

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

Кафедра автоматизации обработки информации (АОИ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав кафедрой АОИ, профессор

_____ Ю.П. Ехлаков

“ ____ ” _____ 2016 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ по дисциплине

**РЫНКИ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**
(дисциплина по выбору)

Уровень основной образовательной программы: **магистратура**

Направление подготовки магистра: **38.04.05 «Бизнес-информатика»**

Магистерская программа: **«Предпринимательство и организация бизнеса
в сфере информационных технологий»**

Форма обучения: **очная**

Проф. Н.В. Замятин

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа 1. Ценовая модель фирмы.....	3
2. Лабораторная работа 2. Оценка факторов макросреды фирмы.....	8
3. Лабораторная работа 3. Аппроксимация функции одной переменной.....	11
4. Лабораторная работа 4. Построение кривой спроса.....	25
5. Лабораторная работа 5. Математическое моделирование вложения инвестиций.....	30

Лабораторная работа 1. Ценовая модель фирмы

Цель работы. Научиться строить модель цены для фирмы ИКТ. Фирма выпускает информационный продукт и реализует его на рынке. Как будет вести себя цена на товар при изменении объема производства, потому что при увеличении предложения на рынке происходит падение спроса и приходится снижать цену. При каких условиях цена будет стабильной.

Предполагается, что рынок всегда находится в условиях локального равновесия. Исторически такая модель получила название "Паутинообразной", вероятно, потому, что такого же принципа "учета предыдущего шага" придерживается паук, когда он тклет паутину.

Ход работы. Для рынка ИКТ лучше подходит вероятностная модель с обучением. Предполагается, что спрос на T -м отрезке времени линейно зависит от текущей цены и, кроме того, спрос подвержен случайному разбросу. Таким образом, для описания спроса нужно задать коэффициенты линейного уравнения: (например A и B) и случайную величину (например U_T), имеющую заданное распределение."

В результате получается расчетная формула следующего вида:

$$D_T = A - B \cdot P_T + U_T, \quad (1)$$

где: D_T – спрос на T -м отрезке;

A, B - коэффициенты линейного уравнения;

P_T - подлежащая определению цена на T -м отрезке времени;

U_T - случайная величина с заданным законом распределения.

Спрос симметрично колеблется относительно среднего значения, которое определяется постоянными коэффициентами линейного уравнения. Поэтому можно выбрать нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и заданным средним квадратическим отклонением (СКО) – σ_u .

Предполагается, что предложение на текущем отрезке также линейно зависит от цены, но не текущей, а представляющей собой некоторую комбинацию цен на двух предыдущих отрезках времени. В простейшем

случае это может быть средняя цена. Поэтому, для расчета предложения используется следующая зависимость:

$$S_T = C + E \cdot P(\rho) + V_T \quad (2)$$

где S_T – предложение на T -м отрезке времени;

C, E – коэффициенты линейного уравнения;

$P(\rho)$ – среднее (точнее, средневзвешенное) значение цены на двух предыдущих отрезках времени;

V_T – случайная величина с заданным законом распределения только с другим СКО $-\sigma_v$.

Средневзвешенная цена предшествующий период определяется по формуле:

$$P(\rho) = P_{T-1} - \rho (P_{T-1} - P_{T-2}). \quad (3)$$

При $\rho = 0$ средневзвешенная цена $P(\rho) = P_{T-1}$. Это означает, что обучение в модель не заложено. Для другого крайнего случая (при $\rho = 1$) средневзвешенная цена $P(\rho) = P_{T-2}$. Это также означает, что обучение в модели отсутствует, но для определения предложения используется более удаленная цена. Наконец, при $\rho = 0,5$ средневзвешенная цена $P(\rho)$ равна среднему арифметическому значению из цен P_{T-1} и P_{T-2} .

Еще добавить уравнение локального равновесия рынка, которое можно записать так:

$$S_T = D_T + W_T, \quad (4)$$

где S_T — предложение на T -м отрезке времени;

D_T — спрос на T -м отрезке времени;

W_T — случайная величина с заданным распределением.

Примем опять нормальное распределение. Для выбора других распределений нет особых оснований.

Система уравнений (1), (2), (3) и (4) после преобразований сводится к выражению вида:

$$P_T = F(P_{T-1}, P_{T-2}) \quad (5)$$

Вначале необходимо каким-либо приближенным способом определить цену для первых двух отрезков времени. После этого можно производить вычисления по зависимости (5) неограниченное число раз. Результаты расчетов удобнее всего представить в виде графика.

Спрос на товар на T -м отрезке времени линейно зависит от текущей цены P_T и случайной переменной U_T , учитывающей влияние случайных факторов на величину спроса. Переменная U_T имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием M_u и заданным СКО - σ_u . Таким образом, зависимость для спроса на товар имеет следующий вид:

$$D_T = A - B \cdot P_T + U_T.$$

Предложение на T -м отрезке времени рассчитывается с учетом обучения системы. Поэтому оно зависит от цены на предыдущих $(T-1)$ -м и $(T-2)$ -м отрезках времени и случайной переменной V_T , которая учитывает влияние случайных факторов на величину предложения. Переменная V_T имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием M_v и заданным СКО σ_v . Таким образом, зависимости для предложения имеют следующий вид:

$$S_T = C + E \cdot P(\rho) + V_T,$$

$$P(\rho) = P_{T-1} - \rho (P_{T-1} - P_{T-2}),$$

где ρ – весовой коэффициент, задаваемый в диапазоне $(0 \leq \rho \leq 1)$.

Условие локального равновесия рынка означает совпадение спроса и предложения с точностью до случайной величины W_T . Предполагается, что переменная W_T имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием M_w и заданным СКО σ_w . Зависимость, учитывающая равновесие рынка, имеет вид:

$$S_T = D_T + W_T. \quad (6)$$

Подставляя выражения для D_T , $P(\rho)$ и S_T в (6) и разрешая уравнение относительно P_T , получаем:

$$P_T = [A - C - E \cdot [P_{T-1} - \rho \cdot (P_{T-1} - P_{T-2})] + U_T - V_T + W_T] / B \quad (7)$$

Поскольку для определения величины P_T необходимо знать значения

P_{T-1} и P_{T-2} для двух предыдущих отрезков времени, то проводить расчеты по формуле (7) можно только, начиная с 3-го отрезка, при условии, что P_1 и P_2 известны.

Для их нахождения сделаем дополнительное допущение о том, что на первых двух отрезках обучение отсутствует, т. е. весовой коэффициент $\rho = 0$. Без учета случайностей цена на 2-м отрезке определится по формуле

$$P_2 = (A - C - E * P_1) / B. \quad (8)$$

Если предположить, что перед началом работы фирмы исходная цена совпадает с ценой на 1-м отрезке, то величина P_1 определится по формуле

$$P_1 = (A - C) / (B + E). \quad (9)$$

Задача моделирования заключается в исследовании влияния параметров системы на характер зависимости цены от времени.

Схема алгоритма модуля "Model 1" показана на рис. 1.

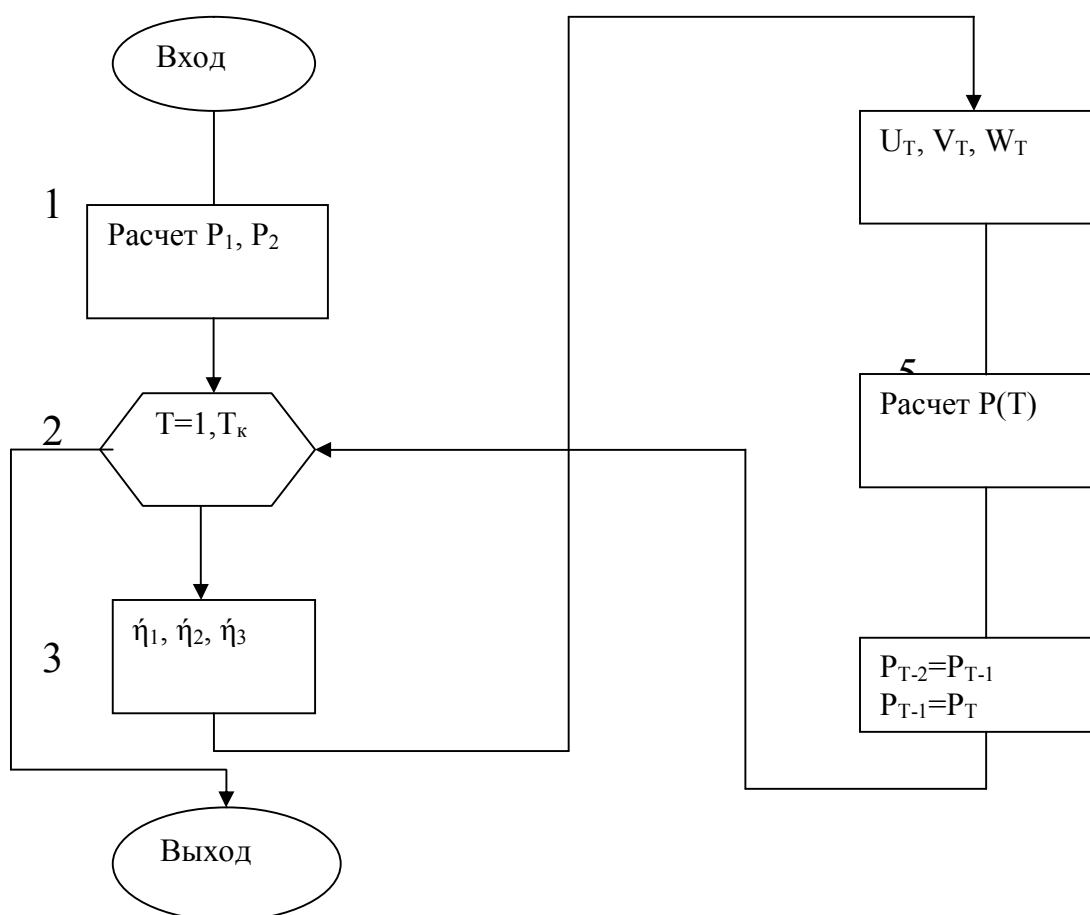


Рис. 1. Схема алгоритма модуля "Model 1"

Внутри этого модуля группа операторов 1 определяет цены для 1-го и 2-го отрезков времени по формулам (8) и (9). Оператор 2 является началом циклического перебора временных отрезков, начиная с 3-го и заканчивая последним T_{K-M}

Группа операторов 3 вырабатывает три возможных значения эталонной (нормированной и центрированной) случайной величины η с нормальным распределением, которые используются группой операторов 4 для расчета возможных значений случайных переменных U_T , V_T , W_T с заданными СКО.

Оператор 5 осуществляет расчет выходной переменной P_T по формуле (7), Оператор 6 подготавливает новые значения переменных P_{T-1} и P_{T-2} для расчета P_T на следующем временном отрезке (следующем витке цикла).

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Примем следующие входные данные:

$T_K = 30$; $A = 10$; $B = 5$; $C = 3$; $\rho = 0.2$; $\sigma_u = 0.1$; $\sigma_v = 0.1$; $\sigma_w = 0.1$; $M_u = 0$; $M_v = 0$; $M_w = 0$,

Для варьируемой переменной E выберем значения: 4; 5; 5,5. Результаты моделирования представлены графиком:

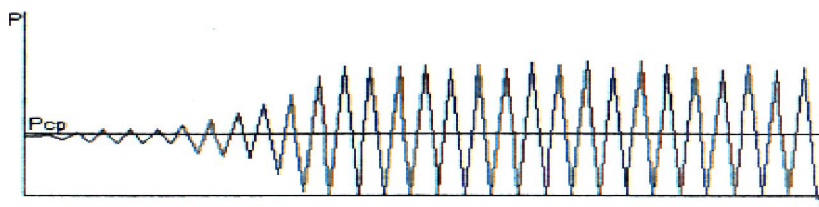


Рис.6. Зависимость цены от времени при $E=6$ и $B = 5$

Анализ результатов моделирования показывает, что зависимость цены товара P от времени имеет колебательный характер и зависит от соотношения параметров E и B .

Если $E < B$, то колебания незначительны, если $E = B$, то колебания имеют постоянную амплитуду, а если $E > B$, то амплитуда колебаний имеет тенденцию к безграничному возрастанию. Однако по физическим соображениям цена не может быть отрицательной, с учетом этого ограничения возрастание амплитуды происходит до тех пор, пока не начнут появляться нулевые значения цены. После этого колебания стабилизируются.

Лабораторная работа 2. ОЦЕНКА ФАКТОРОВ МАКРОСРЕДЫ ФИРМЫ

Любая фирма действует в окружении определенной внешней среды, которую можно разделить на макро- и микросреду. Наиболее существенными параметрами внешней среды фирмы, влияющими на ее стратегическое поведение, являются факторы макросреды, на которые фирма не может оказывать прямого влияния. Она должна постоянно следить за их изменением и учитывать в своей деятельности.

Задание.

1. Выберите из таблицы 1 один из предложенных вариантов двух видов бизнеса.

Вариант	Фирма1	Фирма2
1	Корпоративные системы	компьютеры
2	Операционные системы	Коммуникационное оборудование
3	Интернет-услуги	Программное обеспечение
4	Услуги связи	Обслуживание вычислительной техники

2. В столбце 1 таблицы 2 впишите в соответствующие позиции макрофакторы, влияющие на деятельность фирмы, добавив их к уже имеющимся.

3. Проставьте ранги важности факторов макросреды для каждого из перечисленных производителей. Ранги проставлять по одному для группы

факторов, сумма рангов должна равняться единице. (Например, политические факторы – 0,2; экономические – 0,3; культурные – 0,05 и т.д.).

4. Оцените степень влияния факторов внешней среды на бизнес фирмы (сформулированных вами). Для этого проставьте ответы по шкале: 1 – не влияет; 2 – слабо влияет; 3 – умеренно влияет; 4 – сильно влияет; 5 – очень сильно влияет.

5. Сумму баллов по каждой группе факторов умножьте на ранг и получите оценку фактора макросреды фирмы. Выявите, какие факторы оказывают наибольшее, а какие наименьшее влияние на каждый вид бизнеса. Объясните, почему для каждого предприятия результаты оценки могут быть разными.

Макрофакторы (для индивидуального заполнения)	Влияние на бизнес			
	Фирма 1		Фирма 2	
	Баллы	Ранг фактора	Баллы	Ранг
Политические факторы				
1. Президентские выборы				
2.				
3.				
4.				
5.				
		Итог:		Итог:
Правовые факторы				
1. Инвестиционный климат				
2.				
3.				
4.				
5.				
		Итог:		Итог:
Экономические факторы				
1.Цены на энергоносители				
2.				
3.				
4.				
5.				
		Итог:		Итог:
Технологические факторы				
1. Износ оборудования				
2.				
3.				
4.				
5.				
		Итог:		Итог:
Социальные факторы				
1. Старение ведущих специалистов				
2.				
3.				
4.				
5.				
		Итог:		Итог:
Природные факторы				
1. Зимние условия работы				
2.				
3.				
4.				
5.				
		Итог:		Итог:
Культурные факторы				
1. Традиции				
2.				
3.				
4.				
5.				
		Итог:		Итог:

Лабораторная работа № 3. Аппроксимация функции одной переменной

Цель работы

Изучить процедуры идентификации моделей. Понять о необходимости аппроксимации функций входов и выходов при идентификации математических моделей. Для этой цели целесообразно применить новый подход в виде нейронных сетей. Научиться работать с нейронной сетью прямой передачи данных и с алгоритмом обучения методом обратного распространения ошибки для аппроксимации нелинейной функции.

Краткие теоретические сведения

При построении математических моделей большого числа объектов достаточно эффективным оказывается использование методов идентификации - процедур построения адекватной в регламентированном смысле модели какого-либо объекта по экспериментальным данным (реализациям входных и выходных процессов).

Идентифицированные модели используются в дальнейшем для анализа и оптимизации процессов функционирования, диагностики, управления технических систем, создания математического обеспечения соответствующих САПР, АСНИ. В связи с этим современному инженеру необходимы знания и навыки построения достаточно простых и адекватных математических моделей технических систем, основываясь на экспериментальных данных.

Настоящие лабораторные работы ориентированы на ознакомление студентов с основами теории идентификации систем, привитие навыков построения моделей методами множественного корреляционно-регрессионного анализа и поисковой идентификации.

Под идентификацией объекта понимают построение его математической модели по данным о реакции объекта на известные внешние воздействия.

Задача идентификации формулируется следующим образом (рис.1).

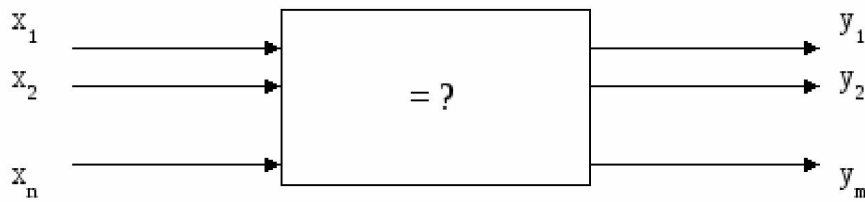


Рис. 1. Принципиальная схема задачи идентификации

Пусть в результате каких-либо экспериментов над некоторым объектом измерены его входные переменные $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и выходные переменные $\mathbf{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_m)$. Требуется определить вид (структуру) и параметры некоторого оператора $\hat{\mathbf{A}}$, ставящего в соответствие переменные $\mathbf{X}$ и $\mathbf{Y}$: $\mathbf{Y} = \hat{\mathbf{A}}(\mathbf{X})$. Различают задачи идентификации в широком (структурная идентификация) и узком (параметрическая идентификация) смысле. В первом случае считаются неизвестными структура и параметры оператора $\hat{\mathbf{A}}$, во втором - лишь параметры этого оператора.

В качестве «объекта идентификации» в общем случае могут рассматриваться механическая, электрическая или биологическая система, замкнутые или разомкнутые (с обратной связью) системы управления и т. д. Методы идентификации таких разнообразных по назначению, виду и структуре объектов естественно различаются, хотя существует и ряд общих закономерностей. В практике идентификации обычно используют совокупность различных методов, применяя их в порядке возрастания адекватности и точности получаемых моделей.

Будем считать, что в общем случае в результате экспериментов получена информация о состояниях выходных переменных $\mathbf{y}^j$ и входных

переменных $\mathbf{x}_i$, от которых предположительно зависят $\mathbf{y}_j$. Результатом наблюдений является таблица экспериментальных данных:

$$T_{X,Y} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{n1} & y_{11} & y_{21} & \cdots & y_{m1} \\ x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{n2} & y_{12} & y_{22} & \cdots & y_{m2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{1N} & x_{2N} & \cdots & x_{nN} & y_{1N} & y_{2N} & \cdots & y_{mN} \end{pmatrix}$$

где N – количество опытов (повторений эксперимента), n – число входных переменных, m – число выходных переменных, x_{ik} – значение i -ой входной переменной для k -го опыта, y_{jk} – значение j -той выходной переменной для k -го опыта.

Требуется для каждой выходной переменной $\mathbf{y}_j$ построить аналитическую зависимость $y_j = \hat{A}_j(\mathbf{x})$, адекватно описывающую имеющиеся экспериментальные данные (в дальнейшем индекс при y будем опускать, предполагая, что выходные переменные друг от друга не зависят, и без ограничения общности достаточно рассмотреть случай одномерного вектора $\mathbf{Y}$: $y = \hat{A}(\mathbf{x})$).

Интерполяционные методы обработки данных в точности воспроизводят значения данной функции в узлах интерполяции. Однако в ряде случаев выполнение этого условия затруднительно или даже нецелесообразно:

1. Если заданные величины x и y являются экспериментальными данными, то могут содержать в себе существенные ошибки, так как получены в результате измерений или наблюдений. Поэтому построение аппроксимирующего многочлена, воспроизводящего в точности заданное значение функции, означало бы тщательное копирование допущенных при измерениях ошибок.
2. Если имеются точные значения функции в некоторых точках, но число таких точек n весьма велико, то интерполяционный многочлен будет очень высокой степени (при условии, что разности не будут постоянными).

Поэтому возникает задача аппроксимации – построения многочлена некоторой вполне определенной степени, но меньшей чем $n - 1$, который хотя

и не дает точных значений функции в узлах интерполяции, но достаточно близко к ним подходит.

В лабораторной работе необходимо получить значения экспериментальных данных из таблицы и аппроксимировать эти зависимости регрессионным методом и нейронной сетью в программной среде МатЛаб. Сравнить эти методы аппроксимации.

Для реализации процедуры аппроксимации использовать нейронную сеть с прямой передачей сигнала (с прямой связью) [2], то есть сеть, в которой сигналы передаются только в направлении от входного слоя к выходному, и элементы одного слоя связаны со всеми элементами следующего слоя. Важнейшим для реализации нейронных сетей является определение алгоритма обучения сети.

В настоящее время одним из самых эффективных и обоснованных методов обучения нейронных сетей является *алгоритм обратного распространения ошибки*, который применим к *однонаправленным многослойным сетям*. В многослойных нейронных сетях имеется множество скрытых нейронов, входы и выходы которых не являются входами и выходами нейронной сети, а соединяют нейроны внутри сети, то есть *скрытые нейроны*. Занумеруем выходы нейронной сети индексом $j = 1, 2, \dots, n$, а обучающие примеры индексом $M = 1, 2, \dots, M_0$. Тогда в качестве целевой функции можно выбрать функцию ошибки как сумму квадратов расстояний между реальными выходными состояниями y_{jM} нейронной сети, выдаваемых сетью на входных данных примеров, и правильными значениями функции d_{jM} , соответствующими этим примерам. Пусть $\mathbf{x} = \{x_i\}$ – столбец входных значений, где $i = 1, 2, \dots, n$. Тогда $\mathbf{y} = \{y_j\}$ – выходные значения, где $j = 1, 2, \dots, m$. В общем случае $n \neq m$. Рассмотрим разность $y_{jM} - d_{jM}$, где d_{ji} – точное (правильное) значение из примера. Эта разность должна быть минимальна. Введем расстояния согласно евклидовой метрике, определив норму

$$\|y - d\| = \sqrt{(y - d, y - d)^2} . \quad (1)$$

Пусть целевая функция имеет вид

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j,M} (y_{j,M} - d_{j,M})^2 . \quad (2)$$

Коэффициент $\frac{1}{2}$ выбран из соображений более короткой записи последующих формул. Задача обучения нейронной сети состоит в том, чтобы найти такие коэффициенты w_{jk} , при которых достигается минимум $E(w)$ ($E \geq 0$).

На рис. 1 показана архитектура нейронной сети с прямой передачей сигнала.

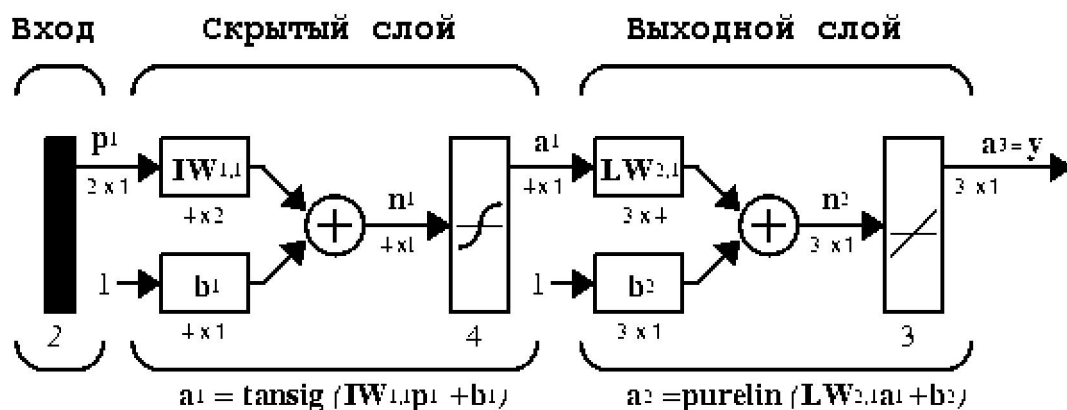


Рис. 1. Схема архитектуры нейронной сети с прямой передачей сигнала

Здесь приняты обозначения, используемые в [1], а именно, p^1 - вектор входа, $IW^{i,j}$, $LW^{i,j}$ - матрицы весов входа и выхода, b^i - смещение, a^i - выход слоя, y - выход сети, tansig (гиперболическая тангенциальная), purelin (линейная) - соответствующие функции активации.

Веса и смещения определяются с помощью алгоритма обратного распространения ошибок [3].

Обучение сети обратного распространения требует выполнения следующих операций:

1. Выбрать очередную обучающую пару из обучающего множества; подать входной вектор на вход сети.
2. Вычислить выход сети.
3. Вычислить разность между выходом сети и требуемым выходом (целевым вектором обучающей пары).
4. Скорректировать веса сети так, чтобы минимизировать ошибку.
5. Повторять шаги с 1 по 4 для каждого вектора обучающего множества до тех пор, пока ошибка на всем множестве не достигнет приемлемого уровня.

Пример решения задачи

Выполнение лабораторной работы состоит из следующих этапов: прежде всего, необходимо оцифровать график функции $y=f(x)$, то есть получить ряд соответствующих значений по горизонтальной и вертикальной осям.

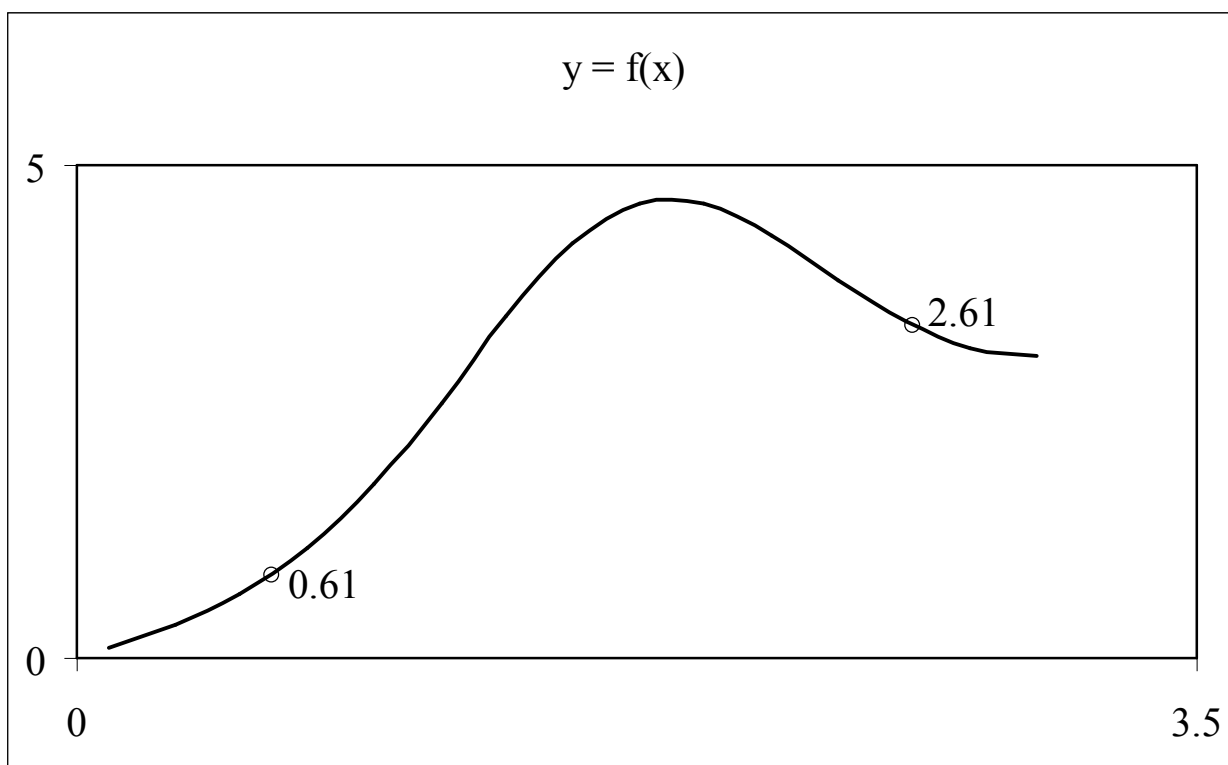


Рис. 2. Пример зависимости для функции одной переменной

В примере, показанном на рис. 2 были получены два массива, каждый из которых состоит из 15 значений. По горизонтальной оси – **[0.10 0.31 0.51 0.72 0.93 1.14 1.34 1.55 1.76 1.96 2.17 2.38 2.59 2.79 3.00]**. По вертикальной оси – **[0.1010 0.3365 0.6551 1.1159 1.7632 2.5847 3.4686 4.2115 4.6152 4.6095 4.2887 3.8349 3.4160 3.1388 3.0603]**.

Ниже приводится программа создания, обучения нейронной сети и вывода результатов.

```
x=[0.10 0.31 0.51 0.72 0.93 1.14 ...
    1.34 1.55 1.76 1.96 2.17 2.38 ...
    2.59 2.79 3.00];
y=[0.1010 0.3365 0.6551 1.1159 1.7632 2.5847 ...
    3.4686 4.2115 4.6152 4.6095 4.2887 3.8349 ...
    3.4160 3.1388 3.0603];
net=newff([0 3],[5,1],{'tansig','purelin'},'trainbfg');
net.trainParam.epochs=300;
net.trainParam.show=50;
net.trainParam.goal=1.37e-2;
[net,tr]=train(net,x,y);
an=sim(net,x);
plot(x,y,'+r',x,an,'-g'); hold on;
xx=[0.61 2.61];
v=sim(net,xx)
plot(xx,v,'ob','MarkerSize',5,'LineWidth',2)
```

В результате выполнения программы получаются следующие результаты, отражённые на рис. 3 и 4:

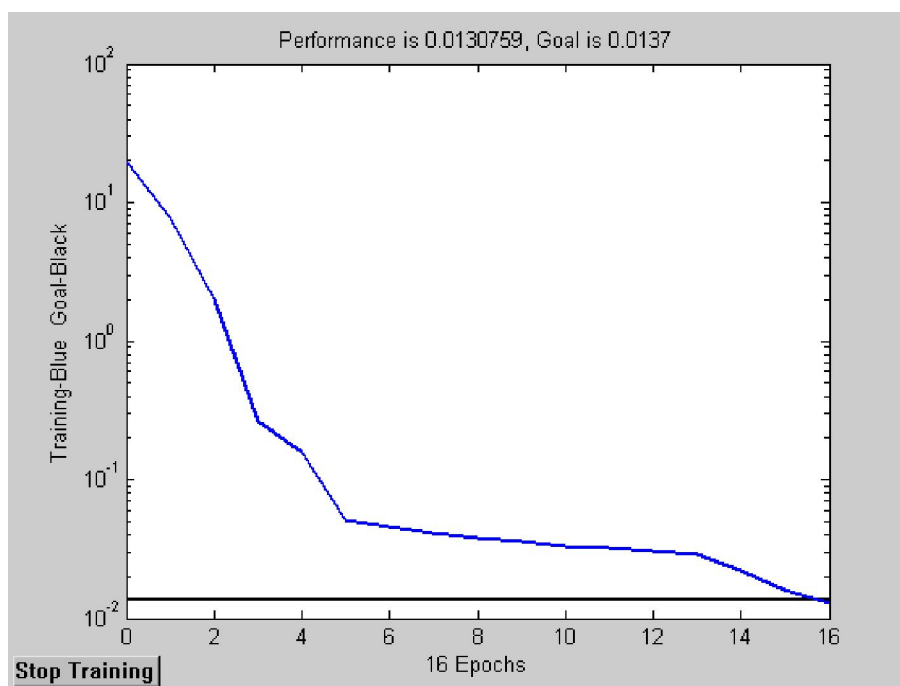


Рис. 3. Характеристика точности обучения в зависимости от числа эпох обучения

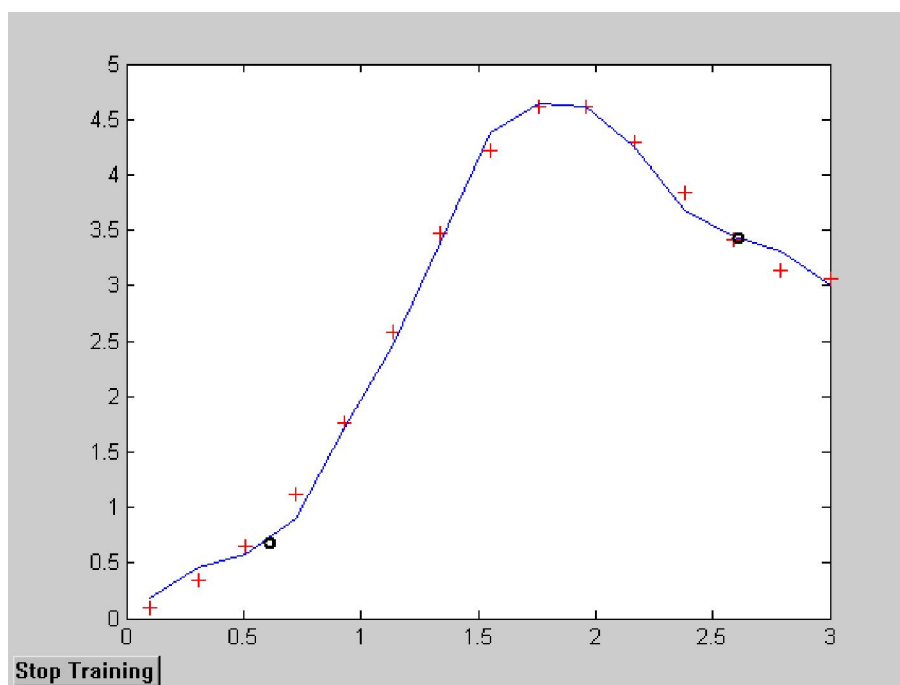


Рис. 4. Результаты моделирования сети: + - исходные данные; сплошная линия и символ «о» – результаты моделирования всей зависимости и в контрольных точках

В массиве $\mathbf{v}$ содержатся приближённые значения для двух контрольных точек, указанных на графике (рис. 2) $\mathbf{xx}=[0.61 \ 2.61]$. При данных параметрах сети получены значения: $\mathbf{v}=[1.05 \ 3.35]$. Сравнив эти приближённые значения с точными значениями $[0.85 \ 3.37]$, можно сделать вывод о корректности построения нейронной сети.

Отчёт о выполнении работы

Отчёт о выполнении лабораторной работы №1 должен быть выполнен на листах формата А4 и содержать следующие результаты:

1. Исходные данные своего варианта (рис. 1);
2. Текст программы с подробными комментариями;
3. Характеристику точности обучения и сравнения с результатами анализа МНК;
4. Результаты моделирования;
5. Сопоставление результатов в контрольных точках;
6. Краткие выводы о результатах работы.

Варианты заданий

Выбор варианта. По последней цифре в зачетной книжке, если больше 30, то сумма этих цифр.

Создайте таблицу 1 экспериментальных данных:

$$xi = a + h \cdot i, i = 0, 1, \dots, 10, h = (b - a) / 10 \text{ K на отрезке } [a, b].$$

Вариант

	$i y$	$[a, b]$
1	2.86; 2.21; 2.96; 3.27; 3.58; 3.76; 3.93; 3.67; 3.90; 3.64; 4.09	[0, 1]
2	1.14; 1.02; 1.64; 1.64; 1.96; 2.17; 2.64; 3.25; 3.47; 3.89; 3.36	[-1, 1]
3	4.70; 4.64; 4.57; 4.45; 4.40; 4.34; 4.27; 4.37; 4.42; 4.50; 4.62	[2, 4]
4	0.43; 0.99; 2.07; 2.54; 1.67; 1.29; 1.24; 0.66; 0.43; 0.35; 0.70	[2, 4]
5	1.55; 1.97; 1.29; 0.94; 0.88; 0.09; 0.02; 0.84; 0.81; 0.09; 0.15	[1, 4]
6	3.24; 1.72; 1.95; 2.77; 2.47; 0.97; 1.75; 1.55; 0.12; 0.70; 1.19	[0, 4]
7	2.56; 1.92; 2.85; 2.94; 2.39; 2.16; 2.51; 2.10; 1.77; 2.28; 1.70	[-1, 2]
8	1.77; 0.92; 2.21; 1.50; 3.21; 3.46; 3.70; 4.02; 4.36; 4.82; 4.03	[-1, 3]
9	1.53; 0.45; 1.68; 0.12; 0.68; 2.36; 2.58; 2.53; 3.45; 2.70; 2.82	[4, 8]
10	2.50; 3.90; 3.54; 4.63; 3.87; 5.25; 4.83; 3.24; 3.08; 3.00; 4.70	[0, 5]
11	2.95; 3.38; 2.71; 2.37; 2.29; 2.75; 2.76; 2.74; 2.57; 2.40; 2.99	[1, 5]

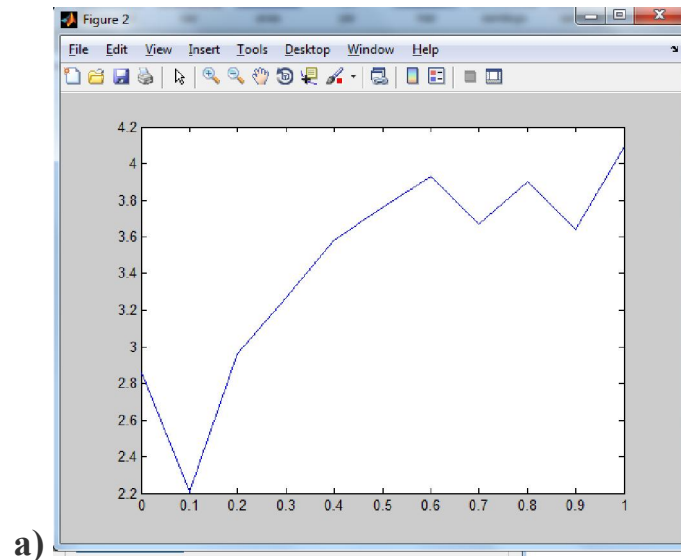


Рисунок 1 – график исходной функции

1. Создание и обучение нейронной сети:

```

x=[0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1];
y=[2.86 2.21 2.96 3.27 3.58 3.76 3.93 3.67 3.90 3.64 4.09];
net=newff([0 3],[10,1],{'tansig','purelin'},'trainbfg');
net.trainParam.epochs=300;
net.trainParam.show=50;
net.trainParam.goal=1.37e-2;
[net,tr]=train(net,x,y);
an=sim(net,x);
plot(x,y,'+r',x,an,'-g'); hold on;
xx=[0.1850.86];
v=sim(net,xx)
plot(xx,v,'ob','MarkerSize',5,'LineWidth',2)

```

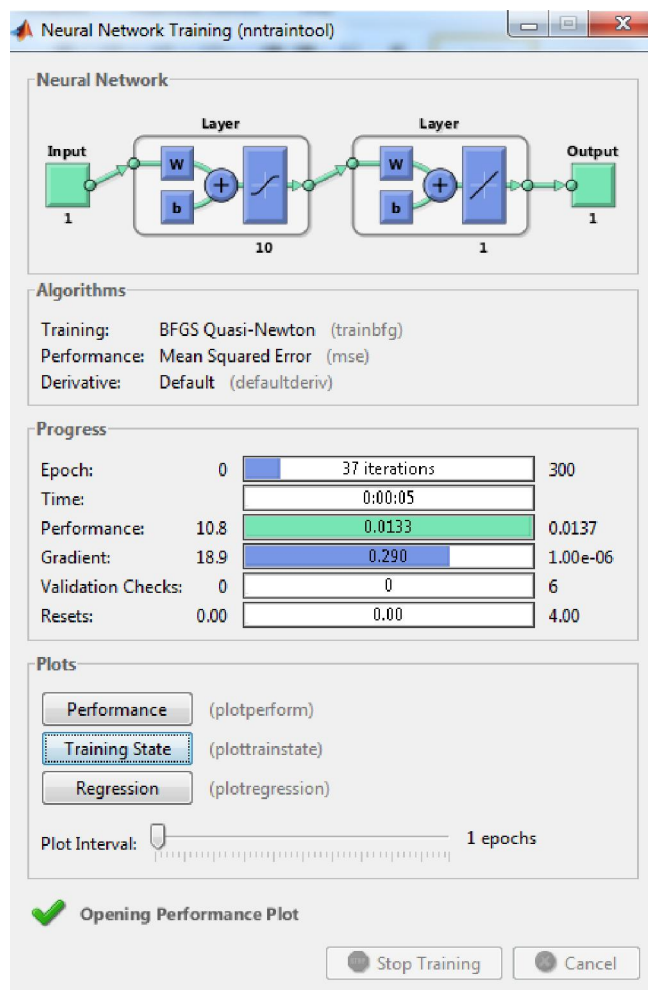


Рисунок 2 – Обучение сети

В процессе обучения сети получился график зависимости характеристики точности обучения сети от количества эпох (циклов), и вычисление среднеквадратичной ошибки сети составляет 0,013305 за 37 циклов:

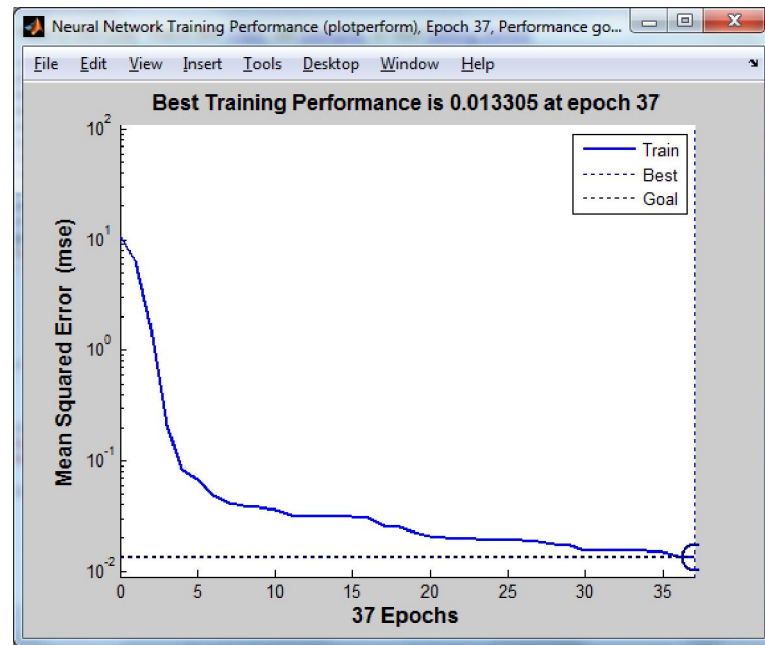


Рисунок 3 - Характеристика точности обучения в зависимости от количества эпох обучения

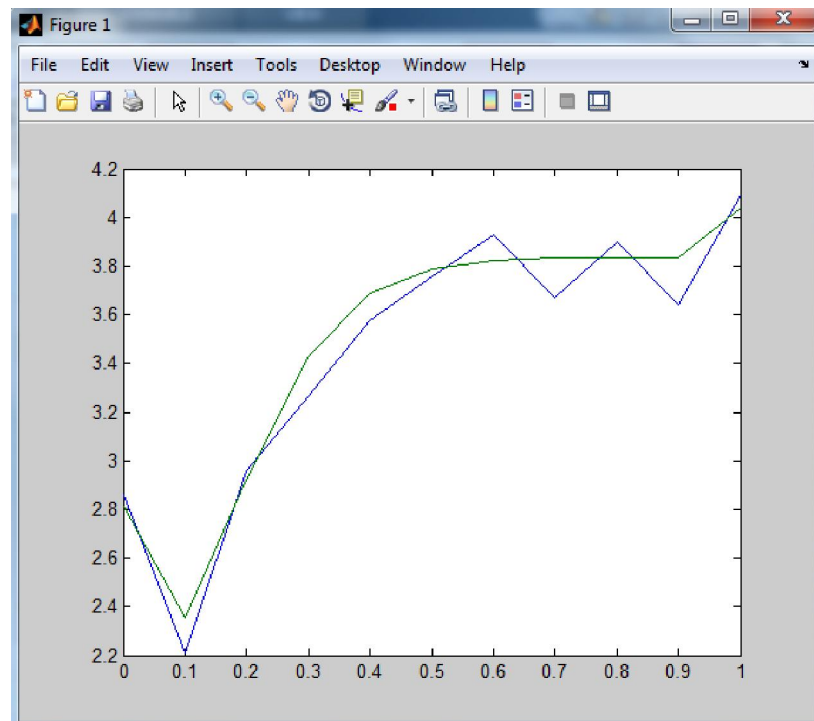


Рисунок 4 – Сравнение графиков исходной функции и аппроксимации

Аппроксимируем входящий набор точек методом МНК:
Результат для набора а) представлен ниже:

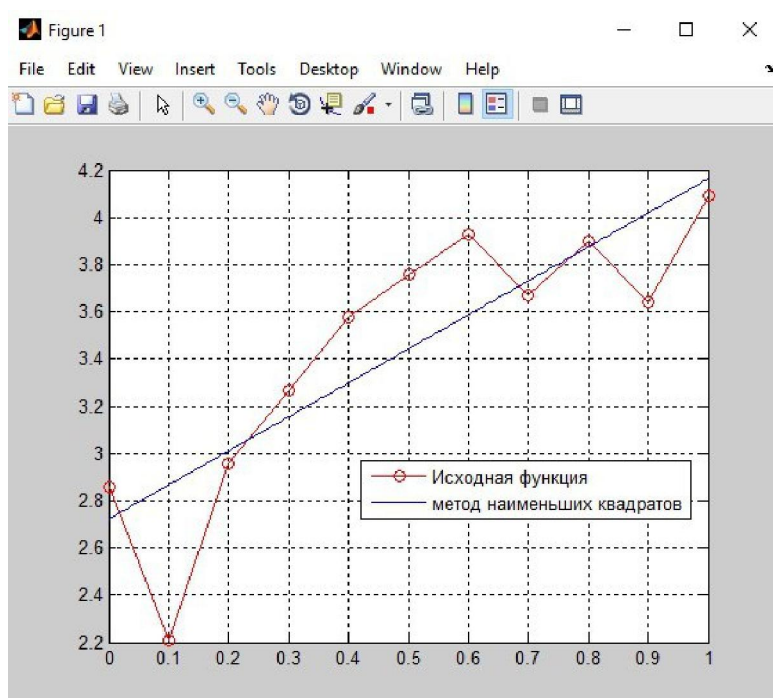


Рисунок 5 – Аппроксимация входящего набора точек методом МНК

Аналогичные действия проделываем для другого набора точек:

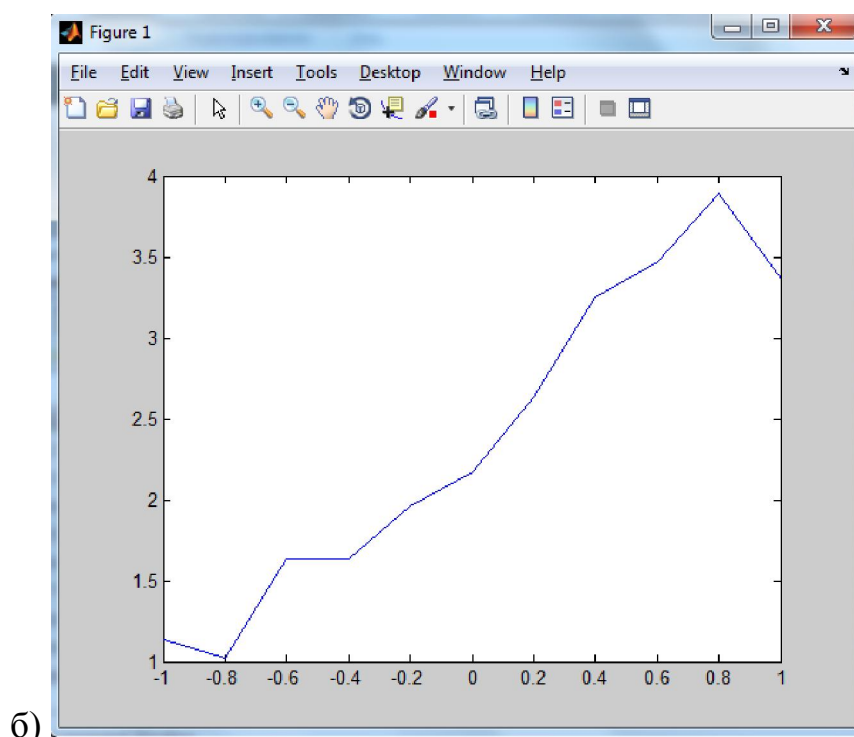


Рисунок 6 – график исходной функции

Вывод: установлено по полученным результатам аппроксимации заданного набора значений функции, нейронная сеть намного лучше аппроксимирует исходные значения функции, чем МНК.

Лабораторная работа 4. Построение кривой спроса

Под спросом понимается количество товара, которое отдельные покупатели готовы купить по некоторой цене. Закон спроса показывает, что между объемом покупок и ценой существует обратная связь. На величину спроса на товар влияет много факторов: потребность покупателя в данном товаре, доход потребителя, цены товара- заменителя и т.д. И не всегда просто определить кривую спроса. Один из методов определения спроса на товар - это использование кривых безразличия и бюджетных линий.

Кривые безразличия оценивают сочетания количеств потребляемых товаров с точки зрения их полезности. Кривая безразличия соответствует лишь одному значению полезности. Чтобы сделать более полезным набор товаров, нужно сдвинуть кривую безразличия (но это может выходить за пределы возможностей покупателя).

Бюджетные линии характеризуют сочетания количества потребляемых товаров с точки зрения возможности покупателя. Точка касания кривой безразличия и бюджетной линии определяет

Кривая безразличия соответствует

лишь одному значению полезности. Чтобы сделать более полезным набор товаров, нужно сдвинуть кривую безразличия (но это может выходить за пределы возможностей покупателя) определяет максимальную полезность сочетания товаров для потребителя, исходя из его возможностей.

Задание. Известно, что бюджет потребителя составляет 12 условных денежных единиц и обеспечивает приобретение 8 единиц товара А по цене 1,5 усл. ден. ед. или 12 единиц товара Б по цене 1 усл. ден. ед. В приведенной ниже таблице представлены сочетания товаров А и Б, дающие одинаковые полезности потребителю. Проведя совместный анализ кривых безразличия и бюджетных линий построить кривую спроса для товара Б, если цена на него будет меняться следующим образом: 0,8 усл. ден. ед., 1,5 усл. ден. ед., 2 усл. ден. ед., а бюджет потребителя не меняется.

Кривую безразличия и бюджетные линии строить в одних осях координат.

Кривую спроса для товара Б построить отдельно.

Количество единиц товара А	Количество единиц товара Б
12	2
6	4
4	6
3	8
2	12

Спрос и его факторы

Спросом называется количество блага, которое все покупатели могут и хотят приобрести в течение данного времени и при определенных условиях. Эти условия называются **факторами спроса**.

Основные факторы спроса:

- цена данного товара;
- цены и количество товаров-заменителей;
- цены и количество дополняющих товаров;
- доходы и их распределение между разными категориями потребителей;
- привычки и вкусы потребителей;
- количество потребителей;
- природно-климатические условия;
- ожидания потребителей.

Обратите внимание, что среди факторов спроса не названо качество товара. Это объясняется тем, что, когда качество меняется, мы имеем дело уже с **другим товаром**, спрос на который формируется под воздействием тех же перечисленных факторов. Так, мясо первого и второго сорта, МОДНЫЙ И НС модный костюмы, «Жигули» различных моделей — разные блага.

Предположим вначале, что все факторы спроса кроме первого (цена товара) являются заданными (неизменными). Это позволяет показать, как изменение именно цены товара воздействует на величину спроса на него.

Закон спроса: чем ниже цена данного товара, тем большее его количество покупатели хотят приобрести в течение данного времени и при прочих неизменных условиях.

Данный закон можно выразить разными способами: 1. Первый способ — при помощи таблицы. Составим таблицу зависимости величины спроса от цены, используя наугад взятые условные цифры (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Закон спроса

Р (цена товара)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
q (величина спроса)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Из таблицы видно, что при самой высокой цене (10 руб.) товар не покупается вообще, а по мере снижения цены величина спроса возрастает; закон спроса тем самым соблюдается.

Второй способ — графический. Нанесем приведенные цифры на график, отложив величину спроса по горизонтальной оси, а цену — по вертикальной (рис. 4.1а). Мы видим, что полученная линия спроса (D) имеет отрицательный наклон, т.е. цена и величина спроса меняются в разных направлениях: когда цена падает, спрос растет, и наоборот. Это опять-таки свидетельствует о соблюдении закона спроса. Линейная функция спроса, представленная на рис. 4.1а — частный случай. Зачастую график спроса имеет вид кривой, как это видно на рис. 4.1б, что не отменяет закона спроса.

Третий способ — аналитический, позволяющий показать функцию спроса в виде уравнения. При линейной функции спроса ее уравнение в общем виде будет:

$P = a - b \cdot q$, где a и b — некоторые заданные параметры.

Нетрудно увидеть, что параметр a определяет точку пересечения линии спроса с осью Y . Экономический смысл этого параметра — максимальная цена, при которой спрос становится равен нулю. В то же время параметр b «отвечает» за наклон кривой спроса относительно оси X ; чем он выше, тем наклон круче. Наконец, знак «минус» в уравнении свидетельствует об отрицательном наклоне кривой, что характерно, как отмечалось, именно для кривой спроса. Если исходить из приведенных выше цифр, уравнение кривой спроса будет: $P = 10 - q$.

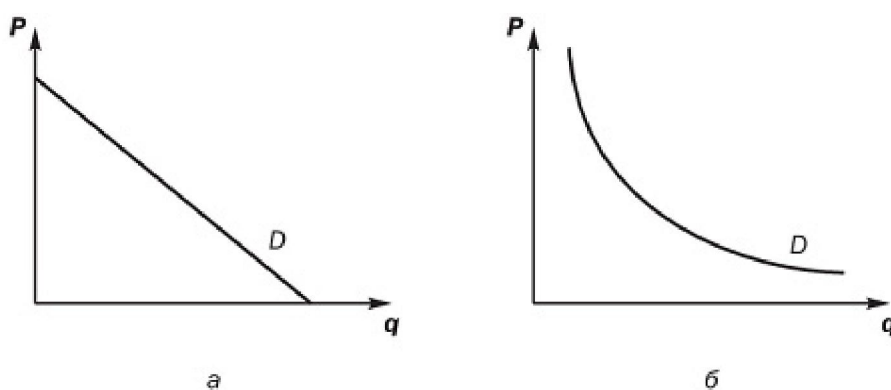


Рис. 4.1. Закон спроса

Сдвиги кривой спроса

Воздействие всех остальных факторов на спрос проявляется в **сдвиге** кривой спроса **вправо** — **вверх** при увеличении спроса и **влево** — **вниз** при его уменьшении. Убедимся в этом.

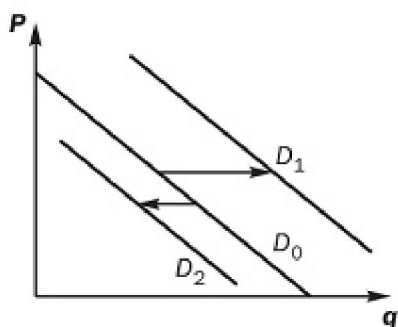


Рис. 4.2. Сдвиги кривой спроса

Допустим, доходы потребителей выросли. Это означает, что при всех возможных ценах они станут покупать больше единиц данного товара, чем раньше, и кривая спроса перейдет из положения D_0 в положение D_1 , (рис. 4.2). Напротив, при падении доходов линия спроса сместится влево, приняв вид D_2 .

Предположим теперь, что потребители открыли для себя новые полезные (вредные) свойства данного блага. В этих случаях они будут покупать больше (меньше) такого блага при прежних ценах, т.е. вся кривая спроса опять же уйдет вправо (влево). Абсолютно аналогичный результат будет и в случае определенных потребительских ожиданий. Так, если потребители ожидают в близком будущем повышения (снижения) цены на товар, они будут стремиться закупить больше или, наоборот, меньше этого товара сегодня, пока цена еще прежняя, способствуя тем же сдвигам кривой спроса. Интересно проследить воздействие изменений в ценах на товары-заменители и дополняющие товары на спрос на данный товар. Например, возросла цена на импортные автомобили. В результате их стали покупать меньше, т.е. произошло движение вверх по кривой спроса на них. Одновременно, однако, растет спрос на «Жигули» при той же их цене. Кривая спроса на «Жигули» сдвигается, следовательно, вправо — вверх (рис. 4.3).

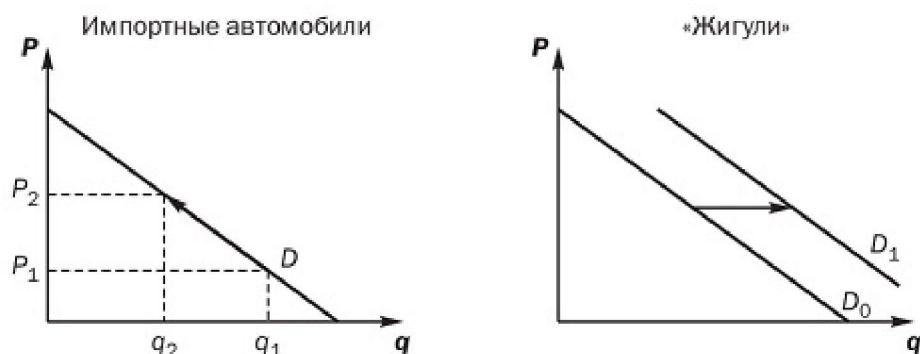


Рис. 4.3. Взаимодействие рынков товаров-заменителей

Обратная ситуация возникает в случае дополняющих благ. Пусть цена на автомобили увеличилась, величина спроса на них, следовательно, падает.

Сокращается поэтому и спрос на бензин при прежней цене, т.е. кривая спроса на него идет влево — вниз (рис. 4.4).

Экономисты различают понятия **спрос** и **величина спроса**. Если потребители покупают больше или меньше товара из-за изменения его цены, то говорят об изменении **величины спроса**. На графике это отражается **движением по кривой спроса**. Если же изменение покупок происходит под воздействием всех прочих факторов, говорят об изменении **спроса**. На графике это отражается **сдвигом кривой спроса**.

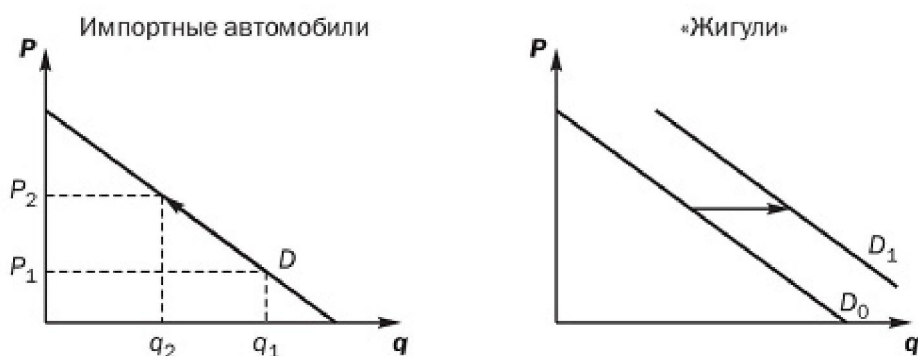


Рис. 4.4. Взаимодействие рынков дополняющих товаров

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. Математическое моделирование вложения инвестиций

Целью проведения лабораторных занятий является приобретение студентами знаний и практических навыков математического моделирования с использованием пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox, входящего в состав программной среды MatLab.

Ход работы. Исходные данные находятся в окне «Эффективность инвестиций». В связи с тем, что исходных показателей несколько (5 шт.), и их значения несоизмеримы (представляются в различных шкалах и различных единицах измерения), поэтому для анализа определения качества инвестиционного проекта используется интеллектуальная технология Fuzzy Logic Toolbox.

Вначале студент знакомится с технологией решения задач, руководствуясь настоящими методическими указаниями, в которых детально представлен вариант решения задачи математического моделирования. Затем, для более глубокого усвоения материала и закрепления навыков работы с ППП, предлагается самостоятельно выполнить задание, вариант которого определяется буквой фамилии студента. Варианты заданий для самостоятельного выполнения приведены в приложении 2.

Результаты самостоятельного решения задач отражаются в отчете. Отчет оформляется в бумажном и электронном варианте, определяемом преподавателем в соответствии с требованиями кафедры и защищается студентом в установленные сроки. Рекомендуется следующая структура отчета:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение (1 страница);
- ход работы;
- ответы на вопросы;
- список использованной литературы.

Этап 1. Общая характеристика инвестиционного проекта

Организуется предприятие по разработке сетевых устройств. Планируется разработка сетевых устройств 3 видов: коммутаторы, маршрутизаторы и модемы. Для каждого вида сетевых устройств – отдельная группа разработчиков. Длительность проекта составляет 3 года.

Следует учитывать ряд факторов, существенных для проектов в любой предметной области. К ним относятся:

- общие параметры проекта;
- производственно-технологические особенности;
- внешние финансовые факторы.

К общим параметрам проекта относятся:

- предметная область и номенклатура разрабатываемых сетевых устройств;
- срок проекта;
- стартовый (акционерный) инвестированный капитал;
- процентная ставка желаемой доходности проекта ($r\%$).

К группе *производственно-технологических условий* отнесены:

- необходимость помещений для хранения и установки оборудования:
- возможность покупки или аренды помещения;
- цены покупки/аренды помещений;
- характеристики аппаратного обеспечения:
- цена 1 компьютера и сроки поставки;
- цена и длительность работ по вводу аппаратного обеспечения;
- наличие прямых (удельных) затрат на производство:
- структура удельных затрат (на единицу продукции) по номенклатуре продукции: материалы и комплектующие, сдельная зарплата, энергопотребление, иные ресурсы;
- ценовые параметры по видам затрат;
- условно-постоянные издержки:
- штат и затраты на административно-управленческий персонал;
- затраты на содержание зданий.

В группе *внешних финансовых факторов* учитываются:

- цены сбыта производимой продукции с учетом возможности сезонных колебаний,
- система налогообложения предприятия:
 - налог на прибыль;
 - НДС;
 - налог на имущество;
- условия банковского кредитования:
 - ставки в зависимости от срока;

- условия обеспечения кредита;
- режим кредитной линии/рамочного кредита;
- условия возврата (помесячно, поквартально, в конце срока);
- ставки рефинансирования и дисконтирования, индекс инфляции.

Этап 2. Описание общих входных данных

Акционер вкладывает деньги в проект общей суммой на 9 000 000 руб. и выходит из проекта по его окончании. Срок инвестиционного проекта по разработке сетевых устройств – 3 года

График производства фиксированный.

Общая ставка дисконтирования для рубля 12%.

Ставка рефинансирования для рубля на 3года: 15%, 12%, 11%,.

Ставки налогов

НДС, %	Налог на имущество	Налог на прибыль
18	2,2	22

Индекс инфляции

Объект	1-год, %	Тенденции изменения в год %
Сбыт	5	1
Прямые издержки	6	1
Общие издержки	6	1
Зарплата	4	1
Недвижимость	8	1

Опыт отечественных и зарубежных практиков свидетельствует, что менеджеры часто сталкиваются с проблемой отражения и использования нечеткой, то есть неопределенной информацией. Использование таких знаний как “высокий банковский процент”, “добросовестный поставщик”, “надежный партнер” и т.д., потребовали нового взгляда на методы их формализации. Показатели, характеризующие качество инвестиционного проекта, как правило, измеряются в различных шкалах и единицах, и могут

быть желательными или нет в некоторых диапазонах. Поэтому детерминированный взгляд на них не может быть признан надежным и адекватным инструментом решения слабоструктурированных задач, к которым принадлежат и задачи математического моделирования управления инвестициями. С позиции современного подхода к описанию понятий, в которых присутствует неопределенность, особый интерес представляет теория нечеткой логики (Fuzzy Logic).

Математическое моделирование инвестиций на основе нечеткой логики выполняется (Fuzzy Logic) в пакете прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox.

Fuzzy Logic Toolbox – пакет расширения программы математического анализа *MATLAB*¹, содержащий инструменты для проектирования систем нечеткой логики. Пакет позволяет создавать экспертные системы на основе нечеткой логики, проводить кластеризацию нечеткими алгоритмами, проектировать нечеткие нейронные сети. Базовым понятием *Fuzzy Logic Toolbox* является *FIS-структура* (FIS – Fuzzy Inference System) – система нечеткого вывода. Графический интерфейс пакета предназначен для интерактивного пошагового проектирования нечетких систем, функции командной строки используются для разработки программ.

В пакете *Fuzzy Logic Toolbox* реализованы две системы нечеткого вывода: *Mamdani* (типа Мамдани-Заде, задаваемая по умолчанию) и *Sugeno* (типа Такаги-Сугено-Канга). В работе будет использоваться систему нечеткого вывода *Mamdani*.

Этап 1. Общая характеристика задачи, решаемой в условиях неопределенности

Применение интеллектуального программного обеспечения, каким является система MATLAB (включающая пакет нечеткой логики Fuzzy Logic Toolbox), позволяет более точно по сравнению с другими методиками

определить качество инвестиционного проекта. Для его применения необходимо указать лингвистические переменные, включаемые в математическую модель, и их терм-множества значений.

Входные лингвистические переменные – это название показателей экономической эффективности инвестиционного проекта, которые являются основой для принятия инвестиционного решения. Следующие показатели будем считать лингвистическими переменными:

- чистая приведенная стоимость (*Net Present Value – NPV*), млн. руб.;
- внутренняя норма рентабельности (доходности) (*Internal Rate of Return – IRR*), %;
- срок окупаемости (*Payback Period – PB*), месяцы;
- средняя норма рентабельности (*Account Rate of Return – ARR*), %;
- индекс прибыльности инвестиций (*Profitability Index – PI*).

Все функции принадлежности типовые и поэтому их можно задавать, пользуясь стандартной библиотекой *Fuzzy Logic Toolbox*. Диапазоны значений лингвистических переменных указываются исходя из значений интегральных фак-
тических показателей,

Эффективность инвестиций		
Длительность проекта: 36 мес.		
Период расчета: 36 мес.		
Справка		
Показатель	Рубли	Доллар
► Ставка дисконтирования, %	12.00	0.00
Период окупаемости - PB, мес.	24	24
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	27	24
Средняя норма рентабельности - ARR, %	58.92	58.92
Чистый приведенный доход - NPV	5 639 243	324 951
Индекс прибыльности - PI	1.49	1.77
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	47.98	47.98
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	27.44	20.91

Первая лингвистическая переменная «*NPV*- чистая приведенная стоимость (*Net Present Value*),» оценивается термами, принимающими значения:

- очень низкая (от 0 до 1,5);
- низкая (от 0,5 до 2,5);
- средняя (от 1,5 до 6);
- высокая (от 5 до 9);
- очень высокая (8 и выше);

Вторая лингвистическая переменная «*IRR* - внутренняя норма рентабельности (доходности) (*Internal Rate of Return*)» оценивается одним термом, принимающим значения:

- приемлемо (выше 12).

Значение ниже является неприемлемым и в нечетком правиле указывается полем «none». Значение 12 отражает ставку дисконтирования из таблицы, приведенной на рис. 78 части 1.

Третья лингвистическая переменная «*PB*- срок окупаемости (*Payback Period*)» оценивается термами, принимающими следующие значения:

- приемлемо (ниже 36).

Значение выше является неприемлемым и в нечетком правиле указывается полем «none». Значение 36 отражает срок окупаемости, указанный на рис. 78 части 1.

Четвертая лингвистическая переменная «*ARR* - средняя (учетная) норма рентабельности (*Account Rate of Return*)» оценивается термами, принимающими следующие значения:

- низкая (от 0 до 15);
- средняя (от 7 до 30);
- высокая (от 25 до 50);
- очень высокая (40 и выше).

Пятая лингвистическая переменная «*PI*- индекс прибыльности инвестиций (*Profitability Index*)» оценивается термами, принимающими значения:

- *приемлемый* (выше 1).

Значение ниже является неприемлемым и в нечетком правиле указывается полем «none». Значение 1 отражает следующее требование: индекс не может быть ниже единицы.

Выходная лингвистическая переменная «Качество инвестиционного проекта» – указывает на возможность эффективной реализации проекта, определяется в баллах и может характеризоваться следующими термами:

- очень низкое (от 0 до 20);
- низкое (от 15 до 45);
- среднее (от 45 до 60);
- высокое (от 55 до 85);
- очень высокое (от 80 до 100).

Этап 2. Описание входных и выходных переменных с помощью функций принадлежности

Для анализа полученного варианта инвестиционного проекта создаются нечеткие правила, в основе которых лежат следующие рекомендации:

1. Количество входных переменных в нечеткой модели

Полезно помнить о правиле “магического числа” 7 ± 2 . Согласно этому правилу в оперативной памяти человека может одновременно удерживаться не более 7 ± 2 понятий-признаков. Поэтому надо стремиться к тому, чтобы количество входных переменных модели не превышало “магического числа” 7 ± 2 .

2. Количество термов для лингвистической оценки переменных

Минимальное количество термов равно двум. В этом случае мы приходим к бинарной оценки с нечеткими границами. Максимальное количество термов для лингвистической оценки одной переменной должно удовлетворять правилу “магического числа” 7 ± 2 .

3. Особенности функций принадлежности крайних термов

При формировании функций принадлежности надо стремиться к тому, чтобы степени принадлежностей границ интервала крайним термам были

равны единице. В этом случае выполняется естественное правило, заключающееся в том, что чем меньше (больше) значение переменной, тем в большей степени оно соответствует крайнему терму "низкий" ("очень высокий").

Этап 3. Формирование базы правил систем нечеткого вывода

В основе построения нечетких правил необходимо придерживаться следующей рекомендации:

1. Должно существовать хотя бы одно правило для каждого терма выходной переменной.
2. Для любого терма входной переменной должно существовать хотя бы одно правило, в котором этот терм используется в качестве посылки.
3. Для произвольного вектора входных переменных должно существовать хотя бы одно правило, степень выполнения которого больше нуля. Другими словами, правила базы знаний должны покрывать всю предметную область.

Для примера приведем некоторые нечеткие правила (см. табл. 1).

Таблица 1

Правила нечеткого вывода

	<i>NPV</i>	<i>IRR</i>	<i>PB</i>	<i>ARR</i>	<i>PI</i>		Качество проекта
ЕСЛИ И	очень низкая	неприемлемо	неприемлемо	низкое	Неприемлемо	ТО	очень низкое
ЕСЛИ И	очень высокая	приемлемо	приемлемо	очень высокая	Приемлемо	ТО	очень высокое
ЕСЛИ И	низкая	неприемлемо	неприемлемо	приемлемая	Приемлемо	ТО	среднее
ЕСЛИ И	средняя	приемлемо	приемлемо	высокая	Приемлемо	ТО	среднее
ЕСЛИ И	высокая	приемлемо	приемлемо	очень высокая	Приемлемо	ТО	высокое

Этап 4. Технология построения экспертной системы «Проект» средствами Fuzzy Logic Toolbox

1. Запуск FIS-редактора. Для запуска редактора нечеткой системы вывода (Fuzzy Inference System Editor – **FIS Editor**) сначала необходимо выполнить команду **Пуск/Все программы/MATLAB R2011b** или **R2013b**, а затем в появившемся рабочем окне программы MATLAB (рис. 1) набрать **fuzzy** и нажать клавишу ENTER.

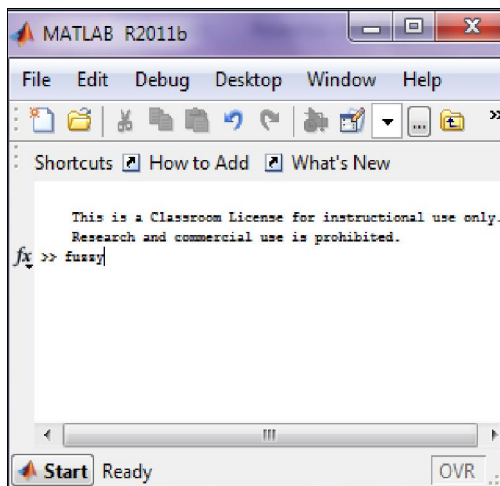


Рис. 1. Рабочее окно программы MATLAB R2011b

Общий вид FIS-редактора представлен на рис. 2.

Главное меню редактора содержит три вкладыша.

- **File** – создание, сохранение, считывание и печать файлов;
- New FIS** – выбор типа задаваемой системы нечеткого вывода; типа Mamdani или Sugeno;
- Import** – загрузка файлов: **From Workspas** (из рабочего пространства программы MATLAB) или **From Disk** (из внешнего файла);
- Export** – позволяет сохранить редактируемую систему;
- To Workspas** (в рабочем пространстве системы MATLAB) или **To Disc** (во внешнем файле);
- **Edit** – редактирование и исключение входных и выходных переменных;
- Undo** – отменяет последнее действие;

Add Variable – позволяет добавить переменную типов **Input** или **Output**;

Remove Selected Variable – удаляет выбранную переменную;

Membership Functions – вызывает редактор функций принадлежности;

Rules – вызывает редактор правил вывода.

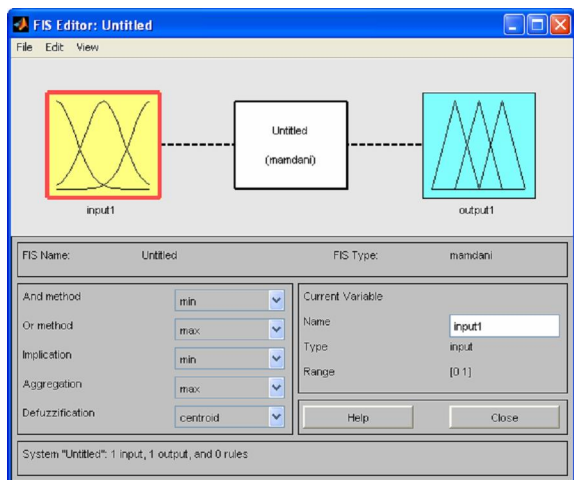


Рис. 2. Общий вид FIS-редактора

■ **View** – дополнительные возможности:

Rules – вызывает программу нечеткого вывода;

Surface – графическое представление результатов расчетов.

Параметры, располагающиеся в нижней части окна, можно оставить без изменения (по умолчанию). Они имеют следующие содержание.

- **Add metod** – метод логической конъюнкции (метод минимального значения (нечеткое логическое И (min), **prod** – метод алгебраического произведения, **Custom** – метод, определяемый пользователем);
- **Or metod** – метод логической дизъюнкции (метод максимального значения (нечеткое логическое ИЛИ (max), **probor** – метод алгебраической суммы);
- **Implication metod** – метод вывода заключения (**min** – метод минимального значения, **prod** – метод алгебраического произведения);
- **Aggregation metod** – метод агрегирования (**max** – метод максимального значения, **sum** – метод ограниченной суммы, **probor** – метод алгебраической суммы);

· **Defuzzyfication metod** – метод дефаззификации (**cetroid** – метод центра тяжести, **bisektor** – метод центра площади, **mom** – метод среднего максимума, **som** – метод наименьшего модального значения; **lom** – метод наибольшего модального значения).

2. Указание количества входов и выходов. Начальное состояние системы характеризуется наличием одного входа и одного выхода. Так как в системе «Проект» пять входов («NPV», «IRR», «PB», «ARR» и «PI») и один выход («Вероятность принятия проекта»), необходимо через пункт меню **Edit/Add variable/input** последовательно добавить еще четыре входа.

3. Идентификация входов и выходов. Для идентификации входов и выходов используется редактор функций принадлежности **Membership Function Editor**. Пункт меню **Edit** (редактирование) содержит следующие операции:

Add Variable... – добавление встроенной функции принадлежности;

Remove Current MF – удаление функции принадлежности;

FIS Properties – вызов FIS%-редактора;

Rules – вызов редактора нечетких правил.

Однократным щелчком левой кнопки мыши по блоку **input1** нужно изменить в *поле имени* его имя на «NPV», а затем сделать щелчок кнопкой мыши в любом месте экрана. В результате первый вход получает имя «NPV». Те же действия произведите с оставшимися входами и выходом.

4. Сохранение полученного результата. Для сохранения полученного результата воспользуйтесь именем «INV». Сохранение приложения можно выполнить через следующие пункты меню: **File/Export/to File/INV** (рис. 3).

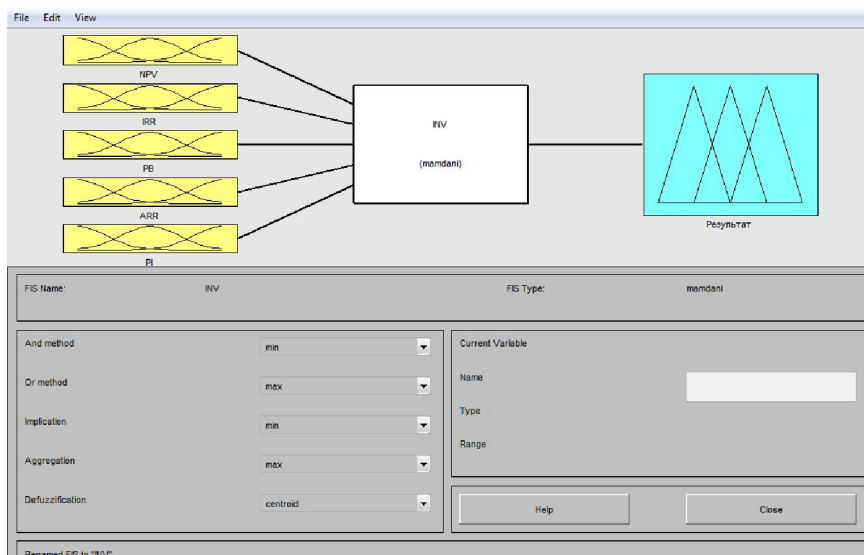


Рис. 3. Присваивание имен входам и выходу и сохранение приложения

5. Вызов окна для задания функций принадлежности. Программу-редактор функций принадлежности **Membership Function Editor** можно открыть двумя способами:

1) **Edit/Membership Functions;**

2) двойным щелчком левой кнопки мыши по соответствующему входу.

6. Задание функций принадлежности. Для переменных, относящихся к непрерывному виду данных, функцию принадлежности удобнее для наглядности изобразить графически. Наиболее распространенные функции принадлежности, используемые для отражения нечетких знаний, приведены в Приложении 8. Самые популярные кусочно-линейные функции принадлежности: треугольная (*trimf*) и трапециевидная (*trapmf*).

Функция принадлежности, принимающая вид симметричного треугольника, зависит от двух параметров, один из которых определяет максимум данной функции, второй задает ширину основания функции.

Для трапециевидной функции – основание трапеции выражает все допустимое множество значений фактора, верхнее – тех значений, когда эксперт устанавливает гарантированное соответствие этих значений выбранному значению лингвистической переменной. Боковые ребра

трапеции отражают изменение степени уверенности эксперта в его классификации от 1 до 0 и обратно.

Пользователь должен подобрать такую функцию принадлежности, которая наилучшим образом отражает его понимание нечеткой зависимости.

Задание функций начнем с переменной «NPV». Для этого необходимо щелкнуть указателем курсора на данном входе, а затем через меню **Edit/Add MFs** перейти к окну **Membership Functions**, с помощью которого задается желаемый вид функции принадлежности (рис. 4). Последовательно задайте трапециевидную, треугольную и еще одну трапециевидную функцию.

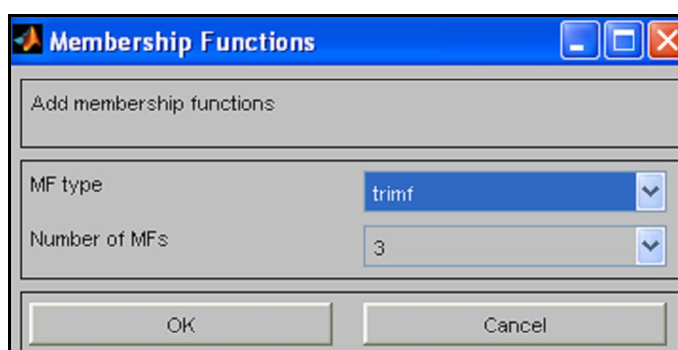


Рис. 4. Задание вида функции принадлежности

После нажатия кнопки **ОК** происходит возврат в окно редактора функций принадлежности, в котором уже будут представлены все три заданные функции.

7. Редактирование функции принадлежности. Для редактирования функции принадлежности в окне **Membership Functions Editor** в поле **Rang Display Rang** необходимо установить диапазон изменения переменной «NPV» от 0 до 1500, подтвердив ввод нажатием клавиши **Enter** или щелчком мыши в любом месте экрана. Выделим первый терм (получив красный цвет) в поле **Name**, укажем его значение «низкий» и передвинем кривую таким образом, чтобы она соответствовала нужным значениям. С помощью поля **Params** (параметры) можно подогнать график более точно (рис. 5).

На рис. 5 показано, что чистая приведенная стоимость оценивается пятью функциями: для значения *очень низкая* и *очень высокая* – трапециевидной, *низкая*, *средняя* и *высокая* – треугольной.

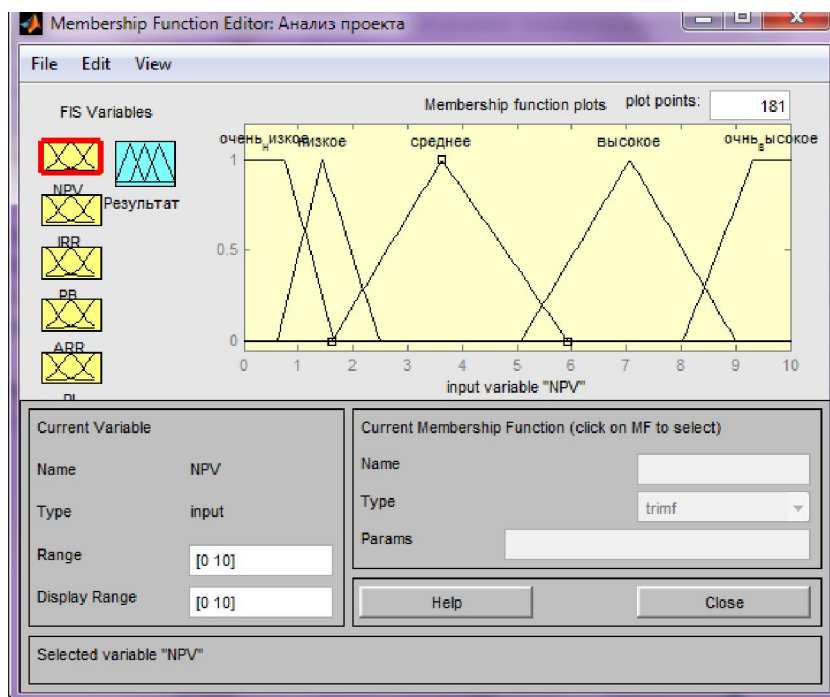


Рис. 5. Функции принадлежности входной переменной (NPV) «Чистая приведенная стоимость»

Аналогично осуществляется редактирование функций принадлежности входных переменных «IRR», «PB», «ARR», «PI», и выходной переменной «Результат». Итоги данной операции представлены на рис. 6 – 9.

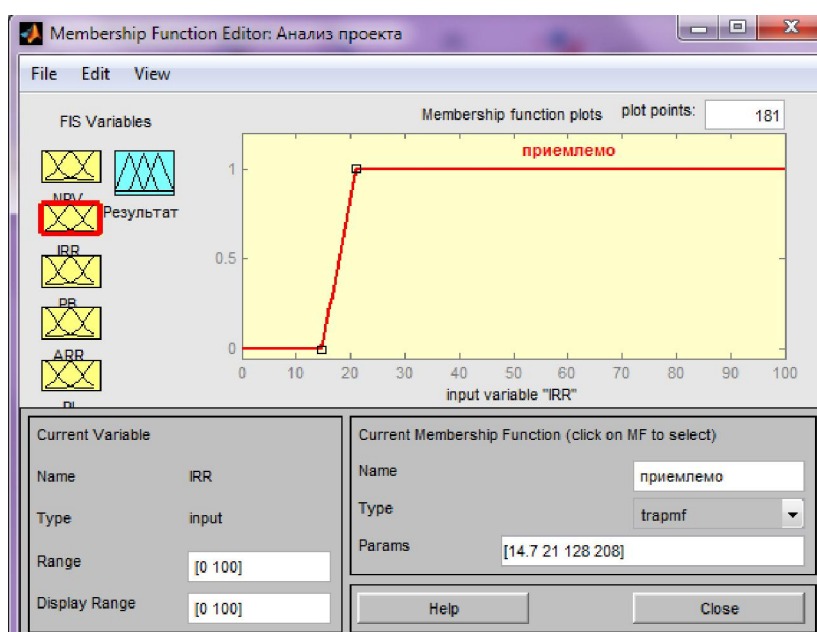


Рис. 6. Функция принадлежности входной переменной (IRR) “Внутренняя норма рентабельности”

Так как IRR не может быть ниже ставки дисконтирования, указанной в проекте (12%), поэтому здесь применяется одна функция принадлежности, отражающая приемлемое значение IRR. Если это значение ниже ставки дисконтирования, то оно не указывается в нечетких правилах вывода.

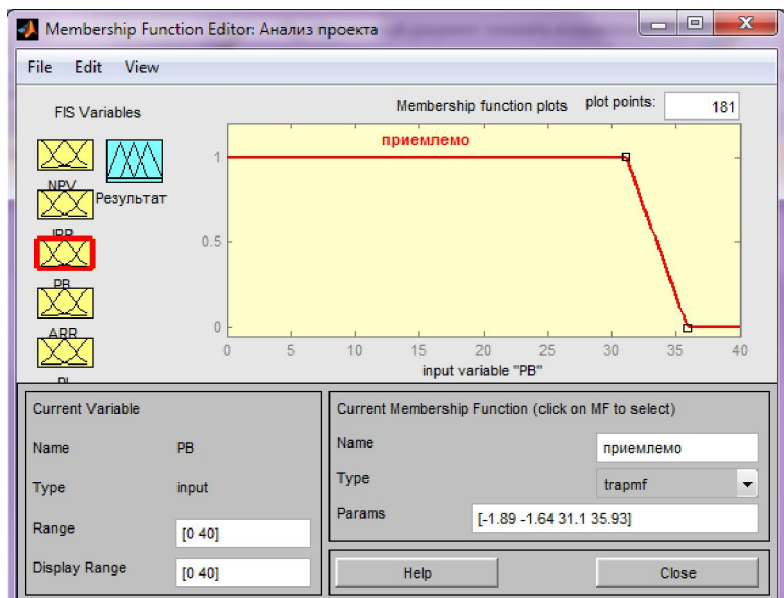


Рис. 7. Функция принадлежности входной переменной (PB) “Срок окупаемости”

Здесь также как и с IRR. Срок окупаемости не может быть ниже указанного в проекте (36 мес), поэтому используется только одна функция принадлежности.

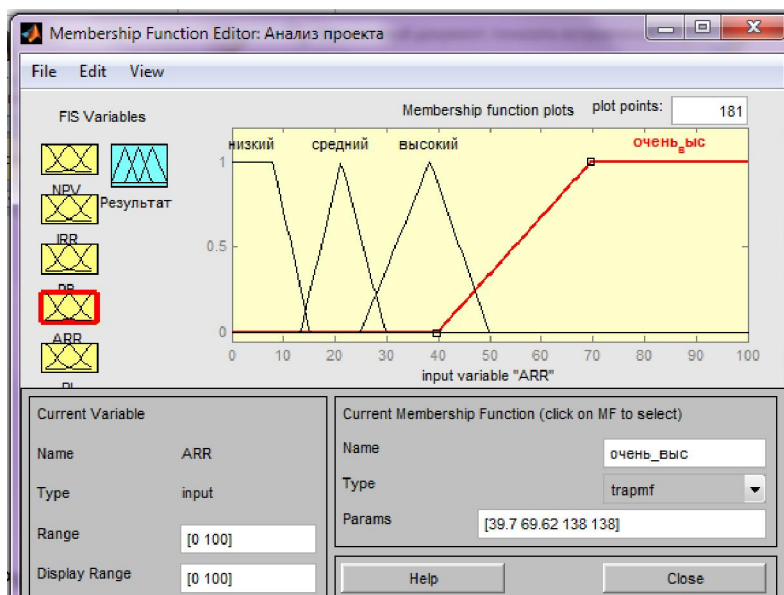


Рис. 8. Функция принадлежности входной переменной (ARR) “Средняя норма рентабельности”

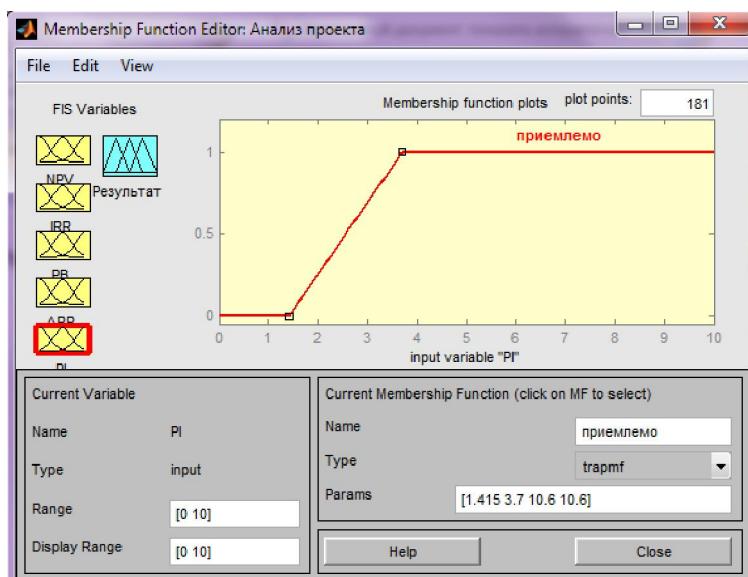


Рис. 9. Функции принадлежности входной переменной (PI) “Индекс прибыльности инвестиций”

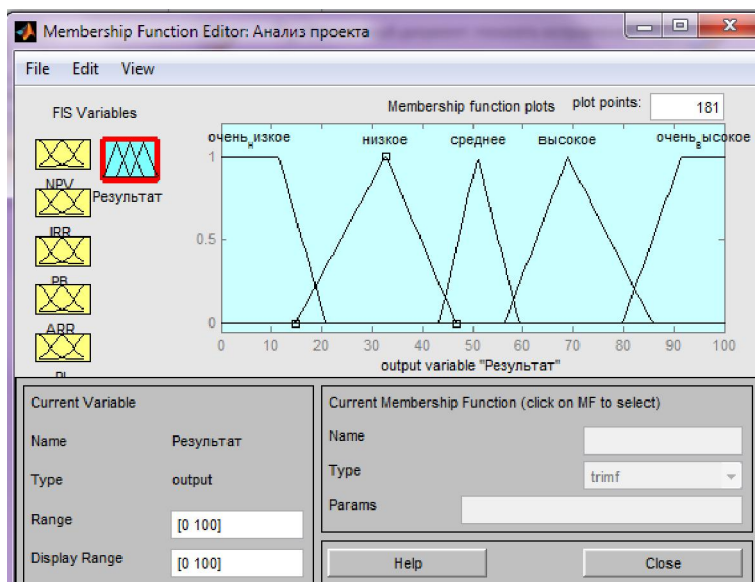


Рис. 10. Функции принадлежности выходной переменной “Качество инвестиций”

Качество проекта оценивается баллами и представляется пятью треугольными функциями.

Для закрытия окна **Membership Function Editor: INV** необходимо нажать кнопку **Close**.

8. Создание и редактирование правил. Для создания и редактирования базы правил систем нечеткого вывода следует воспользоваться пунктами меню **Edit/Rules** или дважды щелкнуть по центральному квадрату INV.

Ввод правил осуществляется в соответствии с табл. 2 указанием соответствующих значений термов (рис. 34) в окне редактора правил системы нечеткого вывода **Rule Editor**.

Добавление правила осуществляется нажатием кнопки **Add rule**, удаление – **Delete rule**, изменение его веса – полем **Weight** (вес), а изменение в выделенном правиле – полем **Change rule**. В качестве связки термов в поле **Connection** указывают либо логическое И (and), либо логическое ИЛИ (or).

9. Применение системы нечеткого вывода для формирования решения.

Для этого необходимо открыть окно просмотра правил нечеткого вывода **View/Rules** и установить исходные значения переменных. Пример оценки эффективности проекта по алгоритму Мамдани представлен на рис. 11.

В центральной части расположены прямоугольники, соответствующие отдельным входным переменным правил вывода.

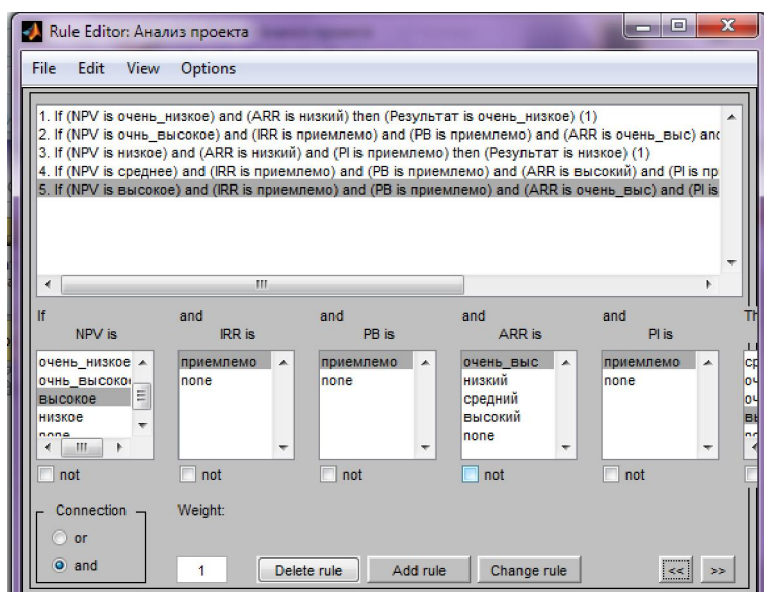


Рис. 11. Создание и редактирование базы правил

Каждому правилу соответствует отдельная строка из этих прямоугольников. В нижней части расположен прямоугольник, отображающий результат дефаззификации выходной переменной после аккумуляирования всех заключений правил нечеткого вывода.

Ввод и сходных данных осуществляется из окна, приведенного на рис. 12.

Эффективность инвестиций		
Длительность проекта: 36 мес.		
Период расчета: 36 мес.		
	Справка	
Показатель	Рубли	Доллар
► Ставка дисконтирования, %	12.00	0.00
Период окупаемости - PB, мес.	24	24
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	27	24
Средняя норма рентабельности - ARR, %	58.92	58.92
Чистый приведенный доход - NPV	5 639 243	324 951
Индекс прибыльности - PI	1.49	1.77
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	47.98	47.98
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	27.44	20.91

Рис. 12. Исходные данные для анализа проекта

Ввод осуществляется путем смещения вертикальных красных линий (влево, вправо), так чтобы значения показателей, находящихся в верхней части окна

(рис. 13) совпали с рис. 12. В результате в правом столбце (в верхней части) будет отражаться качество проекта в баллах.

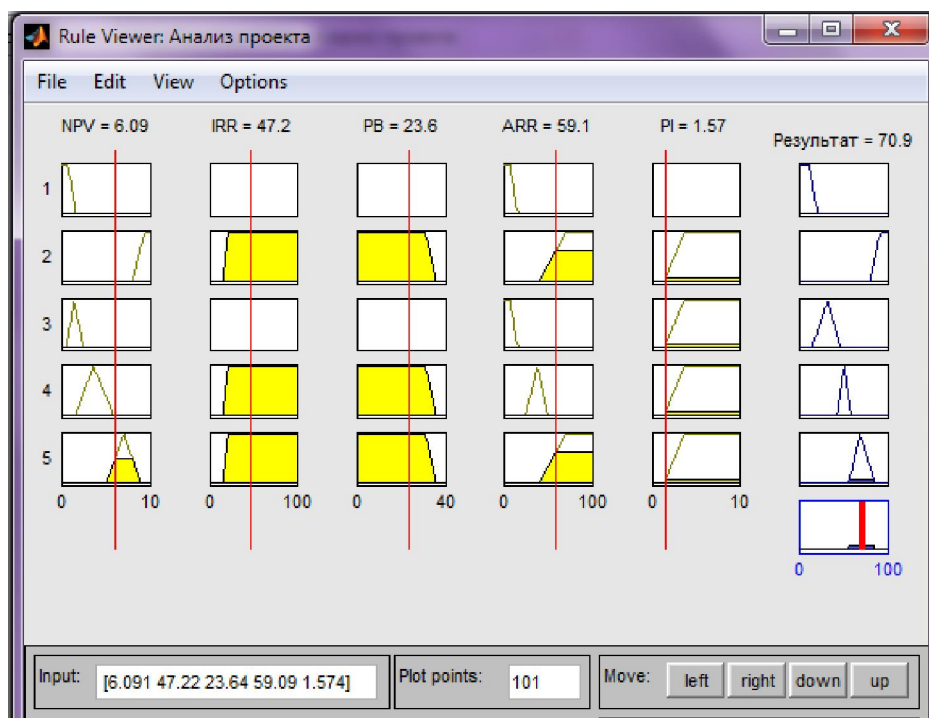


Рис. 13. Итоги работы системы после ввода фактических исходных данных

Этап 5. Анализ полученных результатов

Как видно, из рис. 12, при значениях входных переменных: NPV = 5,6 млн., IRR = 48%, PB = 24 мес., ARR = 59,9, PI = 1,49 качество проекта оценивается 70,9 баллов из ста, что вполне приемлемо.

Изменить текущие исходные данные можно, сдвигая вертикальные красные линии в соответствии с изменившейся ситуацией в левой части окна **Rule Viewer**.

В меню **Options (Сервис)** содержатся следующие операции: **Format** – выбор формата записи правил (**Verbose** – в форме текста, **Symbolic** – в символической форме, **Indexed** – в цифровой форме). В правой части указывается результат нечеткого вывода. Если требуется графическое представление зависимости результата от исходных переменных, то его можно увидеть, воспользовавшись пунктом меню **View/Surface** (просмотр поверхности системы нечеткого вывода).

Этап 6. Оформление отчета

Оформление отчета выполняется данных методических указаний. В отчете должны быть представлен текст с демонстрацией важных результатов с помощью скриншотов. Объем отчета не должен превышать 5-7 страниц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОПИСАНИЕ СФЕР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БИЗНЕСА

№ варианта	Название	Этапы	Продукция	Материал
1	Издательство журнала по информационным системам	Аренда помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Журнал, рекламные объявления, буклеты «Деловой досуг»	Бумага, чернила, картон, переплет, ламинат
2	Завод по производству средств связи	Покупка здания, оборудования и пуск/наладка	Консервированные огурцы, помидоры, перец, грибы (выбрать не менее 3-х видов)	Банки, наклейки, крышки, вода, продукт консервации
3	Завод тюнинговых изделий	Покупка здания, оборудования, пуск/наладка	Диваны, кресла, кровати (не менее 3-х видов)	Дерево, ткань для обивки, паралон, скобы и т.п.
4	Издательство журнала по компьютерной тематике	Аренда помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Книги, журналы, буклеты (не менее 3-х видов)	Бумага, чернила, картон, переплет, обложки на календари
5	Издательство журнала по автомобильной тематике	Аренда помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Журнал, буклеты, календари.	Бумага, чернила, картон, переплет, пластиковые обложки на календари
6	Кондитерское производство	Аренда помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Торты, пирожные, печенье	Вода, мука (различного вида), дрожжи, масло, красители, яйца и др.

7	Молокозавод	Аренда помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Молоко, кефир, творог	Молоко, сахар, красители, вкусовые добавки, фрукты
8	Мясоперерабатывающий комплекс	Аренда помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Колбасы: копченая, вареная, сервилат	Мясо, сало, жиры, химические добавки, заменители вкусов
9	Питьевая вода в розлив	Покупка земли, оборудования, пуск/наладка	Вода негазированная, газированная, сладкая	Очистители, пластиковые бутылки разных размеров
10	Полиграфическое предприятие	Покупка здания, оборудования, пуск/наладка	Визитки, буклеты, календари	Картриджи (различного цвета), бумага, картон и т.п.
11	Сувенирно-рекламное производство	Покупка помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Сувениры, памятные подарки, рекламные открытки	Бумага, ламинат, сувениры, краски
12	Типография	Аренда помещения, покупка оборудования, пуск/наладка	Стенды, плакаты, буклеты	Бумага, чернила, картон, переплет

ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ

Отвергаются проекты со сроком окупаемости (PB) более указанного в графе 2, внутренней нормой рентабельности (IRR) менее дисконтной ставки, индексом прибыльности (PI) менее 1 и качеством проекта ниже 60 баллов.

№ варианта	Срок проекта, количество лет	Стартовый акционерный капитал, руб.
1	4	9 000 000
2	5	7 000 000
3	5	10 000 000
4	3	15 000 000
5	5	12 000 000
6	3	12 000 000
7	3	5 000 000
8	4	15 000 000
9	4	6 000 000
10	5	7 000 000
11	4	8 000 000
12	4	8 000 000