

Genetik Algoritmalar

Nesin Matematik Köyü
Evrin Çalıştay
20-23 Nisan, 2012

Mustafa Suphi Erden

Biyolojik Evrimden Esinlenmeler

- GA → doğal evrimden **esinlenerek** modellenen **olasılıksal** algoritmalar
 - 1) Kalıtım
 - 2) Hayatta kalma savaşı
- C. Darwin** (1859), "Türlerin Kökeni" → **doğal seçim**
- G. Mendel** (1865) → **kalıtım**
- T. Morgan** (1933) → **genlerin kromozomlarla taşınması**
- J. Holland** (1975) → **genetik algoritmalar**

Genetik Algoritmalar (GA)

İçerik

- Biyolojiden esinlenme
- GA'nın özellikleri
- GA'nın unsurları
- Örnek uygulama
- Algoritma
- Şema teoremi
- Robotik uygulama

GA'nın Özellikleri

- Bir çeşit **eniyileme** (optimizasyon) algoritması
- Genel** amaçlı (neredeyse her probleme uygulanır)
- Çözüm kümesinin farklı bölgelerinde **çok koldan** arama-tarama yapar
- Yakalanan iyi çözümleri bir sonraki adımlara **aktarır**
- Sınanmak üzere yeni çözüm **adayları yaratır**
 - Çaprazlama** → **bilgi aktarımı**
 - Mutasyon** → **çeşitlilik**
 - Seçilim** → **en iyiyi alma**

GA'nın Unsurları

- 1) Genetik kodlama
- 2) Başlangıç popülasyonu
- 3) Ölçme fonksiyonu
- 4) Üretme
- 5) Genetik operasyonlar
- 6) Parametreler (popülasyon büyüklüğü, genetik operasyonların gerçekleşme olasılığı, vb.)

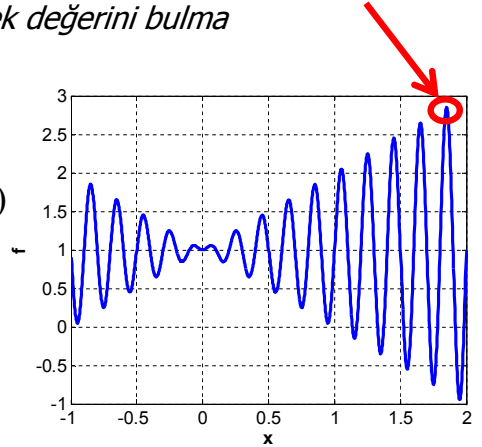
5 | 32

Örnek Uygulama

- *Fonksiyonun en yüksek değerini bulma*

$$f(x) = 1 + x \sin(10\pi x)$$

$$x \in [-1, 2]$$



6 | 32

Örnek

- **Kodlama**

Kromozomlar → bir-sıfır dizileri (ikilik sistem)

Aralık → $[-1, 2]$ aralığında noktadan sonra 6 hane)

$$(2 - (-1)) \times 10^6 = 3 \cdot 10^6$$

$$2^{21} < 3 \cdot 10^6 < 2^{22}$$

22 haneli kromozomlar

$$v = (1000101110110101000111) \Rightarrow x = 0.637197$$

$$v = (0000000000000000000000) \Rightarrow x = -1.000000$$

$$v = (1111111111111111111111) \Rightarrow x = 2.000000$$

7 | 32

Örnek

- **Başlangıç popülasyonu** → rasgele 1-0'lardan oluşmuş kromozomlar

- **Ölçme fonksiyonu** $ölç(v) \rightarrow f(x)$

$$v = (1000101110110101000111) \rightarrow x = 0.637197$$

$$\Rightarrow ölç(v) = f(0.637197) = 1.586345$$

- **Üretme** → Rulet seçilimi

Seçilme olasılığı:

- kromozomun değerinin popülasyondaki bütün kromozomların değerlerinin toplamına oranı

8 | 32

Rulet Seçilimi

- Her bir kromozomun değeri
 $ölç(v_i)$
- Popülasyondaki bütün kromozomların değeri

$$F = \sum_{i=1}^{pop_büy} ölç(v_i)$$

- Her bir kromozomun seçilme olasılığı

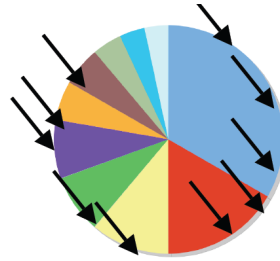
$$p_i = \frac{ölç(v_i)}{F}$$

- Her kromozom için kümülatif olasılık

$$q_i = \sum_{j=1}^i p_j$$

- Rasgele üretilen bir sayı $r \in [0, 1]$

- $r \leq q_1$ ise ilk kromozom seçilir,
değilse $q_{i-1} < r \leq q_i$ olacak şekilde i-inci kromozom seçilir



Örnek

- Genetik Operasyonlar**

Çaprazlama (p_c)

Çaprazlama için p_c olasılıkla rasgele kromozomlar seçilir

$$v_1 = (00000|01110000000010000)$$

$$v_2 = (11100|00000111111000101)$$

$$v_1' = (00000|00000111111000101)$$

$$v_2' = (11100|01110000000010000)$$

Mutasyon (p_m)

Popülasyondaki kromozomların genleri p_m olasılıkla değiştirilir

$$v = (1110000000111111000101)$$

$$v' = (1110100000111111000101)$$

Örnek

- Parametreler**

Popülasyon büyüklüğü: $pop_büy = 50$

Çaprazlanma olasılığı: $p_c = 0.25$

Mutasyon olasılığı: $p_m = 0.01$

- Sonuç**

150 jenerasyondan sonraki en iyi sonuç:

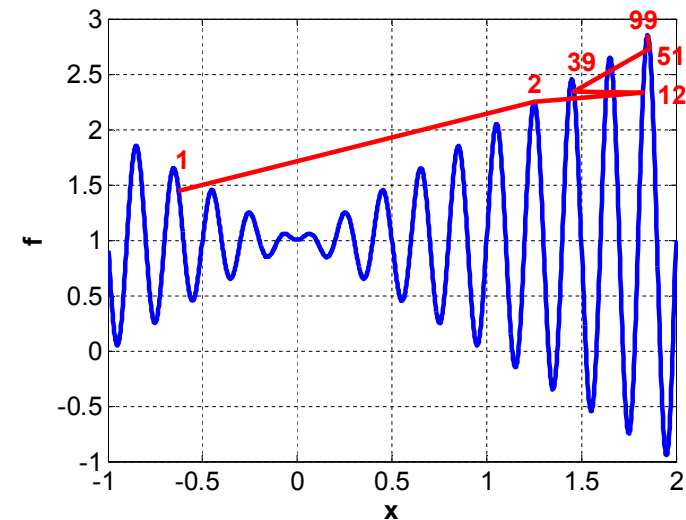
$$V_{\max} = (1111001101000100000101)$$

$$x_{\max} = 1.850773$$

$$f(x_{\max}) = 2.850227$$

Jenerasyon sayısı	Ölçüm değeri
1	1.441942
6	2.250003
8	2.250283
9	2.250284
10	2.250363
12	2.328077
39	2.344251
40	2.345087
51	2.738930
99	2.849246
145	2.850217
137	2.850227

Örnek



Genetic ALGORİTMA

1) **Başlangıç** popülasyonunu belirle: $P(t)$, $t=0$

2) **Ölçüm yap:** $ölçüm \{ P(t) \}$

3) Durma koşulu sağlandıysa 7. adıma git

4) **Üretme yap:** $P(t)$ 'den $P(t+1)$ 'i üret

5) **Değişim uygula:** $P(t+1)$ 'i değiştir

6) 2. adıma git

7) **Dur**

13 | 32

Nasıl Oluyor da GA İşe Yarıyor? John Holland'ın "Şema Teoremi" (1975)

• **Şema** → benzer gen dizilimlerini temsil eden **kalıp**

• Örnek:

(*1*1100100)

(0101100100) (0111100100) (1101100100) (1111100100)

• "Farketmez" işareti → (*)

• "*" dışındaki bütün genlerin aynı olması gerekli

14 | 32

Şema'nın Özellikleri

Derece: $d(S)$

Şemadaki 0 ve 1'lerin toplam sayısı
(Mutasyon'dan etkilenme şansını belirler)

$S = (* * * * 0 1 * * 0 *) \rightarrow d(S) = 3$

Uzunluk: $u(S)$

İlk ve son gen işareti arasındaki uzunluk
(Çaprazlamadan etkilenme şansını belirler)

$S = (* * * * 0 1 * * 0 *) \rightarrow u(S) = 9 - 5 = 4$

Değer:

Şemaya uygun bütün dizilimlerin ortalama değeri

$$değ(S, t) = \sum_{i=1}^p \frac{ölç(v_{S,i})}{p}$$

15 | 32

Şema'nın Üretimi (Seçilim)

• t anında şemaya uyan kromozom sayısı → $\xi(S, t)$.

• $t+1$ anında şemaya uyan kromozom sayısının beklenen değeri

$$\xi(S, t+1) = \xi(S, t) \frac{ölç(S, t)}{F_{ort}(t)}$$

Şema çoğalma denklemi (seçilim)

• **Ortalamanın üstünde** değeri olan şemalar
→ bir sonraki jenerasyonda sayıları **artar**

• **Ortalamanın altında** değeri olan şemalar
→ bir sonraki jenerasyonda sayıları **azalır**

16 | 32

Çaprazlamanın Etkisi

- $S_1 = (* * * * 0 0 1 * * * * *)$
 $S_2 = (1 1 * * * * * * * * 1 0)$

→ Çaprazlama sonucu S_2 'nin bozulma olasılığı daha fazla

- Çaprazlama noktası → $(m-1)$ farklı nokta (m : kromozom uzunluğu)
- Bozulma olasılığı → $p_b(S) = \frac{u(S)}{(m-1)}$
- Korunma olasılığı → $p_k(S) = 1 - p_b(S) = 1 - \frac{u(S)}{(m-1)}$
- *Şema çoğalma denklemi (seçilim ve çaprazlama)*

$$\xi(S, t+1) \geq \xi(S, t) \frac{\text{ölç}(S, t)}{F_{\text{ort}}(t)} \left[1 - p_c \frac{\delta(S)}{m-1} \right]$$

17 | 32

Mutasyonun Etkisi

- Şemanın korunma olasılığı

$$p_s(S) = (1 - p_m)^{d(S)} \cong 1 - d(S)p_m$$

- *Şema çoğalma denklemi (seçilim, çaprazlama, mutasyon)*

$$\xi(S, t+1) \geq \xi(S, t) \frac{\text{ölç}(S, t)}{F_{\text{ort}}(t)} \left[1 - p_c \frac{u(S)}{m-1} - d(S) \cdot p_m \right]$$

- Ortalamanın üstünde değeri olan, kısa ve küçük dereceli şemalar yeni jenerasyonlarda artan oranlarla temsil edilir.

18 | 32

Şema Teoremi

- **“Kısa, düşük dereceli ve ortalamanın üstünde değeri olan şemalar genetik algoritma ile üretilen yeni jenerasyonlarda artan oranlarda temsil edilir.”**
- Yapıtaşları Hipotezi:

“Bir genetik algoritma, yapıtaşı olarak adlandırılabilir kısa, düşük dereceli ve yüksek değerli şemaları yanyana getirerek çalışır.”

19 | 32


Genetik Programlama: Bir başarı öyküsü

- 15 uygulamada:
20.yy'da patentlenmiş bir buluş yeniden üretildi ya da patenti ihlal eden bir sonuç bulundu
- 6 uygulamada:
1 Ocak 2000'den sonra patentlenmiş bir buluş yeniden üretildi ya da patenti ihlal eden bir sonuç bulundu
- 2 uygulamada:
Patentlenebilir bir sonuç elde edildi
(Kontrolcü tasarımı uygulamaları)

(Koza ve Poli 2003)

20 | 32

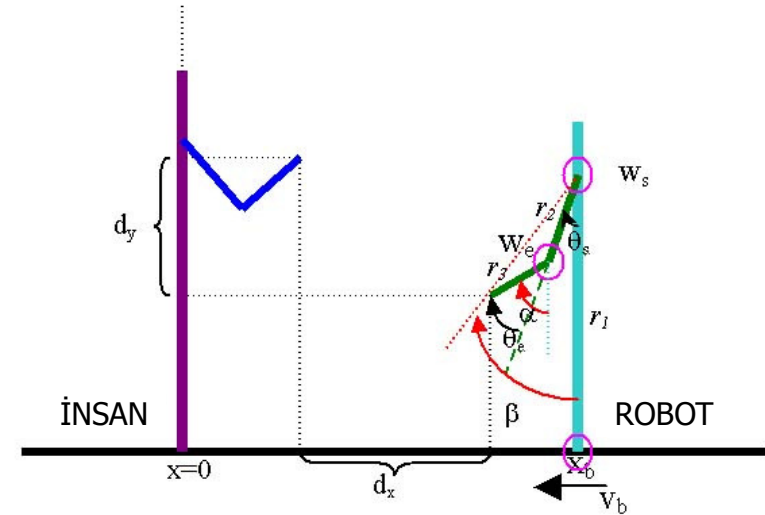
Örnek Uygulama: Genetik Algoritma ile Bulanık Mantık Kontrolcüsü Tasarımı

 *Journal of Intelligent and Robotic Systems* **39**: 287–306, 2004.
© 2004 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

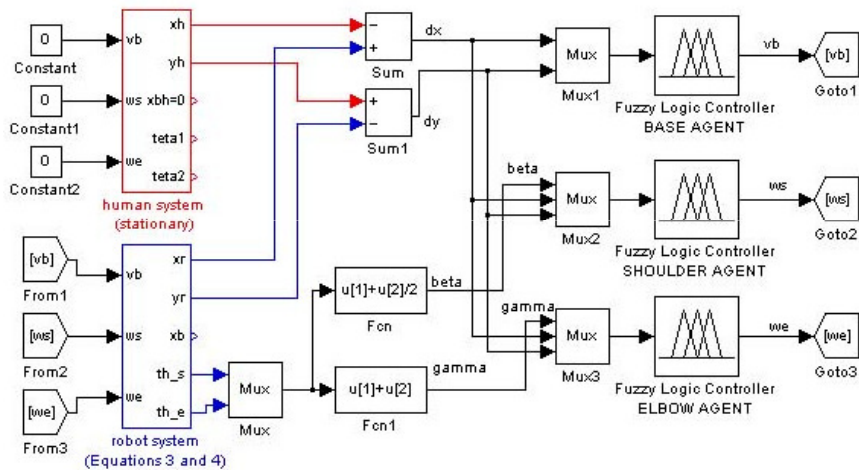
Multi-Agent System-Based Fuzzy Controller Design with Genetic Tuning for a Mobile Manipulator Robot in the Hand Over Task *

MUSTAFA SUPHİ ERDEN, KEMAL LEBLEBİCİOĞLU and UĞUR HALICI
*Department of Electrical and Electronics Engineering, Computer Vision and Intelligent Systems
Research Laboratory, Middle East Technical University, 06531, Ankara, Turkey;
e-mail: suphi@metu.edu.tr, kleb@metu.edu.tr, halici@metu.edu.tr*

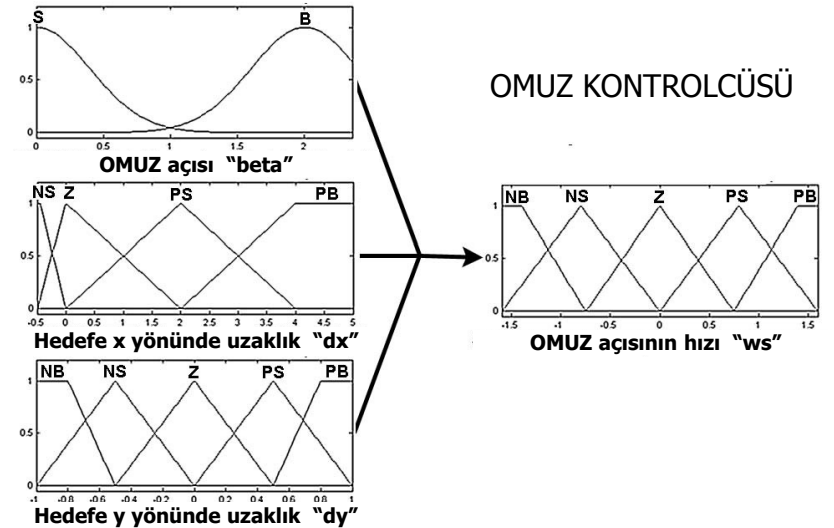
İnsan-Robot Sistemi



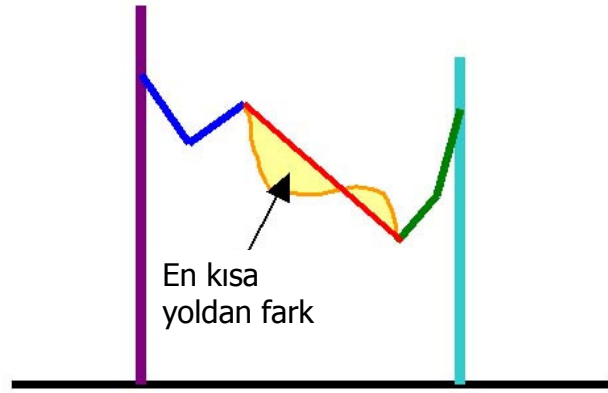
Kontrol Sistemi



Bulanık Mantık Kontrolcüsü

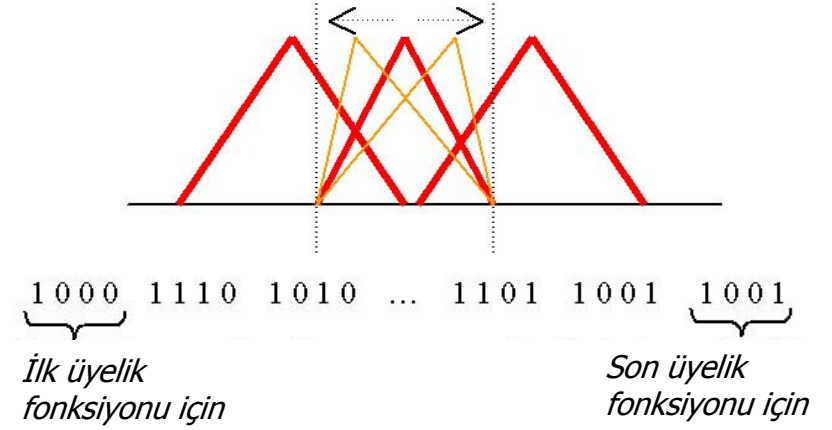


Amaç: En kısa yol, en kısa süre, en az enerji



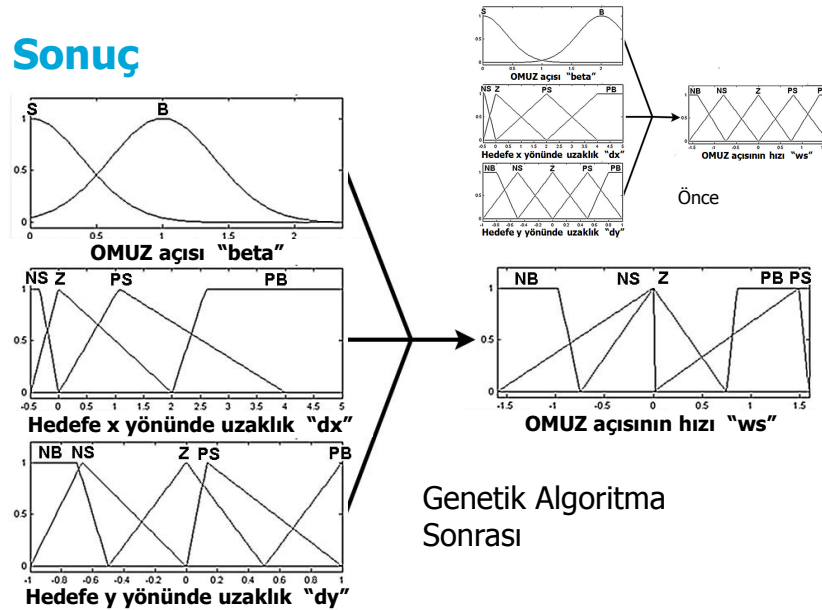
25 | 32

Genetik Kodlama



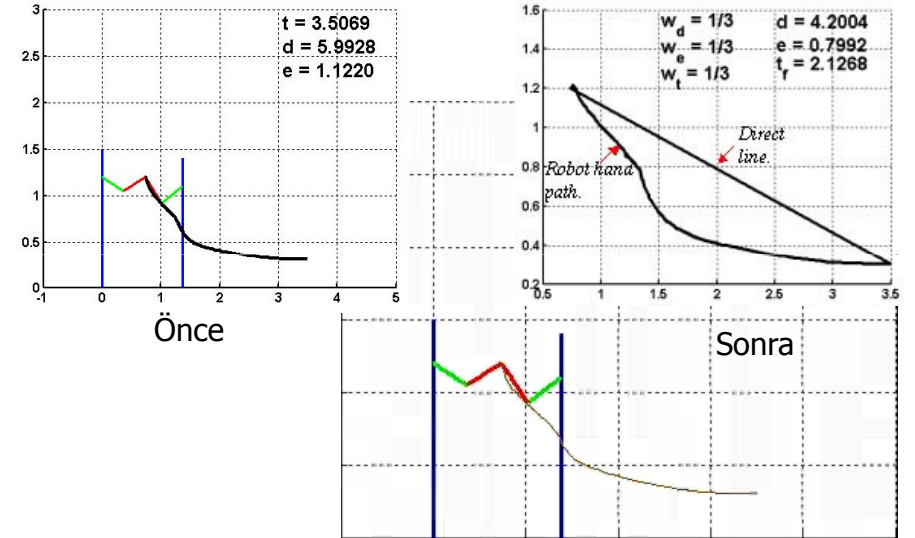
26 | 32

Sonuç



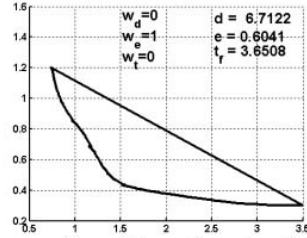
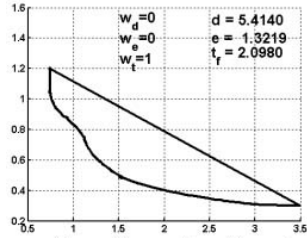
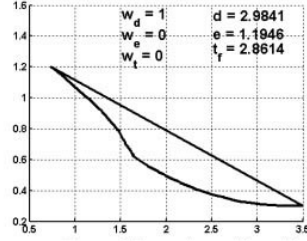
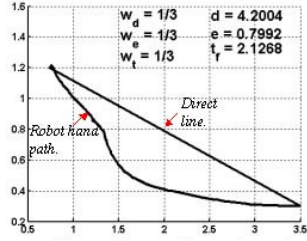
27 | 32

Sonuç



28 | 32

Sonuç



İlginiz için teşekkürler...

Videolar

[Video 01](#)

[Video 02](#)

Referanslar

- Michalewicz, Z., *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Springer-Verlag, 1992.
- Koza, J.R., *Genetic Programming*, MIT Press, 1992.
- Koza, J.R. And Poli, R., 2003, "A genetic programming tutorial", in *Introductory Tutorials in Optimization, Search and Decision Support*, ed. by Edmond Burke, Chapter 8.
- Holland, J. H., *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, 1975.
- Erden, M.S., Leblebicioğlu, K., Halıcı, U., 2004. "Multi-agent system based fuzzy controller design with genetic tuning for a service mobile manipulator robot in the hand-over task." *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 38: 287-306.