

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра инженерной психологии и эргономики

Л. П. Пилиневич, Н. В. Щербина, К. Д. Яшин

ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Рекомендовано УМО по образованию в области информатики и радиоэлектроники в качестве учебно-методического пособия для специальности 1-58 01 01 «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий» и направления специальности 1-40 03 01-09 «Информационные системы и технологии (в обеспечении промышленной безопасности)»

Минск БГУИР 2015

УДК [331.101+004.5](076)
ББК 30.17я73+32.973.26-018.2я73
ПЗ2

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра машин и технологии обработки металлов давлением
Белорусского национального технического университета
(протокол №6 от 17.11.2014);

начальник отдела естественных и технических наук
Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь,
доктор технических наук, доцент М. В. Тумилович

Пилиневич, Л. П.

ПЗ2 Эргатические системы : учеб.-метод. пособие / Л. П. Пилиневич,
Н. В. Щербина, К. Д. Яшин. – Минск : БГУИР, 2015. – 96 с. : ил.
ISBN 978-985-543-130-6.

Раскрыты вопросы исследования эргатических систем. Основное внимание уделено методологическим основам системного моделирования систем. В качестве объекта исследования рассматривается система «человек – машина – среда». Является методическим обеспечением выполнения практических занятий, курсовой и контрольной работ для студентов.

УДК [331.101+004.5](076)
ББК 30.17я73+32.973.26-018.2я73

ISBN 978-985-543-130-6

© Пилиневич Л. П., Щербина Н. В.,
Яшин К. Д., 2015
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическое занятие №1. Построение формальной модели исследования эргатической системы при отсутствии данных о ее внутреннем устройстве	5
Практическое занятие №2. Построение формальной модели исследования состава эргатической системы	13
Практическое занятие №3. Построение формальной модели исследования структурных связей эргатической системы	17
Практическое занятие №4. Построение структурной схемы модели эргатической системы	20
Практическое занятие №5. Построение математической модели эргатической системы на основе эксперимента	24
Практическое занятие №6. Построение математической модели эргатической системы на основе фундаментальных законов природы	29
Практическое занятие №7. Построение вероятностной модели	34
Практическое занятие №8. Построение логической информационной модели уровня «сущность – связь»	37
Практическое занятие №9. Разработка логической модели данных, основанной на ключах. Создание полной атрибутивной модели	47
Практическое занятие №10. Нормализация полной атрибутивной модели	54
Практическое занятие №11. Определение наилучшей эргатической системы методом «сведение многокритериальной задачи к однокритериальной»	58
Практическое занятие №12. Определение наилучшей эргатической системы методом «поиск альтернативы с заданными свойствами»	62
Практическое занятие №13. Определение наилучшей эргатической системы методом «нахождение множества Парето»	66
Практическое занятие №14. Определение наилучшей эргатической системы методом «выбор альтернативы на языке бинарных отношений»	71
Практическое занятие №15. Определение наилучшей эргатической системы методом последовательных уступок	75
Практическое занятие №16. Описание иерархических систем с помощью страт и слоев	78
Методические указания по выполнению курсовой работы	86
Методика выполнения курсовой работы	87
Методические указания по выполнению контрольной работы	90
Приложение А Пример оформления титульного листа курсовой работы	92
Приложение В Пример оформления листа задания курсовой работы	93
Приложение С Пример оформления титульного листа контрольной работы	94
Литература	95

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития общества характеризуется высокими достижениями научно-технического прогресса, позволяющими увеличить производительность труда, решать сложные задачи. Однако в связи с высокой механизацией и автоматизацией трудовых процессов в различных областях деятельности человека очень важно облегчить труд, сделать его более привлекательным. Эффективность использования сложной техники в значительной степени зависит от ее конструкции, в которой должны быть учтены возможности и ограничения, присущие человеку.

Если в системе присутствует человек, выполняющий определенные функции субъекта, то говорят об эргатической системе. Эргатическая система – это система, составным элементом которой является человек-оператор. Частным случаем эргатической системы будет человеко-машинная система. Система, в которой человек-оператор или группа операторов взаимодействует с техническим устройством в процессе производства материальных ценностей, управления, обработки информации и т. д., является эргатической системой.

Для успешного решения проблем создания высокоэффективных эргатических систем очень важно привлечь высококвалифицированных специалистов, умеющих решать возникшие проблемы с использованием методов системного подхода и моделирования сложных систем.

Назначение системного подхода заключается в том, что он направляет человека на системное видение действительности: заставляет рассматривать мир с системных позиций, точнее, с позиций его системного устройства.

Получение практических знаний создания и исследования сложных систем обеспечивается проведением практических работ по курсу «Эргатические системы».

Настоящее учебно-методическое пособие разработано в соответствии с программой курса «Эргатические системы» и призвано помочь студентам более глубоко изучить практические вопросы, связанные с моделированием и анализом сложных систем методами системного подхода.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Построение формальной модели исследования эргатической системы при отсутствии данных о ее внутреннем устройстве

Цель: освоить построение формальной модели эргатической системы на основе взаимодействия ее со средой на своих входах и выходах.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Основой всего системного анализа является построение моделей систем. Несмотря на многообразие реальных систем, различают всего несколько принципиально различных типов формальных моделей систем (и их комбинации): «черный ящик», модель состава, модель структуры, структурная схема системы. Эти модели являются формальными, они относятся к любым системам и, следовательно, ни к одной конкретно. Чтобы получить модель конкретной системы, необходимо наполнить формальную модель конкретным содержанием. Эта процедура носит неформальный характер и непосредственно зависит от исследователя, который должен определить элементный состав системы, существенные и несущественные свойства и отношения между частями системы.

Систему, в которой внешнему наблюдателю доступны лишь входные и выходные величины, а внутренняя структура и процессы неизвестны, часто называют «черный ящик». Определение системы, приведенное выше, довольно абстрактно и ничего не говорит о ее внутреннем устройстве и процессах, происходящих внутри системы. Тем не менее часто бывает достаточно иметь только часть информации о системе, чтобы решить возникшие проблемы. Например, когда мы не знаем текущего точного времени, то для решения данной проблемы нам достаточно посмотреть на часы, не задумываясь при этом об их внутреннем устройстве и происходящих в них процессах. Графически отмеченные взаимодействия системы с внешней средой представлены на рисунке 1.1.

Система связана и взаимодействует со средой при помощи связей, которые называют входами X и выходами Y системы. Пытаясь максимально формализовать модель такой системы, мы приходим к заданию двух множеств $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $Y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ входных и выходных переменных, но никаких других отношений между этими множествами фиксировать нельзя.

Ряд важных выводов о поведении системы можно сделать, наблюдая реакцию выходов на изменение входов. Например, при употреблении таблетки анальгина необязательно знать состав самой таблетки и представлять механизм воздействия ее компонентов на организм, а важно то, что при этом проходит головная боль. Другими словами, важно определить, что должно быть на входе

в систему и что нужно получить на выходе из нее, и неважно – что находится внутри системы. Поэтому приведенную модель часто называют моделью «черного ящика».

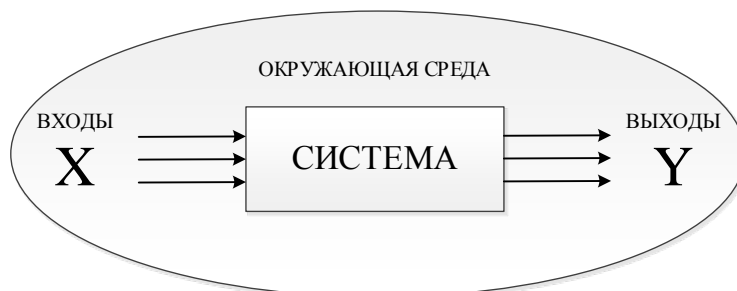


Рисунок 1.1 – Графическая модель системы «черный ящик»

Термин «черный ящик» был предложен английским ученым У. Р. Эшби, как понятие в кибернетике. Метод «черного ящика» позволяет изучать поведение систем, т. е. их реакций на разнообразные внешние воздействия, и в то же время абстрагироваться от их внутреннего устройства. Таким образом, система изучается не как совокупность взаимосвязанных элементов, а как нечто целое, взаимодействующее со средой на своих входах и выходах. Данный метод применим в различных ситуациях, например: при недоступности внутренних процессов системы для исследования; при исследовании систем, все элементы и связи которых в принципе доступны, но либо многочисленны и сложны, что приводит к огромным затратам времени и средств при непосредственном изучении, либо такое изучение недопустимо по каким-либо соображениям. Примерами могут служить проверка на готовность к эксплуатации автоматической телефонной станции, которая проводится путем «прозванивания», а не непосредственно проверкой всех блоков, схем и т. д. Исследования модели «черный ящик» проводятся путем постепенного изготовления длинного протокола, составленного в хронологическом порядке и показывающего последовательность состояния входа и выхода. В результате такого протокола мы знаем, какими входами экспериментатор манипулирует и что происходит при этом на выходе. В процессе изучения наблюдатель и «черный ящик» образуют систему с обратной связью, а первичные результаты исследования – множество пар состояний входа и выхода, анализ которых позволяет установить между ними причинно-следственную связь.

Модель «черный ящик» используется в случае:

- а) когда нет возможности вмешательства в систему;
- б) когда нужно получить данные о системе в обычной для нее обстановке для уменьшения влияния измерений на саму систему;
- в) когда отсутствуют данные о внутреннем устройстве системы.

Простота модели «черный ящик» обманчива, т. к. существует опасность:

- 1) неполноты охвата входов и выходов;
- 2) описания действия системы на базе статистики;

3) изменения внутреннего механизма функционирования системы с течением времени.

Проблема построения модели типа «черный ящик» заключается в правильном определении цели исследуемой системы. Цель – это субъективный образ (абстрактная модель) не существующего, но желаемого состояния среды, которое решило бы возникшую проблему. Вся последующая деятельность, способствующая решению этой проблемы, направлена на достижение поставленной цели, т. е. это работа по созданию системы. Приведем несколько упрощенных примеров систем, предназначенных для реализации определенных целей (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Системы и их цели

Цель	Система
1. В произвольный момент указать время	Часы
2. Обеспечить выпечку хлеба в заданном ассортименте для большого количества людей	Пекарня
3. Передать зрительную и звуковую информацию на большое расстояние практически мгновенно	Телевидение
4. Обеспечить перемещение людей в городе	Городской транспорт

Отметим, что далеко не просто сформулировать цели так, чтобы имелось действительно очевидное соответствие между ними и системами. Например, только слова «практически мгновенно» в пункте 3 таблицы 1.1 отличают цель телевидения от цели кино или пересылки видеокассет. Любая модель, в том числе «черный ящик», должна отвечать требованиям, предъявляемым к моделям, наиболее важные из них: адекватность, экономичность, степень их сложности, непротиворечивость, независимость, предсказательность, полнота и ингерентность.

Под *адекватностью* (от лат. *adaequatus* – приравненный) понимают степень соответствия результатов, полученных по разработанной модели, данным эксперимента или тестовой задачи.

Адекватность модели – соответствие действительности данных о системе, полученных на основе моделей. То есть результаты, полученные на основе модели, пригодны для прогнозирования поведения или свойств оригинала.

Проверка адекватности модели может производиться путем сравнения полученных показателей с реальными, а также путем экспертного анализа. Если система, для которой разрабатывается модель, существует, то сравнивают выходные данные модели и этой системы. В том случае, когда два набора данных оказываются подобными, модель существующей системы считается адекватной. Если по результатам проверки адекватности выявляются недопустимые расхождения между системой и ее моделью, в модель вносят необходимые изменения. В общем случае под адекватностью понимают степень соответствия модели тому реальному явлению или объекту, для описания которого она строится. Вместе с тем создаваемая модель ориентирована, как правило, на

исследование определенного подмножества свойств этого объекта. Поэтому можно считать, что адекватность модели определяется степенью ее соответствия не столько реальному объекту, сколько целям исследования. В наибольшей степени это утверждение справедливо относительно моделей проектируемых систем (т. е. в ситуациях, когда реальная система вообще не существует). Одним из наиболее распространенных способов проверки адекватности моделей является использование методов математической статистики. Суть этих методов заключается в проверке выдвинутой гипотезы (в данном случае – адекватности модели) на основе некоторых статистических критериев, при этом необходимо иметь в виду, что статистические критерии не могут доказать ни одной гипотезы – они могут лишь указать на отсутствие опровержения. Итак, каким же образом можно оценить адекватность разработанной модели реально существующей системе? Процедура оценки основана на сравнении измерений на реальной системе и результатов экспериментов на модели и может проводиться различными способами. Наиболее распространенные из них:

- а) по средним значениям откликов модели и системы;
- б) по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов системы;
- в) по максимальному значению относительных отклонений откликов модели от откликов системы.

Если результаты проверки модели исследования соответствуют выбранным критериям и могут служить основой для прогнозирования в исследуемых системах, то говорят, что модель адекватна объекту. При этом адекватность модели зависит от цели моделирования и принятых критериев, например, распределение Стьюдента. То есть значение t_n , вычисленное по результатам испытаний, сравнивается с критическим значением $Pt_{кр}$, взятым из справочной таблицы. Если выполняется неравенство $t_n < t_{кр}$, то гипотеза принимается.

Если на проектируемой системе провести измерения невозможно, то в качестве эталонного объекта применяют концептуальную модель проектируемой системы. Тогда оценка адекватности программно-реализованной модели заключается в проверке того, насколько корректно она отражает концептуальную модель. Данная проблема сходна с проверкой корректности любой компьютерной программы и ее можно решать соответствующими методами, например с помощью тестирования.

Для моделей, предназначенных для приблизительных расчетов, удовлетворительной считается точность 10–15 %, а для моделей, предназначенных для использования в управляющих и контролирующих системах, – 1–2 %.

Для повышения адекватности моделей их необходимо фальсифицировать, т. е. отслеживать расхождения предсказаний модели с действительностью и вносить в модель изменения, после чего снова сравнивать предсказания, полученные на основе измененной модели, с действительностью, снова вносить изменения и т. д.

Важным требованием, предъявляемым к моделям, является *экономичность*. Это означает, что решение задач с использованием модели должно занимать как можно меньше времени, энергии, материалов. В самом деле, какой смысл в познавательной модели атмосферных процессов, если для построения сценария (прогноза погоды) на следующий день требуются расчеты в течение двух дней?

Следующее требование – *простота* модели. Простота модели неизбежна из-за необходимости оперирования с ней, использования ее как рабочего инструмента, который должен быть обозрим и понятен, доступен каждому, кто будет участвовать в реализации модели. Поэтому предпочтение должно быть отдано более простой. Поясним этот аспект таким банальным примером: любой документ, направляемый руководству, как показывает опыт, не должен содержать более 1,5 страницы текста, т. к. длинные документы начальство просто не читает в связи с ограниченным временным ресурсом, на большие тексты у крупных руководителей просто нет времени. Упрощать модель можно до тех пор, пока сохраняются основные свойства, характеристики и закономерности, присущие оригиналу.

Под *предсказательностью* модели понимают ее пригодность для получения новых знаний об объекте – оригинале. Обосновано считается, что хорошая модель содержит в себе потенциальные знания, которые человек, исследуя ее, может приобрести.

Непротиворечивость. Это требование гласит: никакой вывод из одного или нескольких основных физических законов модели не должен противоречить другим законам этой модели или выводам из них. Например: предположим, что в одной части модели используется закон сложения скоростей Галилея, а в другой части – релятивистский закон сложения скоростей. Такая модель будет противоречивой. Она не пригодна для моделирования реальных процессов. Противоречивыми также являются и те модели, в рамках которых могут возникнуть абсурдные результаты (деление на 0, корень квадратный из минус единицы и т. д.). В частности, кинетическая энергия материальных тел должна быть неотрицательной. Требование непротиворечивости является обязательным.

Независимость. Это требование гласит: никакой закон модели не должен быть следствием других законов этой модели. Иначе говоря, все основные законы модели должны быть независимы друг от друга. Это требование еще называется требованием минимальности, поскольку оно может означать, что количество основных законов, лежащих в основе модели, должно быть минимальным. Чтобы этого достичь все законы, являющиеся следствиями основных, должны быть отброшены. Однако требование независимости – необязательное. Часто бывает, что для работы модели проще использовать следствия из основных законов, а не сами эти законы. В этом случае в основу модели добавляют наиболее часто используемые следствия из этих законов.

Следующее требование – *полнота* – означает, что модель должна описывать все свойства моделируемого объекта, необходимые для описания всех основных свойств этого объекта.

Ингерентность – это достаточная степень согласованности создаваемой модели со средой, в которой ей предстоит функционировать: создаваемая модель (в соответствии с принципом коммуникативности) должна входить в эту среду не как чужеродный элемент, а как естественная составная часть.

Трудности построения модели «черного ящика». Возможны четыре типа ошибок при построении модели «черного ящика». Все они возникают в результате того, что модель всегда содержит конечный список связей, тогда как их число у реальной системы не ограничено. Возникает вопрос: какие из них включать в модель, а какие – нет? Ответ: в модели должны быть отражены все связи, существенные для достижения цели. Но слово «существенные» – оценочное! Оценку может дать только субъект. Но кроме способности оценивать, субъект обладает еще одним свойством – способностью иногда ошибаться в своих оценках. Ошибка в оценке приведет к тому, что модель не вполне будет отвечать требованию адекватности, а значит, ее использование приведет к затруднениям в работе с системой.

Ошибка первого рода происходит, когда субъект расценивает связь как существенную и принимает решение о включении ее в модель, тогда как на самом деле по отношению к поставленной цели она не существенна. Это приводит к появлению в модели «лишних» элементов, по сути ненужных.

Ошибка второго рода, наоборот, совершается субъектом, когда он принимает решение, что данная связь несущественна и не заслуживает быть включенной в модель, тогда как на самом деле без нее наша цель не может быть достигнута вообще или в полной мере.

Отметим, что использование модели, содержащей ошибку, неизбежно приведет к потерям. Потери могут быть небольшими, приемлемыми или нетерпимыми, недопустимыми.

Урон, наносимый ошибкой первого рода, связан с тем, что информация, внесенная субъектом, лишняя. При работе с такой моделью придется тратить лишние ресурсы на фиксацию и обработку информации, например, тратить на нее память машины и время обработки. На качестве решения это не скажется, а на стоимости и своевременности – обязательно.

Потери от ошибки второго рода – это урон от того, что информации для полного достижения цели не хватает, цель не может быть достигнута в полной мере.

Теперь ясно, что хуже та ошибка, потери от которой больше. А это зависит от конкретных обстоятельств. Например, если время является критическим фактором, то ошибка первого рода становится гораздо более опасной, чем второго: вовремя принятое, пусть не наилучшее, решение предпочтительнее оптимального, но запоздавшего.

Ошибкой третьего рода принято считать последствия незнания. Для того чтобы оценивать существенность некоторой связи, надо знать, что она вообще

есть. Если это неизвестно, вопрос о включении или не включении ее в модель вообще не стоит: в моделях есть только то, что мы знаем. Но от того, что мы не подозреваем о существовании некоторой связи, она не перестает существовать и проявляться в реальной действительности. А дальше все зависит от того, насколько она существенна для достижения поставленной цели. Если она несущественна, то мы в практике и не заметим ее наличия в реальности и отсутствия в модели. Если же она существенна, мы будем испытывать те же трудности, что и при ошибке второго рода. Разница состоит в том, что ошибку третьего рода труднее исправить: надо добывать новые знания.

Ошибка четвертого рода может возникнуть при неверном отнесении известной и признанной существенной связи к числу входов или выходов. Например, в жесткой корреляции между урожайностью зерновых и яйценоскостью кур как вход можно толковать то из них, что известно, а как выход – то, что надо оценить. Но ведь можно счесть ношение определенного головного убора входом, поскольку точно было установлено, что в Англии прошлого века здоровье мужчин, носящих цилиндры, было намного лучше, чем здоровье носящих кепки. Как интерпретировать факт, что заключенные чаще посещают церковь, чем люди на свободе? А проблема симптомов и синдромов в медицине?

Таким образом, при построении модели «черного ящика» следует остерегаться совершить любую из четырех ошибок.

Пример выполнения практического задания

Система «кофемашина». Главной целью данной системы является приготовление кофе-напитка, дополнительная цель – минимальное участие человека. Существенные связи системы с объектами окружающей среда – человек.

Определим входы и выходы системы «кофемашина». Напомним, что выходы модели описывают результаты деятельности системы, а входы – ресурсы и ограничения. При построении модели необходимо знать, что может быть: один вход – один выход, один вход – несколько выходов, несколько входов – один выход, нет входа – один или несколько выходов.

Отметим нежелательные входы и выходы системы «кофемашина».

Приведем способы устранения недостатков системы «кофемашина»:

- для предотвращения коррозии необходимо поддерживать в помещении оптимальные или допустимые параметры микроклимата;
- перед использованием изучить инструкцию по применению, проверить целостность проводов и т. д.

Пример построения графической модели «черный ящик» системы «кофемашина» показан на рисунке 1.2.

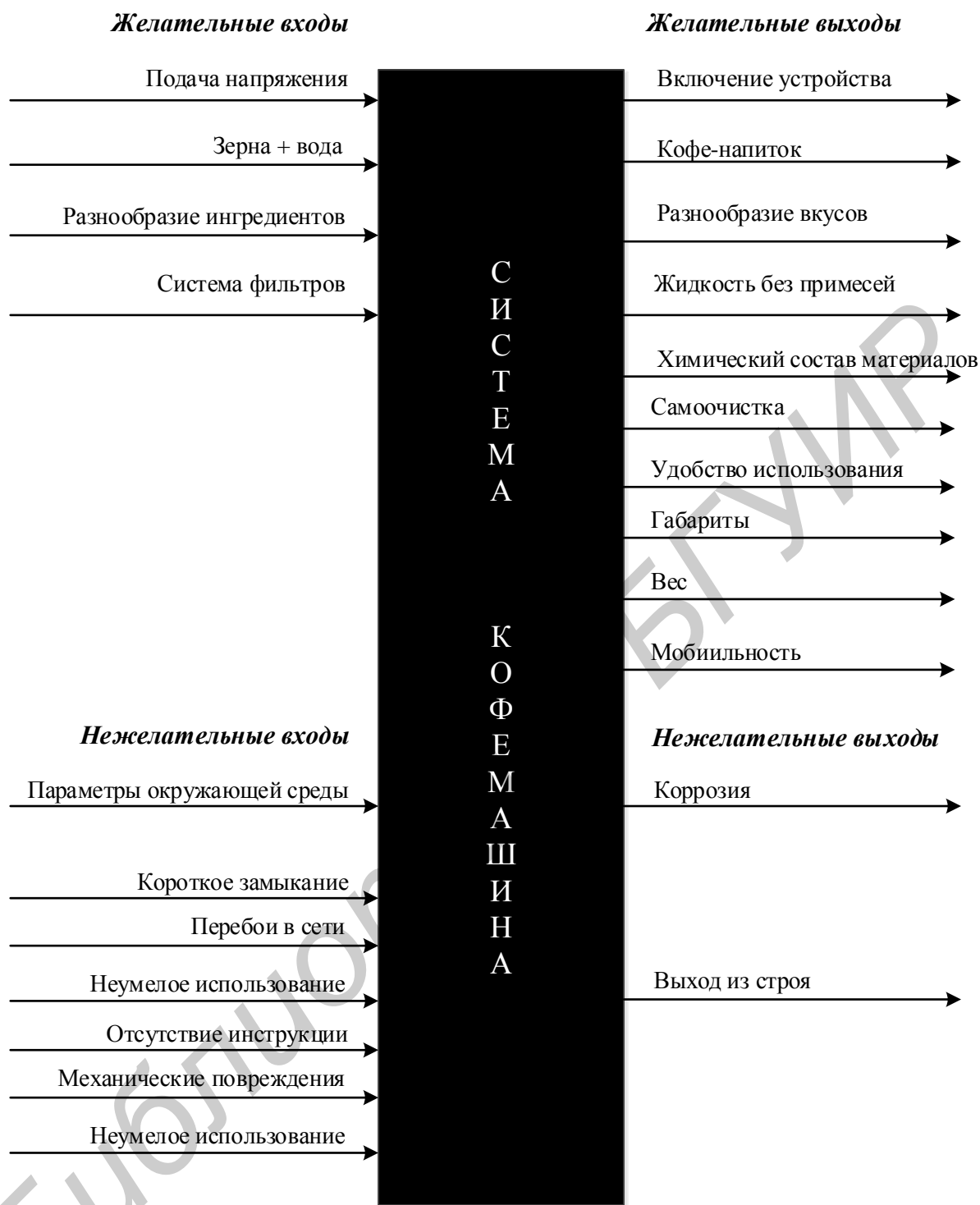


Рисунок 1.2 – Графическая модель «черного ящика» системы «кофемашина»

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. По названию и назначению заданной системы определить ее главную и основные дополнительные цели.
3. В соответствии с назначением и целями системы определить существенные связи системы с объектами окружающей среды.
4. Определить и описать существенные входы и выходы системы.

5. Построить графическую модель «черный ящик» заданной системы.
6. Перечислить нежелательные входы и выходы системы.
7. Установить основные способы устранения возможных недостатков.
8. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты эргатических систем для выполнения задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия модели и модели «черный ящик».
2. Как бороться с непознаваемостью объекта?
3. Назовите основные трудности построения модели «черный ящик».
4. Назовите основные требования к построению моделей.
5. Назовите возможные типы ошибок при построении модели «черного ящика».

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Построение формальной модели исследования состава эргатической системы

Цель: освоить построение формальной модели исследования состава эргатической системы.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

При рассмотрении любой системы обнаруживается, что ее целостность и обособленность, отображенные в модели «черного ящика», выступают как внешние свойства. Внутренность же «ящика» оказывается неоднородной, что позволяет различать составные части самой системы. При более детальном рас-

смотрении некоторые части системы могут быть, в свою очередь, разбиты на составные и т. д. Те части системы, которые мы рассматриваем как неделимые, называются элементами. Части системы, состоящие более чем из одного элемента, называют подсистемами. Модель состава ограничивается снизу тем, что считается элементом, а сверху – границей системы. Границы определяются целями построения модели.

Правила разбиения системы на подсистемы: 1) каждая подсистема должна реализовать единственную функцию системы; 2) выделенная в подсистему функция должна быть легко понимаема независимо от сложности ее реализации; 3) связь между подсистемами должна вводиться только при наличии связи между соответствующими функциями системы; 4) связи между подсистемами должны быть простыми (насколько это возможно); 5) число уровней и подсистем каждого уровня может быть различным, но подсистемы, непосредственно входящие в одну систему более высокого уровня, действуя совместно, должны выполнять все функции той системы, в которую они входят.

При необходимости можно ввести обозначения или термины, указывающие на иерархию частей.

Графическая модель состава системы, представленная на рисунке 2.1, описывает, из каких подсистем и элементов она состоит.

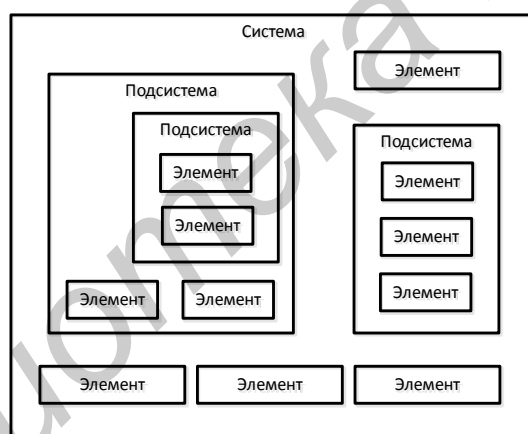


Рисунок 2.1 – Графическая модель состава системы

Построение модели состава системы только на первый взгляд кажется простой задачей. Модели одной и той же системы, разработанные разными экспертами, могут различаться между собой и даже значительно. Причины этого состоят не только в различной степени знания системы (например, если спросить у ректора, студента, бухгалтера, хозяйственника, из каких частей состоит университет, то каждый выдаст свою, отличную от других модель), но и один и тот же эксперт при разных условиях также может создать разные модели.

Трудности построения модели состава можно представить тремя положениями:

1. Целое можно делить на части по-разному (как разрезать булку хлеба на ломти разного размера и формы). А как именно? Ответ: так, как вам надо для

достижения вашей цели. Данное свойство получило формулировку «различимость частей», а не делимость на части.

2. Количество частей в модели состава зависит и от того, на каком уровне остановить дробление системы. Например, при описании предстоящих работ приходится давать опытному работнику и новичку инструкции разной степени подробности. Таким образом, модель состава зависит от того, что считать элементарным, а поскольку это слово оценочное, то это не абсолютное, а относительное понятие.

3. Любая система является частью какой-то большей системы (а нередко сразу нескольких). А эту мегасистему тоже можно делить на подсистемы по-разному. Это означает, что внешняя граница системы имеет относительный характер. Определение границы системы производится с учетом целей субъекта, который будет использовать модели системы.

Главная задача в построении модели состава заключается в том, чтобы правильно, согласно определению и назначению системы, определить цель системы. Разделение целостной системы на части полностью зависит от целей системы (это относится и к границам между частями системы и к границам самой системы и окружающей средой).

Состав системы определяется в зависимости от уровня и глубины знаний о системе, назначения модели и ее целей, определения элемента системы, правил построения подсистем.

Модель состава системы хотя и показывает, из каких частей состоит система, не всегда достаточна для решения необходимых задач. Это связано с тем, что система обладает свойствами, которых нет ни у одной из ее частей. Это обстоятельство обуславливает необходимость установления связей между частями системы, т. е. в определении структуры системы.

Пример выполнения практического задания

Система «кофемашина». Главной целью данной системы является приготовление кофе-напитка, дополнительная цель – минимальное участие человека.

Графическая модель состава системы представлена на рисунке 2.2.

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. По названию и назначению заданной системы определить ее главную цель.
3. В соответствии с назначением и целью системы разбить исследуемую систему на подсистемы и элементы.
4. Представить исследуемую систему в графическом виде или в виде таблицы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

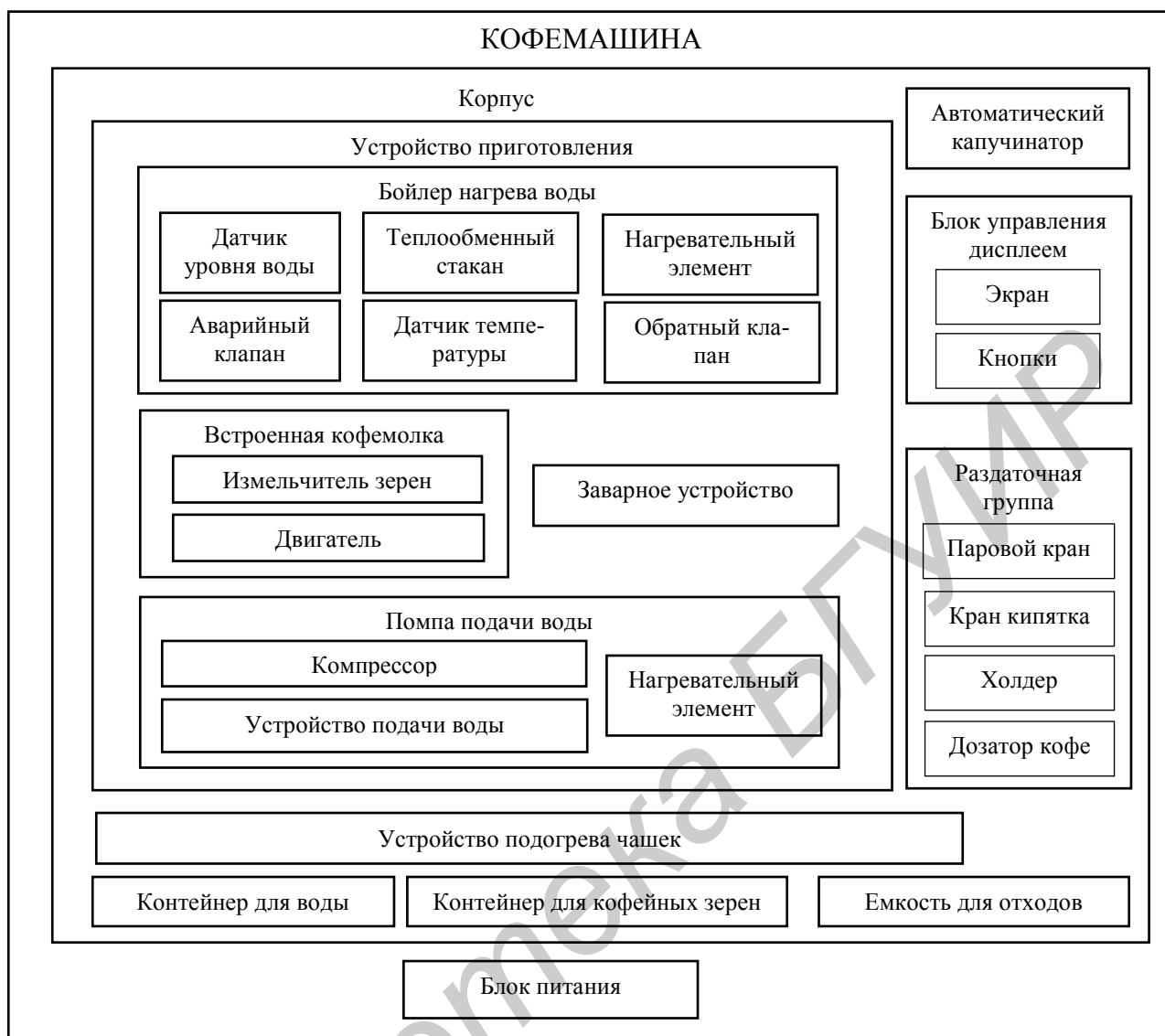


Рисунок 2.2 – Графическая модель состава системы «кофемашина»

Варианты эргатических систем для выполнения задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия модели состава системы.
2. Дайте определение подсистемы и элемента.
3. В чем отличие модели «черный ящик» от модели состава системы?

4. Назовите основные правила разделения системы на подсистемы и элементы.
5. Назовите основные трудности построения модели состава системы.
6. Назовите основные требования к построению моделей.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Построение формальной модели исследования структурных связей эргатической системы

Цель: освоить построение формальной модели исследования структурных связей эргатической системы.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Существуют проблемы, которые нельзя решить с помощью модели состава системы или «черного ящика». Например, чтобы получить велосипед, недостаточно иметь отдельные его детали (хотя состав системы налицо). Необходимо еще правильно соединить все детали между собой, или, говоря в общем, установить между элементами определенные связи – отношения. Перечень существенных связей между элементами системы называется моделью структуры системы.

Структура – множество элементов, которые взаимодействуют между собой в определенном порядке для осуществления функций системы. Структура определяет организованность системы, упорядоченность ее элементов и связей.

О связях между элементами системы можно говорить только после того, как определена модель состава системы, т. е. после того, как рассмотрены сами элементы.

Связь с точки зрения структуры системы формирует эту самую структуру. С точки зрения функционирования системы она преобразует выход одного компонента во вход другого. Основное ее отличие от компонента заключается в том, что это преобразование тривиально. То есть если компонент изменяет поток, то связь его существенно не изменяет.

В зависимости от задачи один и тот же объект можно моделировать как компонент, а можно – как связь. Так же как входы и выходы, связи могут быть пространственными (структурными) и временными (причинно-следственными).

Структурные связи бывают статическими (энергия, масса или информация, заполняющая связь, не перемещается от одного компонента к другому) и динамическими (от одного компонента к другому идет поток энергии, массы

или информации). Статическая связь может переходить в динамическую и наоборот.

Связи классифицируют по направленности (направленные и ненаправленные), параметрам силы (сильные и слабые), виду управления (подчинения и равноправные связи управления), месту приложения (внутренние и внешние), порядку действия (прямые, обратные, нейтральные).

Прямые связи предназначены для передачи вещества, энергии, информации или их комбинаций от одного элемента другому в соответствии с последовательностью выполняемых функций.

Качество связи определяется ее пропускной способностью и надежностью.

Очень важную роль играют обратные связи: они являются основой саморегулирования и развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования; служат в основном для управления процессами. Наиболее распространены информационные обратные связи.

Нейтральные связи не относятся к функциональной деятельности системы, непредсказуемы и случайны. Однако они могут сыграть определенную роль при адаптации системы, служить исходным ресурсом для формирования прямых и обратных связей, являться резервом.

Перечень связей между элементами (т. е. модель структуры системы) является отвлеченной, абстрактной моделью, где установлены только отношения между элементами, но не рассмотрены сами элементы. Хотя на практике говорить о связях безотносительно к элементам можно лишь после того, как отдельно рассмотрены сами элементы (т. е. рассмотрена модель состава). Теоретически модель структуры можно изучать отдельно.

Бесконечность природы проявляется и в том, что между реальными объектами, вовлеченными в систему, имеется невообразимое (может быть, бесчисленное) количество отношений. Однако, когда рассматривается некоторая совокупность объектов как система, то из всех отношений важными, существенными для достижения цели являются лишь некоторые. Поэтому в модель структуры (т. е. в список отношений) включается только конечное число связей, которые, по мнению исследователя, существенны по отношению к рассматриваемой цели. Модель структуры системы отображает связи между компонентами модели ее состава, т. е. совокупность связанных между собой моделей «черного ящика» для каждой из частей системы. Поэтому трудности построения модели структуры те же, что и для построения модели «черного ящика».

Трудности построения модели структуры. Для достижения определенной цели потребуется одна наиболее подходящая модель структуры из множества. Трудность выбора из имеющихся или построения модели специально для конкретного случая заключается в правильности перечисления существенных связей, которые зависят от объективных обстоятельств и от субъективных оценок этих обстоятельств.

Первая трудность связана с тем, что модель структуры определяется после того, как выбирается модель состава, и зависит от того, каков именно

состав системы. Но даже при зафиксированном составе модель структуры переменна из-за возможности по-разному определить существенность связей. Например, при конструировании и эксплуатации компьютерных систем приходится учитывать одновременно их аппаратную и программную составляющие со своими, взаимодействующими между собой, а иногда и взаимозаменяемыми структурами.

Вторая трудность проистекает из того, что каждый элемент системы есть «маленький черный ящик». Так что все четыре типа ошибок возможны при определении входов и выходов каждого элемента, включаемых в модель структуры.

Пример выполнения практического задания

Исходя из главной цели системы, выделим попарно основные узлы и связи между ними. Модель структуры системы «кофемашина» можно представить в виде таблицы (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Модель структуры системы «кофемашина»

Основные элементы	Связи
Бойлер нагрева воды – помпа подачи воды	Устройство подачи воды
Теплообменный стакан – нагревательный элемент	Датчик температуры
Теплообменный стакан – аварийный клапан	Датчик уровня воды
Теплообменный стакан – обратный клапан	Датчик уровня воды
Компрессор – устройство подачи воды	Датчик давления
Встроенная кофемолка – помпа подачи воды	Заварное устройство
Помпа подачи воды – контейнер для воды	Устройство для подачи воды
Контейнер для кофейных зерен – емкость для от- ходов	Заварное устройство

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. По названию и назначению заданной системы определить ее главную цель.
3. В соответствии с назначением и целями системы разбить исследуемую систему попарно на основные элементы, которые связаны между собой.
4. Определить основные связи между выделенными элементами.
5. Представить исследуемую систему в виде таблицы.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты эргатических систем для выполнения задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия модели структуры системы.
2. Назовите основные требования к построению моделей.
3. Дайте определение структурной связи системы.
4. Назовите основные трудности построения модели структуры системы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Построение структурной схемы модели эргатической системы

Цель: освоить процесс построения структурной схемы модели эргатической системы.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Объединив модели «черного ящика», состава системы и структуры системы, получаем самую полную и подробную (для целей и уровня знаний) модель системы – структурную схему системы (рисунок 4.1).

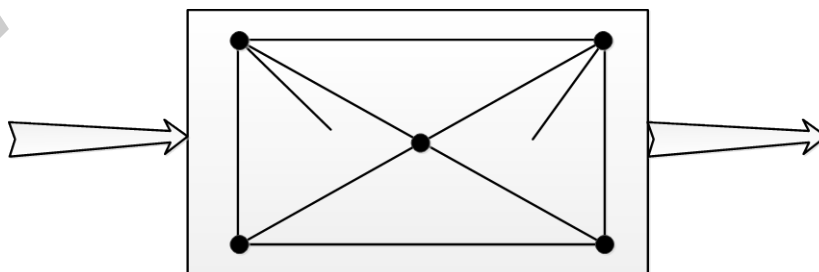


Рисунок 4.1 – Структурная схема системы

Структурная схема системы дает представление о том:

- что поступает в систему из внешней среды и что система передает во внешнюю среду;
- из каких частей и элементов состоит система;
- как части системы между собой связаны.

Внешняя среда – то, что находится вне границы системы и взаимодействует с ней. При достаточной подробности моделей состава и структуры эти модели превращают «черный ящик» в «прозрачный». Задача превращения «черного ящика» в «прозрачный» является основной при познании и разработке систем.

Перед моделированием внутренней структуры, т. е. перед тем как набрать и связать друг с другом компоненты, необходимо определить и понять, зачем эти компоненты нужны (чтобы не включать лишние компоненты и связи между ними). Исходя из этого, вначале должны быть прописаны функции компонентов, затем – последовательность функций компонентов, необходимая для проявления интегративного свойства системы. В структурной схеме указываются все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи определенных элементов с внешней средой (входы и выходы системы). Наглядно на рисунке 4.2 представлена структурная схема модели системы «компьютер».

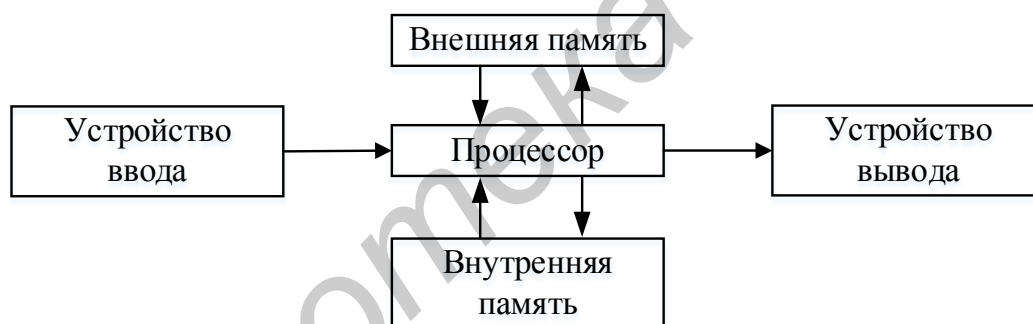


Рисунок 4.2 – Структурная схема модели системы «компьютер»

Стрелками обозначают информационные связи между компонентами системы. Направление стрелок указывает на направление передачи информации. Смысл схемы заключается в том, что процессор управляет работой всех остальных устройств компьютера.

Все структурные схемы имеют нечто общее, и это побудило математиков рассматривать их как особый объект математических исследований. Для этого пришлось абстрагироваться от содержательной стороны структурных схем, оставив в рассматриваемой модели только общее для каждой схемы. В результате получилась схема, в которой обозначается только наличие элементов и связей между ними, а также (в случае необходимости) разница между элементами и между связями. Такая схема называется графом. Граф состоит из обозначений элементов произвольной природы, называемых вершинами, и обозна-

чений связей между ними, называемых ребрами (либо дугами). На рисунке 4.3 изображен граф: вершины обозначены в виде кружков, ребра – в виде линий.

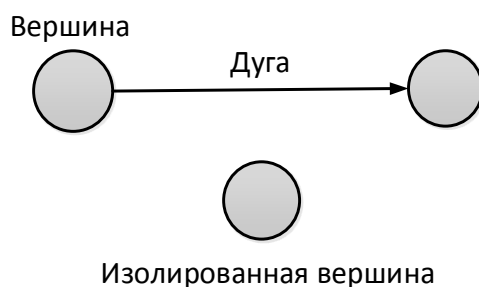


Рисунок 4.3 – Пример представления графа

Маршрут – это конечная последовательность ребер, в которой конец предыдущего ребра является началом следующего.

Цепь – это маршрут, в котором нет повторяющихся ребер. Если начальная и конечная вершины цепи совпадают, то она называется замкнутой.

Таким образом, структурную схему, в которой обозначаются только элементы и связи между ними, называют графом.

Часто бывает необходимо отразить несимметричность некоторых связей: в таких случаях линию, изображающую ребро, снабжают стрелкой (ребро становится дугой). Данная пара вершин может быть соединена любым количеством ребер; вершина может быть соединена сама с собой (тогда ребро называется петлей). Если в графе требуется отразить другие различия между элементами или связями, то либо приписывают разным ребрам различные веса (взвешенные графы), либо раскрашивают вершины или ребра (раскрашенные графы).

Пример выполнения практического задания

Система «кофемашина». Определим интегративное свойство системы – приготовление кофе-напитка. Структурная схема исследуемой системы представлена на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Структурная схема системы «кофемашина»

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. По названию и назначению заданной системы определить ее интегративное свойство и цель.
3. В соответствии с интегративным свойством и целью исследуемой системы определить компоненты и связи системы, в том числе с объектами окружающей среды.
4. Построить структурную схему системы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты эргатических систем для выполнения задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия структурной схемы модели.
2. Дайте определение интегративного свойства системы.
3. Назовите порядок построения структурной схемы модели.

4. Назовите основные требования к построению моделей.
5. Приведите примеры построения структурной схемы системы в виде графа.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Построение математической модели эргатической системы на основе эксперимента

Цель: освоить построение математической модели эргатической системы на основе эксперимента.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Математическая модель – описание системы, выраженное с помощью математической символики (математических зависимостей, соотношений, уравнений, неравенств и т. п.), содержащая информацию о свойствах и характеристиках моделируемой системы, существенных для решения поставленной цели. Сущность методологии математического моделирования состоит в замене исходного объекта его «образом» – математической моделью – и дальнейшем исследовании разработанной модели с помощью вычислительно-логических алгоритмов. Этот метод исследования, разработки и создания систем сочетает в себе многие достоинства как теории, так и эксперимента. Работа не с самой системой, а с ее моделью дает возможность быстро и без существенных затрат исследовать ее свойства и поведение в любых ситуациях. Вычислительные (компьютерные, имитационные) эксперименты с моделями разнообразных систем позволяют с помощью современных вычислительных методов и технических инструментов информатики подробно и глубоко изучать системы в различных областях исследований.

Преимущества математического моделирования систем заключаются в следующем:

1. **Компактность.** Словесное (или вербальное) описание системы, как правило, включает множество нечетких высказываний, что усложняет постановку и решение задач. Устранить этот недостаток вербального описания помогает компактная математическая символика. Математическое описание дает нам аналог исследуемой системы и оказывается информативнее любого словесного описания.

2. **Ясность.** Использование математического описания позволяет каждому аспекту изучаемого процесса поставить в соответствие определенный математический символ, в результате чего становится нагляднее взаимосвязь, суще-

ствующая между различными параметрами процесса. Более того, подобное сопоставление позволяет гораздо проще, чем словесное описание, установить, не были ли упущены какие-нибудь существенные переменные, или, напротив, не были ли внесены какие-нибудь дополнительные несущественные сложности при построении описания.

3. Возможность численного анализа. Математическим описанием можно манипулировать в соответствии с обычными законами логики с целью получить нетривиальное представление о самой системе. Кроме того, математическая модель дает основу для численного анализа, с помощью которого могут быть получены данные не только описательного, но и прогностического характера.

4. Экономичность. Замена натурального эксперимента математическим описанием позволяет сберечь материальные и временные ресурсы.

5. Доступность. Возможность моделирования гипотетических, т. е. не реализованных в природе объектов (прежде всего на разных этапах проектирования), а также возможность реализации режимов, опасных или трудновоспроизводимых в натуральном виде, возможность изменения масштаба времени.

6. Простота анализа. Возможность анализа результатов исследования с помощью информационных технологий (ЭВМ, системы программирования и пакеты прикладных программ широкого назначения).

7. Предсказательность. Большая прогностическая сила вследствие возможности выявления общих закономерностей.

В общем случае математическая модель реальной системы представляется в виде системы функционалов:

$$\Phi_i(X, \hat{Y}, Z, W, T) = \text{const}, \quad (5.1)$$

где $X(X_1, \dots, X_k)$ – группа управляемых (входных переменных) факторов, которыми исследователь может управлять в процессе подготовки и проведения эксперимента;

$Z(Z_1, \dots, Z_r)$ – неуправляемые факторы (внешних воздействий), которыми исследователь управлять не может, но может их измерять;

$W(W_1, \dots, W_q)$ – неконтролируемые факторы (внешних воздействий), которые объективно существуют и влияют на процесс, но не известны исследователю;

$\hat{Y}(\hat{Y}_1, \dots, \hat{Y}_p)$ – множество выходных функций (выходных переменных), представляет собой совокупность критериальных функций;

T – координата времени.

Схема обобщенной математической модели представлена на рисунке 5.1.

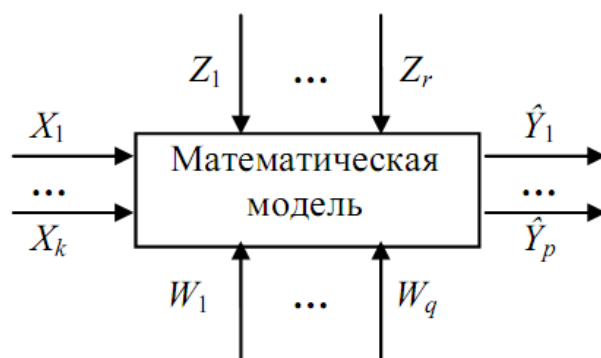


Рисунок 5.1 – Схема обобщенной математической модели

Моделирование на основе эксперимента происходит при попытке выявления зависимостей результатов экспериментальных исследований от наиболее существенных факторов исследуемой проблемы. Это позволяет обобщить результат исследований в виде некоторых математических зависимостей.

Математическое описание составляется следующим образом:

1) проводятся экспериментальные исследования эргатической системы, результаты которых представляются в виде протокола, составленного в хронологическом порядке и показывающего последовательность состояния входа и выхода;

2) осуществляется статистическая обработка и поиск формы аппроксимации полученных данных;

3) строится математическое описание.

Достоинства: простота описания, доступность получения моделей, возможность построения математической модели при отсутствии теоретических данных об исследуемых процессах системы.

Недостатки: невозможность применения модели для режимов, в которых не проводились измерения, сложность или невозможность экстраполяции результатов.

Пример выполнения практического задания

Галилеем был установлен факт независимости динамики свободного падения тел в вакууме вблизи поверхности Земли от их массы, плотности и размеров. Необходимо установленный Галилеем факт проверить опытным путем.

Проверку вышеуказанного факта проверим путем измерения зависимости скорости свободного падения от времени для контрольной группы тел. Результаты измерений представим в виде графика (t, V) . Через совокупность полученных экспериментальных точек проведем линии с учетом погрешностей измерений для каждого тела. В результате получили прямую (рисунок 5.2), что позволяет выполнить аппроксимацию по формуле (уравнение прямой)

$$V(t) = V_0 + g \cdot t. \quad (5.2)$$

С помощью статистической обработки с некоторой погрешностью найдем тангенс угла наклона данной прямой, т. е. величину g , являющуюся по смыслу ускорением свободного падения. Сопоставление величин ускорения для разных тел позволило повторить вывод Галилея. Таким образом, мы получили математическую модель, которая подтверждает установленный Галилеем факт и совпадает с формулой (5.1).

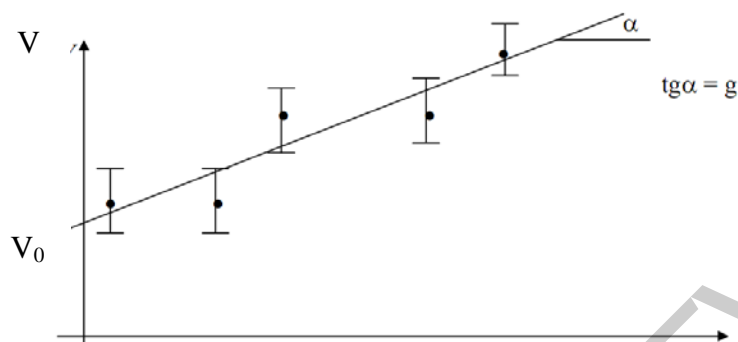


Рисунок 5.2 – Зависимость скорости V от времени падения t

Заметим принципиальный момент: нам так и осталась непонятной природа этого явления, но, имея формулу (5.1), мы обладаем инструментом прогнозирования.

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. В соответствии с поставленной задачей составить протокол экспериментальных исследований.
3. Выполнить статистическую обработку полученных экспериментальных данных и поиск формы их аппроксимации.
4. Построить математическую модель.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты систем для выполнения задания

- 1) проверить следующую зависимость опытным путем: при стационарной теплопроводности передаваемое количество теплоты описывается уравнением

$$Q = \lambda A t \Delta T / l,$$

где Q – передаваемое количество теплоты;

λ – коэффициент теплопроводности материала проводника;

A – поперечное сечение проводника тела;

t – продолжительность процесса теплопроводности;

ΔT – разность температур на концах проводника тела;

l – длина проводника тепла;

- 2) на основании проведенных экспериментальных исследований построить математические модели для проверки законов Ньютона;

- 3) на основании экспериментальных исследований всплытия предмета построить математическую модель для проверки закона Архимеда;
- 4) на основании экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки закона Ома для участка цепи;
- 5) на основании экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки закона Гука;
- 6) на основании экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки закона Киргофа;
- 7) на основании экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки закона Кулона;
- 8) на основании экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки закона Гей-Люссака;
- 9) на основании экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки закона Бойля – Мариотта;
- 10) на основании экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки закона Джоуля – Ленца;
- 11) на основании результатов экспериментальных исследований построить математическую модель для проверки другого любого известного закона.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия математической модели.
2. Назовите основные этапы построения математической модели эргатической системы на основе эксперимента.
3. Назовите основные достоинства и недостатки построения математических моделей на основе эксперимента.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Построение математической модели эргатической системы на основе фундаментальных законов природы

Цель: освоить построение математической модели эргатической системы на основе фундаментальных законов природы.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Наиболее распространенный метод построения моделей состоит в применении фундаментальных законов природы к конкретной ситуации. Эти законы общепризнаны, многократно подтверждены опытом, служат основой множества научно-технических достижений. Поэтому их обоснованность не вызывает сомнений, что, помимо всего прочего, обеспечивает исследователю мощную психологическую поддержку. На первый план выдвигаются вопросы, связанные с тем, какой закон (законы) следует применять в данном случае и как это делать. Рассмотрим движение математического маятника, описываемое вторым законом Ньютона (рисунок 6.1).

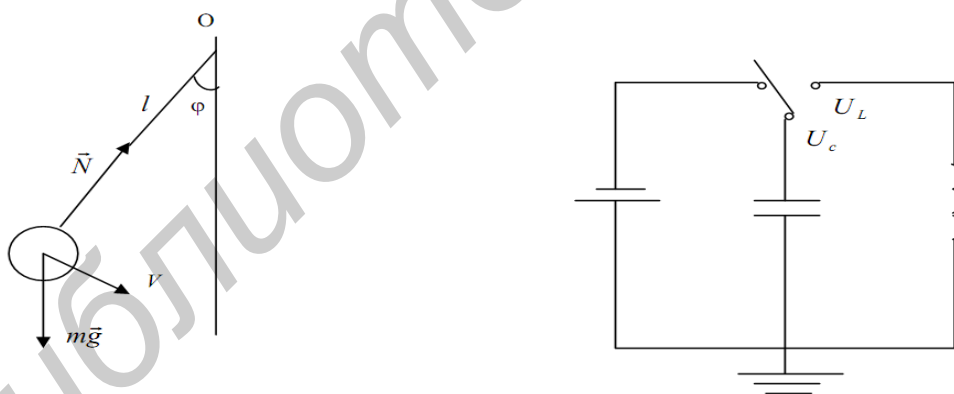


Рисунок 6.1 – Схемы маятника и колебательного LC-контура

Движение математического маятника в проекции на направление скорости груза V описывается уравнением

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot g \cdot \sin \varphi, \quad (6.1)$$

где m – масса маятника;

g – ускорение свободного падения;

φ – угол отклонения маятника.

Добавим к нему почти очевидное кинематическое соотношение с учетом знаков выбранных переменных состояния:

$$V = -l \times \omega = -l \cdot \frac{d\varphi}{dt}, \quad (6.2)$$

где l – длина подвеса;

ω – угловая скорость груза относительно точки подвеса.

Дифференцируя кинематическое соотношение с целью исключения производной от скорости из записанной пары уравнений, получаем математическую модель маятника:

$$-l \times \frac{d^2\varphi}{dt^2} = g \cdot \sin \varphi, \quad (6.3)$$

Рассматривая малые колебания, для которых $\sin \varphi \approx \varphi$, получим

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{g}{l} \cdot \varphi = 0. \quad (6.4)$$

С другой стороны, колебания в LC-контуре после переключения ключа и разрядки конденсатора на индуктивность можно описать, учитывая, что сумма токов через конденсатор и индуктивность равна нулю. Это позволяет воспользоваться уравнением, где производная от тока через индуктивность взята с целью использовать в дальнейшем закон Фарадея:

$$\frac{d}{dt} I_C + \frac{d}{dt} I_L = 0. \quad (6.5)$$

Поскольку

$$I_C = \frac{dq_C}{dt} = C \frac{dU_C}{dt}, \quad (6.6)$$

где C – емкость конденсатора;

q – заряд конденсатора;

U_C – напряжение на конденсаторе.

Тогда выражение (6.5) принимает вид

$$C \cdot \frac{d^2 U_C}{dt^2} + \frac{U_L}{L} = 0. \quad (6.7)$$

Или с учетом $L_C = U_L$:

$$\frac{d^2 U_C}{dt^2} + \frac{1}{L \cdot C} \cdot U_C = 0. \quad (6.8)$$

Видно, что в обоих случаях фактически мы имеем одну и ту же математическую модель колебаний. Обобщив (6.8) и (6.1), получим:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 \cdot x = 0, \quad (6.9)$$

где: $x \Leftrightarrow \varphi$
 \Updownarrow

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}. \quad (6.10)$$

Таким образом, с математической (описательной) точки зрения колебания в линейном LC-контуре полностью эквивалентны колебаниям математического маятника при малых отклонениях от положения равновесия. Вместо изучения колебаний в одной системе можно исследовать колебания на примере (макете) другой системы.

Пример выполнения практического задания

Построим математическую модель, которая позволит определить время t_k сверления слоя металла толщиной L лазером мощностью W , излучение которого перпендикулярно поверхности материала (рисунок 6.2).

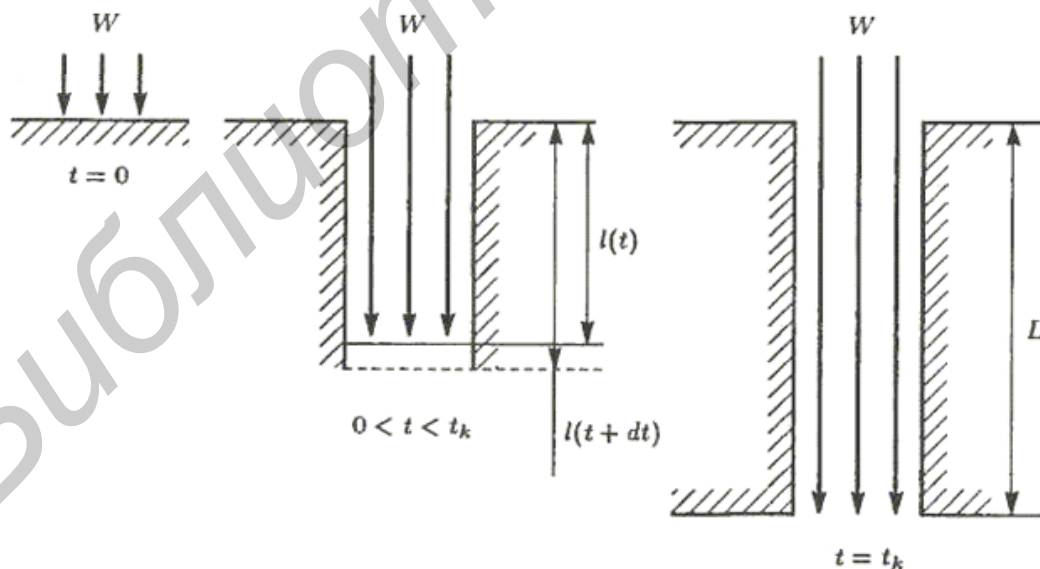


Рисунок 6.2 – Начальная, промежуточная и конечная стадии сверления металла лазером

Если энергия лазера полностью идет на испарение столбика металла массой LSp (S – облучаемая площадь, LS – объем столбика, ρ – плотность вещества), то закон сохранения энергии выражается равенством

$$E_0 = Wt_k = hLS\rho, \quad (6.11)$$

где h – энергия, требуемая для испарения единицы массы.

Величина h имеет составную структуру:

$$h = (T_{пл} - T) \cdot (h_1 + h_2 + h_3). \quad (6.12)$$

Поскольку материал необходимо последовательно нагреть до температуры плавления $T_{пл}$, а затем расплавить и превратить в пар (T – исходная температура, h_1 – удельная теплоемкость, h_2 и h_3 – соответственно удельная теплота плавления и парообразования).

Изменение глубины выемки $l(t)$ со временем определяется из детального баланса энергии в промежутке времени от t до $t + dt$:

$$[l(t + dt) - l(t)]S\rho = dlSp. \quad (6.13)$$

На испаренную за это время массу тратится энергия $dl hSp$, равная энергии $W dt$, сообщаемой веществу лазером:

$$dl hSp = W dt, \quad (6.14)$$

откуда получается дифференциальное уравнение

$$\frac{dl}{dt} = \frac{W}{hSp}. \quad (6.15)$$

Его интегрирование (с учетом того, что начальная глубина выемки равна нулю) дает

$$l(t) = \frac{W}{hSp} t = \frac{E(t)}{hSp}, \quad (6.16)$$

где $E(t)$ – вся энергия, выделенная лазером к моменту времени t .

Следовательно, глубина выемки пропорциональна затраченной энергии (причем величина t_k , когда $l(t_k) = L$, совпадает с вычисленной по формуле (6.11).

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. В соответствии с заданием построить математическую модель системы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты систем для выполнения задания

1) построить математическую модель, позволяющую определить скорость полета пули с помощью закона сохранения энергии и груза, подвешенного на легком жестком и свободно вращающемся стержне;

2) построить математическую модель, позволяющую определить силу давления человека на пол кабины лифта с помощью законов Ньютона;

3) построить математическую модель, позволяющую с помощью законов равновесия и движения жидкостей и их взаимодействия с твердыми телами, определить, какую силу необходимо приложить, чтобы удержать в воде предмет;

4) построить математическую модель, позволяющую определить массу газа в баллоне с помощью уравнения Менделеева – Клапейрона;

5) построить математическую модель, позволяющую с помощью второго закона Ньютона определить, какую скорость должен иметь искусственный спутник, чтобы обращаться вокруг Земли по круговой орбите ;

6) построить математическую модель, позволяющую определить тормозной путь автомобиля и величину силы удара при лобовом столкновении с другим движущим автомобилем;

7) построить математическую модель, позволяющую определить с помощью законов электромагнитной индукции и правила Ленца напряжение на зажимах стартера при включении и выключении его;

8) построить математическую модель, позволяющую определить период колебания маятника, подвешенного в лифте, если лифт опускается, используя формулу колебаний математического маятника и закон Ньютона;

9) построить математическую модель, позволяющую с помощью закона сохранения и превращения энергии определить силу тока, потребляемого лифтом, поднимающимся на заданную высоту;

10) построить математическую модель, позволяющую с помощью выбранного закона решить прикладную задачу.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия математической модели.
2. Назовите основные этапы построения математической модели эргатической системы на основе эксперимента.
3. Назовите основные достоинства и недостатки построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Построение вероятностной модели

Цель: освоить построение вероятностной модели.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Некоторые сведения из теории вероятностей. Назовем случайным событием A возможный исход некоторого опыта. События A_1, \dots, A_k образуют полную группу, если в результате опыта обязательно происходит одно из них. События называются несовместимыми, если они не могут произойти одновременно в одном опыте. Пусть при n -кратном повторении опыта событие A произошло m раз. Частотой события A называется число $W = m/n$. Очевидно, что значение W нельзя предсказать точно до проведения серии из n опытов. Однако природа случайных событий такова, что на практике наблюдается следующий эффект: при увеличении числа опытов значение практически перестает быть случайным и стабилизируется около некоторого неслучайного числа $P(A)$, называемого вероятностью события A . Для невозможного события, которое никогда не происходит в опыте, $P(A) = 0$, а для достоверного события, которое всегда происходит в опыте, $P(A) = 1$. Если события A_1, \dots, A_k образуют полную группу несовместимых событий, то $P(A_1) + \dots + P(A_k) = 1$. Суммой событий A и B называется событие $A + B$, состоящее в том, что в опыте происходит хотя бы одно из них. Произведением событий A и B называется событие AB , состоящее в одновременном появлении этих событий. Для независимых событий A и B верны формулы

$$P(AB) = P(A) \times P(B), \quad (7.1)$$

$$P(A + B) = P(A) + P(B). \quad (7.2)$$

Построение вероятностной модели заключается в построении на основе законов теории вероятности математической модели, позволяющей определить вероятность осуществления или проявления случайных или прогнозируемых событий.

Пример выполнения практического задания

Определение надежности электрической цепи. В электрическую цепь последовательно включены три элемента, работающие независимо друг от друга.

Вероятности отказов 1, 2 и 3-го элементов соответственно равны $P_1 = 0,1$; $P_2 = 0,15$; $P_3 = 0,2$. Будем считать цепь надежной, если вероятность того, что в цепи не будет тока, не более 0,4. Требуется определить, является ли данная цепь надежной. Так как элементы включены последовательно, то тока в цепи не будет (событие A), если откажет хотя бы один из элементов. Пусть A_i – событие, заключающееся в том, что i -й элемент работает ($i = 1, 2, 3$). Тогда $P(A_1) = 0,9$; $P(A_2) = 0,85$; $P(A_3) = 0,8$. Очевидно, что $A_1A_2A_3$ – событие, заключающееся в том, что одновременно работают все три элемента, и $P(A_1A_2A_3) = P(A_1) \times P(A_2) \cdot P(A_3) = 0,612$.

Тогда $P(A) + P(A_1A_2A_3) = 1$, поэтому $P(A) = 0,388 < 0,4$. Следовательно, цепь является надежной.

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. В соответствии с заданием построить математическую модель системы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты систем для выполнения задания

1) построить математическую модель, позволяющую определить надежность электрической цепи. В электрическую цепь последовательно включены четыре элемента, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го элементов соответственно равны: $P_1 = 0,15$; $P_2 = 0,1$; $P_3 = 0,2$; $P_4 = 0,3$. Цепь считается надежной, если вероятность того, что в цепи не будет тока, не более 0,45;

2) построить математическую модель, позволяющую определить надежность электрической цепи. В электрическую цепь последовательно включены четыре элемента, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го элементов соответственно равны: $P_1 = 0,2$; $P_2 = 0,15$; $P_3 = 0,1$; $P_4 = 0,25$. Цепь считается надежной, если вероятность того, что в цепи не будет тока, не более 0,3;

3) построить математическую модель, позволяющую определить надежность электрической цепи. В электрическую цепь последовательно включены четыре элемента, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го элементов соответственно равны: $P_1 = 0,17$; $P_2 = 0,15$; $P_3 = 0,25$; $P_4 = 0,15$. Цепь считается надежной, если вероятность того, что в цепи не будет тока, не более 0,4;

4) построить математическую модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина». Работа системы включает три процесса, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2 и 3-го процессов соответственно равны: $P_1 = 0,375$; $P_2 = 0,5$; $P_3 = 0,125$. Система считается надежной, если вероятность сбоя работы не более 0,5;

5) построить математическую модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина». Работа системы включает четыре

процесса, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го процессов соответственно равны: $P_1 = 0,5$; $P_2 = 0,125$; $P_3 = 0,15$; $P_4 = 0,15$. Система считается надежной, если вероятность сбоя работы не более 0,3;

б) построить математическую модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина». Работа системы включает четыре процесса, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го процессов соответственно равны: $P_1 = 0,3$; $P_2 = 0,15$; $P_3 = 0,5$; $P_4 = 0,125$. Система считается надежной, если вероятность сбоя работы не более 0,4;

7) построить математическую модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина». Работа системы включает четыре процесса, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го процессов соответственно равны: $P_1 = 0,25$; $P_2 = 0,15$; $P_3 = 0,15$; $P_4 = 0,125$. Система считается надежной, если вероятность сбоя работы не более 0,5;

8) построить математическую модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина». Работа системы включает четыре процесса, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го процессов соответственно равны: $P_1 = 0,35$; $P_2 = 0,25$; $P_3 = 0,35$; $P_4 = 0,15$. Система считается надежной, если вероятность сбоя работы не более 0,4;

9) построить математическую модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина». Работа системы включает четыре процесса, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го процессов соответственно равны: $P_1 = 0,25$; $P_2 = 0,5$; $P_3 = 0,45$; $P_4 = 0,125$. Система считается надежной, если вероятность сбоя работы, не более 0,6;

10) построить математическую модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина». Работа системы включает четыре процесса, работающие независимо друг от друга. Вероятности отказов 1, 2, 3 и 4-го процессов соответственно равны: $P_1 = 0,17$; $P_2 = 0,25$; $P_3 = 0,15$; $P_4 = 0,35$. Система считается надежной, если вероятность сбоя работы не более 0,3;

11) построить любую вероятностную модель, позволяющую определить надежность работы системы «человек – машина».

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия математической модели.
2. Назовите основные преимущества математического моделирования.
3. Назовите основные требования к построению моделей.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

Построение логической информационной модели уровня «сущность – связь»

Цель: построить логическую информационную модель уровня «сущность – связь».

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Различают два уровня *информационной* модели: логический и физический.

Логическая модель позволяет понять суть проектируемой системы, отражая логические взаимосвязи между сущностями.

Физическая модель отражает физические свойства проектируемой базы данных (типы данных, размер полей, индексы). Параметры физической информационной модели зависят от выбранной системы управления базами данных (СУБД).

Различают три уровня логической модели, отличающиеся по глубине представления информации о данных:

- 1) диаграмма «сущность – связь» (Entity Relationship Diagram, ERD);
- 2) модель данных, основанная на ключах (Key Based model, KB);
- 3) полная атрибутивная модель (Fully Attributed model, FA).

Диаграмма «сущность – связь» представляет собой модель данных верхнего уровня. Она включает сущности и взаимосвязи, отражающие основные бизнес-правила предметной области. Такая диаграмма не слишком детализирована, в нее включаются основные сущности и связи между ними, которые удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к ИС. Диаграмма «сущность – связь» может включать связи «многие ко многим» и не включать описание ключей. Как правило, ERD используется для презентаций и обсуждения структуры данных с экспертами предметной области.

Модель данных, основанная на ключах, – более подробное представление данных. Она включает описание всех сущностей и первичных ключей и предназначена для представления структуры данных и ключей, которые соответствуют предметной области.

Полная атрибутивная модель – наиболее детальное представление структуры данных: представляет данные в третьей нормальной форме и включает все сущности, атрибуты и связи.

Методология IDEF1X – язык для семантического моделирования данных, основанный на концепции «сущность – связь» (ERD).

Графическая нотация IDEF1. Данная нотация применяется для построения информационной модели, эквивалентной реляционной модели в третьей нормальной форме. На основе совершенствования метода IDEF1 создана его новая версия – метод IDEF1X, разработанный с учетом таких требований, как простота при изучении и возможность автоматизации.

Основные понятия реляционной модели. Понятие реляционный (англ. relation – отношение) связано с разработками известного английского специалиста в области систем баз данных Эдгара Кодда (Edgar Codd). Данные в реляционной модели хранятся в виде таблиц. Таблица состоит из заголовка (столбцов, или атрибутов) и строк, или записей (кортежей). Поле таблицы – это значение, лежащее на пересечении строки и столбца. Множество значений, которые может принимать атрибут (или все встречающиеся в столбце таблицы значения), называется домен атрибута. Реляционные таблицы называются отношениями. Число столбцов, или атрибутов, таблицы называется степенью отношения. Число строк, или записей, таблицы называется мощностью отношения.

Внутренние ограничения реляционной модели данных. Данные в реляционной модели должны удовлетворять следующим требованиям, которые называются внутренними ограничениями модели:

- 1) в таблице каждая запись должна быть уникальна (не должно быть повторяющихся записей);
- 2) конкретные данные должны храниться только в одной таблице (каждый факт хранится в одном месте);
- 3) число отношений в модели должно быть оптимальным.

Основные элементы информационной модели логического уровня.

Сущность (Entity) – реальный или воображаемый объект, имеющий существенное значение для рассматриваемой предметной области. Каждая сущность должна иметь наименование, выраженное существительным в единственном числе, а также обладать уникальным идентификатором. Каждый экземпляр сущности должен однозначно идентифицироваться и отличаться от всех других экземпляров данного типа сущности. Имя сущности должно отражать тип или класс объекта, а не его конкретный экземпляр (например, Студент, а не Петров). Каждая сущность может обладать любым количеством связей с другими сущностями модели.

Связь (Relationship) – связи между сущностями. Связь – это ассоциация между сущностями, при которой каждый экземпляр одной сущности ассоциирован с произвольным (в том числе нулевым) количеством экземпляров второй сущности, и наоборот. Связи определяются глаголами, показывающими, как одна сущность относится к другой.

Мощность связи (Cardinality) – служит для обозначения отношения числа экземпляров родительской сущности к числу экземпляров дочерней.

Различают четыре типа мощности:

– символом N или без символа, помечается общий случай, когда одному экземпляру родительской сущности соответствуют 0; 1 или много экземпляров дочерней сущности не помечается каким-либо символом;

– символом *P* помечается случай, когда одному экземпляру родительской сущности соответствуют 1 или много экземпляров дочерней сущности (исключено нулевое значение);

– символом *Z* помечается случай, когда одному экземпляру родительской сущности соответствуют 0 или 1 экземпляр дочерней сущности (исключены множественные значения);

– цифрой помечается случай точного соответствия, когда одному экземпляру родительской сущности соответствует заранее заданное число экземпляров дочерней сущности.

Связь изображается линией, проводимой между сущностью-родителем и сущностью-потомком, с точкой на конце линии у сущности-потомка. По умолчанию мощность связи принимается равной *N*. Если экземпляр сущности-потомка однозначно определяется своей связью с сущностью-родителем, то связь называется идентифицирующей, в противном случае – неидентифицирующей. Идентифицирующая связь изображается сплошной линией, неидентифицирующая – пунктирной.

При установлении идентифицирующей связи атрибуты первичного ключа родительской сущности автоматически переносятся в состав первичного ключа дочерней сущности. Эта операция называется миграцией атрибутов. В дочерней сущности новые атрибуты помечаются как внешний ключ (FK). При установке неидентифицирующей связи атрибуты первичного ключа родительской сущности мигрируют в состав неключевых полей дочерней сущности.

Связь устанавливается между двумя общими полями (столбцами) двух таблиц.

Отношения, которые могут существовать между записями двух таблиц:

– «один к одному» – каждой записи из одной таблицы соответствует одна запись в другой таблице;

– «один ко многим» – каждой записи из одной таблицы соответствует несколько записей другой таблице;

– «многие к одному» – множеству записей из одной таблице соответствует одна запись в другой таблице;

– «многие ко многим» – множеству записей из одной таблице соответствует несколько записей в другой таблице. Этот тип взаимосвязи отображается сплошной линией с точками на обоих концах.

Взаимосвязи отображаются линиями, соединяющими две сущности с точкой на одном конце и глаголом, располагаемым над линией.

Например, по модели, показанной на рисунке 8.1, можно составить следующие предложения:

– студент сдает много экзаменов;

– много экзаменов сдает один студент.



Рисунок 8.1 – Графическое представление взаимосвязей сущностей

Составление таких предложений позволяет проверить соответствие полученной модели требованиям и ограничениям создаваемой системы.

Атрибут (Attribute) – любая характеристика сущности (свойство реального объекта), значимая для рассматриваемой предметной области и предназначенная для квалификации, идентификации, классификации, количественной характеристики или выражения состояния сущности. Атрибут представляет тип характеристик или свойств, ассоциированных с множеством реальных или абстрактных объектов (людей, мест, событий, состояний, идей, предметов и т. д.).

Например, на рисунке 8.2 атрибутами сущности «Студент» являются «ID студента», «Фамилия», «Имя», «Отчество», «Дата поступления» и «Номер билета». В свою очередь, атрибуты сущности делятся на два вида: собственные и наследуемые. Собственные атрибуты являются уникальными в рамках модели. Наследуемые атрибуты передаются от сущности-родителя при установке связи с другими сущностями.

В методе IDEF1X все сущности делятся на зависимые и независимые от идентификаторов. Сущность является независимой от идентификаторов, или просто независимой, если каждый экземпляр сущности может быть однозначно идентифицирован без определения его отношений с другими сущностями. Сущность называется зависимой от идентификаторов, или просто зависимой, если однозначная идентификация экземпляра сущности зависит от его отношения к другой сущности. Независимая сущность изображается в виде обычного прямоугольника, зависимая – в виде прямоугольника с закругленными углами.

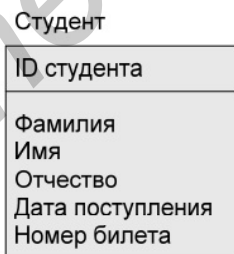


Рисунок 8.2 – Графическое представление сущности «Студент» в MS Office Visio

Первым шагом при создании логической модели является построение диаграммы ERD (Entity Relationship Diagram).

ERD-диаграммы состоят из трех частей: сущностей, атрибутов и взаимосвязей. Сущностями являются существительные, атрибутами – прилагательные или модификаторы, взаимосвязями – глаголы. ERD-диаграмма позволяет рассмотреть систему целиком и выявить требования, необходимые для ее разработки, касающиеся хранения информации.

ERD-диаграммы можно подразделить на отдельные части, соответствующие отдельным задачам, решаемым проектируемой системой. Это позволяет рассматривать систему с точки зрения функциональных возможностей, делая процесс проектирования управляемым.

Пример выполнения практического задания

Рассмотрим процесс построения логической модели на примере базы данных (БД) системы «Курсовая работа». Первым этапом является определение сущностей и атрибутов. В БД будут храниться записи о курсовых работах, следовательно, сущностью будет *курсовая работа*.

Список потенциальных сущностей для рассматриваемой системы:

- 1) курсовая работа;
- 2) положение о курсовом проектировании;
- 3) методические указания;
- 4) варианты заданий;
- 5) задание;
- 6) пояснительная записка;
- 7) графическая часть;
- 8) расчеты;
- 9) список литературы;
- 10) замечания, дополнения;
- 11) график;
- 12) оценка за курсовую работу;
- 13) студент;
- 14) преподаватель.

Теперь из этого списка выделим сущности, а остальное преобразуем в атрибуты сущности:

- 1) атрибуты сущности «Студент»: № зачетной книжки, ФИО, группа;
- 2) атрибуты сущности «Преподаватель»: ФИО, должность, кафедра;
- 3) атрибуты сущности «Задание»: вариант задания, дисциплина;
- 4) атрибуты сущности «Пояснительная записка»: вариант задания, дисциплина, студент;
- 5) атрибуты сущности «Методические указания»: дисциплина, специальность, курс;
- 6) атрибуты сущности «График»: группа, дисциплина, дата, аудитория;
- 7) атрибуты сущности «Курсовая работа»: вариант задания, дисциплина, студент;
- 8) атрибуты сущности «Положение о курсовом проектировании»: год издания, вуз.

Определив набор сущностей и атрибуты сущностей, перейдем к созданию логической модели «сущность – связь».

Запустите MS Office Visio 2010.

На закладке выбора шаблона выберите категорию *Программы и базы данных* и в ней элемент *Схема модели базы данных*. Нажмите кнопку *Создать* в правой части экрана.

Установите необходимые параметры страницы (масштаб, ориентация страницы). Вкладка *Конструктор* – установите необходимую ориентацию и размер листа. Вкладка *Вид* – установите необходимый масштаб.

MS Office Visio 2010 поддерживает различные нотации моделей баз данных. Для того чтобы задать нотацию IDEF1X, необходимо выбрать пункты меню *База данных* → *Показать параметры* → *Параметры документа базы данных*. В открывшемся окне на вкладке *Общие* установить переключатель в меню *Набор символов* на IDEF1X. Меню *Имена, видимые на схеме* позволяет указать, какие имена атрибутов сущности будут отображены на диаграмме (концептуальные, физические или оба варианта одновременно, или основанные на наборе символов). В данном случае для логического представления информационной модели необходимо выбрать пункт *Концептуальные имена* (рисунок 8.3).

В закладке *Отношение* окна *Параметры документа базы данных* в меню *Показывать* нужно отметить галочкой пункт *Мощность*, в меню *Отображение имени* выбрать пункт *Показывать вербальную фразу*, снять галочку в пункте *Обратный текст* (рисунок 8.4). Данные настройки позволяют отобразить имя и мощность связи в модели.

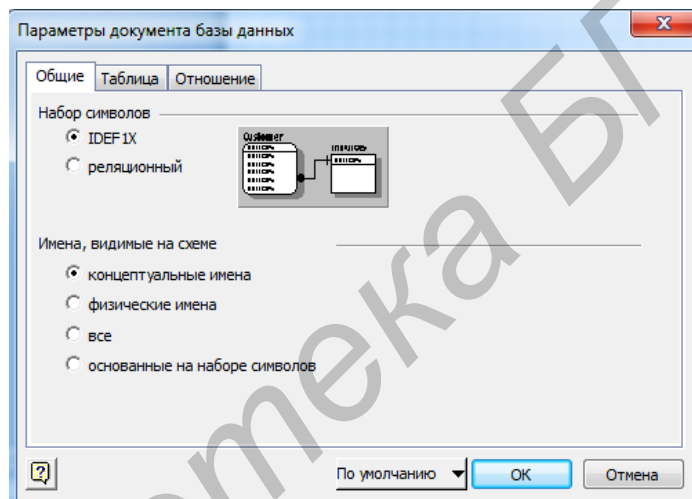


Рисунок 8.3 – Настройка параметров модели

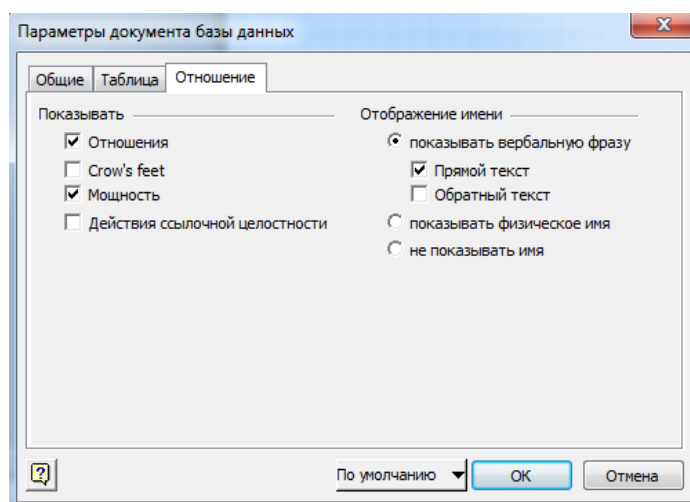



Рисунок 8.4 – Настройка вида отношений информационной модели

Для того чтобы создать сущность, необходимо перетащить элемент  на рабочее поле. Переход в режим редактирования сущности осуществляется двойным щелчком по сущности или нажатием правой кнопки мыши и выбором пункта меню *Свойства базы данных*.

Чтобы задать имя сущности, в окне *Свойства базы данных* нужно выбрать категорию *Определение* (рисунок 8.5), снять галочку в пункте *Синхронизация имен при вводе* (в противном случае физическое и логическое имя сущности будут совпадать, что по практическим соображениям не всегда удобно) и задать концептуальное имя сущности.

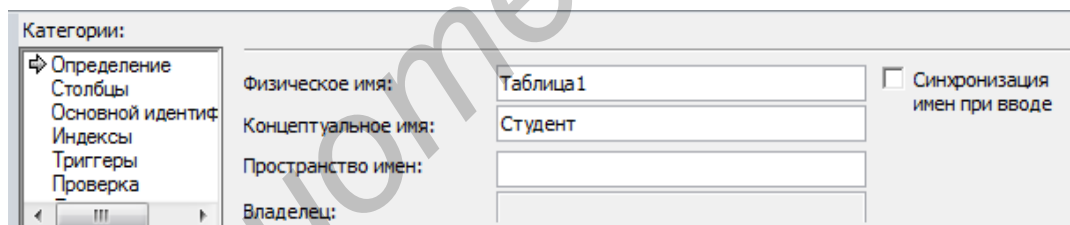


Рисунок 8.5 – Определение концептуального имени сущности

Руководствуясь данным алгоритмом, создадим восемь сущностей (рисунок 8.6), определенных ранее.



Рисунок 8.6 – Сущности информационной модели логического уровня

Далее необходимо установить связи между сущностями. Сначала составим описание предметной области на естественном языке.

Любой студент должен выполнить одну или несколько курсовых работ.

Каждая курсовая работа должна выполняться одним студентом.

Каждая курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями и положением о курсовом проектировании.

Курсовая работа сдается по графику.

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки.

Преподаватель проводит консультации, проверяет и ставит оценку за курсовую работу.

Таким образом, сформулируем имена связей:

Студент выполняет курсовую работу.

Преподаватель проверяет курсовую работу.

Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием.


Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки.

Методические указания определяют требования к курсовой работе.

Курсовая работа организуется согласно положению по курсовому проектированию.

Курсовая работа сдается по графику.

Во всех случаях сущность *Курсовая работа* является дочерней, за исключением связи с сущностью *Пояснительная записка*. Определим типы связей и построим модель. В дальнейшем можно будет подкорректировать связи между сущностями.

Чтобы установить связи между сущностями, необходимо перетащить на рабочую область элемент , поднести один конец стрелки к родительской сущности, другой – к дочерней (рисунок 8.7).

Примечание – При правильном связывании каждая сущность будет подсвечена красным цветом.

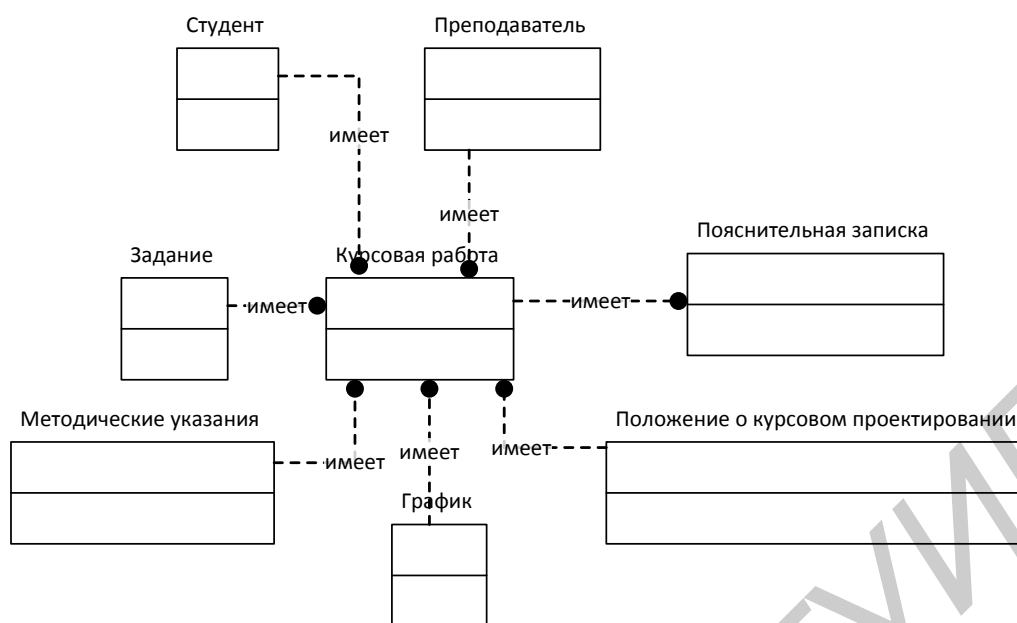


Рисунок 8.7 – Установление связей между сущностями

В MS Office Visio 2010 по умолчанию используется *неидентифицирующее* отношение. Чтобы изменить тип связи, необходимо двойным щелчком по связи открыть окно *Свойства базы данных* и в категории *Прочее* указать тип отношения (идентифицирующее, неидентифицирующее). В этой же категории указывается мощность связи (рисунок 8.8).



Рисунок 8.8 – Определение типа связи и мощности

Примечание – Кроме того, при неидентифицирующем отношении нужно указать, является ли наличие родительской сущности обязательным (т. е. может ли существовать экземпляр дочерней сущности, если не существует экземпляра родительской). Если наличие родительского объекта является необязательным, графически это отобразится в виде незакрашенного ромба со стороны родительской сущности.

Следующий шаг – в категории *Имя* в поле *Вербальная фраза* нужно указать имя отношения (рисунок 8.9). Также можно указать имя связи в поле *Обратная фраза* для спецификации отношения потомок – родитель (в нашем случае обратная фраза отображаться не будет).

Примечание – Все изменения при закрытии окна свойств сохраняются автоматически.

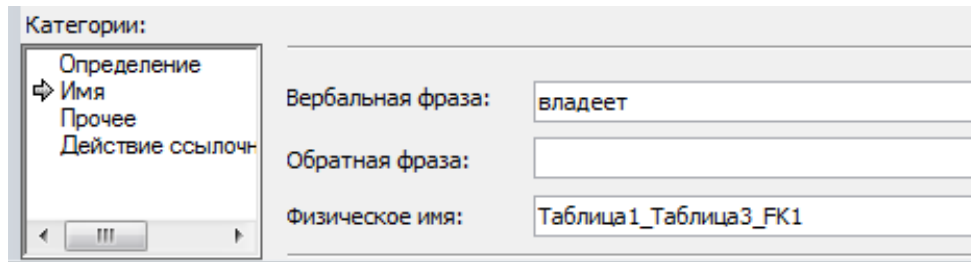


Рисунок 8.9 – Определение имени отношения

После определения имен, типов связей и задания мощностей получим информационную модель, представленную на рисунке 8.10.

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. Определить список потенциальных сущностей и их атрибутов заданной системы.
3. Определить имена, типы связей между сущностями. Задать их мощность.
4. Построить информационную модель уровня «сущность – связь».

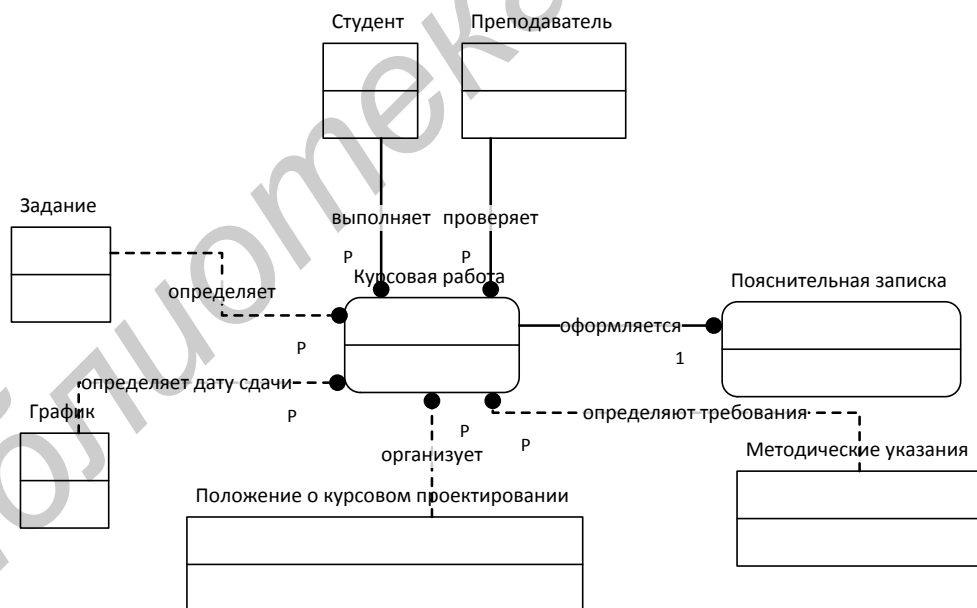


Рисунок 8.10 – Информационная модель уровня «сущность – связь»

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) отдел кадров; 2) университет; 3) школа; 4) сдача централизованного тестирования; 5) обучение в ГАИ; 6) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «информационная модель». Уровни информационной модели.
2. Дайте определение понятия «логическая модель».
3. Дайте определение понятия «физическая модель».
4. Назовите основные понятия реляционной модели.
5. Назовите требования к внутренним ограничениям реляционной модели данных.
6. Назовите основные элементы информационной модели логического уровня.
7. Дайте определение понятия «сущность». Назовите виды сущностей.
8. Дайте определение понятия «связь». Назовите виды связей.
9. Дайте определение понятия «мощность связи». Назовите типы мощностей.
10. Дайте определение понятия «атрибут сущности». Виды атрибутов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

Разработка логической модели данных, основанной на ключах. Создание полной атрибутивной модели

Цель: построить логическую информационную модель уровня «сущность – связь».

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Модель данных, основанная на ключах. Каждая сущность содержит горизонтальную линию, разделяющую атрибуты на две группы: ключевые и неключевые. Атрибуты, расположенные над линией, называются первичным ключом. Первичный ключ (Primary Key) – это атрибут или группа атрибутов, однозначно идентифицирующая экземпляр сущности. Атрибуты первичного ключа на диаграмме не требуют специального обозначения. Неключевой атрибут – это

атрибут, который не был выбран ключевым. Неключевые атрибуты располагаются под чертой, в области данных.

Выбор первичного ключа. При создании сущности необходимо выделить группу атрибутов, которые потенциально могут стать первичным ключом (потенциальные ключи); затем произвести отбор атрибутов для включения в состав первичного ключа, следуя рекомендациям:

- первичный ключ должен быть подобран таким образом, чтобы по значениям атрибутов, в него включенных, можно было точно идентифицировать экземпляр сущности;
- никакой из атрибутов первичного ключа не должен иметь нулевое значение;
- значения атрибутов первичного ключа не должны меняться. Если значение изменилось, значит, это уже другой экземпляр сущности.

При выборе первичного ключа можно внести в сущность дополнительный атрибут и сделать его ключом. Так, для определения первичного ключа часто используют уникальные номера, которые могут автоматически генерироваться системой при добавлении экземпляра сущности в базы данных. Применение уникальных номеров облегчает процесс индексации и поиска в базах данных.

Первичный ключ, выбранный при создании логической модели, может быть неудачным для осуществления эффективного доступа к базам данных и должен быть изменен при проектировании физической модели.

Потенциальный ключ, не ставший первичным, называется альтернативным ключом (Alternate Key). При создании альтернативного ключа на диаграмме рядом с атрибутом появляются символы АК.

При проведении связи между двумя сущностями в дочерней сущности автоматически образуются внешние ключи (Foreign Key). Атрибуты, входящие в первичный ключ родительской или общей сущности, наследуются в качестве атрибутов сущностью-потомком или категориальной сущностью соответственно. Эти атрибуты и называются внешними ключами, обозначаются символами FK после своего имени.

При установлении идентифицирующей связи (рисунок 9.1) дочерняя сущность автоматически превращается в зависимую. Атрибуты первичного ключа родительской сущности автоматически мигрируют в зону атрибутов первичного ключа дочерней сущности как внешние ключи (Foreign Key).

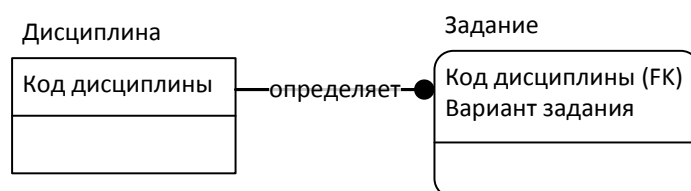


Рисунок 9.1 – Идентифицирующая связь

При установлении неидентифицирующей связи (рисунок 9.2) дочерняя сущность не превращается в зависимую, а ключевые атрибуты родительской сущности мигрируют в область неключевых атрибутов дочерней сущности.



Рисунок 9.2 – Неидентифицирующая связь

Полная атрибутивная модель FA (Fuller Attributer) – это модель данных, которая полностью описывает все атрибуты сущности с указанием типов данных. Атрибуты могут быть однозначными (дата рождения человека) и многозначными (у человека может быть несколько телефонов).

Для того чтобы получить полную атрибутивную модель, необходимо дополнить сущности неключевыми атрибутами.

Пример выполнения практического задания

Система «Курсовая работа». Продолжим ее рассматривать.

Необходимо определить ключевые атрибуты для каждой сущности, обращая внимание на то, что дочерние сущности наследуют ключевые атрибуты от родительских (рисунок 9.4).

Для этого двойным щелчком мыши по сущности откроем окно редактирования ее свойств, перейдем в категорию *Столбцы*, нажатием кнопки *Добавить* введем имя поля (например, для сущности *Задание* ключевым атрибутом будет являться *Вариант задания*). Установим флажок *Обязательное* для столбцов, которые не могут иметь значения NULL и являются обязательными. Установим флажок *РК* (первичный ключ) для столбцов, однозначно определяющих каждую строку таблицы базы данных (рисунок 9.3).

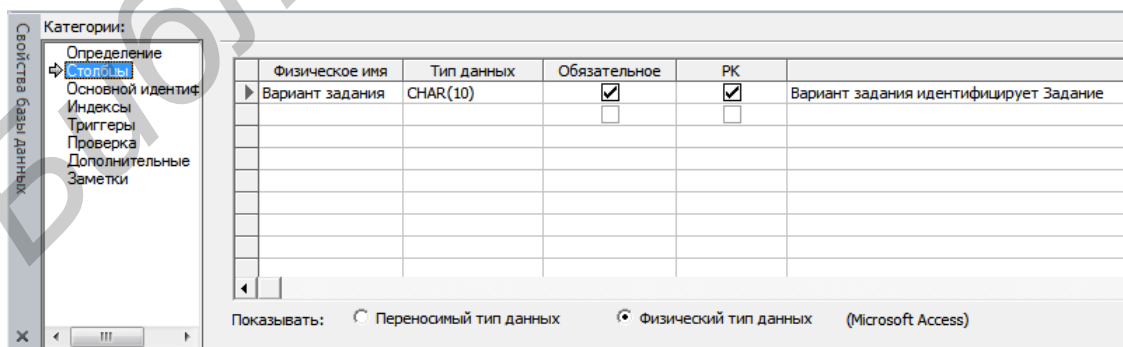


Рисунок 9.3 – Определение ключевого атрибута

Аналогичным образом зададим ключевые атрибуты для всех сущностей информационной модели.

Таблица 9.1 – Ключевые атрибуты сущности

Наименование сущности	Ключевой атрибут
Задание	Вариант задания, дисциплина
Студент	Номер зачетной книжки
Преподаватель	Табельный номер
Положение о курсовом проектировании	Вуз, год издания
График	Группа, дисциплина
Методические указания	Дисциплина, специальность, курс

Результат представлен на рисунке 9.4.

Поскольку ключевые атрибуты сущности *Методические указания* для сущности *Курсовая работа* будут являться избыточными (зная номер зачетной книжки, можно узнать специальность и курс, на котором учится студент), изменим тип связи между сущностями (рисунок 9.5).

Кроме того, три сущности *Задание*, *График*, *Методические указания* содержат одинаковые атрибуты *Дисциплина*. Это является некорректным. Чтобы устранить данную ошибку, выделим одноименную сущность *Дисциплина* и свяжем ее идентифицирующими связями с вышеуказанными сущностями (рисунок 9.7).

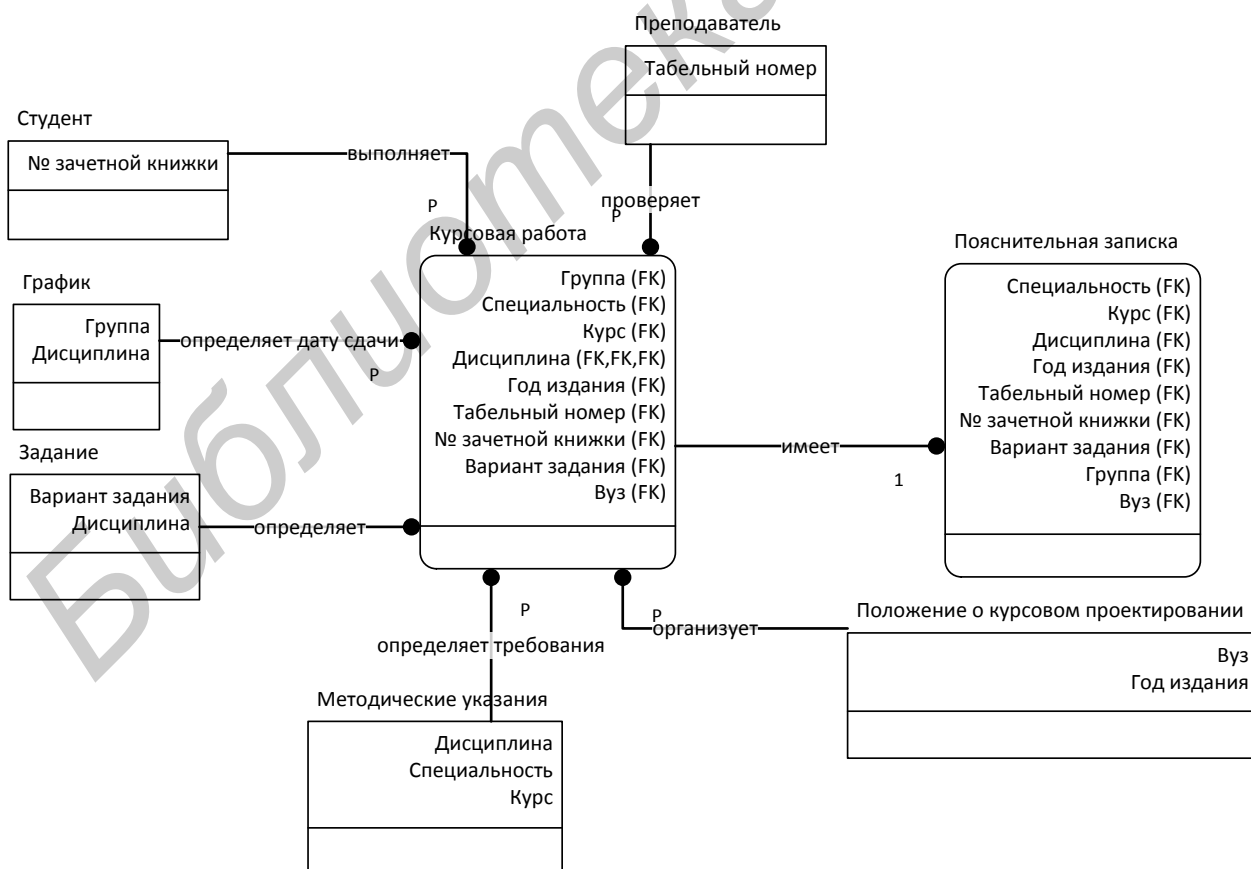


Рисунок 9.4 – Информационная модель с ключевыми атрибутами

Сущность – *Дисциплина*, атрибут – *Код дисциплины* (рисунок 9.5).

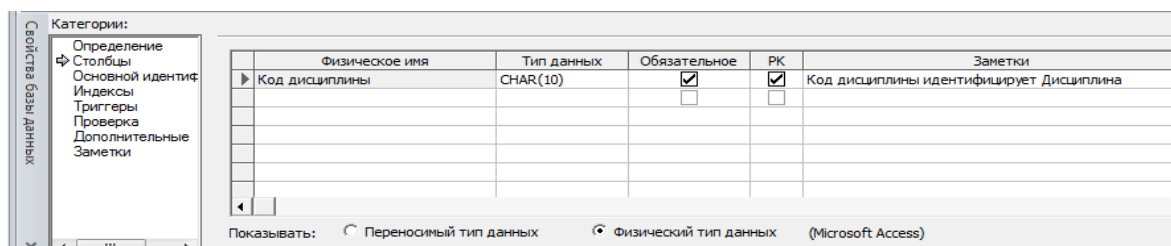


Рисунок 9.5 – Определение ключевого атрибута

Идентифицируем связи между сущностями:

Дисциплина определяет *Задание*.

Дисциплина имеет *Методические указания*.

Дисциплина определяет *График*.

После определения связи открыть окно редактирования свойств сущности (*Задание*, *Методические указания*, *График*), перейти в категорию *Столбцы*. После появления новой строки с физическим именем *Код дисциплины*, поставить флажок *Обязательное* (если данный атрибут является обязательным) и *PK* (первичный ключ). Строку с физическим именем *Дисциплина* удалить.

В сущности *Курсовая работа* скорректируем ключевые атрибуты. Чтобы сделать атрибут ключевым, отметим флажком пункт *PK* (рисунок 9.6).

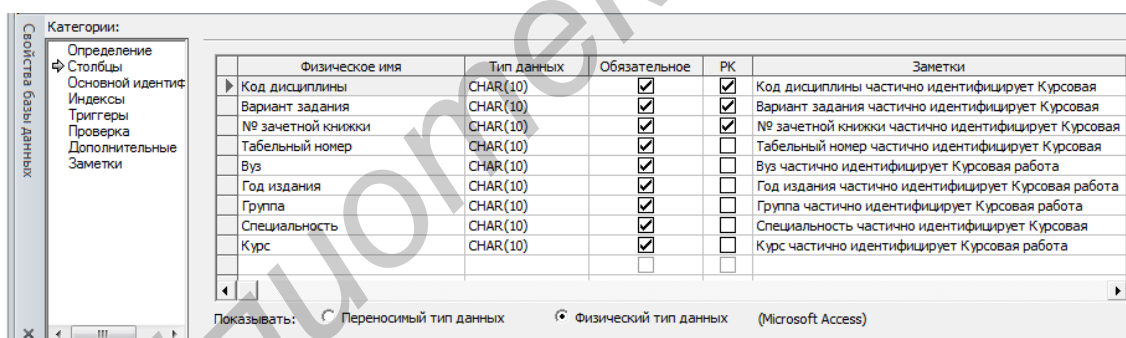


Рисунок 9.6 – Корректировка ключевых атрибутов сущности *Курсовая работа*

Логическая модель данных, основанная на ключах, изображена на рисунке 9.7.

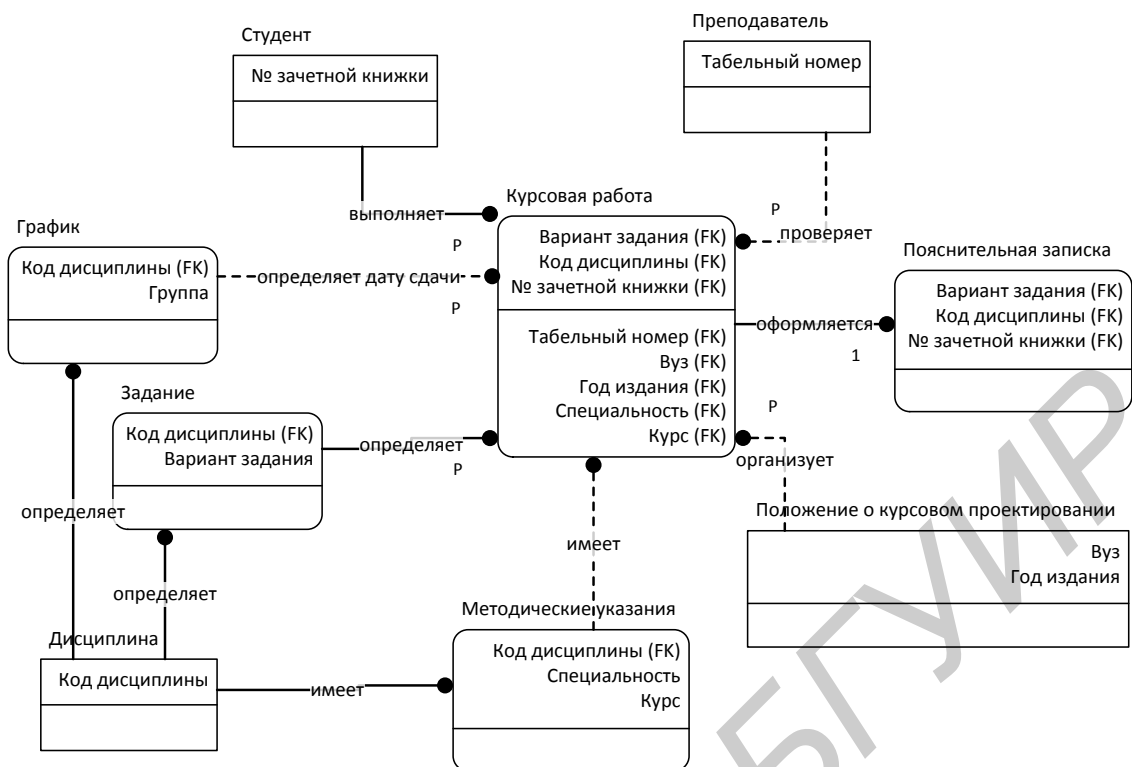


Рисунок 9.7 – Скорректированная информационная модель, основанная на ключах

Приведем полученную логическую модель к полной атрибутивной модели (рисунок 9.9), для этого дополним сущности неключевыми атрибутами (рисунок 9.8).

Примечание – Если атрибут не является обязательным, нужно убедиться, что в окне *Свойства базы данных* в категории *Столбцы* в пункте *Обязательное* не стоит галочка. Необязательные к заполнению атрибуты справа от имени имеют пометку (O).

Все дополнения сведем в таблицу 9.2.

Физическое имя	Тип данных	Обязательное	PK	Заметки
Код дисциплины	CHAR(10)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Код дисциплины частично идентифицирует Задание
Вариант задания	CHAR(10)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Вариант задания идентифицирует Задание
Теория	CHAR(10)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Теория относится к Задание
Расчеты	CHAR(10)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Расчеты относится к Задание
Графическая часть	CHAR(10)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Графическая часть относится к Задание

Рисунок 9.8 – Дополнение сущности *Задание* неключевыми атрибутами

Таблица 9.2 – Неключевые атрибуты сущности

Наименование сущности	Неключевой атрибут
Студент	ФИО, группа
Преподаватель	ФИО, должность, кафедра
Положение о курсовом проектировании	Количество страниц
Задание	Теория, расчеты, графическая часть
Методические указания	Авторы
Дисциплина	Название дисциплины
Пояснительная записка	Теоретическая часть, расчеты, графическая часть, количество страниц
График	Дата, аудитория
Курсовая работа	Оценка, литература

Порядок выполнения практического задания

1. Определить ключевые атрибуты для каждой сущности.
2. Скорректировать сущности и связи между ними.
3. Определить идентифицирующие и неидентифицирующие связи между сущностями.
4. Построить логическую модель данных.
5. Построить полную атрибутивную модель.

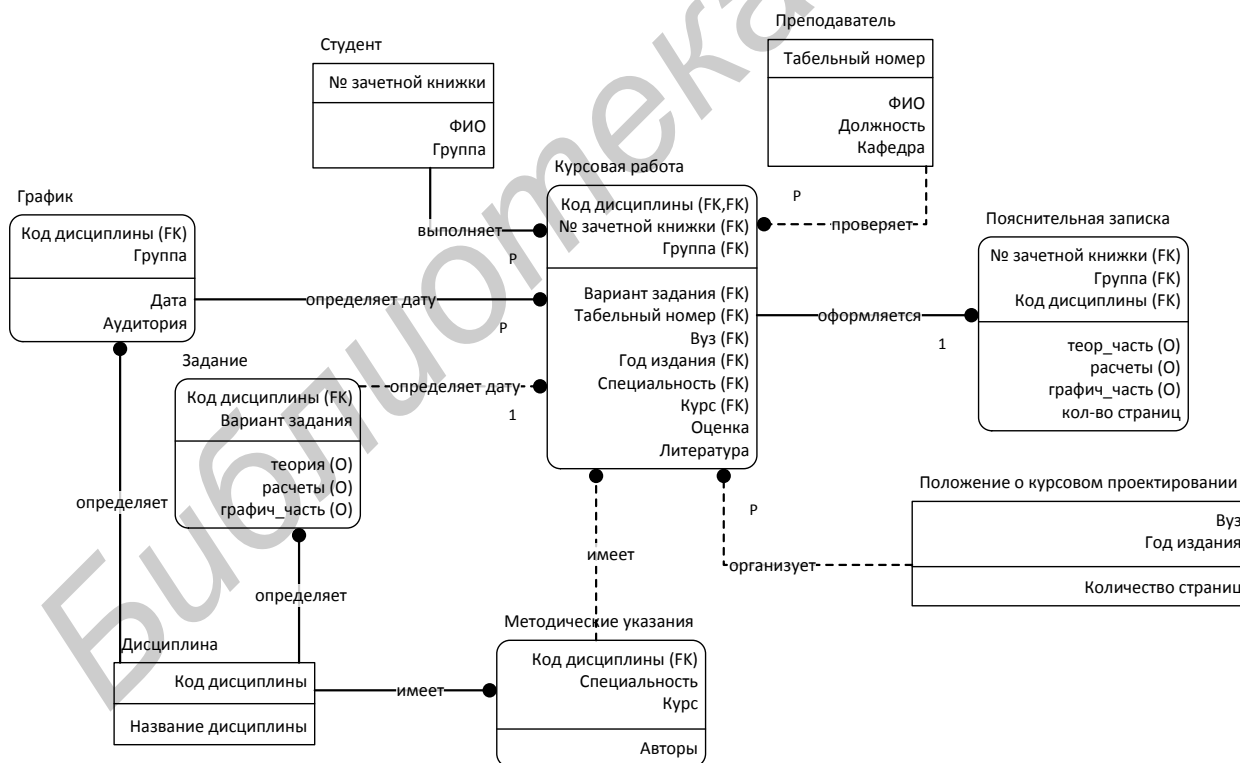


Рисунок 9.9 – Полная атрибутивная модель

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) отдел кадров; 2) университет; 3) школа; 4) сдача централизованного тестирования; 5) обучение в ГАИ; 6) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите группы атрибутов.
2. Что называют первичным ключом?
3. Что называют потенциальным ключом?
4. Что называют внешним ключом?
5. Каких рекомендаций следует придерживаться при выборе первичного ключа?
6. Какие связи называют идентифицирующими?
7. Какие связи называют неидентифицирующими?
8. Какую модель называют полной атрибутивной?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

Нормализация полной атрибутивной модели

Цель: привести информационную модель к третьей нормальной форме.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Нормализация – это процесс проверки и реорганизации сущностей и атрибутов с целью удовлетворения требований к реляционной модели данных. Процесс нормализации сводится к последовательному приведению структур данных к нормальным формам – формализованным требованиям к организации данных. Главная цель нормализации базы данных – устранение избыточности и дублирования информации.

Первая нормальная форма (1НФ). Таблица (отношение) находится в 1НФ, если значение каждого атрибута в каждом поле таблицы имеет атомарное значение, т. е. оно неделимо, не является списком, не содержит вложенности значений.

Вторая нормальная форма (2НФ). Отношение находится во 2НФ, если оно уже находится в 1НФ и все неключевые атрибуты функционально полностью зависят от атрибутов первичного ключа, т. е. полностью ими определяются. Зависят от всего ключа, если ключ составной. Если в отношении есть атрибуты, которые зависят от части первичного ключа, то они выносятся в отдельную таблицу и им сопоставляется часть ключа, от которой они зависят.

Третья нормальная форма (3НФ). Отношение находится в 3НФ, если оно уже находится во второй и в нем отсутствуют транзитивные зависимости между атрибутами. Транзитивная зависимость – это зависимость одного атрибута от другого через третий. Если А зависит от В ($B \rightarrow A$), а С зависит от А ($A \rightarrow C$), то С зависит от В транзитивно ($B \rightarrow A \rightarrow C$). Для исключения транзитивной зависимости атрибуты, которые зависят от первичного ключа транзитивно, выносятся в отдельную таблицу, где им сопоставляется атрибут, через который они зависят от ключа.

Приведение таблиц модели к 3НФ считается достаточным для того, чтобы завершить декомпозицию.

Нормальная форма Бойса – Кодда требует, чтобы в таблице был только один потенциальный первичный ключ. Чаще всего у таблиц, находящихся в 3НФ, так и бывает, но не всегда. Если обнаружился второй столбец (комбинация столбцов), позволяющий однозначно идентифицировать строку, то для приведения к нормальной форме Бойса – Кодда такие данные надо вынести в отдельную таблицу.

Четвертая нормальная форма (4НФ). Для приведения таблицы, находящейся в нормальной форме Бойса – Кодда, к 4НФ необходимо устранить имеющиеся в ней многозначные зависимости. То есть обеспечить, чтобы вставка/удаление любой строки таблицы не требовала бы вставки/удаления/модификации других строк этой же таблицы.

Пятая нормальная форма (5НФ). Таблицу, находящуюся в 4НФ и, казалось бы, уже нормализованную до предела, в некоторых случаях еще можно разбить на три или более (но не на две!) таблиц, соединив которые, мы получим исходную таблицу. Получившиеся в результате такой, как правило, весьма искусственной декомпозиции таблицы и называются находящимися в 5НФ. Формальное определение 5НФ таково: это форма, в которой устранены зависимости соединения. В большинстве случаев практической пользы от нормализации таблиц до 5НФ не наблюдается.

В целом процесс проектирования реляционной модели данных можно описать в виде последовательности действий:

1. Выделить информационные объекты моделируемой системы.
2. Описать каждый информационный объект набором характеристик (атрибутов), которые представляют важность с точки зрения выполняемых системой функций.
3. Для каждого информационного объекта определить первичный ключ – атрибут или совокупность атрибутов.

4. Данные каждого информационного объекта описать в виде таблицы так, чтобы данные в каждом поле таблицы были атомарны, т. е. привести каждую таблицу к 1НФ.

5. Привести отношения ко 2НФ. Для этого декомпозировать при необходимости каждую таблицу так, чтобы в ней остались только атрибуты, которые зависят от всего первичного ключа. То есть удалить элементы данных (атрибуты), зависящие от отдельных компонентов первичного ключа, в новые таблицы. В новых отношениях компоненты первичного ключа исходного отношения, от которых зависели удаленные, сыграют роль первичного ключа.

6. Привести отношения к 3НФ. Для этого в новые отношения вынести элементы данных (атрибуты), которые зависят от атрибутов первичного ключа транзитивно.

Пример выполнения практического задания

Рассмотрим компьютерный класс (кабинет).

Первая нормальная форма (1НФ) (таблица 10.1).

Таблица 10.1 – Первая нормальная форма

Номер класса	Номер компьютера	ФИО администратора класса	Телефон администратора класса	Тип процессора	Наличие жесткого диска

Вторая нормальная формат (2НФ) (таблица 10.2).

Таблица 10.2 – Вторая нормальная форма – отношение *Компьютер*

Номер класса	Номер компьютера	Тип процессора	Наличие жесткого диска

Таблица находится в 1НФ, т. к. значение каждого атрибута в каждом поле атомарно. В данной таблице первичный ключ составной. Это совокупность атрибутов *Номер компьютера* + *Номер класса*. Атрибуты *ФИО администратора класса* и *Телефон администратора класса* зависят только от части ключа – от атрибута *Номер класса*. Для приведения таблицы ко 2-й нормальной форме (таблицы 10.2 и 10.3) ее надо декомпозировать на два отношения. Декомпозиция, как процесс разделения позволяет рассматривать любую исследуемую систему как сложную, состоящую из отдельных взаимосвязанных подсистем, которые, в свою очередь, также могут быть разделены на части. В качестве систем могут выступать не только материальные объекты, но и процессы, явления и понятия.

Таблица 10.3 – Вторая нормальная форма – отношение *Класс*

Номер класса	ФИО администратора класса	Телефон администратора класса

Атрибут *Номер класса* является общим для таблиц, полученных в результате декомпозиции. В процессе декомпозиции он мигрирует в таблицу *Компьютер*. Третья нормальная форма (3НФ) (таблица 10.4).

Таблица 10.4 – Транзитивная зависимость

Номер класса	Номер компьютера	Тип процессора	Фирма-производитель процессора	Телефон фирмы-производителя процессора	Наличие жесткого диска

В данной таблице атрибуты *Фирма-производитель процессора* и *Телефон фирмы-производителя процессора* зависят от первичного ключа транзитивно через атрибут *Тип процессора*. Для приведения таблицы к 3НФ таблица декомпозируется следующим образом (таблицы 10.5 и 10.6):

Таблица 10.5 – Третья нормальная форма – отношение *Компьютер*

Номер класса	Номер компьютера	Тип процессора	Наличие жесткого диска

Таблица 10.6 – Третья нормальная форма – отношение *Процессор*

Тип процессора	Фирма-производитель процессора	Телефон фирмы-производителя процессора

Приведение таблиц модели к 3НФ считается достаточным для того, чтобы завершить декомпозицию.

Порядок выполнения практического задания

1. Привести информационную модель к первой нормальной форме.
2. Привести информационную модель ко второй нормальной форме.
3. Привести информационную модель к третьей нормальной форме.
4. Построить логическую модель данных.
5. Построить полную атрибутивную модель.

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) отдел кадров; 2) университет; 3) школа; 4) сдача централизованного тестирования; 5) обучение в ГАИ; 6) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называют нормализацией?
2. Какова главная цель нормализации базы данных?
3. Что называют транзитивной зависимостью?
4. Опишите процесс проектирования реляционной модели данных.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11

Определение наилучшей эргатической системы методом «сведение многокритериальной задачи к однокритериальной»

Цель: освоить способ определения наилучшей альтернативы «сведение многокритериальной задачи к однокритериальной».

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Выбор – разрешение неопределенности в деятельности человека в условиях множественности альтернатив.

В процессе решения практической задачи всегда возникает несколько вариантов. Это происходит и случайно, в силу неоднозначности и неопределенности процесса решения, и целенаправленно, как основа поиска лучшего результата. Но задача, особенно техническая, считается решенной тогда, когда будет сделан выбор окончательного, единственного варианта. Только такая деятельность считается продуктивной.

Эффективность означает выбор оптимального варианта из имеющихся возможных и выполнение его наилучшим образом.

Варианты действий принято называть альтернативами. Альтернативы – неотъемлемая часть проблемы принятия решений: если не из чего выбирать, то нет и выбора. Следовательно, для постановки задачи принятия решений необходимо иметь хотя бы две альтернативы.

Критерий – признак, основание, правило принятия решения по оценке чего-либо на соответствие предъявленным требованиям. Критерии оценки альтернатив – показатели их привлекательности (или непривлекательности) для участников процесса выбора.

Представим принятие решения как действие над множеством альтернатив, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив. Сужение множества альтернатив возможно, если имеется способ сравнения альтернатив и определение наиболее предпочтительных. Каждый такой способ называют «критерием предпочтения». При таком описании выбора считают само собой разумеющимися, уже пройденными, два чрезвычайно важных этапа системного анализа:

1) порождение множества альтернатив, на котором предстоит осуществлять выбор;

2) определение целей, ради достижения которых производится выбор.

Будем считать, что исходное множество альтернатив уже задано и преследуемые цели определены настолько детально, что уже имеются критерии оценки и сравнения любых альтернатив.

Самым простым и наиболее развитым (быть может, поэтому чаще употребляемым) является критериальный язык выбора. Такое название языка связано с основным предположением, состоящим в том, что каждую отдельно взятую альтернативу можно оценить конкретным числом (значением критерия), и сравнение альтернатив сводится к сравнению соответствующих им чисел.

Существует несколько способов выбора альтернатив в условиях нескольких критериев. К ним относятся:

- сведение многокритериальной задачи к однокритериальной;
- условная максимизация;
- поиск альтернативы с заданными свойствами;
- нахождение множества Парето.

Пусть x – некоторая альтернатива из множества X . Считается, что для всех $x \in X$ может быть задана функция $q(x)$, которая называется критерием (критерием качества, целевой функцией, функцией предпочтения, функцией полезности) и обладает тем свойством, что если альтернатива x_1 предпочтительнее x_2 (будем обозначать это $x_1 > x_2$), то $q(x_1) > q(x_2)$ и обратно. Выбор любой альтернативы приводит к однозначно известным последствиям (т. е. считать, что выбор осуществляется в условиях определенности) и заданный критерий $q(x)$ численно выражает оценку этих последствий, поэтому наилучшей альтернативой x^* (формула (11.1)) является, естественно, та, которая обладает наибольшим значением критерия:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} q(x). \quad (11.1)$$

Задача отыскания оптимального решения x^* , простая по постановке, часто оказывается сложной для решения, поскольку метод ее решения определяется характером множества X и характером критерия $q(x)$.

Чаще всего на практике оценивание любого варианта единственным числом оказывается неприемлемым упрощением. Более полное рассмотрение альтернатив приводит к необходимости оценивать их не по одному, а по нескольким критериям, качественно различающимся между собой: технические, технологические, экономические, социальные, эргономические.

В обычной жизни при выборе мы почти никогда не используем единственный критерий (например, выбор подарка ко дню рождения или места отдыха). Для упрощения процесса поиска наилучшей альтернативы рассмотрим способ «сведение многокритериальной задачи к однокритериальной».

Пусть для оценивания альтернатив используется несколько критериев $q_i(x), i = 1, 2, 3 \dots, p$. Как же осуществить выбор?

Этот способ состоит в введении суперкритерия – некоторой функции, зависящей от всех критериев.

$$q_0(x) = q_0(q_1(x), q_2(x), \dots, q_p(x)). \quad (11.2)$$

Суперкритерий позволяет упорядочить альтернативы по величине q_0 , выделив тем самым наилучшую (по этому критерию) альтернативу. Вид функции q_0 определяется тем, как мы представляем себе вклад каждого критерия в суперкритерий. Обычно при этом используются аддитивные или мультипликативные функции:

$$q_0 = \sum_{i=1}^p \frac{\alpha_i q_i(x)}{s_i}, \quad (11.3)$$

$$1 - q_0 = \prod_{i=1}^p \left(1 - \frac{\beta_i q_i}{s_i} \right). \quad (11.4)$$

Коэффициенты s_i , α_i и β_i обеспечивают, во-первых, безразмерность числа (частные критерии могут иметь различную размерность, и тогда некоторые арифметические операции над ними не имеют смысла) и, во-вторых, в необходимых случаях, как в формуле (11.4), выполнение условия $\beta_i q_i / s_i \leq 1$. Коэффициенты α_i и β_i отражают относительный вклад частных критериев в суперкритерий, т. е. являются весовыми коэффициентами.

При данном способе задача сводится к максимизации суперкритерия:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} q_0[q_1(x), \dots, q_p(x)]. \quad (11.5)$$

Индивидуальный набор весовых коэффициентов должен определять важность того или иного условия выполнения критерия.

Преимущества данного метода: как правило, всегда удастся определить единственный оптимальный вариант решения.

Недостатки. Часто в связи с субъективизмом возникают трудности в определении весовых коэффициентов. Низкая оценка по одному критерию может быть компенсирована высокой оценкой по другому. Однако это верно не для всех моделей. Например, ухудшение качества изображения телевизора не может быть компенсировано качеством звука.

Можно отметить простоту и наглядность метода. Весовые коэффициенты могут рассматриваться как показатели относительной значимости каждого критерия. Чем большее значение придается некоторому критерию, тем больший вклад он будет давать и тем большее значение соответствующего веса должно быть выбрано.

Пример выполнения практического задания

С помощью способа «сведение многокритериальной задачи к однокритериальной» определим суперкритерий для поиска наилучшей альтернативы системы

«мотоцикл» и определим наилучшую альтернативу. Определим и перечислим основные критерии оценки системы «мотоцикл» и единицы их измерения.

Альтернативы, критерии и их величины, единицы измерения и значения коэффициентов α_i и s_i представлены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Основные критерии, их единицы измерения и значения коэффициентов α_i и s_i

Альтернативы	Обозначение	Наименование критерия q_i	Значение	Единица измерения q_i	Коэффициент α_i	Коэффициент s_i
x_1	q_1	Стоимость	1 250	усл. ед.	1/1300	1/усл. ед.
x_2			1 300			
x_3			1 350			
x_1	q_2	Максимальная скорость	110	км/ч	1/120	1/км/ч
x_2			120			
x_3			130			
x_1	q_3	Разгон до 100 км	10	с	1/10	1/с
x_2			12			
x_3			8			
x_1	q_4	Пробег	80 000	км	1/100000	1/км
x_2			120 000			
x_3			100 000			
x_1	q_5	Вес	100	кг	1/110	1/кг
x_2			110			
x_3			120			
x_1	q_6	Мощность двигателя	120	л. с.	1/120	1/л. с.
x_2			100			
x_3			140			
x_1	q_7	Расход топлива на 100 км	5	л	1/5	1/л
x_2			4			
x_3			6			

Для определения суперкритерия нахождения наилучшей альтернативы системы «мотоцикл», используя формулу (11.3), отмечаем знаком «+» привлекательные критерии и знаком «-» непривлекательные критерии.

Получим следующую зависимость:

$$q_0(x) = -\frac{q_1(x)}{1300 \text{ усл. ед.}} + \frac{q_2(x)}{120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} - \frac{q_3(x)}{1 \text{ с}} - \frac{q_4(x)}{100000 \text{ км}} + \frac{q_5(x)}{110 \text{ кг}} + \frac{q_6(x)}{120 \text{ л. с.}} - \frac{q_7(x)}{5 \text{ л.}}$$

Подставив в полученную зависимость значения критериев заданных альтернатив, определим значения обобщенного критерия для заданных альтернатив:

$$q_0(x_1) = \frac{1250}{1300} + \frac{110}{120} - \frac{10}{10} - \frac{80\,000}{100\,000} + \frac{100}{110} + \frac{120}{120} - \frac{5}{5} = -0,94.$$

Аналогично $q_0(x_2) = -1,37$; $q_0(x_3) = -0,7$.

Таким образом, с помощью полученного суперкритерия определена наилучшая альтернатива – альтернатива x_3 .

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. Определить существенные критерии для оценки заданных альтернатив.
3. Определить величину и размерность коэффициентов.
4. Выбрать необходимую функцию для определения суперкритерия.
5. Представить суперкритерий в виде математической зависимости.
6. Определить наилучшую альтернативу.

Варианты систем для выполнения задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «выбор».
2. Дайте определение понятия «критерий».
3. Дайте определение понятия «альтернатива».
4. Назовите способы выбора альтернатив в условиях нескольких критериев.
5. Назовите достоинства и недостатки способа «сведение многокритериальной задачи к однокритериальной».

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

Определение наилучшей эргатической системы методом «поиск альтернативы с заданными свойствами»

Цель: освоить способ поиска альтернативы с заданными свойствами.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Принятие решения есть действие над множеством альтернатив, в результате которого исходное множество альтернатив сужается. Это действие называется выбором.

Выбор является действием, придающим всей деятельности целенаправленность. Именно через акты выбора реализуется подчиненность всей деятельности определенной цели или совокупности взаимосвязанных целей.

Таким образом, для того чтобы стал возможен акт выбора, необходимо следующее:

- порождение или обнаружение множества альтернатив, на котором предстоит совершить выбор;
- определение целей, ради достижения которых осуществляется выбор;
- разработка и применение способа сравнения альтернатив между собой, т. е. определение рейтинга предпочтения для каждой альтернативы, согласно определенным критериям, позволяющим косвенно оценивать, насколько каждая альтернатива соответствует цели.

Способ многокритериального выбора (поиск альтернативы с заданными свойствами) относится к случаю, когда заранее могут быть указаны значения частных критериев (или их границы).

Задачи метода: поиск альтернативы, удовлетворяющей этим требованиям, или установление факта отсутствия данной альтернативы; поиск альтернативы, которая лучше всего подходит поставленным целям.

Удобным свойством является возможность задавать желательные значения \bar{q}_i критериев как точно, так и в виде верхних или нижних границ. Назначаемые значения величин \bar{q}_i иногда называют уровнями притязаний, а точку их пересечения в p -мерном пространстве критериев – целью или опорной точкой, идеальной точкой.

Поскольку уровни притязаний задаются без точного знания структуры множества X в пространстве частных критериев, целевая точка может оказаться как внутри, так и вне X (достижимая x_1^* или недостижимая x_2^* цель (рисунок 12.1)).

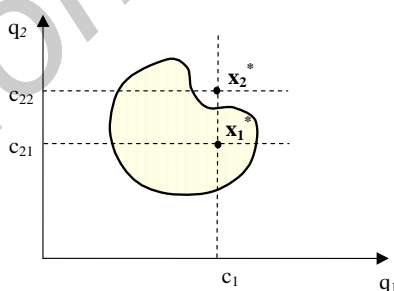


Рисунок 12.1 – Множество Парето

Теперь идея оптимизации состоит в том, чтобы, начав с любой альтернативы, приближаться к x^* по некоторой траектории в пространстве X . Это достигается введением числовой меры близости между очередной альтернативой x и целью x^* , т. е. между векторами

$$q(x) = (q_1(x), \dots, q_p(x)) \text{ и } \bar{q} = (\bar{q}_1, \dots, \bar{q}_p).$$

Можно по-разному количественно описать эту близость. Например, используют расстояния типа

$$d_k(q, \bar{q}) = (\sum_{i=1}^p w_i |q_i(x) - \bar{q}_i|^k)^{1/k} \quad (12.1)$$

либо расстояния типа

$$S(q, \bar{q}) = \min_i a_i (q_i - \bar{q}_i) + a_{p+1} \sum_{i=1}^p a_i (q_i - \bar{q}_i), \quad (12.2)$$

где считается, что $q_i \geq \bar{q}_i$, a_i – коэффициенты, приводящие слагаемые к одинаковой размерности и одновременно учитывающие разноважность критериев; a_{p+1} выражает наше отношение к тому, что важнее – уменьшать близость к цели любого из частных критериев или суммарную близость всех критериев к целевым значениям.

Если часть уровней притязания ограничивают критерии снизу ($q_i \geq \bar{q}_i, i = 1, \dots, p'$), часть ограничивают их сверху ($q_i \leq \bar{q}_i, i = p' + 1, \dots, p''$), а остальные задают их жестко ($q_i = \bar{q}_i, i = p'' + 1, \dots, p$), то функцию (12.2) модифицируют:

$$S(q, \bar{q}) = \min_i Z(q_i, \bar{q}_i) + a_{p+1} \sum_{i=1}^p Z(q_i, \bar{q}_i), \quad (12.3)$$

где

$$Z(q_i, \bar{q}_i) = \begin{cases} a_i (q_i - \bar{q}_i) & \text{при } 1 \leq i \leq p', \\ a_i (\bar{q}_i - q_i) & \text{при } p' + 1 \leq i \leq p'', \\ a_i \min [(q_i - \bar{q}_i), (\bar{q}_i - q_i)] & \text{при } p'' + 1 \leq i \leq p. \end{cases} \quad (12.4)$$

Достоинства метода. Здесь возможно задавать желательные значения критерия как точно, так и в виде верхних или нижних границ.

Недостатки метода. Поскольку уровни притязаний задаются без точного знания структуры множества X в пространстве частных критериев, целевая точка может оказаться как внутри, так и вне множества X , что соответствует достижимой или недостижимой цели.

Пример выполнения практического задания

С помощью способа «поиск альтернативы с заданными свойствами» определим наиболее приемлемую альтернативу системе «GPS-навигатор». Основные требуемые характеристики системы «GPS-навигатор» приведены в таблице 12.1.

Таблица 12.1 – Основные критерии и их значения требуемого GPS-навигатора

Наименование критерия	Требуемый параметр
Тип процессора	Atlas-IV, Windows CE (6.0)
Тактовая частота	≥ 500 МГц
Разъем для внешней антенны	Есть
Способ ввода данных	Сенсорный дисплей
Размер экрана	≥ 4 "
Объем энергонезависимой памяти	≥ 1 Гб
Поддержка карт памяти	MicroSDHC, SD (SDHC) до 32 Гб
Навигация. Расчет площади	Есть
Интерфейс. Bluetooth	Есть
Цена	≤ 200 усл. ед.

Исследуемые альтернативы и значения их характеристик представлены в таблице 12.2.

Таблица 12.2 – Исследуемые GPS-навигаторы и значения их характеристик

Наименование критерия	Требуемый параметр	Globus GL-570W	Globus GL-300HD	Goclever Rider 350
Тип процессора	Atlas-IV, Windows CE (6.0)	Atlas-IV	SiRF Atlas-IV ARM11 CPU	Atlas-IV
Тактовая частота	≥ 500 МГц	500 МГц	500 МГц	533 МГц
Разъем для внешней антенны	+	+	-	-
Способ ввода данных	Сенсорный дисплей	Сенсорный дисплей	Сенсорный дисплей	Сенсорный дисплей
Размер экрана	≥ 4 "	5"	6"	3,5"
Поддержка карт памяти	MicroSDHC, SD (SDHC) до 32 Гб	MicroSDHC, SD (SDHC) 32 Гб	SD (SDHC) 32 Гб	MMC, SD 8 Гб
Объем энергонезависимой памяти	≥ 1 Гб	2 Гб	4 Гб	256 Мб
Навигация. Расчет площади	Есть	Есть	Нет	Нет
Интерфейс. Bluetooth	Есть	Есть	Нет	Нет
Цена	≤ 200 усл. ед.	180 усл. ед.	280 усл. ед.	220 усл. ед.

Проанализировав данные таблицы 12.2, можно сделать вывод, что наиболее приемлемой альтернативой является GPS-навигатор типа Globus GL-570W.

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. Определить существенные критерии для оценки заданных альтернатив.
3. Определить и установить заданные величины критериев.
4. Выбрать необходимую функцию для определения суперкритерия с учетом сделанных ограничений.
5. Определить наиболее близкую и приемлемую альтернативу.

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «принятие решения».
2. Дайте определение способа «поиск альтернативы с заданными свойствами».
3. Назовите достоинства и недостатки способа «поиск альтернативы с заданными свойствами».

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

Определение наилучшей эргатической системы методом «нахождение множества Парето»

Цель: освоить способ нахождения множества Парето для определения наилучшей альтернативы.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Поиск решения многокритериальной задачи не представляет особых сложностей, если предпочтение по одному критерию влечет за собой такое же предпочтение по другому критерию, т. е. критерии кооперируются. Например, когда при покупке автомобиля мы преследуем цель купить престижный и кра-

сивый автомобиль. Очень часто эти два критерия совпадают и престижный автомобиль является одновременно красивым.

Решение многокритериальной задачи также не представляет особых сложностей, если критерии нейтральны по отношению друг к другу, т. е. поиск решения по одному критерию никаким образом не отражается на поиске решения по другому критерию. Например, когда при покупке автомобиля мы преследуем цель купить надежный и красивый автомобиль.

Приведенные примеры являются частными случаями. Чаще критерии конкурируют друг с другом. В большинстве практических задач поиск более предпочтительного решения по одному критерию приводит к тому, что решение становится менее предпочтительным по другому критерию, т. е. решения несравнимы между собой. Например, рассматривая стоимость и престижность в качестве критериев при покупке автомобиля, можно утверждать, что более дешевый (более предпочтительный по первому критерию) автомобиль является менее престижным (менее предпочтительным по второму критерию).

Анализ таких ситуаций может быть осуществлен при помощи определения множества Парето.

Предположим, что при оценке альтернатив использовались два критерия: стоимость C_1 и надежность C_2 . Значения критериев для различных альтернатив представлены в таблице 13.1.

Здесь области первого и второго критериев соответственно $O_1 = \{\text{Малая, Большая}\}$ и $O_2 = \{\text{Низкая, Высокая}\}$, область альтернатив $A = \{1, 2, 3\}$.

Очевидно, что альтернатива 3 является наиболее предпочтительной, т. к. она не хуже остальных альтернатив по всем критериям.

Таблица 13.1 – Оценка трех альтернатив по двум критериям

Альтернативы	Критерий	
	Стоимость	Надежность
1	Малая	Низкая
2	Большая	Высокая
3	Малая	Высокая

Альтернатива α_i является доминирующей по отношению к альтернативе α_k , если по всем критериям оценки альтернативы α_i не хуже, чем альтернативы α_k , а хотя бы по одному критерию оценка α_i лучше. При этом альтернатива α_k называется доминируемой. Из определения следует, что альтернатива 3 из приведенного выше примера является доминирующей по отношению к альтернативе 1 и альтернативе 2. Это можно увидеть из рисунка 13.1, где альтернатива 3 занимает самое правое и верхнее положение по отношению к другим альтернативам.

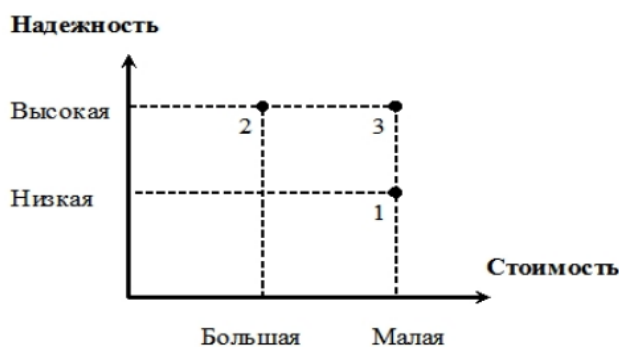


Рисунок 13.1 – Альтернативы и их положения в соответствии с критериями

Рассмотрим альтернативы 1 и 2. Из рисунка 13.1 следует, что альтернативы 1 и 2 не находятся в отношении доминирования. По стоимости предпочтительнее альтернатива 1, а по надежности – альтернатива 2. Эти альтернативы являются несравнимыми по отношению предпочтения между векторными оценками, т. к. их невозможно сравнить непосредственно на основе критериальных оценок.

Альтернатива α_i , для которой не существует другой альтернативы α_k , лучшей по всем критериям одновременно (т. е. каждая из них превосходит любую другую по какому-то из критериев), называется недоминируемой, или оптимальной по Парето.

Множество всех альтернатив называется множеством Парето.

Если вернуться к примеру, то оставшиеся альтернативы 1 и 2 принадлежат множеству Парето.

Принцип Парето заключается в том, что оптимальный исход следует искать только среди элементов множества недоминируемых решений $P_{\alpha C}(A)$. Однако это условие справедливо, если выполняется аксиома Парето, устанавливающая «рациональное» поведение лица, принимающего решение, т. е. его стремление получить по возможности большие значения всех компонент векторного критерия C .

Множество Парето также называют множеством неуплучшаемых решений. Парето-оптимальность решения α^* означает, что оно не может быть улучшено ни по одному из критериев без ухудшения по какому-нибудь другому критерию. Так, в примере с оставшимися двумя альтернативами без дополнительной качественной или количественной информации нельзя выделить одну оптимальную альтернативу. Поэтому при поиске одной наиболее предпочтительной альтернативы необходимы дополнительные сведения о критериях или предпочтениях, которые смогли бы уменьшить множество Парето.

Альтернатива α называется слабоэффективным решением, если оно не может быть улучшено сразу по всем m критериям.

Рассмотрим пример оценки кандидатов на некоторую должность с использованием трехбалльной системы $O_1 = O_2 = \{1,2,3\}$ по двум критериям:

образование C_1 и опыт работы C_2 . Результаты оценивания пяти кандидатов представлены в таблице 13.2.

Таблица 13.2 – Результаты оценивания кандидатов на должность

Кандидаты	Критерий	
	Образование	Опыт
1	1	3
2	2	2
3	2	1
4	1	2
5	3	1

Точки на плоскости на рисунке 13.2 являются векторными оценками кандидатов. Из этого рисунка видно, что оптимальными по Парето являются кандидаты с номерами 1, 2, 5. Кандидаты с номерами 4 и 3 являются доминируемыми, т. к. угол с вершиной в точке 4 или 3 содержит по две точки из множества недоминируемых точек 1, 2, 5.

Аналогичные углы для точек 1, 2, 5 не содержат точек, соответствующих другим кандидатам. В то же время точки 4 и 3 являются слабоэффективными решениями задачи, т. к. не существует альтернатив, соответствующих точкам с координатами (2, 3), (3, 3) или (3, 2).

Из приведенного примера видно, что только привлечением дополнительной информации можно сузить множество Парето.

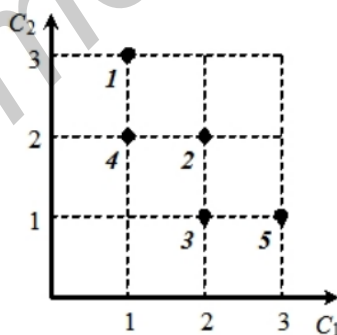


Рисунок 13.2 – Точки, соответствующие векторным оценкам пяти кандидатов на должность

Сужение множества альтернатив до множества эффективных решений важно не только само по себе, но еще и потому, что на более узком подмножестве могут выполняться различного рода упрощающие дальнейший анализ допущения о предпочтениях, которые заведомо несправедливы для множества решений. Кроме того, эффективные решения могут обладать интересными и практически важными свойствами, не присущими остальным решениям.

Таким образом, решение многокритериальной задачи сводится к следующим основным составляющим:

- определению множества неулучшаемых решений Парето;
- получению дополнительной информации о критериях в том или ином виде;
- использованию дополнительной информации о критериях для сужения множества Парето до тех пор, пока это множество не будет содержать только одну альтернативу или группу альтернатив.

Пример выполнения практического задания

Дано множество альтернатив системы «Ноутбук» и основные ее (критерии) характеристики. Исследуемые альтернативы ее характеристик представлены в таблице 13.3.

Таблица 13.3 – Исследуемые альтернативы и их характеристики

Наименование критерия	Toshiba Sallite A660-10X	HP Pavilion dv-4045er	HP Pavilion dv-7-4120er
Количество ядер процессора	4	4	2
Тактовая частота, ГГц	1,6	1,6	1,6
Диагональ экрана, дюйм	16	17,3	17,3
Объем оперативной памяти, Гб	4096	4096	4096
Емкость жесткого диска, Гб	640	640	500
Вес, кг	2,62	3,06	3,03
Количество активных пикселей камеры, Мп	1,3	1,3	1,3
Стоимость, усл. ед.	1300	1350	1280

Проанализировав данные таблицы 13.3 и сравнив попарно параметры альтернатив, можно сделать вывод, что паретовское множество составляют две альтернативы: Toshiba Satellite A660 – 10X и HP Pavilion dv – 4045er.

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. Определить существенные критерии для оценки заданных альтернатив.
3. Определить и установить заданные величины критериев.
4. Попарно сравнить исследуемые альтернативы и все худшие по всем критериям отбросить, а все оставшиеся и несравнимые между собой включить в паретовское множество.

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение способа нахождения паретовского множества.
2. В чем заключается принцип Парето?
3. Что называют альтернативой?
4. Что называют слабоэффективным решением?
5. В чем суть сужения множества альтернатив?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

Определение наилучшей эргатической системы методом «выбор альтернативы на языке бинарных отношений»

Цель: освоить поиск наилучшей альтернативы на языке бинарных отношений.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Язык бинарных отношений – второй, более общий язык, на котором описывается выбор. В реальности дать оценку отдельно взятой альтернативе часто затруднительно или невозможно. Однако, если рассматривать ее не в отдельности, а в паре с другой альтернативой, то находятся основания сказать, какая из них более предпочтительна.

Основные предпосылки языка бинарных отношений:

- 1) отдельная альтернатива не оценивается, т. е. критериальная функция не вводится, другими словами – отказ от числовой оценки альтернативы;
- 2) для каждой пары альтернатив (x, y) можно установить, что:
 - а) одна из них предпочтительнее другой;
 - б) альтернативы равноценны;
 - в) альтернативы несопоставимы (последние два понятия часто отождествляются);
- 3) отношение предпочтения внутри любой пары альтернатив не зависит от остальных альтернатив, предъявленных к выбору.

Математически бинарное отношение R на множестве X определяется как определенное подмножество упорядоченных пар (x, y) . Порядок здесь имеет значение. Если пара элементов x и y находится в отношении R , то обозначается xRy . Если пара элементов x и y не находится в отношении R , то обозначается $x\bar{R}y$.

Множество всех пар $\{(x, y), x, y \in X\}$ называется полным («универсальным») бинарным отношением. Поскольку в общем случае не все возможные пары (x, y) удовлетворяют условиям, накладываемым отношением R , бинарное отношение является некоторым подмножеством полного бинарного отношения, т. е. $R \subseteq X \times X$.

Задать отношение – это значит тем или иным способом указать все пары (x, y) , для которых выполнено отношение R .

Существует четыре разных способа задания отношений (рисунок 14.1): преимущества каждого проявляются при разных характеристиках множества X .



Рисунок 14.1 – Способы описания выбора на языке бинарных отношений

Первый способ состоит в непосредственном перечислении всех пар (x, y) , удовлетворяющих отношению R .

Например, рассматривается отношение предпочтения для трех альтернатив решения A, B и B . Тогда мы можем перечислить все пары:

- 1) A предпочтительнее B ;
- 2) B предпочтительнее B ;
- 3) A предпочтительнее B .

Данный способ мы можем использовать, когда у нас количество пар не только конечно, но и не очень велико. Ясно, что он приемлем лишь в случае конечного множества X .

Второй способ задания отношения R на конечном множестве – матричный. Строится матрица отношения $\alpha_{ij}(R) = \{1: x_i R x_j; 0: x_i \bar{R} x_j\}$ для всех i и j , элементами которой являются единицы и нули. Единица ставится, если элементы x_i и x_j находятся между собой в отношении R , а нули – если они не находятся в таком отношении.

Например, согласно приведенному выше примеру, это будет выглядеть так (рисунок 14.2):

- 1) A предпочтительнее B , ставим 1;
- 2) A предпочтительнее B , ставим 1.
- 3) B предпочтительнее B , ставим 1;
- 4) в других случаях ставим 0.

	А	Б	В
А		1	1
Б	0		0
В	0	1	

Рисунок 14.2 – Построение матрицы предпочтения

Известным примером такого задания отношений являются турнирные таблицы (если ничьи обозначить нулями, как и проигрыш, то матрица изобразит отношение « x_i – победитель x_j »).

Третий способ – задание бинарного отношения графом (рисунок 14.3). Вершинам графа $G(R)$ ставят в соответствие (пронумерованные) элементы множества X . Если для двух элементов выполняется отношение $x_i R x_j$, то от вершины x_i проводят направленную дугу к вершине x_j ; в противном случае – если же $x_i \bar{R} x_j$ (если пара элементов x и y не находится в отношении R) – дуга отсутствует.

Согласно приведенному выше примеру это будет выглядеть так:

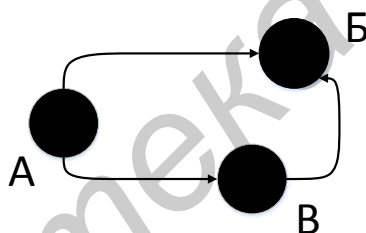


Рисунок 14.3 – Задание бинарного отношения графом

Четвертый способ – для определения отношений на бесконечных множествах используется задание отношение R сечениями. Множество $R^+(x) = \{y \in X | (y, x) \in R\}$ называется верхним сечением отношения R , а множество $R^-(x) = \{y \in X | (x, y) \in R\}$ – нижним сечением. Иначе говоря, верхнее сечение – это множество всех $y \in X$, которые находятся в отношении $y R x$ с заданным элементом $x \in X$, а нижнее сечение – множество всех $y \in X$, с которыми заданный элемент x находится в отношении R . Отношение однозначно определяется одним из своих сечений.

Пример выполнения практического задания

Дано множество альтернатив «ноутбук». С помощью способа «выбор на языке бинарных отношений» определим наиболее приемлемую альтернативу. Основные характеристики системы «ноутбук» заданных альтернатив приведены в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Основные критерии и значения заданных альтернатив

Наименование критерия	Toshiba Satellite A660-10X (A)	HP Pavilion dv7-1253ca (B)	Asus G73JH-TY031 (C)
Количество ядер	4	4	4
Вес, кг	2,62	3,52	3,85
Диагональ экрана	16	17	18
Емкость жесткого диска, Гб	640	500	2×320
Стоимость, усл. ед.	1100	1200	1700

Произведем описание выбора способом задания матрицы предпочтений.

Оценим критерий «количество ядер». Альтернативы А, В, С численно равны между собой, в данном случае отдать предпочтение какой-либо альтернативе не представляется возможным. Поэтому элементами матрицы будут только единицы или только нули.

Оценим критерий – вес. Отдаем предпочтение критерию с меньшим числом. Итак, альтернатива А предпочтительнее В и С, альтернатива В предпочтительнее С и менее предпочтительна А и т. д.

Составим матрицы предпочтений по каждому критерию:

	Количество ядер	Вес	Диагональ	Емкость	Стоимость																																																																																
	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>1</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>C</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table>		A	B	C	A		1	1	B	1		1	C	1	1		<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> </table>		A	B	C	A		1	1	B	0		1	C	0	0		<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>1</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>C</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table>		A	B	C	A		0	0	B	1		0	C	1	1		<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>C</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table>		A	B	C	A		1	1	B	0		0	C	1	1		<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> </table>		A	B	C	A		1	1	B	0		1	C	0	0	
	A	B	C																																																																																		
A		1	1																																																																																		
B	1		1																																																																																		
C	1	1																																																																																			
	A	B	C																																																																																		
A		1	1																																																																																		
B	0		1																																																																																		
C	0	0																																																																																			
	A	B	C																																																																																		
A		0	0																																																																																		
B	1		0																																																																																		
C	1	1																																																																																			
	A	B	C																																																																																		
A		1	1																																																																																		
B	0		0																																																																																		
C	1	1																																																																																			
	A	B	C																																																																																		
A		1	1																																																																																		
B	0		1																																																																																		
C	0	0																																																																																			

Проанализировав данные таблицы 14.1, можно сделать вывод, что наиболее приемлемой альтернативой является альтернатива А (Toshiba Satellite A660-10X), т. к. данной альтернативе было отдано больше предпочтений (больше единиц).

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. Определить существенные критерии для оценки заданных альтернатив.
3. Определить и установить заданные величины критериев.
4. Выбрать способ описания выбора на языке бинарных отношений.
5. Определить наилучшую альтернативу.

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте понятие языка бинарных отношений.
2. Назовите и поясните основные способы описания выбора на языке бинарных отношений.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

Определение наилучшей эргатической системы методом последовательных уступок

Цель: освоить способ определения наилучшей альтернативы методом последовательных уступок.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Процедура решения многокритериальной задачи методом последовательных уступок заключается в следующем. Вначале производится качественный анализ относительной важности критериев, затем на основании анализа критерии располагаются и нумеруются в порядке убывания важности, так что главным считается критерий F_1 , менее важным F_2 , затем следуют остальные локальные критерии F_3, F_4, \dots, F_m . Максимизируется первый по важности критерий F_1 и определяется его наибольшее значение M_1 . Затем назначается допустимое снижение (уступка) d_1 критерия F_1 . Определяется новая допустимая область $X(1)$ как подобласть первоначальной X вида

$$X(1) = X_n \{x | F_1(x) \geq M_1 - d_1\}. \quad (15.1)$$

Такой подход позволяет значительно сузить первоначальную допустимую область X , когда переходим к следующему по важности критерию.

После этого находим наибольшее значение M_2 второго критерия F_2 на множестве $X(1)$, т. е. при условии, что значение первого критерия должно быть не меньше, чем $M_1 - d_1$. Снова назначается значение уступки d_2 , но уже по второму критерию, которое вместе с первым используется при нахождении условного максимума третьего критерия, и т. д. Наконец, максимизируется последний по важности критерий F_m при условии, что значение каждого критерия F_r из $m - 1$ предыдущих должно быть не меньше соответствующей величины $M_r - d_r$; получаемые стратегии считаются оптимальными:

$$X(i) = X(i - 1)_n \{x | F_i(x) \geq M_i - d_i\}. \quad (15.2)$$

Таким образом, при использовании метода последовательных уступок многокритериальная задача сводится к поочередной максимизации частных критериев и выбору величин уступок. Величины уступок характеризуют отклонение приоритета одних частных критериев перед другими: чем уступки меньше, тем приоритет жестче.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать следующий вывод. Метод последовательных уступок целесообразно применять для решения тех многокритериальных задач, в которых все частные критерии естественным образом упорядочены по степени важности, причем каждый критерий настолько существенно более важен, чем последующий, что можно ограничиться учетом только попарной связи критериев и выбирать допустимое снижение очередного критерия с учетом поведения лишь одного следующего критерия.

Удобным свойством данного способа является возможность задавать желательные значения критериев как в виде точных, так и в виде верхних или нижних границ. Назначаемые значения величин иногда называют уровнями притязаний, а точку их пересечения в n-мерном пространстве критериев – целью или опорной точкой, идеальной точкой.

Пример выполнения практического задания

С помощью метода последовательных уступок определим наилучшую альтернативу эргатической системы «ноутбук».

Дано множество альтернатив «ноутбук», основные значения критериев оценки заданных альтернатив приведены в таблице 15.1.

Таблица 15.1 – Основные критерии и значения заданных альтернатив

Наименование критерия	Toshiba Satellite A660-10X (A)	HP Pavilion dv7-1253ca (B)	Asus G73JH-TY031 (C)
Вес, кг	2,62	3,52	3,85
Диагональ экрана, "	16"	17"	18"
Емкость жесткого диска, Гб	550	500	640
Стоимость, усл. ед.	600	650	700

Вначале выполним качественный анализ относительной важности критериев. На основании проведенного анализа критерии расположим и пронумеруем в порядке убывания важности (таблица 15.2).

Таблица 15.2 – Основные критерии и значения заданных альтернатив

Ранг (значимость) критерия	Наименование критерия	Названия альтернатив		
		Toshiba Satellite A660-10X (A)	HP Pavilion dv7-1253ca (B)	Asus G73JH- TY031 (C)
1	Стоимость, усл. ед.	600	650	700
2	Емкость жесткого диска, Гб	550	500	640
3	Диагональ экрана	17"	16"	18"
4	Вес, кг	2,62	3,52	3,85

Согласно данным, представленным в таблице 15.1, главным критерием будем считать стоимость. Обозначим данный критерий F_1 , следующим по значимости критерием является емкость жесткого диска F_2 , затем следуют критерии диагональ экрана F_3 , количество ядер F_4 , вес F_5 .

Так как главным является критерий F_1 , проведем его максимизацию, т. е. определим его наименьшее (наилучшее) значение, которое для нашей системы равно 600 усл.ед. Затем назначим величину «допустимого» снижения (уступки) данного критерия. Величина уступки главного критерия составила 50 усл. ед., т. е. мы готовы заплатить за покупку, не более 650 усл. ед.

Теперь найдем наибольшее значение критерия q_2 при условии, что значение первого критерия q_1 должно быть, не более чем 650 усл. ед. Анализ данных таблиц 15.1 и 15.2 показывает, максимальное значение F_2 равно 550 Гб. Для F_2 величина уступки равна 50 Гб. Учитывая величины уступок по первому и по второму критериям, находим условный максимум третьего критерия q_3 . Максимальное значение F_3 равно 17". Для q_3 величина уступки равна 1". Наконец, максимизируем последний по важности критерий F_4 , его максимальное (наилучшее) значение, при условии, что значение предыдущих критериев должно быть не меньше заданных величин, равно 2,62 кг. В итоге альтернатива А (Toshiba Satellite A660-10X) является наилучшей из множества исследуемых альтернатив.

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. Определить существенные критерии для оценки заданных альтернатив.
3. Определить и установить заданные величины критериев.
5. Определить наилучшую альтернативу.

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) процессор; 2) материнская плата; 3) ПЭВМ; 4) звуковая карта; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Поясните суть метода последовательных уступок.
2. В каком случае целесообразно применять метод последовательных уступок.
3. Назовите основные требования, предъявляемые к моделям.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

Описание иерархических систем с помощью страт и слоев

Цель: освоить описание систем с помощью страт и слоев.

План занятия:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Выполнить практическое задание.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Понятие «иерархия» обозначает определенный порядок, соподчиненность. Поэтому оно распространяется на согласованный порядок элементов в структуре системы.

Введение иерархии в структуру позволяет облегчить исследование сложных систем. Применительно к системам иерархия проявляется в следующем:

- 1) система всегда составлена из других систем;
- 2) для любой системы всегда может быть найдена другая система, ее охватывающая;
- 3) из этих двух систем система, включающая в себя другую, называется системой высшего уровня по отношению к системе, которую она содержит и которую называют системой низшего уровня;
- 4) иерархия систем существует вследствие того, что системы более низкого уровня являются составными частями систем более высокого уровня;
- 5) система низшего уровня, в свою очередь, может быть рассмотрена в качестве системы высшего уровня для систем, которые включены в нее.

В настоящее время широко используются три вида иерархии, позволяющие рассматривать систему с различных точек зрения:

- иерархия уровней описания или абстрагирования системы (страты);
- иерархия процессов принятия решений (слои);
- иерархия организационного взаимодействия (эшелоны).

Страты. Иерархия уровней описания или абстрагирования системы обусловлена следующим: необходимо иметь достаточно детальное описание системы, которое должно быть обозримым. Выполнить это требование можно лишь при использовании соответствующей иерархии описаний системы. При этом для описания системы на каждом уровне иерархии используется свое множество моделей системы.

Чтобы отличить этот вид иерархии от других, для нее используется термин «стратифицированное описание». Различные уровни описания системы, присущие этому виду иерархии, называют стратами (страты от лат. *stratum* – настил). На рисунке 16.1 видно, что любой объект, рассматриваемый на некоторой страте, может быть более детально рассмотрен на нижележащей страте. Причем, если на нижних стратах рассматривается функционирование систем, то на верхних – их взаимодействие между собой.

Таким образом, обращаясь к нижним стратам, получаем более детальное описание системы, а по мере продвижения вверх по стратам добиваемся большего понимания целей и назначения системы.

Независимость страт открывает возможность для более глубокого и детального изучения поведения системы; однако предположение о полной независимости страт было бы неоправданным, поэтому пренебрежение их взаимной зависимостью может привести лишь к неполному пониманию поведения системы в целом. Аспекты описания функционирования системы на различных стратах в общем случае не связаны между собой, поэтому принципы и законы, используемые для характеристики системы на любой страте, в общем случае не могут быть выведены из принципов, используемых на других стратах. Поэтому стратифицированное описание есть описание одной и той же системы с различных точек зрения. На каждой страте имеется свой собственный набор терминов, концепций и принципов. То, что является объектом рассмотрения на данной страте, более подробно раскрывается на нижерасположенной страте; элемент становится набором; подсистема на данной страте является системой для нижележащей страты.

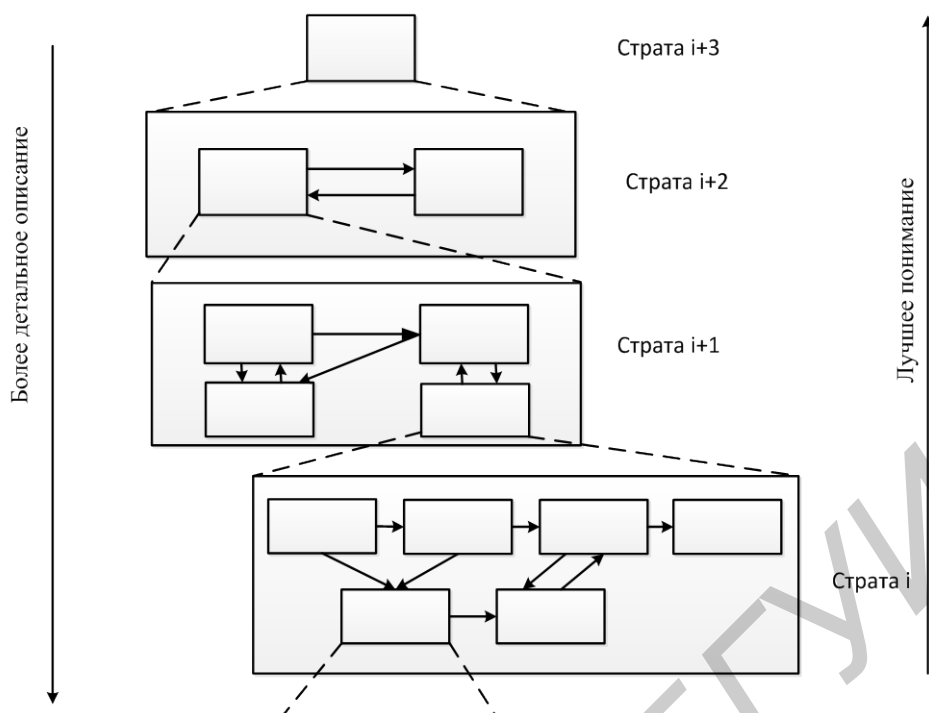


Рисунок 16.1 – Взаимодействие между стратами: система для данной страты является подсистемой для более высокой страты

Слои. Поскольку любая проблема может рассматриваться как система, то следующий вид иерархии связан с уровнями сложности процессов принятия решений. В большинстве проблем, для решения которых используется системный анализ, само решение многоэтапно и может быть представлено в виде множества последовательных решений (рисунок 16.2).

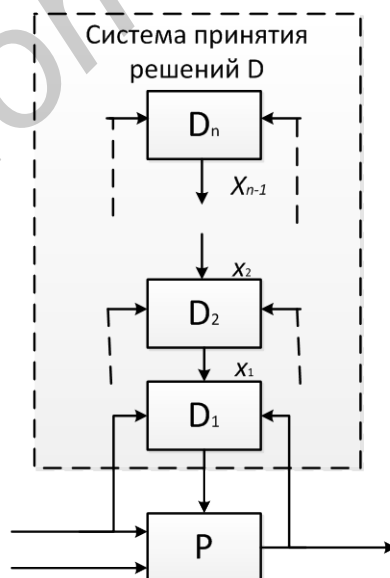


Рисунок 16.2 – Многослойная иерархия решений

Почти в любой реальной ситуации при принятии решения существуют две предельно простые, но чрезвычайно важные особенности:

1) когда приходит время принимать решения, принятие и выполнение решения нельзя откладывать; любая отсрочка просто означает, что не найдено нового или изменения старого действия, которое было бы предпочтительнее других альтернатив;

2) неясность относительно последствий различных альтернативных действий и отсутствие достаточных знаний об имеющихся связях препятствуют достаточно полному формализованному описанию ситуации, необходимому для рационального выбора действий.

Эти два фактора приводят к основной дилемме принятия решения: с одной стороны, необходимо действовать немедленно, с другой же – столь же необходимо, прежде чем приступить к действиям, попытаться лучше понять ситуацию. При принятии решения в сложных ситуациях разрешение этой дилеммы ищут в иерархическом подходе. Определяют семейство проблем, которые пытаются разрешить последовательным путем: решение любой проблемы из этой последовательности определяет и фиксирует какие-то параметры в следующей проблеме, так что последняя становится полностью определенной и можно приступить к ее решению. Решение первоначальной проблемы достигнуто, как только решены все подпроблемы.

Каждый блок здесь представляет собой принимающий решение элемент. Выход элемента (например D_2) есть решение или последовательность решений задачи, зависящей от параметра, фиксируемого входом x_2 . Этот вход в свою очередь является выходом принимающего решение элемента более высокого уровня. Таким образом, сложная проблема принятия решения разбивается на семейство последовательно расположенных более простых подпроблем, так что решение всех подпроблем позволяет решить и исходную проблему. Таковую иерархию называют иерархией слоев принятия решений, а всю систему принятия решений – многослойной системой (принятия решений).

Функциональная иерархия принятия решений или управления возникает естественным образом в связи с тремя основными аспектами принятия решения в условиях полной неопределенности:

1) выбором стратегии, которая должна быть использована в процессе решения;

2) уменьшением или устранением неопределенности;

3) поиском предпочтительного или допустимого способа действий, удовлетворяющего заданным ограничениям.

Функциональная иерархия состоит из трех слоев: выбора, обучения и самоорганизации.

Слой выбора. Задача этого слоя – выбор способа действия. Принимающий решение элемент на этом слое получает внешние данные (информацию) и, применяя тот или иной алгоритм (определяемый на верхних слоях), находит нужный способ действия.

Слой обучения, или адаптации. Задача этого слоя – конкретизация множества неопределенностей, с которым имеет дело слой выбора. Назначение второго слоя – сужение множества неопределенностей. Если система и окружающая среда стационарны, то множество неопределенностей может быть предельно сужено (до единственного элемента). Однако следует подчеркнуть, что множество неопределенностей представляет не действительно существующие, а предполагаемые системой принятия решения, т. е. учитываемые ею неопределенности.

Слой самоорганизации. Этот слой должен выбирать структуру, функции и стратегии, используемые на нижележащих слоях, таким образом, чтобы по возможности приблизиться к глобальной цели (обычно определяемой в терминах, которые трудно сделать операционными). Если общая цель не достигается, этот слой может изменить выходную функцию и функцию оценки на первом слое или стратегию обучения на втором слое в случае неудовлетворительности оценки неопределенности.

Эшелоны. Организационные иерархии построены по следующему принципу: системы верхнего уровня являются принимающими решения (управляющими), а системы нижнего уровня управляемыми. Например, типичной организационной иерархией обладают структуры воинского подчинения или государственные структуры (так называемая «вертикаль власти»). Каждый уровень иерархии в таких системах называют эшелоном.

Эти системы называются также многоэшелонными, многоуровневыми или многоцелевыми (рисунок 16.3) в связи с тем, что различные входящие в систему элементы, обладающие правом принятия решения, имеют обычно «конфликтные» (т. е. противоречащие одна другой) цели. Это противоречие целей является побочным результатом не только эволюции, но и объединения различных подсистем в одну систему.

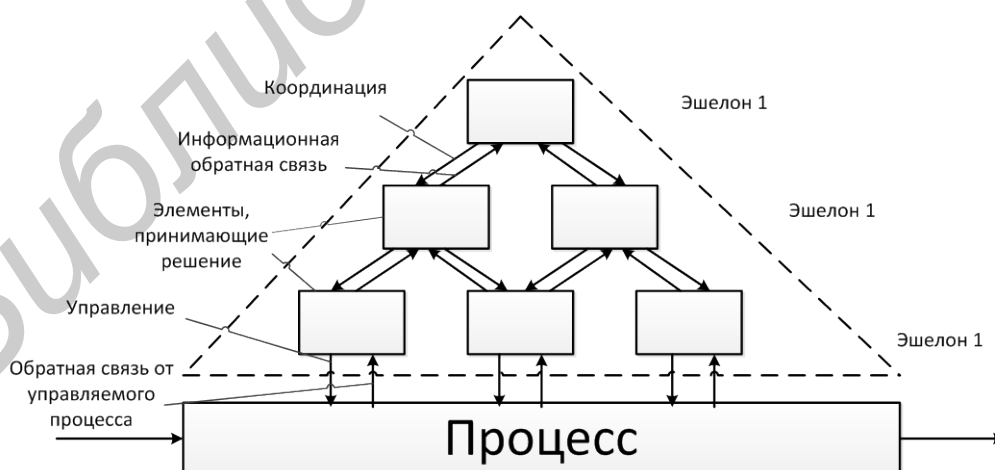


Рисунок 16.3 – Многоэшелонная иерархическая структура

Категории систем принятия решений по характеру иерархического расположения образующих систему элементов бывают следующие:

- 1) одноуровневые одноцелевые системы (рисунок 16.4);
- 2) одноуровневые многоцелевые системы (рисунок 16.5);
- 3) многоуровневые многоцелевые системы (рисунок 16.6).

В одноуровневых одноцелевых системах цель определяется для всей системы и все переменные выбираются так, чтобы обеспечить достижение этой цели. Технически решение проблемы принятия решения, удовлетворяющее данной цели, может быть очень сложным, т. к. задача многомерная и может возникнуть необходимость в использовании как методов оптимизации, так и прогнозирования. Следует подчеркнуть концептуальную простоту одноуровневых одноцелевых систем, особенно – отсутствие конфликтов внутри таких систем.

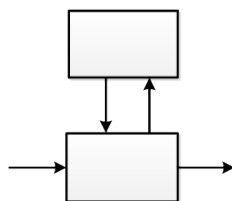


Рисунок 16.4 – Одноуровневая одноцелевая система

Система, принадлежащая к классу одноуровневых многоцелевых систем, состоит из принимающих решения элементов, имеющих свои собственные цели. Эти цели необязательно конфликтны: некоторые из элементов, обладающих правом принятия решений, могут образовывать коалиции.

Конфликт между принимающими решения элементами может произойти; тогда он может быть разрешен только путем вмешательства более высокого уровня.

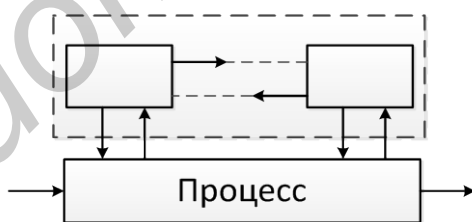


Рисунок 16.5 – Одноуровневая многоцелевая система

Класс многоуровневых многоцелевых систем характеризуется наличием иерархических отношений между принимающими решения элементами этой системы. Существование высшего командного элемента – принципиальная отличительная особенность таких систем; проблема принятия решений на уровне этого элемента является основной проблемой в теории многоуровневых систем.

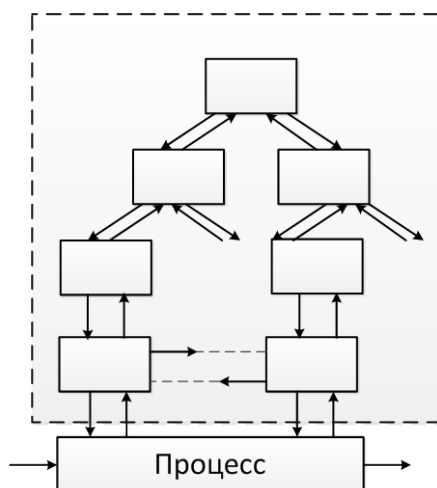


Рисунок 16.6 – Многоуровневая многоцелевая система

Пример выполнения практического задания

Рассмотрим модель электронной вычислительной машины. Ее функционирование обычно описывается не менее чем на двух стратах (рисунок 16.7). На первой страте система описывается на языке физических законов, управляющих работой и взаимодействием ее составных частей, в то время как на второй страте мы имеем дело с абстрактными нефизическими понятиями, такими, как двоичные разряды или информационные потоки. На страте физических законов нас интересует правильное функционирование различных электронных компонентов. На страте обработки информации мы имеем дело с проблемами вычисления, программирования и т. д., а стоящие за этим основные физические законы в явном виде не рассматриваются. Разумеется, может представить интерес и описание системы или каких-то ее подсистем на других стратах, помимо этих двух.

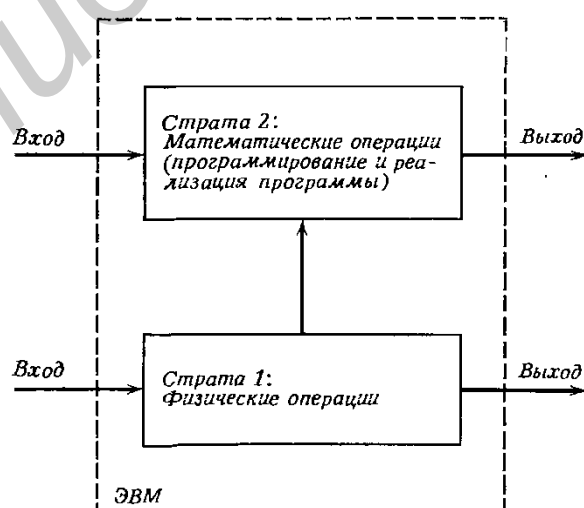


Рисунок 16.7 – Представление ЭВМ с помощью страт

Порядок выполнения практического задания

1. Изучить теоретическую часть данного практического занятия.
2. Определить основные уровни описания заданной системы.
3. Представить исследуемую систему с помощью страт.

Варианты систем для выполнения практического задания: 1) компьютер; 2) печь СВЧ; 3) самолет; 4) холодильник; 5) видеокарта; 6) монитор; 7) телефон; 8) автомобиль; 9) фотоаппарат; 10) телевизор; 11) любая другая система.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Теоретические сведения.
5. Ход выполнения работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое иерархия?
2. Как проявляются иерархии в системах?
3. Назовите основные виды иерархий.
4. Дайте определение иерархии уровней описания системы.
5. Объясните понятие терминов «страта», «стратифицированное описание».
6. Дайте определение многослойной иерархии решений.
7. Объясните понятие термина «слой».
8. Дайте определение функциональной иерархии принятия решений.
9. Дайте определение организационным иерархиям.
10. Объясните понятие термина «эшелон».
11. Дайте определение одноуровневой одноцелевой системы.
12. Дайте определение одноуровневой многоцелевой системы.
13. Дайте определение многоуровневой многоцелевой системы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа является заключительным этапом изучения предмета «Эргатические системы». Целью курсовой работы является систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний и практических навыков, полученных на лекционных занятиях, развитие умения построения моделей состава и структурной схемы систем современных информационных технологий.

Основными задачами курсовой работы являются:

1. Выбор технического решения, наиболее полно удовлетворяющего заданию на курсовую работу. Выбор производится из нескольких возможных технических решений на основании анализа достижений науки и техники в области информационных технологий.

2. Разработка моделей «черный ящик», состава и структурной схемы заданной системы.

3. Разработка структурной схемы заданного технического устройства или программного продукта с выявлением иерархической структуры рассматриваемого объекта.

Тематика курсовой работы по специальности определяется следующими основными направлениями:

1. Анализ современных информационных технологий с позиций системного анализа.

2. Анализ объектов вычислительной техники с позиций теории систем.

3. Анализ электронных объектов методами системного подхода. Разработка концепции построения электронных устройств и систем.

Ниже представлен примерный перечень тем курсовых работ.

1. Построение модели маршрутизатора Cisco.

2. Построение модели протокола ISDN (Integrated Services Digital Network).

3. Построение модели системы условного доступа (CAS – Conditional Access Systems).

4. Построение модели ОС Android.

5. Построение модели веб-сервера Apache.

6. Построение модели EPG-сервера.

7. Построение модели OPC (OLE for Process Control).

8. Построение модели OSI (Open Systems Interconnection).

9. Построение модели протокола TCP/IP.

10. Построение модели кластерной вычислительной системы.

11. Построение модели интерфейса CAN (Control Area Network).

12. Анализ модели состава и модели структуры массивно-параллельной вычислительной системы.

13. Построение модели векторной вычислительной системы.

14. Построение модели системы многостанционного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA – Code Division Multiple Access).

15. Построение модели глобальной системы связи с подвижными объектами (Global System for Mobile Communications – GSM 900/1800).
16. Построение модели Active Directory (Windows 2000 Server).
17. Построение модели службы имен доменов (DNS – Domain Name System).
18. Построение модели протокола динамического конфигурирования узла (DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol).
19. Построение модели интерфейса Bluetooth (IEEE 802.15).
20. Построение модели цифровой абонентской линии (xDSL – Digital Subscriber Line).
21. Построение модели отладочного комплекса AVR-EASY.
22. Построение модели интерфейса FireWire (IEEE 1394).
23. Построение модели ОС Windows 2000/XP.
24. Построение модели протокола почтового отделения (POP3 – Post Office Protocol Version 3).
25. Построение модели интерфейса USB 2.0.
26. Построение модели интерфейса FireWire (IEEE 1394).
27. Построение модели интерфейса Wi-Fi (IEEE 802.11 a/b/g/n).
28. Построение модели электронной системы удаленного управления технологическими процессами.
29. Построение модели ОС Windows 8.
30. Построение модели микроконтроллера Microchip PIC18F2580.
31. Построение модели структуры ПЭВМ.
32. Построение модели графического адаптера ЭВМ.
33. Построение модели звукового адаптера ЭВМ.
34. Построение модели формата Mpeg Layer 3 (MP3).
35. Построение модели формата JPEG.
36. Построение модели форматов WAV и BMP.
37. Построение модели SDR SDRAM.
38. Построение модели модулей памяти DDR1 SDRAM.
39. Построение модели модулей памяти DDR2 SDRAM.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В процессе курсовой работы студент должен расширить и углубить теоретические и практические знания в области исследования эргатических и информационных систем. Работу над курсовой работой нужно начинать с детального изучения индивидуального задания на курсовую работу. При этом необходимо уяснить цель работы, сформулировать основные, подлежащие разработке вопросы, оценить специфические требования задания. После того как сформулированы цели и задачи, необходимо четко спланировать порядок выполнения курсовой работы на весь период работы над ней. Здесь следует предусмотреть подбор и изучение необходимой технической литературы, повторение отдель-

ных дисциплин учебного плана. По окончании курсовой работы руководитель проверяет пояснительную записку и графическую часть работы, а также работоспособность компьютерной программы, если работа имеет такое исполнение, и определяет готовность курсовой работы в целом. Курсовая работа состоит из пояснительной записки (ПЗ). Содержание пояснительной записки определяется заданием и зависит от направления, которому соответствует тема курсовой работы. Так, например, при разработке программных средств для решения задач передачи и преобразования информации в пояснительной записке должны быть отражены следующие разделы.

Введение. Кратко изложить задание, обосновать важность и актуальность, альтернативы рассматриваемой системы. Определить цель и задачи исследуемой системы.

1 История развития системы. Выполнить анализ различных информационных источников известных систем: история развития, технические характеристики, достоинства и недостатки.

2 Модель «черный ящик». Определить главную и дополнительные цели заданной системы. Определить существенные связи системы с объектами окружающей среда – человек. Определить входы и выходы заданной системы. Отметить нежелательные входы и выходы заданной системы и предложить меры по их устранению. Построить графическую модель «черный ящик» заданной системы.

3 Модель состава системы. Выполнить анализ заданной системы, выделить функциональные единицы, узлы, подсистемы и элементы, определить назначение и основные характеристики подсистем и элементов. Построить графическую модель состава заданной системы.

4 Модель структуры системы. Выполнить анализ заданной системы, выделить связи между элементами, подсистемами, а также отношения между ними, определить их вид, параметры и назначение. Построить графическую модель структуры заданной системы.

5 Структурная схема системы. Указать и описать все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи определенных элементов с окружающей средой. Дать полное описание работы всей системы. Построить графическую модель структурной схемы заданной системы.

Заключение. Сделать выводы по итогам проделанной работы; дать оценку результатам работы, обратив особое внимание на соответствие полученных результатов требованиям технического задания на курсовую работу.

Список используемой литературы.

Приложение А – Листинг программы.

Объем ПЗ должен быть в пределах 15–20 страниц печатного текста. Материал ПЗ располагается в следующем порядке:

1. Титульный лист (приложение А).
2. Задание на курсовую работу (приложение В).
3. Содержание.
4. Введение.
5. Разделы курсовой работы.
6. Заключение.
7. Список использованной литературы.
8. Приложение.

Краткие сведения по оформлению пояснительной записки. Оформление ПЗ осуществляется в соответствии с требованиями «Положение об организации и проведении курсового проектирования в БГУИР» (Минск: БГУИР, 2013) и СТП 01-2013. Дипломные проекты (работы). (Минск: БГУИР, 2013.).

Шрифт: Times New Roman, 13–14 пунктов междустрочным интервалом, позволяющим разместить 40 ± 3 строки на странице. Например, междустрочный интервал 1,15.

Номера разделов, подразделов, пунктов и подпунктов следует выделять полужирным шрифтом. Заголовки разделов оформляют полужирным шрифтом размером 15–16 пунктов, а подразделов – полужирным шрифтом 13–14 пунктов.

Текст располагают на одной стороне листа формата А4 с соблюдением размеров полей и интервалов, указанных на рисунке 17.1.

Абзацы в тексте начинают отступом 1,25 см. Разделы должны иметь порядковые номера, обозначаемые арабскими цифрами без точки в конце и записанные с абзацного отступа. Подразделы нумеруют в пределах раздела, к которому они относятся.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с новой страницы.

Между заголовками разделов и входящих в него подразделов допускается помещать небольшой вводный текст, предваряющий подраздел. Новый раздел начинают с новой страницы.

Название рисунков выравнивают по центру страницы и размещают под рисунком. Перед рисунком и после него, а также после названия рисунка делают пробельные строки.

Таблицы подписывают сверху. Название таблицы выравнивают по левому краю таблицы. После названия таблицы пробельную строку не ставят.

Текст пояснительной записки выравнивают по ширине страницы.



Рисунок 17.1 – Размеры полей и интервалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Основным методом изучения материала курса является самостоятельная работа с литературой. При этом рекомендуется конспектировать наиболее значимые положения, подходы и определения. Конспект поможет систематизировать усваиваемый материал и окажется полезным при подготовке к экзамену. Содержание тем раскрывается в рабочей учебной программе.

Для студентов заочной формы обучения номер курсовой и контрольной работы определяется следующим образом: берется число, образованное двумя последними цифрами зачетной книжки. Например, если номер зачетной книжки 010901-10, номер задания 10. Это число соответствует заданию №10 контрольной и курсовой работы, приведенных в учебной рабочей программе соответствующих перечнях.

Выполнение контрольной работы следует начинать после изучения темы данного курса – «Классификация систем».

Контрольная работа должна быть выполнена в компьютерном варианте на стандартных машинописных листах формата А4 и удовлетворять требованиям стандарта предприятия СТП 01-2013. Дипломные проекты (работы). (Минск: БГУИР, 2013).

Контрольная работа состоит из титульного листа, содержания и списка использованной литературы. Каждый студент выбирает свою тему из перечня контрольных работ, оформляет титульный лист по образцу (приложение С в конце данного учебно-методического пособия). В содержании контрольной работы необходимо кратко изложить назначение и суть сущностной классификации систем, определить цель заданной системы и построить классификацию заданной системы, используя признаки сущностной классификации. Список использованной литературы приводится в конце контрольной работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Пример оформления титульного листа курсовой работы

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерного проектирования (заочного обучения)

Кафедра инженерной психологии и эргономики

Дисциплина: эргатические системы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовой работе
на тему

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИНТЕРФЕЙСА USB 2.0

Студент гр.010901

В.Н. Батизатов

Руководитель: профессор кафедры ИПиЭ

Л.П. Пилиневич

201__

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Пример оформления листа задания курсовой работы

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Факультет компьютерного проектирования*

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой ИПиЭ
_____ К.Д. Яшин
«__» _____ 201__ года

ЗАДАНИЕ

по курсовой работе
студенту *Батизатову В.Н.*

1. Тема курсовой работы «Построение модели интерфейса USB 2.0».
2. Дата защиты курсовой работы «__» _____ 201__ г.
3. Исходные данные для курсовой работы:
 - Стандарт USB.
 - Общая теория систем: лабораторный практикум и методические указания к курсовой работе для студентов всех форм обучения БГУИР по специальности 1-58 01 01 «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий» – Минск: БГУИР, 2011.
 - Положение об организации и проведении курсового проектирования в БГУИР. – Минск: БГУИР, 2013.
4. Содержание пояснительной записки:
 - Введение.
 - 1 История развития интерфейса USB 2.0.
 - 2 Модель «черный ящик» интерфейса USB 2.0.
 - 3 Модель состава системы «интерфейс USB 2.0».
 - 4 Модель структуры системы «интерфейс USB 2.0».
 - 5 Структурная схема системы «интерфейс USB 2.0».
 - Заключение.
 - Список используемой литературы.
 - Приложение.
5. Консультант по курсовой работе *профессор кафедры ИПиЭ Пилиневич Л.П.*
6. Дата выдачи задания _____.
7. Календарный график работы над курсовой работой на весь период работы:
 - разделы 1, 2, 3 до 15.10.201__ г. – 30 %
 - разделы 4, 5 до 15.11.201__ г. – 70 %
 - Заключение, выводы и литература – до 15.12.201__ г. – 30 %.

Руководитель курсовой работы _____ *профессор каф. ИПиЭ Л.П. Пилиневич*

Задание принял для исполнения _____ *В.Н. Батизатов*
(дата и подпись студента)

ПРИЛОЖЕНИЕ С
(обязательное)

Пример оформления титульного листа контрольной работы

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет заочного обучения

Кафедра инженерной психологии и эргономики

Дисциплина: эргатические системы

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
на тему
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИНТЕРФЕЙСА USB 2.0

Студент гр.000901

В.Н. Батизатов

Руководитель: профессор кафедры ИПиЭ

Л.П. Пилиневич

Оценка: _____

(подпись)

(дата)

Почтовый адрес:

моб. тел.

e-mail:

201__

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, В. П. Теория и анализ систем / В. П. Попов, И. В. Крайнюченко. – Пенза : ПГГТУ, 2012. – 236 с.
2. Жилин, Д. М. Теория систем: Опыт построения курса / Д. М. Жилин. – 5-е изд., испр. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 176 с.
3. Сурмин, Ю. П. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие / Ю. П. Сурмин. – Киев : МАУП, 2003. – 368 с.
4. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ (наука и искусство решения проблем) : учебник / Ф. П. Тарасенко. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2004. – 186 с.
5. Елизаров, И. А. Моделирование систем : учеб. пособие / И. А. Елизаров [и др.]. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 96 с.
6. Герасимов, Б. И. Основы теории систем анализа: качества и выбор : учеб. пособие / Б. И. Герасимов, Г. Л. Попова, Н. В. Злобина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с.

Библиотека БГТУ

Учебное издание

Пилиневич Леонид Петрович
Щербина Наталья Витальевна
Яшин Константин Дмитриевич

ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *М. В. Гуртатовская*

Подписано в печать 02.11.2015. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 5,7. Уч.-изд. л. 5,7. Тираж 100 экз. Заказ 457.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6