8. S. Ahmed, J. Cross, A. Bouzerdoum. A new self-adaptive backpropagation training method. Proc. of Int. Joint Conf. on Neural Networks IJCNN’2000, Como, Italy. – 2000.
9. V. Golovko Y. Savitsky, Th. Laopoulos, A. Sachenko, L. Grandinetti. Technique of learning rate estimation for efficient training of MLP. Proc. of Int. Joint Conf. on Neural Networks IJCNN’2000, Como, Italy. – 2000. – p. 323-329.
10. Vladimir Golovko. Neural Networks: training, organization and application. Moscow, Radiotechnica 2001, – 350p.

**БЛАГОДАРНОСТИ**

Авторы благодарят международную организацию INTAS, фонды фундаментальных исследований Республики Беларуси и Российской Федерации.

УДК

***Шуть В.Н., Прожерин И.Г.***

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ ПО КОРРЕЛЯЦИОННОМУ ОБРАЗУ

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является группа случайных точек на плоскости отражающая не жестко, неявно некоторый объект либо физический процесс. Такую группу не жестко связанных точек на плоскости назовем дискретной системой. Определим ее следующим образом. Пусть $d$ и $D$ - произвольные положительные числа. Систему точек на плоскости назовем простой $(d,D)$-системой, если выполняются следующие два условия:

1). расстояние между любыми двумя точками системы не меньше $d$ ($d$-условие);
2). где бы на плоскости ни нарисовать окружность радиуса $D$, внутри или на ней самой лежит хотя бы одна точка системы ($D$-условие).

Непересекающиеся между собой круги одного и того же радиуса $D$ на плоскости можно располагать бесконечно. Поскольку по $D$-условию в каждом из них должна содержаться, по крайней мере одна точка ($d,D$-системы), то такая система точек бесконечна.

С другой стороны в любой ограниченной области может содержаться лишь конечное число точек $d,D$-системы. Это непосредственно вытекает из $d$-условия. Таким образом, в нашей системе нет ни больших разряжений точек, ни чересчур плотных скоплений. $D$-условие является притягивающей (собирающей) силой, а $d$-условие действует как отталкивающая сила. Плотность распределения точек колеблется в некоторых пределах, зависящих, разумеется, от параметров $d$ и $D$. Введение параметров посредством условий 1 и 2 неоднозначно связывает с ними данную систему. В самом деле, если система удовлетворяет приведенным условиям при некоторых значениях $d$ и $D$, то она будет удовлетворять тем же условиям и при других значениях $d'$ и $D'$, для которых выполняются неравенства $d' < d$, $D' < D$.

Избавиться от неоднозначности можно, выбрав для данной системы в качестве параметра $d$ наибольшее число, при котором она еще удовлетворяет условию 1, а в качестве параметра $D$ - соответственно наименьшее число среди тех, для которых выполняется условие 2. В дальнейшем, несмотря конкретную $(d,D)$-систему точек, под $d$ и $D$ будем понимать именно экстремальное для этой системы значение параметров, которое может быть практически получено с самой системы.

## 2. АЛГОРИТМ ПОЛУЧЕНИЯ КОНТУРА

Алгоритм построения кругов регрессии основывается на построении контуров. Эти контуры строятся следующим образом:

1. выбор минимального значения из строки или столбца и соединяем точки;
2. переходим к следующей строке и соединяем следующие точки;
3. выполняем шаги 1 и 2 для всех строк и столбцов.

Т.о. в результате выполнения алгоритма получим контуры различной длины, по которым строятся круги регрессии.

Для определения параметров кругов регрессии необходимо знать координаты центра и радиус. Определим формулы, по которым строятся круги регрессии [1]:

$$x_C = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i; \quad y_C = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i \tag{1}$$

где $(x_C; y_C)$ – координаты центра круга регрессии;

$(x_i; y_i)$ – координаты точек контура;

$n$ – количество точек входящих в контур,

$$R = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sqrt{(x_i - x_C)^2 + (y_i - y_C)^2} \tag{2}$$

где $R$ – радиус круга регрессии.

Затем по каждому контуру строится круг регрессии.

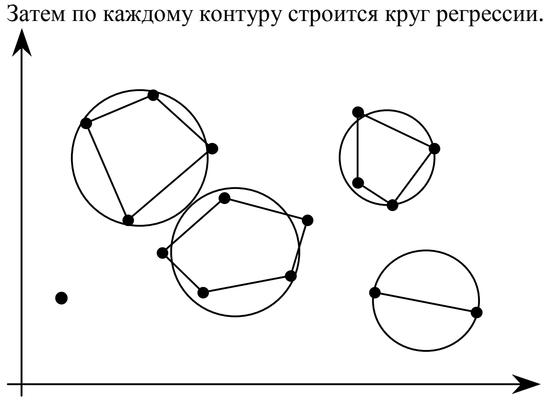

Рисунок 1 – Пример описания облака кругами регрессии.

## 3. СТАТИСТИКА

По полученным радиусам кругов регрессии строиться гистограмма. Для этого определяется минимальное и максимальное значение радиуса круга регрессии. Затем определяется шаг приращения:

***Шуть Василий Николаевич.*** *К.т.н., доцент кафедры ЭВМиС Брестского государственного технического университета.*
***Прожерин Игорь Геннадьевич.*** *Ассистент кафедры ИПМ Брестского государственного технического университета.*
*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

$$\Delta = \frac{1}{n}(R_{max} - R_{min}) \qquad (3)$$

где $n$ – количество кругов регрессии;

$R_{min}$ – минимальное значение радиуса круга регрессии;

$R_{max}$ – максимальное значение радиуса круга регрессии;

$\Delta$ – шаг приращения.

По полученным результатам строиться таблица, в которой определяются диапазон радиусов и количество таких кругов.

Таблица 1.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Радиус | $r_1 = R_{min}$ | $r_2 = r_1 + \Delta$ | … | $r_n = R_{max}$ |
| Частота | $m_1$ | $m_2$ | … | $m_n$ |

По таблице строится гистограмма, форма которой описывает объект или процесс, идентифицируя его.

### 4. СВОЙСТВА

**Теорема**: линейная регрессия проходит через центр круга регрессии.

**Доказательство**: по определению центр круга регрессии находится по формулам (1).

В общем случае любая линия на плоскости может быть представлена уравнением [2]:

$$y = a_0 + a_1 x \qquad (4)$$

Коэффициенты уравнения (4) или коэффициенты линии регрессии определяются следующими выражениями:

$$a_1 = \left(\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i * \sum_{i=1}^{n} y_i\right) \Bigg/ \left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right); \qquad (5)$$

$$a_0 = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} y_i - a_1 * \sum_{i=1}^{n} x_i\right). \qquad (6)$$

По формулам (1) перейдем к $x_C, y_C$.

$$a_1 = \left(\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - n x_C y_C\right) \Bigg/ \left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n x_C^{\ 2}\right) \qquad (7)$$

$$a_0 = y_C - a_1 x_C \qquad (8)$$

Формулы (7,8) подставим в уравнение линии (4):

$$y_C = y_C - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - n x_C y_C}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n x_C^2} x_C + \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - n x_C y_C}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n x_C^2} x_C$$

$y_C = y_C$ - верно

Теорема доказана.

### 5. ВЫВОДЫ

Т.о. в работе показан совершенно новый подход к идентификации случайных объектов или процессов. Случайный объект или процесс можно описать не только с помощью линии регрессии, которая характеризуется углом наклона и отсекаемым отрезком на оси ординат, не только с помощью линий высшего порядка, таких как парабола, гипербола и т.д., но и с помощью кругов регрессии. Круги регрессии наиболее полно представляют случайный объект или процесс, т.к. имеют более сильную связь с объектом.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные математические формулы: Справочник/ В. Т. Воднев, А. Ф. Наумович, Н. Ф. Наумович; Под ред. Ю. С. Богданова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1995.-380 с.:ил.
2. Ефимова М.Р., Петрова Е.В., Румянцев В.Н. Общая теория статистики. – М.: ИНФРА-М, 1997.

УДК 681.3

***Павлюкович С.В., Михалюк В.В., Шуть В.Н.***

# ПРИБЛИЖЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА – МЕТОД КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Целью настоящей работы является обзор методов решения задачи коммивояжера и разработка нового метода приближенного решения этой задачи.

Существуют несколько формулировок задачи коммивояжера. Одна из них – комбинаторная формулировка.

Пусть $s(1)$, $s(2)$,…, $s(n)$ - некоторая перестановка чисел 1, 2, …, $n$. Если во множестве $S_n$ подстановок вида

$$s = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ s(1) & s(2) & \dots & s(n) \end{pmatrix} \qquad (1)$$

выделить множество $S_n^1$ всех полных циклов, тот задачу коммивояжера можно будет определить следующим образом. Пусть

$$C = \|C_{ij}\| \qquad (2)$$

есть $n \times n$ матрица действительных чисел, называемая впредь матрицей расстояний. Каждой подстановке (1) сопоставим число

$$L_c(s) = \sum_{i=1}^{n} c_{is}(i), \qquad (3)$$

называемое длиной подстановки (1). В частности, если подстановка (1) является циклом $\tau = (\tau_1, \tau_2, ..., \tau_n)$, то ее длина $L_c(\tau) = c_{\tau_1\tau_2} + c_{\tau_2\tau_3} + ... + c_{\tau_n\tau_1}$ (число $n$ называется циклической длиной цикла $\tau$). Задача коммивояжера заключается в нахождении $S_n^1$ подстановки (цикла) $s_0$, для которой $L_c(s_0)$ минимально на множестве длин (3), вычисленных для всех полных циклов

$$S_0 = \min_{s \in S_n^1}\{L_c(s)\}. \qquad (4)$$

***Павлюкович С.В.*** *Ассистент каф. вычислительной техники и прикладной математики Брестского государственного технического университета. .E-mail: pasw@tut.by.*
***Михалюк В.В.*** *Аспирант каф. ЭВМиС Брестского государственного технического университета.*
***Шуть Василий Николаевич.*** *К.т.н., доцент кафедры ЭВМиС Брестского государственного технического университета.*
*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*