1 : rekombinasyon operatörleri
 - ▶ Arity 2: tipik olarak **çaprazlama** olarak adlandırılır
 - ▶ Arity > 5 : mümkündür, evrimsel hesaplamada nadiren kullanılır
- Rekombinasyon ve mutasyonun göreceli önemi hakkında birçok tartışma olmuştur.
 - ▶ Günümüzde çoğu EA her ikisini de kullanıyor
 - ▶ Varyasyon operatörleri verilen gösterimle eşleşmelidir



Ana EH Bileşenleri

Mutasyon

- Rolü: Küçük, rastgele varyansa(değişime) sebep olur
- Bir genotip üzerine etki eder ve yenisini verir
- Rastgelelik unsuru esastır ve onu diğer tekli sezgisel operatörlerden ayırır
- Önemi temsil biçimine ve tarihsel yapıya bağlıdır
 - ▶ **İkili genetik algoritmalar:** çeşitliliği korumak ve sağlamaktan sorumlu arka plan operatörü
 - ▶ **Sonlu Durum Makineleri için Evrimsel Programlama:** Tek arama operatörü
 - ▶ **Genetik programlama:** Çok az kullanılır
- Arama alanının bağlantılılığını ve dolayısıyla yakınsama kanıtlarını garanti edebilir



Ana EH Bileşenleri

Mutasyon

before

1 1 1 1 1 1 1



after

1 1 1 0 1 1 1



Ana EH Bileşenleri

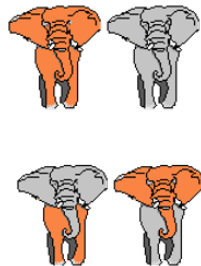
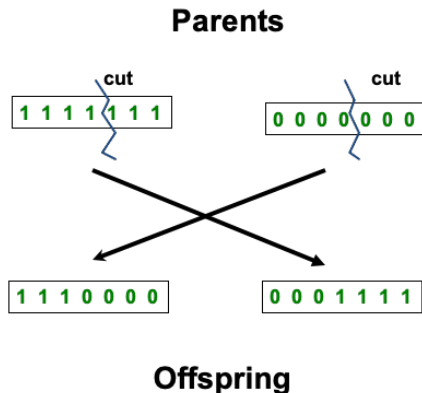
Rekombinasyon

- Rolü: Ebeveynlerden gelen bilgileri yeni nesillere aktarır
- Hangi bilgilerin birleştirileceğinin seçimi stokastiktir
- Yavruların çoğu daha kötü veya ebeveynlerle aynı olabilir
- Bazılarının iyi özelliklere yol açan genotip unsurlarını birleştirerek daha iyi olması umulmaktadır
- Bu ilke, bitki ve hayvan yetiştiricileri tarafından bin yıldır kullanılmaktadır



Ana EH Bileşenleri

Rekombinasyon



Ana EH Bileşenleri

Başlatma(Initialization) ve Sonlandırma(Termination)

- Başlatma genellikle rastgele yapılır
 - ▶ Olası alel değerlerinin eşit şekilde yayılmasını ve karışmasını sağlamanız gerekir ¹
 - ▶ Popülasyonu "tohumlamak" için mevcut çözümleri içerebilir veya probleme özgü buluşsal yöntemler kullanabilir
- Sonlandırma koşulu her nesilde kontrol edilir
 - ▶ Belirli bir uygunluk(fitness) değerine(bilinen/umut edilen) ulaşmak
 - ▶ İzin verilen maksimum nesil sayısına ulaşmak
 - ▶ Minimum çeşitlilik düzeyine ulaşmak
 - ▶ Uygunluk(fitness) iyileştirmesi olmadan belirli sayıda nesile ulaşmak

¹Alel veya alelmorf, belirli bir özelliği belirleyen bir genin değişik (alternatif) hallerinden her biri.



Ana EH Bileşenleri

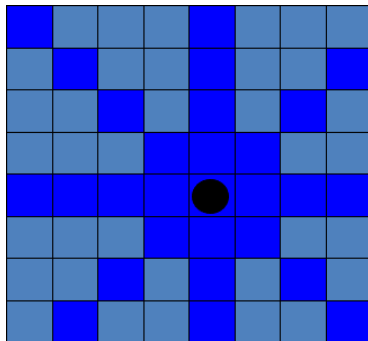
Farklı Evrimsel Hesaplama Türleri

- Evrimsel hesaplama yöntemlerinin tarihsel olarak farklı çeşitleri, çözümleri temsil etmek için farklı veri türleriyle ilişkilendirilmiştir.
 - ▶ Bit dizileri: Genetik algoritmalar
 - ▶ Gerçek-değerli vektörler: Evrim stratejisi
 - ▶ Sonlu durum makineleri: Evrimsel programlama
 - ▶ LISP ağaçları: Genetik programlama
- Bu farklılıklar büyük ölçüde alakasızdır, en iyi strateji
 - ▶ probleme uygun temsili seçilmesi
 - ▶ Temsile uygun çeşitlilik operatörlerinin seçilmesi
- Seçim operatörleri yalnızca uygunluğu kullanır ve bu nedenle temsilden bağımsızdır



Örnek

8-Vezir problemi



8x8'lik satranç tahtasında 8 veziri birbiri ile çakışmayacak şekilde yerleştir.



8-Vezir Problemi

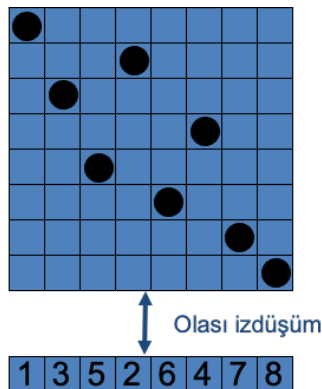
Temsil

Fenotip:

Bir tahta konfigürasyonu

Genotip:

1–8 arasındaki sayıların
bir permütasyonu



8-Vezir Problemi

Uygunluk değeri (Fitness Evaluation)

- Bir vezirin **cezası**: Çakıştığı vezir sayısı
- Bir konfigürasyonun cezası: Tüm vezirlerin ceza toplamı
- Not: Ceza minimize edilmeli
- Bir konfigürasyonun uygunluğu: cezanın tersi (örn. negatifi) maksimize edilmeli



8-Vezir Problemi

Mutasyon

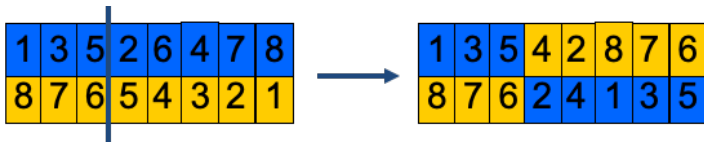
- Bir permütasyonda meydana gelen küçük bir değişiklik
 - ▶ Rastgele seçilen konumlardaki iki elemanın yer değiştirmesi



Rekombinasyon

İki permütasyondan yeni bir permütasyon oluşturma

- Rastgele bir çaprazlama noktası seç
- İlk kısımları çocuklara kopyala
- İkinci kısmı değerleri diğer ebeveynden ekleyerek oluştur:
 - ▶ Çaprazlama noktasından başlayarak
 - ▶ Diğer ebeveynde belirme sırasına göre
 - ▶ Mevcut değerleri atlayarak



8-Vezir Problemi

Seçme

- Ebeveyn seçimi
 - ▶ 5 ebeveyn alınır ve en iyi 2 tanesi çaprazlamaya gider
- Hayatta kalan seçimi(replacement)
 - ▶ Popülasyona yeni bir çocuk eklerken, yer değiştirilecek mevcut üyelerden birini seç:
 - ▶ Tüm popülasyonu uygunluk değerine göre azalacak şekilde sırala
 - ▶ Verilen çocuk bireyden daha kötü olan(en kötüsü) bir bireyle yer değiştir



8-Vezir Problemi

Özet

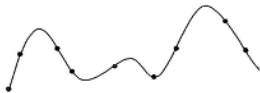
Temsil	Permütasyon
Rekombinasyon	Kes-ve-çapraz doldur(cut-and-crossfill) çaprazlama
Rekombinasyon olasılığı	%100
Mutasyon	Yer değiştirme
Mutasyon olasılığı	%80
Ebeveyn seçimi	Rastgele 5 içinden en iyi 2
Hayatta kalan seçimi	En kötüyü yer değiştir
Popülasyon boyutu	100
Çocuk sayısı	2
Başlatma	Rastgele
Bitiş koşulu	Çözüm veya 10000 fitness değerlendirme



Tipik EH Davranışı

Aşamalar

Erken aşama: quasi-random popülasyon dağılımı



Orta aşama: popülasyon tepelerde/çevresinde yerleşmiş



Geç aşama: Popülasyon yüksek tepelerde yoğunlaşmış



Tipik EH Davranışı

Tipik çalışma: Uygunluk değerinin ilerlemesi

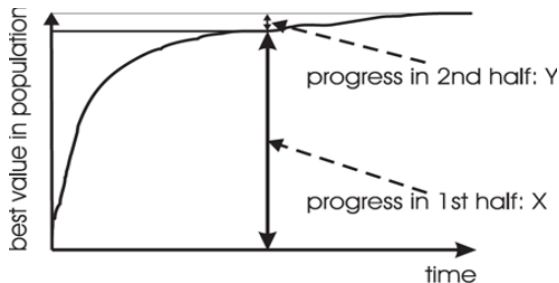


Şekil: Bir evrimsel hesaplamanın tipik çalışması



Tipik EH Davranışı

Uzun eğitimler faydalı mıdır?



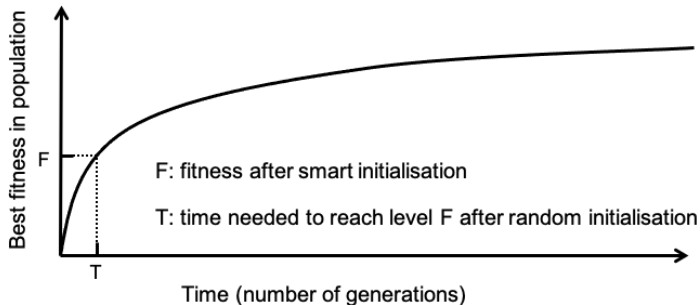
- Cevap:

- ▶ Son ilerlemeyi ne kadar istediğimize bağlı
- ▶ Kısa eğitim/çalıştırmalar daha iyi olabilir



Tipik EH Davranışı

Akıllı başlatma için çaba harcamaya değer mi?



- Cevap: değişir
 - ▶ İyi çözümler / yöntemler varsa, muhtemelen iyidir
 - ▶ Dikkat gereklidir, hibridizasyonla ilgili bölüm / derse bakın



Tipik EH Davranışı

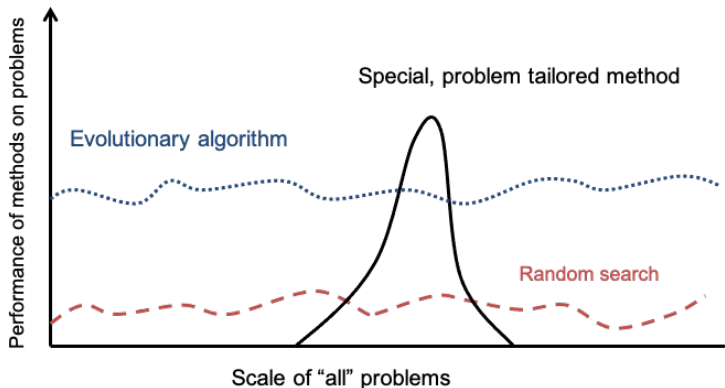
Bağlam içinde evrimsel hesaplama

- Evrimsel algoritmaların sağlam problem çözme araçları olarak kullanımına ilişkin pek çok görüş vardır
- Çoğu problem için probleme özgü bir araç şunları yapabilir
 - ▶ çoğu durumda genel bir arama algoritmasından daha iyi performans gösterir
 - ▶ sınırlı faydaya sahip
 - ▶ her durumda iyi sonuç vermez
- Amaç, şunları sağlayan sağlam araçlar sağlamaktır
 - ▶ eşit derecede iyi performans
 - ▶ bir dizi sorun ve örnek üzerinden



Tipik EH Davranışı

Problem çözücü olarak EH: Goldberg görüşü(1989)



Tipik EH Davranışı

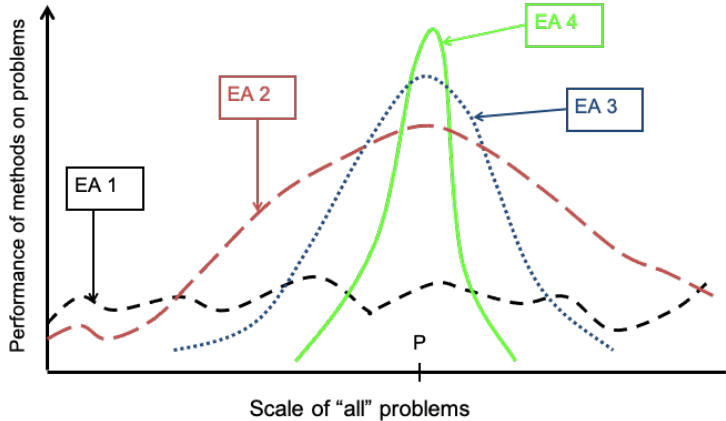
EH ve Alan Bilgisi

- 90'larda trend:
 - ▶ EH yöntemlerine probleme özgü bilgi eklemek (özel çeşitlilik operatörleri, onarım vb.)
- Sonuç: EH performans eğrisi deformasyonu
 - ▶ verilen türden problemlerde daha iyi
 - ▶ verilen türden farklı problemlerde daha kötü
 - ▶ eklenen bilgi miktarı değişkendir
- Son teori, "çok amaçlı" bir algoritma arayışının sonuçsuz olabileceğini öne sürüyor



Tipik EH Davranışı

Problem çözücü olarak EH: Michalewicz görüşü(1996)



EH ve Küresel Eniyileme

- Küresel eniyileme(global optimization): bazı sabit S kümelerinden en iyi çözümü x^* bulmak için arama
 - Deterministik yaklaşımlar:
 - ▶ Örneğin kutu ayrıştırması(branch and bound vb.)
 - ▶ x^* 'ı bulmayı garanti eder
 - ▶ Çalışma zamanında sınırları olabilir, genellikle süper polinomsal
 - Sezgisel yaklaşımlar(oluştur ve test et):
 - ▶ Hangi $x \in S$ 'in üretileceğine karar verme kuralları
 - ▶ Bulunan en iyi çözümlerin küresel olarak en uygun olduğunu garanti etmez
 - ▶ Çalışma zamanında sınır yok
 - "Yakınsadığı sürece çalışıp çalışmayacağı umurunda değil"
- vs
- "Çalıştığı sürece yakınsaması umurunda değil"



EH ve Komşuluk Araması

- Birçok sezgisel tarama, S'ye bir komşuluk yapısı uygular
- Bu tür sezgisel yöntemler, bulunan en iyi noktanın yerel olarak optimal olduğunu garanti edebilir; Tepeye Tırmananlar(Hill climbers):
 - ▶ Fakat problemler çoğu zaman bir çok yerel optimum barındırırlar
 - ▶ İyi çözümleri belirlemek için genellikle çok hızlıdır
- Evrimsel algoritmalar şu şekilde ayırt edilir:
 - ▶ Popülasyon kullanımı
 - ▶ Çoklu, stokastik arama operatörlerinin kullanımı
 - ▶ Özellikle $arity > 1$ olan varyasyon operatörleri
 - ▶ Stokastik seçim

