МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО

СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
по модулю
“ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ”

направления
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Тошкент – 2016

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по модулю

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

направление

«АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

Разработал: д.т.н., проф. Юсупбеков А.Н.

Ташкент -2016

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 137 от 6 апреля 2016 года

Разработал: А.Н Юсупбеков- д.т.н. профессор кафедры «Автоматизация производств» ТГТУ

Рецензент: Германия, Siemens AG PhD Project manager Izabella Putz

Данный учебно-методческий комплекс рекомендован к изданию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № ______ от _____________ 2016 года**)**

СОДЕРЖАНИЕ

I. Рабочая программа **5**

II. Интерактивные методы обучения, используемые в модуле **10**

III. Материалы теоретических занятий **12**

IV. Материалы практических занятий **45**

V. Банк кейсов **69**

VI. Темы для самостоятельного обучения **71**

VII. Глоссарий **72**

VIII. Список литературы **77**

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Программа составлена на основе указа ПФ-4732 от 12 июня 2015 года Президентом Республики Узбекистан «О мерах улучшения системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших учебных заведений», цель которой является улучшение, переподготовка и суть процесса повышения квалификации на основе современных требований, а так же поставленная задача регулярно повышать профессиональную компетентность педагогических кадров высших учебных заведений.

Рабочая программа помогает системно увеличить качество образования. Отдельное внимание обосновывается формированием знаний, умений и навыков прменения современных информационных технологий и педагогических программных средств, информационно-коммуникационных технологий в процессе учебно-воспитательной деятельности.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ МОДУЛЯ

Цель и задача модуля “Интеллектуальные системы управления и принятие решений” является сформировать у слушателя навыки экономического мышления, направленного на анализ функционирования подразделений систем управления государственными, акционерными и частными фирмами, научно-производственными, научными и проектными организациями, органов государственного управления в целях рационального управления экономикой, производством и социальным развитием, а также, ознакомление с актуальными проблемами специализации направления и их решениями, новые методы и приёмы управления, позволяющие достигать организации эффективных результатов, разрабатывать варианты эффективных управленческих решений, обосновывать их и применять нужные методы проектирования систем управления.

Требования, предъявляемые к знаниям, умениям и навыкам по модулю

В результате изучения дисциплины “Интеллектуальные системы управления и принятие решений” в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности, **слушатель** должен:

иметь представление и охарактеризовать:

- современные образовательные и информационные технологии;
- знание в профессиональной деятельности;
- анализа и синтеза систем;
- охарактеризовать задачу, умение формулировать результат;

- умение самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата;
- грамотно пользоваться языком предметной области;
- ориентироваться в постановках задач;
- символику изучаемой дисциплины;
- терминологией изучаемой дисциплины;

знать и уметь:

- сущность основных понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- основные формулировки понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- основные методы теории нечётких множеств и нечёткого моделирования.
- самостоятельно использовать теоретические и практические знания для решения задач различных типов и различных уровней сложности, как в рамках изучаемой дисциплины, так и в других дисциплинах, использующих материалы данной дисциплины;
- анализировать полученные результаты.

владеть навыками:

- практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности;
- пользования и применения на практике компьютерных и коммуникационных технологий;
- созания показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий их применения на практике;
- создания и использования электронной учебно-методической базы по данному модулю дисциплин.

Рекомендации по организации и проведения модуля

Модул «Интеллектуальные системы управления и принятие решений» проводиться в виде лекций и практических занятий.

В процессе обучения модуля предусмотрены применение современных методов образования, педогогических технологий и информационно-коммуникационных технологий:

- презентационные и электронно-дидактические технологии с помощью современных компьютерных технологий при проведении лекционных занятий;

- при проведении практических занятий предусмотрены применение технических средств, экспресс-запросов, тестов, опросов, а также применение интерактивных методов “Мозговой штурм”, “Таблица SWOT”, “Кейс-стади” и др.

Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями

Изучение «Интеллектуальные системы управления и принятие решений» базируется в основном на модули «Технологические измерения и приборы», «Автоматизация технологических процессов» и «Теория управления».

Роль модуля в системе высшего образования

Происходящие коренные изменения в системе образованя, особенно научно-техническое развитие определяет роль модуля "Интеллектуальные системы управления и принятие решений" в системе высшего образованя.

Организация эффективного и плодотворного образования путем создания новых инновационных технологий обучения дисциплин направления модуля "Интеллектуальные системы управления и принятие решений" и их применения в системе образования помогает системно увеличить качество образования. Отдельное внимание обосновывается формированием знаний, умений и навыков прменения современных информационных технологий и педагогических программных средств, информационно-коммуникационных технологий в процессе учебно-воспитательной деятельности.

Распределение часов по модулю

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Аудиторная учебная нагрузка					
		Общие	Итого	Из них: теоритические	практические	Внеаудиторное	Самостоятельная работа
1	Методы принятия решений. Базовые понятия искусственного интеллекта. Роль искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов.	6	6	2			
2	Особенности проектирования мехатронных систем и проблемы приминения микроконтроллеров	8	6	2			2
3	Методы принятия решений Искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов.				4		

4	Применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов.				4		
Общие		**14**	**12**	**4**	**8**	**-**	**2**

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

1-тема: Методы принятия решений

1. Обзор классических методов принятия решений. Интеллектуальные системы управления и принятие решения. Роль Искусственного интеллекта и принятия решение в автоматизации производственных процессов. Функция ценности. Комонотонная независимость.

2-тема: Особенности проектирования мехатронных систем и проблемы приминения микроконтроллеров

Проблемы применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов. Оптимизация и синтез автоматизированных систем управления. Программное и математическое обеспечение интеллектуализированных систем управления. Проектирование цифровых систем управления сложными технологическими процессами.

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-практическое занятие:
Методы принятия решений искусственнного интеллект в автоматизации производственных процессов

Выполнение простейших вычислений пакетом MathCAD». Ознакомиться и получить навыки выполнения простейших вычислений в покетте MathCad.

2-практическое занятие:
Применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов «Программирование в MathCAD»

Приобрести навыки программирования в математическом пакете MathCAD.

Формы обучения

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучения важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- Коллективная – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.
- Групповая – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.
- Индивидуальная – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

№	Види оценивание	баллы	Максимальний балл
1	Кейс	1 балл	2.5 балл
2	Самостоятельная работа	1,5 балл	

II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

"Мозговой штурм"

Мозговой штурм (брейнсторминг - мозговая атака) – метод коллективной генерации идеи решения научной или практической задачи.

Во время мозгового штурма участники стремятся совместно решить сложную проблему: высказывают свое мнение по решению задачи (генерируют), отбирают наиболее соответствующие, эффективные и оптимальные идеи без критики остальных вариантов, обсуждают отобранные идеи и развивают их, а также оцениваются возможности их обоснования или опровержения.

Применение метода на занятия
Этап и содержание работы

Этапы	Содержание работы
1	Объявлят тему, называет проблему. Знакомит слушателей с условиями коллективной работы и правилами «Мозгового штурма».
2	Напоминать заданную проблему и давать вопросы связаны по теме поставленного проблемы.
3	Организовать обсуждение ответов и высказанных идей по решению проблемы.
4	Обобщать итоги, анализировать и давать дополнительние информации по решнию проблемы.

Проблемный вопрос: На каких принципах основаны интеллектуальные системы управления, и какие задачи решают данные системы?

Вопросы:

Каковы предпосылки возникновения искусственного интеллекта как науки?

Кто считается родоначальником искусственного интеллекта?

Кто разработал теорию ситуационного управления?

Какой подход использует Булеву алгебру?

Сколько поколений роботов существует?

Какие задачи решаются в рамках искусственного интеллекта?

Экспертные знания активно используются в следующих направлениях?

Таблица SWOT-анализа

SWOT – наименование происходит от начальных букв следующих английских слов:
Strengths– сильные сторонры, предполагает наличие внутренних ресурсов;
Weakness– слабые стороны или наличие внутренних проблем;
Opportunities– возможности; наличие возможностей для развития предприятия;
Threats– угрозы, угрозы от внешней среды.

Пример занятия по методу "SWOT"
Задания: Анализировать промышленную робототехнику по методу SWOT и заполнят таблицу

S	сильные сторонры промышленной робототехники	точность и большой объём работы
W	слабые стороны или наличие внутренних проблем промышленной робототехники	требует постоянного наблюдения
O	наличие возможностей для развития предприятия промышленную робототехнику	полная автоматизация производства.
T	Угрозы промышленного робототехники	безработица

Метод «Знаю, хочу знать, узнал»

Пременение метода на занятия

Задания:

1. Ознакомьтесь с опорными понятиями.
2. Заполняете таблицу ЗХУ.

№	**Опорные понятия**	Знаю	Хочу знать	Узнал
1	Искуственный интеллект			
2	Нейронные сети			
3	базы данных			
4	*самообучающие системы*			
5	булевая алгебра			

III. МАТЕРИАЛЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-тема: Методы принятия решений

ПЛАН:

2. Обзор классических методов принятия решений
3. Функция ценности.
4. Комонотонная независимость.

Ключевые слова: Интеллектуальные системы, управления, искусственный интеллект, автоматизации, формы и виды искусственного интеллекта, энергетика, космонавтика, мышления, информационная технология.

.1. Обзор классических методов принятия решений

Для того, чтобы принимать правильные решения, необходимо учитывать влияние различных факторов в условиях неопределенности. Принятие решений должно опираться на математические методы в качестве строгого языка рассуждений. Последнее требует содержательной формулировки задачи принятия решения. В зависимости от имеющейся информации используются различные типовые задачи принятия решений. Все задачи этого класса имеют общее происхождение, представленное основными элементами [3,4].
Первым элементом является множество альтернатив А, из которого необходимо выбрать наилучшее: [1]

$$A=\{f_1,...,f_n\}, n\geq 2,$$

где $n\geq 2$ означает, что принятие решений имеет смысл, если существуют, как минимум, две альтернативы.
Следующий элемент задачи, называемый множеством состояний системы: $S=\{s_1,...,s_m\}$, используется для моделирования объективных условий, от которых зависят результаты альтернативных действий. Состояние природы s_i – это одно из возможных объективных условий. Согласно формулировке, предложенной Л.Сэвиджем, под S понимается “полное пространство несовместных состояний” [5]. Это означает, что S представляет собой множество всех возможных объективных условий, из которых только одно $s_i,\ i=1,...,m$ будет иметь место. Отсюда следует, что условия s_i являются взаимоисключающими. Проблема состоит в том, что достоверно неизвестно, какое условие будет иметь место. Например, в задаче развития бизнеса множество состояний объекта может быть представлено как $S=\{s_1,s_2,s_3,s_4\}$, где s_1 обозначает “высокий спрос

[1] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 65 p.

и слабую конкуренцию”, s_2 - “высокий спрос и среднюю конкуренцию”, s_3 - “средний спрос и слабую конкуренцию”, s_4 - “средний спрос и высокую конкуренцию”.

Множество S также может быть бесконечным.

Третий элемент – это результаты действий в различных состояниях системы, называемые исходами или последствиями. Любое действие приводит к какому-либо исходу. Исходы альтернатив могут быть любого рода – количественными или качественными. Множество исходов обычно обозначается X. Поскольку $x \in X$– это некий результат, к которому приводит некоторое действие f в состоянии системы s, то он выражается как x = f(s). Иными словами, действие f формализуется как функция $f:S \to X$, областью определения которой является множество состояний S, а областью значений – множество исходов X. [2]

Для того, чтобы количественно сравнить действия $f \in A$, необходимо количественно измерить все их итоги $x \in X$ (в особенности, если последние носят качественный характер). Для этого используется действительная функция $u:X \to R$, применяемая для количественного измерения исхода $x \in X$ с точки зрения его полезности для лица, принимающего решения (ЛПР).

Наконец, четвертый элемент задачи принятия решений – это предпочтения ЛПР. При наличии множества альтернатив A, тот факт, что ЛПР предпочитает альтернативу $f \in A$ альтернативе $g \in A$ обозначается $f \succ g$. Равноценность figдля ЛПР обозначается как $f \approx g$.Тот факт, что fкак минимум не хуже, чем g, обозначается как f ◊ g. Таким образом, предпочтения формально описываются как бинарное отношение.

В общей постановке задача принятия решения формулируется в терминах рассмотренных ее четырех основных элементов, следующим образом.

При условии существования множества альтернатив A, множества состояний природы S, множества итогов X, необходимо определить действие $f^* \in A$, удовлетворяющее f*·f для всех $f \in A$.

В некоторых случаях задача принятия решений формулируется без использования множества состояний природы. В такой постановке альтернатива описывается как множество ее исходов с соответствующими вероятностями и называется лотереей: $f = (x_1, p_1; \ldots; x_n, p_n)$.

Основное внимание необходимо уделять использованию обоснованных предположений о свойствах предпочтений ЛПР, которые напрямую зависят от типа данных, относящихся к принятию решений и называемых релевантной информацией. Рассмотрим возможные типичные случаи.

В идеальном случае, когда известно будущее состояние системы, имеет место принятие решений в условиях определенности. В случае, когда известна действительная вероятность возникновения каждого состояния системы, имеют

[2] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 66 p.

дело с принятием решения в условиях риска. В ситуациях, когда существуют трудности при оценке объективных вероятностей состояний системы, имеет место принятие решения в условиях неполноты информации. В ситуациях, когда не существует никакой информации о вероятностях состояний объекта, имеют дело с принятием решения в условиях полной неизвестности. Необходимо упомянуть, что рассмотренные типичные случаи представляют собой строгое описание ситуаций с принятием решений в реальной жизни.

Однако реальные ситуации с принятием решения - более сложный, разнообразный и неоднозначный процесс. В реальности решения принимаются на основании несовершенной информации обо всех элементах задачи принятия решения. Как утверждает профессор Л.Заде, несовершенная информация – это информация, которая в одном или нескольких аспектах неточна, неопределенна, неполна, недостоверна, расплывчата или частично достоверна. Для простоты, несовершенная информация может вырождаться в один из четырех типичных случаев, описанных выше.[3]

С другой стороны, предпочтения лица, которое принимает решение, определяются психологическим, когнитивным и другими факторами.

Решение проблемы принятия решения зависит как от релевантной информации, так и от структуры предпочтений. Оно заключается в определении лучшего действия с точки зрения предпочтений лица, принимающего решение. Однако, трудно определить лучшее действие путем непосредственного анализа предпочтений как бинарного отношения. Для этой цели используется квантификация (количественный анализ) предпочтений.

Одним из подходов к количественному выражению является использование функции полезности. Функция полезности – это функция $U: A \to R$, которая для всех $f, g \in A$ удовлетворяет условию $U(f) \geq U(g)$,если и только если $f \cdot g$. В целом, любая функция полезности – это результат определенного интегрирования

$$U(f) = \int_S u(f(s))ds\ .$$

Модели полезности отличаются по типу интегрирования $\int_S$. Однако, любая функция полезности – это функция, существование которой доказано с учетом предположений о свойствах предпочтений. Использование функции полезности является более прагматичным подходом, нежели непосредственный анализ предпочтений. Однако, использование этого подхода чревато потерей информации, поскольку любая функция полезности трансформирует функции в числа. С другой стороны, существуют предпочтения, для которых не существуют функции полезности.

Обратимся к основным категориям моделей принятия решения. Некоторые из них достаточно просты, ибо основаны на идеалистических предположениях о соответствующей информации и предпочтениях. Те модели, которые основаны

[3] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 67 p.

на более реалистичных предположениях, отличаются большей сложностью. Функция полезности – это функция, которая представляет предпочтения индивида, определенные из набора возможных альтернатив [6-11]. Формально функция полезности $U(\cdot)$– это такая действительная функция, что для любых двух возможных альтернатив f и g неравенство $U(f) \geq U(g)$ выполняется, если и только если f предпочтительно или эквивалентно по отношению к g.

Для принятия решения в условиях риска первым аксиоматическим основанием парадигмы полезности была теория ожидаемой полезности (ОП) фон Неймана и Моргенштерна [10]. В этой модели сравниваются лотереи с конечным числом исходов (альтернативы) в условиях точно известных полезностей и вероятностей исходов.

Допустим, что X – это некоторое множество исходов. Множество лотерей в теории ожидаемой полезности – это множество распределений вероятностей по X [12]:

$$L = \left\{ P : X \to [0,1] \middle| \sum_{x \in X} P(x) = 1 \right\}.$$

Каждое распределение вероятности представляет собой объективную вероятность возможных исходов. Модель ОП в своей первоначальной постановке не основывалась на общей структуре задачи принятия решения, которая включает концепцию множества состояний природы. Однако она может легко применяться и в данной структуре, если рассматривается действие f как лотерея

$$f = \left\{ P : f(S) \to [0,1] \middle| \sum_{s \in S} P(f(s)) = 1 \right\},$$

так как $f(S) \subset X$.

Одними из важных вопросов, требующих рассмотрения, могут стать более сложные случаи, когда исходы в каждой лотерее сами являются лотереями из L. Такой случай называется составной лотереей, т.е. лотереей, которая состоит из нескольких лотерей как ее возможных исходов. Для моделирования такой лотереи в рамках L определяется выпуклая комбинация, которая сокращает составную лотерею до лотереи в L следующим образом: для любых $P, Q \in L$ и любых $\alpha \in [0,1]$

$$\alpha P + (1-\alpha) Q = R \in L,$$

где $R(x) = \alpha P(x) + (1-\alpha) Q(x)$.

Аксиомы, отражающие предположения о предпочтениях, которые лежат в основе модели ожидаемой полезности, следующие:

(i) Слабый порядок: (a) Полнота. Любые две альтернативы сравнимы в отношении $\succsim$: для всех f и g при A: $f \cdot g$ или $g \cdot f$. Это означает, что для всех f и g имеет $f \cdot g$ или $g \cdot f$; (b) Транзитивность. Для всех f, g и h в A: если $f \cdot g$ и $g \cdot h$, то $f \cdot h$.

(ii) Непрерывность: Для всех f, g и h в A: если $f \succ g$ и $g \succ h$, то имеются α и β в $(0,1)$ – такие, как

$$\alpha f + (1-\alpha) h \succ g \succ \beta f + (1-\beta) h.$$

(iii) Независимость: Для всех f,g и h в A, если $f \cdot g$, то $\alpha f+(1-\alpha)h \cdot \alpha g+(1-\alpha)h$ для всех $\alpha \in (0,1)$.
Свойство полноты подразумевает, что, несмотря на тот факт, что каждая альтернатива f или g имеет свои преимущества и недостатки в отношении друг друга, лицо, принимающее решение, всегда может сравнить два действия с точки зрения своих предпочтений. Иными словами: либо f предпочитается g, либо g предпочитается f или f и g рассматриваются как эквивалентные. [4]
Проблема, когда f и g абсолютно несравнимы, должна решаться до того, как множество альтернатив будет полностью определено. Эту задачу можно решить, получив дополнительную информацию, чтобы устранить «неопределенность» предпочтений в отношении f и g. В противном случае, одна из альтернатив не должна учитываться.
Представление аксиом ОП (i)-(iii) с помощью функции полезности в теории ОП формулируется следующим образом:
Теорема 1 [10]. $\cdot \subset L\times L$ удовлетворяет (i)-(iii), если и только если существует $u: X \to \mathrm{R}$, – такая, что для любых P и Q в L справедливо: $P \cdot Q$, если и только если

$$\sum_{x\in X} P(x)u(x) \geq \sum_{x\in X} Q(x)u(x).$$

Кроме того, в данном случае u единственна с точностью до положительного линейного преобразования. Таким образом, значение полезности $U(P)$ лотереи $P=(x_1,p(x_1);...;x_n,p(x_n))$ определяется как $U(P)=\sum_{i=1}^{n} u(x_i)p(x_i)$. Задача принятия решения заключается в нахождении такого $P*$, что $U(P^*)=\max_{P\in A} U(P)$.
Предложенные модели ОП фон Неймана и Моргенштерна, утверждающие, что объективные вероятности событий известны, делают эту модель непригодной для большинства областей применения в реальной жизни. Мы имеем дело либо с абсолютно новым явлением, либо с явлением, которое существенно отличается от предыдущих, либо с событием, которое зависит от неопределенных или непредсказуемых факторов. Это означает, что мы не обладаем репрезентативными экспериментальными данными или полным знанием, чтобы определить объективные вероятности.
Для таких случаев Л. Сэвидж предложил теорию, согласно которой можно сравнивать альтернативные действия на основании опыта или представлений лица, принимающего решение (ЛПР) [5,13]. Теория Сэвиджа опирается на понятие субъективной вероятности, предложенное Рамзи [14] и де Финетти [15].
Субъективная вероятность – это вероятностная уверенность ЛПР в отношении возникновения того или иного события. Предполагается, что она используется

[4] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 68 p.

человеком при отсутствии информации об объективной (действительной) вероятности исходов.

Теория Сэвиджа называется субъективной ожидаемой полезностью (СОП), поскольку она основана на использовании субъективных вероятностей в парадигме ожидаемой полезности вместо объективных вероятностей. СОП стала отправной точкой почти всех моделей полезности для принятия решения в условиях неопределенности. Предпочтения в модели СОП формулируются в терминах действий как функции из S в X в контексте соответствующих аксиом.

Принимая во внимание, что представление полезности Сэвиджа удовлетворяет выше приведенным аксиомам, можно констатировать, что существует единственная вероятностная мера μ и функция $u: X \to R$ – такие, что $f \geq g$, если и только если $\int_S u(f(s))d\mu \geq \int_S u(g(s))d\mu$.

Задача принятия решения заключается в определении действия $f^* \in A$ – так, что

$$U(f^*) = \max_{f \in A} \int_S u(f(s))d\mu .$$

В количественном смысле модель СОП совпадает с моделью ОП – здесь также используется ожидаемое значение на основе вероятностной меры. Однако качественно эти теории отличаются. В модели ОП предполагается, что действительная вероятность исхода известна. Основной сложностью модели СОП являются:

– вероятностный характер уверенности ЛПР;

– линейная зависимость полезности альтернативы от субъективной вероятности. [5]

В теориях фон Неймана-Моргенштерна и Сэвиджа предполагается, что индивид склонен максимизировать ожидаемую полезность, будучи мотивированным сугубо личными материальными стимулами [16], т.е. принимает решение рациональным путем. В свою очередь, рациональность означает, что индивид корректирует свою уверенность как субъективную вероятность исхода, следуя закону Байеса и может назначить согласованные субъективные вероятности к каждому исходу. Упомянутые достаточно просто сформулированы и обладают достаточной аналитической мощью. Однако, они определяют поведение человека как «идеальное». Экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что люди систематически нарушают аксиомы предпочтений фон Неймана-Моргенштерна-Сэвиджа. На самом деле, эти модели основаны на предположениях, что люди ведут себя как «вычислительные машины», функционирующие согласно заранее заданным алгоритмам. Конечно, это не соответствует действительным вычислительным способностям человека. С другой стороны, эти модели разрабатываются для совершенной информационной структуры, например, люди либо знают

[5] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 70 p..

действительные вероятности, либо они могут отнести субъективные вероятности к каждому исходу.

Процесс принятия решений человеком обусловливается психологическими, умственными, социальными и другими аспектами. Понимание этого привело к новому направлению в изучении того, как люди ведут себя, принимая решения. Это направление называется поведенческой экономикой и берет начало в Теории Перспектив (ТП) [17] Д.Канемана и А.Тверски. Теория перспектив [17,18] – одна из наиболее известных теорий в новом взгляде на концепцию полезности. В ней учитываются психологические аспекты, формирующие поведение человека. Канеман и Тверски открыли ряд свойств человеческого поведения во время принятия решения и использовали их, чтобы создать свою модель полезности.

Первое свойство заключается в том, что люди принимают решения, учитывая скорее отклонения от их первоначального благосостояния, т.е. потери и выигрыши, нежели конечное благосостояние. Альтернатива в их модели является лотерей, в которой исход рассматривается как изменение текущего благосостояния ЛПР, называемого исходной точкой, но не как конечное благосостояние. Такую лотерею называют перспективой.

Кроме того, наблюдалась так называемая ассимметрия потерь и выигрышей: влияние потерь на выбор человека преобладает над влиянием выигрыша. Склонность человека рисковать зависит от того, с чем он имеет дело – с потерей или выигрышем.

Функция ценности.

Для представления свойств восприятия потерь и выигрышей Канеман и Тверски используют функцию ценности $v(\cdot)$, Которая моделирует склонность ЛПР к денежному результату x как изменению существующего благосостояния, в противоположность функции полезности (которая используется, например, в СОП, чтобы представить стремление к конечному благосостоянию). Функция ценности, основанная на экспериментальном доказательстве отношения к потерям и выигрышам, имеет следующие свойства:

– она круче в области выигрыша, нежели в области потерь;
– она вогнута в области выигрыша и выпукла в области потерь;
– самый крутой подъем находится в исходной точке.

Схематический вид функции ценности приведен на рис.5.2.1:

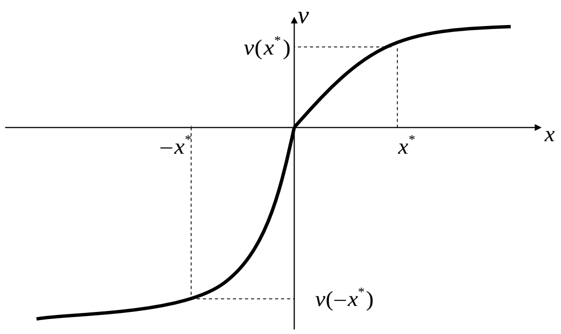


Рис. 5.2.1. Функция ценности. [6]

Второе существенно важное явление, наблюдаемое в экспериментальном доказательстве, это – искаженное восприятие вероятностей. Во время принятия решений люди не воспринимают вероятности в точности такими, какие они есть на самом деле, а либо переоценивают, либо недооценивают их. Например, изменение вероятности от 0 до 0.1 или от 0.9 до 1.0 считается гораздо более значительным, чем изменение от 0.3 до 0.4. Причина объясняется следующим образом: в первом случае ситуация меняется качественно – от невозможного исхода до определенного шанса; во втором же случае ситуация также меняется качественно – от весьма вероятного исхода до вполне определенного. Иными словами, появление шанса (или гарантированного результата) воспринимается как нечто более важное, нежели просто изменение значения вероятности. В итого переоцениваются низкая и недооценивается высокая вероятности.
Чтобы моделировать это явление, Канеман и Тверски заменили вероятности p весами $w(p)$ как значениями так называемой весовой функции $w:[0,1]\rightarrow[0,1]$, которая нелинейно трансформирует действительную вероятность, чтобы представить искаженное восприятие последней. Схематический вид весовой функции $w(\cdot)$ представлен на рис. 5.2.2.

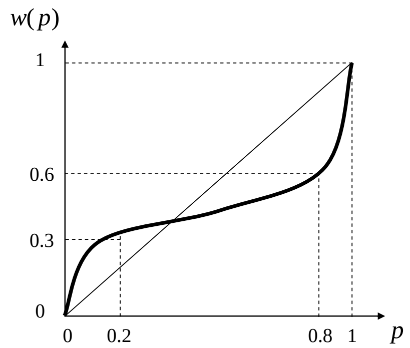


Рис. 5.2.2. Весовая функция.

В Теории Перспектив (ТП) ее авторы Канеман и Тверски предложили новую модель выбора среди перспектив s $(x_1, p(x_1);...;x_n, p(x_n))$. В данной модели функция ценностей $v(\cdot)$ используется вместо функции полезности $u(\cdot)$, а весовая функция $w(\cdot)$ используется вместо вероятностной меры в стандартном выражении ожидаемой полезности. Отметим, что эта модель была сформулирована Канеманом и Тверски [17] для перспектив с не более чем двумя ненулевыми исходами. Модель имеет следующую форму:

$$U((x_1, p(x_1);...;x_n, p(x_n)) = \sum_{i=1}^{n} v(x_i)w(p(x_i)).$$

[6] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 71 p.

Существуют различные формы функции ценности $v(\cdot)$ и весовой функции $w(\cdot)$, предлагаемые различными авторами. Многие из них перечислены в [18]. Любая весовая функция должна удовлетворять следующему:

– $w(\cdot)$ неубывающая функция и удовлетворяет $w(0)=0$, $w(1)=1$;

– $w(\cdot)$ неаддитивна: $w(p+q) \neq w(p)+w(q),\ p+q \leq 1$.

Теория Перспектив – это успешная теория принятия решений в условиях риска, и она стала одной из первых дескриптивных теорий. С ее помощью объясняют такие явления, как парадокс Алле, эффект определенности и эффект фреймов [17].

Шмайдлером была предложена модель Ожидаемой Полезности Шоке (ОПШ) [9] – как новый взгляд на уверенность ЛПР и на представление предпочтений в противовес модели СОП. В модели СОП общая полезность описывается как

$$U(f)=\int_S u(f(s))d\mu,$$

где μ – вероятностная мера. [7]

Однако, естественная неоднозначность уверенности ЛПР относительно событий может привести к необходимости использования неаддитивной уверенности для $s \in S$.

В ОПШ уверенность ЛПР описывается емкостью [19] – неаддитивной мерой v, удовлетворяющей следующим условиям [9]:

1). $v(\varnothing)=0$.

2). $\forall A,B \subset S, A \subset B$ предполагает $v(A) \leq v(B)$.

3). $v(S)=1$.

Емкость – это модель уверенности, используемой в случаях, когда невозможно однозначно «отличить» состояния природы, используя вероятности их возникновения, т.е. невозможно однозначно оценить эти вероятности. В [9] для v используется термин неаддитивная вероятность.

Использование емкости – это не единственное преимущество ОПШ. Использовать емкость вместо аддитивной меры в интегрировании по Риману, на котором основано СОП, неправильно. Интегрирование по Риману с использованием емкости вызывает ряд неизбежных проблем. В частности, интегрирование Римана зависит от способа, которым описывается действие. Например, рассмотрим действие f, выраженное в двух альтернативных формах: $(\$1,s_1;\$1,s_2;\$0,s_3)$ и $(\$1,\{s_1,s_2\};\$0,s_3)$. Интегрирование Римана даст в целом разные результаты, т.к. $v(\{s_1,s_2\}) \neq w(q),\ p+q \leq 1$.

Другие проблемы – такие, как нарушение непрерывности и монотонности, хорошо объясняются в работе [12]. В ОПШ используется интеграл Шоке, который является обобщением интеграла Лебега. Использование интеграла Лебега устраняет проблемы, связанные с интегралом Римана.

---

[7] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 71,72 p.

Основное различие между основополагающими допущениями по предпочтениям в ОПШ и допущениями в моделях ожидаемой полезности – это релаксация аксиомы независимости. Свойство независимости в данной модели предполагается только для комонотонных действий. Два действия f и g в A называются комонотонными, если они происходят без s и t в S, $f(s) \succ f(t)$ и $g(t) \succ g(s)$. Следовательно, функции f и g ведут себя аналогично.

Комонотонная независимость.

Для всех парных комонотонных действий f,g и h в A, если $f \cdot g$, то $\alpha f+(1-\alpha)h \cdot \alpha g+(1-\alpha)h$ для всех $\alpha \in (0,1)$.

Другие аксиомы модели ОПШ очевидны. Представление полезности в этой модели есть $U(f)=\int_S u(f(s))dv$, где v – неаддитивная вероятность (емкость), а u - непостоянная и единственная до положительного линейного преобразования. Для конечного S, т.е. для $S=\{s_1,...,s_n\}$ представление ОПШ будет следующим:

$$U(f)=\sum_{i=1}^{n}(u(f(s_{(i)}))-u(f(s_{(i+1)})))v(\{s_{(1)},...,s_{(i)}\}),$$

где (i) в индексе состоянийs подразумевает, что они переставляются таким образом, что $u(f(s_{(i)})) \geq u(f(s_{(i+1)}))$ и $u(f(s_{(n+1)}))=0$.

Иногда они используют следующие эквивалентное выражение для представления ОПШ: [8]

$$U(f)=\sum_{i=1}^{n}u(f(s_{(i)}))(v(\{s_{(1)},...,s_{(i)}\})-v(\{s_{(1)},...,s_{(i-1)}\}))$$

При $\{s_{(1)},...,s_{(i-1)}\}=\varnothing$ для $i=1$.

Можно увидеть, что модель СОП – это частный случай модели ОШП при аддитивном v. Недостатки СОП связаны с трудностями ясной интерпретации v. Типичными являются случаи, когда v принимается в качестве нижней огибающей множества распределений вероятностей, возможных для рассматриваемой проблемы (когда «истинное» распределение неизвестно). Нижняя огибающая – это мера, которая представляет собой минимальную среди всех вероятностей для данного события, каждая из которых определяется на основании одного возможного распределения вероятностей. Это требует решения проблем оптимизации, что усложняет вычисления. В общем, построение неаддитивного измерения – трудная задача как с интуитивной, так и с вычислительной точек зрения.

Совокупная Теория Перспектив (СТП) [18] была предложена Канеманом и Тверски в качестве развития ТП. Теория перспектив первоначально была представлена как модель сравнения перспектив с максимум двумя ненулевыми исходами. Квиггин [20] и Яари [21] предложили использовать нелинейное преобразование не вероятности $p(x)$ исхода $x=a$, а совокупной вероятности

[8] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 73 p.

$p(x \ge a)$ того, что исход x не меньше, чем заранее заданное значение a. Обратимся к перспективе $f = (x_1, p(x_1); ...; x_n, p(x_n))$ с неотрицательными исходами, – такими, как $x_1 \ge ... \ge x_n$ (такое расположение не ведет к потере общности, поскольку всегда может быть достигнуто перестановкой индексов). Ожидаемая полезность (ОП) этой перспективы будет равна

$$U(f) = \sum_{i=1}^{n} p(x_i) u(x_i).$$

что можно переписать следующим образом:

$$U(f) = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j) \right) (u(x_i) - u(x_{i+1})),$$

где $x_{i+1} = 0$. $\sum_{j=1}^{i} p(x_j)$ – это совокупная вероятность того, что исход f не меньше, нежели x_i.

Применяя нелинейное преобразование w к $\sum_{j=1}^{i} p(x_j)$, получим:

$$U(f) = \sum_{i=1}^{n} w\left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j) \right) (u(x_i) - u(x_{i+1})),$$

что можно переписать следующим образом:

$$U(f) = \sum_{i=1}^{n} \left(w\left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j) \right) - w\left(\sum_{j=1}^{i-1} p(x_j) \right) \right) u(x_i).$$

Поскольку

$$\left(w\left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j) \right) - w\left(\sum_{j=1}^{i-1} p(x_j) \right) \right) \in [0,1]$$

и

$$\sum_{i=1}^{n} \left(w\left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j) \right) - w\left(\sum_{j=1}^{i-1} p(x_j) \right) \right) = w\left(\sum_{j=1}^{n} p(x_j) \right) = w(1) = 1,$$

то можно рассмотреть как вероятность $q_i = \left(w\left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j) \right) - w\left(\sum_{j=1}^{i-1} p(x_j) \right) \right)$.

Однако, q_i зависит от упорядочивания исходов x_i для различных перспектив значение q_i будет разным. Поэтому такое представление называется рангозависимой ожидаемой полезностью (РЗОЖ). В случае со многими исходами, Теория Перспектив основана на использовании модели РЗОЖ с функцией полезности:

$$U(f) = \sum_{i=1}^{n} w\left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j) \right) (v(x_i) - v(x_{i+1})).$$

Рангозависимая ожидаемая полезность – это частный случай ожидаемой полезности Шоке (ОПШ). Рассматривая $w\left(\sum_{j=1}^{i} p(x_j)\right)$ как значение неаддитивной меры, можно получить ОПШ [12]. Последняя имеет более общий характер, чем РЗОЖ, которая требует, чтобы вероятности были известны, в то время как ОПШ этого не требует. [9]

Авторы ТП, Канеман и Тверски предложили совокупную теорию полезности (СТП) как более продвинутую теорию, в которой нет указанных выше недостатков ТП. В отличие от ТП, эта- теория может применяться и к решениям в условиях риска, и к решениям в условиях неопределенности. В СТП потери и выигрыши (измеренные функцией ценности) группируются по отдельности при помощи интегралов Шоке с различными емкостями, а результаты такого группирования суммируются. Представление СТП выглядит следующим образом:

$$U(f) = \int_S v(f^+(s))d\eta^+ + \int_S v(f^-(s))d\eta^-,$$

где $f^+(s) = \max(f(s),0)$ и $f^-(s) = \min(f(s),0)$, $\int_S$ - интеграл Шоке, v – функция ценности (как и в ТП), и η^+, η^- - емкости.

При известных вероятностях состояний природы, используются две весовые функции. Не умаляя общности, рассмотрим перспективу $f = (f(s_1), p(s_1);...; f(s_n), p(s_n))$, где $f(s_1) \geq ,..., \geq f(s_k) \geq 0 > f(s_{k+1}) \geq ,..., \geq f(s_n)$. Представление СТП для f будет следующим:

$$U(f) = \sum_{i=1}^{k}\left(w\left(\sum_{j=1}^{i} p(s_j)\right) - w\left(\sum_{j=1}^{i-1} p(s_j)\right)\right)v(f(s_i)) +$$
$$+\sum_{i=k+1}^{n}\left(w\left(\sum_{j=i}^{n} p(s_j)\right) - w\left(\sum_{j=i+1}^{n} p(s_j)\right)\right)v(f(s_i))$$

Использование различных весовых функций w^+ и w^- для вероятностей потерь и выигрышей исходит из экспериментального наблюдения, выявившего, что люди по-разному взвешивают одну и ту же вероятность p в зависимости от того, связана ли она с потерей или с выигрышем; однако, то же экспериментальное свидетельство показало, что и w^+ и w^- S-образны [18] w^+ и w^-, полученные Канеманом и Тверски из экспериментальных данных, имеют одно описание, но различную кривизну:

$$w^+(p) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{1/\gamma}}, \quad w^-(p) = \frac{p^\delta}{(p^\delta + (1-p)^\delta)^{1/\delta}},$$
$$\gamma = 0.61, \delta = 0.69.$$

В результате, w^+ имеет большую кривизну.

[9] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 75 p.

Зависимость уверенности от знака исходов упоминается как зависимость от знака. Зависимость от знака в случае с решениями, принимаемыми в условиях неопределенности, моделируется с использованием двух различных емкостей η^{+},η^{-}. При $w^{+}(p)=1-w^{-}(1-p)$ или $\eta^{+}(A)=1-\eta^{-}(S\setminus A), A\subset S$, зависимость от знака исчезает и СТП сводится к РЗОЖ и ОШП соответственно.
Совокупная теория полезности – одна из наиболее успешных теорий. Она объединяет преимущества и ТП и СТП, поскольку описывает асимметрию потерь и выигрышей и моделирует неаддитивную уверенность в условиях неопределенности.
Однако, СТП страдает рядом недостатков, основной из которых заключается в том, что потери и выигрыши группируются раздельно, и в этом смысле модель аддитивна. Недостатки и нарушения такой аддитивности были эмпирически и экспериментально показаны в [22÷25]. Другой существенный недостаток состоит в том, что СТП, как показано в [26], хорошо проявляет себя для лабораторных работ, но недостаточно пригодна для применения в реальной жизни.
Исследования свидетельствуют [26], что это связано с тем фактом, что СТП сильно обусловлена комбинацией значений параметров, используемых в функции ценности и в весовой функции. Иначе говоря, одна и та же комбинация хорошо работает в одной задаче выбора, но плохо – в другой. Например, такие задачи с параметризацией рассматриваются как возможная причина экспериментов, описанных в [27], где иллюстрируется, что СТП не может описать выбор между смешанными играми со средними и равными вероятностями.
Одной из основополагающих мотиваций СТП является то, что уверенность ЛПР может не быть вероятностной в задачах выбора в условиях неопределенности; иными словами, они могут быть несовместимы с вероятностной мерой. В СТП это объясняется использованием неаддитивной вероятности. [10]
Другой способ описать невероятностную уверенность заключается в ее моделировании не посредством распределения вероятностей, а с помощью множества распределений вероятности. Это привело к развитию широкого класса различных моделей полезности, называемого моделями множественных распределений. Использование множественных распределений позволяет описать тот факт, что в ситуациях с недостаточной информацией или неопределенным знанием ЛПР может не обладать точной вероятностной уверенностью в возникновении события, но должно предусматривать диапазон ценностей вероятностей, т.е. иметь неточную уверенность. В самом деле, согласно различным распределениям из рассмотренного множества, вероятности одного и того же события будут различны. С другой стороны,

[10] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 76 p.

неточная вероятностная уверенность подразумевает существование множества распределений.
Первые два известных примера, демонстрирующих несовместимость единственной вероятностной меры с выбором человека, были предложены Даниелем Элсбергом в 1961 г. [28]. Один пример называется Парадоксом двух урн Элсберга. В этом эксперименте ЛПР предлагают две урны, в каждой из которых по 100 шаров. ЛПР видит, что в первой урне 50 белых и 50 черных шаров, тогда как о соотношении белых и черных шаров во второй урне ему ничего неизвестно. ЛПР предлагается выбрать ставку на цвет шара, вытянутого наугад. Каждая ставка дает приз в 100$. Выбрав ставку, ЛПР должно выбрать урну для игры. Большинству людей было все равно на какой цвет ставить: белый или черный. Однако (независимо от выбранной ставки), большинство людей строго предпочитали играть с первой урной – предпочтение отдавалось ставке на исход с известной вероятностью 0.5, а не на исход с вероятностью, которая может принимать любые значения из интервала [0, 1]. Этот выбор несовместим с какой-либо вероятностной уверенностью в отношении цвета шара, вытянутого наугад из второй урны.
Действительно, ставка на белый цвет, а затем выбор первой урны означает, что ЛПР уверено в том, что белых шаров во второй урне меньше, чем в первой урне. При этом ставка на черный цвет и выбор первой урны означает, что ЛПР уверено в том, что черных шаров во второй урне меньше, чем белых. Отсутствие единой вероятностной уверенности в цвете шаров во второй урне одновременно объясняет эти два выбора – вероятности белых и черных шаров, вытянутых наугад из второй урны не могут одновременно быть меньше, чем 0.5.
Другой известный пример носит название эксперимента Элсберга с одной урной. В этом примере ЛПР предлагается выбрать ставку на цвет шаров в урне. Количество шаров в урне – 90, среди них 30 – красные, а остальные 60 – синие и желтые в неизвестной пропорции. Предлагаются следующие ставки на цвет шара, вытянутого наугад (табл.5.2.1):
Таблица 5.2.1.
Задача Элсберга с одной урной

	Красный	Синий	Желтый
f	$100	0	0
g	0	$100	0
f'	$100	0	$100
g'	0	$100	$100

Например, f дает выигрыш в $100, если вытянутый шар красного цвета и 0, если нет; тогда как f' дает выигрыш в $100, если вытянутый шар красного или желтого цвета и 0 – в противном случае. Большинство субъектов предпочитают f ставке g (т.е. они предпочитают исход с известной вероятностью 1/3 исходу с неизвестной вероятностью между 0 и 2/3). В то же время большинство предпочитают ставку g' ставке f'(т.е. они предпочитают исход с известной вероятностью 2/3 исходу с неизвестной вероятностью между 1/3 и 1). Эти два выбора не могут быть объяснены уверенностью, описанной единым распределением вероятности. На самом деле, если предположить, что уверенность имеет вероятностный характер, то первый выбор подразумевает, что существует большая вероятность вытянуть красный шар, нежели синий: $p(красн) > p(син)$. Второй выбор подразумевает, что существует большая вероятность вытянуть синий или желтый, чем красный или желтый шар – $p(син) + p(желт) > p(красн) + p(желт)$. Это означает $p(син) > p(красн)$, что противоречит уверенности, лежащей в основе первого выбора. Действительно, информация о возникновении события «синий или желтый» не может быть однозначно разделена на вероятности «синего» и «желтого» шаров. [11]

Интуиция, стоящая за реальным выбором людей в экспериментах Элсберга, заключается в том, что люди склонны предпочитать вероятностный исход неизвестному. Это явление носит название неприятия неопределенности [28]. Под неопределенностью главным образом понимается неизвестность в отношении значения вероятности [29].

Принцип неприятия неопределенности был сформулирован в форме аксиомы Гильбоа и Шмайдлером [30]. Чтобы понять формальное описание неприятия неопределенности, обратимся к примеру с двумя урнами Элсберга. Представим действие f, дающее выигрыш в $100 за белый шар, вытянутый из неизвестной урны, и действие g, дающее выигрыш в $100 – за черный шар, вытянутый из неизвестной урны. Целесообразно рассмотреть эти действия эквивалентно: $f \sim g$. Рассмотрим теперь действие $\frac{1}{2}f + \frac{1}{2}g$, представляющее собой лотерею, в которой с вероятностью ½ выпадает $100 и с вероятностью ½ выпадает $0 – независимо от того, какой шар вытянут.

Таким образом, «смешав» две ставки в условиях неопределенности, получим ставку в условиях риска – такой эффект называется эффектом хеджирования. Полученное действие эквивалентно ставке на какой-либо цвет, скажем белый, для известной урны, что обеспечивает такую же лотерею. Но поскольку эта ставка предпочитается ставкам f и g, можно записать, что $\frac{1}{2}f + \frac{1}{2}g \cdot \; f$. Этот факт обобщается в аксиоме неприятия неопределенности [28], согласно которой для эквивалентных действий f и g их комбинация слабо предпочитается каждому из них: $\alpha f + (1-\alpha) g \cdot \; f$. Эта аксиома – одна из аксиом, лежащих в основе известной модели полезности под названием Максиминная Ожидаемая Полезность (МОП) [30].

Согласно аксиоматической основе этой модели существует единственное замкнутое и выпуклое множество C распределений вероятностей (или вероятностных мер) P, – такое, что:

[11] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 78 p.

$$f \cdot g \Leftrightarrow \min_{P \in C} \int_S u(f(s))dP \ge \min_{P \in C} \int_S u(g(s))dP,$$

где u единственна с точностью до положительного линейного преобразования.

Другими словами, общая полезность действия – это минимум среди всех его ожидаемых полезностей, каждая из которых получена для одного распределения $P \in C$. Применяя МОП к обоим парадоксам Элсберга, можно получить наблюдаемые предпочтения людей.

Гирардато, Мачерони и Мариначчи предложили обобщение МОП [31], заключающееся в использовании всех основополагающих аксиом, за исключением аксиомы неприятия неопределенности. Полученная модель обозначается как $\alpha-$МОП и утверждает, что $f \cdot g$ если:

$$\alpha \min_{P \in C} \int_S u(f(s))dP + (1-\alpha) \max_{P \in C} \int_S u(f(s))dP \ge$$
$$\ge \alpha \min_{P \in C} \int_S u(g(s))dP + (1-\alpha) \max_{P \in C} \int_S u(g(s))dP$$

Здесь $\alpha \in [0,1]$ рассматривается как степень неприятия неопределенности или отношение к неопределенности. Чем выше α, тем больше неприятие неопределенности ЛПР, а когда $\alpha = 1$, получаем МОП. Если $\alpha = 0$, модель описывает стремление к неопределенности, т.е. ЛПР «надеется», что будет иметь место наилучшая возможная реализация распределения вероятности в рамках неопределенности. Значения $\alpha \in (0,1)$ описывают баланс между неприятием неопределенности и поиском неопределенности, чтобы отразить тот факт, что индивид может не иметь экстремального отношения к неопределенности.

Весьма важным моментом является связь между ОПШ и МОП. Можно обнаружить, что парадокс одной урны Элсберга объясняется с помощью ОПШ при емкости v, удовлетворяющей следующему условию:

$$v(\{s_r\}) = v(\{s_r, s_b\}) = v(\{s_r, s_y\}) = \frac{1}{3},$$
$$v(\{s_b\}) = v(\{s_y\}) = 0,$$
$$v(\{s_b, s_y\}) = \frac{2}{3}.$$

где s_r, s_b, s_y – состояния природы, представленные вытягиванием красного, синего и желтого шара соответственно.

Шмайдлер показал, что неприятие неопределенности моделируется в ОПШ, если и только если емкость удовлетворяет $v(A \cup B) + v(A \cap B) \ge v(A) + v(B)$. Такая переменная v носит название выпуклой емкости. Шмайдлер доказал, что при допущении неприятия неопределенности, ОПШ – это частный случай МОП: [12]

$$(Ch)\int_S u(f(s))dv = \min_{P \in C} \int_S u(f(s))dP,$$

[12] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 80 p.

где $(Ch)\int_S$ – интеграл Шоке, v- выпуклая емкость, а C - множество вероятностных мер, определяемое как $C = \{P | P(A) \geq v(A), \forall A \subset S\}$.
Такое C называется ядром выпуклой емкости v. Емкость, приведенная выше, которая описывает выбор в парадоксе Элсберга, – это емкость, значение которой для каждого события равно минимуму среди всех возможных вероятностей для этого события, и, следовательно, удовлетворяет $v(A) \leq P(A), \forall A \subset S$. Если дано множество распределений C, то выпуклая емкость v, удовлетворяющая $v(A) = \min_{P \in C} P(A)$, называется нижней огибающей для C.
Однако, МОП – это не всегда обобщение ОПШ. Если v не выпукла, то не существует таких C, для которых бы ОПШ и МОП совпадали. Действительно, ОПШ заранее не предполагает неприятие неопределенности. Например, если вы используете вогнутую v, то ОПШ будет моделировать стремление к неопределенности [12]. К тому же, емкость может и не иметь ядра.

Если сравнивать ОПШ и МОП, последний обладает важными преимуществами. Интегрирование по Шоке и неаддитивная мера – это понятия, которые не так хорошо известны, и их использование требует специфических математических знаний. С другой стороны, существует трудность, связанная с интерпретацией и построением емкости. Емкость как уверенность также может быть субъективной. Напротив, множество распределений не вызывает затруднений и воспринимается как возможный «диапазон» для неизвестного распределения вероятностей.
Идея подсчитать минимальную ожидаемую полезность (ОП) весьма интуитивна и легко принимается. В то же время она часто требует решения известных задач оптимизации (например, линейного программирования). Однако, определение множества распределений как задачу точного ограничения диапазона возможных вероятностей затруднено из-за несовершенства знаний о реальности. В таких случаях приемлемой альтернативой может стать использование неаддитивной уверенности, полученной из знаний, которые основаны на опыте.
Основные недостатки МОП:
– в реальных задачах трудно строго ограничить множество распределений, и различные распределения не должны рассматриваться наравне в отношении решаемой задачи;
– каждое действие оценивается на основании только одного распределения.

Чтобы устранить эти недостатки, Клибаноф и др. предложили так называемую гладкую модель неопределенности как способ формализации принятия решений [32]. В ней используются субъективные вероятностные уверенности ЛПР в отношении различных распределений вероятностей. Использование субъективных вероятностей призвано отражать тот факт, что уверенность ЛПР относительно того, насколько то или иное распределение «истинно», (т.е. близко к реальной ситуации принятия решения) для разных распределений различно. В данной модели авторы используют следующее представление полезности:

$$U(f)=\int_C \phi\left(\int_S u(f)dP\right)d\nu .$$

Здесь: $P\in C$ – возможное распределение из множества C; ν – распределение субъективных вероятностей на C; $\varnothing$ – нелинейная функция, отражающая степень неприятия неопределенности.

Функция $\varnothing$ исключает вырождение рассматриваемой модели до модели субъективной ожидаемой полезности. Введение субъективной вероятностной меры ν для множества распределений также было предложено Чью с соавторами [33], Сегалом [13], Сео [34] и другими.

В работе [35] предложена модель, в которой общая полезность для действия описывается в виде[13]

$$U(f)=\min_{\rho\in L_\beta}\frac{1}{\varphi(\rho)}\int_S u(f)d\rho .$$

Здесь: φ – функция доверия, значение которой $\varphi(\rho)\in[0,1]$ – «истинность» распределения ρ (т.е. его соответствие задаче принятия решения); $L_\beta=\{\rho:\varphi(\rho)\geq\beta\}$, $\beta\in[0,1]$ – множество распределений, доверие к которым не ниже некоторого $\beta\in[0,1]$, выбираемого ЛПР.

Существует широкий класс моделей множественных распределений, который объединяется под названием модель вариационных предпочтений [36÷38]. Обобщенное представление для этих моделей выглядит следующим образом:

$$U(f)=\min_{\rho\in\Delta(S)}\left[\int_S u(f)d\rho+c(\rho)\right],$$

где c – “стоимостная функция”, значение которой $c(\rho)$ выше для менее значимого распределения ρ; $\Delta(S)$ – множество всех распределений на S.

Контрольные вопросы:

1. Каковы предпосылки возникновения искусственного интеллекта как науки?
2. В каком году появился термин искусственный интеллект (artificial intelligence)?
3. Кто считается родоначальником искусственного интеллекта?
4. Кто создал язык Lisp?
5. Кто разработал язык РЕФАЛ?
6. Кто разработал теорию ситуационного управления?
7. Чем знаменателен 1964 год для искусственного интеллекта?
8. Какое из направлений не придает значения тому, как именно моделируются функции мозга?
9. Какой подход использует Булеву алгебру?
10. Какой язык программирования разработан в рамках искусственного интеллекта?

[13] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 90 p.

Использованные литературы:

1. Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013 p. 278
2. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.

2-тема: Особенности проектирования мехатронных систем и проблемы приминения микроконтроллеров

План:

1. Объекты мехатроники.
2. Особенности проектирования робототехнических систем.
3. Нечеткое принятие решений в макроэкономике

Ключевые слова: *мехатронные системы, объекты мехатроники, проектирование, децентрализация управления, автоматические системы, робототехнические системы, декомпозиция, промышленные роботы, техническое оборудование, принципы мехатроники, оптимизация, синтез автоматизированных систем.*

1 Объекты мехатроники.

Мехатронные системы – типичный пример технических систем, требующих системного подхода и не допускающих их проектирования на основе декомпозиции.

Главным обоснованием мехатроники как самостоятельного научно-технического направления, является наличие именно таких объектов нового типа, которые требуют системного подхода и критериев, охватывающих образующие ее науки – механику, возникшую в недрах электротехники, электронику, микропроцессорную и вычислительную технику.

В этой связи, в соответствии с общей тенденцией развития техники, одним из ***основных направлений развития мехатроники станет микротехника*** на основе освоения микроэлектроникой трехмерных (3D) структур с подвижными частями. Именно в микротехнике электромеханика превратилась в микроэлектромеханику, т.е., по существу, в мехатронику.

Объекты мехатроники - некоторые типы гироскопов, акселерометры и других микромеханических сенсорных систем, микроэлектромашины, микротурбины и т.п. *Существуют также близкие к мехатронным по физической природе и принципу действия* устройства, которые, однако, допускают декомпозицию при проектировании и, поэтому, *не являются **мехатронными** в указанном ранее смысле, их создавать могут только специалисты по мехатроники. Таким образом, с точки зрения предмета мехатроники можно говорить о ее объектах в указанном выше **узком и в широком** смысле.*

Важными методическими следствиями системного подхода к проектированию ***мехатронных систем*** являются следующие ***принципы*** их ***создания:***

Принцип № 1

Децентрализация управления вплоть до конструктивного встраивания устройств управления отдельными частями механической системы в эти части.

Это позволяет ***удешевить всю систему в целом, повысить ее надежность и быстродействие за счет сокращения связей, распараллеливания и иерархического построения информационных процессов и процессов управления.***

Для таких систем разработаны различные варианты структур с сильными и со слабыми связями (распределенные системы), а также методы их проектирования.

Принцип № 2

Обеспечение значительно большей надежности управления, чем обычно считается приемлемым для других типов объектов.

Это вызвано тем, что в этих системах отказ управления, как правило, ведет к аварии всей системы.

Разработаны и совершенствуются соответствующие программные методы решения этой задачи.

Принцип № 3

Широкое применение компьютерного моделирования без чего такие сложные системы, как правило, не могут быть созданы на современном научно-техническом уровне.

К сведению: наряду с **мехатроникой** аналогичный системный подход к проектированию требуют многие технические системы. К ним, прежде всего, относятся **автоматические системы**, процесс проектирования которых нельзя разделить на проектирование <u>вначале объекта управления</u>, а затем <u>устройства управления</u> для него.

К таким системам, относятся системы автоматического управления <u>статически и динамически неустойчивыми системами</u>, т.е. неработоспособными без системы управления объектами, такими как:

ракеты и некоторые другие летательные аппараты, ***электрические машины,*** и включающие их ***энергетические системы,*** работающие в режиме так называемой ***искусственной устойчивости,*** некоторые ***установки химической промышленности.***

Системный подход ***принципиально позволяет получить более высокое качество проектируемой*** любой технической системы чем при проектировании по частям на основе декомпозиции.

2.1 Особенности проектирования робототехнических систем

Предмет робототехники включает собственно средства робототехники и основанные на них робототехнические системы

Особенности средств робототехники как объекта проектирования.

При **разработке технических требований** к роботам и последующем **анализе путей их реализации** необходимо:

- системно исследовать взаимодействие робота с другим работающим совместно технологическим оборудованием и объектами манипулирования;
- с целью **выявления возможностей** за счет достаточно несущественных изменений последних **облегчить требования к роботу** и тем самым получить общую технико-экономическую выгоду для всей системы совместно работающих машин.

Наибольший технико-экономический эффект при этом может быть достигнут, когда все это оборудование проектируется одновременно с роботом.

Одновременно с той же целью необходимо исследовать возможности создания так называемой околороботной оснастки и других средств упорядочения и упрощения внешней среды робота (устройство подачи и позиционирования объектов манипулирования, удобная для робота их маркировка и т.п.).

Пример:

Рассмотрим качественную зависимость стоимости собственно робота и стоимости его вместе с такими средствами в функции от степени упорядочения внешней среды.

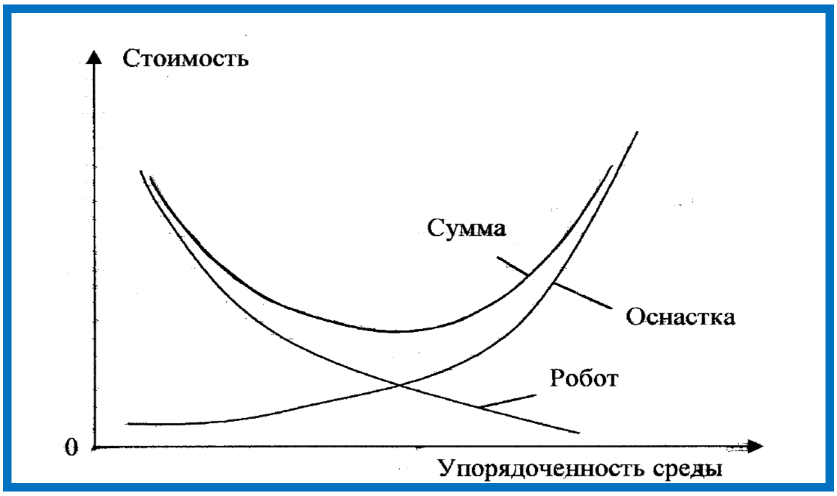


Рисунок. Стоимость робота и около работной оснастки.

Только после такого системного рассмотрения взаимодействия робота с внешней средой и оптимизации технических требований к роботу и объектам этой среды следует переходить к проектированию собственно робота.

Основной принцип здесь – декомпозиция, т.е. распараллеливание всей задачи проектирования на несколько более простых подзадач.

Робот, как и другие средства робототехники, состоит из двух основных функциональных частей:

1.Исполнительных систем (манипуляторы и системы передвижения),

2. Устройства управления исполнительными системами.

Устройства управления разделяются на 6

аппаратную часть,

программную часть.

В соответствии с этим **на первом этапе проектирования** после составления функциональной схемы **робота** должно быть проведено его **разбиение на три** указанные **части**:

механическую систему,

аппаратуру управления,

программное обеспечение, проектирование которых требует специалистов разного профиля.

Для этого необходимо разделение функций робота и технических требований к нему между этими тремя взаимосвязанными частями.

Эта задача неоднозначна и наиболее ответственна при проектировании робота, так как её решение в значительной степени предопределяет результат всей дальнейшей работы по созданию робота.

При распределении функций робота между перечисленными тремя его частями прежде всего выделяют функции, которые полностью или в основном определяются одной из этих частей и соответственно приписываются им.

Пример: грузоподъемность и геометрия рабочей зоны определяются механической системой, параметры энергопитания и диапазон температуры внешней среды существенны в основном для аппаратуры управления, язык программирования относится к программному обеспечению.

Остальные функции необходимо по возможности оптимально **распределить между частями робота** на основании определенных критериев.

При этом следует учитывать еще наличие взаимовлияний:

ТЗ на конструкцию манипулятора,

ТЗ на конструкцию системы передвижения,

ТЗ на приводы, ТЗ на рабочие органы,

ТЗ на аппаратуру управления,

ТЗ на сенсорную аппаратуру, ТЗ на специальное ПО,

ТЗ на системное ПО,

ТЗ на робот,

ТЗ на околороботную оснастку, изменение смежного оборудования и объектов манипулирования,

ТЗ на систему управления,

ТЗ на программное обеспечение (ПО),

ТЗ на аппаратуру управления,

ТЗ на механическую систему.

Нечеткое принятие решений в макроэкономике

Рассмотрим однопродуктовую динамическую макроэкономическую модель, которая отражает взаимодействие между факторами производства, когда внутренний валовый продукт (ВВП) как результат производственной деятельности разделяется на производственное потребление, валовые капиталовложения и непроизводственное потребление. В свою очередь, допускается, что производственное потребление полностью используется на капиталообразование и амортизацию. Эти процессы осложняются присутствием нечеткой неопределенности, которая обусловлена неточной оценкой будущих тенденций, непредвиденных обстоятельств и другой неопределенности и неточности, свойственной экономическим процессам.
При вышеуказанных допущениях рассматриваемая динамическая экономическая модель может описываться следующим нечетким дифференциальным уравнением (НДУ): [14]

$$\frac{d\tilde{K}}{dt} = \frac{1}{q}\left((1-a)\tilde{u}_1 - \mu\tilde{K} - \tilde{u}_2\right). \tag{1.1}$$

Здесь: $\tilde{K}$ – нечеткая переменная, описывающая неточную информацию о капитале, т.е. нечеткое значение капитала; $\tilde{u}_2$ нечеткое значение ВВП (первая переменная управления), $\tilde{u}_2$– нечеткое значение непроизводственного потребления (вторая переменная управления), $a,\mu,q > 0$ – коэффициенты, связанные с производственным потреблением, чистым капиталообразованием и амортизацией соответственно.

Обратимся к многокритериальной задаче оптимального управления (1.1) в течение периода планирования $[t_0,T]$ с четырьмя объективными целевыми функциями (критериями): прибыль ($\tilde{J}_1$), уменьшение производственных затрат ВВП ($\tilde{J}_2$), значение капитала в конце периода $[t_0,T]$($\tilde{J}_3$), сумма дисконта прямого потребления по $[t_0,T]$($\tilde{J}_4$) [2,8].

Рассматриваемая нечеткая многокритериальная задача оптимального управления формулируется следующим обзором:

$$\sup_{\tilde{\boldsymbol{u}} \in U}(\widetilde{J_1}(\tilde{\boldsymbol{u}}) = \int_{t_0}^{T} p(t)\widetilde{u_2}(t)(dt),$$

$$\widetilde{J_2}(\tilde{u}) = -c\int_{t_0}^{T}|\widetilde{u_1}(t)|dt,\ \widetilde{J_3}(\tilde{u}) = \widetilde{K}(T), \tag{1.2}$$

$$\widetilde{J_4}(\tilde{\boldsymbol{u}}) = \int_{t_0}^{T}\theta(t)\widetilde{u_2}(t)dt))^T.$$

[14] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 309 p.

при ограничениях

$$\frac{d\widetilde{K}}{dt} = \frac{1}{q}\Big((1-a)\widetilde{u_1} - \mu\widetilde{K} - \widetilde{u_2}\Big),$$
$$\widetilde{K}(t)\epsilon E^1, \;\; t\epsilon[t_0,T], \widetilde{K}(t_0) = \widetilde{K_0}.$$
$$\widetilde{K}(T) \in K(T),$$
$$K(T) = \{\widetilde{K} \in E^1 : \widetilde{K}_* \le \widetilde{K}(T) \le \widetilde{K^*}\},$$
$$\tilde{\mathbf{u}} = (\tilde{u}_1, \tilde{u}_2)^T \in U = U_1 \times U_2 \subset E^2,$$
$$U_1 = \{\tilde{u}_1 \in E^1 : \tilde{u}_{1^*} \le \tilde{u}_1(t) \le \widetilde{u_1^*}\},$$
$$U_2 = \{\tilde{u}_2 \in E^1 : \tilde{u}_{2^*} \le \tilde{u}_2(t) \le \widetilde{u_2^*}\},$$

$$\begin{aligned}
&\frac{d\tilde{K}}{dt} = \frac{1}{q}\Big((1-a)\tilde{u}_1 - \mu\tilde{K} - \tilde{u}_2\Big), \tilde{K}(t) \in E^1, t \in [t_0, T], \; \tilde{K}(t_0) = \tilde{K}_0, \\
&\tilde{K}(T) \in \mathrm{K}(T), \\
&\mathrm{K}(T) = \{\tilde{K} \in E^1 : \tilde{K}_* \le \tilde{K}(T) \le \tilde{K}^*\}, \\
&\tilde{\mathbf{u}} = (\tilde{u}_1, \tilde{u}_2)^T \in \mathrm{U} = \mathrm{U}_1 \times \mathrm{U}_2 \subset E^2, \\
&\qquad\qquad \mathrm{U}_1 = \{\tilde{u}_1 \in E^1 : \tilde{u}_{1*} \le \tilde{u}_1(t) \le \tilde{u}_1^*\}, \\
&\qquad\qquad \mathrm{U}_2 = \{\tilde{u}_2 \in E^1 : \tilde{u}_{2*} \le \tilde{u}_2(t) \le \tilde{u}_2^*\}
\end{aligned} \tag{1.3}$$

Здесь: $p(t)$ – цена единицы продукции, произведенной в течение времени t; $\theta(t)$ - дисконтная функция, T – срок прогнозирования (или планирования), $c = const > 0$. [15]

Рассматриваемая задача решается следующим образом. На первом этапе необходимо определить область допустимых решений, обозначаемую с помощью (1.3). Каждое возможное решение представлено двумя управляющими воздействиями $\tilde{u}_1(t)$ и $\tilde{u}_2(t)$, для которых удовлетворяется (1.3). Для простоты выберем $\tilde{u}_1(t)$ и $\tilde{u}_2(t)$ как

$$\tilde{u}_1(t) = a_1\tilde{K}(t) + b_1, \tag{1.4}$$
$$\tilde{u}_2(t) = a_2\tilde{K}(t) + b_2, \tag{1.5}$$

и определим такие a_1, b_1, a_2, b_2, для которых удовлетворяется (1.3). Определение a_1, b_1, a_2, b_2 требует решения НДУ (1.1). Принимая во внимание (1.1) и (1.4)–(1.5), решение для НДУ (7.4) представлено следующим образом:

$$\tilde{K}(t) = \bigcup_{\alpha \in (0,1]} \alpha[K_1^\alpha(t), K_2^\alpha(t)],$$

[15] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 311 p.

$$\begin{cases} K_1^\alpha(t) = -\dfrac{\beta}{\gamma} + \left(K_1^\alpha(t_0) + \dfrac{\beta}{\gamma}\right)e^{\gamma t} \\ K_2^\alpha(t) = -\dfrac{\beta}{\gamma} + \left(K_2^\alpha(t_0) + \dfrac{\beta}{\gamma}\right)e^{\gamma t} \end{cases}, \tag{1.6}$$

где $\beta = b_2 - b_1(1-a)$, γ=(1-a)$a_1 - (\mu + a_2)$.

На втором этапе нам необходимо вычислить значения критериев в (1.13) для возможных решений, определенных на предыдущем этапе. Рассмотрим дискретную форму критериев в (1.2):

$$\begin{cases} J_{11}^\alpha = \sum_{n=0}^N p\left(a_2\left(-\frac{\beta}{\gamma} + \left(K_{01}^\alpha + \frac{\beta}{\gamma}\right)e^{n\Delta}\right) + b_2\right)\Delta, \\ J_{12}^\alpha = \sum_{n=0}^N p\left(a_2\left(-\frac{\beta}{\gamma} + \left(K_{02}^\alpha + \frac{\beta}{\gamma}\right)e^{n\Delta}\right) + b_2\right)\Delta, \end{cases} \tag{1.7}$$

$$\begin{cases} J_{21}^\alpha = -c\sum_{n=0}^N |a_1(-\frac{\beta}{\gamma} + \left(\tilde{K}_0 + \frac{\beta}{\gamma}\right)e^{\gamma n\Delta} + b_1)|_2^\alpha\Delta, \\ J_{22}^\alpha = -c\sum_{n=0}^N |a_1(-\frac{\beta}{\gamma} + \left(\tilde{K}_0 + \frac{\beta}{\gamma}\right)e^{\gamma n\Delta} + b_1)|_1^\alpha\Delta, \end{cases} \tag{1.8}$$

$$\begin{cases} J_{31}^\alpha = (-\frac{\beta}{\gamma} + \left(\tilde{K}_{01} + \frac{\beta}{\gamma}\right))e^{\gamma n\Delta}, \\ J_{32}^\alpha = -\frac{\beta}{\gamma} + \left(\tilde{K}_{02} + \frac{\beta}{\gamma}\right))e^{\gamma n\Delta}, \end{cases} \tag{1.9}$$

$$\begin{cases} J_{41}^\alpha = \Delta\sum_{n=1}^N e^{rn\Delta}\left(\left(-\frac{\beta}{\gamma} + \left(K_{01}^\alpha + \frac{\beta}{\gamma}\right)e^{\gamma n\Delta}\right)a_2 + b_2\right), \\ J_{42}^{б} = \Delta\sum_{n=1}^N e^{rn\Delta}\left(\left(-\frac{\beta}{\gamma} + \left(K_{02}^\alpha + \frac{\beta}{\gamma}\right)e^{\gamma n\Delta}\right)a_2 + b_2\right). \end{cases} \tag{1.10}$$

На третьем этапе, при значениях критериев, вычисленных для возможных решений на предыдущем этапе, необходимо выделить Парето-оптимальные решения в плане максимизации критериев (1.7) –(1.10).

На четвертом этапе необходимо вычислить *nbF*, *neF*, *nwF* для каждой пары альтернатив $\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}$. Отметим, что основанный на нечеткой Парето-оптимальности (НПО) формализм предлагается в [9] для многокритериальных задач с нечеткими критериями. В нашей же задаче рассмотрим критерии с нечеткими значениями. В результате, вместо вычисления $\mu_b, \mu_e, \mu_и$ предложенного в [9], будем вычислять меры возможности сходства разниц $\tilde{J}_j(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}) - \tilde{J}_j(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}})$ к нечетким множествам $\tilde{A}_b, \tilde{A}_e, \tilde{A}_w$, которые соответственно описывают лингвистические оценки “*лучше*”, “*эквивалентно*” и “*хуже*”. Тогда nbF, neF, nwF будет вычисляться следующим образом:

$$nbF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}) = \sum_{j=1}^M P_{\tilde{A}_b}(\delta_j^{\mathbf{i},\mathbf{k}}), \tag{1.11}$$

$$neF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}) = \sum_{j=1}^M P_{\tilde{A}_e}(\delta_j^{\mathbf{i},\mathbf{k}}), \tag{1.12}$$

$$nwF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}) = \sum_{j=1}^M P_{\tilde{A}w}(\delta_j^{\mathbf{i},\mathbf{k}}), \tag{1.13}$$

где $\delta_j^{\mathbf{i},\mathbf{k}} = \tilde{J}_j(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}) - \tilde{J}_j(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}})$;

$$P_{\tilde{A}_b}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) = \frac{Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_b\right)}{Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_b\right) + Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_e\right) + Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_w\right)},$$

$$P_{\tilde{A}_e}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) = \frac{Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_e\right)}{Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_b\right) + Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_e\right) + Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_w\right)},$$

$$P_{\tilde{A}_w}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) = \frac{Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_w\right)}{Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_b\right) + Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_e\right) + Poss\left(\delta_j^{\mathbf{i,k}} \middle| \tilde{A}_w\right)}.$$

Выражение $P_{\tilde{A}_b}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) + P_{\tilde{A}_e}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) + P_{\tilde{A}_w}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) = 1$ справедливо для всех $j, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}$:

$$\begin{aligned} & nbF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}) + neF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}) + nwF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}) = \\ & = \sum_{j=1}^{M} (P_{\tilde{A}_b}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) + P_{\tilde{A}_e}(\delta_j^{\mathbf{i,k}}) + P_{\tilde{A}_w}(\delta_j^{\mathbf{i,k}})) = M \end{aligned} \tag{1.14}$$

Функции принадлежности $\tilde{A}_b, \tilde{A}_e, \tilde{A}_w$ показаны на рис. 1.1.

На пятом этапе в соответствии с основанным на НПО подходе [7], на базе $nbF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}})$, $neF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}})$, и $nwF(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}})$ нам нужно вычислить $kF = \max_{\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}} \in \mathrm{U}}(1 - d(\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}, \tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}))$, т.е. наибольшее kF, для которого $\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}}$ $(1 - kF)$ - преобладает над $\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{k}}$.

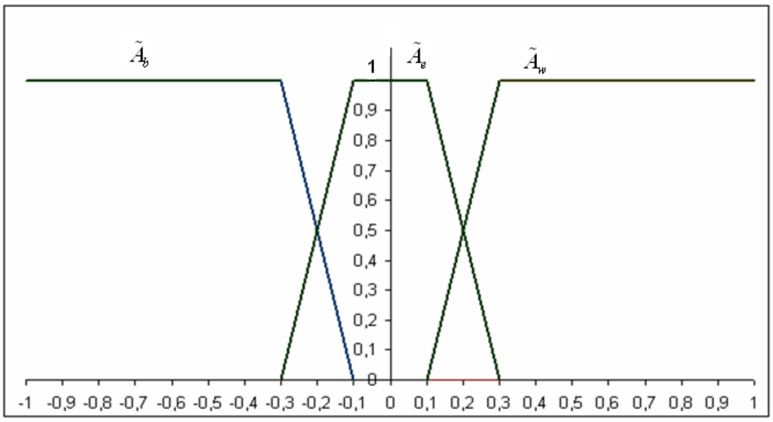


Рис. 1.1.Функции принадлежности $\tilde{A}_b, \tilde{A}_e, \tilde{A}_w$. [16]

На последнем этапе нужно определить для каждого $\tilde{\mathbf{u}}^*$ его степень оптимальности $do(\tilde{\mathbf{u}}^*)$ и выбрать оптимальное решение, как решение с наивысшим *do*.

Рассмотрим решение задачи (7.6)-(7.7) при следующих данных:

$$\tilde{K}_0 = (2000, 2020, 2040),$$

$$\tilde{K}_* = 2000, \tilde{K}^* = 3000,$$

$$\tilde{u}_{1*} = 600, \tilde{u}_1^* = 800,$$

$$\tilde{u}_{2*} = 450, \tilde{u}_2^* = 550,$$

$$p = 1500;\ c = 0.5;\ a = 0.05;\ q = 0.95;\ \mu = 0.08.$$

[16] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 313 p.

Как указывалось выше, на первом этапе мы получили приблизительное множество возможных решений $\tilde{\mathbf{u}}^{\mathbf{i}} = (\tilde{u}_1^i, \tilde{u}_2^i)$, где $\tilde{u}_1^i(t,\tilde{K}) = a_1^i\tilde{K} + b_1^i$ и $\tilde{u}_2^i(t,\tilde{K}) = a_2^i\tilde{K} + b_2^i$ для рассматриваемой проблемы. Значения $a_1^i\ a_1^i, b_1^i, a_2^i, b_2^i$ для полученных возможных решений показаны в табл. 1.1.

Таблица1.1.

Возможные решения

Возможное решение	a_1^i	a_2^i	b_1^i	b_2^i
$\tilde{\mathbf{u}}^1$	0.305	0.224	10	0.12
$\tilde{\mathbf{u}}^2$	0.305	0.225	9	0.15
$\tilde{\mathbf{u}}^3$	0.305	0.225	8	0.15
$\tilde{\mathbf{u}}^4$	0.305	0.225	9	0.12
$\tilde{\mathbf{u}}^5$	0.3	0.225	9	0.12
$\tilde{\mathbf{u}}^6$	0.3	0.225	10	0.12
$\tilde{\mathbf{u}}^7$	0.3	0.223	10	0.12
$\tilde{\mathbf{u}}^8$	0.31	0.22	10	3
$\tilde{\mathbf{u}}^9$	0.33	0.224	10	0.12

Графики $\tilde{u}_1(t,\tilde{K}) = a_1\tilde{K} + b_1$, $\tilde{u}_2(t,\tilde{K}) = a_2\tilde{K} + b_2$ и $\tilde{K}(t)$ для возможных решений #1 показаны на рис. 1.2, рис.1.3 и рис.1.4.

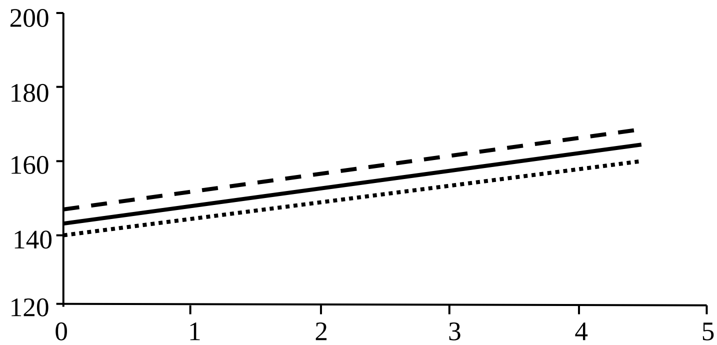


Рис. 1.2.Графическое изображение $\tilde{u}_1(t,\tilde{K}) = a_1\tilde{K} + b_1$.

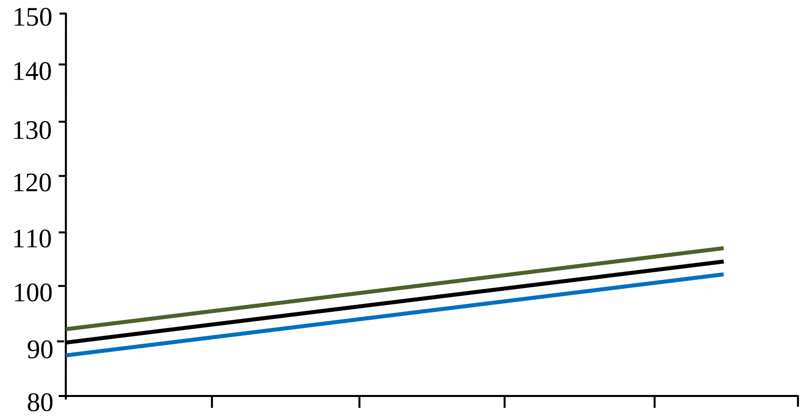


Рис. 1.3. Графическое изображение $\tilde{u}_2(t,\tilde{K}) = a_2\tilde{K} + b_2$.

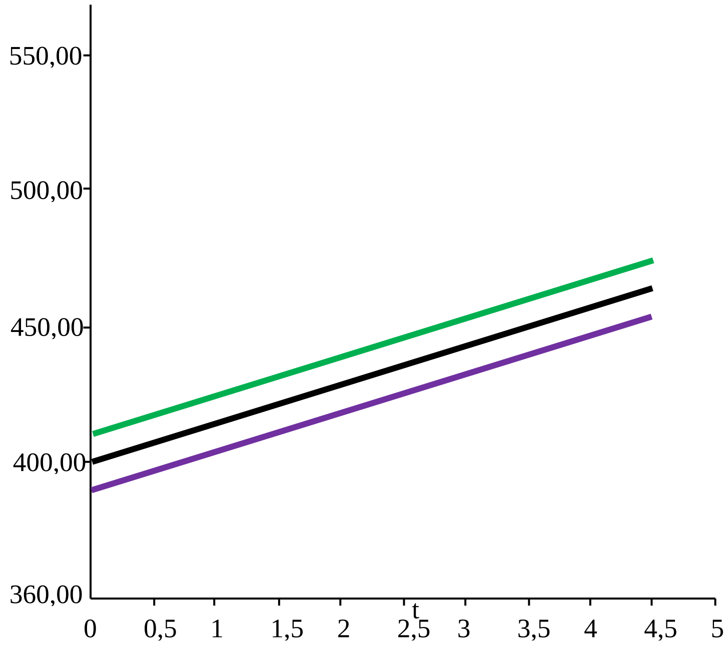


Рис. 1.4. Нечеткое значение капитала $\tilde{K}$.[17]

На втором этапе нам нужно вычислить значения критериев (табл. 1.3) для полученных возможных решений. Вычисленные нечеткие значения как треугольные нечеткие числа, показаны в табл. 1.2.

Таблица 1.2.

Возможные решения (в пространстве критериев)

Возможное решение	Значения критериев			
	$\tilde{J}_1$	$\tilde{J}_2$	$\tilde{J}_3$	$\tilde{J}_4$
1	(670954,626, 687200,857, 703447,087)	(-1070,457, -1046,281, -1022,105099)	(3988,42, 4085,124, 4181,827901)	(502,359, 514,492446, 526,6254)

[17] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 315 p.

2	(668807,465, 685088,168, 701368,871)	(-1059,898, -1035,779, -1011,659207)	(3956,637, 4053,115, 4149,59309)	(500,5737, 512,731071, 524,8885)
3	(665105,286, 681385,9899, 697666,693)	(-1051,914, -1027,794, -1003,674499)	(3934,698, 4031,176, 4127,654476)	(497,6791, 509,836546, 521,9939)
4	(668699,375, 684980,0789, 701260,782)	(-1060,072, -1035,952, -1011,832409)	(3957,33, 4053,808, 4150,286115)	(500,4968, 512,654183, 524,8116)
5	(661461,048, 677562,6995, 693664,351)	(-1048,818, -1024,963, -1001,10896)	(3914,436, 4009,853, 4105,270228)	(494,8373, 506,854759, 518,8723)
6	(665134,454, 681236,1055, 697337,757)	(-1056,76, -1032,905, -1009,051043)	(3936,204, 4031,621, 4127,038559)	(497,7089, 509,726361, 521,7439)
7	(662249,124, 678282,0302, 694314,936)	(-1061,495, -1037,529, -1013,563714)	(3954,255, 4050,117, 4145,97869)	(495,6512, 507,620016, 519,5888)
8	(682863,938, 699150,9615, 715437,984)	(-1074,906, -1050,229, -1025,551423)	(4002,206, 4100,915, 4199,624146)	(511,3391, 523,514041, 535,689)
9	(708998,736, 726182,7931, 743366,85)	(-1129,861, -1104,29, -1078,718358)	(4214,873, 4317,159, 4419,445534)	(532,136, 545,002452, 557,8689)

Теперь, при заданных возможных решениях, описанных в пространстве критериев (1.7) - (1.10), нам нужно определить соответствующее множество Парето-оптимальных решений. Найденное множество Парето-оптимальных решений приводится в табл. 1.3.

Таблица 1.3.

Парето-оптимальное множество

Возмож-ное решение	Значения критериев			
	$\tilde{J}_1$	$\tilde{J}_2$	$\tilde{J}_3$	$\tilde{J}_4$
1	(670954.6266, 687200.857, 703447.087)	(-1070.457, -1046.281, -1022.105099)	(398.,42, 4085.124, 4181.827901)	(502.3595, 514.492446, 526.6254)
2	(668807.465, 685088.168, 701368.871)	(-1059.898, -1035.779, -1011.659207)	(3956,637, 4053.115, 4149.593309)	(500.5737, 512.731071, 524.8885)

3	(665105.2869, 681385.9899, 697666.693)	(-1051.914, -1027.794, -1003.674499)	(3934.698, 4031.176, 4127.654476)	(497.6791, 509.836546, 521.9939)
4	(668699.3759, 684980.0789, 701260.782)	(-1060.072, -1035.952, -1011.832409)	(3957.33, 4053.808, 4150.286115)	(500.4968, 512.654183, 524.8116)
5	(665134.4541, 681236.1055, 697337.757)	(-1056.76, -1032.905, -1009.051043)	(3936.204, 4031.621, 4127.038559)	(497.7089, 509.726361, 521.7439)
6	(682863.9389, 699150.9615, 715437.984)	(-1074.906, -1050.229, -1025.551423)	(4002.206, 4100.915, 4199.624146)	(511.3391, 523.514041, 535.689)
7	(708998.7365, 726182.7931, 743366.85)	(-1129.861, -1104.29, -1078.718358)	(4214.873, 4317.159, 4419.445534)	(532.136, 545.002452, 557.8689)

На следующем этапе нам нужно вычислить значения nbF, neF, nwF. Значения nbF, neF, nwF вычисляются аналогично тому, как показано в главе 6. Результаты приводятся в табл. 1.4, табл.1.5 и табл.1.6: [18]

Таблица 1.4.

Значения nbF

	$\tilde{u}^1$	$\tilde{u}^2$	$\tilde{u}^3$	$\tilde{u}^4$	$\tilde{u}^5$	$\tilde{u}^6$	$\tilde{u}^7$
$\tilde{u}^1$	0	0.12229	0.26294	0.12352	0.26577	0.059466	0.45971
$\tilde{u}^2$	0.083228	0	0.14065	0.004031	0.14348	0.14269	0.54293
$\tilde{u}^3$	0.1465	0.063277	0	0.064649	0.044251	0.20597	0.60621
$\tilde{u}^4$	0.081855	0.001429	0.13942	0	0.14225	0.14132	0.54156
$\tilde{u}^5$	0.106	0.022771	0.0009183	0.024144	0	0.16547	0.5657
$\tilde{u}^6$	0.33516	0.45745	0.5981	0.45868	0.60093	0	0.40024
$\tilde{u}^7$	1.4837	1.606	1.7466	1.6072	1.7494	1.1485	0

Таблица 1.5.

Значения neF

	$\tilde{u}^1$	$\tilde{u}^2$	$\tilde{u}^3$	$\tilde{u}^4$	$\tilde{u}^5$	$\tilde{u}^6$	$\tilde{u}^7$
$\tilde{u}^1$	4	3.7945	3.5906	3.7946	3.6282	3.6054	2.0566
$\tilde{u}^2$	3.7945	4	3.7961	3.9945	3.8337	3.3999	1.8511
$\tilde{u}^3$	3.5906	3.7961	4	3.7959	3.9548	3.1959	1.6472
$\tilde{u}^4$	3.7946	3.9945	3.7959	4	3.8336	3.4	1.8513
$\tilde{u}^5$	3.6282	3.8337	3.9548	3.8336	4	3.2336	1.6849
$\tilde{u}^6$	3.6054	3.3999	3.1959	3.4	3.2336	4	2.4512
$\tilde{u}^7$	2.0566	1.8511	1.6472	1.8513	1.6849	2.4512	4

[18] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 316 p.

Таблица 1.6.

Значения nwF

	$\tilde{\mathbf{u}}^1$	$\tilde{\mathbf{u}}^2$	$\tilde{\mathbf{u}}^3$	$\tilde{\mathbf{u}}^4$	$\tilde{\mathbf{u}}^5$	$\tilde{\mathbf{u}}^6$	$\tilde{\mathbf{u}}^7$
$\tilde{\mathbf{u}}^1$	0	0.083228	0.1465	0.081855	0.106	0.33516	1.4837
$\tilde{\mathbf{u}}^2$	0.12229	0	0.063277	0.001429	0.022771	0.45745	1.606
$\tilde{\mathbf{u}}^3$	0.26294	0.14065	0	0.13942	0.000918	0.5981	1.7466
$\tilde{\mathbf{u}}^4$	0.12352	0.004031	0.064649	0	0.024144	0.45868	1.6072
$\tilde{\mathbf{u}}^5$	0.26577	0.14348	0.044251	0.14225	0	0.60093	1.7494
$\tilde{\mathbf{u}}^6$	0.059466	0.14269	0.20597	0.14132	0.16547	0	1.1485
$\tilde{\mathbf{u}}^7$	0.45971	0.54293	0.60621	0.54156	0.5657	0.40024	0

При вычисленных значениях nbF, neF, nwF необходимо вычислить для каждой пары альтернатив $\tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{i}, \tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{k}$ наибольшее kF – такое, как $\tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{i}$ *(1-kF)* – преобладает над $\tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{k}$: $kF = \max\limits_{\tilde{\mathbf{u}}^\mathbf{k} \in U}(1 - d(\tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{i}, \tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{k}))$.[19]

Результат вычисления $d(\tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{i}, \tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{k})$ приводится ниже:

$$d(\tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{i}, \tilde{\mathbf{u}}_\mathbf{k}) = \begin{bmatrix} 0 & 0.31943 & 0.44283 & 0.33732 & 0.60117 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.55012 & 0.64546 & 0.84129 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.97925 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.53631 & 0 & 0.83027 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.82257 & 0.68806 & 0.65562 & 0.69189 & 0.72465 & 0 & 0 \\ 0.69016 & 0.66193 & 0.65292 & 0.66304 & 0.67664 & 0.65151 & 0 \end{bmatrix}.$$

Наконец, для каждого $\tilde{u}$ вычислена его степень оптимальности $do()$:

$$do(\tilde{\mathbf{u}}^1) = 0{,}17743, \quad do(\tilde{\mathbf{u}}^2) = 0{,}31194, \quad do(\tilde{\mathbf{u}}^3) = 0{,}34438,$$
$$do(\tilde{\mathbf{u}}^4) = 0{,}30811, \quad do(\tilde{\mathbf{u}}^5) = 0{,}020751, \quad do(\tilde{\mathbf{u}}^6) = 0{,}34849, \quad do(\tilde{\mathbf{u}}^7) = 1.$$

Как можно видеть, оптимальная альтернатива $\tilde{\mathbf{u}}^*$ – это $\tilde{\mathbf{u}}^5$, поскольку она имеет наивысшую степень оптимальности: $do(\tilde{\mathbf{u}}^5) = 1$. Однако, это не завершает наши исследования по решению рассматриваемой задачи. Для каждого их рассматриваемых нечетких Парето-оптимальных решений нам также нужно исследовать устойчивость соответствующих значений НДУ (1.1). Причина в том, что устойчивость – самое важное свойство процесса управления. Тогда решение задачи будет определяться как устойчивое решение с наивысшей степенью оптимальности. В соответствии с нечетким критерием стабильности Алиева-Гусейнова, предложенным в [1], состояние устойчивости решения (1.1) будет следующим:

$$\frac{1}{q}\left(a_1 - aa_1 - \mu - a_2\right) < 0\,. \tag{1.15}$$

[19] Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013– 317 p.

Проверяя состояние для нечетких Парето-оптимальных решений #1-7, мы обнаружили, что решения (7.4) , соответствующие решениям #1-6 устойчивы, а решение #7 неустойчиво. Таким образом, несмотря на то, что решение #7 $\tilde{\mathbf{u}}^7$ обладает наивысшей степенью оптимальности, оно не должно использоваться. В случае рассматриваемой задачи оптимальное управление есть решение #6 $\tilde{\mathbf{u}}^6$, которое обладает наивысшей степенью оптимальности среди устойчивых решений.

Заключение.

На практике целесообразно строить ММ, опираясь сразу на несколько узлов интеграции, и создание таких модулей представляет наибольший интерес в теоретическом и прикладном планах для мехатроники, как новой науки.

Контрольные вопросы:

1. На знаниях основываются системы?
2. Эвристический поиск используется в?
3. К системам компьютерной лингвистики относятся?
4. Что понимается под представлением знаний?
5. Какие определения, представленные ниже не являются моделями представления знаний?
6. Что представляют собой семантическая сеть?
7. Какой из основных типов отношений семантической сети, представленных ниже, может быть названа как АКО (A - Kind – Of)?
8. Чем отличаются семантические сети и фреймы?
9. Что объединяет семантические сети и фреймы?
10. Какие из выражений, представленных ниже, являются структурной частью фрейма?

Использованные литературы:

1. Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013 p. 278
2. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.

IV.СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-практическое занятие: Искусственный интеллект в автоматизации производственных процессов

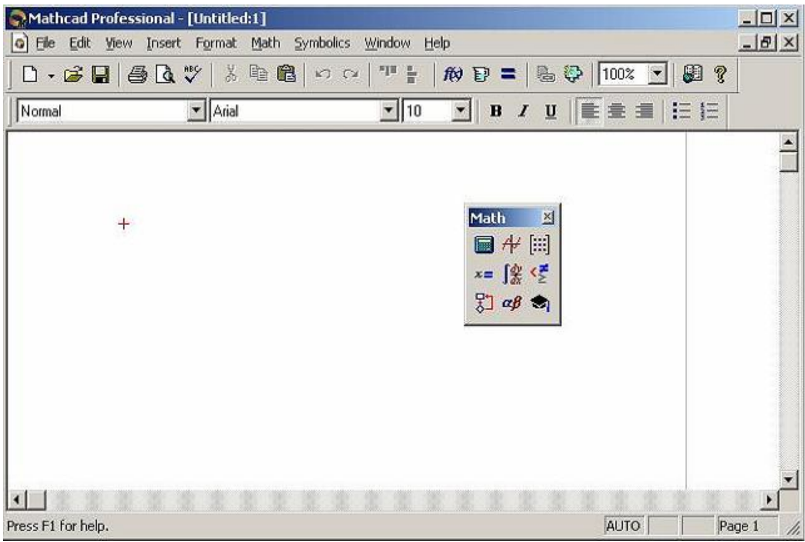
Знакомство с математическим пакетом MathCAD.

Цель работы. Ознакомиться и получить навыки выполнения простейших вычислений в покетте MathCad.

Методические указания:

MathCad является интегрированной системой, ориентированной на проведение математических и инженерно-технических расчётов. Он объединяет понятность, ясность, простоту в обращении при вычислениях и т.п. с простотой в обращении, свойственной электронным таблицам.

Документ MathCad, на котором могут быть совмещены текст, графика и формулы, выглядит как страница научной статьи или учебника, при этом формулы являются «живыми» – стоит внести изменения в одну из них, как MathCad пересчитает результаты, перерисует графики и т.д. [1].[20]



После запуска приложения MathCad открывается окно, как показано на рис. 1.

Рис. 1. Рабочее окно системы MathCAD

Основные команды MathCAD

Главное меню системы MathCAD представлено набором команд, общим для большинства приложений операционной системы MS Windows, а также командами, представляющими специфические возможности.

Меню **File** – работа с файлами.

Меню **Edit** – редактирование документов.

Меню **View** – настройка элементов окна. Команды меню **View** представлены на рис. 2.

[20] Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 25-40 pages

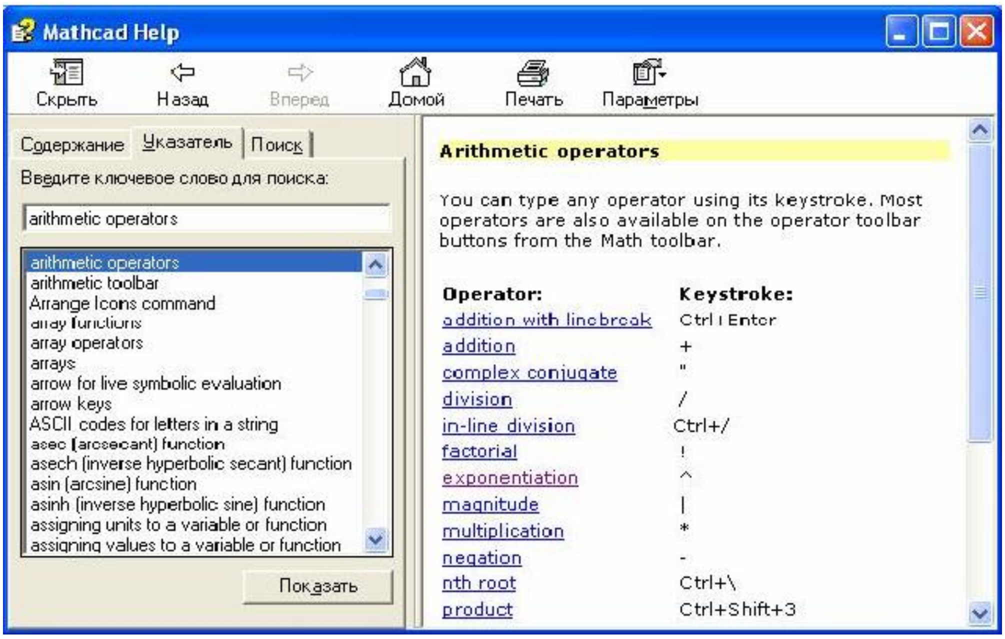


Рис. 2. Окно меню справки

Меню **Insert** – позволяет помещать в MathCAD документ графики, функции, матрицы, гиперссылки, компоненты и настраивать объекты.

Меню **Format** – содержит команды, предназначенные для задания различных параметров, определяющих внешнее представление чисел, формул, текста, абзацев, колонтитулов и т.д.

Меню **Math** – позволяет установить режимы и параметры вычислений.

Меню **Symbolics** – реализует символьные вычисления.

Меню **Window** – содержит команды для упорядочения взаимного расположения нескольких окон и позволяет активизировать одно их них.

Меню **Help** – информационный центр и справочники. Команда Help открывает окно, представленное на рис. 3.[21]

Кнопки панели Math

Одна из сильных сторон MathCAD – это представление и ввод математических символов и выражений в привычной для человека форме. Открыть соответствующую панель инструментов можно с помощью команды главного меню View →Toolbars. Для удобства работы ссылки на них объединены на панели Math (рис. 3).

[21] Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 501 pages

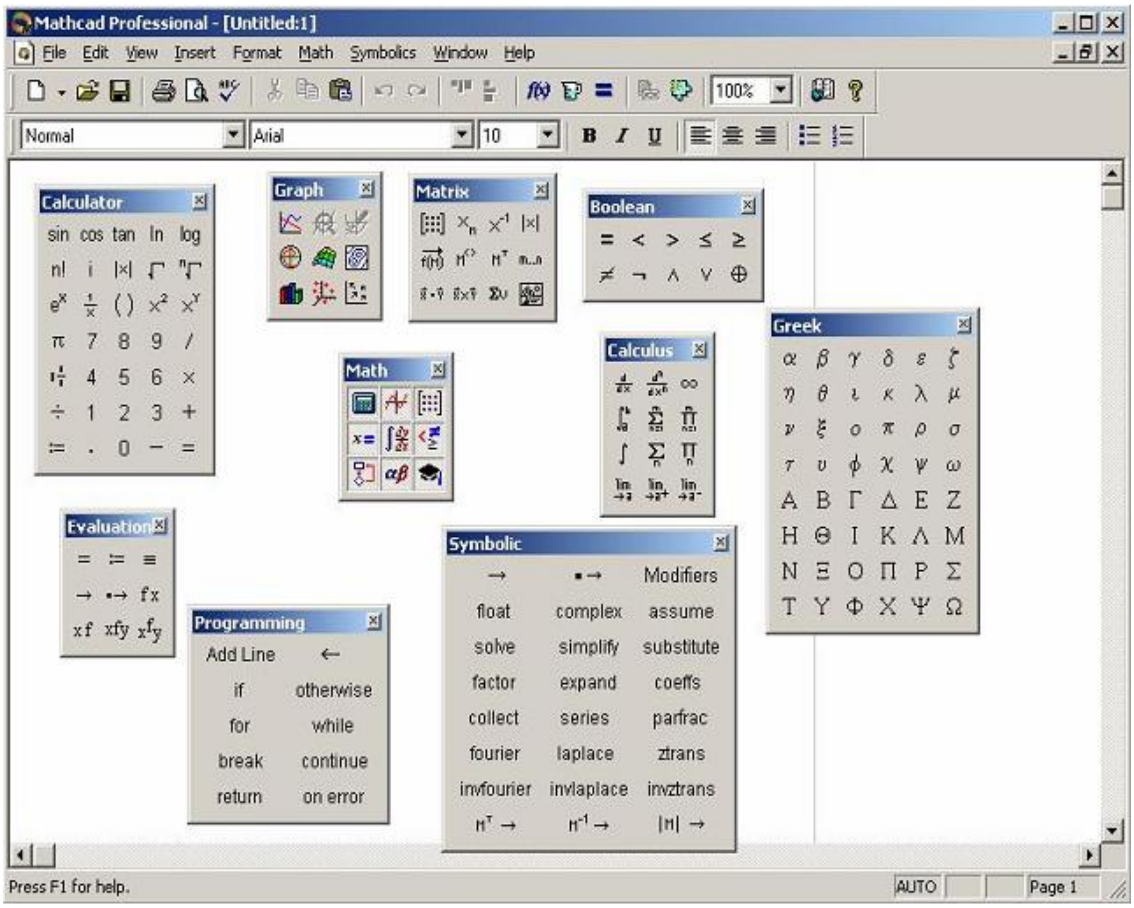


Рис. 3. Рабочее окно системы MathCAD с развёрнутыми панелями инструментов панели Math

На панели Math расположены 9 кнопок. Каждая из кнопок, в свою очередь, открывает панели инструментов специального назначения. Это следующие кнопки (в развёрнутом виде эти панели представлены на рис. 3.):

Calculator. На этой панели находятся кнопки для задания математических операций, а также некоторых часто используемых функций. Эту кнопку можно использовать как калькулятор.

Boolean – для ввода операторов сравнения и логических операций.

Evaluation – содержит кнопки для ввода операторов присвоения значений переменных и функций.

Graph – инструменты для построения графика.

Vector and Matrix – инструменты для работы с векторами и матрицами.

Calculus – представляет математические выражения с элементами интегрирования, дифференцирования в привычном виде. Кнопки это панели позволяют вычислять значения пределов, сумм, произведений.

Programming – инструменты для написания программ.

Greak Symbol – графический алфавит.

Symbol – Для символьных вычислений.

Запись команд в рабочем документе системы MathCAD

Запись команд в системе MathCAD на языке очень близка к стандартному языку математических рас чётов выполнимых на бумаге, что значительно упрощает постановку и решение задач. В результате главные аспекты решения математических задач смещаются с их программирования на алгоритмическое и математическое описание.

MathCad реализует вычисления в строго определённом порядке, как это делает человек: читая страницу книги, т.е. слева направо и сверху вниз. Правильный порядок выполнения блоков – основа правильного функционирования системы при обработке документа.

Сигнал ошибки в системе имеет вид всплывающей надписи, заключённой в прямоугольник.

Используемы типы констант

В системе MathCAD предусмотрены следующие типы данных:

1. Целые (2, –54,+43).

2. Вещественные (1.3, –2.23).

3. Комплексные (2.5+7*i*). Следует иметь в виду, что при записи мнимой единицы следует использовать специальную кнопку панели Calculus.

4. Строковые. Обычно это комментарии вида: «Вычисление суммы».

5. Системные. Системная константа – это предварительно определённая переменная, значение которой задаётся в начале загрузки системы. Примерами таких констант являются числа *e* или π.

Простые вычисления

Результат арифметического выражения отображается, если после него стоит знак «=» или знак «→». В первом случае результат представляется в *численном* виде, а во втором – в *символьном*.

Пример символьного вычисления:

$$\frac{2.45}{6.178}+\frac{4}{52}-76-\frac{8}{87}\rightarrow -75.618462477305312281$$

При выполнении вычислительной системой арифметического выражения используются знаки арифметических операций с приоритетами, принятыми в обычной математике. Выражение может содержать также другие операции:

извлечение корня;

возведение в степень;

интегрирование и дифференцирование;

знаков факториала и суммирования и т.д.

Часть этих операций можно «взять» на панели Calculator. Примером записи выражения может быть:

$$4.5\cdot\left(\sqrt[5]{56.3}+\sqrt{14.356}\right)+5.2^{1.8}-4.89+\frac{6.52}{4.78}=43.046$$

Количество значащих цифр, отображаемых при вычислении, можно регулировать с помощью главного меню **Format→Result**. В этом случае команда предоставит диалоговое окно, как это показано на рис. 4, в котором следует переустановить параметры для вывода результата.

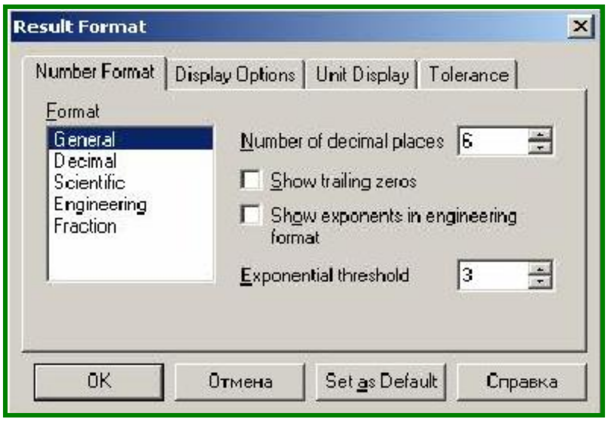


Рис. 4. Рабочее окно команды главного меню
Format (формат Result)

Ниже приведён результат символьного вычисления арифметического выражения:

$$\frac{25}{47} - 3^{-2} + \frac{7}{3} \cdot 2.5 + \pi \rightarrow 6.2541371158392434988 + \pi \ \mathrm{float}, 4 \ \rightarrow 9.396$$

После знака «→» отображён результат символьного вычисления. Для замены результата символьного вычисления численным значением применена команда float, расположенная на панели Symbolic. Эта команда представляет шаблон, в котором пользователю предлагается задать количество знаков (цифр) для отображения результата.[22]

Использование встроенных функций

В системе MathCAD имеется множество встроенных функций. Для избегания возможных ошибок не рекомендуется имя функции вводить с клавиатуры. Наиболее часто используемы функции, такие как sin, cos, ln, …, можно задать, используя их обозначение на панели инструментов Calculator. К другим функциям можно обратиться с помощью команды главного меню Insert, либо с помощью команды (кнопки) *f*(*x*). В окне, которое представляет команда (рис. 5), пользователь может установить категорию функции, познакомиться с примером её записи и спецификацией (описанием), а затем произвести нужный выбор. После этого система представляет пользователю шаблон, в который требуется вписать необходимые параметры.

[22] Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 50-55 pages

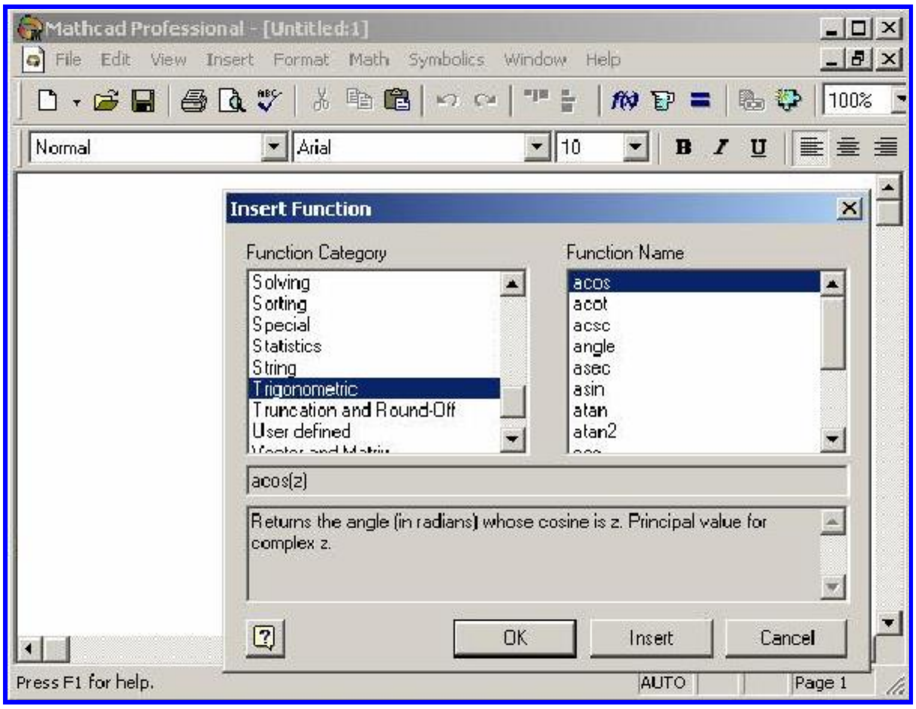


Рис. 5. Рабочее окно команды вставка функции Insert→ Function

Особенностью функции является возврат значения, т.е. функция в ответ на обращение к ней по имени с указанием её аргументов должна возвратить своё значение.

Определение переменных и пользовательских функций

В системе MathCAD, как и в любых других языках программирования, каждой ячейке памяти соответствует имя-идентификатор, которое выбирается в соответствии с установленным синтаксисом системы. Идентификаторы в MathCAD могут состоять из букв латинского или греческого алфавита и цифр, но в начальной позиции может стоять только буква. Идентификатор не должен совпадать со служебными словами, предусмотренными в системе. Следует иметь в виду, что MathCAD различает малые и заглавные буквы.

Локальные и глобальные переменные

Как и в других языках программирования в MathCAD различают локальные и глобальные переменные. Присваивание локальным переменным своё значение в системе MathCAD реализуют с помощью знака «:=». Для этого достаточно ввести знак двоеточие.

Глобальная переменная вводится следующим образом:

переменная~выражение.

Вид, который принимает в документе введённое таким образом присваивание:

переменная ≡выражение.

Отличие глобальных переменных от локальных переменных в том, что глобальные переменные могут использоваться в любом месте документа (в том числе, слева от их определения и над ним).

Определение и использование пользовательских функций

Важным инструментом в математических вычислениях являются **пользовательские** функции. Функции особенно целесообразно использовать, когда приходиться производит многократные вычисления по одним и тем же формулам, но с разными исходными данными.

Чтобы воспользоваться собственной функцией, нужно:

1. Описать функцию.
2. Вызвать описанную функцию для выполнения.

Для определения функции используются идентификаторы: имя функции и имена формальных параметров функции.

Формальный параметр – это идентификатор, конкретное значение которого определяется путём замены его на соответствующее ему значение фактического параметра при обращении к функции. Функции однозначно ставят в соответствие значениям аргументов (формальным параметрам) значения фактических параметров функции.

Формат определения функции:

Имя_функции (список формальных параметров):=выражение

Вызов пользовательской функции производится подобно тому, как в случае вызова любой стандартной функции.

Можно поместить результат в отдельную переменную:

Имя_переменной_результата:=Имя_функции (список формальных параметров)

Или напечатать:

Имя_функции(список формальных параметров)=

Пример 1. Требуется определить функцию Dist, которая будет возвращать расстояние заданной точки от начала координат. Использовать эту функцию для вычисления расстояния от точки $A(1.96; -3.8)$ и $B(6; 42.5)$ до начала координат.

Решение. Из куса линейной алгебры известно, что расстояние от начала координат до некоторой точки $A(x,y)$ определяется по формуле $d = \sqrt{x^2 + y^2}$. Здесь (x, y) – координаты заданной точки. Эта формула и будет составлять основу функции Dist. При описании функции следует предусмотреть два формальных параметра – координаты точки. На это место этих параметров должны будут вписаны фактические координаты заданных точек.

В соответствии с формулой определения расстояния от точки на плоскости до начала координат функция Dist может быть записана в виде:

$$Dist(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}.$$

А обращение к функции для вычислений расстояний от заданных точек может быть представлено как:

$\mathrm{Dist}(1.96, -3.8) = 4.276$

$P := \mathrm{Dist}(6, 42.5)$

$P = 42.921$

Во втором случае результат помещается во вспомогательную переменную.

Определение переменных, принимающих значения из заданного промежутка

В системе MathCad предоставлена возможность определения переменных, принимающих значения из заданного промежутка, причём соседние значения удалены на равные расстояния друг от друга. При этом задаётся только начальное значение, следующее значение и конечное значение.

В качестве переменных, принимающих значение из промежутка, можно использовать только идентификаторы без индексов.

Формат определения переменной:

Имя_переменной := начальное_значение, начальное _значение + шаг.. конечное_значение.

Если конечное значение при данном значении шага не достигается точно, последним значением переменной будет наибольшее значение из заданного промежутка, не превышающее конечное значение.

Кроме того MathCAD предоставляет возможность не задавать следующее значение, если шаг по величине совпадает со значением 1 или –1.

В этом случае формат определения переменной можно представить в виде:

Имя_переменной := начальное_значение .. конечное_значение

Пример 2. Требуется получить таблицу значений функции $f(x) = \dfrac{x}{1+x^2}$ на интервале $[a,b]$ с шагом h.

Решение. Решение задачи можно свести к выполнению следующих шагов:

1. Определить функцию $f(x)$.
2. Задать a, b, h.
3. Задать переменную (например, t), принимающую значение из промежутка на интервале $[a, b]$ с шагом h.
4. Получить таблицу значений функции для переменной t.
5. На рис. 6. представлен фрагмент документа с решением задачи.

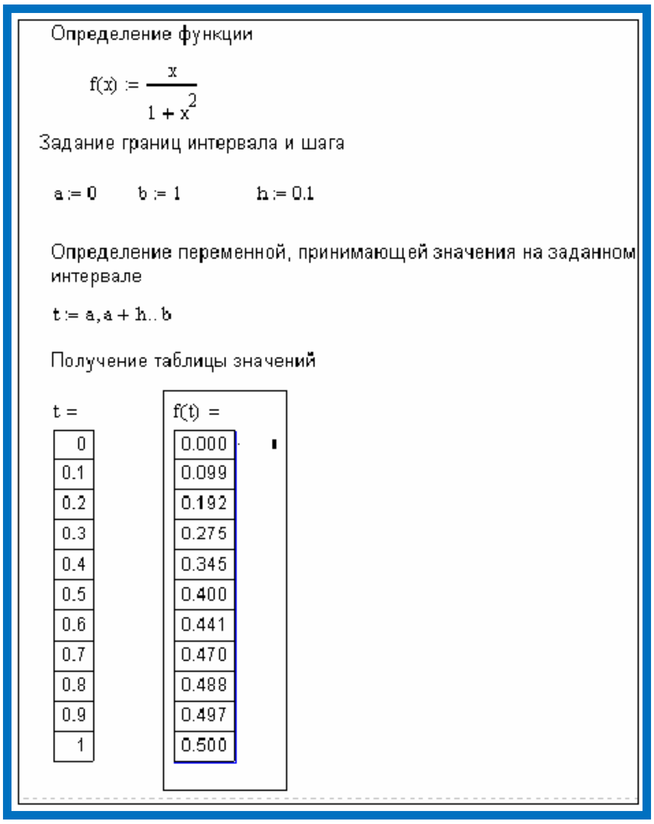


Рис. 6. Получение таблицы значений функции на заданном интервале с постоянным шагом

Построение графиков в декартовой системе координат

Все основные типы графиков и инструменты работы с ними расположены на рабочей панели Graph семейства Math. На этой панели вы можете найти ссылки на семь типов графиков. Остановимся на декартовой системе координат.[23]

В MathCAD существует несколько способов построения графиков, однако, первый шаг для всех способов будет один и тот же. Этим первым шагом является введение специальной заготовки для будущего графика – так называемой графической области. Ввести графическую область, как для декартового, так и для любого другого графика можно либо на панели Graph, либо командой одноимённого подменю меню Insert.

Графическая область представляет собой две вложенные рамки, как это показано на рис. 7, *а*.

[23] Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 60 pages

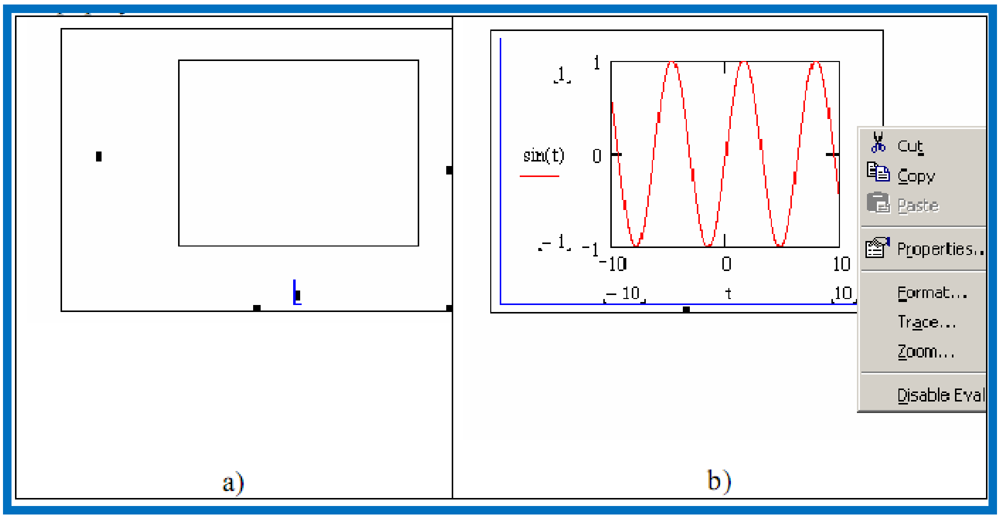


Рис. 7. Графическая область в декартовой системе координат

После того как графическая область будет введена, в общем случае требуется задать два соразмерных вектора, определяющих значения координат точек. Сделать это можно различными способами. Наиболее прост быстрый способ.

Быстрый метод: пользователь задаёт только имя переменной и вид функции, а шкалы осей и величину шага между узловыми точками автоматически определяет система.

Для построения графика функции по быстрому методу, необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Введите графическую область.

2. В специальном маркере, расположенном в центре под внутренней рамкой графической области, задайте имя независимой переменной.

3. В центральный маркер, расположенный слева от внутренней рамки, введите функцию или имя функции (если функцию определить раньше переменной, то работа даже упрощается, так как независимая переменная будет задана автоматически).

На рис. 7, *b* показан график функции $y = \sin(x)$, построенный по быстрому методу.

Варианты заданий к практическому занятию № 1

Задания:

1. Рассчитать выражения в соответствии с вариантом, используя встроенные функции, вывести на экран вспомогательные слова. Ответ должен содержать *m* знаков после запятой, переменную *x* определить в соответствии с областью определения.

2. Получите таблицу значений функции на интервале [*a*, *b*] с шагом *h*.

3. Построить функцию в декартовой системе координат.

Вариант 1

$y=\dfrac{1+\sin^2\left(8+x^3\right)}{\sqrt[3]{8+x^3}}$, m = 4, a = –5, b = 5, h = 1.

Вариант 2

$y=\dfrac{\sqrt[3]{x+16}}{\lg^2 x}$, m = 3, a = 10, b = 14, h = 0.5.

Вариант 3

$y=\dfrac{1+\lg^2\dfrac{x}{10}}{1-e^{\frac{x}{2}}}$, m = 2, a = 2, b = 8, h = 0.5.

Вариант 4

$y=\sqrt[4]{\left|x^2-2{,}5\right|}+\sqrt[3]{\lg x^2}$, m = 4, a = 10, b = 15, h = 1.

Вариант 5

$y=\dfrac{2^x-3^x}{\lg\left|\dfrac{2}{3}\right|}\sqrt[3]{x}$, m = 3, a = 3, b = 8, h = 1.

Вариант 6

$y=\dfrac{27+\sin^2 3x}{\arccos\left(2x\right)+e^{-x/2}}$, m = 2, a = –3, b = 2, h = 1.

Вариант 7

$y=\dfrac{\lg\left(x^2-1\right)}{\log_5\left(4x^2-9\right)}$, m = 4, a = 4, b = 11, h = 1.

Вариант 8

$y=\dfrac{\arccos\left(x^2-25\right)}{\arcsin\left(x^2-4\right)}$, m = 3, a = –2, b = 3, h = 1.

Вариант 9

$y=\arcsin\left(x^4\right)+\arccos\left(x^3\right)$, m = 2, a = –5, b = 5, h = 1.

Вариант 10

$y=5^{x^2-1}-\lg\left(x^2-1\right)+\sqrt[3]{x^2-1}$, m = 4, a = 5, b = 10, h = 1.

Контрольные вопросы:

1. Сколько поколений роботов существует?
2. Искусственная жизнь имеет следующие направления?
3. Какие задачи решаются в рамках искусственного интеллекта?
4. Экспертные знания активно используются в следующих направлениях?
5. Принцип организации социальных систем используется в направлении?
6. Интеллектуальная информационная система - это система..?
7. Если система использует генетические вычисления и базы данных, она относится к каким интеллектуальным системам?
8. Системы генерации музыки можно отнести к?
9. Какие системы являются системами общего назначения?
10. К самоорганизующимся системам относятся?

Использованные литературы:

1. Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 501 pages
2. Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013 p. 278
3. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.

2-практическое занятие:
Применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов
Программирование в MathCAD»

Цель работы. Приобрести навыки программирования в математическом пакете MathCAD.

Методические указания

Функции являются важнейшим инструментом математики. В практической работе № 2 представлена технология работы с пользовательскими функциями, которые можно описать с помощью одного выражения. Если описания функции нельзя уместить в одно выражение, то без элементов программирования обойтись сложно.

Язык программирования MathCAD содержит все элементы языка высокого уровня, необходимые для математических расчетов. Будучи дополненным сотнями встроенных функций и операторов системы, возможностями численного и символьного расчета различных величин, он по эффективности не уступает профессиональным системам программирования. Кроме того, у него есть одно очень крупное преимущество: язык программирования MathCAD предельно прост (а по изящности и наглядности в оформлении алгоритмов вообще не имеет аналогов).

Как правило, при использовании функций, встроенных в систему MathCAD, пользователи не задумываются о том, на основании каких методов и решений достигается цель, поставленная перед функцией. Такая встроенная функция используется по типу «черного ящика» – пользователь познакомился с ее описанием/спецификацией, вызвал для решения, получил ответ.

При программировании пользовательских функций будем придерживаться «созвучного» порядка, т.е. идти от спецификации к программированию.

Спецификация функций

Спецификация функции состоит из ее заголовка и описания назначения – выходного значения или результата работы функции. Для примера можно обратиться к мастеру функций и более внимательно посмотреть на предоставляемые им для его функций описания. На рис. 1 открыта страница со спецификацией функции rnorm.

Заголовок содержит имя функции (rnorm) и список формальных параметров (m, mu, sigma). Каждая пользовательская программа – функция MathCAD должна иметь оригинальное имя, используя которое будет осуществляться обращение к этой программе-функции. Через это же имя (и только через это имя) «возвращается» в рабочий документ результат выполнения программы-функции.

Через формальные параметры «внутрь» программы-функции «передаются» данные, необходимые для выполнения вычислений внутри программы. В качестве формальных параметров могут использоваться имена простых переменных, массивов и функций. Формальные параметры отделяются друг от друга запятой.

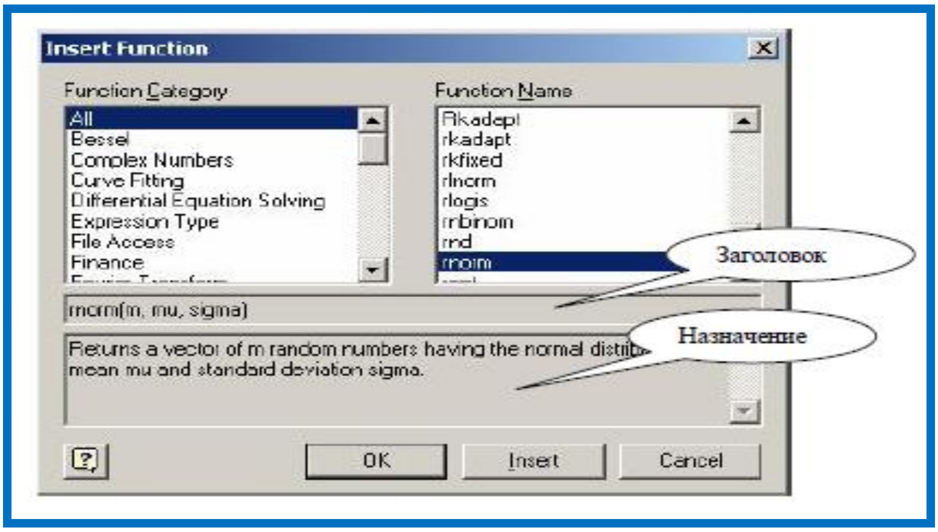


Рис. 1. Спецификация функций, представляемая мастером функций

При описании назначения функции необходимо сказать, что возвращает функция в качестве своего результата (в описываемой функции rnorm возвращает вектор нормально распределенных случайных значений). При этом обязательно нужно пояснить роль каждого из формальных параметров, перечисленных в заголовке (*m* – количество значений, *mu* – среднее значение, *sigma* – стандартное отклонение).[24]

Программирование функций

Для написания программ-функций в системе MathCAD предусмотрена специальная панель программирования – Programming (Программирование), содержащая все операторы и элементы языка.

Общий вид панели Programming представлен на рис. 2. Операторы в программу вставляются только с помощью кнопок этой панели.

Назначение основных команд, представленных на панели:

Add Line – добавление новой строки в программу или создание заготовки программы из двух строк, если программы еще не существует;

← – присвоение значения локальной переменной;

if – условный оператор. Позволяет в зависимости от условия выполнять или не выполнять те или иные действия;

otherwise – используется сразу после оператора if и позволяет выполнить определенные действия при невыполнении условия в операторе if;

for – оператор создания цикла со счетчиком;

while – оператор создания цикла, выполнение которого продолжается до тех пор, пока выполняется указанное условие. continue – продолжить вычисления в цикле;

break – прервать вычисления в цикле;

return – оператор возврата;

[24] Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 501 pages

on error – оператор перехода при возникновении ошибки.

Рис. 2. Вид панели инструментов Programming (Программирование)

Чтобы написать программу, прежде всего для нее должен быть создан специальный, обособленный от остального документа, программный блок →тело функции. Выглядит он как черная вертикальная линия с маркерами, в которые заносятся те или иные выражения и операторы алгоритма. Чтобы построить единичный элемент программного блока, нажмите кнопку команды Add Line (Добавить линию) панели Programming (Программирование).

Присваивание значений в программах имеет ряд особенностей. Важнейшим из них является то, что присвоение величин используемым алгоритмом функциям и переменным может быть произведено как в самой программе, так и выше нее. Данные два подхода весьма существенно разнятся:

Если значение переменной или функции присваивается в программе посредством оператора, то такая переменная или функция будет являться *локальной*. То есть она будет видимой только в рамках программы. Как-то повлиять на объекты вне программы она не сможет (равно, как извне к ней нельзя будет получить доступ).

Если переменная или функция задается выше программы с помощью оператора «:=», то она в программе будет обладать глобальной видимостью. То есть такая переменная или функция будет доступна любому нижележащему объекту, в том числе и коду программ. Однако программа может только прочитать значение глобальной переменной или вызвать глобальную функцию. Изменить каким-либо образом значение глобальной переменной или функции программа не может. Это очень важно учитывать при написании алгоритмов.

Если программа должна осуществлять какую-то модификацию объекта, то результат своей работы она должна возвращать.

Все программы, составляемые в пакете MathCAD, с точки зрения любого языка программирования (например, Turbo Pascal) представляют собой подпрограммы – функции, которые могут возвращать в качестве результата число, вектор или матрицу.

Описание программы-функции

Перед тем как использовать программу-функцию нужно ее описать. Описание программы-функции размещается в рабочем документе перед вызовом программы-функции и включает в себя заголовок функции и тело функции, соединенные в единое целое с помощью операции присваивания («:=»).

Заметим, что если программа используется для вычисления одного значения, то в своем заголовке она не содержит списка формальных параметров и называется *программой-скаляром*.

Программа-функция может не иметь формальных параметров и тогда, когда данные передаются через имена переменных, определенных выше описания программы-функции. Эти переменные будут являться глобальными для данной функции.

Технология создания программы-функции в рабочем документе MathCAD состоит из следующих шагов:

1. Ввести заголовок функции.
2. Ввести знак присваивания « : =».
3. Выполнить команду Add line, расположенную на панели Programming (Программирование). Появившейся на экране шаблон с вертикальной чертой и полями для ввода операторов будут составлять заготовку для тела программы-функции.

4. Вписать операторы в шаблон-заготовку. Тело программы-функции может включать любое число операторов: локальных операторов присваивания, условных операторов и операторов цикла, а также вызов других программ-функций.

5. Самое нижнее поле всегда предназначено для определения возвращаемого программой значения.

Пример 1. Требуется подготовить описание функции $y = \sin\dfrac{x}{g}$ вычислить значения этой функции при $x = 4.15$ и $g = 1.854$.

Решение. Заметим, что при вычислении y можно обойтись без описания и использования пользовательской функции и тем более без программирования, как это показано на рис. 3, *а*. Использование функции следует из требования к задаче для простоты изложения. Для нахождения значения функции «внутрь» программы-функции следует передать значения x и g, необходимые для выполнения вычислений внутри программы. Поэтому переменные x и g следует включить в список формальных параметров заголовка создаваемой функции. Назовем эту функцию – y. Тогда подготовка описания функции, и ее выполнение в соответствии с описанной технологией могут быть выполнены, как это представлено на рис. 4.

a)	b)	c)
$x := 4.15$ $g := 1.854$ $R := \sin\left(\dfrac{x}{g}\right)$ $R = \blacksquare$	$T := \left\vert \begin{array}{l} t1 \leftarrow \dfrac{x}{g} \\ \sin(t1) \end{array} \right.$	$D := \left\vert \begin{array}{l} t1 \leftarrow \dfrac{x}{g} \\ t2 \leftarrow \sin(t1) \\ t2 \end{array} \right.$

Рис. 3. Демонстрация элементов программирования простых выражений

В данном примере введена вспомогательная локальная переменная t для вычисления значения функции. И эта переменная расположена в последней строчке программного блока. В пункте (6) приведена операция вычисления функции для фактических значений. На рис. 3, *b*, *c* приведены другие варианты решения поставленной задачи.

$y(x,g) := \blacksquare$ (1-2)	$y(x,g) := \left\vert \begin{array}{l} \blacksquare \\ \blacksquare \end{array} \right.$ (3)	$y(x,g) := \left\vert \begin{array}{l} t \leftarrow \sin\left(\dfrac{x}{g}\right) \\ t \end{array} \right.$ (4-5)	$y(4.15, 1.854) = 0.785$ (6)

Рис. 4. Пошаговое создание и выполнение программы-функции

В примере, представленном на рис. 3, в первой колонке a для вычисления значения $y = \sin\frac{x}{g}$ используется базовый набор средств без элементов программирования. Во второй b и третьей c колонках производятся точно такие же вычисления, но с использованием элементов программирования. Обе программы (b и c) можно считать эквивалентными, так как возвращают они одно и то же значение, которое располагается в последней строчке программируемой части. В (b и c) мы имеем дело с программой – скаляром, так как они используются для вычисления одного значения и не имеют формальных параметров.[25]

Внутри программ (b и c) используются *глобальные* переменные g и – из документа. Значения этих переменных определены заранее. Обе программы из примера, представленного на рис. 3, в своей программируемой части содержат операторы присваивания с использованием локальных переменных. Переменные, созданные внутри программы с таким видом присваивания, являются внутренними, и доступ к ним может осуществляться только в самой программе.

2. В программной части используются глобальные переменные обычно *только как операнды* в выражениях.

2. Присвоить глобальным переменным значения внутри программы можно только локальным образом. После выхода из программы эти переменные сохраняют свои «глобальные» значения.

3. Использование «обычного» оператора присваивания «:=» в теле программы-функции приводит к синтаксической ошибке.

4. Последняя строка программы не должна содержать управляющих операторов. Эта строка задает значение, возвращаемое программой, т.е. получает результат вычислений и может содержать имя локальной переменной результата (рис. 4, c) или выражение, вычисляющее результат (рис. 4, b).

5. Обычно программа содержит больше чем две строки, поэтому рекомендуется сразу задавать блок из 5–6 маркеров.

6. Добавление недостающих полей для ввода дополнительных операторов производится с помощью кнопки Add line панели программирования. При этом поле ввода добавляется внизу выделенного к этому моменту оператора.

7. Для удаления того или иного оператора или поля ввода из тела программы-функции, нужно заключить его выделить и нажать клавишу <Delete>.

8. Программный блок можно создать и внутри уже заданного блока (вложенный блок). Для этого следует использовать один из стандартных способов: поставить курсор в маркер соответствующего оператора программирования и выполнить Add line.

9. Иногда при написании программы бывает нужным добавить строку к уже созданному блоку. Чтобы это сделать, поставьте курсор в ту строку блока, выше или ниже которой должна быть введена строка, и нажмите клавишу

---

[25] Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 501 pages

<Пробел>. При этом строка будет выделена и можно будет произвести добавление одним из стандартных способов.

10. Положение вставляемого маркера определяется положением вертикальной черты курсора. Если она находится слева от выделенного выражения, то маркер будет добавлен выше выделенной строки, если справа – то ниже.

11. Чтобы развернуть курсор в нужную сторону, нажмите клавишу <Insert>.

12. Чтобы добавить строку к целому блоку, его следует выделить, дважды нажав клавишу <Пробел>.

13. В том случае, если программа содержит блоки различных уровней, то для добавления строки, например, к первому блоку, нажмите клавишу <Пробел> несколько раз: при каждом нажатии будут выделяться блоки более низкого уровня.

Пример 2. Требуется найти действительные корни квадратного уравнения $ax^2 + bx + c = 0$, где a, b, c – любые действительные числа и $a \neq 0$. Известно, что в зависимости от знака дискриминанта $d = b^2 - 4ac$ действительные корни уравнения могут быть получены по формуле

$$x_{1,2} = \begin{cases} \dfrac{-b \pm \sqrt{d}}{2a}, & \text{если } d > 0 \\ \dfrac{-b}{2a}, & \text{если } d = 0 \end{cases}$$

Блок-схема этого алгоритма показана на рис. 5.

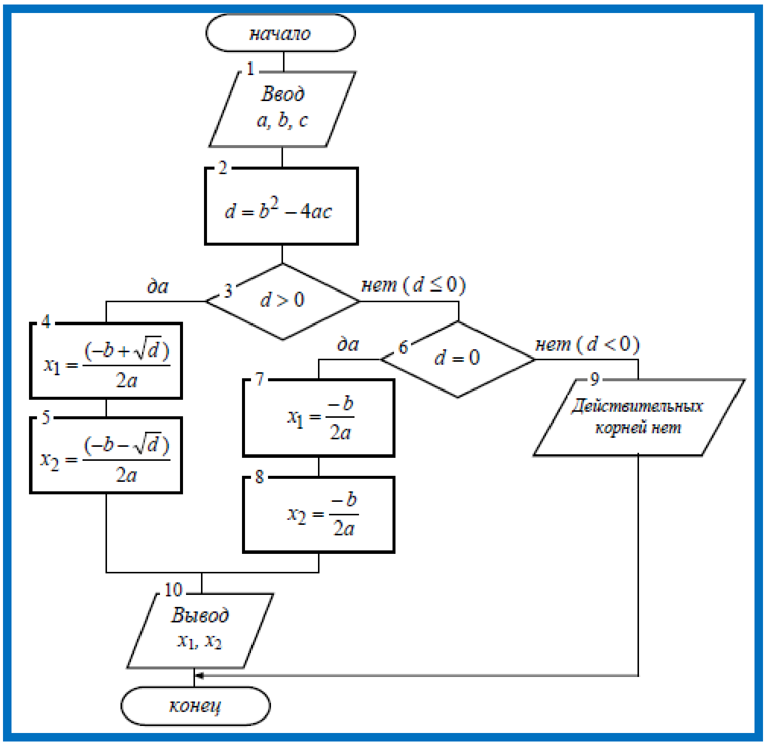


Рис. 5. Блок-схема вычисления действительных корней квадратного уравнения

Решение. Опишем вычисление корней в виде программы-функции. Спецификацию для этой функции можно записать следующим образом.

Функция $R(a, b, c)$ возвращает значения действительных корней квадратного уравнения $a{\cdot}x^2 + b{\cdot}x + c = 0$ или сообщает о том, что уравнение не имеет корней. Здесь a, b, c – коэффициенты уравнения.

Очевидно, что в данном случае мы имеем дело с ветвящимся процессом. *Программирование ветвящихся процессов* требует проверки некоторых условий, в зависимости от которых выбирается вычислительная формула. Для реализации таких вычислений на панели программирования предусмотрен оператор if (если).

Про условный оператор if

1. При включении оператора if в блок программирования появляется шаблон с двумя полями ввода – справа и слева от оператора: ■ if ■.

2. В поле ввода справа от оператора записывается условие. Для ввода условий следует использовать панель Boolean (Логические), где есть кнопки для проверки условий (= > < ≤ ≥ *).

3. В поле ввода слева нужно ввести строку программы (или несколько строк), которая будет выполняться, если введенное условие истинно.

4. Если невыполнение условия должно привести к выполнению какой-либо другой строки (или нескольких строк), то можно в строке, следующей за оператором if , вставить оператор otherwise (иначе). В поле ввода слева от этого оператора надо ввести строку, которая будет выполняться только в том случае, если условие ложно.

5. Чаще всего оператор if используется для задания разрывных или кусочно-непрерывных функций.

Описание функции и примеры ее вызова представлены на рис. 6.

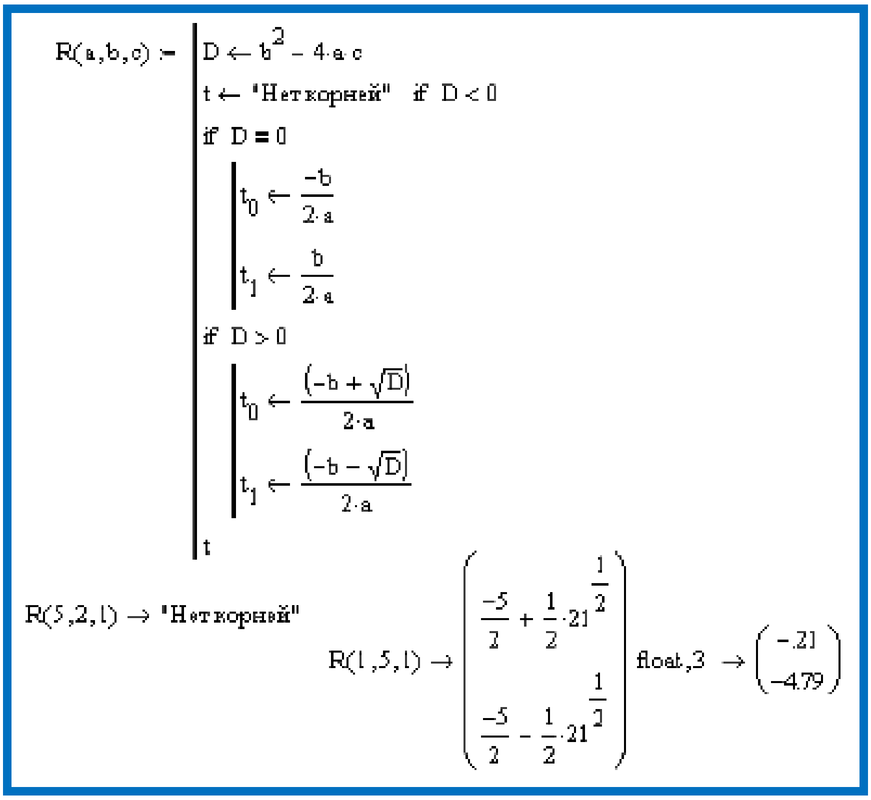


Рис. 6. Описание функции $R(a, b, x)$, предназначенной для вычисления корней квадратного уравнения

Рекомендуемая последовательность действий при разработке программ-функций:

1. Подготовить спецификацию функции.
2. Разработать алгоритм решения.
3. Установить, какие переменные помимо формальных параметров (локальные, глобальные переменные) понадобятся для реализации алгоритма.[26]
4. Описать алгоритм словами или в виде блок-схемы.
5. Описать алгоритм в виде программы-функции на языке MathCAD.

Варианты заданий к практической работе № 2

Задания:

1. Подготовить описание функции, заданной в соответствии с вариантом, вычислить значения этой функции при x_1 и x_2.
2. Требуется определить функцию, которая выполняет представленные в вариантах задания.

Вариант 1

[26] Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 501 pages

1. $F = \dfrac{3y + x^2 z}{\pi}$ $\begin{cases} y = \dfrac{-8x \cdot \sin x}{e^{\sqrt{|x|}}}, & z = \dfrac{8}{-x}, \quad x \le 0; \\ y = \dfrac{0{,}8x}{|\sin x|} + \cos(x - \dfrac{\pi}{3}), & z = \dfrac{2x}{\sqrt{x^3 - 1}}, \quad x > 0. \end{cases}$

$x_1 = -2.34$; $x_2 = 5.65$.

2. Дана последовательность из n целых чисел. Найти количество элементов этой последовательности, кратных числу 2 и не кратных числу 3.

Вариант 2

1. $F = \sqrt{|xyz|} - \dfrac{z}{2 + x}$ $\begin{cases} y = \dfrac{\pi \sin\, 2x + 2}{\ln(x + 2)}, & z = \ln x - 8, \quad x > 1{,}5; \\ y = \sqrt{\dfrac{2x^2 - 1{,}5}{\left|\cos 2x - \dfrac{\pi}{4}\right|}}, & z = \dfrac{e^{-x}}{x + 2\ln|x|}, \quad x \le 1{,}5. \end{cases}$

$x_1 = 0.564$; $x_2 = 12.43$.

2. Дана последовательность целых чисел. Найти количество четных элементов этой последовательности.

Вариант 3

1. $F = (xy + z)^2$ $\begin{cases} y = \dfrac{(x^2 + \pi)^3}{2x - \operatorname{ctg} \dfrac{x}{2}}, & z = \dfrac{|x - \sin 2x|}{\pi}, \quad x < 0; \\ y = \sqrt{\dfrac{\ln 2x + 0{,}5}{15}}, & z = \dfrac{\pi x}{2x + \cos 3x} + 1, \quad x > 0. \end{cases}$

$x_1 = -43.67$; $x_2 = 5.09$.

2. Дана последовательность целых чисел. Найти сумму минимального и максимального элементов в этой последовательности.

Вариант 4

1. $F = \ln(|y + z|)$ $\begin{cases} y = \dfrac{\ln(|2x|)}{e^{3x^2}}, & z = \dfrac{\cos 2x}{\cos^2 x} \quad x \le 2{,}5; \\ y = \dfrac{2{,}1x \cdot \lg x}{\sqrt{2x - 3} + 10}, & z = \dfrac{\sin 2x}{x + \dfrac{\pi}{3}} \quad x > 2{,}5. \end{cases}$

$x_1 = -100.87$; $x_2 = 25.769$.

2. Дана последовательность целых чисел. Найти максимальный элемент в этой последовательности.

Вариант 5

1. $F = x + 3\dfrac{y}{z}$ $\begin{cases} y = \dfrac{\operatorname{arctg}(x)}{2 + x^2}, & z = \sin 2x \quad x < 1; \\ y = \dfrac{|2 - x|}{3{,}1\operatorname{tg}(x) - \pi}, & z = \dfrac{e^{x+1}}{\sin x - 2\cos 2x} \quad x \ge 1. \end{cases}$

$x_1 = 0.787$; $x_2 = 76.091$.

2. Дана последовательность целых чисел. Найти номер минимального элемента в этой последовательности.

Вариант 6

1. $F = e^{xy} - z$
$$\begin{cases} y = \dfrac{|\text{tg}x| - 2}{\sqrt{|x| + x^2}}, & z = \dfrac{1}{\sin(x) - \dfrac{\pi}{3}}, \quad x < 0; \\ y = 3\text{ctg}x, & z = \dfrac{\sin x}{2{,}15 + \cos 3x}, \quad x \geq 0. \end{cases}$$

$x_1 = –87.134$; $x_2 = 12.454$.

2 Дана последовательность целых чисел. Найти сумму элементов с нечетными номерами из этой последовательности.

Вариант 7

1. $F = 2x^3 + \dfrac{y}{z}$
$$\begin{cases} y = \dfrac{x^2 - 3x}{\ln 3x - 2}, & z = \dfrac{\text{ctg}x - 1{,}1}{\cos x^2 + \sin^3 x}, \quad x \geq 3{,}5; \\ y = \dfrac{\sin^2 x}{1 + \sqrt{\ln|2x|}}, & z = \sqrt[5]{|2x^3|}, \quad x < 3{,}5. \end{cases}$$

$x_1 = 0.0765$; $x_2 = 543.87$.

2. Дана последовательность целых чисел. Найти сумму нечетных элементов этой последовательности.

Вариант 8

1. $F = \dfrac{\sin x + \cos 2y}{z + \dfrac{\pi}{4}}$
$$\begin{cases} y = \dfrac{|x+2| - 2}{3\sqrt{|x^3|}}, & z = \dfrac{x + \sin x}{\cos x - 1{,}2} \quad x < 0; \\ y = \dfrac{e^{\sqrt{x}} + 1}{\sqrt[3]{x^2} + 2}, & z = \dfrac{\cos x + 1}{x^3 - \sqrt{3x^2}3} \quad x > 0. \end{cases}$$

$x_1 = –987.76$; $x_2 = 43.78$.

2. Дана последовательность целых чисел. Найти сумму элементов с четными номерами из этой последовательности.

Вариант 9

1. $F = \sqrt{xyz^3} - 1$
$$\begin{cases} y = \dfrac{\text{arctg}x + 1}{\text{ctg}(x - \dfrac{\pi}{2})}, & z = \dfrac{\sin x + x^2}{\cos(x+1) - 1}, \quad x > 0{,}5; \\ y = x^3 + 2x^2 + 5, & z = \dfrac{1}{|\text{tg}x + 1|}, \quad x \leq 0{,}5. \end{cases}$$

$x_1 = 0.436$; $x_2 = 21.677$.

2. Дана последовательность из целых чисел. Найти сумму элементов с четными номерами из этой последовательности.

Вариант 10

1. $F = \dfrac{x + z^2}{(x + y + z)^2}$
$$\begin{cases} y = \dfrac{2x^2 - 5}{\sqrt{x^3} - \dfrac{2}{x+4}}, & z = \sqrt[3]{3x - 2} \quad x > 0; \\ y = \dfrac{3x^4 - |5 - x|}{\lg|x| + 3}, & z = \dfrac{5x + 2}{\text{tg}|x - 2| - 0{,}3} \quad x \leq 0. \end{cases}$$

$x_1 = –564.876$; $x_2 = 0.333$.

2. Дана последовательность из целых чисел. Найти количество элементов этой последовательности, кратных числу К.

Контрольные вопросы:

1. На каком формализме НЕ основаны логические модели?
2. Кто разработал первый нейрокомпьютер?
3. Какие задачи не решают нейронные сети?
4. Какую функцию не может решить однослойная нейронная сеть?
5. Что из ниже перечисленного относится к персептрону?
6. Кто написал книгу «Персепторны»?
7. Какую нейронную сеть обучают с помощью дельта-правила?
8. Какую нейронную сеть обучают с алгоритма обратного распространения ошибки?
9. Какие из перечисленных сетей являются рекуррентными?
10. Кто считается «отцом» генетических алгоритмов?

Использованная литература:

1. Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2nd. Edition. Academic Press 2009 501 pages
2. Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013 p. 278
3. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.

V. БАНК КЕЙСОВ

Кейс №1: Фирма «Фасад» производит двери для продажи местным строительным компаниям. Репутация фирмы позволяет ей продавать всю производимую продукцию. На фирме работает 10 рабочих в одну смену (8 рабочих часов), 5 дней в неделю, что дает 400 часов в неделю. Рабочее время поделено между двумя существенно различными технологическими процессами: собственно производством и конечной обработкой дверей. Из 400 рабочих часов в неделю 250 отведены под собственно производство и 150 под конечную обработку. «Фасад» производит 3 типа дверей: стандартные, полированные и резные. В таблице приведены временные затраты и прибыль от продажи одной двери каждого типа.

	Время на производство (мин)	Время на обработку (мин)	Прибыль
Стандартные	30	15	$ 45
Полированные	30	30	$ 90
Резные	60	30	$120

Задания: Каково будет правильное распределение в данном случае?

1.Сколько дверей различных типов нужно производить, чтобы максимизировать прибыль?

2. Оптимально ли распределение рабочего времени между двумя технологическими процессами (производство и конечная обработка)?

3. Как изменится прибыль, если распределить рабочее время между этими процессами оптимально?

Кейс №2. На предстоящей неделе «Фасад» должен выполнить контракт на поставку 280 стандартных, 120 полированных и 100 резных дверей. Для выполнения заказа «Фасад» может закупить некоторое количество полуфабрикатов дверей у внешнего поставщика. Эти полуфабрикаты «Фасад» может использовать только для производства стандартных и полированных, но не резных дверей. При этом изготовление стандартной двери требует лишь 6 мин процесса обработки, а полированной – 30 мин обработки (процесс собственно производства для этих полуфабрикатов не требуется). Полученная таким образом стандартная дверь приносит $15 прибыли, а полированная - $50.

Предполагая, что по-прежнему 250 часов в неделю отведено под производство и 150 под обработку, определите сколько и каких дверей «Фасад» должен произвести самостоятельно, и сколько полуфабрикатов закупить для изготовления стандартных и полированных дверей?

Задания: Как решать эту проблему?

Как изменится оптимальный план, полученный при выполнении предыдущего пункта, если правильно распределить время между собственно производством и обработкой дверей? Каково будет правильное распределение в данном случае?

Фирма «Фасад»					
	Время на производство (мин)	Время на обработку (мин)	Прибыль, $	Переменные	
Стандартные	30	15	45	0	X1
Полированные	30	30	90	100	X2
Резные	60	30	120	200	X3
				Целевая функция	
	15000	9000	24000	**33000**	
Ограничения	15000	9000	24000		

Мини кейс: По внешним признакам неисправности определить причины возникновения неисправности, и перечислить пути их устранения: «Дизель не запускается».

Задание: «По внешним признакам неисправности определить причины возникновения неисправности, и перечислить пути их устранения: «Дизель не запускается». При решении задачи учесть, что Вы проводите диагностику трактора с трактористом. Распределите обязанности между Вами и диагностом.

VI. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Слушатель во время подготовки самостоятельной работы по данному модулю должен:

- изучат главы и содержание учебника и учебных пособий по предмету;
- освоить по раздаточному материалу определенные части лекций;
- работать над темами модуля с использованием специальной литературы;
- глубоко изучить главы предмета, связанные с выполнением учебно-научной работой;
- использовать интерактивные методы обучения, дистанционное обучение.

Темы самостоятельных работ

1. Оценка экспертных систем.
2. Системы нечеткой логики.
3. Использование надёжностью каэффициентов.
4. Сравнение информации.
5. Техника пользование знаниями типа ПРОЛОГ.
6. Программа для создания экспертных систем.
7. Искусственные нейронные сети прямого распространения. .
8. Рекуррентные искусственные нейронные сети: сети Хопфилда.
9. Методы и алгоритмы анализа структуры многомерных данных
10. Методы перебора как универсальные методы поиска решений. Методы ускорения перебора.
11. Автоматизированный синтез физических принципов действия. Фонд физико-технических эффектов. Синтез физических принципов действия по заданной физической операции
12. Геометрический и структурный подходы к обучению распознаванию образов
13. Основные направления исследований в ИИ.
14. Функциональные особенности искусственных нейронных сетей.
15. Обучение, и адаптация. Методы обучения распознаванию образов.

VII. ГЛОССАРИЙ

Term / Термин	Пояснение на русском	Description in English
Act/ Процесс	Выполнения действия	To perform an action
Action/ Действие	Действие является выходом системы, связанные с входом. Он изменяет окружающую среду. Действие является исполнительным сигналом.	An action is the output of a system, related to a sense input. It changes the environment. The action is the implementation (doing, performing) of the response part of a response rule.
Bit/ Бит	Является двоичным кодом данных; то есть, оно выражает один из двух альтернатив. Это 1 или 0, да или нет, истинным или ложным, черного или белого цвета, что-то или нет, напряжение или нет напряжения,. (Мы знаем, что не все в нашем мире является черным или белым, но мы все еще можем использовать эту бинарную форму представления выразить промежуточные состояния, до любой желаемой точностью, с последовательностью битов.)	A bit is a "binary" data type; that is, it expresses one of only two alternatives. It is a 1 or a 0, a yes or a no, true or false, black or white, something is or is not, voltage or no voltage, an excited nerve or an inhibited nerve. (We know that not everything in our world is black or white, but we can still use this binary form of representation by expressing intermediate states, to any desired precision, with a series of bits.)
Brain/ Мозг	Физическая часть интеллектуальной системы (ИС), например, робот-гуманоид, активность в мозге является ум.	The physical part of an intelligent system (IS), for instance a humanoid robot, the activity within the bran is the mind.
Chronological memory/ Хронологические память	Хронологические память представляет собой список правил (правила реагирования) в том порядке, что они были использованы.	Chronological memory is a list of rules (response rules) in the order that they were used.
Communication/ Коммуникация	Коммуникация является движение материи или энергии между двумя частями. Эта энергия может быть носителем информации.	Communication is a movement of matter or energy between two parts of the universe. This matter or energy can be a carrier of information.
Composite concept/ Составная концепция	Составная концепция (комбинированная концепция), представляет собой концепцию, которая имеет другие понятия, как его содержание. Это не элементарная концепция.	A composite concept (combined concept), is a concept, that has other concepts as its content. It is not an elementary concept.
Abstracts and	Другой набор ссылок на то, что	Another set of links is

concretes/ Тезисы и факты	мы называем более "абстрактными" понятиями и более «конкретные» концепции. Понятие "дерево" есть ссылка на более абстрактное понятие "растение". Можно также сказать, дерево является примером растения. Другой путь вокруг понятий также есть ссылки на их более конкретных понятий, их примеры.	to what we call more "abstract" concepts and more "concrete" concepts. The concept "tree" has a link to the more abstract concept "plant". We can also say a tree is an example of a plant. The other way around concepts also have links to their more concrete concepts, to their examples.
Correlation/ Корреляция	Корреляция статистическая зависимость между до и после. Существует корреляция, если в высокий процент образцов, всякий раз, когда преобразование A существует, преобразование B существует позже. То же самое верно и для двух частей (структур вместо преобразований). Это также верно для части и преобразования или преобразования и части.	Correlation is a statistical relationship between before and after. A correlation exists if, in a high percentage of samples, whenever the transformation A exists, the transformation B exists later on. The same is also true for two parts of the universe (structures instead of transformations). It is also true for a part and a transformation or a transformation and a part.
Elementary Concept/ Элементарная концепции	Элементарная концепции является представление (в виде концепта) стахостического или элементарного действия.	A elementary concept is a representation (in concept form) of a sensation or an elementary action.
Environment/ Окружающая среда	Среда системы является то, что часть, которая находится в связи с системой, но не является частью системы.	The environment of a system is that part of the universe that is in communication with the system, but is not part of the system.
Ethical Action / Логическое действие	Логическое действие есть действие, которое приносит тем ближе к своим целям.	An ethical action is an action that brings the IS nearer to its objectives.
Ethical Objective/ Логическая цель	Логическая цель состоит в том, что цель служит для достижения цели более высокого уровня и, наконец, служит для достижения основной цели ИС.	An ethical objective is an objective that serves to reach a higher level objective and finally serves to reach the main objective of the IS.
Experience	Опыт это то, что случилось с IS в некоторый момент своего существования. Она включает в себя ситуацию, которая произошла, действие сделано, и результаты.	Experience is something that has happened to the IS during some moment of its existence. It includes the situation that occurred, the action done, and the results.
Information	Информация является суммой	Information is the

	понятий и правил реагирования, извлеченных из сообщения. Максимальное количество информации, которую можно извлечь из сообщения, рассматривается в науке "Теория информации".	sum of concepts and response rules extracted from a communication. The maximum amount of information that can be extracted from a communication is treated in the science of "Information Theory".
Intelligence/ Интеллект	Интеллект уровня системы исполнения в достижении поставленных целей.	Intelligence is the system's level of performance in reaching its objectives.
Intelligent System (IS)/ Интеллектуальная система	Это система, которая учится за время своего существования. (Другими словами, она узнает, для каждой конкретной ситуации, что реакция позволяет ему достичь своих целей.) Он постоянно действует, умственно и внешне, и действуя достигает своих целей чаще, чем чистая случайность укажет. (Как правило, гораздо чаще.) Для действующего, так и для ее внутренних процессов, он потребляет энергию.	It is a system that learns during its existence. (In other words, it learns, for each situation, which response permits it to reach its objectives.) It continually acts, mentally and externally, and by acting reaches its objectives more often than pure chance would indicate. (Normally much more often.) For acting, and for its internal processes, it consumes energy.
Learning/ Обучение	Обучение является увеличение количества правил и понятий реагирования в память о IS.	Learning is the increase in the amount of response rules and concepts in the memory of an IS.
Member/ Член	Член является частью общества	A member is a part of a society
Memory/ Памать	Память является хранение информации. Предлагаемый мозг использует два блока памяти, хронологическую память и память понятий и правил.	A memory is a storage of information. The proposed brain uses two memories, the chronological memory and the memory of concepts and rules.
Memory of concepts and rules / Память понятий и правил	Это список всех существующих концепций и правил. Для каждого это дает метку (число) и содержимое всех ветвей концепции или правила	It is a list of all existing concepts and rules. For each it gives the label (a number) and the contents of all branches of the concept or the rule.
Mind/ Разум	Процессы и воспоминания внутри мозга ап. Основные процессы преобразования ощущений в понятия, представляя нынешнюю ситуацию с помощью понятий, выбирая правило ответа, и	The processes and memories within the brain of an IS. The main processes are transforming sensations into concepts, representing the present situation by concepts, choosing a response rule, and

	отвечать на запросы в соответствии с правилом ответа. Дальнейшие процессы являются создание высших понятий уровня и правил реагирования. Воспоминания сохраненные понятия и правила реагирования.	responding according to the response rule. Further processes are the creation of higher level concepts and of response rules. Memories are the stored concepts and response rules.
Objective/ Задача	Цель состоит в определенной ситуации, что некоторые системы пытаются достичь. Обычно существует много уровней целей; мы говорим о "subobjectives" и их subobjectives.	An objective is a certain situation that some systems try to reach. Normally there are many levels of objectives; we talk of "subobjectives" and their subobjectives.
Part / Часть	Часть является результатом мысленно деля вселенную. Мы можем сделать это на различных уровнях. Часть также может быть создана, когда мы мысленно разделить часть.	A part is the result of mentally dividing the universe. We can do this at various levels. A part can also be created when we mentally divide a part.
Pattern/ Шаблон	Шаблон представляет собой обычное явление объектов, событий или их отношения. В нашем случае регулярного возникновения понятий в ситуации правила в памяти (или последовательных правил в памяти). Это может быть между нынешней ситуацией и будущей ситуации правила. Это может быть от самой концепции, количество равных понятий, место концепции в ситуации, или между частями понятий.	A pattern is a regular occurrence of objects, events or their relationships. In our case a regular occurrence of concepts in a situation of a rule in memory (or of successive rules in memory). This can be between the present situation and the future situation of a rule. It can be between the concept itself, the amount of equal concepts, the place of a concept in a situation or between parts of concepts.
Plan/ План	План является хранение ряда ответов (или правил реагирования), что IS будет выполнять один за другим. План представляет собой композиционный ответ.	A plan is the storage of a series of responses (or response rules) that the IS will perform one after the other. A plan is a composite response.
Pleasure/ Приближение	Приблежение является переменная ИС, что указывает на то, насколько близко ИС, чтобы достичь своей цели.	Pleasure is a variable of the IS that indicates how close the IS is to reaching its objective.
Response/ Ответ	Ответ в том, что часть правила ответа, что указывает на то, что IS должен делать в той или иной ситуации. Это один или несколько концептуальных (ов), выполнение физическими	The response is that part of a response rule that indicates what the IS should do in a certain situation. It is one or several concept(s) whose execution by the

	частями системы производит изменение в окружающей среде.	physical parts of the system produces a change in the environment.
Rule/ Правило	Правило ответа, часто просто называется правилом, является результатом опыта, или пересмотра существующих правил реагирования. Это физическое хранение в IS ситуации, соответствующий ответ, и в результате ситуации.	A response rule , often just called a rule, is the result of an experience, or of a review of existing response rules. It is the physical storage by the IS of a situation, the corresponding response, and the resulting situation.
Sensation/ Стохастика	Получать сообщения от окружающей среды и, в некоторых системах, их систематизировали, и отправить эту информацию в центр для дальнейшей обработки. Мы называем это кодифицированные информации "ощущения".	The senses receive communications from the environment and, in some systems, codify them, and send this information to a center for further processing. We call this codified information "sensations".
Structure/ Состав	Структура является частью вселенной, с ограниченным расширением в пространстве (только). Эта часть состоит из других частей, которые имеют фиксированные пространственные отношения между собой.	Structure is a part of the universe, with a limited extension in space (only). This part consists of other parts that have fixed spatial relations between themselves.
System/ система	Система является частью Вселенной, с ограниченным расширением в пространстве и времени. Более сильные и более корреляции существуют между одной частью системы и другой, чем между этой частью системы и части вне системы.	A system is part of the universe, with a limited extension in space and time. Stronger or more correlations exist between one part of the system and another, than between this part of the system and parts outside of the system.

VIII.СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Rafik Aziz Aliev Fundamentals of the Fuzzi Logik Bazed Generalized Theory of Decisions. Springler 2013 p. 278
2. Robert J. Schalkoff Intelligent Systems: Principles, Paradigms, And Pragmatics Jones & Bartlett Learning UK, 2011
3. Brent Maxfield, Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math, Second Edition 2^{nd}. Edition. Academic Press 2009 501 pages
4. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.
5. Баркалов С.А. Системный анализ и принятие решений.– “Воронеж”: НПЦВГУ,2010. 662с.
6. DUET-Development of Uzbekistan English Teachers- 2-том. CD ва DVD материаллари, Т. 2008.

Интернет ресурсы:

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Матбуот маркази сайти: www.press-service.uz
2. Ўзбекистон Республикаси Давлат Ҳокимияти портали: www.gov.uz
3. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari izohli lug'ati, 2004, UNDP DDI: www.lugat.uz, www.glossary.uz
4. Infocom.uz электрон журнали: www.infocom.uz
5. www.press-uz.info
6. www.ziyonet.uz
7. www.edu.uz