

Örnek 1: Yarışmalı Öğrenme

$$T = \left\{ \begin{bmatrix} 1.1 \\ 1.7 \\ 1.8 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

$$W(0) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{nöronların ağırlıkları} \quad \eta = 0.5$$

Adım 1: Birinci örüntü için $[1.1 \ 1.7 \ 1.8]^T$

Kazananı bul kim kime benziyor onu belirlemek gerek

$$d_{11}^2 = (1.1 - 0.2)^2 + (1.7 - 0.7)^2 + (1.8 - 0.3)^2 = 4.1$$

$$d_{21}^2 = (1.1 - 0.1)^2 + (1.7 - 0.1)^2 + (1.8 - 0.9)^2 = 4.4$$

$$d_{31}^2 = (1.1 - 1)^2 + (1.7 - 1)^2 + (1.8 - 1)^2 = 1.1 \quad \text{3. nöron}$$

Kazanan hangisi?

1

3. nöronun ağırlıklarını güncelle

$$w_j(k+1) = w_j(k) + \eta(x_k - w_j(k))\delta_{jk}$$

$$\delta_{jk} = \begin{cases} 1 & k. \text{ örnek için kazanan nöron } j. \text{ nöron ise} \\ 0 & \text{diğerleri} \end{cases}$$

$$W(0) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow W(1) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix}$$

Adım 2: İkinci örüntü için $[0 \ 0 \ 0]^T$

1. nöronun ağırlıklarını güncelle

$$\begin{aligned} d_{12}^2 &= 0.6 \quad \text{1. nöron} \\ d_{22}^2 &= 0.8 \\ d_{32}^2 &= 4.9 \end{aligned} \quad W(1) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix} \rightarrow W(2) = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.35 & 0.15 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix}$$

Kazanan hangisi?

2

Adım 3: Üçüncü örüntü için $[0 \ 0.5 \ 1.5]^T$

2. nöron kazanıyor

$$W(2) = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.35 & 0.15 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix} \rightarrow W(3) = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.35 & 0.15 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix}$$

Adım 4: Dördüncü örüntü için $[1 \ 0 \ 0]^T$

1. nöron kazanıyor

$$W(3) = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.35 & 0.15 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix} \rightarrow W(4) = \begin{bmatrix} 0.55 & 0.2 & 0.1 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix}$$

Adım 5: Beşinci örüntü için $[0.5 \ 0.5 \ 0.5]^T$

1. nöron kazanıyor

$$W(4) = \begin{bmatrix} 0.55 & 0.2 & 0.1 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix} \rightarrow W(5) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.35 & 0.3 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix}$$

3

Adım 6: Altıncı örüntü için $[1 \ 1 \ 1]^T$

3. nöron kazanıyor

$$W(5) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.35 & 0.3 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.35 & 1.4 \end{bmatrix} \rightarrow W(6) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.35 & 0.3 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1 & 1.2 & 1.2 \end{bmatrix}$$

Adım 7: Birinci örüntü için $[1.1 \ 1.7 \ 1.8]^T$

3. nöron kazanıyor

$$W(6) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.35 & 0.3 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1 & 1.2 & 1.2 \end{bmatrix} \rightarrow W(7) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.35 & 0.3 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix}$$

Adım 8: İkinci örüntü için $[0 \ 0 \ 0]^T$

1. nöron kazanıyor

$$W(7) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.35 & 0.3 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix} \rightarrow W(8) = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.2 & 0.15 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix}$$

4

Adım 9: Üçüncü örüntü için $[0 \ 0.5 \ 1.5]^T$

2. nöron kazanıyor

$$W(8) = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.2 & 0.15 \\ 0.05 & 0.3 & 1.2 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix} \rightarrow W(9) = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.2 & 0.15 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix}$$

Adım 10: Dördüncü örüntü için $[1 \ 0 \ 0]^T$

1. nöron kazanıyor

$$W(9) = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.2 & 0.15 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix} \rightarrow W(10) = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix}$$

Adım 11: Beşinci örüntü için $[0.5 \ 0.5 \ 0.5]^T$

1. nöron kazanıyor

$$W(10) = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix} \rightarrow W(11) = \begin{bmatrix} 0.55 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix}$$

5

Adım 12: Altıncı örüntü için $[1 \ 1 \ 1]^T$

3. nöron kazanıyor

$$W(11) = \begin{bmatrix} 0.55 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1.05 & 1.45 & 1.5 \end{bmatrix} \rightarrow W(12) = \begin{bmatrix} 0.55 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1 & 1.2 & 1.25 \end{bmatrix}$$

$W(0) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow W(12) = \begin{bmatrix} 0.55 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 1.35 \\ 1 & 1.2 & 1.25 \end{bmatrix}$

$T = \left\{ \begin{bmatrix} 1.1 \\ 1.7 \\ 1.8 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$

6

Öğrenme hızının etkisi

$\eta = 0.01$ Yavaş ama salınım az

$\eta = 0.5$ Hızlı ama salınım çok

$\eta = 1$ Yakınsamıyor

Metrik seçimi sonuçları değiştiriyor

Taksi şoförü metriği seçilse idi: 2. örnek için 1. nöron yerine

2. nöron değişecekti

İlk koşulların seçimi de sonuçları değiştiriyor

$$W(0) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \\ 0 & 5 & 0 \end{bmatrix} \quad W(0) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1.01 & 1.01 & 1.01 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

1. nöron kazanıyor

2. ve 3. nöron kazanamıyor

→ 3 öbek değil 1 öbek oluşuyor

1. nöron 2,3,4 ve 5

2. nöron 1

3. nöron 6

örüntüleri için öbek oluşturuyor

Ne zaman durdurulacak?

Öbek merkezlerinde değişim olmamaya başladığında

7

Örnek 2: Vektör Kuantalama

$$T = \left\{ \begin{bmatrix} 1.1 \\ 1.7 \\ 1.8 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\eta(t) = 0.5, \quad t \leq 6$$

$$\eta(t) = 0.25, \quad 6 < t \leq 12$$

$$\eta(t) = 0.1, \quad 12 < t$$

$$W(0) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

S_1 (red circle around top row), S_2 (green circle around bottom row)

Adım 1: Birinci örüntü için $[1.1 \ 1.7 \ 1.8]^T$

3. nöron kazanıyor

1. örüntü birinci sınıfa ait, kazanan 3. nöron ise ikinci sınıfı temsil ediyor

3. nöronun ağırlıklarını güncelle

$C_{w_c} \neq C_{x_i}$ ve w_c , x_i 'ye en yakın Voroni vektörü ise

$$w_c(k+1) = w_c(k) - \eta(k)(x_i - w_c(k))$$

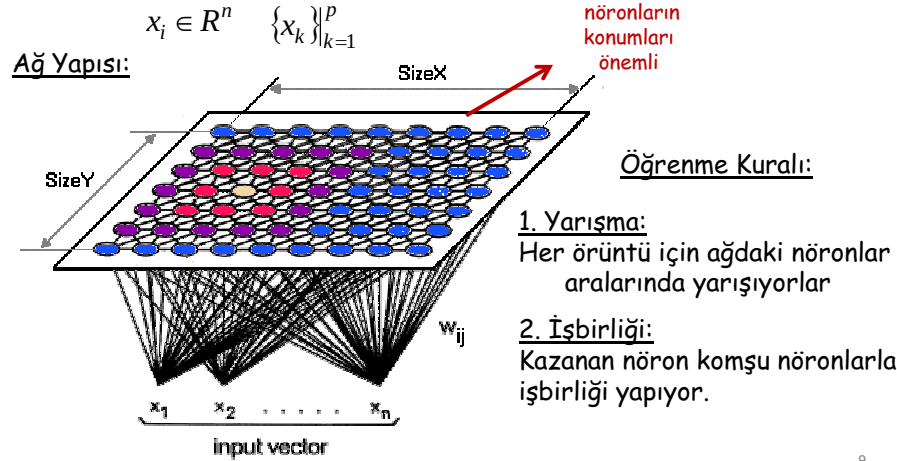
$$W(0) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow W(1) = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.9 \\ 0.95 & 0.65 & 0.6 \end{bmatrix}$$

8

Özdüzenlemeli Ağ (Self-Organizing Map- Kohonen)

Amaç: n boyutlu bir işareti bir veya iki boyutlu ayırık bir dönüşüme çevirmek

Verilenler: n boyutlu p tane vektör



<http://www.sis.pitt.edu/~ssyn/som/kohonen1.gif>

9

1. Yarışma:

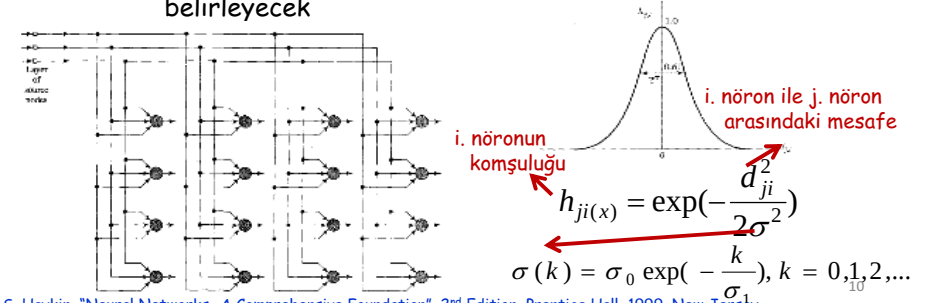
$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad w_j = \begin{bmatrix} w_{j1} \\ w_{j2} \\ \vdots \\ w_{jn} \end{bmatrix}, \quad j=1,2,\dots,m \rightarrow \text{Toplam nöron sayısı}$$

x 'e en uygunu bulmak için $w_j^T x$ 'lere bak en büyüğünü seç w^*
En büyüğü bulmak neye denk?

$$d(w^*, x) \leq d(w_j, x), \quad \forall j = 1 \dots m,$$

x 'e en uygunu nöronun indisini $i(x)$ belirle $\rightarrow$ Nöronun konumunu belirlemek için önemli

2. İşbirliği: Kazanan nöron işbirliği yapacağı nöronları komşularından belirleyecek



S. Haykin, "Neural Networks- A Comprehensive Foundation", 2nd Edition, Prentice Hall, 1999, New Jersey.

d_{ji} nasıl hesaplanacak?

$$d_{ji} = \begin{cases} |j-i| & \text{1 boyutlu kafes} \\ \|r_j - r_i\| & \text{2 boyutlu kafes} \end{cases}$$

Komşu nöronun konumu $\rightarrow$ 2- boyutlu düzlemde kazanan nöronun konumu

$$y_j = h_{ji}(x)$$

Ağırlıkları Güncelleme:

w_j 'nin değeri x örüntüsü ile değiştirilecek

Hebb öğrenme kuralı: $\Delta w_j = \eta y_j x$

😊 eğitimcisz öğrenme için uygun

😞 hep artan veya azalan etkisi var

Unutma terimi: $g(y_j)w_j \quad g(y_j) = 0 \Leftrightarrow y_j = 0$

$$\Delta w_j = \eta y_j x - g(y_j)w_j \quad g(y_j) \hat{=} \eta y_j$$

$$\Delta w_j = \eta h_{ji}(x)(x - w_j)$$

11

$$w_j(k+1) = w_j(k) + \eta(k)h_{ji(x)}(x - w_j(k))$$

$$\eta(k) \hat{=} \eta_0 \exp\left(-\frac{k}{\sigma}\right), k = 0, 1, 2, \dots$$

eğitim iki aşamalı $\rightarrow$ özdüzenleme aşaması ≈ 1000
yakınsama aşaması $\approx 500 \times m$

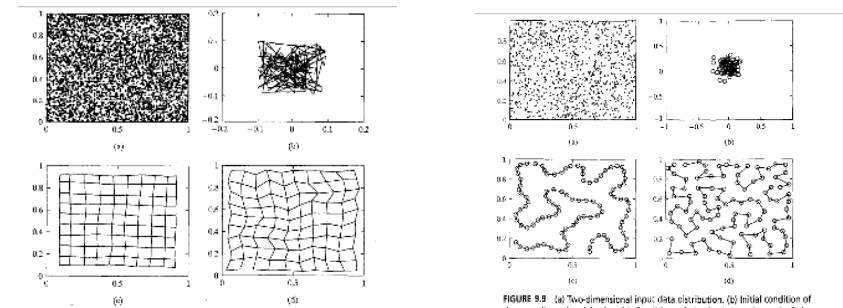


FIGURE 9.8 (a) Input data distribution. (b) Initial condition of the two-dimensional lattice. (c) Condition of the lattice at the end of the ordering phase. (d) Condition of the lattice at the end of the convergence phase.

FIGURE 9.8 (a) Two-dimensional input data distribution. (b) Initial condition of the two-dimensional lattice. (c) Condition of the lattice at the end of the ordering phase. (d) Condition of the lattice at the end of the convergence phase.

12

Uyarlanabilir Yankılaşım Teorisi (Adaptive Resonance Theory- Grossberg)

<http://www.cns.bu.edu/Profiles/Grossberg/GrossbergInterests.pdf>

A crucial metatheoretical constraint is to insist upon understanding the behavioral data –which comes to us as static numbers or curves on a page – as the emergent properties of a dynamical process which is taking place moment-by-moment in an individual mind. One also needs to respect the fact that our minds can adapt on their own to changing environmental conditions without being told that these conditions have changed. One thus needs to frontally attack the problem of how an intelligent being can *autonomously adapt to a changing world*. *Knowing how to do this, as with many other theoretical endeavors in science*, is presently an art form. There are no known algorithms with which to point the way.

Whenever we have attempted this task in the past, we have resisted every temptation to use homunculi, or else the crucial constraint on *autonomous adaptation would be violated*. The result has regularly been the discovery of new organizational principles and mechanisms, which we have then realized as a minimal model operating according to only locally defined laws that are capable of operating on their own in real time. The remarkable fact is that, when such a behaviorally-derived model has been written down, it has always been interpretable as a neural network. These neural networks have always included known brain mechanisms. The functional interpretation of these mechanisms has, however, often been novel because of the light thrown upon them by the behavioral analysis. The networks have also typically predicted the existence of unknown neural mechanisms, and many of these predictions have been supported by subsequent neurophysiological, anatomical, and even biochemical experiments over the years.

Stephen Grossberg

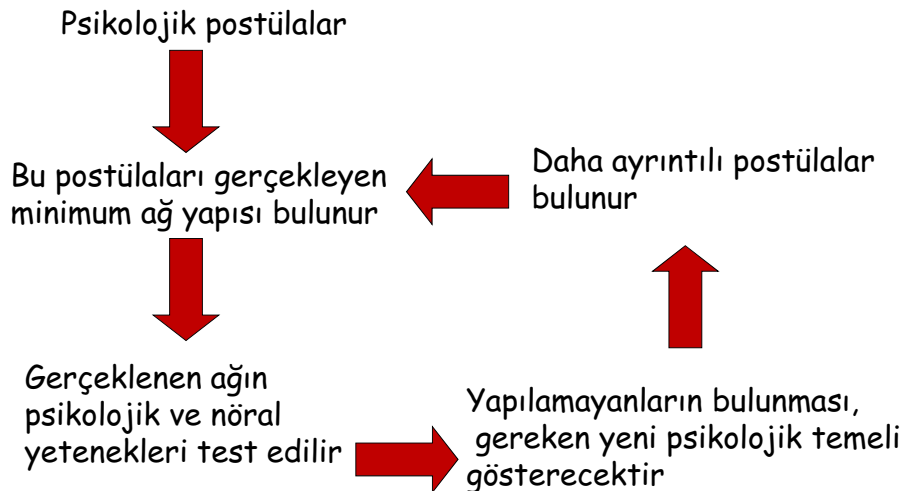
13

Grossberg 'e göre:

- Algılama ve Biliş İlişkin Temel Problem:
 - İnsanlar içinde bulundukları ortamın değişmez özelliklerini nasıl keşfediyor, öğreniyor ve tanıyor ?
 - Yaşam boyunca sürekli öğrenmeyi nasıl başarıyoruz ?

14

Yöntem

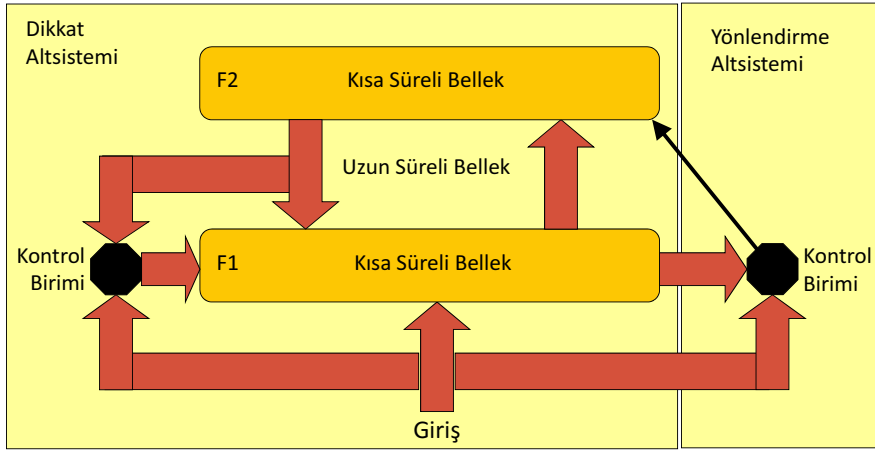


15

- Adaptif Rezonans Teorisi (ART)
 - Klasik şartlanma çalışmalarına dayanır
 - Sağlam matematiksel altyapı
 - Gerçek zamanda gerçek dünya verileri ile çalışma yeteneği
 - Temel düşünce birçok olayı açıklamak için genişletilerek yeni yapılar önerilmiştir

16

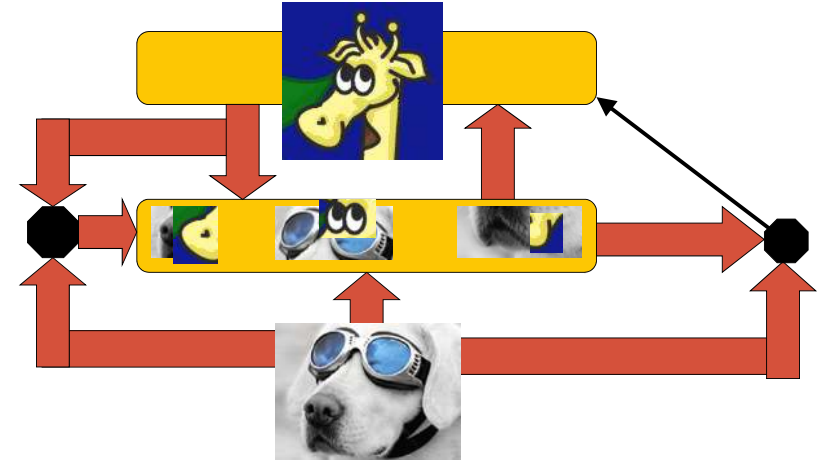
ART nasıl çalışıyor?



Mete Balcı, 2005-2007
Nevroz Aslan, Bitirme Ödevi, 2003

17

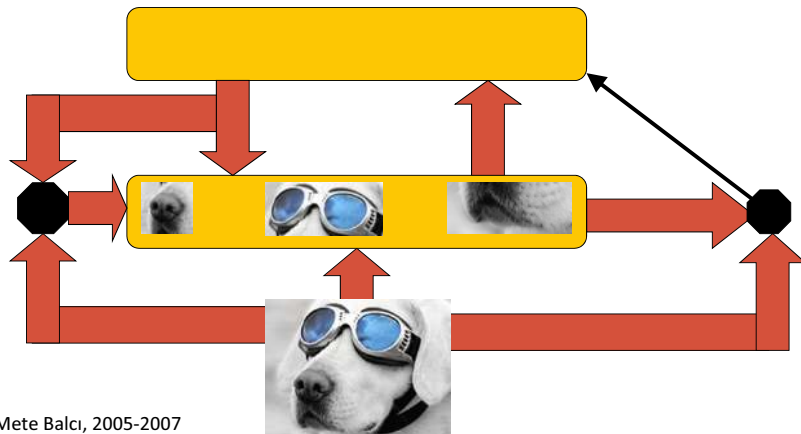
Bir örnek



Mete Balcı, 2005-2007
Nevroz Aslan, Bitirme Ödevi, 2003

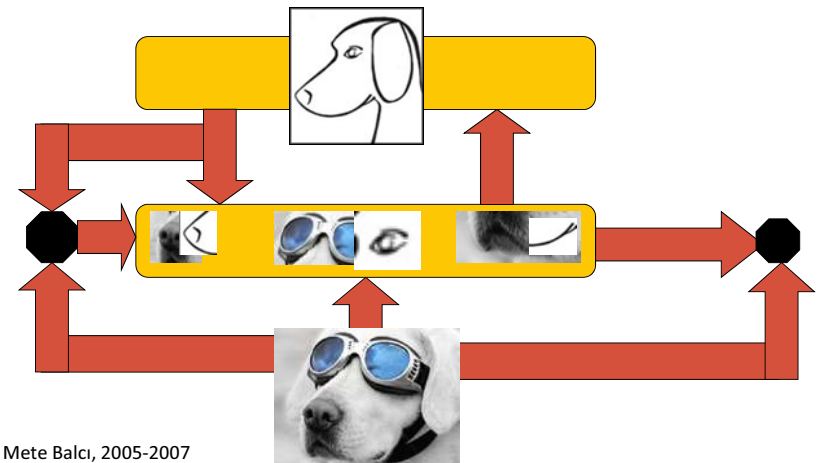
18

ART nedir ?



Mete Balcı, 2005-2007
Nevroz Aslan, Bitirme Ödevi, 2003

19



Mete Balcı, 2005-2007
Nevroz Aslan, Bitirme Ödevi, 2003

20



23