

---

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭМИС

\_\_\_\_\_ И. Г. Боровской

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

**С.И. КОЛЕСНИКОВА**

**Научный семинар «Распознавание образов»**

*Методические указания к практическим работам*

2012

## А Н Н О Т А Ц И Я

Цели настоящих методических указаний: 1) освоение основных понятий и определений теории распознавания образов; 2) приобретение практических навыков в построении алгоритмов распознавания и анализ их качества. В четырех частях указаний приведены примеры задач и методов их решения (анализа возможного решения) на следующие темы:

1. Математические основы теории распознавания образов.
2. Методы распознавания образов.
3. Алгебраический подход к задаче распознавания.
4. Распознавание образов и распознавание изображений.

Теоретический материал приведен *только тот и в том объеме*, который необходим для решения предлагаемых задач. Задачи контрольных заданий являются весьма простыми, они предназначены для усвоения основных начальных понятий и основ теории массового обслуживания. Предполагается, что студенты знают математику в объеме, требуемом в техническом ВУЗе.

Методические указания предназначены для студентов экономического факультета.

**СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**  
**по дисциплине «Научный семинар «Распознавание образов»»**  
**и руководство по выполнению**  
**для студентов направления 230100.68 – Информатика и вычислительная**  
**техника. Профиль - Информационное и программное обеспечение**  
**автоматизированных систем**

<b>Краткое содержание тем и планируемых результатов их освоения</b> .....	4
ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ Практических работ .....	4
ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ Интерактивных занятий-СЕМИНАРОВ.....	5
<b>Раздел 1. Математические основы теории распознавания образов</b> .....	6
<b>ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ</b> .....	6
Варианты домашних Заданий к разделу 1 .....	8
Варианты контрольных Заданий к разделу 1 .....	8
Контрольные вопросы к разделу 1 .....	9
<b>Раздел 2. Методы распознавания образов</b> .....	9
<b>Интерактивное занятие-семинар №3: Детерминистские методы</b> <b>распознавания образов</b> .....	9
<b>ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ</b> .....	9
<b>Интерактивное занятие-семинар №4 по теме: Статистические методы</b> <b>распознавания образов</b> .....	15
<b>ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ</b> .....	15
Варианты домашних Заданий к разделу 2 .....	20
Варианты контрольных Заданий к разделу 2.....	21
Контрольные вопросы к разделу 2 .....	21
<b>Раздел 3. Алгебраический подход к задаче распознавания</b> .....	21
<b>ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ</b> .....	21
<b>Интерактивные занятия-семинары №7, 8 по теме: Алгебраические методы</b> <b>в задачах распознавания и классификации. Эффективность систем</b> <b>распознавания с коллективным распознаванием</b> .....	23
<b>ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ</b> .....	23
Варианты домашних Заданий к разделу 3 .....	25
Варианты контрольных Заданий к разделу 3.....	25
Контрольные вопросы к разделу 3 .....	26
<b>Раздел 4. Распознавание образов и распознавание изображений</b> .....	26
<b>Интерактивные занятия-семинары №9, 10 по теме: Распознавание образов</b> <b>и распознавание изображений. Системы РО на основе нейросети</b> .....	26
<b>ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ</b> .....	26
Варианты домашних Заданий к разделу 4 .....	29
Варианты контрольных Заданий к разделу 4.....	29
Контрольные вопросы к разделу 4 .....	29
Использованная литература.....	30

**Обозначения:**      ИДЗ - индивидуальные домашние задания  
                            ИГЗ - индивидуальные групповые задания  
                            СРС - самостоятельная работа студентов  
                            ИнЗ - интерактивное занятие  
                            ТРО - теория распознавания образов

    3-Эл – знания элементарные (определения, понятия, умение приводить иллюстрирующие примеры);

    3-Пр – знания продуктивные (умение применить знания элементарные для решения учебных задач);

У-Эл – «умения» элементарные (уметь пользоваться готовыми частными алгоритмами для решения типовых задач), умение решать задачи по шаблону (копировать);

У-Пр – «умения» продуктивные (применять положения и известные частные алгоритмы дисциплины для решения практических задач);

В-Эл – элементарное владение методами дисциплины и уверенное осуществление (построение) основных операций для решения типовых задач;

В-Пр – продуктивно распознавать проблемы, алгоритмизировать их анализ и применять методы дисциплины для решения практических задач;

С.в. - случайная величина.

### Краткое содержание тем и планируемых результатов их освоения

Тема практических занятий	Деятельность студента. Решая задачи, студент:	Отрабатываемые компетенции/ ожидаемый уровень освоения
1. Математические основы теории распознавания образов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>знакомится</i> с принципами теории распознавания образов;</li> <li>• <i>использует</i> определения и понятия теории распознавания образов;</li> <li>• <i>использует</i> знания, полученные ранее в курсе теории вероятностей и математической статистики, в курсе дискретной математики;</li> <li>• <i>строит</i> модель тестового распознавания для конкретной предметной области;</li> </ul>	<b>ОК-1, ОК-2, /</b> 3-Эл, У-Эл, В-Эл <b>ПК-5/</b> 3-Пр, У-Пр, В-Пр
2. Методы распознавания образов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>выбирает</i> тип метода РО для текстовой задачи;</li> <li>• <i>определяет</i> основные признаки объектов для конкретного метода РО;</li> <li>• <i>учится</i> применять критерии эффективности для оптимизации методов ТРО;</li> <li>• <i>применяет</i> статистические методы распознавания;</li> <li>• <i>применяет</i> детерминистские методы распознавания;</li> <li>• <i>применяет</i> логические методы распознавания;</li> </ul>	<b>ОК-1, ОК-2, /</b> 3-Эл, У-Эл, В-Эл <b>ПК-5/</b> 3-Пр, У-Пр, В-Пр
3. Алгебраический подход к задаче распознавания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>учится</i> применять критерии эффективности для оптимизации алгоритмов вычисления оценок;</li> <li>• <i>изучает</i> алгебраический подход к задаче распознавания;</li> <li>• <i>учится</i> применять и строить алгоритмические композиции для решения практических задач.</li> </ul>	<b>ОК-1, ОК-2, /</b> 3-Эл, У-Эл, В-Эл <b>ПК-5/</b> 3-Пр, У-Пр, В-Пр
4. Распознавание образов и распознавание изображений	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>разрабатывает</i> совместно с преподавателем алгоритм решения задач распознавания изображений на базе известных подходов.</li> <li>• <i>знакомится</i> с принципом перцептрона;</li> <li>• <i>строит</i> однослойную сеть для решения простых задач.</li> </ul>	<b>ОК-1, ОК-2, /</b> 3-Эл, У-Эл, В-Эл <b>ПК-5/</b> 3-Пр, У-Пр, В-Пр

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

1. Ознакомиться с нижеуказанной темой в основной и дополнительной литературе.
2. Ознакомиться со справочными интернет-сведениями (СРС).
3. Ознакомиться с принципом решения задач аудиторных.
4. Рекомендуется решить задачи домашние (в рамках СРС).
5. Ознакомиться с планом проведения интерактивных занятий в случае их проведения, прилагающегося к каждому разделу, и принципом подготовки к нему.
6. Составить и предоставить преподавателю отчет о работе, если он входит в форму отчетности по данному разделу знаний.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЗАНЯТИЙ-СЕМИНАРОВ**

1. Ознакомиться со справочными интернет-сведениями (подготовка к ИнЗ в указаниях по СРС).
2. Ознакомиться с указанной темой в основной и дополнительной литературе.

### **Основная литература**

1. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания: Учебное пособие для вузов. - 4-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2004. – 260 с.
2. Лапко А.В. Непараметрические системы обработки информации : Учебное пособие для вузов / А. В. Лапко, С. В. Ченцов; Российская Академия наук. Сибирское отделение, Институт вычислительного моделирования. - М. : Наука, 2000. - 349 с.
3. Воронцов К.В. Лекции по методам оценивания и выбора моделей. 2007. Режим доступа: [www.ccas.ru/voron/download/Modeling.pdf](http://www.ccas.ru/voron/download/Modeling.pdf).

### **Дополнительная литература**

1. Р. Гонсалес. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB: Пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс ; пер. : В. В. Чепыжов. - М. : Техносфера, 2006. – 615 с.
2. Ту Д., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978, 2008.
3. Вапник В.Н. и др. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей: Практическое руководство. - М. : Наука. Физматлит, 1984. - 816 с.
4. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. М.: Наука, 1974, 2002.- 415 с.
5. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. // Новосибирск. Изд-во института математики. 1999, 2008.
6. Дадашев Т.М. Теория распознавания образов (логические методы): Учебное пособие. - М.: МФТИ, 1982, 2006. - 84 с.
7. Айзерман А.А., Браверман Э.М., Розоноэр Э.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970.
8. Патрик Э. Основы теории распознавания образов. – М.: Сов. радио, 1980.
9. Фу К.С. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977.
10. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. - М.: Мир, 1976.- 511 с.
11. Дюкова Е.В., Песков Н.В. Построение распознающих процедур на базе элементарных классификаторов // [www.ccas.ru /frc/papers /djukova05 construction.pdf](http://www.ccas.ru/frc/papers/djukova05construction.pdf).
12. Воронцов К.В. Обзор современных исследований по проблеме качества обучения алгоритмов. Таврический вестник информатики и математики. – 2004. – № 1. – С. 5 – 24. <http://www.ccas.ru/frc/papers/voron04twim.pdf>.

### **Электронный учебно-методический комплекс курса**

Программное обеспечение: электронный учебно-методический комплекс курса, размещенный на сервере ЭФ по адресу: student\Колесникова\ТРО

**Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

[www.ccas.ru/voron/](http://www.ccas.ru/voron/)

[www.ccas.ru /frc/papers /djukova05 construction.pdf](http://www.ccas.ru/frc/papers/djukova05_construction.pdf).

<http://www.all-library.com/obrazovanie/nauka/42843-osnovy-teorii-raspoznaniya-obrazov.html>

<http://window.edu.ru/resource/738/20738>

<http://www.bsu.by/Cache/pdf/229903.pdf>

<http://sumschool.sumdu.edu.ua>

3. Ознакомиться с принципом решения задач аудиторных.
4. Рекомендуется решить задачи домашние (в рамках СРС).
5. Ознакомиться с планом проведения интерактивных занятий и принципом подготовки к нему. Обсудить с преподавателем частные вопросы, прилагающиеся к каждому ИнЗ.
6. Ознакомиться с формой текущего контроля освоения компетенций ОК-1, ОК-2 уровня З-Эл, У-Эл, В-Эл; ПК-5 уровня З-Пр, У-Пр, В-Пр (см. табл.1): *отчет* по решению следующих практических текстовых задач:
7. Составить и предоставить преподавателю отчет о работе по установленной форме.

## Раздел 1. Математические основы теории распознавания образов

### ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1.** Постановка задачи распознавания. Основы теории распознавания образов (данные, знания, гипотеза, закономерность, признак).

#### Цель работы

Знакомство с основными понятиями математической дисциплины «Теория распознавания образов», изучающей закономерности массовых случайных явлений (процессов).

**Задача 1.1.** Перечислите меры расстояния и укажите условия применимости.

*Евклидово расстояние.* Это вероятно наиболее часто используемый тип расстояния. Оно является простым геометрическим расстоянием в многомерном

пространстве и вычисляется как:  $d_2(x, y) = \left( \sum_i (x_i - y_i)^2 \right)^{1/2}$ .

Используется и *квадрат евклидова расстояния*, если мы хотим придать прогрессивно возрастающий вес объектам, которые являются более удаленными.

Это расстояние вычисляется как:  $d'_2(x, y) = \sum_i (x_i - y_i)^2$ .

*Метрика Хемминга (покоординатное расстояние, городских кварталов, манхэттенское расстояние).* Это расстояние в некотором смысле усредняет разницу между различными компонентами векторов. В большинстве случаев, эта мера расстояния дает результаты, подобные простому евклидову расстоянию. Однако, отметим, что при данной мере, эффект привносимый отдельными большими компонентами демпфируется (так как они не возводятся в квадрат).

Покоординатное расстояние вычисляется так:  $d_1(x, y) = \sum_i |x_i - y_i|$ .

*Расстояние Чебышева.* Эта мера расстояния может подойти в случае, когда нам потребуется определить два объекта как различные, если они различны хотя бы по одному измерению:  $d_{\infty}(x,y) = \max_i |x_i - y_i|$ .

*Степенное расстояние.* Иногда может потребоваться увеличить или уменьшить вес увеличения расстояний по измерениям. Это может быть достигнуто путем использования степенного расстояния. Расстояние это вычисляется как:

$$d_{pr}(x,y) = \left( \sum_i (x_i - y_i)^p \right)^{1/r} \text{ где } r \text{ и } p - \text{определяемые пользователем параметры.}$$

Поведение данной меры выглядит следующим образом: Параметр  $p$  контролирует вес разностей по отдельным компонентам, параметр  $r$  контролирует вес придаваемый расстоянию между объектами в целом. Если  $r$  и  $p$  равны 2, то это расстояние равно Евклидову расстоянию, при  $r=p$  – мера Минковского.

*Мера «доли рассогласования».* Мера целесообразна для номинальных признаков.

Это расстояние вычисляется как:  $d(x,y) = \frac{\text{quantity } x \neq y}{i}$ .

*Обобщённая мера расстояний Минковского*  $d_p(x,y) = \left( \sum_i (x_i - y_i)^p \right)^{1/p}$  (при  $p=1$  –

метрика Хемминга, при  $p=2$  – метрика Евклида, при  $p=\infty$  – метрика Чебышева).

Существуют и другие виды расстояний (Махаланобиса) и функции близости-различия объектов (FRiS-функция (Загоруйко Н.Г.)), не являющиеся расстоянием в общепринятом смысле (симметричность  $d(x,y) = d(y,x)$ ,  $d(x,y) = 0$  при  $x=y$ , неотрицательность  $d(x,y) \geq 0$ ). Ознакомьтесь с другими подходами по оценке расстояний самостоятельно.

**Задача 1.2.** [8] Дана обучающая выборка двух образов (I и II) в пространстве двух бинарных признаков  $Z_1$  и  $Z_2$ . Сформулировать решающее правило для разделения двух классов.

	$Z_1$	$Z_2$
<b>I</b>	0	0
	1	1
<b>II</b>	0	1
	1	0

*Решение.* Проекция реализаций на каждую ось показывают, что оба признака  $Z_1$  и  $Z_2$  по отдельности неинформативны. Использование этих признаков в системе позволяет найти правило для распознавания двух образов: признаки  $Z_1$  и  $Z_2$  у реализаций I-го образа имеют одинаковые значения, а у II-го образа — разные.

**Задача 1.3.** Дано множество прямоугольников со сторонами, параллельными осям координат как множество точек в двумерном признаковом пространстве. Сформулировать решающее правило для разделения возможных классов. Указать число классов.

*Решение.* В случае двух образов – вертикально (I-й образ) и горизонтально (II-й образ) вытянутые прямоугольники, решающее правило может быть выбрано в виде биссектрисы угла в начале координат. Все точки (объекты), лежащие выше биссектрисы, относятся к образу I, ниже – к образу II.

## ВАРИАНТЫ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 1

**Задача Д1.1.** Составить алгоритм распознавания 6-ти английских букв (блок-схему), определив предварительно признаковое пространство: Буквы: V O J I 6 8.

**Задача Д1.2.** Дан многоугольник, заданный координатами точек-вершин  $(x_i, y_i)$ . Дана точка, заданная координатами  $(x_0, y_0)$ . Сформулировать решающее правило для определения, принадлежит ли заданная точка внутренности многоугольника. Рассмотреть отдельно случаи: а) выпуклый многоугольник; б) невыпуклый многоугольник. Для ответа достаточно изложить алгоритм в виде блок-схемы. Программа оценивается дополнительно.

**Задача Д1.3.** Предложить алгоритм отнесения какого-либо конкретного плода к определенной группе (классу). Решить, сколько будет классов. Выбор признаков и ответ обосновать. Объекты, подлежащие классификации: арбуз, дыня, апельсин, лимон, грейпфрут, яблоко, огурец, груша, кабачок, баклажан, клюква, брусника, облепиха.

## ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 1

Следует отобрать признаки, при помощи которых можно отличить левые шесть картинок от правых шести. Составить алгоритм распознавания.

### I вариант

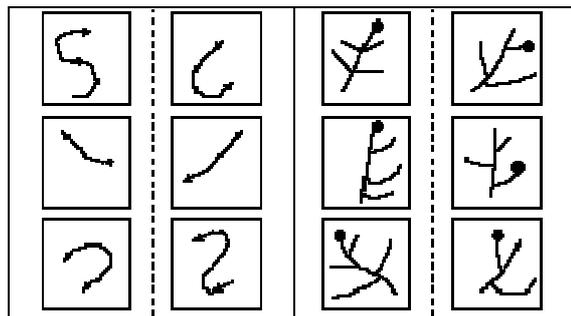


Рис. 2.1.

### II вариант

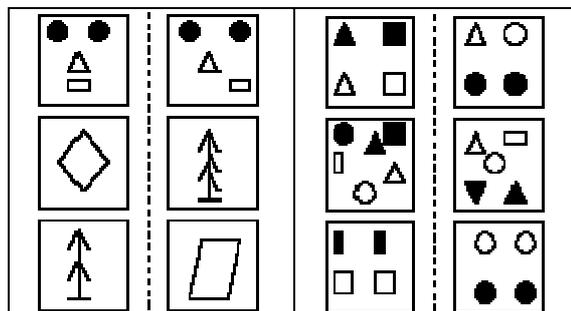


Рис. 2.2.

### III вариант

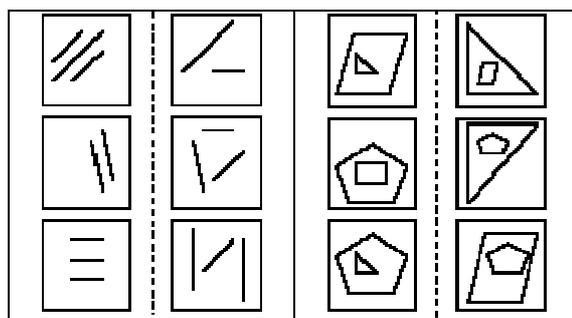


Рис. 2.3.

### Контрольные вопросы к разделу 1

1. Дайте определение терминам: алгоритм распознавания, алфавит; признаковое пространство, выборочное пространство, обучение без учителя, самообучение, кластерный анализ, таксономия.
2. Назовите критерии информативности признаков.
3. Решающее правило, риск потерь при распознавании.

### Раздел 2. Методы распознавания образов

#### Интерактивное занятие-семинар №3: Детерминистские методы распознавания образов

**Цель занятия:** активное воспроизведение полученных знаний на лекциях по разделу 1 в «незнакомых» условиях: применение основных понятий ТРО для решения практических задач; построение детерминированных моделей для текстовых задач и расчет числовых характеристик эффективности метода распознавания с применением вычислительных средств (Excel, MatLab).

**Планируемые к приглашению на семинар специалисты-эксперты:** Матросова А.Ю., д.т.н., профессор ТГУ, зав. каф. программирования, специалист по методам математической логики; Цой Ю.Р., к.т.н., доцент ТПУ, специалист по методам интеллектуального анализа данных (ИАД);

#### ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ

**Задача 2.1.** Задана следующая таблица обучения и подлежащая распознаванию строка  $\omega'$ . Выбрать подходящий алгоритм, выбор обосновать, определить принадлежность данной строки какому-либо образу на основе обучения и выбранного алгоритма.

Классы	Объекты	Значения признаков					
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
$\Omega_1$	$\omega_{11}$	5	11	9	3	3	1
	$\omega_{12}$	4	10	2	7	12	1
	$\omega_{13}$	9	5	4	6	11	1
	$\omega_{14}$	7	13	3	4	6	2
	$\omega_{15}$	2	14	8	5	9	1
$\Omega_2$	$\omega_{12}$	5	9	2	8	14	1
	$\omega_{22}$	4	6	7	3	13	1
	$\omega_{23}$	6	11	9	11	5	1
	$\omega_{24}$	7	10	4	2	12	1

	$\omega_{25}$	3	10	5	9	7	1
	$\omega$	3	13	7	4	8	2

*Решение.* Для решения задачи выберем метод эталонов. Для объектов каждого класса-образа строился объект-эталон, после чего находилось расстояние от каждого из эталонов до распознаваемого объекта. Листинг программы приводится ниже:

```
#include <vector>
#include <math.h>
class obj
{
public:
    std::vector<float> v;
    obj() {};
    obj(float i1, float i2, float i3, float i4, float i5, float i6)
    {
        v.push_back(i1);
        v.push_back(i2);
        v.push_back(i3);
        v.push_back(i4);
        v.push_back(i5);
        v.push_back(i6);
    }
};
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    obj o1[5] = {
        obj(5, 11, 9, 3, 3, 1),
        obj(4, 10, 2, 7, 12, 1),
        obj(9, 5, 4, 6, 11, 1),
        obj(7, 13, 3, 4, 6, 2),
        obj(2, 14, 8, 5, 9, 1)
    };
    obj o2[5] = {
        obj(5, 9, 2, 8, 14, 1),
        obj(4, 6, 7, 3, 13, 1),
        obj(6, 11, 9, 11, 5, 1),
        obj(7, 10, 4, 2, 12, 1),
        obj(3, 10, 5, 9, 7, 1)
    };
    obj e1, e2;
    for(int i = 0; i < 6; ++i)
    {
        float x_mean1 = 0, x_mean2 = 0;
        for(int j = 0; j < 5; ++j)
        {
            x_mean1 += o1[j].v[i];
            x_mean2 += o2[j].v[i];
        }
        x_mean1 /= 5;
        x_mean2 /= 5;
        e1.v.push_back(x_mean1);
    }
}
```

```

        e2.v.push_back(x_mean2);
    }
    float r1, r2;
    obj r(3, 13, 7, 4, 8, 2);
    r1 = fabs((e1.v[0] - r.v[0])*(e1.v[1] - r.v[1])*(e1.v[2] - r.v[2])*(e1.v[3] -
r.v[3])*(e1.v[4] - r.v[4])*(e1.v[5] - r.v[5]));
    r2 = fabs((e2.v[0] - r.v[0])*(e2.v[1] - r.v[1])*(e2.v[2] - r.v[2])*(e2.v[3] -
r.v[3])*(e2.v[4] - r.v[4])*(e2.v[5] - r.v[5]));
    r1 = powf(r1, 1.f/6);
    r2 = powf(r2, 1.f/6);
    return 0;
}

```

Результаты работы программы:

Расстояние от распознаваемого объекта до первого эталона - 1.0880172

Расстояние от распознаваемого объекта до второго эталона - 2.0279393

Таким образом, по методу эталонов распознаваемый объект относится к классу  $\Omega_1$ .

**Задача 2.2.** Составить алгоритм распознавания подсчета углов в многоугольниках (блок-схему и/или программу), определив предварительно признаковое пространство.

По конвейеру движутся детали и заготовки, имеющие форму многоугольников (точнее сказать, их проекции на плоскость конвейера представляют собой многоугольники). Над конвейером расположен робот, который с помощью камеры осматривает каждую деталь и определяет количество углов в ней. После этого он сортирует детали: треугольники к треугольникам, четырехугольники к четырехугольникам и т.д.

Имеется *вариант* решения задачи. Есть ли в нем ошибки, приводящие к неверному ответу? Является ли предложенный алгоритм оптимальным (в смысле минимального признакового описания)?

*Вариант решения задачи.* Предположим, что все распознаваемые многоугольники – правильные. Известно, что угол правильного  $n$ -угольника вычисляется по формуле  $\frac{180^\circ(n-2)}{n}$ , где  $n$  – число его сторон. Для рассмотрения примера алгоритма решения задачи ограничимся первыми 4-мя правильными многоугольниками – треугольник, квадрат, пятиугольник и шестиугольник.

Основной словарь признаков:

- a -  (горизонтальная черта, угол  $0^\circ$ )
- b -  (наклонная черта под углом  $60^\circ$ )
- c -  (вертикальная черта, угол  $90^\circ$ )
- d -  (наклонная черта под углом  $108^\circ$ )
- e -  (наклонная черта под углом  $120^\circ$ )

Алгоритм может быть следующим:

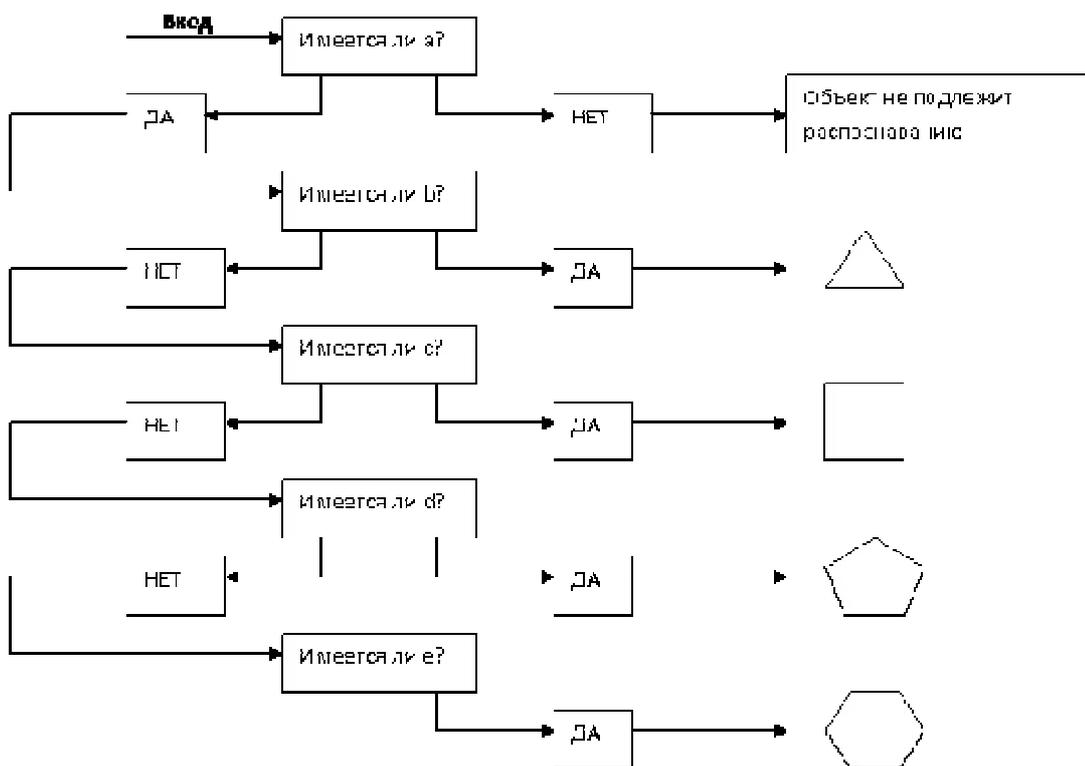


Рис. 2.4.

**Задача 2.3.** [1] Предположим, что у противника имеются три типа мин:  $K_0$  – осколочного действия,  $K_{оф}$  – осколочно-фугасного действия,  $K_ф$  – фугасного действия. В инструкции по применению этих мин сказано, что:

- осколочные мины применяются на равнинной местности с каменистым грунтом или же на песчаных холмах;
- осколочно-фугасные мины применяются либо на равнине, либо на местности с каменистым грунтом;
- фугасные мины не применяются, если грунт каменистый, а местность – холмистая.

Требуется определить:

- а) какие мины будут применены противником в зависимости от вида ландшафта и типа грунта?
- б) что можно сказать о свойствах местности, если известно, что противник применяет только осколочно-фугасные мины?

*Решение.* Предлагается вариант решения, который следует проанализировать и, если обнаружится противоречие, найти способ его исправления.

Для решения задачи введем обозначения в терминах алгебры логики:  $A$  – равнинная местность;  $\bar{A}$  – холмистая местность;  $B$  – каменистый грунт;  $\bar{B}$  – песчаный грунт.

Тогда условия можно записать следующим образом:

- $A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B} \rightarrow K_0$
- $A + B \rightarrow K_{оф}$
- $A \cdot \bar{B} \rightarrow K_ф$

Всего можно составить 4 пары сочетаний местность-грунт:

$$\begin{cases} A \cdot B \\ A \cdot \bar{B} \\ \bar{A} \cdot B \\ \bar{A} \cdot \bar{B} \end{cases}$$

Исходя из определений конъюнкции и дизъюнкции (в частности, из определений истинности конъюнктивно и дизъюнктивно связанных высказываний), можно сделать следующие выводы:

$$\begin{cases} A \cdot B \rightarrow K_o, K_{of} \\ A \cdot \bar{B} \rightarrow K_{of}, K_{\phi} \\ \bar{A} \cdot B \rightarrow K_{of} \\ \bar{A} \cdot \bar{B} \rightarrow K_o \end{cases}$$

Таким образом, если местность равнинная, а грунт каменистый, противник будет применять осколочные или осколочно-фугасные мины. Если местность равнинная, а грунт песчаный – осколочно-фугасные или фугасные мины. Если местность холмистая, а грунт каменистый – осколочно-фугасные мины. Если местность холмистая, а грунт песчаный – осколочные мины.

#### **Ход занятий №ИЗ, 4.**

**Вступление.** Сообщение темы и обоснование ее актуальности через вышеуказанные задачи. Ведущий студент, ответственный за выбор и подачу необходимой информации, согласует алгоритм занятия.

**Основная часть:**

- I. Сообщение в виде доклада-презентации ответственными двумя студентами за проведение занятия, в котором излагается суть обсуждаемых положений:
  - 1) Детерминистские методы распознавания образов (обзор).
  - 2) Логические методы распознавания образов.

**Задача И2.1.** Задана следующая таблица обучения и подлежащая распознаванию строка  $\omega'$ . Определить принадлежность данной строки какому-либо образу.

Классы	Объекты	Значения признаков			
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
Ω <sub>1</sub>	ω <sub>1</sub>	1	1	1	1
	ω <sub>2</sub>	1	0	1	1
	ω <sub>3</sub>	0	0	1	0
Ω <sub>2</sub>	ω <sub>4</sub>	1	0	1	0
	ω <sub>5</sub>	0	0	0	0
	ω <sub>6</sub>	0	0	1	1
	ω'	1	1	0	0

**Задача И2.2.** [1] *Логический метод распознавания.* Предположим, что на острове находятся 2 самолетные опознавательные башни. В течение нескольких дней в небе летают одни и те же вражеские самолеты. Опознать тип наблюдаемых самолетов трудно, и это привело к некоторой полемике между двумя наблюдательными пунктами. Тем не менее, было сделано предположение (далекое от определенности), что это наблюдаются 4 типа вражеских самолетов:

А, В, Х, Y (причем определенно известно, что типы А и В существуют). На протяжении 3-х дней от каждого поста поступают следующие сообщения:

Пост 1	Пост 1
1-й день. Самолеты типов Х и Y. 2-й день. Самолеты типа А или типа В, или же как типа А, так и типа В одновременно. 3-й день. Самолеты типа Х и одновременно типа А, или типа В; или типа А и В; или же самолеты типа А и типа Y..	1-й день. Самолеты типов А и не В. 2-й день. Самолеты типа Y и не А или же типа Х. 3-й день. Самолеты типа А

Требуется определить, можно ли на основе только этих сообщений заключить, что самолеты типов Х и Y в действительности являются самолетами типов А и В.

**Задача И2.3.** Предположим, что на основе данных, полученных из разных источников, были составлены следующие высказывания:

- 1) Самолет с реактивным двигателем и малым радиусом действия – бомбардировщик.
- 2) Поршневые двигатели бомбардировщиков покрыты тяжелой броней.
- 3) Поршневые двигатели истребителей рассчитаны на малый радиус действия.
- 4) Поршневые самолетные двигатели, рассчитанные на большой радиус действия, имеют легкую броню.
- 5) Реактивные самолеты имеют тяжелую броню.
- 6) Истребители представляют собой самолеты, покрытые тяжелой броней и с малым радиусом действия.
- 7) Легкую броню имеют или самолеты с большим радиусом действия или истребители.
- 8) Тяжелую броню имеют или самолеты с поршневым двигателем или самолеты с малым радиусом действия.

На основании анализа этих высказываний необходимо дать ответы на следующие вопросы:

- 1) Все ли утверждения совместны (непротиворечивы)?
- 2) Если высказывания несовместны, то будем предполагать, что только одно из них неправильно. Может ли быть одно утверждение отброшено с тем, чтобы оставшиеся высказывания были совместны, и если да, то какое это высказывание?
- 3) Зависимы ли какие-либо высказывания?
- 4) Не являются какие-либо высказывания избыточными?
- 5) Какие заключения можно сделать при различных предположениях об ошибочности отдельных высказываний?

II. Выяснение позиций участников с зафиксированными точками зрения на решение вышеизложенных задач.

Итог II-го этапа: формирование целевых групп по общности позиций каждой из групп.

III. Организация коммуникации между группами: 1) выяснение позиции-варианта решения выявленных групп и защита занятой позиции; 2) формирование нового набора вариантов решений на основании общего обсуждения; 3) выбор одного решения голосованием;

IV. Повторная защита позиций-вариантов групп после проведения расчетов с целью оценки отклонения от «истинного» решения (парное оценивание).

**Выводы:** реализован самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения на базе коллективной интерактивной работы).

**Итог занятий №ИЗ:** Оценивание компетенций (табл.1) по результатам работы на занятиях (активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции) и своевременности сдачи отчета по решению практических задач И2.1-И2.3.

Таблица 1

№	№ задач и	Вид (совмещение нескольких видов) интерактивной работы	Трудоемкость (час)	Отрабатываемые компетенции/ожидаемый уровень освоения	Оценка личностных качеств	Контроль выполнения работы (участие в полемике, индивидуальные групповые задания (ИГЗ) и т.д)
1	И2.1	Работа в команде. Решение ситуационных задач.	1	ОК-1, ОК-2/ З-Эл, У-Эл, В-Эл ПК-5/ З-Пр, У-Пр, В-Пр	Качество работы; своевременность сдачи отчета по решению ИГЗ	ИГЗ. Критерии оценивания поведения на занятии: активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции.
2	И2.2-И2.3	Работа в команде. Решение ситуационных задач. Исследовательский метод	3	ОК-1, ОК-2/ З-Эл, У-Эл, В-Эл ПК-5/ З-Пр, У-Пр, В-Пр	Качество работы; своевременность сдачи отчета по решению ИГЗ	ИГЗ. Критерии оценивания поведения на занятии: активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции.
Всего			4			

#### **Интерактивное занятие-семинар №4 по теме: Статистические методы распознавания образов**

**Цель занятия:** активное воспроизведение полученных знаний на лекциях по разделу 1 в «незнакомых» условиях: применение основных понятий ТРО для решения практических задач; построение статистических моделей для текстовых задач и расчет числовых характеристик эффективности метода распознавания с применением вычислительных средств (Excel, MatLab).

**Планируемые к приглашению на семинар специалисты-эксперты:** Конев В.В., д.ф.-м.н., профессор ТГУ, зав. каф. ВМиММ, специалист по методам математической статистики; Цой Ю.Р., к.т.н., доцент ТПУ, специалист по методам интеллектуального анализа данных (ИАД).

#### **ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ**

**Задача 2.4.** Составить алгоритм метода «ФОРЕЛЬ» [8].

**Решение.** В методе используется критерий, оценивающий плотность распределений образов в объеме, ограниченном сферой фиксированного радиуса.

При переходе от шага к шагу центр этой сферы движется в сторону увеличения плотности точек - образов. Сфера стабилизируется в определенном положении, когда плотность точек внутри ее становится максимальной, и любое перемещение сферы ведет к ухудшению ситуации. Точки-образы, попадающие внутрь стабилизировавшейся сферы, образуют класс  $K_1$ . Процесс повторяется с любой точки из оставшихся и завершается новой стабилизацией сферы, внутри которой находится класс  $K_2$  и т.д. Формируемое число классов зависит от величины радиуса сферы.

### Алгоритм

*Инициализация.* Задается радиус сферы  $R$ .

1. Строится сфера радиуса  $R$  с центром в любой точке так, чтобы внутри среды попала хотя бы одна точка - образ  $Z_1$ . Определяется центр сферы  $C^{(1)}$ .

2. Определяются точки - образы  $Z_1^{(1)}$ , для которых  $|Z_{1(1)} - C_1^{(1)}| < R$  т.е. эти точки попадают внутрь сферы.

3. Вычисляется центр  $C^{(2)}$  тяжести  $Z_1^{(1)}$  с координатами  $X_C = 1/k \sum_{I=1}^k x_I$ ;

$$Y_C = 1/k \sum_{I=1}^k y_I^{(1)}.$$

4. Строится сфера радиуса  $R$  с центром в точке  $C^{(2)}$ . Определяются точки  $Z_1^{(2)}$ , для которых  $|Z_1^{(2)} - C_1^{(2)}| < R$ .

5. Вычисляется центр  $C^{(3)}$  тяжести  $Z_1^{(2)}$ .

Процесс переходов от  $C^{(k)}$  к  $C^{(k+1)}$  останавливается тогда, когда расстояние  $|C^{(k)} - C^{(k+1)}| < \Delta$ .

Сфера с центром в  $C^{(k+1)}$  представляет собой таксон  $K_1$ .

6. Точки - образы, принадлежащие  $K_1$  из рассмотрения исключаются. В качестве начальной берётся любая точка - образ из оставшихся, и процесс продолжается с шага 1.

7. Последовательность таксонов  $K_1, K_2, \dots$ , является последовательностью классов, соответствующих радиусу сферы  $= R$ .

*Замечание 2.3.* «Оптимальное» разбиение набора образов на классы диктуется минимумом суммарного объема сфер - таксонов.

**Задача 2.5.** Найти дискриминантную функцию для классификации двух образов:

$$X_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 4 \end{Bmatrix}; X_2 = \begin{Bmatrix} 4 \\ 2 \end{Bmatrix}.$$

*Решение.* Дискриминантная функция — это функция  $d(\bar{X})$ , которая определяет решающую поверхность (для  $n=3$  — линия, для  $n=3$  - плоскость, для  $n=4$  или больше - гиперплоскость). В двухмерном признаковом пространстве  $d_k(X)$  и  $d_j(X)$  -дискриминантные функции для образа  $X$  в классах  $k$  и  $j$  соответственно (рис.2.5).

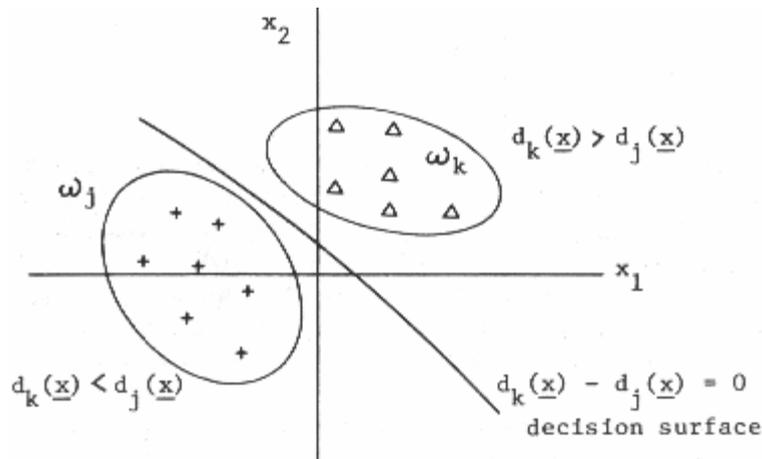


Рис. 2.5.

Здесь  $d(X) = d_k(X) - d_j(X) = 0$  будет уравнением, которое определяет поверхность, разделяющую классы  $k$  и  $j$ . Уравнение линии:  $w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_{n+1} = 0$ , или в матричной форме:

$$W^T \cdot X = 0, \text{ где } W = \begin{Bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \\ w_{n+1} \end{Bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \\ 1 \end{bmatrix},$$

где  $W$  и  $X$  называются *расширенным весовым вектором* и *расширенным вектором образа*.

Здесь для удобства скаляр  $w_{n+1}$  добавлен в весовой вектор и, соответственно, вектор  $\bar{X}$  становится  $(n+1)$ -мерным путем добавления  $x_{n+1} = 1$ . Этот прием позволяет представить все линейные дискриминантные функции проходящими через начало координат.

Выберем  $d(X) = X_1 - 0.5X_2 - 2$  и вычислим величины  $d(X_1)$ ,  $d(X_2)$ :

$$d(X_1) = w' \cdot \bar{X}_1 = (1 - 0.5 - 2) \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ 1 \end{pmatrix} = -3 < 0; \quad d(X_2) = w' \cdot \bar{X}_2 = (1 - 0.5 - 2) \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} = +1 > 0$$

Таким образом,  $d(X) = X_1 - 0.5X_2 - 2$  можно использовать как дискриминантную функцию.

**Задача 2.6.** Дано два набора точек:

$$(1, 2), (2, 2), (3, 1), (3, 2), (2, 3) \in K_1, (7, 9), (8, 9), (9, 8), (9, 9), (8, 10) \in K_2.$$

Найти разделяющую границу - решающую поверхность.

*Решение.* Находим средние:

$$m_1 = \frac{1}{N_1} \sum_{j=1}^{N_1} x_{1j} = \frac{1}{5} \begin{bmatrix} 11 \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$m_2 = \frac{1}{N_2} \sum_{j=1}^{N_2} x_{2j} = \frac{1}{5} \begin{bmatrix} 41 \\ 45 \end{bmatrix}$$

Находим матрицы ковариаций:

$$C_1 = \frac{1}{N_1} \sum_{j=1}^{N_1} x_{1j} x_{1j}^T - m_1 m_1^T = \frac{1}{5} \left[ \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} (1 \ 2) + \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix} (2 \ 2) + \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} (3 \ 1) + \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix} (3 \ 2) + \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix} (2 \ 3) \right] - \frac{1}{25} \begin{pmatrix} 11 \\ 10 \end{pmatrix} (11 \ 10) = \frac{1}{25} \begin{pmatrix} 14 & -5 \\ -5 & 10 \end{pmatrix}; C_2 = \frac{1}{25} \begin{pmatrix} 14 & -5 \\ -5 & 10 \end{pmatrix}.$$

Получаем,  $C_1 = C_2 = C$ .

Для случая равных матриц ковариаций для различных классов дискриминантная функция имеет вид:

$$d_k(x) = -\frac{1}{2} x^T C^{-1} x - \frac{1}{2} m_k^T C^{-1} m_k + x^T C^{-1} m_k + \log p(\omega_k) - \frac{1}{2} \log |C|,$$

для двухклассовой задачи:

$$d(x) = x^T C^{-1} (m_1 - m_2) + \log \frac{p(\omega_1)}{p(\omega_2)} - \frac{1}{2} [(m_1 - m_2)^T C^{-1} (m_1 + m_2)].$$

Детерминант и  $C'$  (приведенная матрица) имеют вид:

$$|C| = \frac{1}{25} \begin{vmatrix} 14 & -5 \\ -5 & 10 \end{vmatrix} = \frac{23}{5}; C' = \begin{pmatrix} \frac{10}{25} & \frac{5}{25} \\ \frac{5}{25} & \frac{14}{25} \end{pmatrix}; C^{-1} = \frac{1}{|C|} C' = \frac{1}{115} \begin{pmatrix} 10 & 5 \\ 5 & 14 \end{pmatrix};$$

$$C^{-1} m_1 = \frac{1}{115} \begin{pmatrix} 32 \\ 39 \end{pmatrix}; m_1^T C^{-1} m_1 = \frac{742}{5 \cdot 115};$$

Дискриминантная функция для класса 1:

$$d_1(x) = x^T C^{-1} m_1 - \frac{1}{2} m_1^T C^{-1} m_1 = \frac{32}{115} x_1 + \frac{39}{115} x_2 - 0.65.$$

$$C^{-1} m_2 = \frac{1}{115} \begin{pmatrix} 127 \\ 167 \end{pmatrix}; m_2^T C^{-1} m_2 = 22.$$

Дискриминантная функция для класса 2:

$$d_2(x) = x^T C^{-1} m_2 - \frac{1}{2} m_2^T C^{-1} m_2 = \frac{127}{115} x_1 + \frac{167}{115} x_2 - 11.$$

Решающая поверхность:  $d(x) = -0.826x_1 - 1.1|x_2| - 10.35 = 0$ .

**Задача 2.7.** [14] Даны матрицы  $Q$  - описание 6-ти объектов;  $R$  - соответствие номеров объектов и классов.

$$Q = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} & ; & R = \begin{matrix} & \text{Тупиковые тесты:} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix} \end{matrix} \end{matrix}$$

Тупиковые тесты:

$$\Theta_1 = \{z_1, z_2, z_3\},$$

$$\Theta_2 = \{z_1, z_2, z_4\}$$

$$\Theta_3 = \{z_2, z_3, z_4\}.$$

Найдены по одному из методов тупиковые тесты:  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ . Сформируйте решающее правило, по которому можно отнести объект  $S=(0, 1, 2, 2)$  (не входящий в обучающую выборку) к одному из выделенных классов.

*Решение.* Набор тестов порождает описание обучающих объектов:

$$Q_1(\Theta_1) = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ 1 & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & - \end{bmatrix} \\ 2 & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & - \end{bmatrix} \\ 3 & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & - \end{bmatrix} \\ 4 & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & - \end{bmatrix} \\ 5 & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & - \end{bmatrix} \\ 6 & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & - \end{bmatrix} \end{matrix}; \quad Q_2(\Theta_2) = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ 1 & \begin{bmatrix} 0 & 1 & - & 0 \end{bmatrix} \\ 2 & \begin{bmatrix} 1 & 2 & - & 1 \end{bmatrix} \\ 3 & \begin{bmatrix} 0 & 1 & - & 1 \end{bmatrix} \\ 4 & \begin{bmatrix} 1 & 2 & - & 0 \end{bmatrix} \\ 5 & \begin{bmatrix} 1 & 1 & - & 1 \end{bmatrix} \\ 6 & \begin{bmatrix} 1 & 1 & - & 2 \end{bmatrix} \end{matrix}; \quad Q_3(\Theta_3) = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ 1 & \begin{bmatrix} - & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 & \begin{bmatrix} - & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 3 & \begin{bmatrix} - & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 4 & \begin{bmatrix} - & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ 5 & \begin{bmatrix} - & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 6 & \begin{bmatrix} - & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Реакция описания  $S=(0, 1, 2, 2)$  на тесты  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ :

$$\Theta_1 = \{0, 1, 2, -\},$$

$$\Theta_2 = \{0, 1, -, 2\},$$

$$\Theta_3 = \{-, 1, 2, 2\}.$$

Новый объект  $S=(0, 1, 2, 1)$  тестовый алгоритм не отнесет  $S$  ни к одному из классов; однако по набору  $\Theta=\{z_1, z_2\}$  (части теста) по фрагменту  $(0, 1)$  (содержится в  $S$  и объектах из 1-го класса и не содержится в объектах из 2-го класса) возможно отнесение объекта  $S$  к первому классу.

#### **Ход занятия №4.**

**Вступление.** Сообщение темы и обоснование ее актуальности через вышеуказанные задачи. Ведущий студент, ответственный за выбор и подачу необходимой информации, согласует алгоритм занятия.

#### **Основная часть:**

I. Сообщение в виде доклада-презентации ответственными двумя студентами за проведение занятия, в котором излагается суть обсуждаемых положений:

- 1) Статистические методы распознавания образов.
- 2) «Пригодность» методов распознавания образов для решения задачи прогнозирования.
- 3) Методики оценки эффективности статистических методов распознавания образов.

**Задача И2.4.** Взять случайным образом 100 точек из 1-го квадрата плоскости  $ХОУ$  и классифицировать их методом «ФОРЕЛЬ».

**Задача И2.5.** Провести разделение классов  $K_1$  и  $K_2$  с использованием статистических характеристик:

$K_1$ : A1(3,1); A2(4,2); A3(5,2); A4(2,1); A5(4,1); A6(3,2);

$K_2$ : B1(3,4); B2(4,4); B3(5,4); B4(3,5); B5(5,3); B6(5,5).

**Задача И2.6.** Дана база данных, содержащая сведения о состоянии почв Томской области (химический, минералогический) во времени. Выявить классы почв и построить решающее правило (рекомендовать метод его построения), позволяющее по текущему состоянию почвы прогнозировать характер изменения экологического развития анализируемого района.

II. Выяснение позиций участников с зафиксированными точками зрения на решение вышеизложенных задач.

Итог II-го этапа: формирование целевых групп по общности позиций каждой из групп.

- III. Организация коммуникации между группами: 1) выяснение позиции-варианта решения выявленных групп и защита занятой позиции; 2) формирование нового набора вариантов решений на основании общего обсуждения; 3) выбор одного решения голосованием;
- IV. Повторная защита позиций-вариантов групп после проведения расчетов с целью оценки отклонения от «истинного» решения (попарное оценивание).

**Выводы:** реализован самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения на базе коллективной интерактивной работы).

**Итог занятия №4:** Оценивание компетенций (табл.2) по результатам работы на занятиях (активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции) и своевременности сдачи отчета по решению практических задач И2.4-И2.6.

Таблица 2

№	№ задачи	Вид (совмещение нескольких видов) интерактивной работы	Трудоемкость (час)	Отрабатываемые компетенции/ожидаемый уровень освоения	Оценка личностных качеств	Контроль выполнения работы (участие в полемике, индивидуальные групповые задания (ИГЗ) и т.д)
1	И2.4-И2.5	Работа в команде. Решение ситуационных задач.	2	ОК-1, ОК-2/ З-Эл, У-Эл, В-Эл ПК-5/ З-Пр, У-Пр, В-Пр	Качество работы; своевременность сдачи отчета по решению ИГЗ	ИГЗ. Критерии оценивания поведения на занятии: активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции.
2	И2.6	Работа в команде. Решение ситуационных задач. Исследовательский метод	2			
Всего			4			

## ВАРИАНТЫ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 2

**Задача Д2.1.** Даны матрицы  $Q$  - описание 6-ти объектов;  $R$  - соответствие номеров объектов и классов.

$$Q = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix} \end{matrix}; R = \begin{matrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

Сформировать решающее правило, по которому можно отнести объект  $S=(2, 1, 2, 3)$  (не входящий в обучающую выборку) к одному из выделенных классов.

**Задача Д2.2.** Дано два набора точек:

$$(1,3), (3,3), (4,1), (4,3), (3,4) \in K_1, (8,6), (9,6), (6,9), (6,6), (9,10) \in K_2..$$

Найти разделяющую границу - решающую поверхность.

**Задача Д2.3.** Составить алгоритм метода « $k$ -средних».

## ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 2

Найти дискриминантные функции для классификации двух образов по представительным обучающим объектам:

**I вариант**

$$X_1 = \begin{Bmatrix} 2 \\ 5 \end{Bmatrix}; X_2 = \begin{Bmatrix} 6 \\ 2 \end{Bmatrix}$$

**II вариант**

$$X_1 = \begin{Bmatrix} 3 \\ 4 \end{Bmatrix}; X_2 = \begin{Bmatrix} 7 \\ 3 \end{Bmatrix}$$

**III вариант**

$$X_1 = \begin{Bmatrix} 4 \\ 7 \end{Bmatrix}; X_2 = \begin{Bmatrix} 8 \\ 3 \end{Bmatrix}$$

**Контрольные вопросы к разделу 2**

1. Охарактеризуйте методы построения эталонов.
2. В чем заключается метод дробящихся эталонов?
3. Метод ближайших соседей и влияние метрики на качество распознавания.
4. Метод потенциальных функций и его модификации.
5. Метод дискриминантных функций: в чем его «слабое» место?

## Раздел 3. Алгебраический подход к задаче распознавания

### ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Алгебраические методы в задачах распознавания и классификации.

**Цель занятия:** воспроизведение полученных знаний на лекции по разделу 3 «Алгебраический подход к задаче распознавания», применение основных понятий темы раздела 3 для решения задач распознавания.

**Задача 3.1.** Исследовать ряд методов вычисления информативности признаков и показать, что они дают существенно отличающиеся решения.

*Решение.* Рассмотрим ряд известных в научной литературе подходов (мер сравнения) к поиску информативных признаков.

А) В случае известного закона распределения значений и вида признаков применимы показатели информативности: по коэффициенту корреляции: Пирсона (вычисление силы линейной связи между количественными признаками),

- Фехнера, Кендалла, Спирмена (определение монотонных зависимостей) и др. (Гайдышев И.).
- Б) Информативность по Шеннону как мера трудности распознавания (Вагин В.Н.).
- В) Метрические методы. Так, мера Хемминга применяется для подсчета числа попарно одинаковых битов векторов.
- Г) Метод на основе мультимножественного представления данных с последующим использованием метрик на мультимножествах и метода парных сравнений (Колесникова С.И., Янковская А.Е.).
- Д) Построение решающего правила в виде дерева дихотомических делений выборки по отдельным признакам (Загоруйко Н.Г.).
- Е) Другие методы....

*Пример.* [25] Результаты численного эксперимента по формированию списка 10 наиболее важных признаков с точки зрения разных мер информативности приведены в

Таблица 4.1. На одном и том же наборе данных был получен существенно отличающийся порядок признаков с точки зрения информативности

Таблица 4.1.

№ признака Мера информ.	Сортировка признаков в порядке важности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пирсон	82	58	74	10	50	6	66	34	65	14
Фехнер	2	6	10	14	18	26	30	34	38	41
Спирмен	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38
Кендалл	98	34	37	81	17	90	78	89	41	82
Шеннон	1	2	18	66	10	5	22	35	3	15
Хемминг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дихотом.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Задача 3.2.** *Пример композиции алгоритмов.* Дайте определение композиции алгоритмов по Ю.И. Журавлёву и покажите, что возможно построить коллективное правило, по которому классификация (распознавание образов) дает существенно меньшую ошибку, чем при использовании отдельных алгоритмов.

*Решение.* Пусть  $X$  – пространство объектов,  $Y$  – пространство ответов алгоритмов. По Ю.И. Журавлёву композицией  $C(A(x))$  базовых алгоритмов  $A_k, k = \overline{1, g}$ , где  $A_k: X \rightarrow R$ , называется алгоритм (*алгоритмический оператор*)  $A: X \rightarrow Y$  вида:  $A(x) = C(F(A_1(x), \dots, A_g(x)))$ ,  $x \in X$ , где  $F: R^g \rightarrow R$  - корректирующая операция и  $C: R \rightarrow Y$  - решающее правило; им же впервые были введены линейные корректирующие операции:

$$\left\{ F(A_1 \dots A_g) = \sum_{x=1}^g \omega_x A_x \mid \omega_x \in R, x = \overline{1, g} \right\}.$$

Пример композиции алгоритмов для решения задачи прогнозирования по временным рядам можно посмотреть в [26]. В СРС в разделе с аналогичным названием будет изложен пример композиций на базе метода анализа иерархий.

*Замечание.* Многие алгоритмы классификации имеют именно такую структуру: сначала вычисляются оценки принадлежности объекта классам, затем решающее правило переводит эти оценки в номер класса. Значение оценки, как правило, характеризует степень уверенности классификации.

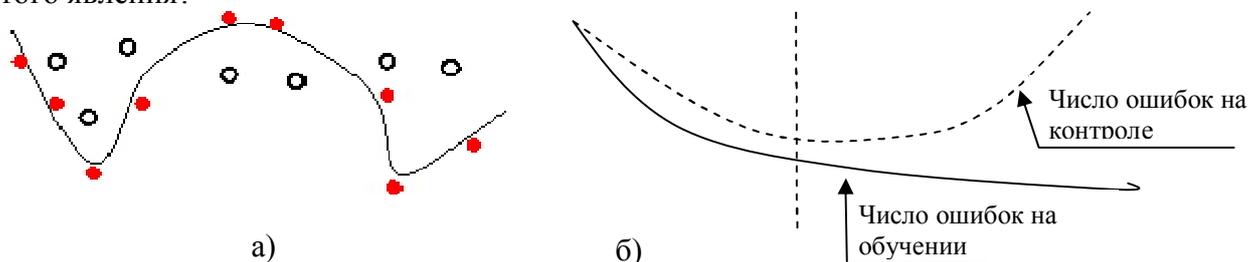
## Интерактивные занятия-семинары №7, 8 по теме: Алгебраические методы в задачах распознавания и классификации. Эффективность систем распознавания с коллективным распознаванием.

**Цель занятия:** продолжение занятия 7: применение основных понятий темы раздела 1 для решения задач: построение алгебраических композиций с целью повышения надежности принятия решений в практических задачах.

**Планируемые к приглашению на семинар специалисты-эксперты:** Буймов А.Г., д.т.н., профессор ТУСУР; Цой Ю.Р., к.т.н., доцент ТПУ, специалист по методам интеллектуального анализа данных (ИАД);

### ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ

**Задача 3.1.** Приведите примеры переобучения. В чем заключается «негатив» этого явления?



**Рис. 3.1.** а) Обучающее (закрашенные точки) множество точек и множество точек из контрольного множества (незакрашенные точки); б) «нестыковка» в моментах прекращения обучения на обучающем множестве и контрольном

#### Ход занятия №И7, 8.

**Вступление.** Сообщение темы и обоснование ее актуальности через вышеуказанные задачи. Ведущий студент, ответственный за выбор и подачу необходимой информации, согласует алгоритм занятия.

#### Основная часть:

- I. Сообщение в виде доклада-презентации ответственными двумя студентами за проведение занятия, в котором излагается суть обсуждаемых положений:
  - 1) Алгебраические методы в задачах распознавания и классификации.
  - 2) История коллективных решений.
  - 3) Комитеты решающих правил.

**Задача ИЗ.1.** В чем заключается технология бустинга (Р. Шапир). Используйте данную технологию (Boost1) для решения задачи обработки изображений.

**Решение.** Бустинг (boosting – усиление, улучшение) - процедура последовательного построения композиции алгоритмов машинного обучения, в основе которой лежит построение цепочки (каскада) классификаторов-алгоритмов, каждый из которых (за исключением первого) обучается на ошибках предыдущего. Boost1 (исторически 1-й алгоритм бустинга) использует каскад из 3-х моделей, первая из которых обучается на всем наборе данных  $X$ , вторая – на выборке объектов (обучающих примеров), в половине из которых первая дала правильные ответы, а третья – на объектах, где «ответы» первых двух разошлись. В такой последовательной обработке объектов каскадом классификаторов задача для каждого последующего классификатора-алгоритма

становится труднее. Результат определяется путем голосования: объект относится к тому классу, который выдан большинством моделей каскада.

Рассмотрим задачу классификации на два класса,  $Y = \{-1, +1\}$ . Пусть базовые алгоритмы возвращают только два ответа  $-1$  и  $+1$ , и решающее правило фиксировано:  $C(b) = \text{sign}(b)$ . Искомая алгоритмическая композиция имеет вид:

$$a(x) = C(F(b_1(x), \dots, b_g(x))) = \text{sign}(\sum_{t=1}^T \omega_t b_t(x)), x \in X.$$

Функционал качества композиции  $Q_T$  определяется как число ошибок, допускаемых композицией на обучающей выборке:

$$Q_T(\mathbf{b}, W^m) = \sum_{t=1}^T [y_t \sum_{i=1}^T \omega_i b_i(x)],$$

где  $W^m = (w_1, \dots, w_m)$  – вектор весов объектов. На практике используют экспоненциальную аппроксимацию пороговой функции потерь  $[z < 0] e^{-z}$

**Основные этапы алгоритма бустинга** для распознавания изображений [28]:

Дано изображение с потенциально распознаваемыми объектами, представленное двумерной матрицей пикселей размером  $w * h$ , в которой каждый пиксель имеет значение:  $0 \div 255$  для черно-белое изображений;  $0 \div 255^3$ , для цветных (компоненты  $R, G, B$ ).

1. Формируется «прямоугольный признак»  $\text{rectangle}(i) = \{x, y, w, h, a\}$ , где  $x, y$  – координаты центра  $i$ -го прямоугольника,  $w$  – ширина,  $h$  – высота,  $a$  – угол наклона прямоугольника к вертикальной оси изображения.

2. Сканируется изображение окном поиска с одновременным формированием интегрального представления изображения – матрицы  $L$ , в каждом элементе  $L(x, y)$  которой хранится суммарная яркость каждого прямоугольника на данном изображении (сумма интенсивностей всех пикселей в прямоугольнике от  $(0, 0)$  до  $(x, y)$ , то есть находящихся левее и выше данного элемента согласно методу Виолы-Джонса):

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x-1, y-1) + L(x, y-1) + L(x-1, y),$$

где  $I(x, y)$  — яркость пикселя исходного изображения.

3. Применяется классификатор к каждому положению окна сканирования.

При этом на обучении осуществляется итеративный процесс:

- 1). Определяются слабые классификаторы по прямоугольным признакам на каждом примере с выбором «подходящего порога» для каждого признака;
- 2). Отбираются лучшие признаки и лучший подходящий порог;
- 3). Пересчитываются веса объектов выборки.

*Замечание 3.1.* В стандартном методе Виолы – Джонса используются прямоугольные признаки - примитивы Хаара.

*Замечание 3.2.* Использовать для работы базу данных ORL Database of Faces, содержащую набор лиц, сфотографированных в исследовательской лаборатории Кембриджа (1992-1994гг).

**Задача ИЗ.2.** Постройте коллективное правило для прогнозирования по временным рядам изменения минералогических и химических свойств торфов по предоставленной базе данных.

II. Выяснение позиций участников с зафиксированными точками зрения на решение вышеизложенных задач.

Итог II-го этапа: формирование целевых групп по общности позиций каждой из групп.

III. Организация коммуникации между группами: 1) выяснение позиции-варианта решения выявленных групп и защита занятой позиции; 2) формирование нового набора вариантов решений на основании общего обсуждения; 3) выбор одного решения голосованием;

IV. Повторная защита позиций-вариантов групп после проведения расчетов с целью оценки отклонения от «истинного» решения (попарное оценивание).

**Выводы:** реализован самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения на базе коллективной интерактивной работы).

**Итог занятия №И7,8:** Оценивание компетенций (табл.3) по результатам работы на занятиях (активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции) и своевременности сдачи отчета по решению практической задачи ИЗ.1.

Таблица 2

№	№ задач и	Вид (совмещение нескольких видов) интерактивной работы	Трудоемкость (час)	Отрабатываемые компетенции/ожидаемый уровень освоения	Оценка личностных качеств	Контроль выполнения работы (участие в полемике, индивидуальные групповые задания (ИГЗ) и т.д)
1	ИЗ.1, ИЗ.2	Работа в команде. Решение ситуационных задач.	3	ОК-1, ОК-2/ З-Эл, У-Эл, В-Эл ПК-5/ З-Пр, У-Пр, В-Пр	Качество работы; своевременность сдачи отчета по решению ИГЗ	ИГЗ. Критерии оценивания поведения на занятии: активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции.
Всего			3			

### ВАРИАНТЫ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 3

**Задача ДЗ.1.** Подготовить сообщение по одной из тем (на выбор) по книгам:

1) Воронцов К.В. Обзор современных исследований по проблеме качества обучения алгоритмов. Таврический вестник информатики и математики. – 2004. – № 1. – С. 5 – 24. <http://www.ccas.ru/frc/papers/voron04twim.pdf>.

2) Воронцов К.В. Лекции по алгоритмическим композициям <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/0/0d/Voron-ML-Compositions.pdf>.

**Задача ДЗ.2.** Подготовить ответ на вопрос: в чем принципиальная разница в подходах: гибридное правило распознавания, коллективное распознавание, комитет решающих правил, метод группового учета аргументов. Выстроить историческую преемственность. Привести примеры.

**Задача ДЗ.3.** Реализовать программно алгоритм построения алгоритмической композиции по временным рядам – реализациям процесса работы асинхронного двигателя согласно работе [26]: Воронцов К.В., Егорова Е.В. Динамически адаптируемые композиции алгоритмов прогнозирования // Искусственный Интеллект. – № 10. - 2006. – С. 277–280.

### ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 3

#### I вариант

Метод бустинга: условия применения, ограничения. Привести пример программы, его реализующий на выборке из 50-ти объектов (примеры выборок - student\Колесникова\ TPO).

### **II вариант**

Линейные алгоритмические композиции. Привести пример программы, его реализующий на выборке из 50-ти объектов (примеры выборок - student\Колесникова\ TPO).

### **III вариант**

Нелинейные алгоритмические композиции. Привести пример программы, его реализующий на выборке из 50-ти объектов (примеры выборок - student\Колесникова\ TPO).

## **Контрольные вопросы к разделу 3**

1. Алгебраический подход к задаче распознавания.
2. Коллективы алгоритмов: методики построения.
3. Комитетные решающие правила.
4. Суть гибридного распознавания.

## **Раздел 4. Распознавание образов и распознавание изображений**

### **Интерактивные занятия-семинары №9, 10 по теме: Распознавание образов и распознавание изображений. Системы РО на основе нейросети.**

**Цель занятия:** Знакомство с методами распознавания изображений. Знакомство с существующим доступным программным обеспечением для распознавания изображений и обсуждение границ их применимости.

**Планируемые к приглашению на семинар специалисты-эксперты:** Спицын В.Г., д.т.н., профессор ТПУ, специалист по методам математической логики; Цой Ю.Р., к.т.н., доцент ТПУ, специалист по методам интеллектуального анализа данных (ИАД);

*Дополнительная информация.*

1. <http://www.delphikingdom.com/asp/viewitem.asp?catalogid=1299>
2. <http://www.delphikingdom.com/asp/viewitem.asp?catalogid=1203>
3. [http://www.forekc.ru/Ns/index\\_6.htm](http://www.forekc.ru/Ns/index_6.htm)

## **ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ АУДИТОРНЫХ ЗАДАНИЙ**

**Задача №4.1.** Рассмотреть базовый алгоритм SOM (самоорганизующиеся карты Кохонена), являющийся составной частью нейронных систем обработки информации.

**Решение.** Самоорганизующаяся карта (SOM) - это процесс обучения без учителя и классификации ряда образов без какой-либо информации о классах. Элемент проецируется из входного множества  $R^n$  на позицию в карте – информация кодируется как позиция активированного узла, обеспечивая топологический «заказ» классов - набор узлов в пространстве, имеющем меньше измерений.

**Основные положения алгоритма SOM.**

1. Элемент проецируется из входного множества  $R^n$  на позицию в карте.
2. Каждый из узлов описывается двумя векторами, первый — вектор веса  $\mathbf{m}_i \in R^n$ , имеющий такую же размерность, что и входные данные (вектор-ссылка привязан к каждому узлу в SOM). Второй — координаты узла на карте.
3. Во время обучения каждый входной вектор  $\mathbf{x}$  сравнивается со всеми  $\mathbf{m}_i$  в поиске размещения наиболее сходного  $\mathbf{m}_c: |\mathbf{x} - \mathbf{m}_c| = \min_i \{|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i|\}$ .
4. Векторы весов узлов в SOM пересчитываются согласно формуле:

$$\mathbf{m}_i(t+1) = \mathbf{m}_i(t) + h_{ci}(t)[\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t)],$$

где  $t$  - время, в течении которого уже происходит обучение,  $h_{ci}(t)$  – сглаживающая функция, максимум которой достигается на  $\mathbf{m}_c$ . Обычно полагают  $h_{ci}(t) = h(|\mathbf{r}_c - \mathbf{r}_i|, t)$ , где  $\mathbf{r}_c$  и  $\mathbf{r}_i$  - положения узлов в выходном пространстве SOM, с наиболее близким весовым вектором к входному шаблону и текущего при «пробегании» по всем узлам, соответственно, например:

$$h_{ci} = \alpha(t) \exp\left(-\frac{|\mathbf{r}_c - \mathbf{r}_i|^2}{2\sigma^2(t)}\right)$$

где  $\alpha(t)$  - это коэффициент обучаемости, а  $\sigma(t)$  определяет длину ряда. Они обычно оба монотонно убывают с течением времени. Использование аппроксимирующей функции означает, что узлы, которые располагаются в SOM структуре в соответствии с положением «победившего» узла. Это создаёт сглаживающий эффект, который приводит к глобальной организации карты. SOM может быть представлена, как нелинейная проекция плотности вероятностей.

**Задача №4.2.** Охарактеризуйте критерии оценки потерь качества изображения. Назовите источники потерь качества изображения.

*Решение.* Источники потерь качества изображения: процессы оцифровки, перевода в ограниченную палитру цветов, перевода в другую систему цветопродставления для печати, архивации с потерями.

Критерии оценки потерь качества изображения [27]:

- 1) среднеквадратичное отклонение значений пикселей ( $L_2$  мера):

$$d(x, y) = \left( \sum_{i,j=1}^n \frac{(x_i - y_i)^2}{n^2} \right)^{1/2}$$

Согласно этому критерию изображение будет сильно испорчено при понижении яркости всего на 5%.

- 2) мера Чебышева  $d(x, y) = \max_{i,j} |x_{ij} - y_{ij}|$  крайне чувствительна к биению

отдельных пикселей (во всем изображении может существенно измениться только значение одного пикселя, но согласно этой мере изображение будет сильно испорчено).

- 3) мера отношения сигнала к шуму, похожая на среднеквадратичное отклонение, но удобнее за счет логарифмического масштаба шкалы:

$$d(x, y) = 10 \log_{10} \frac{(255n)^2}{\sum_{i,j=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

**Задача №4.3.** Составьте программу – простую однослойную нейросеть для распознавания двух объектов, заданных векторами-признаками.

**Ход занятия №И9, 10.**

**Вступление.** Сообщение темы и обоснование ее актуальности через вышеуказанные задачи. Ведущий студент, ответственный за выбор и подачу необходимой информации, согласует алгоритм занятия.

**Основная часть:**

I. Сообщение в виде доклада-презентации ответственными двумя студентами за проведение занятия, в котором излагается суть обсуждаемых положений:

- 1) Перцептрон Розенблатта и принцип работы.
- 2) Теорема Новикова А.Б. о сходимости перцептрона.
- 3) Основные принципы нейросетевого распознавания образов.
- 4) Пример алгоритма по распознаванию образов (изображения) нейросетью.

**Задача № И4.1.** Составить (выбрать) алгоритм для практической реализации распознавания устной речи. Реализовать соответствующую программу. Сравнить существующие программы по распознаванию речи.

**Задача № И4.2.** Составить (выбрать) алгоритм для практической реализации распознавания изображения. Реализовать соответствующую программу. Сравнить существующие программы по распознаванию изображений.

II. Выяснение позиций участников с зафиксированными точками зрения на решение вышеизложенных задач.

Итог II-го этапа: формирование целевых групп по общности позиций каждой из групп.

III. Организация коммуникации между группами: 1) выяснение позиции-варианта решения выявленных групп и защита занятой позиции; 2) формирование нового набора вариантов решений на основании общего обсуждения; 3) выбор одного решения голосованием;

IV. Повторная защита позиций-вариантов групп после проведения расчетов с целью оценки отклонения от «истинного» решения (попарное оценивание).

**Выводы:** реализован самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения на базе коллективной интерактивной работы).

**Итог занятия №И9,10:** Оценивание компетенций (табл.4) по результатам работы на занятиях (активность, инициативность, грамотность, обоснованность защищаемой позиции) и своевременности сдачи отчета по решению практических задач типа И4.1.

Таблица 4

№	№ задач и	Вид (совмещение нескольких видов) интерактивной работы	Трудоемкость (час)	Отрабатываемые компетенции/ожидаемый уровень освоения	Оценка личностных качеств	Контроль выполнения работы (участие в полемике, индивидуальные групповые задания (ИГЗ) и т.д)
1	И4.1, И4.2	Работа в команде. Решение ситуационных	4	ОК-1, ОК-2/ З-Эл, У-Эл, В-Эл	Качество работы; своевременность сдачи отчета	ИГЗ. Критерии оценивания поведения на занятии: активность, инициативность,

	задач.		ПК-5/ 3-Пр, У- Пр, В-Пр	по решению ИГЗ	грамотность, обоснованность защищаемой позиции.
Всего		4			

#### **ВАРИАНТЫ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 4**

**Задача Д4.1.** Сопоставьте архитектуры биологической нейронной системы и машины фон Неймана.

**Задача Д4.2.** Преобразование Карунена-Лоэва для реализации самоорганизующейся карты и условия (ограничения) его применимости.

**Задача Д4.3.** Предложите алгоритм классификации сигнала электрокардиограммы на базе нейросети.

#### **ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ 4**

**I вариант.** Составить программу, предназначенную для распознавания рукописного ввода двух китайских иероглифов.

##### **II вариант**

Составить программу, предназначенную для распознавания рукописного ввода двух цифр.

##### **III вариант**

Составить программу, предназначенную для распознавания рукописного ввода двух букв.

#### **Контрольные вопросы к разделу 4**

1. Дайте основные положения структурных (лингвистических) методов.
2. В чем заключается особенность метода потенциальных функций, позволяющая его использование в распознавании на базе нейросетей.
3. Основные возможности языка описания изображений PDL.

При составлении методических указаний использовался материал нижеуказанной литературы, а также материал интернет-ресурсов.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания: Учебное пособие для вузов. - 4-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2004. – 260 с.
2. Лапко А.В. Непараметрические системы обработки информации: Учебное пособие для вузов / А. В. Лапко, С. В. Ченцов; Российская Академия наук. Сибирское отделение, Институт вычислительного моделирования. - М. : Наука, 2000. - 349 с.
3. Воронцов К.В. Лекции по методам оценивания и выбора моделей. 2007. Режим доступа: [www.ccas.ru/voron/download/Modeling.pdf](http://www.ccas.ru/voron/download/Modeling.pdf).
4. Р. Гонсалес. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB: Пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс ; пер. : В. В. Чепыжов. - М. : Техносфера, 2006. – 615 с.
5. Ту Д., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978, 2008.
6. Вапник В.Н. и др. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей: Практическое руководство. - М. : Наука. Физматлит, 1984. - 816 с.
7. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. М.: Наука, 1974, 2002.- 415 с.
8. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. // Новосибирск. Изд-во института математики. 1999, 2008.
9. Дадашев Т.М. Теория распознавания образов (логические методы): Учебное пособие. - М.: МФТИ, 1982, 2006. - 84 с.
10. Айзерман А.А., Браверман Э.М., Розоноэр Э.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970.
11. Патрик Э. Основы теории распознавания образов. – М.: Сов. радио, 1980.
12. Фу К.С. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977.
13. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. - М.: Мир, 1976.- 511 с.
14. Дюкова Е.В., Песков Н.В. Построение распознающих процедур на базе элементарных классификаторов // [www.ccas.ru /frc/papers /djukova05 construction.pdf](http://www.ccas.ru/frc/papers/djukova05construction.pdf).
15. Воронцов К.В. Обзор современных исследований по проблеме качества обучения алгоритмов. Таврический вестник информатики и математики. – 2004. – № 1. – С. 5 – 24. <http://www.ccas.ru/frc/papers/voron04twim.pdf>.
16. Геппенер В.В. Лекционный курс «Распознавание изображений и речевых сигналов». <http://www.studfiles.ru/dir/cat32/subj1011/file4179/view34452.html>
17. [www.ccas.ru/voron/www.ccas.ru /frc/papers /djukova05 construction.pdf](http://www.ccas.ru/voron/www.ccas.ru/frc/papers/djukova05construction.pdf).
18. <http://www.all-library.com/obrazovanie/nauka/42843-osnovy-teorii-raspoznavaniya-obrazov.html>
19. <http://window.edu.ru/resource/738/20738>
20. <http://www.bsu.by/Cache/pdf/229903.pdf>
21. <http://www.delphikingdom.com/asp/viewitem.asp?catalogid=1299>
22. <http://www.delphikingdom.com/asp/viewitem.asp?catalogid=1203>
23. [http://www.forekc.ru/Ns/index\\_6.htm](http://www.forekc.ru/Ns/index_6.htm)
24. <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2010/fknt/kostetskaya/library/art03/index.htm>
25. Корлякова М.О., Твердохлеб Н.С. Анализ подходов к определению информативности признаков. // Научная сессия МИФИ-2006. Сборник

- научных трудов. В 16 томах. Т.3. Интеллектуальные системы и технологии. М.: МИФИ, 2006. 256 с. С. 146-147
26. Воронцов К.В., Егорова Е.В. Динамически адаптируемые композиции алгоритмов прогнозирования // Искусственный Интеллект. – № 10. - 2006. – С. 277–280.
  27. <http://algotlist.manual.ru/compress/image/fractal/index.php>
  28. <http://habrahabr.ru/post/133826/>
  29. Волошин Г.Я. Методы распознавания образов (конспект лекций) <http://abc.vvsu.ru>
  30. Айзерман М.А., Браверман Э.М., Розоноэр Л.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин – изд. «Наука», Москва, 1970г.
  31. <http://sumschool.sumdu.edu.ua>