

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО  
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Кафедра инженерной и компьютерной  
педагогике

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ГУМАНИТАРНОЙ СФЕРЕ

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

**«Обучение простейшей нейронной сети в пакетном  
режиме с ручным вычислением понятия (концепта)  
и порога»**

***Выполнила:*** студентка 2 курса  
(группа ПООТ-17)  
Мюнхгаузен Анна Сергеевна

**Донецк-2018**

**Цель работы:** проверить эффективность обучения нейронной сети в пакетном режиме.

**Задачи:**

1. Описать алгоритм обучения нейронной сети в пакетном режиме.
2. Реализовать обучение нейронной сети в пакетном режиме.
3. Сделать выводы, сравнив пошаговый (поэтапный) и пакетный режимы обучения нейронной сети.

**Оборудование и материалы:**

1. Компьютер с установленной на нем операционной системой, поддерживающей указываемое ниже программное обеспечение.

2. Интерпретатор языка интеллектуального программирования LISP.

3. Компьютерная программа (простейший нейроимитатор), имитирующая восприятие одного образа простейшей нейронной сетью (простейшим персептроном Розенблатта) и последующее его принятие или отвергание. Эта программа разработана нами при выполнении практической работы №1. Ее типичный вариант (perceptron-rosenblatt.lisp) можно получить из инструментального репозитория, имеющегося на Веб-ресурсе <http://hegelnet.org/intsys>.

4. Девять дидактических карточек. На карточках №1, №2 и №3 представлены правильные обучающие образы (двоичные векторы)  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$ : воспринимая их, персептрон должен каждый из них принимать (говорить «да»). Эти образы входят в дидактический пакет, используемый при обучении простейшей нейронной сети в пакетном режиме. На рис.1 эти образы представлены в исходном двоичном виде (16 компонент вектора записаны в 4 строки по 4 элемента в каждой) и виде, удобном для человеческого восприятия (для чего 0 изображается светлым прямоугольничком, а 1 темным). Все они различны, но представляют *одну* идею (мысль), которую после обучения персептрон должен обнаруживать в любом предлагаемом для восприятия образе (человеку такие образы могут напоминать букву «к») и принимать образ (говорить «да») тогда и только тогда, когда эта идея (мысль) в образе имеется.

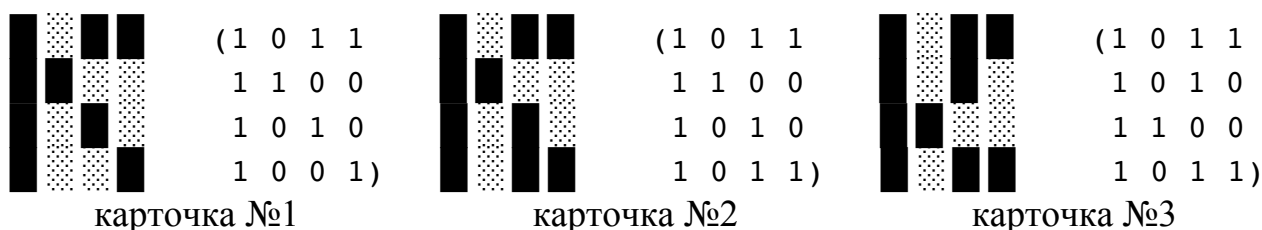


Рис. 1. Дидактические карточки, на которых представлены правильные обучающие образы

На карточках №4, №5 и №6 представлены неправильные обучающие образы (двоичные векторы)  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$ : воспринимая их, персептрон должен каждый из них отвергать (говорить «нет»). Эти образы входят в дидактический пакет, используемый при обучении простейшей нейронной сети в пакетном режиме. На рис. 2 эти образы представлены в исходном двоичном виде и виде, удобном

для человеческого восприятия. Они различны и представляют примеры идей (мыслей), которые по мнению обучающего персептрон субъекта (учителя) вовсе не соответствуют той идее, которой персептрон обучается. После обучения персептрон должен, воспринимая такие (и вообще «неправильные») образы, отвергать их (говорить «нет»).

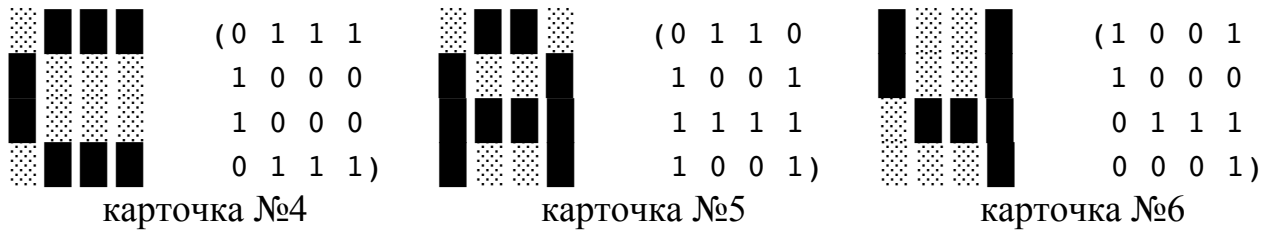


Рис. 2. Дидактические карточки, на которых представлены неправильные обучающие образы

На карточках №7, №8 и №9 представлены контрольные образы (двоичные векторы)  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ ,  $\pi_3$ : воспринимая их, персептрон должен, основываясь на своих знаниях, полученных во время обучения, принимать решение относительно принятия («да») или отвергания («нет») каждого из них. Эти образы не входят в дидактический пакет, используемый при обучении простейшей нейронной сети в пакетном режиме (они не предлагались во время обучения, при контроле они выступают как «новые» для персептрона). На рис. 3 эти образы представлены в исходном двоичном виде и виде, удобном для человеческого восприятия. Образ на карточке №7 представляет «правильную» идею («к»), образы на карточках №8 («о») и №9 («и») представляют «неправильные» идеи. В результате успешного обучения персептрон должен принять образ с карточки №7 и отвергнуть образы с карточек №8 и №9.



Рис. 3. Дидактические карточки, на которых представлены неправильные обучающие образы

### Ход работы

**1. Алгоритм обучения нейронной сети в пакетном режиме.** В дидактический пакет, используемый при обучении простейшей нейронной сети в пакетном режиме, входят, отчасти различным образом представляющие изучаемую идею, *правильные* обучающие образы (векторы)  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$  (все они должны иметь одинаковое количество компонент, количество образов обозначено бук-

вой  $n$ ). Также в дидактический пакет входят, всегда представляющие идеи, отличные от изучаемой, неправильные обучающие образы (они тоже суть векторы и должны иметь размерность, совпадающую с размерностью правильных обучающих образов, их количество обозначено буквой  $m$ , оно не обязано совпадать с  $n$ ):  $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$ .

В результате обучения в сознании перцептрона должен возникнуть *концепт* (обобщенное понятие об изучаемой идее). Он является вектором  $c$  той же размерности, что и обучающие образы. Концепт равен разности сумм всех правильных и всех неправильных обучающих образов:

$$c = (\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n) - (\psi_1 + \psi_2 + \dots + \psi_m)$$

Затем находятся оценки всех неправильных обучающих образов  $\sigma(\psi_1), \sigma(\psi_2), \dots, \sigma(\psi_m)$ . Все они суть числа. Каждая из них есть скалярное произведение соответствующего неправильного обучающего образа на концепт. Наибольшая из них обозначается  $\max(\sigma_\psi)$ . Аналогично находятся оценки всех правильных обучающих образов  $\sigma(\mu_1), \sigma(\mu_2), \dots, \sigma(\mu_n)$ . Они тоже суть числа. Каждая из них также является скалярным произведением соответствующего правильного обучающего образа на концепт. Наименьшая из них обозначается  $\min(\sigma_\mu)$ .

Если  $\max(\sigma_\psi) < \min(\sigma_\mu)$ , то их среднее арифметическое принимается за образующийся в сознании перцептрона *порог* принятия воспринимаемого образа  $\sigma$ . В этом случае говорят, что перцептрон *воспринял изучаемую идею* и обучился восприятию представляющих ее образов (причем обучен был в пакетном режиме). Сознание обученного перцептрона представлено вектором-концептом  $c$  и числом-порогом  $\sigma$ .

Если  $\max(\sigma_\psi) \geq \min(\sigma_\mu)$ , то порог принятия воспринимаемого образа не существует. В этом случае говорят, что перцептрон *неспособен воспринять изучаемую идею*. Цель обучения перцептрона в этом случае (если не переформулировать ее) недостижима.

Если перцептрон воспринял изучаемую идею, то можно переходить к его эксплуатации: предлагать различные образы той же размерности, что и обучающие, и наблюдать (и использовать в практических целях) факты их принятия или непринятия.

Если в процессе эксплуатации перцептрон совершит ошибку, то соответствующий образ необходимо добавить в дидактический пакет и обучение повторить.

**2. Реализация обучения нейронной сети в пакетном режиме.** На приведенном ниже рис. 4 представлены рассчитанные нами вручную по данным нашего дидактического пакета сумма правильных обучающих образов (вектор  $\Sigma_\mu$ ), сумма неправильных обучающих образов (вектор  $\Sigma_\psi$ ) и концепт (вектор  $c$ , являющийся их векторной разностью).

Далее на рис. 5 показан процесс вычисления вручную порога принятия воспринимаемых образов.

$$\Sigma_{\mu} = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 3 & 3 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 2 & 0 \\ 3 & 0 & 2 & 3 \end{pmatrix} \quad \Sigma_{\psi} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 3 \end{pmatrix} \quad c = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 4. Ручной расчет концепта, возникающего в сознании перцептрона при использовании пакетного режима обучения

$$\begin{aligned} \sigma(\mu_1) &= 9; \quad \sigma(\mu_2) = 10; \quad \sigma(\mu_3) = 8; \quad \min(\sigma_{\mu}) = 8. \\ \sigma(\psi_1) &= 1; \quad \sigma(\psi_2) = -2; \quad \sigma(\psi_3) = 0; \quad \max(\sigma_{\psi}) = 1. \\ \sigma &= (8 + 1) / 2 = 4,5. \end{aligned}$$

Рис. 5. Вычисление вручную порога принятия воспринимаемых образов

Перцептрон воспринял изучаемую идею, можно переходить к проверке качества его обученности. Перед этим в файл *perceptron-rosenblatt.lisp* в секции данных *concept* и *threshold* внесены рассчитанные нами соответственно концепт и порог. В приведенном ниже листинге названного файла изменения выделены жирным шрифтом:

```
(defun sigma (x)
  (cond
    ((< x 0) 0)
    ((>= x 0) 1)
  )
)
(defun scalmult (l1 l2)
  (cond
    ((not (cdr l1)) (* (car l1) (car l2)))
    (T (+ (* (car l1) (car l2)) (scalmult (cdr l1) (cdr l2))))
  )
)
(setq image
  (list 0 0 0 0
        0 0 0 0
        0 0 0 0
        0 0 0 0
  )
)
(setq concept
  (list 2 -2 1 1
        0 2 1 -1
        1 -1 0 -2
        2 -1 1 0
  )
)
(setq threshold 4.5)
(defun percy (image concept threshold)
  (sigma (- (scalmult image concept) threshold))
)
(format t "~a~%" (percy image concept threshold))
```

Затем в секцию данных *image* (предлагаемый для восприятия образ) поочередно внесены данные, соответствующие каждому из контрольных образов (с карточек №7, №8 и №9) и каждый раз файл запущен на интерпретацию командой *clisp perceptron-rosenblatt.lisp*. В результате персептрон принял образ с карточки №7 (сказал «да», верно), отверг образ с карточки №8 (сказал «нет», верно), отверг образ с карточки №9 (сказал «нет», верно).

Таким образом, все контрольные задания решены персептроном верно. Дидактическая цель при обучении персептрона достигнута.

## Выводы

1. При поэтапном (пошаговом) режиме обучения простейшей нейронной сети для достижения *меньшей* по объему дидактической цели требуется *большее* количество дидактических усилий. Действительно, в практической работе №1 персептрон верно воспринимает не менее трех образов, а теперь верно воспринимаются не менее девяти образов. Притом в практической работе №1 требуемые концепт и порог сформировались за пять шагов, а теперь персептрон «отвечает» безошибочно с первого раза. Значит, пакетный режим обучения эффективнее пошагового (поэтапного) в плане *более быстрого достижения дидактических целей*.

2. При пошаговом (поэтапном) режиме обучения появление в дидактической программе нового обучающего образа могло привести к «частичному забыванию» уже усвоенных образов, что требовало «повторения упражнений» со всеми ранее предлагавшимися обучающими образами. При пакетном же режиме даже нет необходимости проверять верное восприятие персептроном обучающих образов, ведь сам алгоритм пакетного обучения гарантирует их верное восприятие (если, конечно, персептрон воспринял изучаемую идею, то есть существует порог принятия образов). Значит, пакетный режим обучения эффективнее пошагового (поэтапного) в плане *большей «прочности» приобретаемых нейронной сетью знаний*.

3. Недостатком того способа, который нами использован при пакетном обучении нейронной сети, является необходимость «ручного» вычисления составляющих сознания персептрона (концепта и порога). Если на этапе эксплуатации нейронной сети обнаружатся ошибки, «ручные» вычисления придется повторять (да еще и с большим объемом обрабатываемых данных). Поэтому необходимо написание другого нейроимитатора взамен имеющегося *perceptron-rosenblatt.lisp*. Новая программа должна принимать от человека данные дидактического пакета, автоматически вычислять и подставлять в сознание персептрона концепт и порог, а затем воспринимать и принимать или отвергать контрольный образ. Разработка и проверка работоспособности такого нейроимитатора может быть целью следующей практической работы.