

# Zeki Optimizasyon Teknikleri Intelligent Optimization Techniques

Hazırlayan: M. Ali Akcayol  
Gazi Üniversitesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

## Genel bilgiler

### ▶ Değerlendirme

- ▶ Vize: 25%
- ▶ Ödev: 15%
- ▶ Final: 60%

### ▶ Ders kaynakları

- ▶ Clever Algorithms, Jason Brownlee, 2011.
- ▶ Engineering Optimization, Gabor Körtelyesi, Typotex Publishing House, 2012.
- ▶ Engineering Optimization: Theory and Practice, Singiresu S. Rao, John Wiley & Sons, 2009.
- ▶ Intelligent Optimization Techniques, Duc T. Pham, Derviş Karaboğa Springer Verlag, 1999.
- ▶ Essentials of Metaheuristics, Sean Luke, 2015.

E-Posta : [akcayol@gazi.edu.tr](mailto:akcayol@gazi.edu.tr)

Web : <http://w3.gazi.edu.tr/~akcayol>

## Genel bilgiler

### Araştırma ödevleri

- ▶ Haftalık konu ile ilgili uygulama içeren bir makale incelenerek detaylı rapor hazırlanacaktır.
- ▶ İncelenen makalede ilgili **yöntemin, algoritmanın, yaklaşımın kullanılmasının gerekçeleri ve elde edilen sonuçlar** değerlendirilecektir.
- ▶ İncelenen makale **son 3 yılda yayınlanmış** olacaktır.
- ▶ İncelenen makale **SCI/E tarafından taranan bir dergide** yayınlanmış olacaktır.
- ▶ **Haftalık ödev içeriği:**
  - ▶ İncelenen makalenin tam metni
  - ▶ SCI/E tarafından tarandığını gösterir belge (Thomson Reuters)
  - ▶ Hazırlanacak rapor (Kapak sayfası, İçindekiler, Özet, Materyal/Metot, Sonuçlar, Yorum)

## Genel bilgiler

### Final projesi

- ▶ Derste anlatılan bir **yöntemin/algoritmanın/yaklaşımın bir alana uygulamasını içerecektir.**
- ▶ Geliştirilecek uygulamanın **algoritma kısmında hazır araç, fonksiyon** veya **kütüphane kullanılmayacaktır.**
- ▶ Hazırlanan projenin; **program kodları, veritabanı ve kütüphane** gibi diğer dokümanları **CD ile, final proje raporu çıktı** olarak teslim edilecektir.
- ▶ **Final projesi içeriği:**
  - ▶ Uygulama alanı hakkında bilgi (seçilme gerekçesi, daha önce ilgili alanda yapılan uygulamalar, ilgili alanın önemi)
  - ▶ Uygulanacak yöntem/algoritma/yaklaşımın seçim gerekçesi (literatürde uygulanan yöntemlerin karşılaştırmalı analizi)
  - ▶ Geliştirilecek uygulamanın sonuçlarının karşılaştırmalı analizi

## Ders kapsamı

---

- ▶ Optimizasyona giriş
- ▶ Klasik optimizasyon teknikleri
- ▶ Doğrusal programlama
- ▶ Stokastik algoritmalar
  - ▶ Stokastik hill climbing, iteratif lokal arama, tabu arama
- ▶ Evrimsel algoritmalar
  - ▶ Diferansiyel gelişim ve genetik algoritma, evrimsel programlama
- ▶ Fiziksel süreç algoritmaları
  - ▶ Simulated annealing, memetik algoritma
- ▶ Sürü algoritmaları (ant system)
- ▶ Bağışıklık algoritmaları (immune network)
- ▶ Yapay sinir ağları (multilayer feedforward)

5

## İçerik

---

- ▶ Optimizasyon
- ▶ İşlemsel zeka
- ▶ Meta-sezgiseller

6

## Optimizasyon

- ▶ **İnsanlar sürekli optimizasyon yapar.**
- ▶ **Havayolu şirketleri**, maliyeti minimize etmek için ekipleri ve uçakları planlar.
- ▶ **Yatırımcılar**, riski minimize edecek, karı maksimize edecek portföyler oluşturmaya çalışır.
- ▶ **Üreticiler**, üretim süreçlerini maksimum etkinlikle planlamaya çalışır.
- ▶ **Bireyler**, evden işe giderken izledikleri güzergah için optimizasyon yaparlar.
- ▶ **Alışveriş yapılırken optimizasyon yapılır.**
- ▶ **Mağazalar**, ürün fiyatlarını ve çeşitlerini belirlerken optimizasyon yapar.
- ▶ **Elektronik ticaret siteleri**, ürün yerleşiminde, reklam ve kampanya yönetiminde optimizasyon yapar.
- ▶ Hem **büyük veri analitiği yöntemleri** hem de **yapay zeka yöntemleri** optimizasyon amaçlı kullanılmaktadır.

7

## Optimizasyon

- ▶ Geliştirilecek optimizasyon algoritması için bir **amaç (objective)** (fayda, zarar, süre, alan, vb.) **tanımlanır.**
- ▶ **Belirlenen amaç**, uygulanacak **sistemin performansını** ölçmek için kullanılır.
- ▶ **İstenen amaç**, sistemin karakteristik özelliklerine (**variables**) (değişkenler, bilinmeyenler) bağlıdır.
- ▶ **Optimizasyon sürecinin hedefi**, amacı optimize eden **değişken değerlerini bulmaktır.**
- ▶ Genellikle değişkenlerin değerleri **kısıtlanmış** olur (**constrained**) (maliyet negatif olamaz, vb.)
- ▶ Bir problem için **amaç, değişkenler** ve **kısıtların** belirlenmesi sürecine **modelleme** denir.
- ▶ Optimizasyon sürecinde, **en önemli aşama uygun modelin oluşturulmasıdır.**

8

## Optimizasyon

- ▶ Model formüle edildikten sonra, **çözümü bulmak için** bir **optimizasyon algoritması** kullanılabilir.
- ▶ Her problem için uygun çözüm veren **evrensel bir optimizasyon algoritması yoktur.**
- ▶ Çok sayıda optimizasyon algoritması vardır ve **her algoritma bir problem türüne özgü çözüm oluşturur.**
- ▶ Probleme **uygun optimizasyon algoritmasının belirlenmesi** sıklıkla kullanıcı tarafından yapılır.
- ▶ Algoritma uygulandıktan sonra elde edilen **sonucun başarısının ölçülmesi gerekir.**
- ▶ Elde edilen **başarı düşükse** başarının artırılması için faydalı bilgilerin oluşturulması gerekir.

9

## Optimizasyon

### Matematiksel tanım

- ▶ Matematiksel olarak optimizasyon, verilen kısıtlar altında **değişken** değerlerinin **minimizasyonu** veya **maksimizasyonu**dur.
- ▶  $x$ , **değişkenler** (bilinmeyenler, parametreler) **vektörü** olsun.
- ▶  $f$ , **amaç fonksiyonu** olsun.
- ▶  $f$ ,  $x$ 'in bir fonksiyonudur ve minimize veya maksimize edilecektir.
- ▶  $c$ , **kısıtlar vektörü** olsun.

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} f(x) \quad \text{subject to} \quad \begin{cases} c_0(x) = 0, \\ c_1(x) \geq 0, \end{cases}$$

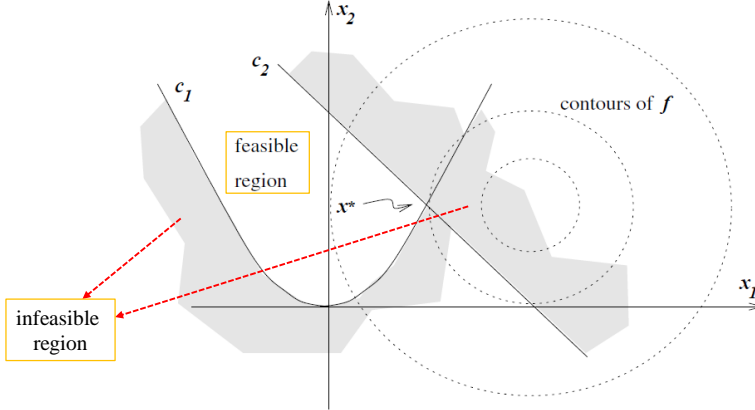
$$\min (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 1)^2 \quad \text{subject to} \quad \begin{cases} x_1^2 - x_2 \leq 0, \\ x_1 + x_2 \leq 2. \end{cases}$$

10

## Optimizasyon

### Geometrik gösterim

- $f(x)$ 'in aynı değerleri kesikli çizgilerle gösterilmiştir.



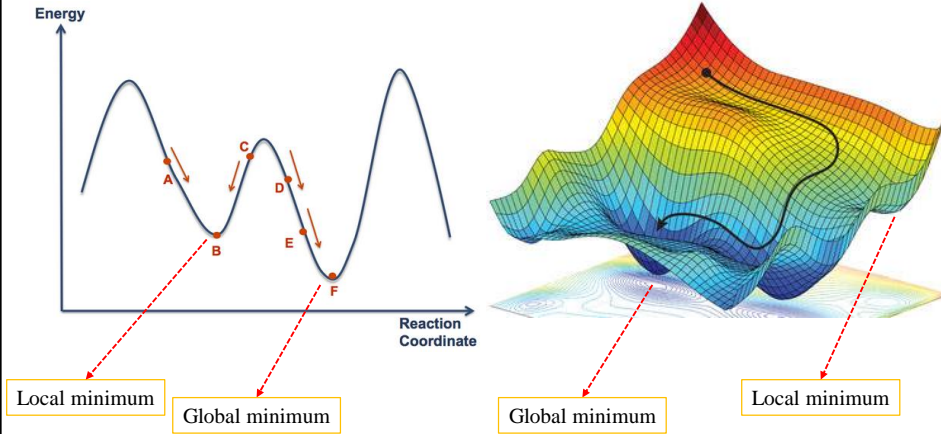
- **Feasible region**, tüm kısıtları sağlar.
- $x^*$ , optimal çözümdür. **Birden fazla olabilir** veya **hiç olmayabilir**.

11

## Optimizasyon

### Geometrik gösterim

- Amaç fonksiyonunun tanımlı olduğu aralıkta en iyi değeri sağlayan değişken değerleri aranır.

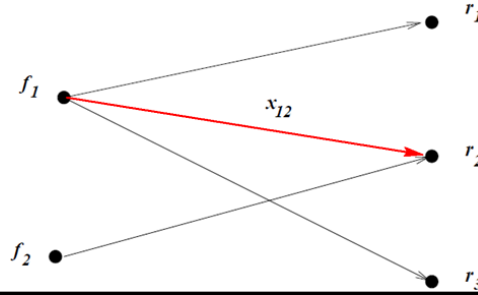


12

## Optimizasyon

### Örnek problem

- ▶ Bir firma **2 fabrikaya** ve **12 satış mağazasına** sahip olsun.
- ▶ Her **fabrika** haftalık  $a$  ton ürün üretmektedir.
- ▶ Her **mağaza** haftalık  $b$  ton ürün talep etmektedir.
- ▶  $a_i$ ,  $i$ .fabrikanın **kapasitesi**,  $b_j$  ise  $j$ .mağazanın **talebi** olsun.
- ▶  $c_{ij}$ ,  $i$ .fabrikadan  $j$ .mağazaya 1 tonun nakliye **maliyeti** olsun.
- ▶  $x_{ij}$ ,  $i$ .fabrikadan  $j$ .mağazaya gönderilen **ürün miktarı** (ton) olsun.



13

## Optimizasyon

### Örnek problem modelleme

- ▶ Mağazaların taleplerinin **minimum maliyet** ile karşılanması amaçlanmaktadır (**objective**).
- ▶ Amaç fonksiyonu,

$$\min \sum_{ij} c_{ij}x_{ij}$$

**Doğrusal programlama (Linear programming)**

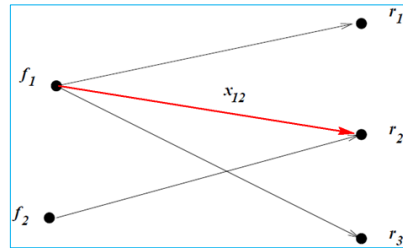
Amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusal fonksiyondur.

- ▶ Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^{12} x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, 2,$$

$$\sum_{i=1}^2 x_{ij} \geq b_j, \quad j = 1, \dots, 12,$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \quad j = 1, \dots, 12.$$



14

## Optimizasyon

### Sürekli ve kesikli optimizasyon

- ▶ Bazı optimizasyon problemlerinde **değişkenler sadece tamsayı** değer alabilir (Örnek problemde  $x_{ij}$ ).
- ▶ Bu tür problemler **kesikli optimizasyon** algoritmaları ile çözülür.
- ▶ Değişken değerlerinin **tamsayı olma kısıtı** problem tanımında kısıtlara eklenir.

$$x_{ij} \in Z, \quad \text{for all } i \text{ and } j,$$

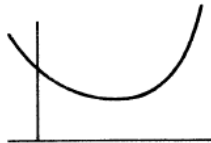
- ▶ Bu problem **tamsayılı programlama problemi (integer programming problem)** olarak adlandırılır.
- ▶ Kesikli optimizasyon problemi, **çözümü sonlu kümede** aranan problemleri ifade eder.

15

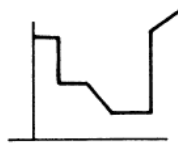
## Optimizasyon

### Sürekli ve kesikli optimizasyon

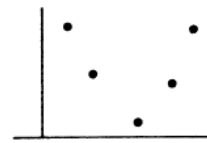
- ▶ Sürekli optimizasyon (**continuous optimization**) problemlerinde, **sınırsız değere sahip kümede** çözüm aranır.
- ▶ Bir kısım değişkenleri tamsayı olan problemler **mixed integer programming** olarak adlandırılır.
- ▶ **Sürekli, süreksiz** ve **kesikli** amaç fonksiyonlarında en uygun değeri **arama yöntemleri farklıdır**.



(i) continuous



(ii) discontinuous



(iii) discrete

16



## Optimizasyon

### Kısıtlanmış ve kısıtlanmamış optimizasyon

- ▶ **Kısıtlanmış optimizasyon** (constrained optimization) problemlerinde, **kısıtlar modele dahil edilir.**
- ▶ Kısıtların sınır değerleri bellidir.

$$0 \leq x_1 \leq 100$$

- ▶ **Kısıtlanmamış optimizasyon** (unconstrained optimization) problemlerinde, değişkenler üzerindeki **kısıtlar göz ardı edilir.**
- ▶ Kısıtlar yerine **penaltı ifadeleri** amaç fonksiyonda yer alır.
- ▶ Çözümün **penaltı değeri arttıkça** probleme uygunluğu azalır.
- ▶ Tüm kısıtları ve amaç fonksiyonu doğrusal fonksiyon ise **doğrusal programlama** (linear programming) denir.
- ▶ En az bir kısıt veya amaç fonksiyonu doğrusal değilse **doğrusal olmayan programlama** (nonlinear programming) denir.

17

## Optimizasyon

### Stokastik ve deterministik optimizasyon

- ▶ **Stokastik optimizasyon** (stochastic optimization) algoritmaları, rastgele değişken üretir ve kullanır.
- ▶ **Rastgele değişkenler**, amaç fonksiyonunda veya kısıtlarda olabilir.
- ▶ **Stokastik algoritmalarda aynı başlangıç şartları için farklı sonuçlar elde edilebilir.**
- ▶ **Deterministik optimizasyon** algoritmalarında, problem kesin bir şekilde tanımlanır ve **rastgele değer bulunmaz.**
- ▶ **Deterministik algoritmalarda aynı başlangıç şartları için her zaman aynı sonuç elde edilir.**

18

## Optimizasyon

---

### Optimizasyon algoritmalarının özellikleri

- ▶ Optimizasyon algoritmaları **iteratif çalışır**.
- ▶ Değişkenlerin **tahmin edilen en iyi değerleri** ile başlanır ve **her iterasyonda yeni değerler üretilir**.
- ▶ Algoritma **istenen sonuç** elde edilince **sonlanır**.
- ▶ Bazı algoritmalar **amaç fonksiyonuna** göre, bazıları **kısıtlara göre sonlanabilir**.
- ▶ Bazı algoritmalar amaç fonksiyonu dışında **başka bir fonksiyonun değerine göre sonlanabilir**.
- ▶ İyi bir algoritmanın özellikleri:
  - ▶ **Robustness**: Başlangıç değişkenlerinin tüm değerleri ve çeşitli problemler için **iyi sonuç vermelidir**.
  - ▶ **Efficiency**: Çok fazla **süreye** ve **alana** ihtiyaç duymamalıdır.
  - ▶ **Accuracy**: **İstenen doğrulukta** sonucu elde etmelidir.

19

## İçerik

---

- ▶ Optimizasyon
- ▶ **İşlemsel zeka**
- ▶ Meta-sezgiseller

20

## İşlemsel zeka

- ▶ **İşlemsel zeka** (**computational intelligence-CI**), yapay zekanın alt grubudur, **strateji** ve **çıkıya odaklanmış** teknikleri tanımlar.
- ▶ **CI, adaptif ve zeki sistemler geliştirmeyi amaçlar.**
- ▶ **CI alt alanları genel olarak:**
  - ▶ Evrimsel hesaplama (**evolutionary computation**)
  - ▶ Sürü zekası (**swarm intelligence**)
  - ▶ Bulanık zeka (**fuzzy intelligence**)
  - ▶ Yapay bağışıklık sistemleri (**artificial immune systems**)
  - ▶ Yapay sinir ağları (**artificial neural networks**)

21

## İşlemsel zeka

- ▶ **Evrimsel hesaplama**, evrim teorisinin **doğal seçim yaklaşımından** esinlenerek geliştirilmiştir (genetic algorithm).
- ▶ **Sürü zekası**, etkileşim ve işbirliğinde olan düşük zekaya sahip bireylerden oluşan **topluluğun zekasını esas alır** (ant colony).
- ▶ **Yapay sinir ağları**, beyindeki **nöronların modellenmesini esas alır. Supervised** ve **unsupervised** öğrenme stratejilerini kullanır.
- ▶ **Bulanık zeka**, bulanık mantık yaklaşımını kullanır. **Muhakeme stratejilerini** kullanarak uzman sistem geliştirilmesinde kullanılır.
- ▶ **Yapay bağışıklık sistemleri**, canlılardaki bağışıklık sisteminden esinlenerek geliştirilmiştir (immune network algorithm).

22

## İçerik

---

- ▶ Optimizasyon
- ▶ İşlemsel zeka
- ▶ Meta-sezgiseller

23

## Meta-sezgiseller

---

- ▶ Sezgisel (**heuristic**) algoritmalar, **problemin yeterli düzeyde iyi çözümünü elde ederler.**
- ▶ Sezgisel algoritma **optimal sonucu aramaz.**
- ▶ Sezgisel yöntemler, **accuracy, kalite, precision, hesaplama ve saklama alanı** gereksinimine göre **amaca yönelik seçim yapar.**
- ▶ **Meta-sezgiseller**, küçük değişikliklerle farklı optimizasyon problemlerine uygulanabilen **genel bir framework** olarak düşünülebilir.
- ▶ Meta-sezgiseller, **birden çok sezgisel algoritmayı** birleştirerek **yeteneklerini artırmayı** amaçlar.

24

## Meta-sezgiseller

- ▶ CI ve meta-sezgisel algoritmalar, geleneksel algoritmaların uygun olmadığı **zor problemlere uygulanır.**
- ▶ **Çözüm uzayı boyutu çok büyüktür**, olası uygun çözüm sayısı çok fazladır ve **en iyi çözümü aramak mümkün veya feasible değildir.**
- ▶ **Meta-sezgisellerin genel özellikleri:**
  - ▶ Meta-sezgiseller **arama sürecini yöneten stratejilerdir.**
  - ▶ Yaklaşık en iyi çözümü elde etmek için **çözüm uzayında etkin arama amaçlanır.**
  - ▶ Meta-sezgisel algoritmalar, basit lokal arama prosedürlerini de **karmaşık öğrenme süreçlerini de içerebilir.**
  - ▶ Çözüm uzayında **bir alanda sıkışıp kalmamak için mekanizmalara sahip olabilirler** (mutasyon).