

# Нейронные сети и нейрокомпьютеры

Лекция 4. Часть 3.

Модель ART-2

# Модели ART

- Adaptive Resonance Theory by Grossberg (1976)
- Семейство нейронных сетей ART:
  - Классификация без учителя
    - ART 1 → бинарные паттерны (1987)
    - ART 2 → аналоговые паттерны (1987)
    - Fuzzy ART → обобщение ART1 применительно к теории множеств
  - Отображение с учителем
    - ARTMAP
    - Fuzzy ARTMAP (1992)

# Алгоритм модели ART-2

- Подача нового входного паттерна, MINNET (min net) определяет выходной нейрон  $j^*$  с минимальным расстоянием до входного вектора  $\|x - w_j\|$ .
- Vigilance test: Нейрон  $j^*$  проходит «vigilance test» если  $\|x - w_{j^*}\| < \rho$
- где “vigilance value”  $\rho$  определяет радиус кластера.
- Если победитель не прошел «vigilance test», новый нейрон  $k$  создается с весовым вектором

$$w_k = x.$$

# Алгоритм модели ART-2 (2)

- Если победитель прошел «vigilance test», меняется весовой вектор победителя  $j^*$

$$w_{j^*}^{new} = \frac{x + w_{j^*}^{(old)} \| cluster_{j^*}^{(old)} \|}{1 + \| cluster_{j^*}^{(old)} \|}$$

где  $\|cluster_i\|$  обозначает количество членов кластера  $i$ .

# Особенности модели ART-2

- Эффект от порядка предъявления примеров:
  - ART чувствительна к порядку предъявления примеров.
- Эффект от величины порога (vigilance threshold):
  - МЕНЬШИЙ порог приводит созданию БОЛЬШИХ кластеров.
- Эффект от рекластеризации:
  - Используются текущие центры кластеров как начальные для кластеризации.
  - Рекластеризация производится для всех по порядку примеров.
  - Процесс повторяется до тех пор пока не будет изменений в кластерах (появления новых кластеров).

order	pattern	winner	test value	decision	cluster 1 centroid	cluster 2 centroid	cluster 3 centroid
1	(1.0,0.1)	-	-	new cluster	(1.0,0.1)		
2	(1.3,0.8)	1	1.0	pass test	(1.15,0.45)		
3	(1.4,1.8)	1	1.6	fail⇒ new cluster		(1.4,1.8)	
4	(1.5,0.5)	1	0.4	pass test	(1.27,0.47)		
5	(0.0,1.4)	2	1.8	fail⇒ new cluster			(0.0,1.4)
6	(0.6,1.2)	3	0.8	pass test			(0.3,1.3)
7	(1.5,1.9)	2	0.2	pass test		(1.45,1.85)	
8	(0.7,0.4)	1	0.63	pass test	(1.13,0.45)		
9	(1.9,1.4)	2	0.9	pass test		(1.6,1.7)	
10	(1.5,1.3)	2	0.5	pass test		(1.58,1.6)	

(a) Original order.  
 А. В. Гаврилов  
 ИТ 19, кафедра ВТ

The execution sequence of the ART-2 with the vigilance threshold 1.5.

order	pattern	winner	test value	decision	cluster 1 centroid	cluster 2 centroid
1	(1.5,1.3)	-	-	new cluster	(1.5,1.3)	
2	(1.9,1.4)	1	0.5	pass test	(1.7,1.35)	
3	(0.7,0.4)	1	1.95	fail⇒ new cluster		(0.7,0.4)
4	(1.5,1.9)	1	0.75	pass test	(1.63,1.53)	
5	(0.6,1.2)	2	0.9	pass test		(0.65,0.8)
6	(0.0,1.4)	2	1.25	pass test		(0.43,1.0)
7	(1.5,0.5)	1	1.17	pass test	(1.6,1.28)	
8	(1.4,1.8)	1	0.72	pass test	(1.56,1.38)	
9	(1.3,0.8)	1	0.84	pass test	(1.52,1.28)	
10	(1.0,0.1)	2	1.47	pass test		(0.58,0.78)

А.В.Гаврилов

(b) Reverse order

# Implementation of algorithm of ART-2

```
for (int j = 0; j < Net.NOut; j++)
{
    Net.S2[j]=0;
    for (int i = 0; i < Net.NR; i++)
        Net.S2[j]=Net.S2[j]+(Net.S1[i]-Net.w[i][j])*(Net.S1[i]-Net.w[i][j]);
    Net.S2[j]=sqrt(Net.S2[j]);
    Temp=Net.S2[j];
};
jmin=0;
j=0;
S2Min=9999999999;
Temp=Net.S2[1];
while (j<Net.NOut)
{
    if (Net.S2[j]<S2Min)
    {
        S2Min=Net.S2[j];
        jmin=j;
    };
    j=j++;
};
```



# Implementation of algorithm of ART-2 (2)

```
    if (S2Min > Net.r) // test to recognizing is not OK
    {
// forming of new output neuron
    Net.NOut++;
    Net.S2[Net.NOut-1]=0;
    Net.Number[Net.NOut-1]=1;
    for (int i = 0; i < Net.NR; i++)
    {
        Net.w[i][Net.NOut-1]=Net.S1[i];
        Net.S2[Net.NOut-1]=Net.S2[Net.NOut-1]+(Net.S1[i]-
Net.w[i][Net.NOut-1])*(Net.S1[i]-Net.w[i][Net.NOut-1]);
        jmin=Net.NOut-1;
    };
    Net.S2[Net.NOut-1]=sqrt(Net.S2[Net.NOut-1]);
}
else
```

# Implementation of algorithm of ART-2 (3)

```
Net.Number[jmin]++;
  for (int i = 0; i < Net.NR; i++)
  {
    Net.w[i][jmin]=Net.w[i][jmin]+(Net.S1[i]-
Net.w[i][jmin])/(1+Net.Number[jmin]);
  };
  Form1->Memo1->Clear();
  for (int i = 0; i < Net.NOut; i++)
    Form1->Memo1->Lines->Add(FloatToStr(Net.S2[i]));
  Form1->NOut->Text=IntToStr(Net.NOut);
  Form1->Edit1->Text=IntToStr(jmin+1);
  return(jmin);
}
```