

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 18.02.2023 15:10:46

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be73d419c4d5e5e70b5

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 25 » 10

2022г.



РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ С ПОМОЩЬЮ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ХЕММИНГА

Методические указания для проведения лабораторных занятий и выполнения самостоятельной внеаудиторной работы по дисциплине «Теория распознавания образов» для студентов направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия» (профиль «Разработка информационно-вычислительных систем»)

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ С ПОМОЩЬЮ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ХЕММИНГА

Цель и задачи лабораторного занятия (лабораторной работы):

- познакомиться с основными понятиями методологии распознавания образов для построения интеллектуальных систем;
- изучить классификацию методов распознавания образов и этапы реализации этих методов;
- выделить способы построения и развертывания архитектуры рекуррентной нейронной сети Хемминга;
- проанализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними;
- выделить структурные компоненты исследуемой модели, критически оценить надежность источников информации;
- разработать программу для распознавания образов при преобразовании информации;
- познакомиться с новыми научными принципами и методами исследований;
- научиться решать профессиональные задачи с применением новых научных принципов и методов исследования;
- проанализировать и обосновать причины возникновения и развития проблемных ситуаций в науке.

Планируемые результаты обучения (формируемые знания, умения, навыки и компетенции):

Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной:

УК-1.1 - Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними;

УК-1.2 - Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению;

УК-1.3- Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников;

УК-1.4 - Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов;

УК-1.5 Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области;

ОПК-4.1 Использует новые научные принципы и методы исследований;

ОПК-4.2 Применяет на практике новые научные принципы и методы исследований;

ОПК-4.3 Решает профессиональные задачи с применением новых научных принципов и методов исследования.

Необходимые материально-техническое оборудование и материалы:

1. Класс ПЭВМ - Athlon 64 X2-2.4; Cel 2.4, Cel 2.6, Cel 800.
2. Мультимедиа центр: ноутбук ASUS X50VL PMD T2330/14"/1024Mb/160Gb/ сум-ка/проектор inFocus IN24+ .
3. Экран мобильный Draper Diplomat 60x60
4. Доступ в сеть Интернет.

Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной практической работы:

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	балл	примечание	балл	примечание
1	2	3	4	5
Лабораторное занятие Распознавание образов с помощью рекуррентной нейронной сети Хемминга	6	Выполнил, но «не защитил»	12	Выполнил и «защитил»

План проведения практического занятия (лабораторной работы)

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Составить структурную схему алгоритма распознавания образов с помощью рекуррентной нейронной сети Хемминга. Обосновать выбор входящих модулей.
2. Произвести инициализацию весов нейронной сети Хемминга.
2. Осуществить ввод распознаваемых образов.
3. Определить кодовое расстояние $d[j]$.
4. Оценить максимальное сходство искомого образа с одним из исходных: $y[i] = porog - d[j]$.
5. Вывод результата.
6. Аргументировать содержание входящих модулей и их назначение.

7. Проанализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.

8. Определить пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, обосновать причины возникновения и развития проблемных ситуаций в науке.

9. Разработать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов.

10. Проанализировать основные модели, обосновать выбор требований к формированию архитектуры нейронной сети.

11. Произвести сравнительный анализ результатов.

12. Сделать выводы по работе.

13. Представить отчет.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рекуррентные нейронные сети Хемминга были предложены Р. Липпманом в 1987 году. Они представляют релаксационную сеть с обратной связью между различными слоями нейронов. Их особенность состоит в передаче сигналов с выходного либо скрытого слоя на входной слой. Благодаря обратной связи, в сети возникает переходный процесс, который завершается формированием нового устойчивого состояния, отличающегося от предыдущего.

Если $f(u)$ - функция активации нейрона, где u - взвешенная сумма его возбуждений. Активационная функция f имеет вид порога, причем величина f должна быть достаточно большой, чтобы любые возможные значения аргумента не приводили к насыщению.

Тогда состояние нейрона можно определить выходным сигналом

$$y_i = f(u_i) = f\left(\sum_{j=1}^N w_{ij}x_j\right).$$

Рекуррентной нейронной сети Хемминга можно поставить в соответствие энергетическую функцию Ляпунова вида:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{j=1}^N \sum_{i, i \neq j} w_{ij} y_i y_j - \sum_{j=1}^N x_j y_j - \sum_{j=1}^N \theta_j y_j, \quad (1)$$

где E - искусственная энергия сети; w_{ij} - вес от выхода i -го ко входу j -го нейрона; x_j , y_j - вход и выход j -го нейрона; θ_j - пороговое значение j -го нейрона.

Главное свойство энергетической функции состоит в том, что в процессе эволюции состояний нейронной сети согласно уравнению она уменьшается и достигает локального минимума (*аттрактора*), в котором сохраняет постоянную энергию.

В пространстве состояний локальные энергетические минимумы E представлены точками стабильности, называемыми аттракторами.

Благодаря наличию аттракторов, рекуррентные сети могут быть использованы как устройства *ассоциативной памяти*.

Задача ассоциативной памяти сводится к запоминанию обучающих векторов, чтобы при представлении нового вектора система могла сгенерировать ответ - какой из запомненных ранее векторов наиболее близок к вновь поступившему образу.

При распознавании образов в качестве меры близости отдельных множеств применяется *расстояние Хемминга*.

При использовании двоичных значений (0,1) расстояние Хемминга между двумя векторами $\bar{y} = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$ и $\bar{d} = [d_1, d_2, \dots, d_n]^T$ определяется в виде

$$d_H(\bar{y}, \bar{d}) = \sum_{i=1}^n [d_i(1 - y_i) + (1 - d_i)y_i] . \quad (2)$$

При биполярных (± 1) значениях элементов обоих векторов расстояние Хемминга рассчитывается по формуле

$$d_H(\bar{y}, \bar{d}) = \frac{1}{2} [n - \sum_{j=1}^n y_j d_j] . \quad (3)$$

Мера Хемминга равна нулю тогда и только тогда, когда $\bar{y} = \bar{d}$.

В противном случае равна количеству битов, на которые различаются два вектора.

Нейронные сети Хэмминга позволяют эффективно решить задачу автоассоциативной памяти: ***воссоздания и распознавания образов по неполной и искаженной информации.***

Достоинством сети Хемминга считается небольшое количество взвешенных связей между нейронами.

Многочисленные эксперименты доказали, что сеть Хемминга дает лучшие результаты, чем рекуррентная нейронная сеть Хопфилда.

Нейронная сеть Хемминга представлена на рисунке 1 состоит из **входного, скрытого и выходного слоев нейронов.**

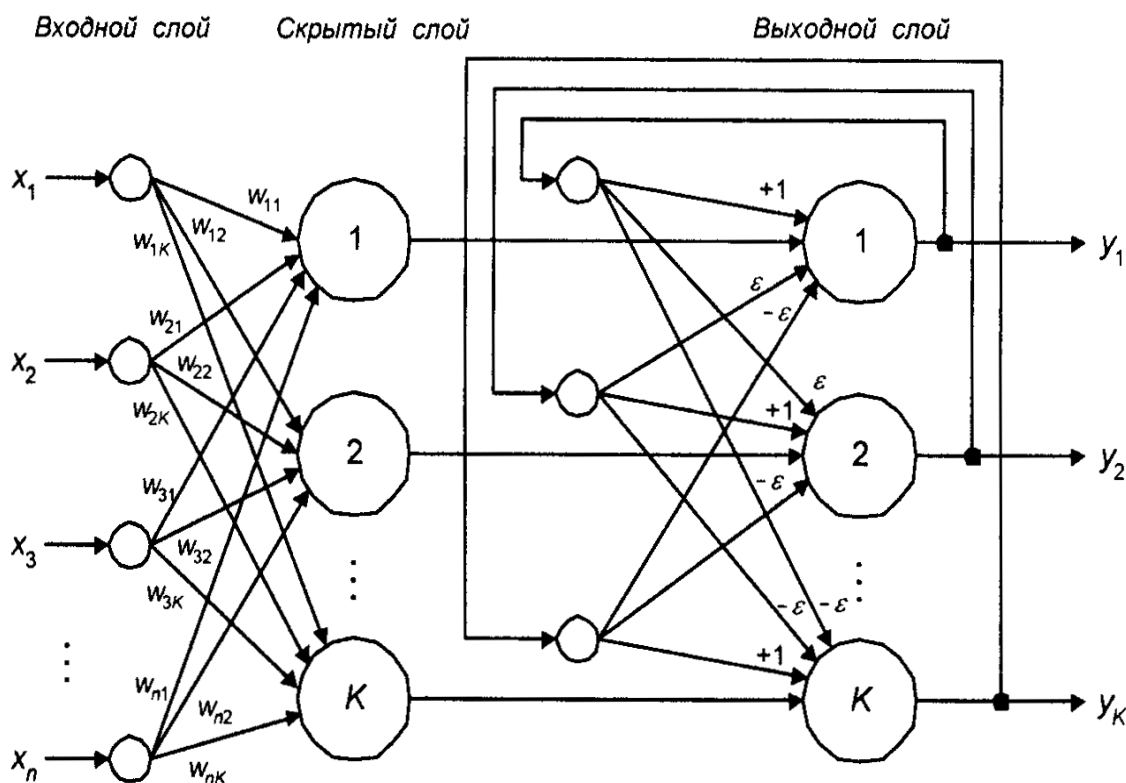


Рисунок 1 - Структура нейронной сети Хемминга

Первый слой сети имеет однонаправленное распространение сигналов от входа к выходу и фиксированные значения весов.

Второй слой состоит из нейронов, связанных обратными связями по принципу "каждый с каждым", при этом в каждом нейроне слоя существует *автосвязь* (связь входа нейрона со своим собственным выходом). Разные нейроны в слое связаны отрицательной (тормозящей) обратной связью с весом ϵ , при этом величина ϵ обычно обратно пропорциональна количеству образов.

С собственным входом нейрон связан положительной (возбуждающей) обратной связью с весом, равным +1. Пороговые веса нейронов приняты равными нулю. Нейроны этого слоя функционируют в режиме WTA (Winner Takes ALL - "Победитель забирает все"). В каждой фиксированной ситуации активизируется только один нейрон, а остальные пребывают в состоянии покоя.

Важно отметить, что количество нейронов во втором и третьем слоях равно количеству классов классификации.

Синапсы нейронов второго слоя соединены с каждым входом сети.

Выходной однонаправленный слой формирует выходной вектор, соответствующий входному вектору.

Выходы нейронов выходного слоя связаны со входами остальных нейронов этого слоя отрицательными обратными (*ингибиторными*) связями. Единственная положительная обратная связь подается с выхода для каждого нейрона выходного слоя на его же вход.

Сеть выбирает эталон с минимальным хэмминговым расстоянием от предъявленного входного вектора путем активизации только одного выхода сети (нейрона выходного слоя), соответствующего этому эталону.

Сеть Хемминга считается *гетероассоциативным запоминающим устройством* с парой связанных между собой векторов (x, y) , где x и y - входной и выходной биполярные векторы сети.

Работы сети заключается в нахождении расстояния Хэмминга от тестируемого образа до всех образцов. Расстоянием Хэмминга называется число отличающихся битов в двух бинарных векторах. Сеть должна выбрать образец с минимальным расстоянием Хэмминга до неизвестного входного сигнала, в результате чего будет активизирован только один выход сети, соответствующий этому образцу.

На этапе настройки сети Хэмминга устанавливаются следующие значения весов нейронов скрытого слоя и порога их активационной функции:

$$w_{ik} = \frac{x_i^k}{2}, \quad \theta_k = n/2,$$

где x_i^k i -й компонент k -го эталона; $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$.

Коэффициенты отрицательных обратных связей нейронов выходного слоя задают равными некоторой величине из интервала

$$0 < \varepsilon < \frac{1}{K},$$

а коэффициенты положительной обратной связи +1 .

Рассмотрим алгоритм функционирования сети Хэмминга.

1. На нейроны входного слоя подается вектор $\overline{X} = \{x_i\}$, $i = \overline{1, n}$.

На их выходах формируются следующие значения (верхний индекс указывает номер слоя):

$$y_k^{(1)} = s_k^{(1)} = \sum_{i=1}^n w_{ik} x_i + \theta_i, \quad k = \overline{1, K}, \quad \theta_i = n/2.$$

В соответствии с этим устанавливаются значения на выходах нейронов выходного слоя:

$$y_k^{(2)} = y_k^{(1)}, \quad k = \overline{1, K}.$$

2. В результате новой (t+1)-й итерации определяются новые состояния нейронов выходного слоя:

$$s_k^{(2)}(t+1) = y_k^{(2)}(t) - \varepsilon \sum_{j=1}^n y_j^{(2)}(t), \quad k = \overline{1, K},$$

$$y_k^{(2)}(t+1) = f[s_k^{(2)}(t+1)], \quad k = \overline{1, K}.$$

Активационная функция f имеет вид порога, причем величина «ступеньки» должна быть достаточно большой, чтобы возможные значения $s_k^{(2)}$ не приводили к насыщению.

3. Проверка изменения состояний нейронов выходного слоя за последнюю итерацию. И переход к шагу 2 в случае, если наблюдались изменения. Иначе - окончание процедуры.

Роль нейронов входного слоя весьма условна: воспользовавшись один раз на шаге 1 значениями его весовых коэффициентов, сеть больше не обращается к нему, поэтому этот слой может быть вообще исключен из сети (заменен на матрицу весовых коэффициентов).

4. Алгоритм программы

1. Инициализация весов (можно взять из файла “obraz.txt”).
2. Ввод распознаваемого образа.
3. Определение кодового расстояния $d[j]$.
4. Определение максимального сходство искомого образа с одним из исходных.

$$y[i] = \text{porog} - d[j] .$$

5. Вывод результата.

ПРИМЕР РЕЗУЛЬТАТА РАБОТЫ СЕТИ ХЕММИНГА ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ ЦИФРЫ.

1. Введите образ:

1111

1111

0011

0011

0011

0011

Результат: 7

- Введите образ:

1111

0011

1111

1111

1100

1111

2. Результат: 2

Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Краткое описание хода работы.
3. Ответы на вопросы.
4. Листинг программы
5. Заключение.

Приложение:

1. Варианты интерфейса с результатами работы программы

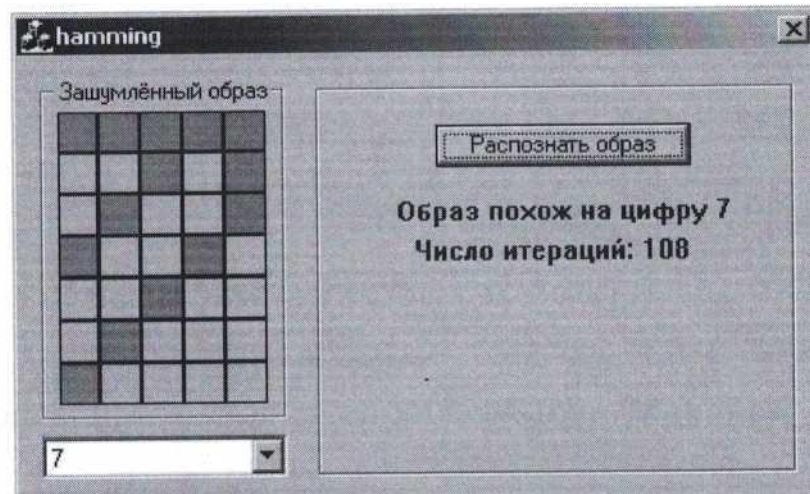


Рисунок 2 – Зашумленная цифра 7.

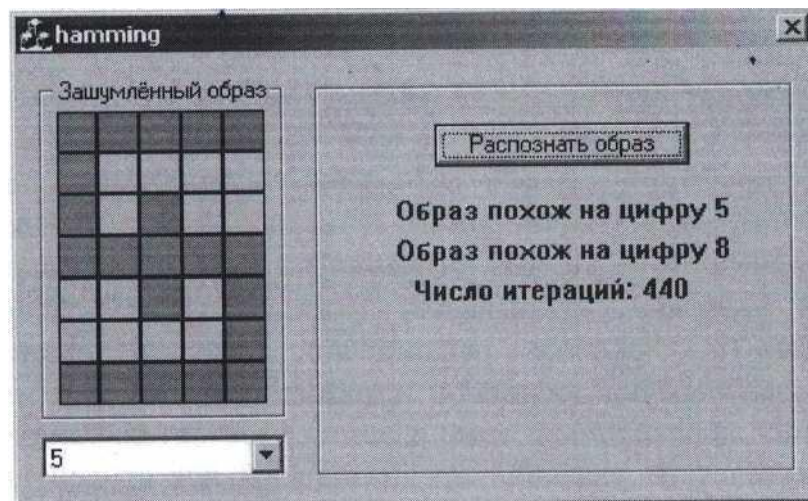


Рисунок 3 – Зашумленная цифра 5.

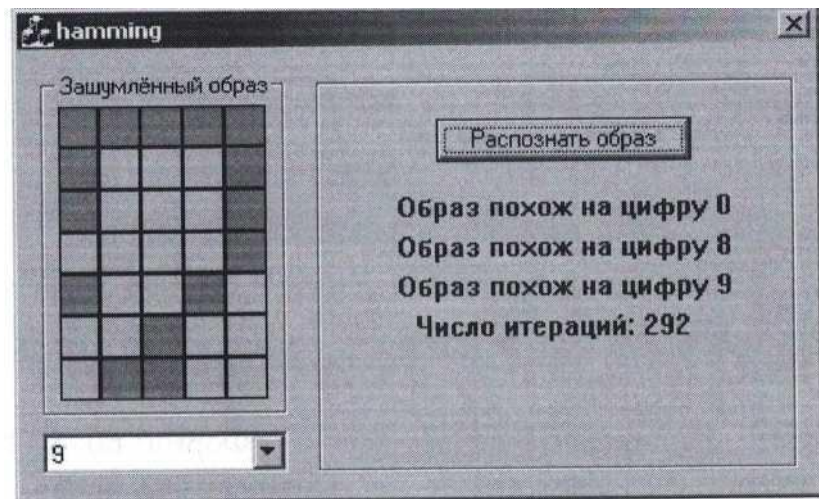


Рисунок 4- Зашумленная цифра 9.

1. Листинг процедур

Процедура распознавания зашумлённого образа
`void CHammingDlg::OnRecognition()`

```

{
// TODO: Add your control notification handler code here
Invalidate();
UpdateWindow();

int k, i, j, iter=0;
for(k=0; k<m_N; k++) {y1[k]=y2[k]=y2new[k]=tmp[k]=0.0;}

//Инициализация сети
T = m_m*m_n/2.0; srand((unsigned)time(NULL));
double e = rand()%(m_m*m_n)/(m_m*m_n*100.0);

//Вычисление состояния нейронов первого слоя
for(k=0; k<m_N; k++) {
    for(i=0; i<m_m; i++)
        for(j=0; j<m_n; j++)
            y1[k] += m_image[i][j] * m_w[k][i*m_n+j];
    y1[k]+=T;
}

//Инициализация значений аксонов второго слоя полученными
значениями
for(k=0; k<m_N; k++) y2new[k] = y1[k];

do
{
    for(k=0; k<m_N; k++) y2[k] = y2new[k];

    //Вычислить новые состояния нейронов второго слоя
    for(k=0; k<m_N; k++) {
        double sum=0;
        for(j=0; j<m_N; j++) if(j!=k) sum += y2[j];
        y2new[k] = y2[k] - e * sum;
    }

    //Вычислить значения аксонов второго слоя
    for(k=0; k<m_N; k++) {
        if(y2new[k]<0) y2new[k]=0;
        else if(y2new[k]>=m_m*m_n) y2new[k]=m_m*m_n;
    }
    iter++;
}
while(Change());

//Определение схожих образов
double etalon=-100; int index[10], l=0;
for(k=0; k<m_N; k++) index[k] = -1;
for(k=0; k<m_N; k++)
    if(y2new[k]>etalon)
        {etalon = y2new[k]; index[0] = k;}

for(k=0; k<m_N; k++)
    if(fabs(y2new[k]-etalon)<0.001 && k!=index[0])
        index[++l] = k;

CDC *pdc2 = m_results.GetDC();
pdc2->SetBkMode(TRANSPARENT);
char str[50]={0}; int s=0;
for(k=0; k<m_N; k++) {
    if(index[k]>-1) {
        sprintf(str,"Образ похож на цифру %d", index[k]);
        pdc2->TextOut(40, 60+20*s, str); s++;
    }
}

```

```

    }
    sprintf(str, "Число итераций: %d", iter);
    pdc2->TextOut(50, 60+20*s, str); s++;
    m_results.ReleaseDC(pdc2);
}

```

```

Процедура проверки изменения выходов нейронов второго слоя
int CHammingDlg::Change()
{
    for(int k=0; k<m_N; k++)
        if(fabs(y2new[k]-y2[k])>0.001) return 1;
    return 0;
}

```

Считывание эталонных образов из файла

```

FILE *f;
if((f=fopen("cifir.txt", "r"))==NULL){printf("Невозможно открыть
файл!\n"); return FALSE;}
for(int k=0; k<m_N; k++)
    for(i=0; i<m_m; i++)
        for(int j=0; j<m_n; j++)
            fscanf(f, "%d", &m_etalon[k][i*m_n+j]);
fclose(f);

```

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание хода работы.
3. Ответы на вопросы.
4. Листинг программы
5. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры использования сети Хемминга.
2. Сколько слоев имеет сеть Хемминга?
3. Какую роль играют обратные связи?
4. Каким образом определяется распознаваемый образ?
5. Какой вид имеет активационная функция для сети Хемминга?
6. Совпадает ли количество входов и выходов в сети Хемминга?
7. Записать формулу, используемую при распознавании образов в качестве меры близости отдельных множеств, на основании которой рассчитывается расстояние Хемминга применяется.
8. Какие задачи эффективно решаются с помощью нейронных сетей Хемминга?
9. Какой вид имеет архитектура нейронной сети Хемминга?
10. Чему равно количество нейронов во втором и третьем слоях нейронной сети Хемминга?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Емельянов, С. Г. Встраиваемые оптико-электронные устройства распознавания изображений в многомерном пространстве признаков [Текст] : учебное пособие / С. Г. Емельянов, Д. В. Титов ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 130 с.
2. Рубичев, Н. А. Измерительные информационные системы [Текст] : учебное пособие / Н. А. Рубичев. - М. : Дрофа, 2010. - 334 с.
3. Системы искусственного интеллекта. Практический курс [Текст] : учебное пособие / под ред. И.Ф. Астахова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 292 с.
4. Ярушкина, Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем [Текст] : учебное пособие / Н. Г. Ярушкина. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.
5. Элементарное введение в теорию нейронных сетей с примерами программ [Текст] / [пер. с пол. И. Д. Рудинского]. – М.: Горячая линия - Телеком, 2011. – 408 с.
6. Томакова, Р.А. Интеллектуальные технологии сегментации и классификации биомедицинских изображений [Текст]: монография / Р.А. Томакова, С.Г. Емельянов, С.А. Филист. – Курск: ЮЗГУ, 2012. – 222 с.
7. Советов, Б. Я. Моделирование систем [Текст] учебник / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2007. – 343 с.
8. Левич, А. П. Искусство и метод в моделировании систем: вариационные методы в экологии сообществ, структурные и экстремальные принципы, категории и функторы [Текст] / А. П. Левич. – М.: Ин-т компьютерных исследований, 2012. – 728 с.