

Машинное обучение

Лекция 3. Часть 2.

Адаптивная резонансная теория.

Модель ART-1

Adaptive Resonance Theory (ART)

Так же, как сеть Кохонена, решает задачи кластеризации, но с неизвестным количеством кластеров

Кластеры создаются при необходимости по мере обработки входных данных

Можно отнести к классу растущих нейронных сетей

Adaptive Resonance Theory (ART)

- Одной из особенностей памяти человека является способность запоминать новое без потери памяти о прошлом.
- Stephen Grossberg сформулировал дилемму стабильности-пластичности:
 - (1) Как обучающаяся система демонстрирует пластичность в ответ на важный входной образ, сохраняя при этом стабильность в ответ на нерелевантные входные данные?
 - (2) Как система знает, когда переключаться между пластичностью и стабильностью?
 - (3) Как система может сохранять ранее запомненную информацию, обучаясь чему-то новому?

Концепция ART

- Ключ к решению проблемы пластичности-стабильности – добавить обратную связь между соревновательным слоем и входным слоем нейронной сети
- Grossberg and Carpenter: Модель ART
- ART обучается без учителя.
- Эта модель впервые предложена в начале 1960х годов
- Grossberg ввел понятие ART в 1976 году.
- G.A. Carpenter продолжила исследования ART.
- Существует много модификаций ART: ART-1, ART-2, ARTMAP, Fuzzy ARTMAP и т.д.

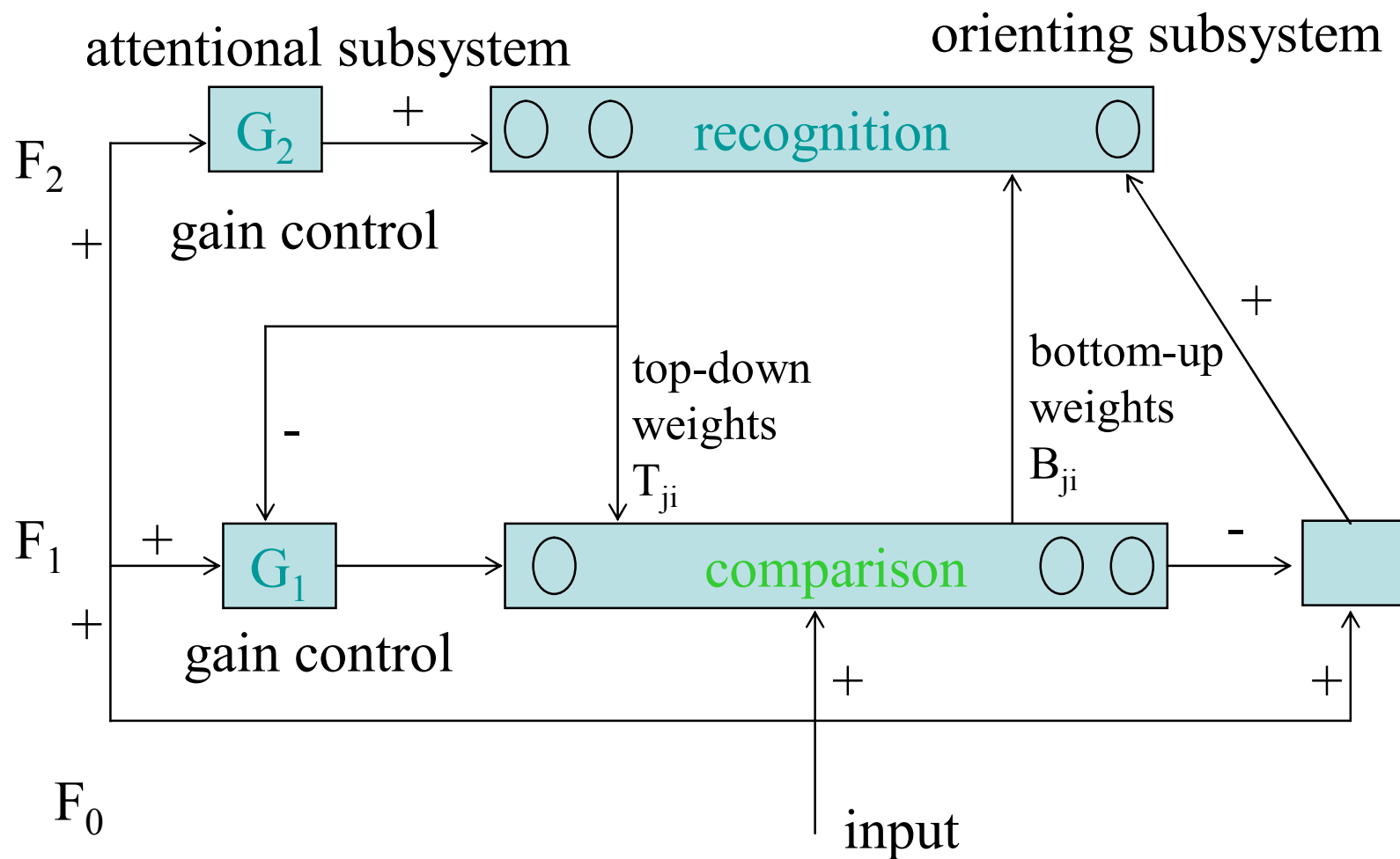
Концепция ART (2)

- ART 1: входные вектора – бинарные.
- ART 2: удобна для обработки аналоговых векторов, таких как, например, оттенки серого на изображении.
- ARTMAP: для создания растущей ассоциативной памяти, хранящей ассоциации между кластерами и их обозначениями (label)
- Fuzzy ARTMAP: ARTMAP с формированием значений функций принадлежности кластеру

Основной алгоритм ART

- Step 1: Инициализация. Начало работы без вектора - прототипа кластера
- Step 2: Предъявление входного вектора I
- Step 3: Нахождение вектора-прототипа кластера P , ближайшего к входному вектору
- Step 4: Если P слишком далеко от I , то создание нового кластера и возврат к шагу 2.
- Step 5: Обновление найденного вектора-прототипа (изменение компонентов P так, чтобы приблизить его к вектору I)

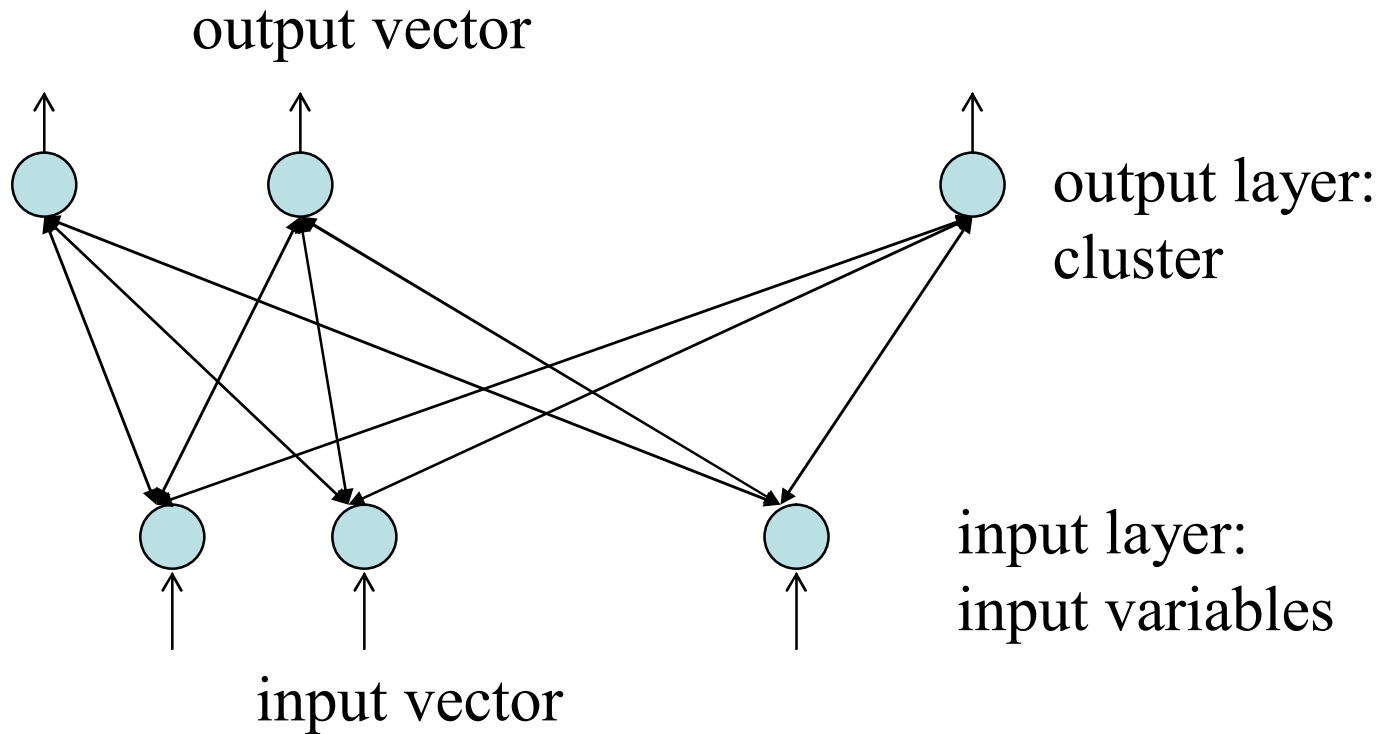
Сеть ART (Carpenter and Grossberg 1988).



Сеть ART (2)

- V_{ji} : продвигает паттерн от F_1 к F_2 для нахождения вектора-победителя.
- T_{ji} : продвигает паттерн победившего нейрона к F_1 для сравнения.
- G_1 : для сравнения входного паттерна с сохраненными паттернами.
- G_2 : Для сброса неправильных нейронов в F_2 .
- attentional subsystem: для быстрой классификации распознаваемых паттернов.
- orienting subsystem: для помощи attentional subsystem обучаться новым паттернам.

Модель ART-1



Модель ART-1 (2)

- Input layer: входные паттерны input patterns or characteristic vectors. Активационная функция $f(x)=x$. Входные величины бинарные.
- Output layer: представляет кластеризацию обработанных паттернов. Первоначально, только один выходной нейрон. Количество выходных нейронов растет в процессе обучения. Когда стабильность достигается, процесс обучения останавливается.

ART-1 Model (3).

Алгоритм

1. Nout=1.
2. Задаются начальные значения матриц весов:

$$w^t[i][1] = 1$$

$$w^b[i][1] = \frac{1}{1 + N}$$

3. Предъявляется входной вектор X .
4. Вычисляется величины близости (matching) для сравнения входного вектора и векторов весов:

$$net[j] = \sum_i w^b[i][j] \cdot X[i]$$

$$I_{count} = 0$$

5. Находится выходной нейрон с максимальным значением:

$$net[j^*] = \max_j net[j]$$

Модель ART-1 (4).

Алгоритм

(6) Вычисление похожести

$$\| X \| = \sum_i X[i]$$
$$\| w_{j^*}^t \cdot X \| = \sum_i w^t[i][j^*] \cdot X[i]$$

(7) Проверка похожести:

$$V_{j^*} = \frac{\| w_{j^*}^t \cdot X \|}{\| X \|}$$

Если $V < \rho(\text{vigilance})$ то идти к шагу (8).
Иначе, к шагу (9).

(8) Проверка есть выходные нейроны, к которым можно применить следующее правило:

Если $Icount < Nout$, то попытаться применить вторую максимальную величину близости

Модель ART-1 (5).

Алгоритм

$Icount = Icount + 1$; $net[j^*] = 0$, идти к шагу (5).

иначе

(а) создать новый кластер:

$$\text{set } N_{out} = N_{out} + 1$$

set new weighting matrix w

$$w^t[i][N_{out}] = x$$

$$w^b[i][N_{out}] = \frac{x}{0.5 + |w^t \cdot X|}$$

(b) Формирование выходных величин:

Если $j = j^*$, то $Y[j] = 1$

иначе $Y[j] = 0$.

(с) идти к шагу (3) (подать новый вектор X)

Модель ART-1 (6).

Алгоритм

(9) Адаптировать матрицу весов

(а) изменить веса:

$$w^t[i][j^*] = w^t[i][j^*] \cdot X[i]$$

$$w^b[i][j^*] = \frac{w^t[i][j^*] \cdot X[i]}{0.5 + \sum_i w^t[i][j^*] \cdot X[i]}$$

(b) Задать выходные величины для выходных нейронов:

если $j=j^*$, то $Y[j]=1$

иначе $Y[j]=0$.

(с) идти к шагу (3) (подать новый вектор X)

Модель ART-1 (7)

- Given an input vector:
 $X=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$
- Assume 5 output nodes.
3 cases for comparisons.

- Case 1:

$$w_1^b = \frac{1}{5.5} [1,1,1,1,1,0,0,0,0,0], w_1^t = [1,1,1,1,1,0,0,0,0,0]$$

$$w_2^b = \frac{1}{4.5} [1,1,1,1,0,0,0,0,0,0], w_2^t = [1,1,1,1,0,0,0,0,0,0]$$

$$w_3^b = \frac{1}{3.5} [1,1,1,0,0,0,0,0,0,0], w_3^t = [1,1,1,0,0,0,0,0,0,0]$$

$$w_4^b = \frac{1}{2.5} [1,1,0,0,0,0,0,0,0,0], w_4^t = [1,1,0,0,0,0,0,0,0,0]$$

$$w_5^b = \frac{1}{1.5} [1,0,0,0,0,0,0,0,0,0], w_5^t = [1,0,0,0,0,0,0,0,0,0]$$

Модель ART-1 (8)

- Node 1: matching value= $5/5.5=0.909$, similarity value= $5/5=1.0$.
- Node 2: matching value= $4/4.5=0.888$, similarity value= $4/5=0.8$.
- Node 3: matching value= $3/3.5=0.857$, similarity value= $3/5=0.6$.
- Node 4: matching value= $2/2.5=0.8$, similarity value= $2/5=0.4$.
- Node 5: matching value= $1/1.5=0.667$, similarity value= $1/5=0.2$.
- The matching value is proportional to similarity value.

Модель ART-1 (9)

- Case 2:
- Assume 6 output nodes.

$$w_1^b = \frac{1}{3.5}[1,1,1,0,0,0,0,0,0,0], w_1^t = [1,1,1,0,0,0,0,0,0,0]$$

$$w_2^b = \frac{1}{4.5}[1,1,1,0,0,1,0,0,0,0], w_2^t = [1,1,1,0,0,1,0,0,0,0]$$

$$w_3^b = \frac{1}{5.5}[1,1,1,0,0,1,1,0,0,0], w_3^t = [1,1,1,0,0,1,1,0,0,0]$$

$$w_4^b = \frac{1}{6.5}[1,1,1,0,0,1,1,1,0,0], w_4^t = [1,1,1,0,0,1,1,1,0,0]$$

$$w_5^b = \frac{1}{7.5}[1,1,1,0,0,1,1,1,1,0], w_5^t = [1,1,1,0,0,1,1,1,1,0]$$

$$w_6^b = \frac{1}{8.5}[1,1,1,0,0,1,1,1,1,1], w_6^t = [1,1,1,0,0,1,1,1,1,1]$$

Модель ART-1 (10)

- Node 1: matching value= $3/3.5=0.857$, similarity value= $3/5=0.6$.
- Node 2: matching value= $3/4.5=0.666$, similarity value= $3/5=0.6$.
- Node 3: matching value= $3/5.5=0.545$, similarity value= $3/5=0.6$.
- Node 4: matching value= $3/6.5=0.462$, similarity value= $3/5=0.6$.
- Node 5: matching value= $3/7.5=0.4$, similarity value= $3/5=0.6$.
- Node 6: matching value= $3/8.5=0.353$, similarity value= $3/5=0.6$.

Модель ART-1 (11)

- The same similarity value but different matching value.
- If the number of corresponding bits of output vectors to input vector are the same, the one with less ones in output vector will be selected for vigilance test.

Модель ART-1 (12)

- Case 3:
- Assume 3 output nodes.

$$w_1^b = \frac{1}{3.5}[1,1,1,0,0,0,0,0,0,0], w_1^t = [1,1,1,0,0,0,0,0,0,0]$$

$$w_2^b = \frac{1}{3.5}[0,1,1,1,0,0,0,0,0,0], w_2^t = [0,1,1,1,0,0,0,0,0,0]$$

$$w_3^b = \frac{1}{3.5}[0,0,1,1,1,0,0,0,0,0], w_3^t = [0,0,1,1,1,0,0,0,0,0]$$

$$w_4^b = \frac{1}{3.5}[0,0,0,1,1,1,0,0,0,0], w_4^t = [0,0,0,1,1,1,0,0,0,0]$$

Модель ART-1 (13)

- Node 1: matching value= $3/3.5=0.857$, similarity value= $3/5=0.6$.
- Node 2: matching value= $2/3.5=0.571$, similarity value= $2/5=0.4$.
- Node 3: matching value= $1/3.5=0.286$, similarity value= $1/5=0.2$.
- Node 4: matching value= $0/3.5=0.0$, similarity value= $0/5=0.0$.
- Although the number of 1's in the output vector are the same, the matching value and similarity values are all different. But the matching value is proportional to similarity value.

Недостатки ART-1

- Бинарность
- Эффективность работы зависит от последовательности примеров