

**Министерство образования и науки Украины**

**Донбасская государственная машиностроительная академия**

# **НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к самостоятельной работе

для студентов

направления «Системный анализ» заочной формы обучения

**Краматорск 2014**

УДК 621.05

Методические указания к самостоятельной работе по курсу «Нейросетевые технологии» для направления «Системный анализ» заочной формы обучения / Сост.: Гитис В.Б. – Краматорск: ДГМА, 2014. – 13 с.

В методических указаниях приводятся задания, руководство к выполнению и краткие теоретические сведения по курсу «Нейросетевые технологии».

Составитель

В.Б. Гитис, к.т.н., доцент каф. ИСПР

Отв. за выпуск

В.Б.Гитис, к.т.н., доцент каф. ИСПР

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Общие сведения	4
Перечень вопросов для выполнения контрольной работы	5
Список рекомендуемой литературы	12

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Контрольная работа предполагает выполнение следующих заданий:

1. Ответ на два теоретических вопроса согласно индивидуальному заданию – по 40 баллов каждый;
2. Решение задачи – 20 баллов.

Контрольная работа считается сданной в случае набора не менее 55 баллов.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Свойства биологических нейронных сетей.
2. Нервный импульс.
3. Свойства искусственных нейронных сетей.
4. Искусственный нейрон.
5. Функции активации.
6. Принципы обучения нейронных сетей.
7. Однослойный персептрон.
8. Реализация функции «Исключающее ИЛИ» однослойным и двухслойным персептроном.
9. Выбор архитектуры прямонаправленной многослойной нейронной сети.
10. Многослойный персептрон.
11. Предварительная обработка исходных данных.
12. Формирование функционала оптимизации прямонаправленной многослойной нейронной сети.
13. Прямонаправленная многослойная нейронная сеть: выбор начальных условий при настройке, интерпретация результатов работы, тестирование сети.
14. Методы обучения нейронных сетей.
15. Радиально-базисная сеть
16. Звезды Гроссберга
17. Нейросетевой гауссов классификатор
18. Сеть поиска максимума с прямыми связями
19. Сеть Кохонена
20. Сеть встречного распространения
21. Сеть Хопфилда
22. Двухнаправленная ассоциативная память
23. Сеть поиска максимума
24. Сеть Хемминга
25. Сеть теории адаптивного резонанса

### ЗАДАЧИ

1. Изобразите структурную схему гомогенной прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим два нейрона. Сеть преобразует трехмерный входной сигнал в одномерный выходной. Тип активационной функции – рациональная сигмоида. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «суммарная квадратичная ошибка с люфтом». Значение люфта – 0,1.
2. Определите выходной сигнал персептрона с архитектурой 2-3-2 при подаче на

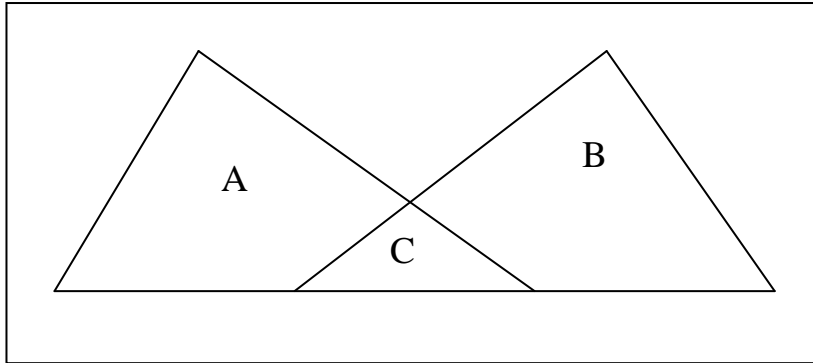
вход вектора  $\bar{X} = (-3; 1)$ . Весовые коэффициенты нейронов:

- 2-го слоя:  $w_{21}(-1; 2)$ ;  $w_{22}(-1; -1)$ ;  $w_{23}(3; -1)$ ;
- 3-го слоя:  $w_{31}(-1; 4; 2)$ ;  $w_{32}(1; 2; -3)$ .

Пороги нейронов:

- 2-го слоя:  $T_{21} = 2$ ;  $T_{22} = 1$ ;  $T_{23} = 3$ ;
- 3-го слоя:  $T_{31} = 1$ ;  $T_{32} = 0$ .

3. Изобразите структурную схему нейронной сети для классификации объектов путем разделения исходного пространства на классы (A, B, C, ...) так, как показано на рисунке



Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

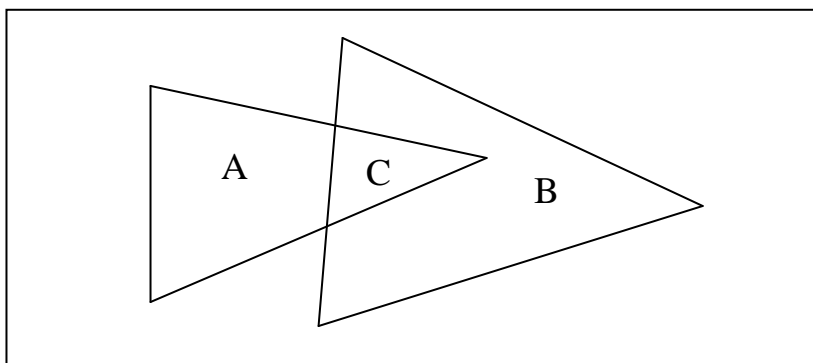
4. Изобразите структурную схему гомогенной прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим два нейрона. Сеть преобразует трехмерный входной сигнал в одномерный выходной. Тип активационной функции – гиперболический тангенс. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «средняя квадратичная ошибка».
5. Определите выходной сигнал персептрона с архитектурой 3-3-3 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (1; 4; 2)$ . Весовые коэффициенты нейронов:

- 2-го слоя:  $w_{21}(2; 1; -3)$ ;  $w_{22}(-2; 4; 1)$ ;  $w_{23}(3; -4; -2)$ ;
- 3-го слоя:  $w_{31}(3; -4; 1)$ ;  $w_{32}(-1; 1; 2)$ ;  $w_{33}(-2; 1; 1)$ .

Пороги нейронов:

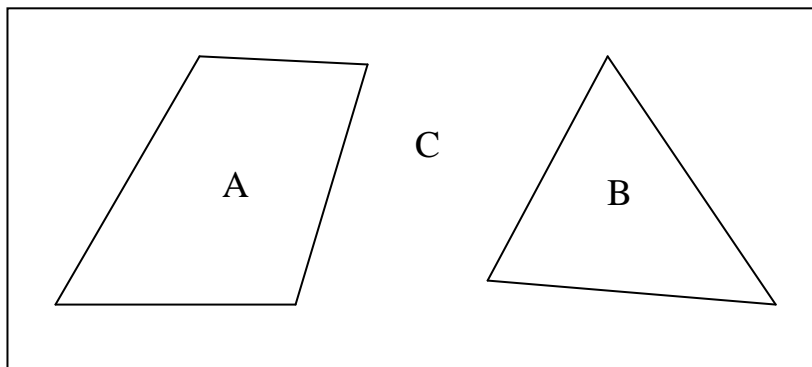
- 2-го слоя:  $T_{21} = 3$ ;  $T_{22} = 1$ ;  $T_{23} = 2$ ;
- 3-го слоя:  $T_{31} = 1$ ;  $T_{32} = 1$ ;  $T_{33} = 0$ .

6. Изобразите структурную схему нейронной сети для классификации объектов путем разделения исходного пространства на классы (A, B, C, ...) так, как показано на рисунке



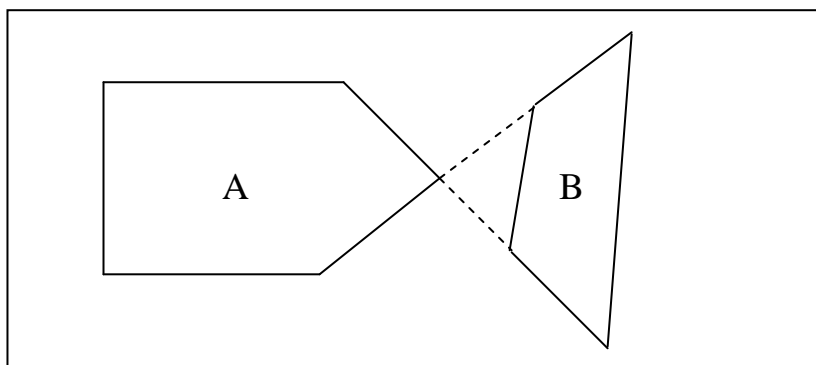
Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

7. Изобразите структурную схему гомогенной прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим два нейрона. Сеть преобразует трехмерный входной сигнал в одномерный выходной. Тип активационной функции – экспоненциальная сигмоида. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «сумма модулей».
8. Определите выходной сигнал персептрона с архитектурой 3-2-2 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (3; 2; 2)$ . Весовые коэффициенты нейронов:
  - 2-го слоя:  $w_{21}(1; 1; -1)$ ;  $w_{22}(2; -1; 1)$ ;
  - 3-го слоя:  $w_{31}(3; 4)$ ;  $w_{32}(-1; 1)$ .
 Пороги нейронов:
  - 2-го слоя:  $T_{21} = 0$ ;  $T_{22} = 1$ ;
  - 3-го слоя:  $T_{31} = 1$ ;  $T_{32} = 3$ .
9. Изобразите структурную схему нейронной сети для классификации объектов путем разделения исходного пространства на классы (А, В, С, ...) так, как показано на рисунке



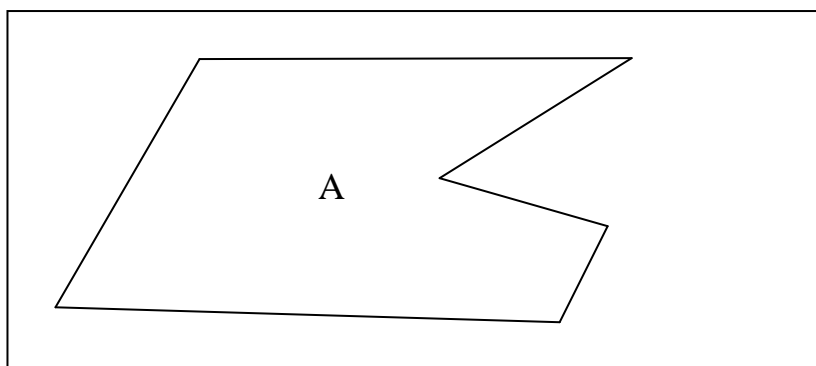
Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

10. Изобразите структурную схему гомогенной прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим три нейрона. Сеть преобразует двумерный входной сигнал в двумерный выходной. Тип активационной функции – рациональная сигмоида. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «максимум модуля».
11. Изобразите структурную схему нейронной сети для классификации объектов путем разделения исходного пространства на классы (А, В, С, ...) так, как показано на рисунке



Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

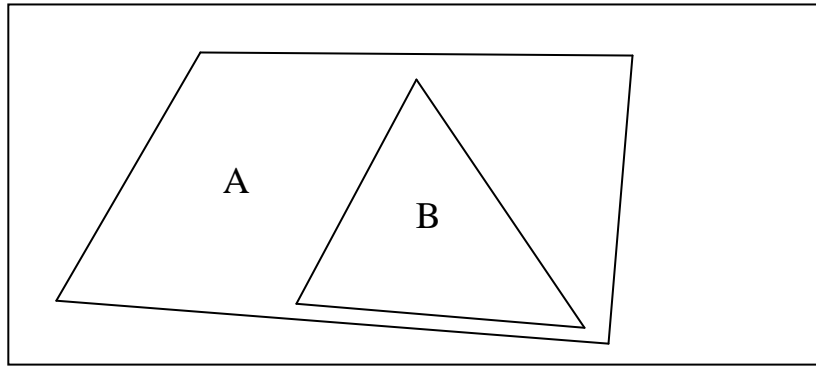
12. Изобразите структурную схему гомогенной прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим три нейрона. Сеть преобразует двумерный входной сигнал в двумерный выходной. Тип активационной функции – гиперболический тангенс. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «суммарная квадратичная ошибка с люфтом». Значение люфта – 0,01.
13. Изобразите структурную схему нейронной сети для классификации объектов путем разделения исходного пространства на классы (A, B, C, ...) так, как показано на рисунке



Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

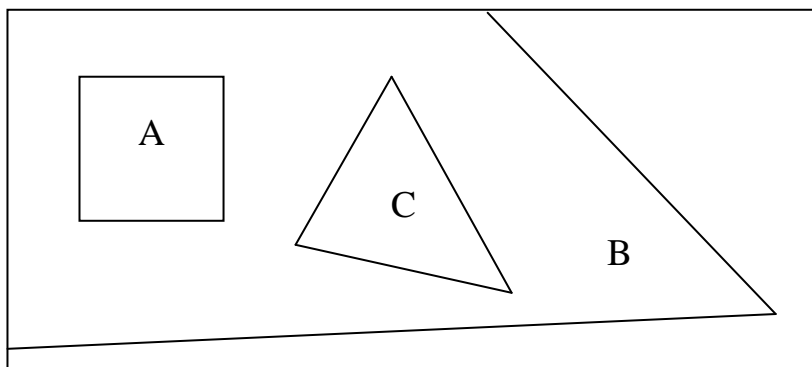
14. Изобразите структурную схему гомогенной прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим три нейрона. Сеть преобразует двумерный входной сигнал в двумерный выходной. Тип активационной функции – экспоненциальная сигмоида. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «суммарная квадратичная ошибка».
15. Изобразите структурную схему нейронной сети для классификации объектов путем разделения исходного пространства на классы (A, B, C, ...) так, как показано на рисунке





Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

16. Изобразите структурную схему прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим два нейрона. Сеть преобразует трехмерный входной сигнал в одномерный выходной. Тип активационной функции нейронов скрытого слоя – рациональная сигмоида, выходного – линейная с насыщением. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «средняя квадратичная ошибка».
17. Изобразите структурную схему нейронной сети для классификации объектов путем разделения исходного пространства на классы (A, B, C, ...) так, как показано на рисунке



Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

18. Изобразите структурную схему прямонаправленной нейронной сети с одним скрытым слоем, содержащим два нейрона. Сеть преобразует трехмерный входной сигнал в одномерный выходной. Тип активационной функции нейронов скрытого слоя – экспоненциальная сигмоида, выходного – линейная с насыщением. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью. Запишите функционал оптимизации нейронной сети при использовании функции ошибки вида «максимум модуля».
19. Изобразите структурную схему прямонаправленной нейронной сети для освоения обучающего множества, состоящего из 50 примеров. Каждый пример содержит три входных поля и два выходных. Обоснуйте выбор архитектуры сети.

20. Изобразите структурную схему прямонаправленной нейронной сети для освоения обучающего множества, состоящего из 100 примеров. Каждый пример содержит четыре входных поля и одно выходное. Обоснуйте выбор архитектуры сети.
21. Изобразите структурную схему прямонаправленной нейронной сети для освоения обучающего множества, состоящего из 30 примеров. Каждый пример содержит пять входных полей и два выходных. Обоснуйте выбор архитектуры сети.
26. Изобразите структурную схему RBF-сети с тремя шаблонными нейронами. Сеть преобразует трехмерный входной сигнал в двумерный выходной. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.
27. Определите выходной сигнал сети встречного распространения с архитектурой 3-2-2 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (3; 2; 2)$ . Весовые коэффициенты нейронов:
- 2-го слоя:  $w_{21}(1; 1; -1)$ ;  $w_{22}(2; -1; 1)$ ;
  - 3-го слоя:  $w_{31}(3; 4)$ ;  $w_{32}(-1; 1)$ .
28. Определите выходной сигнал RBF-сети с архитектурой 3-2-2 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (3; 2; 2)$ . Весовые коэффициенты нейронов:
- 2-го слоя:  $w_{21}(1; 1; -1)$ ;  $w_{22}(2; -1; 1)$ ;
  - 3-го слоя:  $w_{31}(3; 4)$ ;  $w_{32}(-1; 1)$ .
- Радиусы нейронов:  $\sigma_1 = 1$ ;  $\sigma_2 = 2$ .
29. Выполните нормализацию входного сигнала  $\bar{X}$  нейронной сети с помощью минимаксного преобразования. Диапазон нормализации –  $[-1; 1]$ .  
 $\bar{X} = [-0,6; -3,4; -9,0; 5,4; -3,0; -0,9; 5,8; 7,0; 5,9; -3,7]$ .  
 Выделите реперные примеры множества.
30. Выполните интерпретацию выходного сигнала  $\bar{Y}$  нейронной сети, если известно, что эталонный выходной сигнал в обучающей выборке был нормализован с помощью минимаксного преобразования в диапазон  $[-2; 1]$ . Минимальное значение эталонного выходного сигнала составляет  $(-10)$ , максимальное –  $(10)$ .  
 $\bar{Y} = [0,3; -0,2; -1,2; -0,8; 0,0; 0,9; -0,8; -2,0; -1,1; -0,4]$ .
31. Изобразите структурную схему RBF-сети с четырьмя шаблонными нейронами. Сеть преобразует двумерный входной сигнал в трехмерный выходной. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.
32. Определите выходной сигнал сети встречного распространения с архитектурой 3-3-3 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (1; 4; 2)$ . Весовые коэффициенты нейронов:
- 2-го слоя:  $w_{21}(2; 1; -3)$ ;  $w_{22}(-2; 4; 1)$ ;  $w_{23}(3; -4; -2)$ ;
  - 3-го слоя:  $w_{31}(3; -4; 1)$ ;  $w_{32}(-1; 1; 2)$ ;  $w_{33}(-2; 1; 1)$ .
33. Определите выходной сигнал RBF-сети с архитектурой 2-3-2 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (-3; 1)$ . Весовые коэффициенты нейронов:
- 2-го слоя:  $w_{21}(-1; 2)$ ;  $w_{22}(-1; -1)$ ;  $w_{23}(3; -1)$ ;

– 3-го слоя:  $w_{31}(-1;4;2)$ ;  $w_{32}(1;2;-3)$ .

Радиусы нейронов:  $\sigma_1 = 1$ ;  $\sigma_2 = 2$ ;  $\sigma_3 = 2$ .

34. Выполните нормализацию входного сигнала  $\bar{X}$  нейронной сети с помощью минимаксного преобразования. Диапазон нормализации –  $[0;1]$ .

$\bar{X} = [7,5; 5,9; 7,6; 2,2; 1,5; 5,8; 10,0; 1,2; 6,2; 2,0]$ .

Выделите реперные примеры множества.

35. Выполните интерпретацию выходного сигнала  $\bar{Y}$  нейронной сети, если известно, что эталонный выходной сигнал в обучающей выборке был нормализован с помощью минимаксного преобразования в диапазон  $[0;1]$ . Минимальное значение эталонного выходного сигнала составляет  $(-10)$ , максимальное –  $(10)$ .

$\bar{Y} = [0,3; 1,0; 0,3; 0,9; 0,8; 0,3; 0,9; 0,4; 0,0; 0,6]$ .

36. Изобразите структурную схему RBF-сети с четырьмя шаблонными нейронами. Сеть преобразует трехмерный входной сигнал в одномерный выходной. Аналитически определите преобразование, осуществляемое полученной нейронной сетью.

37. Определите выходной сигнал сети встречного распространения с архитектурой 2-3-2 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (-3;1)$ . Весовые коэффициенты нейронов:

– 2-го слоя:  $w_{21}(-1;2)$ ;  $w_{22}(-1;-1)$ ;  $w_{23}(3;-1)$ ;

– 3-го слоя:  $w_{31}(-1;4;2)$ ;  $w_{32}(1;2;-3)$ .

38. Определите выходной сигнал RBF-сети с архитектурой 3-3-3 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (1;4;2)$ . Весовые коэффициенты нейронов:

– 2-го слоя:  $w_{21}(2;1;-3)$ ;  $w_{22}(-2;4;1)$ ;  $w_{23}(3;-4;-2)$ ;

– 3-го слоя:  $w_{31}(3;-4;1)$ ;  $w_{32}(-1;1;2)$ ;  $w_{33}(-2;1;1)$ .

Радиусы нейронов:  $\sigma_1 = 2$ ;  $\sigma_2 = 1$ ;  $\sigma_3 = 3$ .

39. Выполните нормализацию входного сигнала  $\bar{X}$  нейронной сети с помощью минимаксного преобразования. Диапазон нормализации –  $[-2;4]$ .

$\bar{X} = [-8,1; -7,5; -8,3; -2,1; -1,9; -2,2; -1,3; -7,0; -3,6; -0,5]$ .

Выделите реперные примеры множества.

40. Выполните интерпретацию выходного сигнала  $\bar{Y}$  нейронной сети, если известно, что эталонный выходной сигнал в обучающей выборке был нормализован с помощью минимаксного преобразования в диапазон  $[-1;1]$ . Минимальное значение эталонного выходного сигнала составляет  $(-10)$ , максимальное –  $(10)$ .

$\bar{Y} = [-0,4; -0,7; -0,1; -0,6; 0,2; -0,3; 0,4; -0,5; 0,2; -0,1]$ .

41. Определите выходной сигнал RBF-сети с архитектурой 3-2-1 при подаче на вход вектора  $\bar{X} = (-1;3;2)$ . Весовые коэффициенты нейронов:

– 2-го слоя:  $w_{21}(-1;2;3)$ ;  $w_{22}(-2;1;1)$ ;

– 3-го слоя:  $w_{31}(-2;1)$ .

Радиусы нейронов:  $\sigma_1 = 2$ ;  $\sigma_2 = 1$ .

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гітис В. Б. Теорія і практика застосування нейронних мереж: навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2012. – 96 с
- 2 Ковалевский С.В., Гитис В.Б. Создание и применение нейронных сетей для решения прикладных задач: Учебно-методическое пособие для студентов специальностей «Технология машиностроения» и «Экономическая кибернетика». – Краматорск: ДГМА, 2005. – 80 с.
- 3 Методические указания к выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе по курсу «Нейросетевые технологии» для студентов направления «Системный анализ» дневной формы обучения / Сост. Гитис В.Б. – Краматорск: ДГМА, 2013. – 20 с.
- 4 Дубровін В. І., Субботін С. О. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – 136 с.
- 5 Ковалевский С.В., Гитис В.Б. Создание и применение нейронных сетей для решения прикладных задач: Учебно-методическое пособие для студентов специальностей «Технология машиностроения» и «Экономическая кибернетика». – Краматорск: ДГМА, 2005. – 80 с.
- 6 Комашинский В. И., Смирнов Д. А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с.
- 7 Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотипное. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
- 8 Медведев В. С., Потемкин В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.
- 9 Ахапкин Ю. К., Барцев С. И., Всеволодов Н. Н. и др. Биотехника – новое направление компьютеризации. – М.: Наука, 1990. – 144 с.
- 10 Боровиков В. П. Нейронные сети. Statistica neural networks: методология и технологии современного анализа данных. – М.: Горячая линия-Телеком. – 2008. – 392 с.
- 11 Вороновский Г. К. и др. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Х.: ОСНОВА, 1997. – 112 с.
- 12 Галушкин А. И. Нейрокомпьютеры. Кн. 3: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А. И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 528 с.
- 13 Галушкин А. И. Теория нейронных сетей. Кн. 1: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А. И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.
- 14 Горбань А. Н. Обучение нейронных сетей. – М.: СП ПараГраф, 1991. – 394 с.
- 15 Евтихий Н. Н., Оныкий Б. Н., Перепелица В. В., Щербаков И. Б. Математические модели и оптические реализации многослойных и полиномиальных нейронных сетей. – М.: Препринт/МИФИ, 1994. – 32 с.

- 16 Заенцев И. В. Нейронные сети: основные модели. Учебное пособие. – Воронеж: ВГУ, 1999. – 76 с.
- 17 Миркес Е. М. Нейроинформатика: Учебное пособие. – Красноярск: КГТУ, 2002. – 120 с.
- 18 Руденко О. Г., Бодянський Є. В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 404 с.
- 19 Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. – М.: Мир, 1992. – 538 с.