

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра вычислительной техники

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА

*Методические указания
к лабораторным работам*

Составители
И.Р. ДУБОВ
Т.О. ДИАБ

Владимир 2005

УДК 519.682.2
ББК 22.122
Н59

Рецензент
Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
Р.И. Макаров

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Нечеткая логика : метод. указания к лаб. работам / сост.
Н59 И. Р. Дубов, Т. О. Диаб ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во
ВлГУ, 2005. – 48 с.

Содержат методические указания для выполнения лабораторных работ по теме «Нечеткая логика». Рассматриваются основные возможности создания систем нечеткого вывода в среде MATLAB. Дополнительно к традиционным способам выбора функций принадлежности предусматривается изучение нового подхода к оцениванию функции принадлежности по результатам наблюдений.

Предназначены для студентов специальностей 2201100 – вычислительные машины, комплексы, системы и сети.

Ил. 21. Табл. 7. Библиогр. : 6 назв.

УДК 519.682.2
ББК 22.122

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

1.1. Порядок построения систем управления

Построение систем управления на основе нечёткой логики включает в себя следующие основные этапы:

1. Определение входов и выходов создаваемой системы. Задание для каждой из входных и выходных переменных функции принадлежности.
2. Разработка базы правил для реализуемой нечёткой системы.
3. Выбор и реализация алгоритма нечёткого логического вывода.
4. Анализ результатов работы созданной системы, определение ее адекватности.

Логический вывод осуществляется по следующей схеме:

1. *Введение нечеткости* (фаззификация, fuzzification). Для фактических значений входных переменных вычисляются значения функций принадлежности для определения степени истинности каждой предпосылки для каждого правила из базы правил.

2. *Логический вывод*. Вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к одному нечеткому подмножеству, которое будет назначено каждой переменной вывода для каждого правила. В качестве правил логического вывода обычно используют одну из двух операций: \min (минимум) или prod (умножение). При выполнении функции \min в логическом выводе функция принадлежности «отсекается» по высоте, соответствующей вычисленной степени истинности предпосылки правила. Если же используется функция prod , то функция принадлежности вывода масштабируется при помощи вычисленной степени истинности предпосылки правила. Обе эти функции соответствуют операции "И" нечеткой логики.

3. *Композиция*. Нечеткие подмножества, назначенные для каждой переменной вывода во всех правилах, объединяются вместе так, чтобы сформировать одно нечеткое подмножество для каждой переменной вывода. При подобном объединении обычно используют одну из двух опера-

ций: \max (максимум) или sum (сумма). При композиции с помощью функции \max комбинированный вывод нечеткого подмножества конструируется как поточечный максимум по всем нечетким подмножествам. При композиции с использованием функции sum комбинированный вывод нечеткого подмножества конструируется как поточечная сумма по всем нечетким подмножествам, назначенным переменной вывода правилами логического вывода. Обе эти функции соответствуют операции «ИЛИ» нечеткой логики.

4. *Приведение к четкости* (дефаззификация, defuzzification) означает преобразование нечеткого набора выводов в четкое число.

1.2. База знаний в системах управления

Общий вид системы интеллектуального управления объектом на основе нечеткой логики приведен на рис. 1.

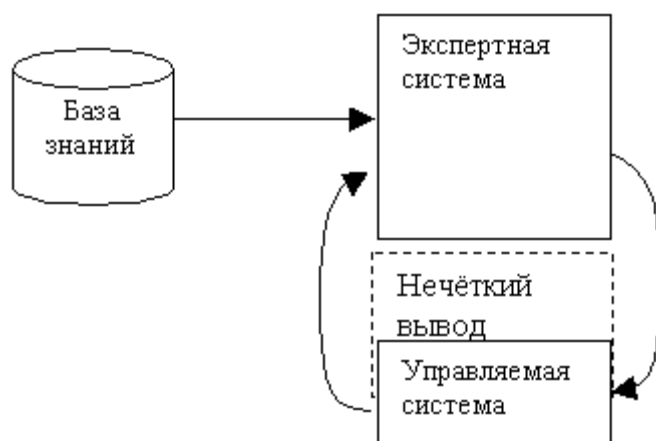


Рис. 1. Общая схема управления объектом на основе нечеткой логики

Под базой знаний принято понимать совокупность знаний о предметной области, используемых для построения систем интеллектуального управления объектами. Используемый в различного рода экспертных системах механизм нечеткого вывода имеет в своей основе базу знаний, формируемую специалистами предметной области в виде

совокупности нечётких предикатных правил вида

R1: If x is A_1 , then y is B_1 ,

R2: If x is A_2 , then y is B_2 ,

...

Rn: If x is A_n , then y is B_n ,

где x – входная переменная с заданными значениями; y – переменная вывода, значения которой должны быть вычислены; A и B – функции принадлежности, определенные, соответственно на x и y .

Так же к базе знаний принято относить функции принадлежности входных и выходных переменных, которые часто выбирают из типового

набора функций. Рассмотрим следующие наиболее употребительные модификации алгоритма нечеткого вывода, полагая, для простоты, что базу знаний организуют два нечетких правила вида

R1: If x is A_1 and y is B_1 , then z is C_1 ,

R2: If x is A_2 and y is B_2 , then z is C_2 ,

где x и y – имена входных переменных; z – имя переменной вывода; A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , C_1 , C_2 – некоторые заданные функции принадлежности, при этом четкое значение z_0 для переменной z необходимо определить на основе базы правил и четких значений x_0 и y_0 .

1.3. Алгоритм дефаззификации

Данный алгоритм (алгоритм Мамдани) математически может быть описан следующим образом:

1. Находятся степени истинности для предпосылок каждого правила: $A_1(x_0)$, $A_2(x_0)$, $B_1(y_0)$, $B_2(y_0)$.

2. Выполняется нечеткий вывод: находятся уровни «отсечения» для предпосылок каждого из правил (с использованием операции \min):

$$\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0), \quad \alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0),$$

где через \wedge обозначена операция логического минимума. Затем находятся усеченные функции принадлежности:

$$C_1'(z) = (\alpha_1 \wedge C_1(z)), \quad C_2'(z) = (\alpha_2 \wedge C_2(z)).$$

Композиция: с использованием операции \max (обозначаемой как \vee) производится объединение найденных усеченных функций, что приводит к получению итогового нечеткого подмножества для переменной выхода с функцией принадлежности

$$\mu_{\Sigma}(z) = C(z) = C_1'(z) \vee C_2'(z) = (\alpha_1 \wedge C_1(z)) \vee (\alpha_2 \wedge C_2(z)).$$

Наконец, приведение к четкости для нахождения z_0 проводится, например, центроидным методом, в котором решением является центр тяжести кривой $\mu_{\Sigma}(z)$, то есть,

$$z_0 = \frac{\int_{\Omega} z \mu_{\Sigma}(z) dz}{\int_{\Omega} \mu_{\Sigma}(z) dz}.$$

Рис. 2 поясняет порядок действий в алгоритме Мамдани.

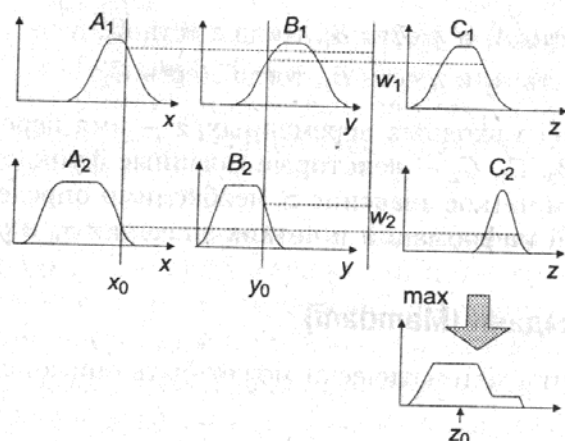


Рис. 2. Алгоритм Мамдани

1.4. Пакет нечеткой логики

Пакет нечеткой логики для системы Matlab – это пакет прикладных программ, относящихся к теории *нечетких* множеств и позволяющих конструировать так называемые нечеткие экспертные и управляющие системы. Основные возможности пакета:

1. Построение систем нечеткого вывода (экспертных систем, регуляторов, аппроксиматоров зависимостей).
2. Построение адаптивных нечетких систем (гибридных нейронных сетей).
3. Интерактивное динамическое моделирование в Simulink.

В состав программных средств Fuzzy Logic Toolbox входят следующие основные программы, имеющие графический интерфейс: редактор нечеткой системы вывода Fuzzy Inference System Editor (FIS-редактор) вместе со вспомогательными программами: редактором функций принадлежности (Membership Function Editor), редактором правил (Rule editor), просмотрщиком правил (Rule Viewer) и просмотрщиком поверхности отклика (Surface Viewer). FIS-редактор запускается из командной строки командой Fuzzy.

2. Лабораторная работа № 1

УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

2.1. Цель работы

На рис. 3 изображен объект управления в виде бака с водой, к которому подходят две трубы: через одну трубу, снабженную краном, вода поступает в бак, через другую – вытекает. Подачу воды в бак можно регулировать краном. Расход воды является неконтролируемым и зависит от уровня воды в баке. Если понимать под выходной (регулируемой) переменной уровень воды, а под регулирующим элементом – кран, то подоб-

ный объект регулирования с точки зрения его математического описания является динамическим и существенно нелинейным.

Цель управления в данном случае заключается в установлении на требуемом, изменяющемся во времени уровне воды в баке. В регулятор, обеспечивающий достижение цели управления, должна поступать информация о несоответствии (разности) требуемого и фактического уровней воды, при этом данный регулятор должен вырабатывать управляющий сигнал, подаваемый на регулируемый элемент.

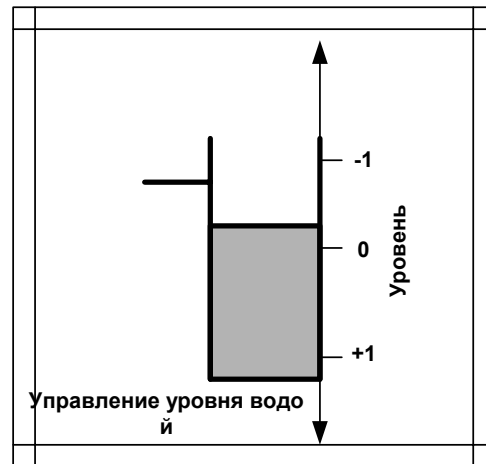


Рис. 3. Схематическое представление объекта управления

2.2. Порядок выполнения работы

1. Задать для каждой из входных и выходных переменных функции принадлежности.
2. Разработать базу правил для реализуемой нечёткой системы.
3. Выбрать алгоритм нечёткого логического вывода (Мамдани или Sugeno).

Выполнить анализ результатов работы созданной системы.

2.2.1. Правила вывода

Приблизительно функционирование регулятора можно описать набором из следующих правил:

1. If (level is okay) then (valve is no_change);
2. If (level is low) then (valve is open_fast);
3. If (level is high) then (valve is close_fast);
4. If (level is okay) and (rate is positive) then (valve is close_slow);
5. If (level is okay) and (rate is negative) then (valve is open_slow).

2.2.2. Формирование функции принадлежности

1. Командой Fuzzy запустить FIS-редактор. По умолчанию предлагается алгоритм вывода типа Мамдани. Так как в системе должно быть два входа, то через пункт меню Edit | Add input надо добавить в систему второй

вход (в окне редактора появляется второй желтый блок с именем input2). Делая далее однократный щелчок на блоке input1, изменить его имя на «level», завершая ввод нового имени нажатием клавиши Enter. Аналогичным образом установить имя «rate» блоку input2 и «valve» – выходному блоку (справа сверху) output1. Присвоить имя всей системе, например «LevelControl», выполнив это через пункт меню File | Save to Workspace. Вид окна редактора после указанных действий приведен на рис. 4.

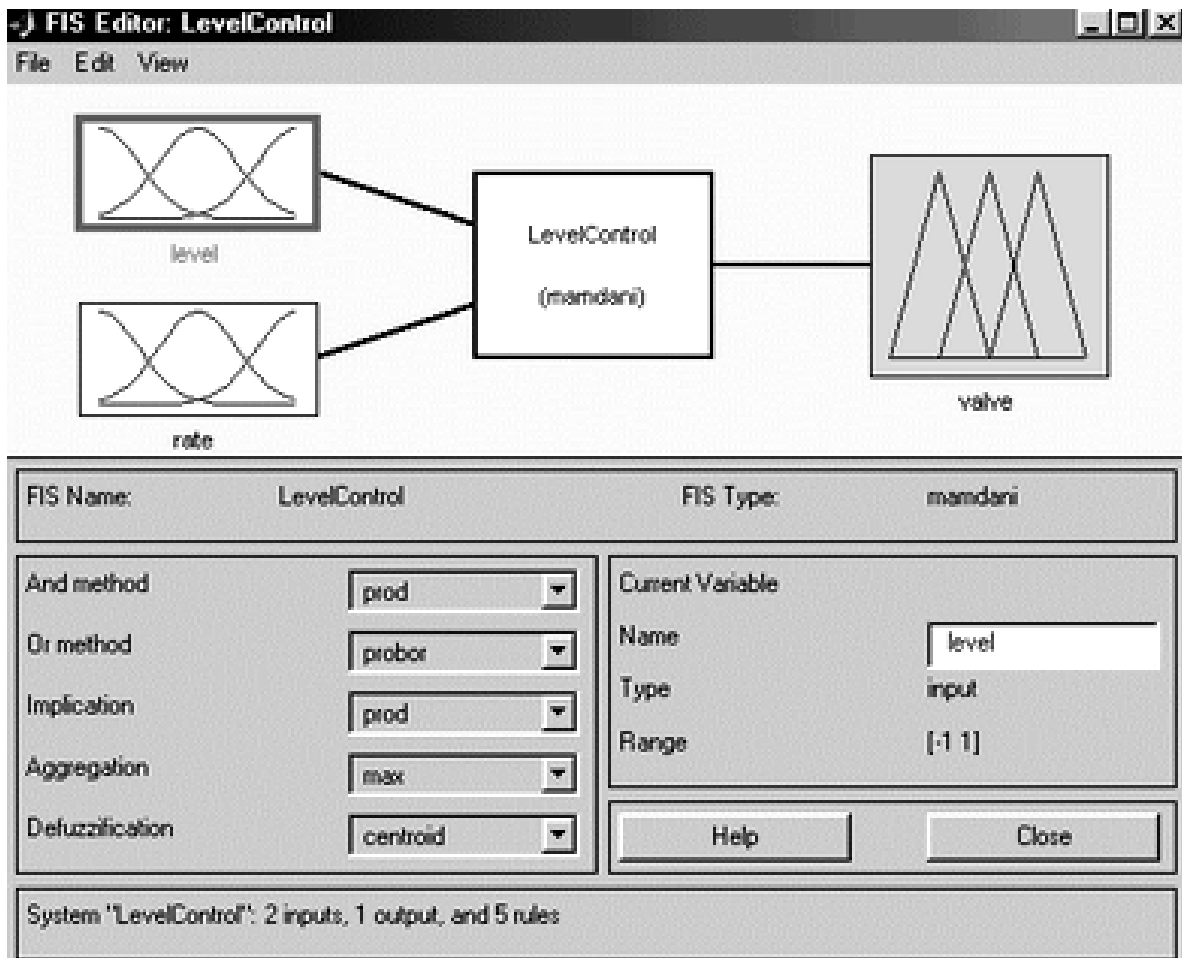


Рис. 4. Вид окна FIS-редактора после задания структуры системы

2. Для того чтобы сформировать функции принадлежности для переменных, следует выбрать пункт меню View | Edit membership functions и задать параметры системы в соответствии с табл. 1. Здесь используются следующие функции. Гауссова функция $Gaussmf$ имеет вид $y = Gaussmf(x, [c \ \sigma]) = \exp(-(x - c)^2 / (2\sigma^2))$.

Таблица 1. Параметры функций принадлежности для переменных level, rate, valve.

Название входных переменных, название и тип функции принадлежности			Название выходной переменной, название и тип функции принадлежности		
level	High	Gaussmf [0,3; -1]	valve	Close_fast	Trimf [-1; -0,9; -0,8]
	Okay	Gaussmf [0,3; 0]		Close_low	Trimf [-0,6; -0,5; -0,4]
	Low	Gaussmf [0,3; 1]		No_change	Trimf [-0,1; 0; 0,1]
rate	Negative	Gaussmf [0,03; -0.1]		Open_low	Trimf [0,2; 0,3; 0,4]
	None	Gaussmf [0,03; 0]		Open_fast	Trimf [0,8; 0,9; 1]
	Positive	Gaussmf [0,03; 0.1]			

Функция треугольной формы *Trimf* определяется следующим образом:

$$y = \text{Trimf}(x, [a \ b \ c]) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x - a)/(b - a), & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & b \leq x \leq c \\ 0 & c \leq x \end{cases}$$

3. Сформировать правила вывода, используя Rule Editor. Для этого надо ввести соответствующие правила, как показано на рис. 5.

Открыть через пункт меню View | View rules окно просмотра правил и установить значения переменных level и rate. Результат для выхода valve должен быть показан так же, как на рис. 6.

Открыть через пункт меню View | View surface окно просмотра графической вида зависимости выходной переменной от входных.

При необходимости можно выполнить экспорт и импорт результатов. При использовании пунктов меню File | Save to disk на диске создается текстовый (ASCII) файл с расширением fis. Его можно просматривать, при необходимости редактировать вне системы MATLAB, а также использовать повторно при последующих сеансах работы с системой.

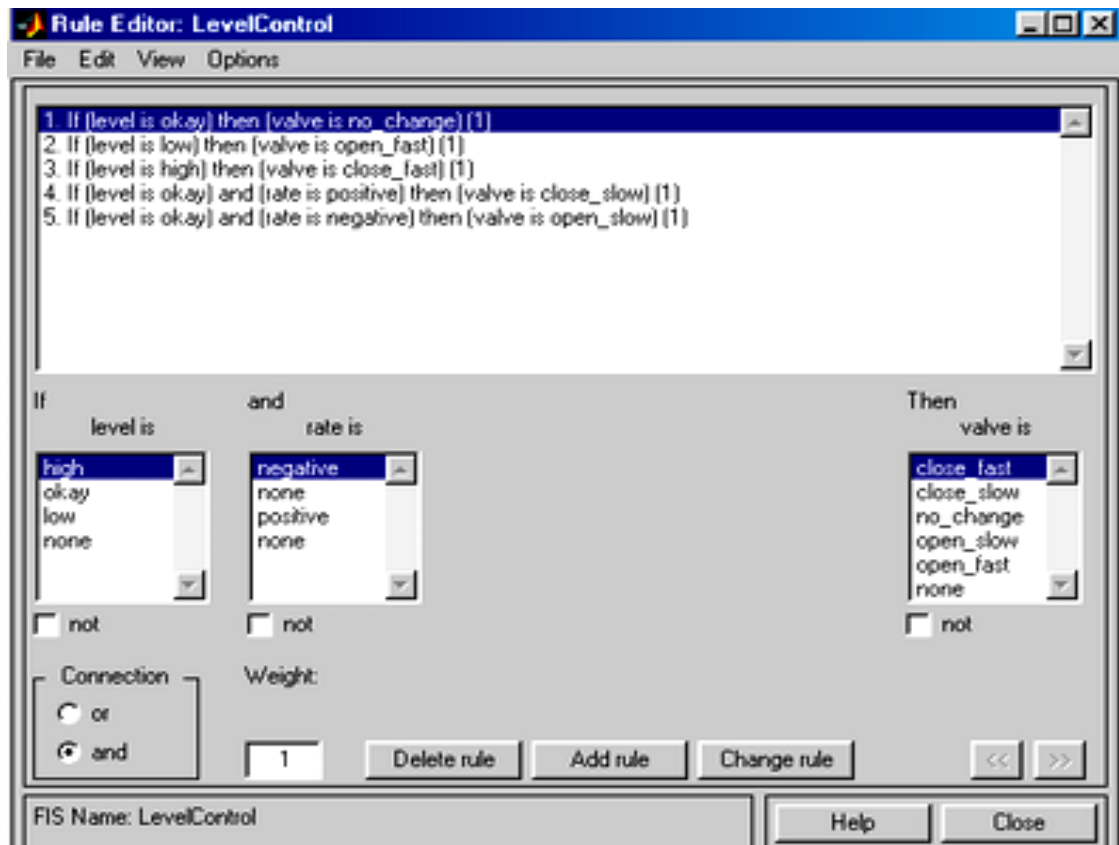


Рис. 5. Окно редактора правил

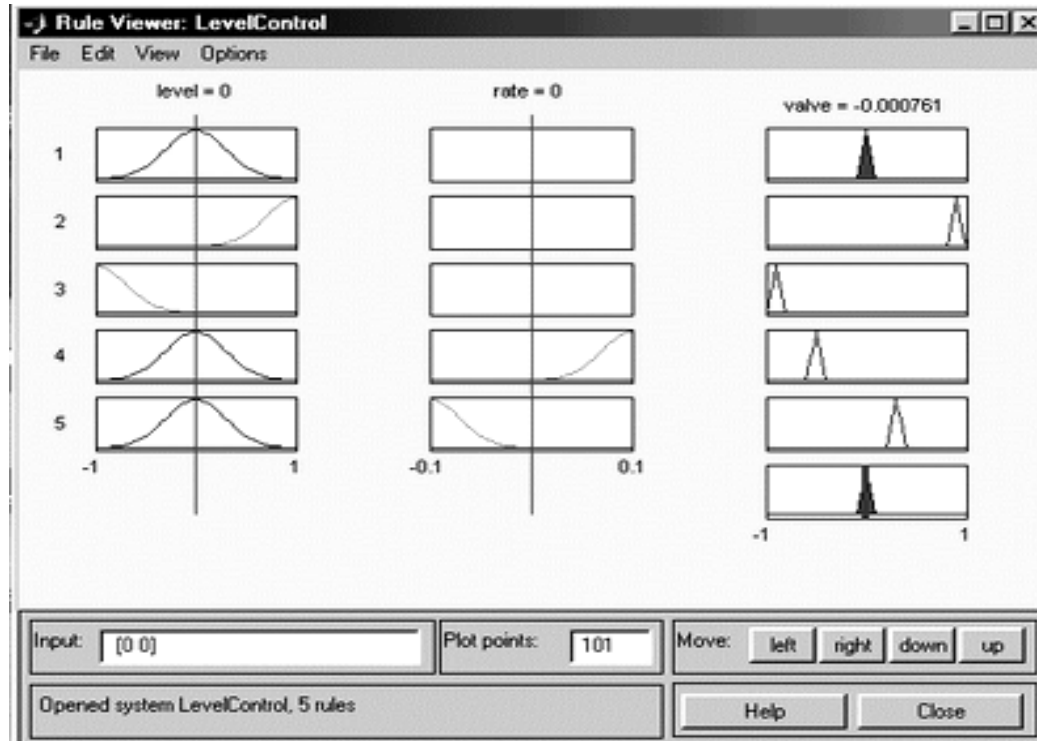


Рис. 6. Окна просмотра правил в задаче при $level=0$ и $rate=0$

2.2.3. Создание пользовательских функций принадлежности

Если ни одна из встроенных функций принадлежности не подходит для решаемой задачи, то можно определить и использовать собственную функцию. Такая функция должна быть создана как *m*-файл, возвращать значение в диапазоне от 0 до 1 и иметь число аргументов не более 16. Объявление функции (например, *custmf*) выполняется в следующей последовательности:

1. Создать файл с именем *cutmf.m*.
2. Выбрать пункт меню Edit | Add custom MF в меню редактора функций принадлежности.
3. В поле M-File function появившегося диалогового окна Add customized membership function ввести имя созданного *m*-файла (*custmf*).
4. В поле Parameter List данного окна ввести необходимые числовые параметры.
5. В поле MF name ввести какое-либо уникальное имя задаваемой функции, например, *polymf*.
6. Завершение определения функции подтверждается нажатием кнопки ОК (рис. 7). В прил. 3 приводится пример определения функции вида

$$\frac{\exp(a_0 + \dots + a_n x^n)}{1 + \exp(a_0 + \dots + a_n x^n)}$$

2.3. Варианты индивидуальных заданий

Следующие параметры являются общими для всех вариантов (табл. 2, 3):

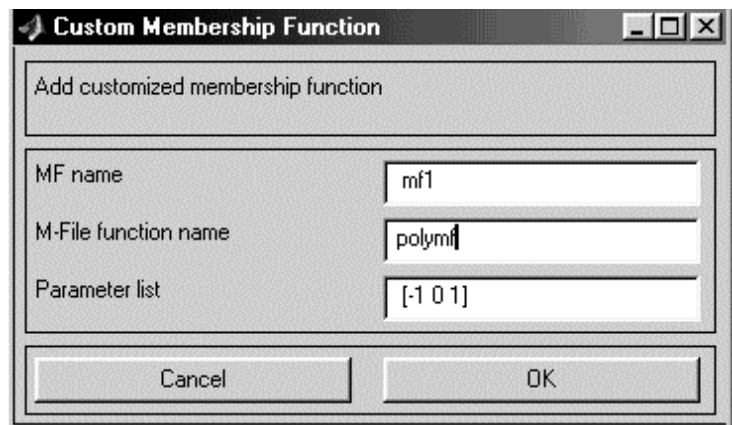


Рис. 7. Окно задания функции принадлежности пользователя

Таблица 2. Параметры функции принадлежности для переменной Valve

Название выходной переменной, название и тип функции принадлежности		
valve	Close_fast	Trimf [-1; -0,9; -0,8]
	Close_low	Trimf [-0,6; -0,5; -0,4]
	No_change	Trimf [-0,1; 0; 0,1]
	Open_low	Trimf [0,2; 0,3; 0,4]
	Open_fast	Trimf [0,8; 0,9; 1]

Таблица 3. Параметры функции принадлежности для переменной rate

Название входной переменной, название и тип функции принадлежности		
rate	Negative	Gaussmf [0,03;-0,1]
	None	Gaussmf [0,03; 0]
	Positive	Gaussmf [0,03; 0,1]

Индивидуальные варианты заданий для функций принадлежности переменной level приводятся в табл. 4. В ней используются следующие обозначения:

$$polymf(x, A) = \frac{\exp(a_0 + \dots a_n x^n)}{1 + \exp(a_0 + \dots a_n x^n)} ; A = [a_0, a_1, \dots a_n].$$

Таблица 4. Параметры функции принадлежности для переменной level

№	High $polymf(x, A)$	Okay $polymf(x, A)$	Low $polymf(x, A)$
1	[-3,5354; -2,9258; 4,2969]	[1,6014; -1,7293; -9,0273]	[-2,908; 2,732; 3,236]
2	[-2,591; -2,978; 3,049]	[2,284; 0,6978; -8,499]	[-3,7824; 3,8386; 4,2227]
3	[-3,2522; -3,3985; 3,8291]	[2,104; 0,09667; -9,36]	[-3,2384; 1,9776; 3,8233]
4	[-4,149; -2,777; 5,56]	[1,638; 0,40058; -8,7892]	[-2,5549; 2,6827; 2,4026]
5	[-3,553; -3,939; 5,266]	[1,4043; -0,28118; -6,3737]	[-3,3232; 3,4241; 2,8337]
6	[-2,9716; -2,8383; 2,7813]	[1,736; -0,2314; -6,048]	[-2,696; 3,001; 2,979]
7	[-2,241; -2,435; 2,177]	[2,094; 0,2477; -9,948]	[-1,733; 2,522; 2,305]
8	[-3,9789; -2,8215; 4,4733]	[1,941; -0,1892; -8,253]	[-2,441; 2,131; 2,354]
9	[-2,5013; -2,9579; 2,2716]	[1,968; 1,24; -10,85]	[-2,441; 2,131; 2,354]
10	[-2,526; -2,787; 2,974]	[2,444; 0,9028; -15,06]	[-3,326; 3,185; 4,017]
11	[-3,6911; -3,0168; 3,8167]	[1,038; 0,8638; -8,122]	[-2,742; 2,483; 3,418]
12	[-2,9507; -3,1674; 3,316]	[1,706; -1,023; -6,489]	[-2,7694; 2,392; 2,5585]
13	[-3,1224; -3,4872; 3,9772]	[0,9415; -0,3953; -5,637]	[-3,1134; 2,372; 3,4613]
14	[-3,662; -3,621; 5,183]	[1,869; -0,2911; -8,634]	[-2,95; 3,132; 3,24]
15	[-3,1136; -2,6594; 2,983]	[2,038; -2,138; -11,24]	[-3,407; 2,763; 3,83]

2.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Формулировка задания.
3. Порядок выполнения работы.
4. Создание пользовательских функций принадлежности.
5. Выводы по работе.

3. Лабораторная работа № 2

АППРОКСИМАЦИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ

3.1. Цель работы

Изучить способы аппроксимации функции плотности вероятности по данным наблюдений.

3.2. Порядок выполнения работы

1. Сгенерировать выборку случайных чисел.
2. Сформировать локальные оценки логарифма плотности вероятности по полученной выборке значений случайной величины.
3. По новой выборке локальных оценок логарифма плотности выполнить аппроксимацию функции плотности.

3.2.1. Генерация выборки

Генерацию выборки объема n можно реализовать с помощью функции $X = \text{GenRandom}(n, A, a, \text{lampda}, g)$ (прил. 2). В этой функции генерируется композиция выборок с одинаковыми типами распределений с плотностями:

$$N(a, \lambda) = \frac{\exp(-0,5 \cdot z^2)}{\sqrt{2\pi\lambda^2}}; \quad E(a, \lambda) = \frac{1}{\lambda} \exp(-z);$$
$$L(a, \lambda) = \frac{\exp(-z)}{\lambda [1 + \exp(-z)]^2}; \quad G(a, \lambda, n/2) = \frac{z^{n/2}}{(x-a)} \exp(-z),$$

где $z = \frac{x-a}{\lambda}$.

Значения модельной функции плотности вероятности можно получить с помощью функции $F = \text{Truepdf}(xv, A, a, \text{lampda}, g)$.

3.2.2. Формирование локальных оценок логарифма плотности вероятности

Пусть $x_1 < \dots < x_n$ — упорядоченная выборка, генерируемая в соответствии с непрерывной плотностью f . Рассмотрим площадь S_i под кри-

вой $f(x)$ между точками x_i и x_{i+1} , $i=1, \dots, n-1$ (рис. 8). Доказано, что S_i не зависит от f и имеет бета-распределение с плотностью

$$g_1(s) = n(1-s)^{n-1}, \quad 0 < s < 1.$$

В соответствии с теоремой о среднем интегрального исчисления, на интервале (x_i, x_{i+1}) существует такая точка z_i , что

$$S_i = \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x) dx = (x_{i+1} - x_i) f(z_i).$$

Следовательно,

$$\frac{1}{(x_{i+1} - x_i)} = \frac{1}{S_i} f(z_i). \quad (1)$$

Возьмем логарифм от обеих частей уравнения (1) и добавим константу $M(\ln S_i)$. Тем самым мультипликативная модель преобразуется в аддитивную:

$$\ln \left[\frac{\exp\{M(\ln S_i)\}}{x_{i+1} - x_i} \right] = \ln f(z_i) + \{M(\ln S_i) - \ln S_i\} \quad (2)$$

запишем (2) в виде

$$\ln f_i^v = \ln f(z_i) + \xi_i, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (3)$$

где $M(\ln S_i) = \psi(1) - \psi(n+1)$, $\xi_i = M(\ln S_i) - \ln S_i$

$\psi(n+1) = \sum_{k=1}^n 1/k + C$ – пси-функция Эйлера и Эйлера константа $C = 0,57722$. Если объем выборки n достаточно большой, то функция $f(x)$ изменяется почти линейно на произвольном интервале (x_i, x_{i+1}) . Следовательно, вместо точки z_i , в которой строго выполняется (1), можно использовать, с допустимой точностью, середину x_i^v этого интервала

$$x_i^v = (x_i + x_{i+1})/2. \quad (4)$$

Вычисление оценок $\ln f_i^v$ рассматривается как формирование локальных оценок логарифма плотности в точках x_i^v , которые составляют выборку

$$R = \{x_i^v, \ln f_i^v\}_{i=1}^{n_r}, \quad n_r = n - 1. \quad (5)$$

Пусть $y_i = \ln f_i^y$ и $\varphi(x) = \ln f(x)$, модель (3) для локальных оценок имеет вид

$$y_i = \varphi(z_i) + \xi_i, \quad i = \overline{1, n_r}, \quad (6)$$

где $M(\xi_i) = 0$ и $M(\xi_i^2) = \sigma^2 = \sum_{k=1}^n 1/k^2$.

3.2.3. Аппроксимация логарифма плотности
Аппроксимирующая функция выбирается из класса алгебраических полиномов

$$\varphi_{\ln}^*(x) = \sum_{k=0}^m a_k x^k, \quad \text{где}$$

коэффициенты $\{a_k\}, k = \overline{0, m}$, определяются методом наименьших квадратов. Из возможных полиномов с $m = \overline{0, n_r}$ выбирается тот, который обеспечивает минимум критерия Маллоуса

$$C_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \varphi^*(x_i))^2 - \left(1 - \frac{2k}{n}\right) \sigma^2.$$

Для получения аппроксимации самой плотности необходимо выполнить экспоненциальное преобразование функции $\varphi_{\ln}^*(x)$. Аппроксимация функции плотности вероятности выполняется функцией `approx(x,criteria)`, приведенной в прил. 2.

3.3. Иллюстративный пример

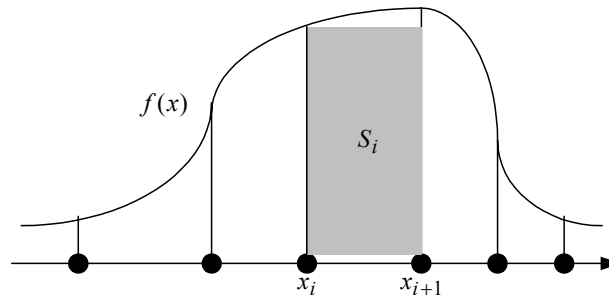
В машинном эксперименте генерировалась выборка объемом $n = 200$ с модельной функцией плотности

$$f(x) = 0,5 * N(1, 1) + 0,5 * N(3, 1/2).$$

На рис. 9 изображены локальные оценки логарифма плотности. На рис. 10 показаны результаты аппроксимации f_1 по полученным локальным оценкам. Вычисления выполнялись программой `Approxpdf(n,A,a,lampda,g)`, приведенной в прил. 2. В этой программе параметры функций задаются в соответствии с табл. 5.

Таблица 5. Параметры функций f

n	A	a	$lampda$	g
200	[0,5; 0,5]	[1; 3]	[1; 0,5]	'N'



3.4. Варианты индивидуальных заданий

1. $f_1 = N(0, 1)$
2. $f_2 = 1/2N(5, 1) + 1/2N(11, 2)$
3. $f_3 = 3/4N(0, 1) + 1/4N(3/2, 1/3)$
4. $f_4 = 1/2N(0, 1/4) + 1/4N(3/2, 3/5) + 1/4N(-3/2, 3/5)$
5. $f_5 = 2/3N(0, 1) + 1/3N(0, 1/10)$
6. $f_6 = E(0, 1/2)$
7. $f_7 = G(0, 1, 2)$
8. $f_8 = G(0, 1, 10)$
9. $f_9 = L(0, 1)$
10. $f_{10} = 1/3N(1, 1/5) + 2/3N(2, 1/5)$
11. $f_{11} = 1/2N(4, 1) + 1/2N(10, 2)$
12. $f_{12} = E(1, 1)$
13. $f_{13} = E(0, 3)$
14. $f_{14} = G(0, 1, 20)$
15. $f_{15} = N(1, 2)$
16. $f_{16} = E(2, 10)$
17. $f_{17} = 2/5N(1, 1/5) + 3/5N(2, 1/5)$
18. $f_{18} = E(2, 2)$
19. $f_{19} = L(1/2, 1/10)$
20. $f_{20} = 1/2L(0, 0.1) + 1/2L(1, 1/10)$
21. $f_{21} = 3/5N(4, 1/2) + 2/5N(6, 1/2)$
22. $f_{22} = N(5, 2)$
23. $f_{23} = E(1, 10)$
24. $f_{24} = 1/5N(2, 3/10) + 1/2N(3, 3/10) + 3/10N(4, 3/10)$

Соответствующие графики модельных функций показаны на рис. 11, 12 и 13.

3.5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Формулировка задания.
3. Графики модельной и аппроксимирующей функций в соответствии с индивидуальным заданием.
4. Выводы по работе.

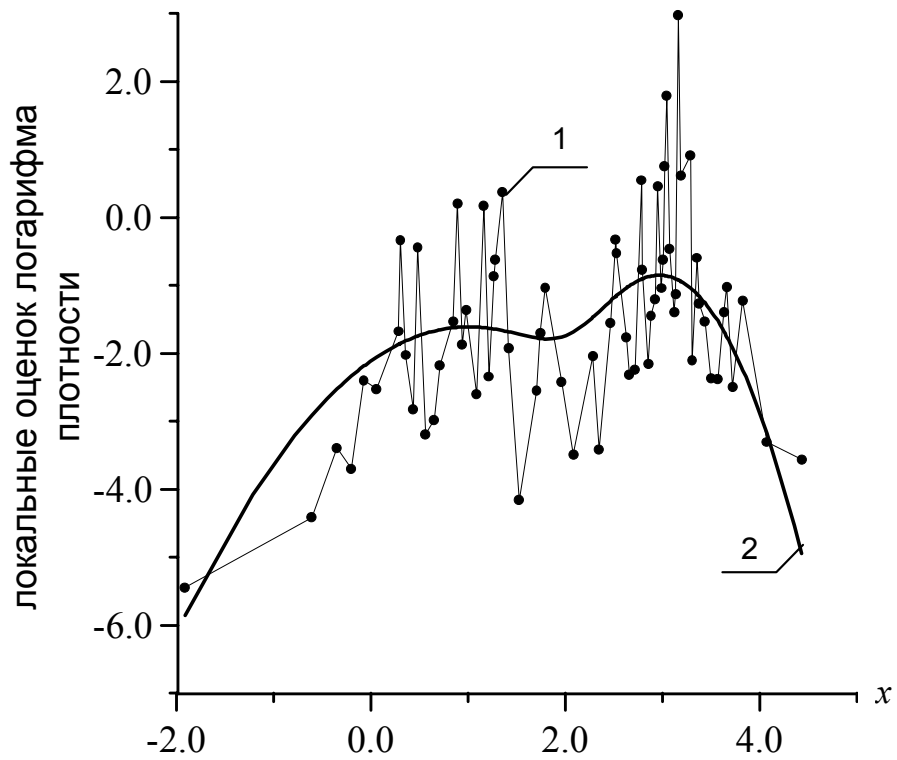


Рис. 9. Формирование локальных оценок логарифма плотности: 1 – локальные оценки; 2 – логарифм истинной функции плотности f_1

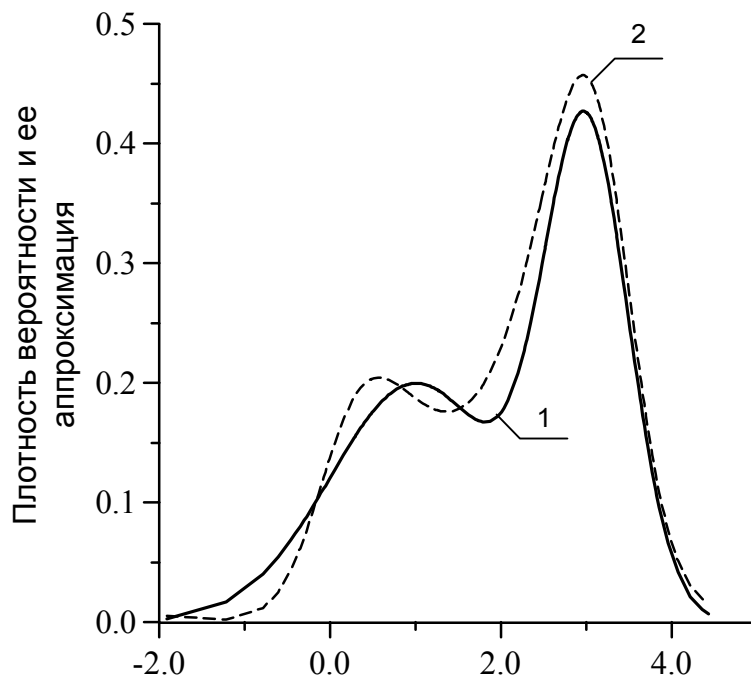


Рис. 10. Результаты аппроксимации : 1 – истинная функция плотности f_1 ; 2 – аппроксимирующая функция

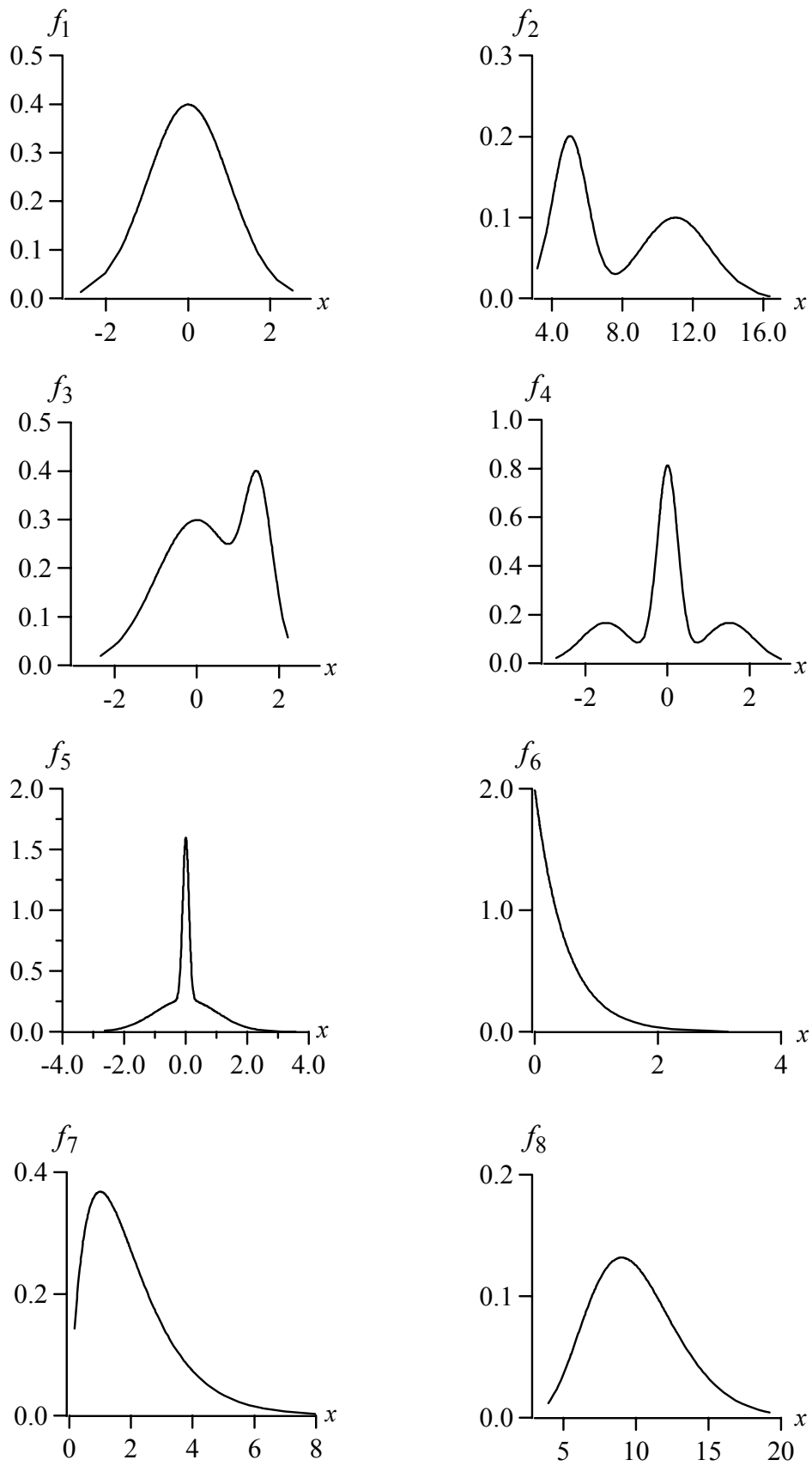


Рис. 11. Модельные функции плотности $f_1 \cdots f_8$
для машинного эксперимента

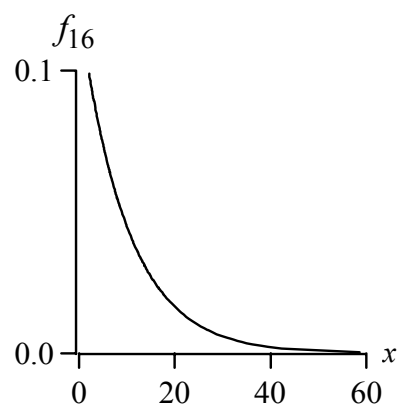
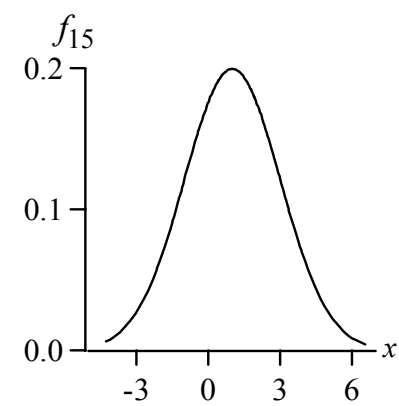
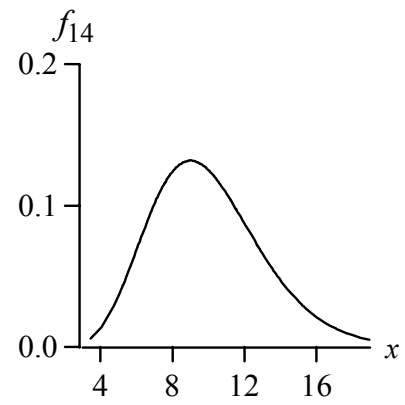
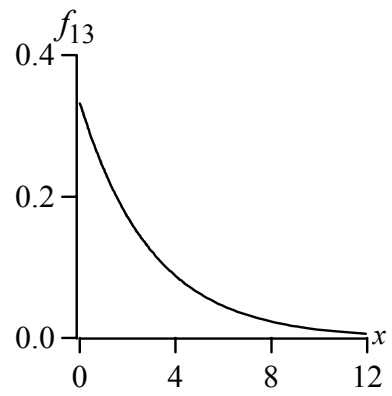
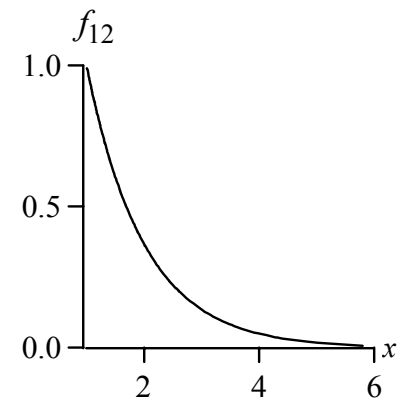
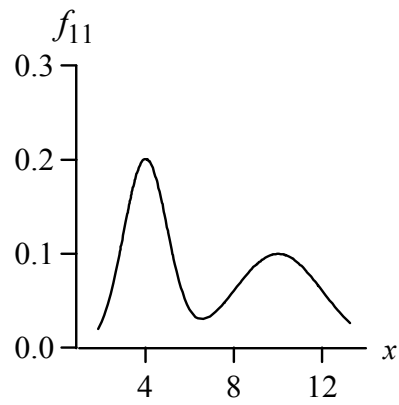
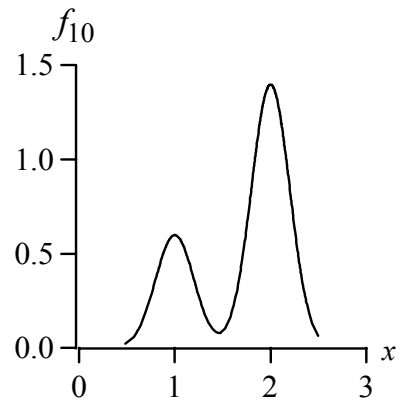
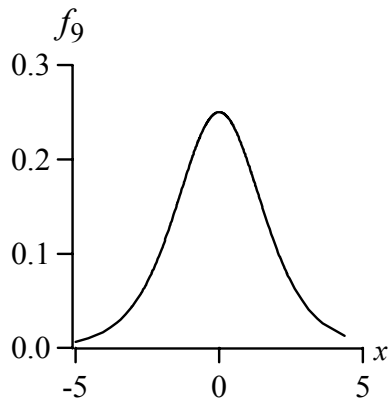


Рис. 12. Модельные функции плотности $f_9 \cdots f_{16}$
для машинного эксперимента

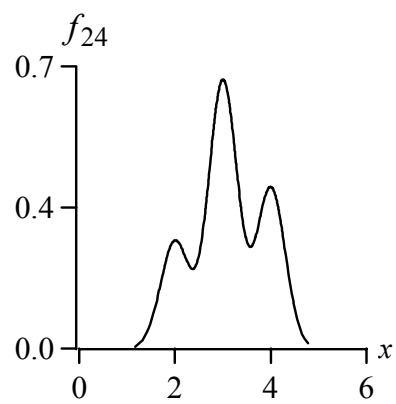
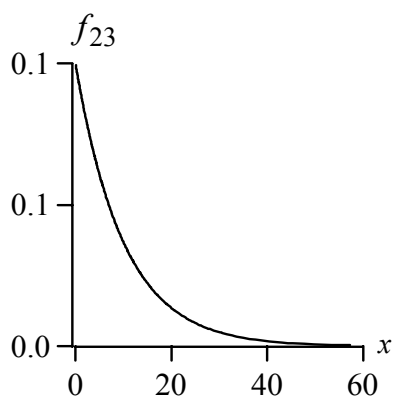
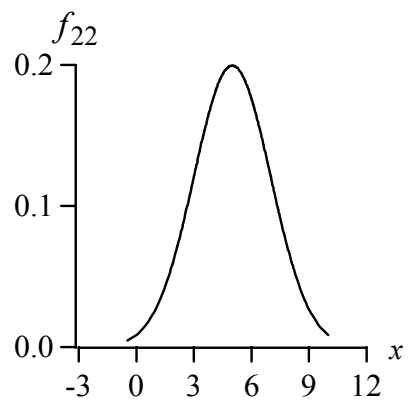
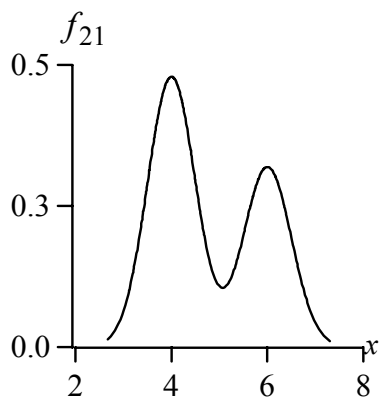
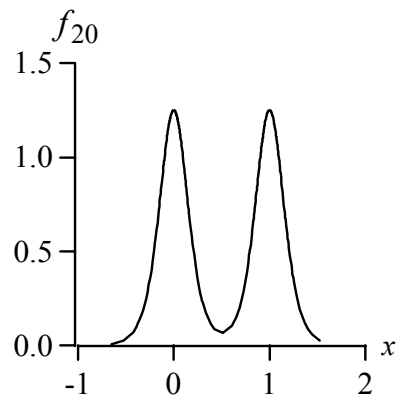
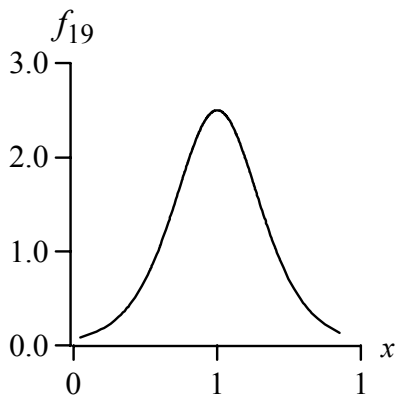
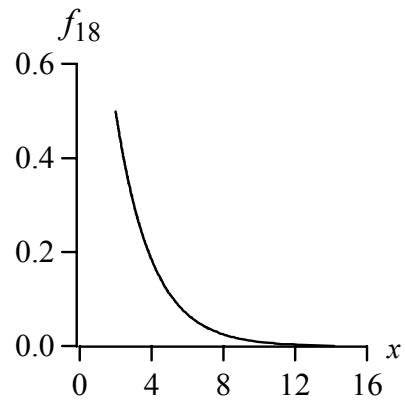
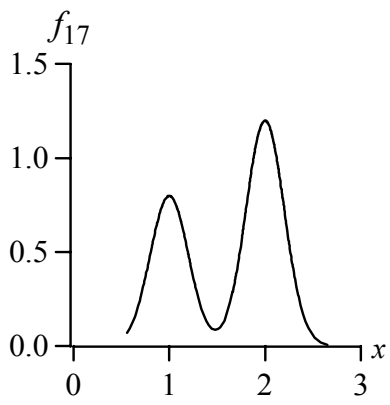


Рис. 13. Модельные функции плотности $f_{17} \cdots f_{24}$
для машинного эксперимента

4. Лабораторная работа № 3 ОЦЕНИВАНИЕ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИЗ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

4.1. Цель работы

Изучить методы аппроксимации функции принадлежности по данным наблюдений.

4.2. Теоретические положения

Пусть в эксперименте реализуется выборка $Q = \{x_1, \dots, x_n\}$ значений случайной непрерывной величины X с неизвестной плотностью вероятности $f(x)$. Тогда Q разделяется на две выборки: $Q_S = \{x_1^S, \dots, x_{n_S}^S\}$ значений x_i , для которых $S = 1$, и выборку $Q_{\bar{S}} = \{x_1^{\bar{S}}, \dots, x_{n_{\bar{S}}}^{\bar{S}}\}$ значений x_i , для которых $S = 0$. В этом случае имеем задачу, в которой по выборкам Q_S и $Q_{\bar{S}}$ требуется оценивать параметры функции принадлежности $\mu_S(x)$.

$$\mu_S(x) \approx P(S = 1 | x) = \frac{f(x | S = 1)}{f(x)} P(S = 1).$$

Рассмотрим апостериорную плотность $f(x | S = 1)$ для тех значений признака, для которых $S = 1$, т.е. плотность вероятности, которой соответствуют элементы выборки Q_S . Аналогично, $f(x | S = 0)$ – плотность вероятности распределения элементов выборки $Q_{\bar{S}}$. Плотности $f(x | S = 1)$ и $f(x | S = 0)$ неизвестны, предполагаем лишь, что они непрерывны по x . По теореме Байеса имеем

$$P(S = 1 | x) = \frac{f(x | S = 1)}{f(x)} P(S = 1); \quad P(S = 0 | x) = \frac{f(x | S = 0)}{f(x)} P(S = 0).$$

Тогда получаем логит условной вероятности $P(S = 1 | x)$ в виде

$$\pi(x) = \text{logit}(\mu_S(x)) = \ln \frac{P(S = 1 | x)}{P(S = 0 | x)} = \ln \frac{f(x | S = 1)}{f(x | S = 0)} + \ln \frac{P(S = 1)}{P(S = 0)}.$$

В общем виде алгоритм аппроксимации функции принадлежности состоит из следующих шагов:

1. Сформировать локальные оценки логита условной вероятности по локальным оценкам логарифма плотности величины S и величины \bar{S} .
2. Построить по новой выборке аппроксимирующую функцию $\pi^*(x)$.

3. Обратное преобразование дает аппроксимирующую функцию принадлежности в виде

$$\mu_x^*(S) = P^*(S = 1 | x) = \frac{\exp(\pi^*(x))}{1 + \exp(\pi^*(x))}$$

4.2.1. Формирование локальных оценок логита условной вероятности

Формирование локальных оценок логита условной вероятности выполняется функцией $\text{mergeuv}(u,v)$, приведенной в прил. 3.

4.2.2. Аппроксимация логита условной вероятности

Аппроксимирующая функция выбирается из класса алгебраических полиномов $\pi_{\ln}^*(x) = \sum_{k=0}^m a_k x^k$, где коэффициенты $\{a_k\}, k = \overline{0, m}$ определяются методом наименьших квадратов. Из возможных полиномов с $m = \overline{0, n_r}$ выбирается тот, который обеспечивает минимум критерия Маллоуса. Оценивание параметров функции принадлежности выполняется функцией $\text{Malloca}(xf, lfv, sd2)$, приведенной в прил. 2.

4.2.3. Результаты машинного эксперимента

Результаты аппроксимации функции принадлежности для переменной $level$ «high, okay, low» показаны на рис. 14, 15 и 16. Результаты аппроксимации «negative, none, positive» для переменной $rate$ показаны на рис. 17, 18 и 19.

4.3. Порядок выполнения работы

1. Найти локальные оценки логита условной вероятности с помощью функции $[xf, lfv, sd2] = \text{mergeuv}(u, v)$ (см. приложение 3).

2. Найти аппроксимирующий полином оптимальной степени и вектор его параметров при помощи функции $[\text{degree}, \text{fest}, \text{LF}, a] = \text{Malloca}(xf, lfv, sd2)$ (прил. 2).

3. Командой Fuzzy запустить FIS-редактор.

4. Указать параметры функции принадлежности, как показано на рис. 20.

5. Открыть через пункт меню View | View rules окно просмотра правил и задать значения переменных: $level$ и $rate$. Анализировать результат для переменной $valve$, полученный путем дефаззификации.

6. Открыть через пункт меню View | View surface окно просмотра графического вида зависимости выходной переменной от входных, как показано на рис. 21. Анализировать результат.

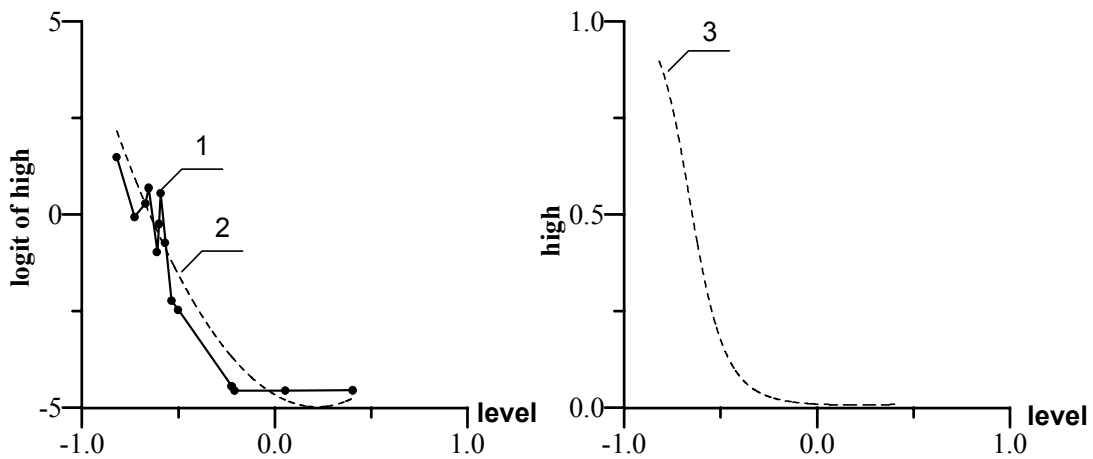


Рис. 14. Формирование локальных оценок логита функции принадлежности и результаты аппроксимации: 1 – локальные оценки; 2 – логарифм аппроксимирующей функции; 3 – истинная функция

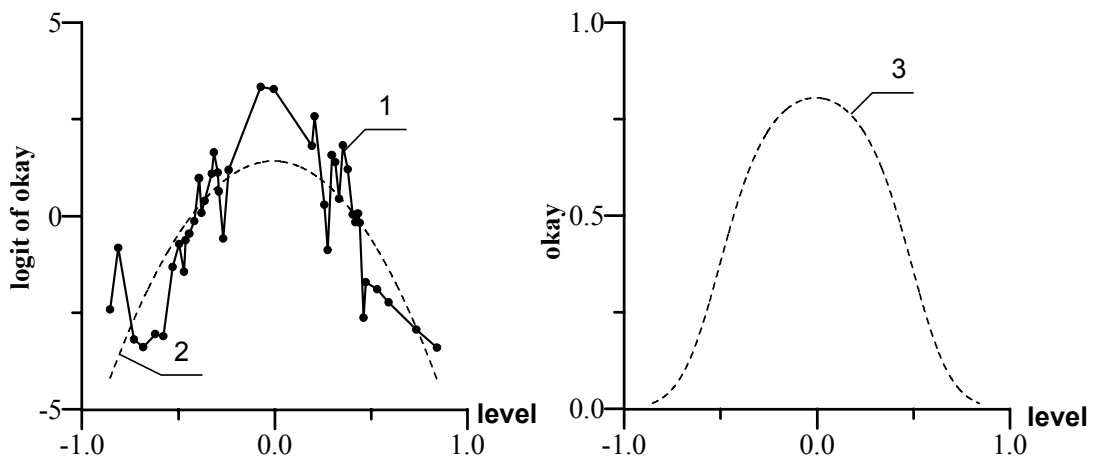


Рис. 15. Формирование локальных оценок логита функции принадлежности и результаты аппроксимации: 1 – локальные оценки; 2 – логарифм аппроксимирующей функции; 3 – истинная функция

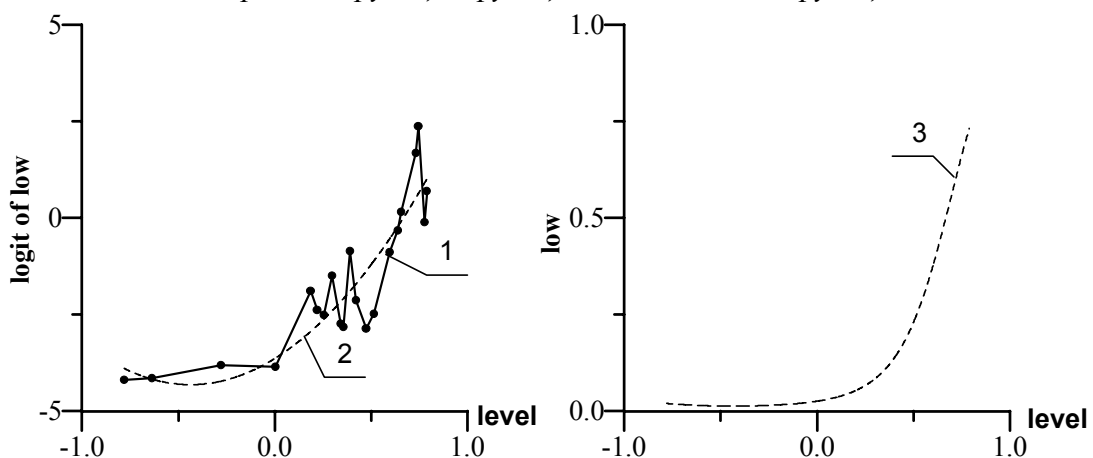


Рис. 16. Формирование локальных оценок логита функции принадлежности и результаты аппроксимации: 1 – локальные оценки; 2 – логарифм аппроксимирующей функции; 3 – истинная функция

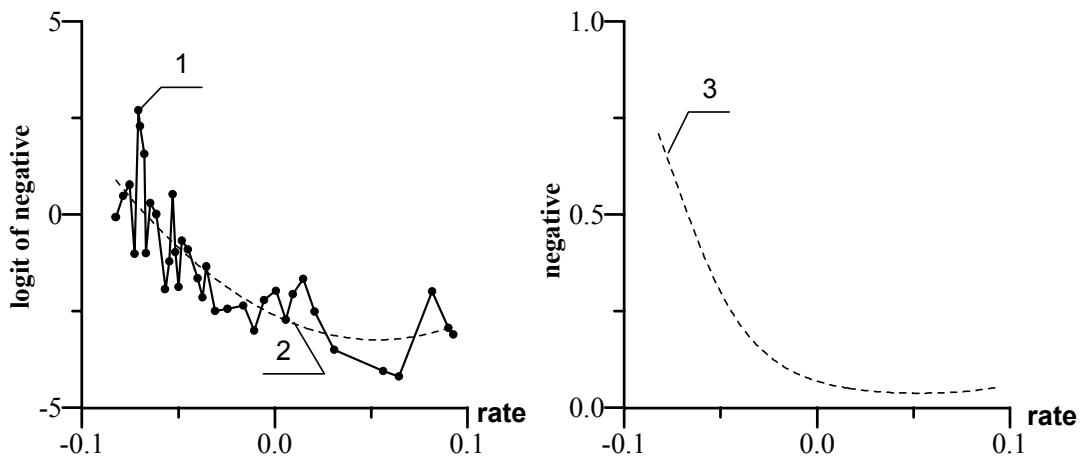


Рис. 17. Формирование локальных оценок логита функции принадлежности и результаты аппроксимации: 1 – локальные оценки; 2 – логарифм аппроксимирующей функции; 3 – истинная функция

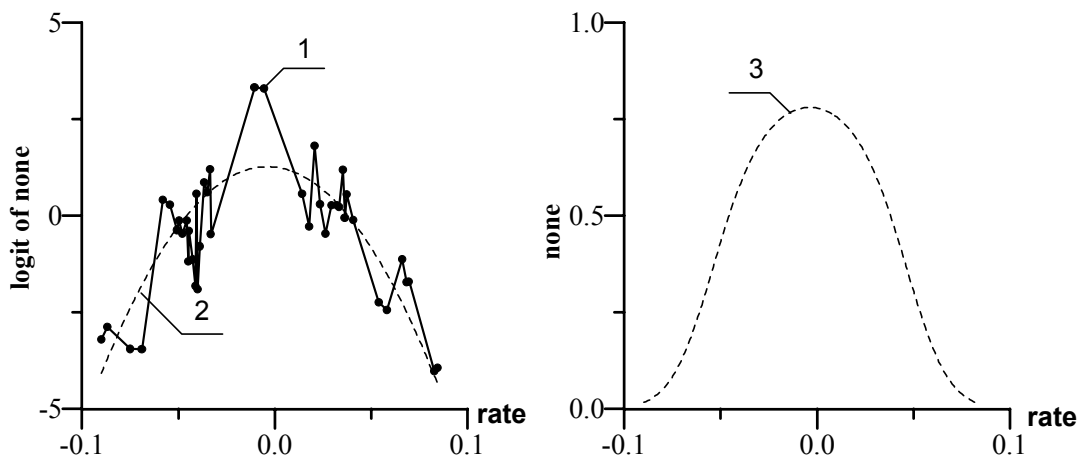


Рис. 18. Формирование локальных оценок логита функции принадлежности и результаты аппроксимации: 1 – локальные оценки; 2 – логарифм аппроксимирующей функции; 3 – истинная функция

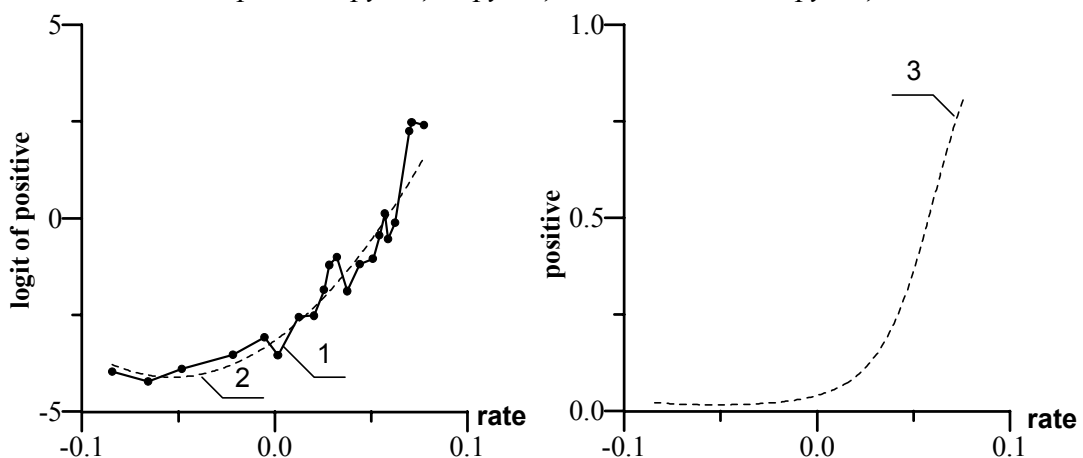


Рис. 19. Формирование локальных оценок логита функции принадлежности и результаты аппроксимации: 1 – локальные оценки; 2 – логарифм аппроксимирующей функции; 3 – истинная функция

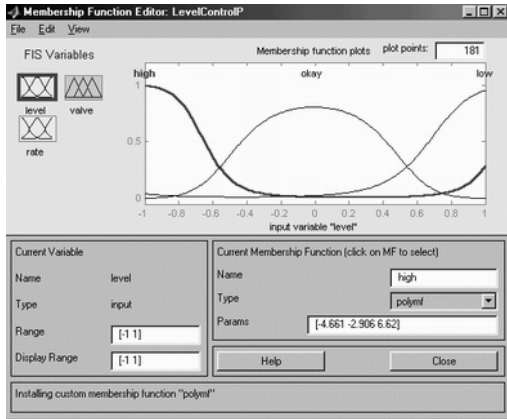


Рис. 20. Окно редактора функций принадлежности

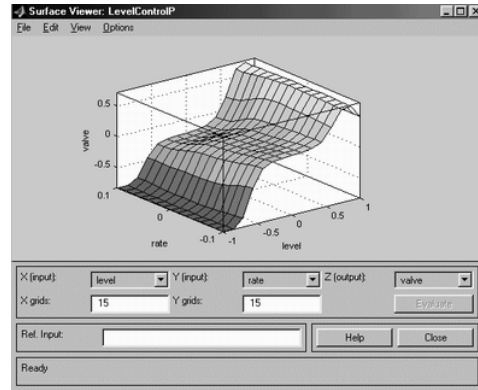


Рис. 21. Графический вид зависимости выходной переменной от входных

4.4. Варианты индивидуальных заданий

В табл. 6 и 7 приведены параметры функций принадлежности, которые являются общими для всех вариантов.

Таблица 6. Параметры функции принадлежности для переменной valve

Название выходной переменной, название и тип функции принадлежности		
valve	Close_fast	Trimf [-1; -0,9; -0,8]
	Close_low	Trimf [-0,6; -0,5; -0,4]
	No_change	Trimf [-0,1; 0; 0,1]
	Open_low	Trimf [0,2; 0,3; 0,4]
	Open_fast	Trimf [0,8; 0,9; 1]

Таблица 7. Параметры функции принадлежности для переменной rate

Название входной переменной, название и тип функции принадлежности		
rate	Negative	Gaussmf [0,03;-0,1]
	None	Gaussmf [0,03; 0]
	Positive	Gaussmf [0,03; 0,1]

Для построения функции принадлежности для переменной level следует использовать индивидуальные варианты задания из прил. 1.

4.5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Формулировка задания.
3. Результаты аппроксимации функции принадлежности.
4. Графическое представление зависимости выходной переменной от входных переменных.
5. Выводы по работе.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты заданий к лабораторной работе № 3

Вариант 1

High	-0,5177	0,2780	Okay	0,2422	-0,3214	Low	-0,9446	-0,0532
	-0,4756	0,2810		0,2804	-0,0868		-0,9415	0,0244
-0,9959	-0,4294	0,2824	-0,8576	0,3202	-0,0602	-0,9890	-0,9210	0,0469
-0,9742	-0,3825	0,3172	-0,8363	0,3285	0,2802	-0,4883	-0,8946	0,0665
-0,9741	-0,3546	0,3316	-0,7155	0,3885	0,3247	-0,3543	-0,8944	0,0737
-0,9676	-0,3378	0,3380	-0,5718	0,5845	0,3343	0,0021	-0,8872	0,1330
-0,9550	-0,3338	0,3627	-0,5473	0,7940	0,3535	0,1173	-0,8633	0,1576
-0,9352	-0,3298	0,3703	-0,5128		0,3588	0,1421	-0,8617	0,1802
-0,8946	-0,2832	0,3956	-0,4588	Not	0,3944	0,1915	-0,8576	0,2047
-0,8614	-0,2631	0,4516	-0,4523	Okay	0,4000	0,3275	-0,8508	0,2063
-0,8348	-0,2404	0,4679	-0,3916		0,4479	0,3659	-0,8506	0,2439
-0,7931	-0,2313	0,4680	-0,3438	-0,9828	0,4532	0,6114	-0,8015	0,2475
-0,7306	-0,2026	0,5442	-0,3048	-0,9427	0,4545	0,6211	-0,7950	0,2583
-0,7283	-0,2004	0,5804	-0,2831	-0,9224	0,4762	0,6269	-0,7743	0,2833
-0,7014	-0,1850	0,5837	-0,2806	-0,9187	0,5145	0,6647	-0,7411	0,2878
-0,7001	-0,1845	0,6069	-0,2732	-0,9057	0,5200	0,6704	-0,7362	0,3513
-0,6853	-0,1782	0,6414	-0,1712	-0,8488	0,5799	0,6938	-0,7312	0,3726
-0,6815	-0,1253	0,6661	-0,1666	-0,8442	0,5845	0,7025	-0,7163	0,3756
-0,6629	-0,1168	0,6705	-0,1663	-0,8124	0,6159	0,7097	-0,5643	0,3842
-0,5735	-0,1093	0,6737	-0,1610	-0,7937	0,7341	0,7099	-0,5261	0,3859
-0,5403	-0,0577	0,7059	-0,1518	-0,7538	0,7346	0,7583	-0,5258	0,4197
-0,4915	-0,0406	0,7273	-0,1364	-0,7295	0,7468	0,7833	-0,4988	0,4356
-0,4479	-0,0339	0,7320	-0,1234	-0,6755	0,7669	0,7836	-0,4834	0,4382
-0,3779	0,0110	0,7373	-0,0386	-0,6587	0,7952	0,7968	-0,4505	0,4408
0,3238	0,0272	0,7507	-0,0282	-0,6319	0,8038	0,8123	-0,4294	0,4441
0,7933	0,0495	0,7614	-0,0238	-0,6241	0,8599	0,8777	-0,4278	0,4473
	0,0650	0,7784	0,0013	-0,6010	0,8720	0,8809	-0,3546	0,4676
Not high	0,0730	0,7904	0,0032	-0,5952	0,9012	0,9081	-0,3474	0,4757
	0,1216	0,8836	0,0047	-0,5491	0,9094	0,9439	-0,3173	0,5628
-0,7670	0,1352	0,8848	0,0083	-0,5342	0,9410	0,9799	-0,2794	0,6699
-0,6948	0,1390	0,9562	0,0513	-0,5303	0,9519		-0,2701	0,6834
-0,6614	0,1887	0,9610	0,0799	-0,5177	0,9555	Not Low	-0,2585	0,7000
-0,6480	0,2162		0,0914	-0,4961	0,9901		-0,2363	0,8900
-0,6393	0,2318		0,1107	-0,4834	0,9961	-0,9974	-0,1923	
-0,6163	0,2333		0,1338	-0,4286		-0,9520	-0,1911	
-0,6140	0,2528		0,1531	-0,3516		-0,9520	-0,1066	

Вариант 2

High	-0,6006	0,3388	Okay	0,3281	-0,4281	Low	-0,9058	-0,1149
	-0,5775	0,3418		0,3322	-0,4277		-0,8890	-0,0757
-0,9580	-0,5239	0,3871	-0,9715	0,3455	-0,3614	-0,4114	-0,8859	-0,0684
-0,9496	-0,5089	0,4157	-0,9010	0,4037	-0,2674	0,2735	-0,8774	-0,0602
-0,9376	-0,4880	0,4511	-0,6003	0,4074	-0,0979	0,4822	-0,8318	-0,0057
-0,9218	-0,4616	0,4697	-0,4976	0,4267	0,1958	0,5013	-0,7776	-0,0041
-0,9139	-0,4276	0,4795	-0,4764	0,4481	0,4169	0,6016	-0,7640	0,0074
-0,8990	-0,4190	0,4883	-0,4367	0,8658	0,4362	0,6057	-0,6965	0,0289

-0,8659	-0,3647	0,5568	-0,4224	0,8816	0,4440	0,6229	-0,6650	0,0369
-0,8569	-0,3607	0,5683	-0,4190		0,5107	0,6528	-0,6575	0,0563
-0,8298	-0,3187	0,5729	-0,3949	Not	0,5190	0,6836	-0,6327	0,0635
-0,8136	-0,2662	0,5905	-0,3876	Okay	0,5331	0,6902	-0,6153	0,1355
-0,7783	-0,1848	0,6349	-0,2886		0,5398	0,7340	-0,6050	0,1579
-0,7536	-0,1838	0,6598	-0,2556	-0,9707	0,5677	0,7363	-0,5995	0,1664
-0,7142	-0,1810	0,6609	-0,2502	-0,9067	0,6090	0,7661	-0,5795	0,1844
-0,6535	-0,1791	0,6660	-0,2499	-0,9019	0,6324	0,7871	-0,5191	0,1972
-0,6509	-0,1776	0,6745	-0,2122	-0,8737	0,6468	0,8341	-0,5136	0,2001
-0,6499	-0,1453	0,7088	-0,2117	-0,8694	0,6577	0,8721	-0,4710	0,2085
-0,6487	-0,1445	0,7114	-0,1134	-0,8526	0,6954	0,8817	-0,4594	0,2272
-0,6054	-0,1350	0,7119	-0,1130	-0,8379	0,7022	0,9072	-0,4549	0,2498
-0,6002	-0,0978	0,7265	-0,1094	-0,8245	0,7037	0,9075	-0,4377	0,3243
-0,5711	-0,0686	0,7466	-0,1007	-0,8092	0,7356	0,9233	-0,4126	0,3924
-0,5332	-0,0590	0,7505	-0,0898	-0,7968	0,7777	0,9331	-0,4008	0,4054
-0,5311	-0,0458	0,7534	-0,0784	-0,7757	0,7896	0,9580	-0,3833	0,4247
-0,5296	-0,0105	0,8214	-0,0665	-0,7659	0,8056	0,9694	-0,3581	0,4252
-0,4127	0,0990	0,8671	-0,0533	-0,7562	0,8655	0,9716	-0,3493	0,4588
-0,2549	0,1024	0,8700	-0,0032	-0,7381	0,8662	0,9894	-0,3473	0,4890
-0,0749	0,1036	0,8707	0,0060	-0,7380	0,8983	0,9921	-0,3327	0,4986
0,2094	0,1667	0,8807	0,0415	-0,6675	0,8995		-0,3323	0,5341
0,2835	0,1676	0,8996	0,0441	-0,6556	0,9160	Not Low	-0,2464	0,5553
0,7263	0,1873	0,9031	0,0442	-0,5815	0,9376		-0,2093	0,6745
0,8997	0,2051	0,9052	0,1159	-0,5760	0,9542	-0,9953	-0,2080	0,8185
	0,2535	0,9325	0,1241	-0,5562	0,9723	-0,9826	-0,1999	0,8426
Not high	0,3172		0,1334	-0,5439	0,9991	-0,9749	-0,1888	
	0,3175		0,1384	-0,5314		-0,9602	-0,1349	
-0,6091	0,3272		0,1924	-0,4716		-0,9473	-0,1256	

Вариант 3

High	-0,5950	0,5370	Okay	0,2333	-0,6140	Low	-0,6086	0,1261
	-0,5858	0,5648		0,2528	-0,5177		-0,5866	0,1393
-0,9949	-0,5548	0,5666	-0,7283	0,2810	-0,4756	-0,8740	-0,5751	0,1482
-0,9828	-0,5106	0,5684	-0,6815	0,2824	-0,4294	-0,3089	-0,5321	0,1729
-0,9813	-0,5106	0,5729	-0,5735	0,3238	-0,3825	0,5435	-0,5179	0,2240
-0,9790	-0,5070	0,5783	-0,5403	0,3380	-0,3546	0,5506	-0,5171	0,2444
-0,9678	-0,4476	0,5827	-0,4915	0,3703	-0,3378	0,5708	-0,4837	0,2459
-0,9604	-0,4339	0,5878	-0,4479	0,3956	-0,3338	0,6190	-0,4764	0,2513
-0,9275	-0,4263	0,6255	-0,3779	0,4679	-0,3298	0,6330	-0,4463	0,2879
-0,9252	-0,3565	0,6417	-0,2832	0,6069	0,2780	0,6369	-0,4227	0,2951
-0,8738	-0,3195	0,6556	-0,2631	0,7933	0,3172	0,7075	-0,4143	0,3060
-0,8103	-0,3169	0,6587	-0,2404		0,3316	0,7454	-0,3964	0,3270
-0,7612	-0,3017	0,6589	-0,2313	Not	0,3627	0,7955	-0,3747	0,3542
-0,7204	-0,2655	0,6619	-0,2026	Okay	0,4516	0,8038	-0,3261	0,3576
-0,7154	-0,2501	0,6914	-0,2004		0,4680	0,8147	-0,3229	0,3840
-0,7110	-0,2170	0,7153	-0,1850	-0,9959	0,5442	0,8768	-0,2788	0,3842
-0,7100	-0,1208	0,7783	-0,1845	-0,9742	0,5804	0,8829	-0,2755	0,3917
-0,6934	-0,0264	0,8137	-0,1782	-0,9741	0,5837	0,9036	-0,2621	0,3927
-0,6855	0,0087	0,8198	-0,1253	-0,9676	0,6414	0,9119	-0,2572	0,4203
-0,6543	0,0799	0,8357	-0,1168	-0,9550	0,6661	0,9180	-0,2534	0,4278
-0,6347	0,1422	0,8513	-0,1093	-0,9352	0,6705	0,9189	-0,2422	0,4321
-0,5888	0,1770	0,8542	-0,0762	-0,8946	0,6737	0,9416	-0,1875	0,4556

-0,5361	0,1786	0,8597	-0,0577	-0,8614	0,7059	0,9938	-0,1834	0,4736
-0,5173	0,1869	0,8669	-0,0406	-0,8348	0,7273		-0,1812	0,4990
-0,4705	0,1878	0,8991	-0,0339	-0,7931	0,7320	Not Low	-0,1375	0,5093
-0,4166	0,2211	0,9061	0,0110	-0,7670	0,7373	-0,9251	-0,1285	0,5105
-0,4142	0,2546	0,9286	0,0272	-0,7306	0,7507	-0,9205	-0,1223	0,5288
-0,1874	0,2674	0,9302	0,0495	-0,7014	0,7614	-0,8399	-0,1156	0,6319
0,5874	0,3378	0,9473	0,0650	-0,7001	0,7784	-0,7940	-0,0168	0,6501
0,9013	0,3664	0,9733	0,0730	-0,6948	0,7904	-0,7877	-0,0080	0,6556
	0,4334	0,9806	0,1216	-0,6853	0,8836	-0,7278	-0,0051	0,7008
Not high	0,4511	0,9854	0,1352	-0,6629	0,8848	-0,7170	-0,0001	0,7101
	0,4682	0,9944	0,1390	-0,6614	0,9562	-0,6970	0,0730	
-0,8848	0,4789		0,1887	-0,6480	0,9610	-0,6870	0,0976	
-0,6169	0,4968		0,2162	-0,6393		-0,6480	0,1134	
-0,5956	0,5203		0,2318	-0,6163		-0,6355	0,1241	

Вариант 4

High	-0,4533	0,4943	Okay	0,1698	-0,4946	Low	-0,8362	-0,0554
	-0,4087	0,5015		0,2123	-0,4944		-0,7659	-0,0232
-0,9886	-0,3221	0,5424	-0,8083	0,2195	-0,4812	-0,8628	-0,7585	-0,0203
-0,9858	-0,3193	0,5495	-0,5986	0,2590	-0,4626	-0,6820	-0,7506	-0,0069
-0,9790	-0,2981	0,5532	-0,4966	0,2597	-0,3442	-0,1424	-0,7401	0,0014
-0,8949	-0,2905	0,5671	-0,4313	0,2833	-0,2584	-0,1159	-0,7039	0,0061
-0,8566	-0,2267	0,5838	-0,3725	0,3017	-0,2514	0,4258	-0,7030	0,0321
-0,8461	-0,2244	0,6045	-0,3488	0,5984	-0,2243	0,4489	-0,6985	0,0603
-0,8346	-0,2152	0,6192	-0,3159	0,6864	-0,1141	0,4560	-0,6717	0,1164
-0,8075	-0,1970	0,6351	-0,2912	0,7156	-0,0852	0,4927	-0,6560	0,1249
-0,7986	-0,1664	0,6553	-0,2530	0,7730	0,1171	0,5214	-0,6413	0,1562
-0,7980	-0,1553	0,6602	-0,2497		0,1710	0,5310	-0,6214	0,1677
-0,7967	-0,0915	0,6742	-0,2398	Not	0,2238	0,6648	-0,6194	0,1913
-0,7712	-0,0575	0,7079	-0,2168	Okay	0,2740	0,6667	-0,5659	0,1917
-0,7615	-0,0529	0,7443	-0,1727		0,3120	0,7104	-0,5627	0,2647
-0,7294	-0,0290	0,7466	-0,1673	-0,9999	0,4860	0,7186	-0,5603	0,2697
-0,7021	-0,0085	0,7987	-0,1340	-0,9380	0,5225	0,7285	-0,5458	0,2713
-0,6737	0,0000	0,8155	-0,1299	-0,9233	0,5685	0,7758	-0,5265	0,2742
-0,6385	0,0744	0,8705	-0,1001	-0,9016	0,5738	0,8794	-0,4741	0,2744
-0,6182	0,0890	0,8995	-0,0955	-0,8836	0,5968	0,8863	-0,4673	0,3234
-0,5483	0,0982	0,9106	-0,0885	-0,8706	0,6124	0,9117	-0,4258	0,3259
-0,4582	0,1691	0,9137	-0,0600	-0,8694	0,6656	0,9460	-0,4128	0,3479
-0,2464	0,2103	0,9219	-0,0555	-0,8672	0,6848	0,9580	-0,3939	0,3897
0,6939	0,2444	0,9418	-0,0320	-0,8252	0,7104	0,9780	-0,3721	0,4500
	0,2498	0,9462	-0,0272	-0,8119	0,7262	0,9788	-0,3412	0,4654
Not high	0,2723	0,9476	-0,0103	-0,8081	0,7383	0,9954	-0,3218	0,5013
	0,2957	0,9825	-0,0079	-0,7940	0,7566		-0,2675	0,5827
-0,8607	0,3274	0,9829	0,0164	-0,7375	0,7675	Not Low	-0,2528	0,6177
-0,7349	0,3473	0,9875	0,0474	-0,7318	0,7989		-0,2492	0,6825
-0,6961	0,3638	0,9892	0,0550	-0,6863	0,8498	-0,9800	-0,2455	0,7265
-0,6850	0,3653	0,9972	0,0844	-0,6834	0,8665	-0,9514	-0,2317	0,7511
-0,6383	0,3679	0,9992	0,0896	-0,6732	0,8796	-0,9410	-0,1684	0,7800
-0,5934	0,3777	0,9995	0,0913	-0,6310	0,9389	-0,9203	-0,1652	0,8564
-0,5637	0,3980		0,0927	-0,5917	0,9623	-0,9154	-0,1636	
-0,5481	0,4331		0,1208	-0,5451		-0,8986	-0,1589	
-0,5290	0,4447		0,1315	-0,5018		-0,8657	-0,1285	

Вариант 5

High	-0,4290	0,2149	Okay	0,1698	-0,4946	Low	-0,8757	-0,1727
	-0,4151	0,2659		0,2123	-0,4944		-0,8679	-0,1433
-0,9959	-0,3994	0,2744	-0,8083	0,2195	-0,4812	-0,9945	-0,8585	0,0121
-0,9742	-0,3881	0,3120	-0,5986	0,2590	-0,4626	-0,2489	-0,8443	0,0343
-0,9741	-0,3878	0,3138	-0,4966	0,2597	-0,3442	0,2028	-0,7802	0,0365
-0,9676	-0,3771	0,3294	-0,4313	0,2833	-0,2584	0,4786	-0,7675	0,0575
-0,9550	-0,3190	0,3385	-0,3725	0,3017	-0,2514	0,5159	-0,7514	0,0681
-0,9352	-0,3091	0,3405	-0,3488	0,5984	-0,2243	0,5751	-0,7366	0,0787
-0,8946	-0,2976	0,3465	-0,3159	0,6864	-0,1141	0,5790	-0,7365	0,0938
-0,8614	-0,2706	0,3829	-0,2912	0,7156	-0,0852	0,6065	-0,7256	0,1257
-0,8348	-0,2427	0,3877	-0,2530	0,7730	0,1171	0,6470	-0,6801	0,1286
-0,7931	-0,1912	0,4544	-0,2497		0,1710	0,6481	-0,6410	0,1332
-0,7306	-0,1744	0,4836	-0,2398	Not	0,2238	0,7545	-0,6239	0,1380
-0,7283	-0,1502	0,5066	-0,2168	Okay	0,2740	0,7746	-0,6184	0,1519
-0,7014	-0,1500	0,5663	-0,1727		0,3120	0,7906	-0,6121	0,1780
-0,7001	-0,1216	0,6053	-0,1673	-0,9999	0,4860	0,8042	-0,5883	0,1820
-0,6853	-0,0880	0,6138	-0,1340	-0,9380	0,5225	0,8770	-0,5389	0,1883
-0,6815	-0,0660	0,6201	-0,1299	-0,9233	0,5685	0,8994	-0,5207	0,1896
-0,6629	-0,0541	0,7255	-0,1001	-0,9016	0,5738	0,9372	-0,4797	0,2823
-0,5735	-0,0503	0,7411	-0,0955	-0,8836	0,5968	0,9434	-0,4501	0,3128
-0,5403	-0,0415	0,7512	-0,0885	-0,8706	0,6124	0,9686	-0,4453	0,3267
-0,4915	-0,0175	0,7944	-0,0600	-0,8694	0,6656	0,9798	-0,4398	0,3848
-0,4479	-0,0018	0,8058	-0,0555	-0,8672	0,6848	0,9825	-0,4373	0,3929
-0,3779	0,0112	0,8551	-0,0320	-0,8252	0,7104	0,9929	-0,4359	0,4818
0,3238	0,0209	0,8881	-0,0272	-0,8119	0,7262	0,9936	-0,4300	0,5189
0,7933	0,0245	0,8999	-0,0103	-0,8081	0,7383		-0,4112	0,5477
	0,0258	0,9178	-0,0079	-0,7940	0,7566	Not Low	-0,3695	0,5585
Not high	0,0402	0,9191	0,0164	-0,7375	0,7675		-0,3548	0,5861
	0,0530	0,9523	0,0474	-0,7318	0,7989	-0,9926	-0,3389	0,6159
-0,9464	0,0640	0,9553	0,0550	-0,6863	0,8498	-0,9864	-0,3253	0,6460
-0,7121	0,0815		0,0844	-0,6834	0,8665	-0,9852	-0,3201	0,7252
-0,5699	0,1175		0,0896	-0,6732	0,8796	-0,9556	-0,2122	0,7488
-0,5134	0,1493		0,0913	-0,6310	0,9389	-0,9470	-0,1830	0,8407
-0,4506	0,1853		0,0927	-0,5917	0,9623	-0,9439	-0,1772	
-0,4484	0,1932		0,1208	-0,5451		-0,9306	-0,1764	
-0,4358	0,1968		0,1315	-0,5018		-0,8811	-0,1739	

Вариант 6

High	-0,3914	0,2478	Okay	0,2058	-0,6185	Low	-0,9142	-0,3124
	-0,3716	0,3804		0,2231	-0,6146		-0,8944	-0,2949
-0,9986	-0,3568	0,3858	-0,9632	0,2348	-0,6068	-0,9933	-0,8901	-0,2847
-0,9711	-0,3560	0,4209	-0,9318	0,2459	-0,6058	-0,7114	-0,8634	-0,2408
-0,9541	-0,3309	0,4337	-0,7685	0,2587	-0,5405	-0,4975	-0,8465	-0,2137
-0,9344	-0,2842	0,4443	-0,6780	0,2959	-0,5324	-0,3801	-0,8051	-0,2051
-0,9327	-0,2789	0,5065	-0,6110	0,3140	-0,4889	0,4020	-0,7759	-0,1207
-0,9175	-0,2263	0,5072	-0,4810	0,3328	-0,4681	0,4511	-0,7495	0,0729
-0,8169	-0,2069	0,5154	-0,3612	0,3599	-0,4454	0,4992	-0,7377	0,0980
-0,6797	-0,1964	0,5305	-0,3057	0,3998	-0,4082	0,5524	-0,7275	0,1488
-0,6048	-0,1927	0,5309	-0,2643	0,4322	-0,3457	0,6137	-0,6887	0,1632
-0,5696	-0,1869	0,5347	-0,2523	0,4919	-0,2463	0,6318	-0,6754	0,1890
-0,4888	-0,1868	0,5363	-0,2375	0,5350	-0,1438	0,6771	-0,6744	0,1997

-0,4741	-0,1628	0,5424	-0,2323	0,6332	0,2105	0,7121	-0,6741	0,2194
-0,4640	-0,1302	0,5825	-0,2284	0,6631	0,2805	0,7559	-0,6734	0,2266
-0,3865	-0,1197	0,6031	-0,1991	0,9652	0,4160	0,7603	-0,6677	0,2310
-0,3705	-0,1033	0,6209	-0,1977		0,4804	0,8542	-0,6352	0,2340
0,3034	-0,0887	0,6445	-0,1858	Not	0,4854	0,8605	-0,6075	0,2751
0,6409	-0,0762	0,6621	-0,1844	Okay	0,5529	0,8827	-0,6020	0,3031
0,9815	-0,0585	0,6793	-0,1817		0,5633	0,8869	-0,5780	0,3036
	-0,0494	0,6904	-0,1552	-0,9992	0,6645	0,8922	-0,5693	0,3349
Not high	-0,0290	0,7108	-0,1549	-0,9928	0,6914	0,9010	-0,5664	0,3485
	-0,0072	0,7507	-0,0975	-0,9618	0,7617	0,9088	-0,5587	0,3597
-0,9019	0,0016	0,8140	-0,0886	-0,9486	0,7828	0,9124	-0,5439	0,3855
-0,6948	0,0255	0,8763	-0,0762	-0,9436	0,7845	0,9171	-0,5414	0,4090
-0,6186	0,0321	0,8823	-0,0725	-0,9399	0,8024	0,9369	-0,4831	0,4258
-0,6120	0,0584	0,9120	-0,0284	-0,9212	0,8179	0,9421	-0,4624	0,4414
-0,5870	0,0836	0,9595	-0,0132	-0,9076	0,8366	0,9640	-0,4620	0,4443
-0,5806	0,0874	0,9597	-0,0099	-0,8364	0,8434		-0,4227	0,4878
-0,5493	0,0900	0,9604	0,0479	-0,8270	0,8559	Not Low	-0,4169	0,5776
-0,5475	0,1190	0,9673	0,0590	-0,8231	0,9233		-0,4002	0,7990
-0,5259	0,1255	0,9770	0,0703	-0,8041	0,9649	-0,9882	-0,3867	0,8228
-0,5011	0,1361	0,9828	0,1008	-0,7542	0,9880	-0,9852	-0,3781	0,8885
-0,4559	0,1377		0,1178	-0,7392	0,9920	-0,9644	-0,3732	
-0,4305	0,1467		0,1201	-0,7211		-0,9412	-0,3403	
-0,4112	0,1940		0,1229	-0,7145		-0,9379	-0,3334	

Вариант 7

High	-0,4990	0,3533	Okay	0,4181	-0,6498	Low	-0,9142	-0,3124
	-0,4971	0,3539		0,4401	-0,6298		-0,8944	-0,2949
-0,9869	-0,4591	0,3978	-0,9968	0,4454	-0,5568	-0,9933	-0,8901	-0,2847
-0,9671	-0,4119	0,4014	-0,5166	0,4691	-0,4705	-0,7114	-0,8634	-0,2408
-0,9650	-0,3852	0,4296	-0,4252	0,4935	-0,4231	-0,4975	-0,8465	-0,2137
-0,8965	-0,3769	0,4393	-0,3816	0,5374	-0,3560	-0,3801	-0,8051	-0,2051
-0,8850	-0,3332	0,4450	-0,3727	0,5882	-0,3470	0,4020	-0,7759	-0,1207
-0,8614	-0,3314	0,4838	-0,3356	0,9523	-0,3417	0,4511	-0,7495	0,0729
-0,8268	-0,2875	0,4951	-0,3014		0,2861	0,4992	-0,7377	0,0980
-0,8235	-0,2810	0,5212	-0,2945	Not	0,3891	0,5524	-0,7275	0,1488
-0,7608	-0,2802	0,5823	-0,2651	Okay	0,3938	0,6137	-0,6887	0,1632
-0,6664	-0,2582	0,6049	-0,2247		0,3956	0,6318	-0,6754	0,1890
-0,6587	-0,2542	0,7056	-0,1990	-0,9836	0,5051	0,6771	-0,6744	0,1997
-0,6180	-0,2414	0,7509	-0,1668	-0,9682	0,5220	0,7121	-0,6741	0,2194
-0,5993	-0,2368	0,7569	-0,0962	-0,9401	0,5231	0,7559	-0,6734	0,2266
-0,5497	-0,2161	0,8156	-0,0950	-0,9218	0,5323	0,7603	-0,6677	0,2310
-0,5471	-0,2094	0,8232	-0,0886	-0,9185	0,5452	0,8542	-0,6352	0,2340
-0,5007	-0,1753	0,8419	-0,0017	-0,9102	0,5535	0,8605	-0,6075	0,2751
-0,4795	-0,1533	0,8553	0,0081	-0,9059	0,5625	0,8827	-0,6020	0,3031
-0,3115	-0,1509	0,8653	0,0200	-0,9004	0,5783	0,8869	-0,5780	0,3036
-0,2153	-0,1313	0,8816	0,0254	-0,8873	0,6467	0,8922	-0,5693	0,3349
-0,1003	-0,1034	0,9017	0,0455	-0,8771	0,7094	0,9010	-0,5664	0,3485
0,0369	-0,0732	0,9208	0,0528	-0,8702	0,7229	0,9088	-0,5587	0,3597
0,0600	-0,0584	0,9320	0,0982	-0,8590	0,7331	0,9124	-0,5439	0,3855
0,6427	-0,0193	0,9418	0,1192	-0,8363	0,7406	0,9171	-0,5414	0,4090
	0,0049	0,9510	0,1313	-0,8261	0,7868	0,9369	-0,4831	0,4258
Not high	0,0066	0,9563	0,1510	-0,8097	0,8380	0,9421	-0,4624	0,4414

-0,8791	0,0355	0,9621	0,1590	-0,8077	0,8409	0,9640	-0,4620	0,4443
-0,8567	0,0649	0,9726	0,1592	-0,8065	0,8444		-0,4227	0,4878
-0,7026	0,1179	0,9729	0,2452	-0,7975	0,9457	Not Low	-0,4169	0,5776
-0,6499	0,1468	0,9796	0,2466	-0,7547	0,9479		-0,4002	0,7990
-0,5758	0,1942	0,9986	0,2611	-0,7521	0,9491	-0,9882	-0,3867	0,8228
-0,5476	0,2082		0,2675	-0,7467	0,9525	-0,9852	-0,3781	0,8885
-0,5291	0,2308		0,2877	-0,7373	0,9895	-0,9644	-0,3732	
-0,5163	0,2915		0,2966	-0,7087		-0,9412	-0,3403	
-0,5081	0,3229		0,3455	-0,7060		-0,9379	-0,3334	

Вариант 8

High	-0,3341	0,3425	Okay	0,4937	-0,3580	Low	-0,8863	0,0530
	-0,3213	0,3636		0,4942	-0,2470		-0,8666	0,0539
-0,9941	-0,3002	0,3824	-0,8418	0,7562	0,3209	-0,8224	-0,8662	0,0596
-0,9878	-0,2772	0,3883	-0,7639	0,8790	0,3494	-0,6043	-0,8658	0,0729
-0,9877	-0,2617	0,3943	-0,6586		0,4117	-0,3537	-0,8515	0,0812
-0,9606	-0,2521	0,5023	-0,5380	Not	0,4157	-0,0447	-0,8148	0,0937
-0,8639	-0,2518	0,5277	-0,4719	Okay	0,4211	-0,0049	-0,7957	0,1233
-0,8282	-0,2472	0,5350	-0,3864		0,4346	0,2400	-0,7829	0,1345
-0,8178	-0,2419	0,5405	-0,3809	-0,9846	0,4506	0,3926	-0,7652	0,1428
-0,8062	-0,2280	0,5987	-0,2688	-0,9666	0,4532	0,3963	-0,7618	0,1431
-0,7947	-0,2199	0,6036	-0,1892	-0,9645	0,4828	0,4222	-0,7086	0,2201
-0,6959	-0,2166	0,6154	-0,1816	-0,9630	0,5186	0,5017	-0,6842	0,2224
-0,6358	-0,1863	0,6354	-0,1310	-0,9403	0,5574	0,5609	-0,6746	0,2509
-0,5718	-0,1596	0,6788	-0,1112	-0,9354	0,5820	0,5974	-0,6740	0,2611
-0,5589	-0,1577	0,7005	-0,0363	-0,9284	0,5955	0,6324	-0,6393	0,3017
-0,4739	-0,1538	0,7053	-0,0059	-0,9044	0,6562	0,7220	-0,6340	0,3629
-0,4588	-0,0865	0,7112	0,0122	-0,8973	0,6892	0,7570	-0,6085	0,4274
0,1437	-0,0307	0,7165	0,0222	-0,8419	0,7025	0,7985	-0,5630	0,4346
0,8733	-0,0068	0,7180	0,0232	-0,8248	0,7090	0,8203	-0,5605	0,4356
	0,0603	0,7212	0,0515	-0,8233	0,7200	0,8208	-0,5351	0,4359
Not high	0,0791	0,7428	0,0680	-0,7897	0,7321	0,8442	-0,5319	0,4555
	0,0928	0,7594	0,0780	-0,7689	0,7607	0,9516	-0,4879	0,5080
-0,7237	0,0988	0,7725	0,0858	-0,7486	0,7642	0,9519	-0,4564	0,5143
-0,7189	0,1098	0,7835	0,0961	-0,7412	0,7714	0,9549	-0,4314	0,5570
-0,6740	0,1123	0,8017	0,1074	-0,7335	0,7727	0,9595	-0,2959	0,5596
-0,6186	0,1261	0,8627	0,1258	-0,7075	0,8561	0,9643	-0,2750	0,5783
-0,5595	0,1769	0,8878	0,1847	-0,7062	0,9011	0,9755	-0,2225	0,5889
-0,5539	0,1885	0,8994	0,1878	-0,6958	0,9084	0,9814	-0,2050	0,6062
-0,5329	0,2015	0,9147	0,1948	-0,6783	0,9153		-0,1782	0,6558
-0,5097	0,2030	0,9269	0,2089	-0,6653	0,9369	Not Low	-0,1370	0,7235
-0,4478	0,2083	0,9294	0,2780	-0,6482	0,9433		-0,1256	0,7637
-0,4387	0,2128	0,9792	0,2799	-0,5565	0,9444	-0,9932	-0,1055	0,8400
-0,3814	0,2511	0,9836	0,3512	-0,5245	0,9446	-0,9550	-0,0964	0,8943
-0,3685	0,2917		0,3809	-0,4910	0,9841	-0,9131	-0,0510	
-0,3642	0,2919		0,4292	-0,4663		-0,8954	-0,0421	
-0,3538	0,3128		0,4818	-0,4402		-0,8885	0,0045	

Вариант 9

High	-0,5248	0,4140	Okay	0,3758	-0,2778	Low	-0,9058	-0,1149
	-0,5087	0,4228		0,3870	-0,2068		-0,8890	-0,0757
-0,9907	-0,4230	0,4341	-0,7323	0,4033	-0,1942	-0,4114	-0,8859	-0,0684

-0,9793	-0,4211	0,4369	-0,5812	0,5118	0,2347	0,2735	-0,8774	-0,0602
-0,9710	-0,4126	0,4459	-0,4504	0,5168	0,4366	0,4822	-0,8318	-0,0057
-0,9387	-0,3956	0,5045	-0,4225	0,5223	0,4421	0,5013	-0,7776	-0,0041
-0,9374	-0,3763	0,5125	-0,3352	0,7460	0,4578	0,6016	-0,7640	0,0074
-0,8887	-0,3679	0,5451	-0,3180	0,8208	0,4889	0,6057	-0,6965	0,0289
-0,8880	-0,3325	0,5873	-0,2535		0,4984	0,6229	-0,6650	0,0369
-0,8738	-0,3099	0,6133	-0,2151	Not	0,5254	0,6528	-0,6575	0,0563
-0,8463	-0,2695	0,6211	-0,1915	Okay	0,5308	0,6836	-0,6327	0,0635
-0,8403	-0,2460	0,6259	-0,1817		0,5315	0,6902	-0,6153	0,1355
-0,8390	-0,2384	0,6394	-0,1536	-1,0000	0,5467	0,7340	-0,6050	0,1579
-0,8015	-0,1588	0,6625	-0,1389	-0,9575	0,5550	0,7363	-0,5995	0,1664
-0,8001	-0,1263	0,6766	-0,1338	-0,9538	0,6001	0,7661	-0,5795	0,1844
-0,7530	-0,0966	0,6835	-0,1070	-0,9530	0,6026	0,7871	-0,5191	0,1972
-0,7191	-0,0878	0,6867	-0,1020	-0,9519	0,6430	0,8341	-0,5136	0,2001
-0,7158	-0,0671	0,7291	-0,0978	-0,8330	0,6623	0,8721	-0,4710	0,2085
-0,6631	-0,0511	0,7373	-0,0400	-0,8129	0,6850	0,8817	-0,4594	0,2272
-0,4652	-0,0399	0,7608	-0,0180	-0,7853	0,6990	0,9072	-0,4549	0,2498
-0,4451	-0,0219	0,7613	0,0215	-0,7576	0,7239	0,9075	-0,4377	0,3243
-0,3961	0,0111	0,7670	0,0617	-0,7490	0,7812	0,9233	-0,4126	0,3924
-0,3679	0,0152	0,7963	0,0820	-0,7152	0,8145	0,9331	-0,4008	0,4054
-0,2907	0,1076	0,8051	0,0974	-0,7128	0,8216	0,9580	-0,3833	0,4247
0,0774	0,1365	0,8818	0,1116	-0,6720	0,8365	0,9694	-0,3581	0,4252
0,2631	0,1535	0,9125	0,1286	-0,6545	0,8410	0,9716	-0,3493	0,4588
0,4094	0,1868	0,9301	0,1352	-0,6305	0,8496	0,9894	-0,3473	0,4890
0,9069	0,1884	0,9427	0,1448	-0,5863	0,8881	0,9921	-0,3327	0,4986
	0,2056	0,9772	0,1872	-0,5545	0,9097		-0,3323	0,5341
Not high	0,2571	0,9835	0,1966	-0,5234	0,9194	Not Low	-0,2464	0,5553
	0,2899	0,9928	0,2047	-0,4469	0,9383		-0,2093	0,6745
-0,9185	0,3368	0,9939	0,2266	-0,4360	0,9738	-0,9953	-0,2080	0,8185
-0,6378	0,3406	0,9943	0,2298	-0,3853	0,9788	-0,9826	-0,1999	0,8426
-0,6327	0,3822		0,2589	-0,3625	0,9966	-0,9749	-0,1888	
-0,6205	0,3894		0,2894	-0,3453		-0,9602	-0,1349	
-0,6156	0,3933		0,3536	-0,3335		-0,9473	-0,1256	

Вариант 10

High	-0,5608	0,3829	Okay	0,3189	-0,5097	Low	-0,5521	0,3694
	-0,4018	0,4073		0,3248	-0,4856		-0,5433	0,3734
-0,9348	-0,3616	0,4346	-0,6178	0,3369	-0,4589	-0,7694	-0,5112	0,3768
-0,9135	-0,3575	0,4476	-0,5276	0,3512	-0,4329	-0,0903	-0,4854	0,3909
-0,9042	-0,3025	0,4571	-0,3960	0,3555	-0,4176	0,1470	-0,4740	0,4177
-0,8953	-0,2957	0,4572	-0,2472	0,3889	-0,4162	0,3126	-0,4553	0,4334
-0,8952	-0,2577	0,5278	-0,2284	0,4218	-0,3838	0,4426	-0,4424	0,4558
-0,8758	-0,2147	0,5315	-0,1909	0,5654	-0,3496	0,4758	-0,4149	0,4568
-0,8581	-0,1982	0,5375	-0,1891	0,6580	-0,2823	0,5180	-0,4091	0,5094
-0,7766	-0,1930	0,5483	-0,1774		0,1886	0,5192	-0,3048	0,5247
-0,7580	-0,1639	0,6040	-0,1512	Not	0,2392	0,5243	-0,2908	0,5335
-0,6851	-0,1282	0,6229	-0,1063	Okay	0,3237	0,5893	-0,2654	0,5793
-0,6808	-0,1211	0,6277	-0,0972		0,4771	0,6762	-0,2447	0,5829
-0,6711	-0,1171	0,6320	-0,0934	-0,9683	0,4827	0,7078	-0,1622	0,6548
-0,6388	-0,0904	0,6438	-0,0610	-0,9431	0,4910	0,7227	-0,1054	0,6871
-0,6380	-0,0792	0,6854	-0,0518	-0,9305	0,5163	0,7344	-0,0927	0,7161
-0,6329	-0,0787	0,6903	-0,0300	-0,9208	0,5254	0,7591	-0,0645	0,8004
-0,5040	-0,0785	0,7032	-0,0194	-0,9191	0,5317	0,7840	-0,0315	

-0,5003	-0,0505	0,7673	-0,0183	-0,8915	0,5436	0,8134	0,0347
-0,4454	-0,0108	0,7771	0,0143	-0,8900	0,5464	0,8214	0,0408
-0,4045	0,0016	0,7825	0,0149	-0,8311	0,5600	0,8302	0,0467
-0,3873	0,0286	0,7916	0,0213	-0,8279	0,6249	0,8509	0,0484
0,1586	0,0543	0,8167	0,0330	-0,8158	0,7110	0,8826	0,0585
0,3124	0,0547	0,8332	0,0475	-0,7936	0,7615	0,9172	0,0602
0,8076	0,1605	0,8424	0,0883	-0,7412	0,7652	0,9425	0,0602
0,8805	0,1704	0,8747	0,1020	-0,7407	0,7707	0,9548	0,0669
	0,2072	0,9238	0,1398	-0,7295	0,7785	0,9643	0,0687
Not high	0,2506	0,9242	0,1542	-0,6994	0,7969	0,9727	0,1032
	0,2622	0,9386	0,1683	-0,6899	0,8423	0,9972	0,1268
-0,8873	0,2722	0,9635	0,1819	-0,6789	0,8467	0,9991	0,1588
-0,7617	0,2733	0,9745	0,1895	-0,6332	0,8767		0,1832
-0,7012	0,3033	0,9797	0,2018	-0,5896	0,9233	Not low	0,2175
-0,6875	0,3349	0,9876	0,2086	-0,5824	0,9933		0,2247
-0,6555	0,3449		0,2446	-0,5747	0,9948	-0,6024	0,2935
-0,6221	0,3483		0,2565	-0,5647		-0,5860	0,3212
-0,5968	0,3572		0,2855	-0,5454		-0,5855	0,3281

Вариант 11

High	-0,5359	0,1546	Okay	0,7075	0,3060	Low	-0,7726	-0,1342
	-0,5239	0,1862		0,8829	0,3270		-0,7650	-0,1083
-0,9897	-0,4104	0,2163	-0,8740		0,3542	-0,7001	-0,7404	-0,0962
-0,9840	-0,3864	0,2313	-0,5179	Not	0,3576	-0,3353	-0,6681	-0,0657
-0,9467	-0,3765	0,2416	-0,4764	Okay	0,3840	-0,1370	-0,6626	-0,0596
-0,9303	-0,3645	0,2677	-0,4227		0,4203	-0,1053	-0,6425	-0,0544
-0,9008	-0,3602	0,3569	-0,3964	-0,9251	0,4278	0,0108	-0,6385	-0,0406
-0,8955	-0,3577	0,3698	-0,3261	-0,9205	0,4321	0,4240	-0,6350	0,0204
-0,8796	-0,3457	0,3844	-0,3089	-0,8399	0,4556	0,5599	-0,5958	0,0561
-0,8613	-0,2870	0,4427	-0,2572	-0,7940	0,4736	0,6187	-0,5860	0,0584
-0,8567	-0,2727	0,4463	-0,1834	-0,7877	0,4990	0,6503	-0,5674	0,0874
-0,8517	-0,2587	0,4869	-0,1812	-0,7278	0,5093	0,6519	-0,5462	0,0909
-0,8504	-0,2516	0,5029	-0,1375	-0,7170	0,5105	0,7066	-0,5198	0,1352
-0,8347	-0,2263	0,5098	-0,1285	-0,6970	0,5288	0,7130	-0,4799	0,1884
-0,8339	-0,1619	0,5903	-0,1156	-0,6870	0,5708	0,7155	-0,4726	0,2080
-0,6879	-0,1548	0,6112	-0,0168	-0,6480	0,6190	0,7295	-0,4618	0,3079
-0,6692	-0,1460	0,6221	-0,0080	-0,6355	0,6319	0,7759	-0,4354	0,3420
-0,6582	-0,1323	0,7041	-0,0051	-0,6086	0,6330	0,8185	-0,4291	0,3732
-0,6152	-0,1111	0,7173	-0,0001	-0,5866	0,6369	0,8435	-0,4173	0,3763
-0,6121	-0,0941	0,7320	0,0730	-0,5751	0,6501	0,8576	-0,3863	0,3788
-0,5877	-0,0888	0,7799	0,0976	-0,5321	0,6556	0,8811	-0,3469	0,4072
-0,5245	-0,0713	0,7854	0,1134	-0,5171	0,7008	0,8829	-0,3233	0,4179
-0,3554	-0,0596	0,8230	0,1241	-0,4837	0,7101	0,8903	-0,3023	0,4336
0,0836	-0,0430	0,8295	0,1261	-0,4463	0,7454	0,9088	-0,2942	0,4948
0,9377	-0,0155	0,8557	0,1393	-0,4143	0,7955	0,9302	-0,2682	0,5270
	-0,0123	0,8776	0,1482	-0,3747	0,8038	0,9316	-0,2651	0,5295
Not high	0,0038	0,8897	0,1729	-0,3229	0,8147		-0,2582	0,5393
-0,9005	0,0212	0,9066	0,2240	-0,2788	0,8768	Not Low	-0,2411	0,6497
-0,8737	0,0325	0,9302	0,2444	-0,2755	0,9036		-0,2240	0,6756
-0,8012	0,0377	0,9380	0,2459	-0,2621	0,9119	-0,9450	-0,1930	0,7214
-0,7174	0,0552	0,9864	0,2513	-0,2534	0,9180	-0,9174	-0,1842	0,7298
-0,7170	0,0632	0,9867	0,3842	-0,2422	0,9189	-0,8806	-0,1809	0,8057

-0,6575	0,0840	0,3917	-0,1875	0,9416	-0,8758	-0,1562	0,8928
-0,6217	0,1094	0,3927	-0,1223	0,9938	-0,8715	-0,1520	
-0,5815	0,1154	0,5435	0,2879		-0,8299	-0,1493	
-0,5606	0,1218	0,5506	0,2951		-0,7741	-0,1427	

Вариант 12

High	-0,4009	0,3701	Okay	0,1809	-0,6531	Low	-0,7924	0,0644
	-0,3738	0,3783		0,1850	-0,6215		-0,7618	0,1177
-0,9371	-0,3704	0,3954	-0,9706	0,2353	-0,3371	-0,9609	-0,7297	0,1312
-0,9328	-0,3417	0,4122	-0,9050	0,3054	-0,2902	-0,5024	-0,6728	0,1352
-0,9281	-0,3392	0,4184	-0,7588	0,3379	-0,2233	-0,2644	-0,6637	0,1412
-0,8811	-0,2990	0,4585	-0,7398	0,3395	0,1366	-0,2263	-0,6627	0,1553
-0,8667	-0,2879	0,4620	-0,7041	0,4045	0,1695	0,4278	-0,6499	0,1701
-0,8535	-0,2775	0,4901	-0,5068	0,4565	0,3205	0,5101	-0,6417	0,1722
-0,8384	-0,2646	0,5756	-0,4315	0,5490	0,3685	0,5163	-0,6210	0,1807
-0,7881	-0,2342	0,5813	-0,4296	0,8739	0,3813	0,5558	-0,6030	0,1813
-0,7209	-0,2331	0,5853	-0,4082	0,9371	0,3862	0,5736	-0,5640	0,2060
-0,6854	-0,2268	0,5864	-0,4049		0,3950	0,6371	-0,5151	0,2222
-0,6573	-0,1925	0,6008	-0,3588	Not	0,4996	0,6741	-0,4920	0,2243
-0,6364	-0,1471	0,6663	-0,3578	Okay	0,5042	0,6903	-0,3847	0,2259
-0,5998	-0,0822	0,6848	-0,3218		0,5421	0,8044	-0,3443	0,2506
-0,4956	-0,0528	0,7184	-0,3171	-0,9932	0,5528	0,8289	-0,3263	0,2787
-0,4695	-0,0287	0,7369	-0,2787	-0,9908	0,5681	0,8537	-0,3178	0,3233
-0,4419	-0,0281	0,7657	-0,2121	-0,9908	0,5881	0,8884	-0,3173	0,3269
-0,4109	-0,0229	0,8095	-0,1990	-0,9585	0,6125	0,8965	-0,2898	0,4149
-0,2985	-0,0227	0,8245	-0,1942	-0,9453	0,6482	0,9328	-0,2829	0,4353
-0,2247	0,0066	0,8294	-0,1464	-0,9337	0,6712	0,9665	-0,2623	0,4434
0,0722	0,0067	0,8517	-0,1351	-0,8998	0,6890	0,9704	-0,2221	0,4460
0,3475	0,0254	0,8619	-0,0951	-0,8356	0,7055		-0,2105	0,4509
0,8018	0,0357	0,8686	-0,0870	-0,8218	0,7522	Not Low	-0,2073	0,4651
	0,0481	0,8827	-0,0717	-0,7946	0,7858		-0,1514	0,4964
Not high	0,1067	0,9017	-0,0358	-0,7905	0,7935	-0,9973	-0,1471	0,5788
	0,1210	0,9057	-0,0351	-0,7766	0,8073	-0,9921	-0,1395	0,5948
-0,7685	0,1227	0,9079	-0,0344	-0,7512	0,8816	-0,9729	-0,1343	0,6038
-0,7619	0,1556	0,9504	0,0035	-0,7460	0,9010	-0,9644	-0,1199	0,6270
-0,6868	0,2228	0,9679	0,0100	-0,7450	0,9106	-0,9548	-0,1090	0,6350
-0,5566	0,2292	0,9698	0,0215	-0,7309	0,9205	-0,9374	-0,0963	0,6572
-0,5486	0,2401	0,9755	0,0414	-0,7303	0,9564	-0,9176	-0,0384	0,8114
-0,5113	0,2621		0,0577	-0,7162	0,9800	-0,9011	-0,0187	0,8403
-0,4641	0,2882		0,0827	-0,7090	0,9813	-0,8711	-0,0030	
-0,4603	0,3339		0,0875	-0,7010		-0,8600	0,0596	
-0,4593	0,3379		0,1248	-0,6953		-0,8473	0,0601	

Вариант 13

High	0,8278	0,0604	Okay	0,2842	-0,3749	Low	-0,7261	0,0679
		0,1060		0,3334	-0,3568		-0,7163	0,0774
-0,9892	Not high	0,1182	-0,8317	0,3451	-0,3407	-0,9274	-0,7127	0,0838
-0,9646		0,1206	-0,7689	0,4322	-0,2779	-0,6004	-0,7058	0,0892
-0,9515	-0,8450	0,1329	-0,6841	0,7390	-0,2473	-0,2053	-0,6909	0,1117
-0,9330	-0,7387	0,1616	-0,5184	0,9538	0,1698	-0,0857	-0,6692	0,1256
-0,9226	-0,7202	0,1699	-0,5120		0,2164	0,2271	-0,6336	0,1643
-0,9194	-0,7082	0,1715	-0,4347	Not	0,2692	0,2545	-0,6048	0,1668

-0,9101	-0,6342	0,1924	-0,4170	Okay	0,3320	0,4184	-0,5894	0,1753
-0,8642	-0,4806	0,3011	-0,3906		0,3505	0,4708	-0,5464	0,1992
-0,8596	-0,4541	0,3913	-0,3847	-0,9761	0,3871	0,5870	-0,4940	0,2040
-0,8583	-0,4247	0,5001	-0,3186	-0,9666	0,4200	0,6192	-0,4700	0,2314
-0,8555	-0,4184	0,5876	-0,2727	-0,9632	0,4728	0,6376	-0,4677	0,2573
-0,8050	-0,4163	0,5899	-0,2721	-0,9389	0,4755	0,6594	-0,4479	0,3286
-0,7941	-0,3775	0,6177	-0,2583	-0,9203	0,5312	0,6746	-0,3886	0,3383
-0,7888	-0,3639	0,6184	-0,2194	-0,9126	0,5562	0,7687	-0,3836	0,3471
-0,7804	-0,2988	0,6429	-0,2081	-0,9013	0,5603	0,7895	-0,3462	0,3481
-0,7735	-0,2944	0,6657	-0,1985	-0,8884	0,5708	0,8101	-0,3436	0,3511
-0,7564	-0,2836	0,6926	-0,1886	-0,8806	0,5817	0,8129	-0,3318	0,3993
-0,7051	-0,2695	0,7423	-0,1373	-0,8719	0,6291	0,8495	-0,2967	0,4178
-0,6997	-0,2606	0,7764	-0,1293	-0,8312	0,6412	0,8612	-0,2815	0,4260
-0,6967	-0,2282	0,7833	-0,1220	-0,8012	0,6702	0,8982	-0,2647	0,4497
-0,6729	-0,2239	0,7879	-0,0920	-0,7976	0,7116	0,9572	-0,2646	0,4737
-0,6718	-0,1461	0,7990	-0,0750	-0,7837	0,7257	0,9590	-0,2244	0,5020
-0,6622	-0,1348	0,8020	-0,0386	-0,7614	0,7715	0,9722	-0,2178	0,5148
-0,6548	-0,1218	0,8129	-0,0148	-0,7468	0,7777		-0,1696	0,5527
-0,6358	-0,1148	0,8354	-0,0028	-0,7208	0,8447	Not low	-0,1691	0,6007
-0,5645	-0,1084	0,8884	0,0231	-0,6847	0,8508		-0,1676	0,6281
-0,5633	-0,1052	0,9093	0,0615	-0,6386	0,8694	-0,9232	-0,1310	0,6394
-0,5546	-0,0517	0,9129	0,0643	-0,6035	0,9288	-0,9103	-0,0967	0,6746
-0,5164	-0,0428	0,9130	0,0689	-0,5659	0,9314	-0,8901	-0,0855	0,7615
-0,4771	-0,0265	0,9461	0,0925	-0,5137	0,9601	-0,8877	-0,0728	0,8051
-0,3799	-0,0211	0,9602	0,1639	-0,4779	0,9746	-0,8788	-0,0580	0,8765
-0,3402	-0,0019		0,1706	-0,4406	0,9748	-0,8145	0,0071	
0,0587	0,0109		0,1828	-0,4381		-0,7446	0,0254	
0,2067	0,0123		0,2501	-0,4247		-0,7315	0,0443	

Вариант 14

High	-0,4084	0,3165	Okay	0,3036	-0,5235	Low	-0,9027	-0,0573
	-0,4061	0,3483		0,3269	-0,5116		-0,8893	-0,0461
-0,9810	-0,3921	0,3595	-0,6787	0,3921	-0,5062	-0,9750	-0,8877	-0,0318
-0,9706	-0,3789	0,4128	-0,6391	0,3970	-0,4137	-0,5802	-0,8651	-0,0089
-0,9563	-0,3613	0,4177	-0,5813	0,4362	-0,4048	-0,3435	-0,8383	0,0274
-0,8875	-0,3590	0,4287	-0,4503	0,5064	-0,3763	-0,1862	-0,8169	0,0592
-0,8135	-0,3568	0,4499	-0,4199	0,5113	-0,3745	0,3718	-0,8160	0,1018
-0,8013	-0,2803	0,5416	-0,4095	0,5280	0,1717	0,4576	-0,7886	0,1286
-0,7999	-0,2710	0,5494	-0,3829	0,5737	0,2393	0,4860	-0,7760	0,1316
-0,7818	-0,2312	0,5899	-0,3738	0,8348	0,2414	0,5783	-0,7636	0,1358
-0,7530	-0,2296	0,5989	-0,3667		0,2857	0,5862	-0,7167	0,1737
-0,7489	-0,1859	0,6116	-0,3352	Not	0,3594	0,6256	-0,7072	0,1744
-0,7437	-0,1691	0,6155	-0,3227	Okay	0,3700	0,6499	-0,6935	0,2090
-0,7424	-0,1691	0,6538	-0,3056		0,3839	0,6930	-0,6730	0,2208
-0,7149	-0,1550	0,6762	-0,2134	-0,9226	0,4728	0,7184	-0,6539	0,2302
-0,7109	-0,1459	0,6785	-0,1941	-0,9204	0,5162	0,7485	-0,6131	0,2396
-0,6870	-0,1425	0,6876	-0,1736	-0,8986	0,5204	0,7566	-0,6065	0,2747
-0,6591	-0,1352	0,6942	-0,1735	-0,8941	0,5476	0,7599	-0,5816	0,2868
-0,5896	-0,1072	0,7115	-0,1683	-0,8873	0,5549	0,7685	-0,5617	0,2891
-0,4769	-0,0862	0,7687	-0,1420	-0,8837	0,5859	0,8380	-0,5263	0,3163
-0,4299	-0,0260	0,7733	-0,1307	-0,8473	0,6460	0,8695	-0,5041	0,3578
-0,3506	0,0149	0,8230	-0,0813	-0,8391	0,6488	0,8707	-0,4985	0,4173
-0,3201	0,0416	0,8310	-0,0495	-0,8301	0,6773	0,8759	-0,4879	0,4213

-0,1834	0,0589	0,8379	0,0017	-0,7866	0,6985	0,9174	-0,4777	0,4405
0,6550	0,0737	0,8380	0,0681	-0,7781	0,7089	0,9512	-0,4282	0,4560
	0,0815	0,8496	0,1006	-0,7687	0,7329		-0,4090	0,5489
Not high	0,1340	0,8561	0,1102	-0,7491	0,7728	Not Low	-0,4052	0,5687
	0,1389	0,8745	0,1167	-0,7158	0,7833		-0,3292	0,6127
-0,9200	0,1493	0,8752	0,1311	-0,6957	0,7950	-0,9827	-0,2926	0,6177
-0,7261	0,1600	0,8821	0,1414	-0,6917	0,8031	-0,9642	-0,2881	0,6535
-0,6197	0,1950	0,9199	0,1490	-0,6756	0,8686	-0,9609	-0,2587	0,6957
-0,5501	0,2098	0,9505	0,1827	-0,6753	0,9628	-0,9558	-0,2431	0,8016
-0,5403	0,2406	0,9751	0,1868	-0,6722	0,9811	-0,9391	-0,2275	0,8146
-0,4441	0,2423		0,1942	-0,6632		-0,9349	-0,2074	
-0,4380	0,2779		0,2082	-0,6624		-0,9108	-0,1085	
-0,4207	0,3042		0,2171	-0,6173		-0,9059	-0,0923	
				-0,6169				

Вариант 15

High	-0,4024	0,2475	Okay	0,0422	-0,5038	Low	-0,8252	-0,1453
	-0,4012	0,2616		0,1045	-0,4366		-0,7918	-0,1403
-0,9963	-0,3670	0,3306	-0,9213	0,1089	-0,3866	-0,7120	-0,7711	-0,0932
-0,9688	-0,3455	0,3362	-0,6083	0,1205	-0,2450	-0,3050	-0,7310	-0,0760
-0,9492	-0,3284	0,3363	-0,5091	0,1222	0,2522	0,2605	-0,7255	-0,0218
-0,9255	-0,3227	0,3653	-0,4204	0,1667	0,2850	0,2834	-0,7012	-0,0081
-0,8883	-0,3171	0,3843	-0,4164	0,1770	0,2990	0,4713	-0,6947	0,0035
-0,8835	-0,3007	0,4266	-0,4161	0,1899	0,3170	0,5372	-0,6869	0,0079
-0,8818	-0,2792	0,4685	-0,3711	0,2458	0,3496	0,6503	-0,6796	0,0108
-0,8797	-0,2531	0,4688	-0,3659	0,2782	0,3667	0,6514	-0,6781	0,0745
-0,8622	-0,2445	0,4738	-0,3019	0,3234	0,3998	0,6666	-0,6733	0,0826
-0,8402	-0,2432	0,5617	-0,2979	0,4039	0,4266	0,6860	-0,6230	0,0866
-0,8368	-0,2369	0,5791	-0,2961	0,7138	0,4411	0,7116	-0,6131	0,0945
-0,8272	-0,2108	0,6003	-0,2663		0,4581	0,7943	-0,6126	0,1106
-0,7398	-0,2061	0,6312	-0,2645	Not	0,5073	0,8025	-0,6088	0,1545
-0,5718	-0,2027	0,6393	-0,2445	Okay	0,5270	0,8206	-0,6020	0,1642
-0,5475	-0,1755	0,6478	-0,2360		0,5481	0,8381	-0,5904	0,1670
-0,5299	-0,1567	0,6856	-0,2211	-0,9262	0,5604	0,8555	-0,4967	0,2264
-0,5274	-0,1431	0,7249	-0,2141	-0,9122	0,6137	0,8716	-0,4932	0,2708
-0,4987	-0,0827	0,7298	-0,1965	-0,9101	0,6223	0,8846	-0,4670	0,2719
-0,1754	-0,0639	0,7518	-0,1743	-0,9077	0,6745	0,8860	-0,4558	0,3043
-0,0398	-0,0522	0,7738	-0,1518	-0,9035	0,6804	0,8989	-0,4089	0,3092
0,2905	-0,0163	0,7792	-0,1370	-0,8970	0,6845	0,9013	-0,4080	0,3126
0,8057	-0,0056	0,7869	-0,1010	-0,8815	0,7068	0,9808	-0,3822	0,3208
	0,0046	0,7972	-0,1005	-0,8733	0,7277		-0,3809	0,3433
Not high	0,0132	0,8480	-0,0945	-0,8416	0,7458	Not low	-0,3660	0,3495
	0,0261	0,8667	-0,0900	-0,8377	0,8061		-0,3633	0,4206
-0,7877	0,0501	0,8900	-0,0736	-0,7632	0,8297	-0,9806	-0,3349	0,4231
-0,7624	0,0636	0,9235	-0,0669	-0,7622	0,8353	-0,9381	-0,3330	0,4255
-0,7488	0,0892	0,9564	-0,0259	-0,7359	0,8664	-0,9082	-0,3295	0,6435
-0,6712	0,1043	0,9793	-0,0241	-0,7258	0,8964	-0,8916	-0,2807	0,6481
-0,4849	0,1318	0,9811	-0,0211	-0,7186	0,9040	-0,8744	-0,2536	0,6519
-0,4812	0,2125	0,9966	-0,0196	-0,6603	0,9359	-0,8720	-0,2499	0,7859
-0,4724	0,2215		0,0200	-0,6101	0,9699	-0,8716	-0,2252	
-0,4471	0,2318		0,0344	-0,5750		-0,8347	-0,2197	
-0,4038	0,2320		0,0346	-0,5521		-0,8312	-0,2126	

Приложение 2

Текст программы к лабораторной работе № 2

```
function Approxpdf(n,A,a,lampda,g)
X=GenRandom(n,A,a,lampda,'N');
[xv,fv,fz,m]=approx(X,1);
F=Truepdf(xv,A,a,lampda,'N');
subplot(211); plot(xv,log(fv),'ro-',xv,log(F),'b'); xlabel('X'); ylabel('log f'); legend('LF','LF*');
subplot(212); plot(xv,F,'k',xv,fz,'b-'); xlabel('X'); ylabel('f'); legend('F','F*');
```

```
function X=GenRandom(n,A,a,lampda,g)
% n   объем-выборка
% R   Равномерное      N   Нормальное
% L   Логистическое   E   Экспоненциальное
% G   Гамма (хи-квадрат)
% где A=[A1 A2 ...Am]
% a=[a1 a2...am] lampda=[lampda1 lampda2 ...lampdam]
% если f = 0.5N(5,1)+0.5N(11,2)
%     A=[0.5 0.5] a=[5 11] lampda=[1 2]
X=[];
for i=1:length(A)
    ni=n*A(i);
    switch g
    case 'R'
        Xi=a(i)+ lampda(i)*rand(ni,1);
    case 'N';
        Xi=a(i)+ lampda(i)*(sqrt(-2*log(rand(ni,1)))).*sin(2*pi*rand(ni,1));
    case 'E'
        Xi=a(i)- lampda(i) *log(rand(ni,1));
    case 'L'
        Xi=a(i)+lampda(i)*log((1-rand(ni,1))./rand(ni,1));
    case 'G'
        ng=input(['n',num2str(i),'\n']);
        for j=1:ni
            Xi(j)=a(i)+ lampda(i)*sum((randn(ng,1)).^2)/2;
        end
    end
    if size(Xi,2)>size(Xi,1)
        Xi=Xi';
    end
    X=[X;Xi];
end
```

```

X=sort(X);

function F=Truepdf(X,A,a,lampda,g)
F=0;
for i=1:length(A)
switch g
case 'N';
    F=F+A(i)*exp(-0.5*((X-a(i))/lampda(i)).^2)/(sqrt(2*pi)*lampda(i));
case 'E'
    F=F+A(i)*exp(-(X-a(i))/lampda(i))/lampda(i);
case 'L'
    z=(X-a(i))/lampda(i);
    F=F+A(i)*1/lampda(i)*exp(-z)/(1+exp(-z)).^2;
case 'G'
    n=input(['n',num2str(i),'\n']);
    F=F+A(i)*(X-a(i)).^(n/2-1)/(lampda(i)^(n/2)*gamma(n/2)).*exp(-(X-a(i))/lampda(i));
end
end

```

```

function [xv,fv,fz,m]=approx(x,criteria)
% Дубов И.Р. Аппроксимация вероятностных законов в системах мониторинга.
% Владимир, 2001. –137с.
% criteria=0 или 1
x=sort(x);          % упорядоченная выборка
n=length(x);
for i=1:(n-1)
    xv(i)=(x(i)+x(i+1))/2;
end
xv=xv'; k=1:n;
d=sum(k.^-2);      % Дисперсия ошибок
M=-1*sum(k.^-1);  % пси-функция Эйлера (дигамма – функция)
nr=n-1;
for i=1:nr
    fv(i)=exp(M)/(x(i+1)-x(i));
end
fv=fv'
lfv=log(fv);      % lfv локальные оценок логарифма плотности вероятности
                % Аппроксимация логарифма плотности
if criteria==0
    [m,fest,lfz,a]=Malloca(xv,lfv,d);
else
    for i=1:n-1
        [yest,fest]=fit(xv,lfv,'x',i-1,1);
        f(i)=abs(mean((lfv-yest).^2)-d);
    end
end

```

```

    j=i+1;
    [yest,fest]=fit(xv,lfv,'x',j-1,1);
    c=abs(mean((lfv-yest).^2)-d);
    if c>f(i)
        break;
    end
end
m=i-1;
[lfz,fest]=fit(xv,lfv,'x',m,1);
end
fz=exp(lfz);

function [yest,fest,a]=fit(x,y,f,m,s)
% y=X1(x)+X2(x)+X3(x) ... +Xm(x)+error of std s
% where Xj(x) bases function
% A=[X1(x) X2(x) X3(x) ... Xm(x)]
% % size of A is N*M
% for example if y(x)=a_0+a_1*x+a_2*x^2 ... a_m*x^m
% A=[1 X X^2 ... X^m]
% a=[a_0 a_1 ... a_m]
% where X=[x_1 x_2 ... x_n]'

if size(x,2)>size(x,1)
    x=x';
end
if size(y,2)>size(y,1)
    y=y';
end
if size(s,2)>size(s,1)
    s=s';
end
n=length(x);
s=s.*ones(n,1);
si=1./s;
sg=sqrt(1/mean(si.^2));
sb=si*sg;
Af=zeros(n,m+1);
for i=0:m
    Af(:,i+1)=(((eval(f)).^i));
end
sa=sb(:,ones(1,m+1));
A=Af.*sa;
alpha=A'*A;

```

```

b=y.*sb;
Beta=A'*b;
a=inv(alpha)*Beta;
yest=Af*a;
fest=[num2str(a(1))];
for i=2:length(a)
    fest=[fest,'+',num2str(a(i)),'*',f,'.^',num2str(i-1)];
end
%fest=['y=',fest];
temp=fest;
n=length(temp)-1;
j=1;
i=1;
while (j<n)
    if (temp(j)=='+')&(temp(j+1)=='-')
        fest(i)=[];
        i=i-1;
    end
    i=i+1;
    j=j+1;
end

```

```

function [degree,fest,LF,a]=Malloca(xf,lfv,sd2)
%=====
%          malloca criteria
%  c=abs(mean((lfv-yest).^2)-d*(1-2*(j-1)/n))
%=====
n=length(xf);
sd=sd2.^0.5;
for i=2:n
    [yest,fest]=fit(xf,lfv,'x',i-1,sd);
    f(i)=sum(((yest-lfv).^2)/sd2)-(n-2*(i-1));
    j=i+1;
    [yest,fest,a]=fit(xf,lfv,'x',j-1,sd);
    c=sum(((yest-lfv).^2)/sd2)-(n-2*(j-1));
    if c>f(i)
        break;
    end
end
degree=i-1;
[yest,fest,a]=fit(xf,lfv,'x',degree,sd);
LF=yest;

```


Приложение 3

Текст программы к лабораторной работе № 3

```
function [xf,lfv,sd2]=mergeuv(u,v)
% Исходные данные:
% u      аргумент событий S=1
% v      аргумент событий S=0
ns=length(u); % объем выборки u
nsdash=length(v); % объем выборки v
[un,mun,umin,umax]=bmergeuv(u,v);
[vn,mvn,vmin,vmax]=bmergeuv(v,u);
[xv,fv,sd2]=xvfv(un,mun);
n0=length(un);
u0i=un(1:n0-1);
u0i1=un(2:n0);
Ax=[fv sd2 ones(n0-1,1) xv u0i u0i1];
[xvc,fvc,sd2c]=xvfv(vn,mvn);
n0c=length(vn);
v0i=vn(1:n0c-1);
v0i1=vn(2:n0c);
Axc=[fvc sd2c zeros(n0c-1,1) xvc v0i v0i1];
xm=sort([un;vn]);
rep=[];
for i=1:length(xm)-1
    if xm(i)==xm(i+1)
        rep=[rep i];
    end
end
xm(rep)=[];
Axm=[];
for i=1:length(xm)-1
    for j=1:n0-1
        if (xm(i)>=un(j))&(xm(i+1)<=un(j+1))
            Axm=[Axm;xm(i) xm(i+1) Ax(j,:)];
        end
    end
end
Axcm=[];
```

```

for i=1:length(xm)-1
    for j=1:n0c-1
        if (xm(i)>=vn(j))&(xm(i+1)<=vn(j+1))
            Axcм=[Axcм;xm(i) xm(i+1) Axc(j,:)];
        end
    end
end
Am=[Axm;Axcм];
Am=sortrows(Am,1);
Af=[];
for i=1:size(Am,1)-1
    if (Am(i,1)==Am(i+1,1))&(Am(i,5)==1)&(Am(i+1,5)==0)
        Af=[Af; Am(i,1) Am(i,2) Am(i,3) Am(i,4) Am(i+1,3) Am(i+1,4) Am(i,6) Am(i+1,6)];
    end
end
for i=1:size(Af,1)
    if ((Af(i,7)>Af(i,1))&(Af(i,7)<Af(i,2))&(Af(i,8)>Af(i,1))&(Af(i,8)<Af(i,2)))
        xf(i)=(Af(i,7)+Af(i,8))/2;
    elseif ((Af(i,7)>Af(i,1))&(Af(i,7)<Af(i,2))&((Af(i,8)<Af(i,1))|(Af(i,8)>Af(i,2))))
        xf(i)=Af(i,7);
    elseif ((Af(i,8)>Af(i,1))&(Af(i,8)<Af(i,2))&((Af(i,7)<Af(i,1))|(Af(i,7)>Af(i,2))))
        xf(i)=Af(i,8);
    else
        xf(i)=0;
    end
end
xfz=find(xf==0);
Af(xfz,:)=[];
xf=xf;
fv=Af(:,3)/Af(:,5);
lfv=log(fv)+log(ns/nsdash);
sd2=Af(:,4)+Af(:,6);

```

```
function [vn,mvn,vmin,vmax]=bmergeuv(v0,u0)
```

```
% Дубов И.Р. Аппроксимация вероятностных законов в системах мониторинга:
```

```
% Владимир 2001. – 137 с.
```

```
% Искусственное округление
```

```

n=length(u0);
vn=[];mvn=[];vmin=[];vmax=[];
for i=1:n
    f=find(v0==u0(i));
    if length(f)>0
        vmin=[vmin v0(f(1))];
        vmax=[vmax v0(f(length(f)))];
        vs=0;
        ms=0;
        for j=1:length(f)
            vs=vs+v0(f(j));
        end
        ms=length(f);
        vn=[vn vs/ms]; mvn=[mvn ms];
    end
end
for i=1:n-1
    f=find((v0>u0(i)&v0<u0(i+1)));
    if length(f)>0
        vmin=[vmin v0(f(1))];
        vmax=[vmax v0(f(length(f)))];
        vs=0;
        ms=0;
        for j=1:length(f)
            vs=vs+v0(f(j));
        end
        ms=length(f); vn=[vn vs/ms]; mvn=[mvn ms];
    end
end
f=find(v0<u0(1));
if length(f)>0
    vmin=[vmin v0(f(1))];
    vmax=[vmax v0(f(length(f)))];
    vs=0;
    ms=0;
    for j=1:length(f)
        vs=vs+v0(f(j));
    end
end

```

```

    end
    ms=length(f);vn=[vn vs/ms];mvn=[mvn ms];
end
f=find(v0>u0(n));
if length(f)>0
    vmin=[vmin v0(f(1))];
    vmax=[vmax v0(f(length(f)))];
    vs=0;ms=0;
    for j=1:length(f)
        vs=vs+v0(f(j));
    end
    ms=length(f);
    vn=[vn vs/ms]; mvn=[mvn ms];
end
vn=vn';
mvn=mvn';
vmin=vmin';
vmax=vmax';
Au=[vn mvn vmin vmax];
Au=sortrows(Au,1);
vn=Au(:,1);
mvn=Au(:,2);
vmin=Au(:,3);
vmax=Au(:,4);

function [xv,fv,sd2]=xvfv(x0,m)
% Исходные данные:
% Вариационный ряд реализаций  $x_i$  случайной величины  $x_0$ 
% с количеством повторений  $m_i$  каждого значения
% fv локальные оценок логарифма плотности вероятности
n0=length(x0);
nr=n0-1;
n=sum(m) % total samples
for i=1:nr
    xv(i)=x0(i)*m(i)/(m(i)+m(i+1))+x0(i+1)*m(i+1)/(m(i)+m(i+1));
    u(i)=m(i)+m(i+1)-1;
    fv(i)=(u(i)+1)*exp(dapsu(u(i),1)-dapsu(n+1,1))/(2*u(i)*(x0(i+1)-x0(i)));

```

```

    sd2(i)=dapsu(u(i),0)-dapsu(n+1,0);
end
xv=xv';fv=fv';sd2=sd2';

function y = polymf(x,A)
% y=exp(a_0+a_1*x...a_m*x^m)/(1+exp(a_0+a_1*x...a_m*x^m))
% Исходные данные:
%   A параметры логита функций принадлежности
%   x   level
P=[num2str(A(1))];
f='x.^';
for i=2:length(A)
    P=[P,+',num2str(A(i)),*',f,num2str(i-1)];
end
temp=P;
n=length(temp)-1;
j=1;
i=1;
while (j<n)
    if (temp(j)=='+')&(temp(j+1)=='-')
        P(i)='';
        i=i-1;
    end
    i=i+1;
    j=j+1;
end
y=eval(P);
y=exp(y)/(1+exp(y));

```

Библиографический список

1. *Аверкин, А. Н.* Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин, А. Ф. Блишун. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
2. *Алиев, Р. А.* Управление производством при нечёткой исходной информации / Р. А. Алиев. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
3. *Дубов, И. Р.* Аппроксимация вероятностных законов в системах мониторинга / И. Р. Дубов ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2001. – 137 с. – ISBN 5-89368-265-3.
4. *Дьяконов, В.* MATLAB 6: учебный курс / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2001. – 592 с. – ISBN 5-318-00363-X.
5. *Дьяконов, В.* Математические пакеты расширения MATLAB: Спец. справ. / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2001. – 480 с. – ISBN 5-318-00004-5.
6. *Чен, К.* MATLAB в математических исследованиях / К. Чен, П. Джиглин, А. Ирвинг. – М. : Мир, 2001. – 346 с. – ISBN 5-03-002821-8.

Оглавление

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	3
1.1. Порядок построения систем управления.....	3
1.2. База знаний в системах управления.....	
1.3. Алгоритм дефаззификации.....	
1.4. Пакет нечеткой логики.....	
2. Лабораторная работа № 1. УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ	6
3. Лабораторная работа № 2. АППРОКСИМАЦИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ	13
4. Лабораторная работа № 3. ОЦЕНИВАНИЕ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИЗ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ	21
ПРИЛОЖЕНИЯ	26
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	46

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА

Методические указания к лабораторным работам

Составители
ДУБОВ Илья Ройдович
ДИАБ Тамер Омар

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В.Н.Ланцов

Редактор Е. В. Невская
Корректор Е.В. Афанасьева
Компьютерная верстка С.В. Павлухиной

ЛР № 020275. Подписано в печать 06.09.05.
Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,95. Тираж 100 экз.

Заказ
Издательство
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.