

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛОРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА**

**Кафедра микропроцессорной техники  
и информационно-управляющих систем**

**РЯЗАНЦЕВА Н.В.**

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ**

Лабораторный практикум  
по дисциплине «Техническая кибернетика»

( часть II)

**Гомель 2004**

# Лабораторная работа № 1

## Исследование геометрических мер близости распознаваемых объектов и классов

### Краткие сведения из теории :

#### I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является практическое освоение методов компьютерной реализации геометрических мер близости, применяемых для принятия решений в детерминированных системах распознавания.

#### II. ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Разработка алгоритма принятия решения в детерминированной системе распознавания на основе использования известных геометрических мер близости.
2. Программная реализация разработанного алгоритма.
3. Ввод заданных описаний 3-х классов на языке 11-и предложенных признаков распознавания (таблицы 1-3 - варианты заданий).
4. Отладка программы.
5. Выполнение контрольных распознаваний неизвестных объектов по векторам их признаков (таблица 4).
6. Сравнение принятых решений об отнесении неизвестных объектов к заданным классам по различным мерам близости.

#### III. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАЧ.

1. Число классов распознавания - 5-10.
2. Размерность вектора признаков - до 20.
3. Число эталонов описания классов - 5-10.
4. Язык программирования - Паскаль, Си.
5. Программно должно быть предусмотрено использование для принятия решения всех введенных эталонов описания классов и их усредненных описаний.
6. Лабораторная работа должна быть оформлена в соответствии с установленным порядком.

#### IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. В качестве геометрических мер близости при детерминированном описании распознаваемых объектов и классов использовать

- а) Евклидово расстояние между объектами, описанными на языке признаков
- б) Угловое расстояние между векторами признаков распознаваемого объекта и эталона
- в) Сумму модулей разности координат (признаков) объекта и эталона .

2. Решение о принадлежности объекта, представленного вектором  $X_w$ , к одному из классов принимается согласно правилам принятия решений в детерминированных системах.

**Примечание:** Описание классов к эталонами может быть преобразовано к описанию одним эталоном. Это осуществляется осреднением эталонов по признакам.

#### V. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ И ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.

1й класс

ТАБЛИЦА 1

|            | ЭТАЛОНЫ |   |   |   |   |
|------------|---------|---|---|---|---|
| № признака | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |

|    |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|
| 1  | 0.95 | 0.80 | 0.90 | 0.70 | 1.00 |
| 2  | 0.54 | 0.68 | 0.47 | 0.75 | 0.80 |
| 3  | 0.80 | 0.40 | 0.90 | 0.30 | 0.50 |
| 4  | 0.65 | 0.90 | 0.80 | 0.60 | 0.70 |
| 5  | 0.81 | 0.51 | 0.91 | 0.71 | 1.00 |
| 6  | 0.42 | 0.56 | 0.14 | 0.70 | 1.00 |
| 7  | 1.00 | 0.56 | 0.78 | 0.67 | 0.34 |
| 8  | 0.60 | 0.81 | 1.00 | 0.74 | 0.88 |
| 9  | 0.64 | 0.51 | 0.77 | 0.25 | 1.00 |
| 10 | 0.50 | 0.63 | 1.00 | 0.24 | 0.76 |
| 11 | 0.51 | 1.00 | 0.25 | 0.77 | 0.64 |

2й класс

ТАБЛИЦА 2

| № признака | ЭТАЛОНЫ |      |      |      |      |
|------------|---------|------|------|------|------|
|            | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 1          | 0.21    | 0.25 | 0.17 | 0.23 | 0.30 |
| 2          | 0.24    | 0.28 | 0.20 | 0.26 | 0.30 |
| 3          | 0.80    | 0.70 | 0.74 | 0.76 | 0.78 |
| 4          | 0.40    | 0.30 | 0.10 | 0.20 | 0.25 |
| 5          | 0.42    | 0.39 | 0.50 | 0.36 | 0.30 |
| 6          | 0.16    | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.16 |
| 7          | 0.35    | 0.29 | 0.33 | 0.31 | 0.25 |
| 8          | 0.26    | 0.38 | 0.50 | 0.34 | 0.42 |
| 9          | 0.19    | 0.17 | 0.21 | 0.13 | 0.25 |
| 10         | 0.40    | 0.48 | 0.70 | 0.24 | 0.56 |
| 11         | 0.02    | 0.04 | 0.01 | 0.03 | 0.03 |

3й класс

ТАБЛИЦА 3

| № признака | ЭТАЛОНЫ |      |      |      |      |
|------------|---------|------|------|------|------|
|            | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 1          | 0.21    | 0.25 | 0.17 | 0.23 | 0.30 |
| 2          | 0.60    | 0.80 | 0.40 | 0.70 | 1.00 |
| 3          | 1.00    | 0.80 | 0.84 | 0.86 | 0.88 |
| 4          | 1.00    | 0.90 | 0.70 | 0.80 | 0.85 |
| 5          | 0.15    | 0.12 | 0.21 | 0.09 | 0.03 |
| 6          | 0.08    | 0.06 | 0.10 | 0.14 | 0.09 |
| 7          | 0.25    | 0.20 | 0.22 | 0.21 | 0.18 |
| 8          | 0.25    | 0.34 | 0.44 | 0.31 | 0.37 |
| 9          | 0.19    | 0.17 | 0.21 | 0.13 | 0.25 |
| 10         | 0.49    | 0.57 | 0.83 | 0.33 | 0.65 |
| 11         | 0.04    | 0.06 | 0.03 | 0.05 | 0.05 |

4й класс

ТАБЛИЦА 4

| № признака | ЭТАЛОНЫ |      |      |      |      |      |
|------------|---------|------|------|------|------|------|
|            | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 1          | 0.85    | 0.75 | 0.19 | 0.27 | 0.19 | 0.27 |
| 2          | 0.40    | 0.61 | 0.22 | 0.30 | 0.50 | 0.90 |
| 3          | 0.60    | 0.70 | 0.72 | 0.80 | 0.82 | 1.00 |
| 4          | 0.85    | 0.75 | 0.15 | 0.35 | 0.75 | 0.95 |
| 5          | 0.61    | 0.41 | 0.33 | 0.45 | 0.06 | 0.18 |
| 6          | 0.28    | 0.84 | 0.15 | 0.17 | 0.07 | 0.11 |
| 7          | 0.45    | 0.89 | 0.27 | 0.35 | 0.19 | 0.23 |
| 8          | 0.67    | 0.95 | 0.30 | 0.46 | 0.28 | 0.40 |
| 9          | 0.38    | 0.90 | 0.15 | 0.23 | 0.15 | 0.23 |
| 10         | 0.37    | 0.89 | 0.32 | 0.64 | 0.41 | 0.73 |

|    |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 11 | 0.38 | 0.90 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.06 |
|----|------|------|------|------|------|------|

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Конспект лекций по курсу "Основы построения систем распознавания образов".

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ПО КУРСУ “ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ”

### Исследование вероятностной меры близости распознаваемых объектов и классов

#### I. Цель работы

Целью лабораторной работы является практическое освоение методов компьютерной реализации вероятностной меры близости, применяемой для принятия решений в вероятностных системах распознавания.

#### II. Задачи лабораторной работы

1. Разработка алгоритма принятия решения в вероятностной системе распознавания на основе использования известной вероятностной меры близости - среднего риска.
2. Программная реализация разработанного алгоритма.
3. Ввод заданных описаний классов на языке предложенных признаков распознавания.
4. Отладка программы.
5. Выполнение контрольных распознаваний неизвестных объектов по векторам признаков, заданных преподавателем.
6. Проведение исследований влияния на решение о принадлежности
  - априорных вероятностей классов;
  - плат, назначаемых за ошибочные решения.

#### III. Требования к выполнению задач.

1. Число классов распознаваемых объектов - 3.
2. Количество признаков распознавания - 1.
3. Язык программирования - Паскаль, Си.
4. Лабораторная работа должна быть оформлена в соответствии с установленным порядком.
5. Исследования выполнить в два этапа:

Этап 1 - оценка влияния априорных вероятностей классов на принимаемые решения о принадлежности;

Этап 2 - оценка влияния плат за ошибочные решения о принадлежности на эти решения.

#### IV. Исходные данные для исследований

1. Условные априорные плотности распределений вероятностей, используемые для описания классов - нормальные с математическими ожиданиями  $m_i$  и среднеквадратическими разбросами -  $\sigma_i$  (Таблица 1).
2. Измеренные значения признаков по распознаваемым объектам -  $\chi$  (Таблица 1)
3. Априорные вероятности классов и матрица плат за ошибки для первого исследования:

|           | $P(W_1)$ | $P(W_2)$ | $P(W_3)$ |
|-----------|----------|----------|----------|
| 1-й набор | 0.1      | 0.8      | 0.1      |
| 2-й набор | 0.2      | 0.6      | 0.2      |
| 3-й набор | 0.3      | 0.4      | 0.3      |
| 4-й набор | 0.4      | 0.2      | 0.4      |
| 5-й набор | 0.4      | 0.1      | 0.5      |

4. Априорные вероятности классов и матрицы плат за ошибки для второго исследования:

$$P(W_1) = 0.33, \quad P(W_2) = 0.33, \quad P(W_3) = 0.33.$$

$$\|C_1\| = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad \|C_2\| = \begin{vmatrix} 0 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 0 \end{vmatrix}$$

## 5. Варианты заданий

Таблица 1

| Вариант | $M_i$   |         |         | $\sigma_i$ |         |         | $\chi$ |
|---------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|--------|
|         | Класс 1 | Класс 2 | Класс 3 | Класс 1    | Класс 2 | Класс 3 |        |
| 1       | 17      | 19      | 23      | 3          | 1.5     | 4       | 20     |
| 2       | 27      | 29      | 33      | 2.9        | 1.6     | 3.8     | 30     |
| 3       | 37      | 39      | 43      | 3.2        | 1.4     | 4.1     | 40     |
| 4       | 32      | 34      | 38      | 3          | 1.5     | 4       | 35     |
| 5       | 28      | 39      | 34      | 2.9        | 1.6     | 3.8     | 31     |
| 6       | 47      | 49      | 53      | 3.2        | 1.4     | 4.1     | 50     |
| 7       | 42      | 44      | 48      | 3          | 1.5     | 4       | 45     |
| 8       | 39      | 41      | 45      | 2.9        | 1.6     | 3.8     | 42     |
| 9       | 36      | 38      | 42      | 3.2        | 1.4     | 4.1     | 39     |
| 10      | 46      | 48      | 52      | 3          | 1.5     | 4       | 49     |
| 11      | 22      | 24      | 28      | 2.9        | 1.6     | 3.8     | 25     |
| 12      | 51      | 53      | 57      | 3.2        | 1.4     | 4.1     | 54     |
| 13      | 24      | 26      | 30      | 3          | 1.5     | 4       | 27     |
| 14      | 15      | 17      | 21      | 2.9        | 1.6     | 3.8     | 18     |
| 15      | 25      | 27      | 31      | 3.2        | 1.4     | 4.1     | 28     |

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Конспект лекций по курсу "Основы построения систем распознавания образов".

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3-1 ПО КУРСУ "ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ"

## Оценка эффективности вероятностной системы распознавания

### I. Цель работы

Целью лабораторной работы является практическое освоение методов компьютерной реализации алгоритмов оценки эффективности СР. Лабораторная работа выполняется в процессе решения конкретной задачи.

### II. Задачи лабораторной работы

2.1. Разработать алгоритм решения задачи следующего содержания:

в процессе демонтажа приводов некоторых устройств, проводимого в целях их ремонтно-восстановительных работ, автоматически классифицируются и комплектуются муфты вращающихся сочленений по их внутреннему диаметру. Принятый технологический процесс демонтажа обуславливает случайный характер демонтажа муфты каждого типоразмера и передачу ее на классификацию и комплектацию.

Среднеквадратическая ошибка измерений внутреннего диаметра муфты специальной электромеханической системой составляет 3 мм.

Всего в демонтируемых изделиях используется 5 типоразмеров муфт, внутренние диаметры которых и количество приведены в таблице

| Кол-во муфт | Диаметры муфт по вариантам |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|             | 1                          | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 100         | 3                          | 7  | 18 | 35 | 4  | 17 | 8  | 11 | 5  | 20 | 6  | 10 | 19 |
| 100         | 6                          | 10 | 21 | 38 | 7  | 20 | 11 | 14 | 8  | 23 | 9  | 13 | 22 |
| 100         | 9                          | 13 | 24 | 41 | 10 | 23 | 14 | 17 | 11 | 26 | 12 | 16 | 25 |
| 100         | 12                         | 16 | 27 | 44 | 13 | 26 | 17 | 20 | 14 | 29 | 15 | 19 | 28 |
| 100         | 15                         | 19 | 30 | 47 | 16 | 29 | 20 | 23 | 17 | 32 | 18 | 22 | 31 |

2.2. В результате разработки:

2.2.1. Описать классы системы распознавания, учитывая, что ошибки измерений в технических устройствах приводят, как правило, к нормальному закону распределения вероятностей оцениваемого параметра.

2.2.2. Рассчитать вероятности ошибок ложной классификации муфт предлагаемой системой.

2.2.3. Определить априорный риск распознавания в системе при равных платах за ошибки. Границы между  $i$ -ым и  $i+1$ -ым классами устанавливаются по равенству плотностей распределения вероятностей соседних классов, то есть:

$$a_{i,i+1} = \frac{m_i + m_{i+1}}{2}$$

где  $m_i$  и  $m_{i+1}$  - математические ожидания описаний соседних классов.)

2.3. Выполнить программную реализацию разработанного алгоритма.

2.4. Отладить программу.

2.5. Выполнить расчеты.

2.6. Провести анализ и оформление результатов.

### III. Методические указания к выполнению задания.

3.1. Программа расчета и анализа эффективности может быть выполнена на любом языке высокого уровня.

3.2. Зависимости вероятностей ошибок классификации и среднего риска от СКО измерений оформить графически.

3.3. Для использования при решении интеграла Лапласа необходимо разработать программную функцию на основе его разложения в ряд.

3.4. При интегрировании нормальной плотности распределения вероятностей использовать следующее значение интеграла Лапласа

$$\Phi_0(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$$

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Конспект лекций по курсу "Основы построения систем распознавания образов".

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3-2 ПО КУРСУ "ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ"

#### Исследование влияния ошибок распознавания на эффективность вероятностной системы

##### I. Цель работы

Целью лабораторной работы является практическое освоение методов компьютерной реализации алгоритмов оценки эффективности СР. Настоящая лабораторная работа основывается на выполненной лабораторной работе N 3-1 и является ее продолжением.

##### II. Задачи лабораторной работы

2.1. В качестве алгоритма для выполнения настоящей работы использовать алгоритм, разработанный в лабораторной работе № 3-1.

2.2. Исходные данные для расчетов оставить теми же, что были выбраны по предложенному варианту в лабораторной работе № 3-1.

2.3. Требуется:

2.3.1. Среди ошибок классификации муфт (см. лабораторную работу № 3-1) найти такую, которая имеет максимальную вероятность

$$P(W_k / W_d) = \max_{i,j} P(W_i / W_j)$$

2.3.2. Используя созданную в лабораторной работе № 3-1 программу, рассчитать зависимость максимальной по вероятности ошибки классификации  $P(W_k/W_d)$  от величины СКО ошибки измерений диаметра при дискретном повышении точности измерителя диаметра  $\sigma = 3$  мм, 2.5 мм, 2 мм, 1.5 мм, 1 мм и 0.5 мм:

$$P(W_k / W_d) = F_1(\sigma).$$

2.3.3. Для тех же значений ошибки измерений (п.2) рассчитать зависимость среднего риска распознавания:

$$\bar{R} = F_2(\sigma).$$

2.3.4. По результатам определения в п. 2. зависимости  $P(W_k / W_d) = F_1(\sigma)$  предъявить требование к точности системы измерений внутреннего диаметра муфт (СКО) для выполнения требования технического задания на систему распознавания - не более двух ошибочных классификаций на 500 муфт .

2.4. Выполнить расчеты.

2.5. Провести анализ и оформить результаты.

##### III. Методические указания к выполнению задания.

3.1. Зависимости вероятностей ошибок классификации и среднего риска от СКО измерений оформить графически.

3.2. При выполнении п. 2.3.4 воспользоваться линейной интерполяцией .

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Конспект лекций по курсу "Основы построения систем распознавания образов".



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3-3 ПО КУРСУ "ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ"

### Оценка влияния числа классов на эффективность вероятностной системы распознавания

#### I. Цель работы

Целью лабораторной работы является практическое освоение методов оценки эффективности СР. Настоящая лабораторная работа выполняется как продолжение лабораторных работ №№ 3-1, 3-2.

#### II. Задачи лабораторной работы

2.1. На основе разработанной программы и результатов расчетов по лабораторным работам №№ 3-1, 3-2 повторить выполнение их требований, предварительно исключив из состава классифицируемых муфт 100 штук следующих диаметров по вариантам:

Диаметры исключаемых муфт в мм по вариантам

|         |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Вариант | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Диаметр | 9 | 13 | 24 | 41 | 10 | 23 | 14 | 17 | 11 | 26 | 12 | 16 | 25 |

2.2. Сравнить зависимость априорного риска от точностей измерения признака распознавания с зависимостью, полученной в первом исследовании (лабораторная работа № 3-2).

2.3. Сравнить зависимость максимальной ошибки распознавания классов от точностей измерения признака распознавания с зависимостью, полученной в первом исследовании, и пояснить результат.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Конспект по курсу "Основы построения систем распознавания образов".

