

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

А.Н. Стась

Распознавание образов

Методические указания по практическим работам и самостоятельной работе для магистрантов направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Томск
2022

УДК 004.9
ББК 32.973.22
С 77

Рецензенты:

Боровской И.Г., профессор каф. ЭМИС

Стась, Андрей Николаевич

С 77 Современные проблемы информатики и вычислительной техники: метод. указания / А.Н. Стась. – Томск: Томск.гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 17 с.

Методические указания по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе для магистрантов направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Одобрено на заседании каф. ЭМИС протокол № 1 от 30.08.2022 г.

УДК 004.9
ББК 32.973.22

© Стась А.Н., 2022
© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2022

Оглавление

Введение	4
Практическое задание №1. Постановка задачи распознавания. Основы теории распознавания образов (данные, знания, гипотеза, закономерность, признак).....	5
Практическое занятие №2. Детерминистские методы распознавания образов.....	7
Практическое задание №3. Методы анализа и прогнозирования стохастических временных рядов. Метод синергетического управления на многообразиях	11
Практическое занятие №4. Организация статистического моделирования систем на ЭВМ. Генерация (псевдо) случайных векторов с заданным распределением. Методы оценки распределений	14
Практическое задание № 6. Распознавание образов и распознавание изображений. Системы РО на основе нейросети	16
Указания к самостоятельной работе студентов (СРС).....	17

Введение

Цель изучения дисциплины: изложение основных сведений об основных понятиях, методах, алгоритмах теории распознавания образов, постановках и решениях задач распознавания образов и интеллектуального анализа данных.

Задачи дисциплины:

- 1) развитие у студентов навыков самообучения и применения детерминистских и вероятностно-статистических стратегий для получения положительного результата при решении практических задач распознавания образов;
- 2) формирование у студентов знаний, соответствующих системному и информационному подходу к современным проблемам;
- 3) развитие у студентов умения изучения и прогнозирования процессов и явлений из области их будущей деятельности;
- 4) знакомство с современными информационными технологиями с целью умения применения их в научных исследованиях и разработках.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- знать основы управления проектами и методы решения задач анализа и синтеза проектных решений;
- уметь корректно ставить задачи в области анализа и синтеза и предлагать их решение;
- владеть профессиональными навыками в области постановки и решения задач в области проектных решений, их анализа и синтеза;
- знать основные понятия в области сервисов информационных технологий и принципы управления данными сервисами;
- уметь управлять сервисами информационных технологий и решать задачи с их помощью;
- владеть навыками управления сервисами информационных технологий и решения с их помощью профессиональных задач, в том числе в области науки и образования/
- демонстрировать умение организации работы группы разработчиков программного обеспечения, эффективного руководства данной группой;
- владеть основными методами и приемами командной разработки, методами организации работы группы разработчиков программного обеспечения, приемами социального взаимодействия.

В методических указаниях используются материалы, подготовленные С.И. Колесниковой.

Практическое задание №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. Используется и *квадрат евклидова расстояния*, если мы хотим придать прогрессивно возрастающий вес объектам, которые являются более удаленными. Это расстояние вычисляется как: $d_2(x, y) = \sum (x_i - y_i)^2$.

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, приносимый отдельными большими компонентами, демпфируется (так как они не возводятся в квадрат).

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

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: $d_\infty(x, y) = \max |x_i - y_i|$.

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
I	0	0
	1	1
II	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 двухмерном 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.

Задача 1.4. Составить алгоритм распознавания 4-х английских букв (блок-схему), определив предварительно признаковое пространство: Буквы: V O J I.

Задача 1.5. 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 1.6. 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.

Практическое занятие №2. Детерминистские методы распознавания образов

Цель работы: 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 ω' . Выбрать подходящий алгоритм, выбор обосновать, определить принадлежность данной строки какому-либо образу на основе обучения и выбранного алгоритма.

Классы	Объекты	Значения признаков					
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Ω_1	ω_{11}	5	11	9	3	3	1
	ω_{12}	4	10	2	7	12	1
	ω_{13}	9	5	4	6	11	1
	ω_{14}	7	13	3	4	6	2
	ω_{15}	2	14	8	5	9	1
Ω_2	ω_{12}	5	9	2	8	14	1
	ω_{22}	4	6	7	3	13	1
	ω_{23}	6	11	9	11	5	1
	ω_{24}	7	10	4	2	12	1
	ω_{25}	3	10	5	9	7	1
	ω'	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 Ω_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:

$a \rightarrow$ (горизонтальная черта, угол 0°);

$b \nearrow$ (наклонная черта под углом 60°);

$c \uparrow$ (вертикальная черта, угол 90°);

$d \nwarrow$ (наклонная черта под углом 108°);

$e \searrow$ (наклонная черта под углом 120°).

Алгоритм может быть следующим.

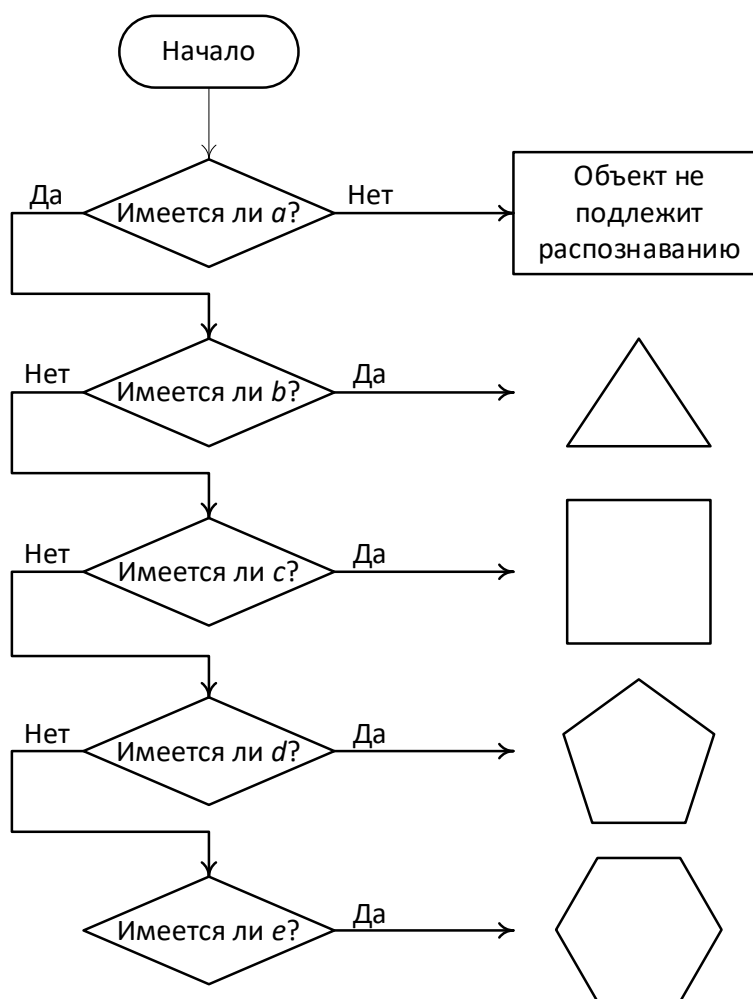


Рис. 1. Алгоритм решения задачи

Задача 2.3. [1] Предположим, что у противника имеются три типа мин: K_o – осколочного действия, K_{of} – осколочно-фугасного действия, K_f – 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:

$$A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B} \rightarrow K_o$$

$$A \cdot B \rightarrow K_{of}$$

$$A \cdot \bar{B} \rightarrow K_f$$

Всего можно составить 4 пары сочетаний местность-грунт:

$$\left\{ \begin{array}{l} A \cdot B \\ A \cdot \bar{B} \\ \bar{A} \cdot B \\ \bar{A} \cdot \bar{B} \end{array} \right.$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} A \cdot B \rightarrow K_o, K_{of} \\ A \cdot \bar{B} \rightarrow K_{of}, K_f \\ \bar{A} \cdot B \rightarrow K_{of} \\ \bar{A} \cdot \bar{B} \rightarrow K_o \end{array} \right.$$

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.

Практическое задание №3. Методы анализа и прогнозирования стохастических временных рядов. Метод синергетического управления на многообразиях

Цель занятия: активное воспроизведение полученных знаний на лекциях по разделу 2 в условиях текстовых задач: применение вычислительных средств (Excel, MatLab) для анализа и прогнозирования стохастических временных рядов.

Задача 3.1. Методы модовой декомпозиции EMD (Empirical Mode Decomposition) и преобразование Гильберта-Хуанга ННТ (Hilbert-Huang Transform). Построить прогноз на основе метода.

Решение. Исследовать и апробировать алгоритм из работы: Давыдов В.А., Давыдов А.В. Очистка геофизических данных от шумов с использованием преобразования Гильберта-Хуанга // Электронное научное издание «Актуальные инновационные исследования: наука и практика», 2010, № 1. <http://www.actualresearch.ru>.

Задача 3.2. Анализировать свойства одномерной хаотической модели Фейгенбаума.

Решение. Математическая форма отображения:

$$x_{n+1} = \alpha x_n (1 - x_n),$$

где x_n принимает значения от 0 до 1 и отражает численность популяции в n -ом году, x_0 – начальная численность (в год номер 0); α – положительный параметр, характеризующий скорость размножения (роста) популяции. Иногда данная формулировка называется отображением Ферхюльста (или Ферхюльста-Пирла), а логистическим отображением называется другая, но эквивалентная по свойствам формула: $x_{n+1} = 1 - \alpha x_n^2$. Это нелинейное отображение описывает два эффекта: размножение популяции со скоростью, пропорциональной ее численности в момент, когда численность мала; конкуренцию (смертность при высокой плотности) за жизненные ресурсы, при которой скорость размножения падает из-за ограничения на «максимальную емкость» среды, в которой обитает популяция.

Задача 3.3. Применить синергетическое управление к модели Фейгенбаума с целью управления хаосом (устремления к стабильному положению – аттрактору).

Решение. Рассмотрим регулятор для уравнения Фейгенбаума:

$$\begin{cases} x_{k+1} = \alpha x_k (1 - x_k) + u_k, \\ u_k = \alpha x_k^2 - (\alpha + L)x_k + (1 + L)x_c, \\ u_0 = 0, \\ y_k = x_k + u_k, \end{cases}$$

где x_k – сигнал; α – параметр, отвечающий за рост; u_k – управление; L – параметр, отвечающий за время достижения аттрактора; y_k – шум.

Для численного исследования модели Фейгенбаума произведён комплекс вычислений для разных групп изменений α (единичный скачок, двойной скачок и линейный рост α) с присутствием и отсутствием зашумления основного сигнала. Ниже для примера рассмотрен случай: $\alpha_1 = 2$, $\alpha_2 = 2.5$, $x_c = 2.5$, $x_0 = 0.8$, $L = 0.626$, $\omega = 0.001$, и показана возможность стабилизации системы.

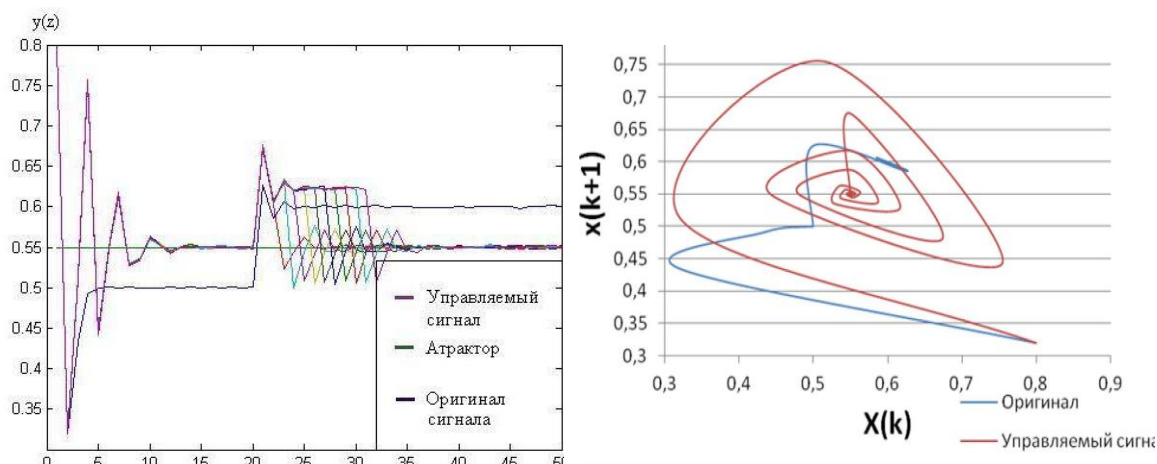


Рис.2. Модель Фейгенбаума

Задача 3.4. Задана следующая таблица обучения и подлежащая распознаванию строка ω' . Определить принадлежность данной строки какому-либо образу.

Классы	Объекты	Значения признаков			
		X_1	X_2	X_3	X_4
Ω_1	ω_{11}	1	1	1	1
	ω_{12}	1	0	1	1
	ω_{13}	0	0	1	0
Ω_2	ω_{12}	1	0	1	0
	ω_{22}	0	0	0	0
	ω_{23}	0	0	1	1
	ω'	1	1	0	0

Задача 3.5. [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 определено 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.	1-й день. Самолеты типов А и не В.
2-й день. Самолеты типа А или типа В, или же как типа А, так и типа В одновременно.	2-й день. Самолеты типа Y и не А или же типа Х.
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.	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 3.6. 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?

Практическое занятие №4. Организация статистического моделирования систем на ЭВМ. Генерация (псевдо) случайных векторов с заданным распределением. Методы оценки распределений

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).

Задача 4.1. Взять случайным образом 100 точек из 1-го квадрата плоскости XOY и классифицировать их методом «ФОРЕЛЬ».

Задача 4.2. Провести разделение классов K1 и K2 с использованием статистических характеристик:

K1: A1(3,1); A2(4,2); A3(5,2); A4(2,1); A5(4,1); A6(3,2);

K2: B1(3,4); B2(4,4); B3(5,4); B4(3,5); B5(5,3); B6(5,5).

Задача 4.3. 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.

Практическое задание №5. 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 5.1. 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.

1. 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.).

2. Информативность по Шеннону как мера трудности распознавания (Вагин В.Н.).

3. Метрические методы. Так, мера Хемминга применяется для подсчета числа попарно одинаковых битов векторов.

4. Метод на основе мультимножественного представления данных с последующим использованием метрик на мультимножествах и метода парных сравнений (Колесникова С.И., Янковская А.Е.).

5. Построение решающего правила в виде дерева дихотомических делений выборки по отдельным признакам (Загоруйко Н.Г.).

6. Другие методы ...

Пример. [25] Результаты численного эксперимента по формированию списка 10 наиболее важных признаков с точки зрения разных мер информативности приведены в таблице 4.1. На одном и том же наборе данных был получен существенно отличающийся порядок признаков с точки зрения информативности.

Таблица 4.1 – Мера информативности

№ признака	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

Практическое задание № 6. 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.

Задача 6.1. 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 течение которого уже происходит обучение, $h_{ci}(t)$ – сглаживающая функция, максимум которой достигается на \mathbf{m}_c . Обычно полагают $h_{ci}(t) = h(|\mathbf{r}_c - \mathbf{r}_j|, t)$, где \mathbf{r}_c и \mathbf{r}_j – 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 6.3. Составьте программу – простую однослойную нейросеть для распознавания двух объектов, заданных векторами-признаками.

Задача 6.4. Составить (выбрать) алгоритм для практической реализации распознавания устной речи. Реализовать соответствующую программу. Сравнить существующие программы по распознаванию речи.

Задача 6.5. Составить (выбрать) алгоритм для практической реализации распознавания изображения. Реализовать соответствующую программу. Сравнить существующие программы по распознаванию изображений.

Указания к самостоятельной работе студентов (СРС)

Виды самостоятельной работы:

1. Математические основы теории распознавания образов. Подготовка к зачету с оценкой.
2. Математические основы теории распознавания образов. Подготовка к тестированию.
3. Математические основы теории распознавания образов. Подготовка к выступлению (докладу).
4. Математические основы теории распознавания образов. Выполнение практического задания.
5. Классические модели и методы распознавания образов. Подготовка к зачету с оценкой.
6. Классические модели и методы распознавания образов. Подготовка к тестированию.
7. Классические модели и методы распознавания образов. Подготовка к выступлению (докладу).
8. Классические модели и методы распознавания образов. Выполнение практического задания.
9. Алгебраический подход к задаче распознавания. Подготовка к зачету с оценкой.
10. Алгебраический подход к задаче распознавания. Подготовка к тестированию.
11. Алгебраический подход к задаче распознавания. Подготовка к выступлению (докладу).
12. Алгебраический подход к задаче распознавания. Выполнение практического задания.
13. Модели и методы интеллектуального анализа данных и управляющая система. Подготовка к зачету с оценкой.
14. Модели и методы интеллектуального анализа данных и управляющая система. Подготовка к тестированию.
15. Модели и методы интеллектуального анализа данных и управляющая система. Подготовка к выступлению (докладу).
16. Модели и методы интеллектуального анализа данных и управляющая система. Выполнение практического задания.