

Министерство образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Предпринимательство и коммерция»

Теория принятия и реализация управленческих решений

*Методические указания
по выполнению практических работ*

Санкт-Петербург
Издательство СПбГПУ
2002

УДК 681.3.06 (075.4)

Теория принятия и реализация управленческих решений: Метод. указания по выполнению практических работ / Сост.: Н.В. Павлов. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 47 с.

Соответствует государственному образовательному стандарту специальности 061500 – Маркетинг.

Набор предлагаемых практических работ предназначен для приобретения навыков моделирования ситуаций, требующих принятия управленческих решений, их понимания, рассуждений, принятия решений. Большое внимание уделяется также выполнению всех перечисленных действий с помощью современных методов, а также реализации принятого решения.

Работы посвящены рассмотрению различных методов, имеющих компьютерную поддержку, что позволяет на практике оценить их возможности, ограничения и особенности применения.

Рекомендуется студентам специальности, 061500 – Маркетинг, изучающим дисциплину «Теория принятия и реализация управленческих решений». Данная книга может быть использована студентами-дипломниками, аспирантами и экономистами, столкнувшимися с необходимостью использования методов принятия управленческих решений.

Табл. 5. Ил. 8.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного технического университета.

Введение

Предлагаемый сборник практических работ по дисциплине «Теория и практика принятия управленческих решений» ориентирован на изучение современных методов, используемых в данной области, и имеющих компьютерную поддержку. Большое внимание уделяется вопросам построения моделей, их адекватности, модельным экспериментам.

Предполагается, что обучающиеся уже освоили дисциплины «Информатика» и «Маркетинговые исследования».

В методические указания включены подробные объяснения тех моментов, которые вызывают наибольшие трудности. Указаны типичные причины ошибок.

Пособие помогает не только освоить современные методы, используемые при разработке управленческих решений, но и формирует навыки проведения модельных экспериментов.

Следует подчеркнуть, что данное пособие не может заменить собой учебник или курс лекций, так как здесь рассматриваются только практические вопросы. Знание теории значительно облегчает работу.

Предполагается, что работы будут выполняться в том порядке, в котором они изложены в данной книге.

Как правило, для работы требуются файлы, разработанные автором. Их начальное расположение в компьютерной сети лаборатории указывается преподавателем. Перед началом работы их следует скопировать на свой компьютер в личную папку.

Для правильной работы программ требуется установить на компьютер систему Visual Basic 5.0.

В случае, когда программа допускает сохранение данных, рекомендуется сохранять их на личной дискете.

Перед началом каждого занятия все дискеты следует проверять антивирусной программой.

При создании данного пособия и программного обеспечения большую помощь оказали студенты второго и четвертого курса. Использовались также материалы бакалаврских работ и дипломных проектов. Автор приносит благодарность за помощь.

1. Иллюстрация выводов теории катастроф

Цель работы – выработка рекомендаций по управлению системами, в которых возможны катастрофы

Вводные замечания

Теория катастроф была разработана в середине 1960-х годов Ренэ Тома.

Иллюстрацию основных идей этой теории удобно проводить на физической модели. Это полезно по следующим причинам.

1. Модель проста по сравнению с экономическими моделями.
2. На модели можно поставить эксперимент (в экономике это часто сложно).
3. Результат можно «пощупать» руками, яснее понять сущность происходящих явлений.
4. После экспериментов на физической модели будет легче увидеть те же закономерности в экономике и социологии, где явления часто «зашумлены» воздействиями различной природы.

Описание физической модели

Модель системы с одним управляющим воздействием представляет собой упругую стальную полосу, закрепленную с прогибом согласно Рис. 1, а. В качестве объекта исследования удобно использовать металлическую линейку длиной 30 см, закрепленную как показано на рисунке.

Построение характеристики модели

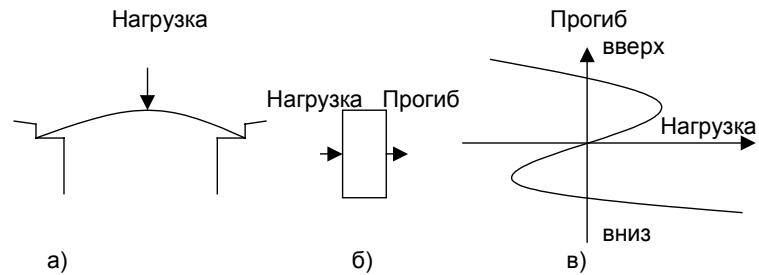
Структурно модель представлена на Рис. 1, б. Слева располагается вход, справа – выход.

Характеристика системы строится на графике, аналогичном показанному на Рис. 1, в. Обычно входные воздействия соответствуют оси абсцисс, а выходная величина – оси ординат. В данном случае входом является нагрузка на объект исследования, приложенная к его центру (положительные значения соответствуют направлению вниз), а выходом – положение центральной точки объекта

исследования относительно точек закрепления (положительные значения соответствуют направлению вверх, нулевое значение соответствует уровню точек закрепления).

Задание, часть 1

Требуется построить характеристику системы (как показано на рис. 1 в) и приближенно определить координаты «особых» точек: пересечений с осями и точек перегиба. Для построения допускается использовать метод экспертных оценок. Требуется также показать, как ведет себя система при больших нагрузках, определить, есть ли траектории, отличные от нарисованной на Рис. 1, б).



а) модель экспериментальной установки;
б) структурная схема модели
в) характеристика модели

Рис. 1. Модель системы и ее характеристика.

Выводы по части 1

Итак, система имеет две точки устойчивого равновесия, несколько (указать, сколько) точек неустойчивого равновесия. Наблюдаемое поведение системы в точках неустойчивого равновесия обусловлено тем, что система стремится уменьшить свою энергию.

Для появления катастрофы требуется:

- система, имеющая характеристику, аналогичную показанной на Рис. 1, в;
- способность данной системы изменять свою внутреннюю энергию в зависимости от внешнего воздействия;
- внешнее воздействие определенного направления.

Модель двумерной системы

Такая модель имеет два входных воздействия. Во многих литературных источниках приводится пример исследования нарушений режима в тюрьме. Согласно исходной гипотезе, интенсивность беспорядков является функцией от напряженности и разобщенности заключенных. Теоретически эту зависимость можно представить в виде графика Рис. 2.

Такой график называется **сборкой**. Можно предположить, что «идеальным», исходным состоянием является точка поверхности, наиболее близкая к началу координат.

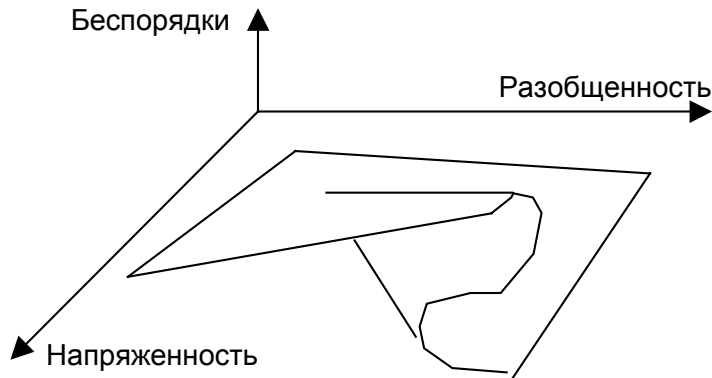


Рис. 2. Зависимость интенсивности беспорядков от напряженности и разобщенности

Задание, часть 2

1. Предложить способ оценки разобщенности и напряженности, используя знания, полученные при изучении дисциплины «Маркетинговые исследования».
2. Показать траектории движения объекта исследования на графике от начальной точки
 - а) при возрастании разобщенности, затем – напряженности;
 - б) при возрастании напряженности, затем – разобщенности.
3. Проследить дальнейшую траекторию из полученных точек при уменьшении разобщенности и напряженности.

4. Сделать выводы о поведении системы исходя из полученных результатов.

Комментарий

Реально проведенные эксперименты показали следующее.

1. Имеются области, где поведение объекта исследования неустойчиво, но их форма не согласуется с теоретически предсказанной.
2. Для объяснения результатов используются достаточно сложные дополнительные допущения.

Таким образом, данная теория имеет скорее качественную ценность. В частности, с ее помощью можно объяснить такие явления истории, как переселения народностей на новые территории при отсутствии войн и катаклизмов. **Теория катастроф допускает, что постепенные изменения входных воздействий или состояния системы могут приводить к резкому изменению выходной величины.** Из нее вытекает возможность скачков – «катастроф».

Для успеха применения теории к исследуемой системе требуется выделить малое количество (2...3) входных переменных и любое количество выходных переменных, которые являются результатом внешних воздействий и могут вызвать напряженность, приводящую к скачку. Необходимо также определить «энергетическую» переменную, благодаря которой происходит скачок.

Задание, часть 3

Предложить области экономики и конкретные объекты и явления в них, в которых следует учитывать возможность катастроф.

Результат работы

Результат следует оформить в виде отчета. В нем должны быть ответы на все поставленные вопросы, снабженные необходимыми комментариями.

2. Исследование эволюции кооперации методами теории игр

Цель работы – изучение практических правил предпринимательской деятельности на основе анализа моделей теории игр.

Общие сведения

В экономике и менеджменте часто встречаются ситуации взаимодействия двух партнеров с противоположными интересами. Это и купля-продажа, и трудовые отношения, и тендеры. Каждая сторона хочет добиться для себя наиболее выгодных результатов, как правило – за счет другой стороны.

Такие ситуации исследуются теорией игр. Предмет этой теории – выбор оптимальных альтернатив, причем теория игр рассматривает модель конфликта критериев, когда каждая сторона стремится к целям, противоречащим целям другой стороны.

В работе рассматривается следующая задача. Имеются две фирмы, взаимодействующие друг с другом. Каждая из фирм может выбрать сотрудничество, то есть честно выполнять контрактные обязательства, или конфронтацию – нарушение соглашения для получения дополнительной прибыли. Результатом выбранного подхода является прибыль, получаемая каждой фирмой. Пусть она оценивается в тысячах рублей.

Приняты следующие обозначения:

R – награда за взаимное сотрудничество,

T – цена предательства,

S – плата неудачнику,

P – наказание за обоюдный обман.

Все возможные ситуации описываются следующей таблицей

Фирма 1	Фирма 2	2 – сотрудничество		2 – конфронтация	
1 – сотрудничество		3	3	0	5
1 – конфронтация		5	0	1	1

Строки соответствуют альтернативам первой фирмы, а столбцы – второй. В клетках показаны результаты, получаемые первой и второй фирмой соответственно. Они могут выражаться, например, в тысячах рублей.

Видно, что $T > R > P > S$.

Фирмы заключают соглашение однократно. Приведите и обоснуйте для этого случая наиболее прибыльную стратегию, рассуждая

а) с позиции каждой фирмы;

б) с позиции стороннего наблюдателя.

Фирмы планируют заключить два соглашения последовательно. Предложите наилучшее решение и для этого случая.

Фирмы сотрудничают постоянно, многократно заключая соглашения. Этот случай подробно исследовался в 1984 году. Был объявлен конкурс на лучшую компьютерную программу. Было прислано 63 программы, от простейших до использующих искусственный интеллект и прогнозирование. Каждая программа провела с каждой по 200 игр. Выигрывала та, которая наберет больше очков. То есть счет 500:600 (проигрыш) был лучше, чем выигрыш 200:100. Это логично, так как при этом прибыль максимизируется, что важно для развития реальных фирм.

В файле `Game.exe` реализован алгоритм, который оказался наиболее «удачливым».

Задание

1. Определить, какую стратегию он реализует, влияет ли на стратегию партнера и если да, то каким образом.
2. Попробовать найти такие параметры игры, при которых данный алгоритм становится неоптимальным.
3. Предложите наиболее выгодные стратегии однократного и многократного взаимодействия для следующих игр:
 - а) «лобовая атака» (этому варианту соответствует угроза военного конфликта. Такая ситуация возникла в момент Карибского кризиса);

СССР	США	2 – сотрудничество		2 – конфронтация	
1 – сотрудничество		1	1	-10	10
1 – конфронтация		10	-10	-1000	-1000

- б) досуг супружеской пары.

Муж	Жена	Жена идет на футбол		Жена идет в театр	
Муж идет на футбол		2	1	0	0
Муж идет в театр		-1	1	1	2

Порядок выполнения работы.

1. Каждый ход игры соответствует одному соглашению между фирмами. Вы, действуя от имени фирмы 1, выбираете стратегию, нажимая на кнопки в заголовках строк. Не зная о принятом Вами решении, компьютер также выбирает свое решение. Затем по таблице вычисляется результат взаимодействия.

При выборе альтернативы на данном шаге и Вы, и компьютер имеете информацию о значениях, хранящихся в таблице, а также о предыдущих шагах партнера. Меняя свои решения, попробуйте угадать стратегию, которой руководствуется компьютер. Она не-сложна.

Вы можете изменить параметры игры вручную, вводя новые значения в поля ввода таблицы.

Пример рассмотренной ситуации – равные значения **T**, **R**, **P** и **S**. В этом случае выбранная стратегия игры не влияет на результат. Однако этот случай вряд ли встретится на практике. Требуется найти более реальную ситуацию.

Главная проблема здесь состоит в том, что данная модель допускает изменение большого числа параметров. В данной работе Вы должны получить навыки проведения экспериментов со сложными многопараметрическими моделями, научиться подходить к решению сложных экспериментальных задач системно.

Целесообразно руководствоваться следующими рекомендациями.

- ❑ Следует попытаться снизить размерность задачи путем введения ограничений. В данном случае наибольший интерес представляет случай, когда игра симметрична, то есть ее результаты одинаковы для двух фирм. Иначе получение ответа будет затруднено.
- ❑ Следует попробовать изменять только один из параметров, **T**, **R**, **P** или **S**, чтобы задача стала одномерной. Для этого следует выбрать наиболее, по Вашему мнению, перспективный из них.
- ❑ Следует определить границы изменения выбранного параметра, диктуемые соответствием модели реальной ситуации. Например, отрицательный результат при попытке обмана честного партнера может возникнуть, если к нему будут применены санкции, определяемые в договоре. Если это договор на выполнение работ, то обычными санкциями, применяемыми к исполнителю, является снижение вознаграждения за просрочку сдачи работ. Чаще всего это снижение не превышает 30% от суммы платежа за выполненные работы. Санкции, применяемые к Заказчику – увеличение суммы платежа также на величину до 30%. Если Заказчик в одностороннем порядке отказывается от продолжения договора, он обычно выплачивает стоимость фактически выполненных работ.
- ❑ Выбираются возможные стратегии действий Вашей фирмы. Поскольку алгоритм, реализованный в компьютере, достаточно

прост, их немного. Но их надо четко определить и в эксперименте следовать им неукоснительно.

- Когда Вы будете пробовать свои стратегии,
 - перезапустите программу;
 - неукоснительно следуйте выбранной стратегии заданное количество шагов;
 - запишите результат;
 - сравните результаты для различных стратегий.
- Далее проводятся эксперименты с несколькими значениями выбранного параметра, лежащими в границах определенного диапазона. При проведении экспериментов с каждым значением выбранного параметра пробуются различные стратегии.
- Регистрация результатов для каждого значения параметров и каждой стратегии проводится в таблице. Следует продумать вид регистрации. Дело в том, что модели не всегда дают количественное решение или количественного решения не всегда достаточно. В данном случае требуется качественное решение: можно ли «обыграть» компьютерный алгоритм. Таким образом, можно регистрировать в клетках результирующей таблицы только **Да** или **Нет**. Но можно регистрировать в таблице и получившийся счет или средний результат на один шаг. Для начала рекомендуется регистрировать всю получаемую информацию, а в конце работы сделать вывод о том, какая информация наиболее полезна. Этот подход хорош, так как потом не потребуется повторять эксперименты.

После серии экспериментов требуется сделать вывод. В данной работе допускается отрицательный качественный результат, например:

В серии экспериментов параметр R изменялся в пределах от X до Y , что обусловлено... . Компьютерный алгоритм оказался наилучшим, так как...

Результаты работы

Результатом работы является отчет, отпечатанный на принтере или написанный от руки на развернутых тетрадных листах. Он должен содержать:

- титульный лист установленного образца;
- постановку задачи исследования;
- описание средств решения задачи;
- описание эксперимента;

□ выводы.

Полученные Вами результаты должны быть проверяемыми, то есть любой исследователь, взяв Ваш отчет и руководствуясь описанием эксперимента, должен получить те же самые результаты.

3. Построение когнитивной карты по имитационной модели развития города

*Цель работы – получение навыков построения моделей
сложных социально-экономических систем*

Общие сведения

Под когнитивным подходом понимается решение проблем методами, учитывающими когнитивные аспекты, в которые включаются процессы восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания.

Если речь идет о построении модели сложной системы, то создать ее адекватное математическое описание удастся крайне редко. Это происходит из-за того, что в такой модели имеется большое количество параметров и переменных. В начале процесса построения модели требуется четко определить эти параметры и хотя бы качественно оценить их взаимосвязи. Для этого удобно использовать когнитивную карту.

Когнитивную карту можно понимать как схематическое, упрощенное описание исследуемой системы. Когнитивная карта представляет собой граф. Каждая вершина представляет собой некоторый фактор, параметр или переменную. Вершины связаны направленными дугами, которые обозначают взаимосвязь между параметрами модели.

Пример когнитивной карты представлен на Рис. 3.

На этом рисунке знаком «+» отмечены положительные связи, означающие, что увеличение переменной, от которой отходит связь (причинной), приводит к увеличению переменной, в которую она приходит (следствия), а уменьшение причинной переменной приводит к уменьшению переменной следствия. Отрицательная связь означает, что увеличение причинной переменной приводит к уменьшению переменной следствия и наоборот.

Для запоминания правила построения связей удобно считать, что связь преобразует переменную, умножая ее на $+1$ (связь помечена $+$) или на -1 (связь помечена $-$).

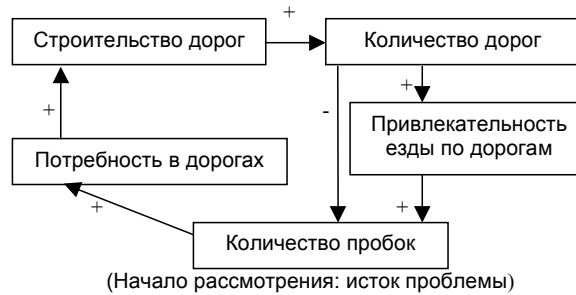


Рис. 3. Когнитивная карта динамики дорожного строительства

Польза когнитивной карты заключается в том, что она позволяет приблизительно оценить поведение системы. Если изменяется причинная переменная, то можно определить, увеличатся или уменьшатся другие переменные.

Часто в когнитивных картах возникают циклы. Они называются контурами обратной связи (показаны изогнутыми стрелками). Если в контуре нет отрицательных связей или имеется четное число отрицательных связей, то такой контур соответствует положительной обратной связи. Небольшое увеличение какой-либо переменной приводит к ее последующему лавинообразному росту, так как сигнал по контуру усиливается. Если же в контуре имеется нечетное число отрицательных связей, то это контур отрицательной обратной связи. Увеличение какой-либо переменной внутри этого контура приводит к тому, что система пытается его уменьшить. Системы с отрицательной обратной связью обычно более устойчивы, хотя в них могут возникать колебания.

Таким образом, можно хотя бы качественно предсказать поведение системы, имеющей циклические связи.

Если в когнитивной карте имеется несколько контуров, как на Рис. 2, то прогноз поведения системы усложняется. Требуется оценить силу связей по каждому контуру и определить, какой из контуров будет иметь более сильное влияние.

В целом когнитивная карта является достаточно простым, удобным и полезным средством качественного описания системы и ее поведения.

В отличие, например, от SWOT-анализа, в котором ситуация декомпозируется на 4 области исследования, и явно не учитывается поведение исследуемой системы, когнитивный подход является окном в мир динамических систем. Он позволяет достаточно просто понять, как действуют сложные системы, предсказать их поведение, дает информацию для принятия решений о создании устойчиво функционирующих систем, совершенствовании существующих систем и управления ими.

Задание

Требуется исследовать модель функционирования города, выбрать подсистему городского хозяйства (дорожная сеть, недвижимость, энергетика, промышленность, экология, финансы и пр.), построить когнитивную карту этой подсистемы.

Можно выбрать определенную «межотраслевую» проблему (аналогичную рассмотренной в качестве примера проблеме дорожных пробок) и исследовать ее.

Полученная карта должна содержать не менее 10 переменных. По этой карте требуется предсказать поведение моделируемой системы и сравнить с реальным поведением модели.

Порядок работы

В качестве объекта исследования предлагается город, который «строит» каждый студент. Для строительства города требуется запустить эмулятор города Simcity.exe (версия 1.02) и начать строительство нового города.

В процессе работы важен не размер получившегося города, а исследование переменных, которыми он описывается. Предлагается, например, увеличить или уменьшить процент налога с жителей и попытаться оценить, к чему это приведет. Можно увеличивать или уменьшать количество дорог, влиять на другие важные переменные. Динамика изменения различных переменных видна в специальных окнах.

Здесь, как Вы уже поняли, также приходится иметь дело с моделью сложной системы. Необходимо будет провести ряд экспериментов с этой моделью. Правила работы аналогичны правилам,

освоенным в предыдущей работе: требуется продумать эксперимент, установить исходное состояние и зафиксировать его на бумаге, дождаться окончания переходных процессов, ввести изменение выбранной переменной, проследить и зафиксировать происходящие процессы. В отчете должно быть достаточно информации для того, чтобы повторить произведенный Вами эксперимент.

В процессе функционирования программы требуется выполнить следующие действия.

1. Выделить подсистему, для которой будет строиться модель. Выберите область, которая Вам наиболее близка и интересна.

2. Определить переменные, описывающие эту подсистему.

Распространенная ошибка – выбор переменных **Увеличение сбора налогов** и **Уменьшение сбора налогов**. Следует выбрать переменную **Размер бюджета** и ввести связи. Если большое количество дорог требует больших расходов на их поддержание, то связь от переменной **Количество дорог** к переменной **Размер бюджета** будет отрицательной. Если возросла сумма собранных налогов, то бюджет увеличивается, следовательно, связь от переменной **Сумма собранных налогов** к переменной **Размер бюджета** будет положительной. Нетрудно убедиться, что знак связи поставлен правильно: если количество дорог уменьшается, то их дешевле обслуживать и бюджет увеличивается. Если же собрано мало налогов, бюджет будет меньше.

При выборе переменных важно также разделить их на управляемые непосредственно и управляемые косвенно. Управляемые переменные Вы задаете сами. Это, например, количество дорог; количество участков, отведенных под жилье, коммерческие зоны, заводы; количество и тип электростанций; количество стадионов, аэропортов, портов, процент подоходного налога. Другие переменные явно задавать нельзя, они зависят от переменных первого типа. Это, например, количество жителей, их доход, стоимость жилья, уровень преступности. Есть и переменные, отражающие общественное мнение, например, процент недовольных условиями жизни. Значения этих переменных можно узнать, открывая различные окна имитатора.

При построении когнитивной карты города вряд ли удастся избежать учета географических аспектов. Можно исследовать зависимость цены на землю от расстояния до побережья, но более полезно вводить в модель переменные типа **Цена на землю на побережье**, **Цена на землю вдали от побережья**.

3. Определить наличие связи между выделенными переменными и знак этой связи.

Это – наиболее сложная часть задания. Требуется поставить эксперимент. Чтобы выявить взаимосвязь переменных, например, поступления налога от ставки налога, следует:

- создать город;
- выждать достаточно большое количество периодов моделирования, чтобы процессы в городе стабилизировались (следует контролировать все графики и ожидать установления стабильного режима);

Если удалось добиться стабильной структуры города, лучше его сохранить, так как это понадобится для последующих экспериментов.

- ввести управляющее воздействие – изменить ставку налога;
- следить за динамикой начавшихся процессов. Например, по ожиданиям, сбор налога должен сначала возрасти, а затем – уменьшиться, так как жители, недовольные поборами, начнут покидать город;
- попытаться объяснить, почему произошли наблюдаемые явления (какие переменные изменились, на что повлияли эти изменения, что получилось в результате).

4. Построить когнитивную карту подсистемы.

5. Оценить поведение системы по полученной карте и сравнить с наблюдаемыми процессами.

6. Сделать прогноз и дать рекомендации по улучшению рассматриваемой подсистемы.

Если Вы выбрали в качестве исследуемой переменной прямо управляемую переменную, например, количество дорог, то следует до начала эксперимента определить стратегию управления, то есть правила изменения данной переменной (например, дороги строятся, если имеется большое количество пробок¹). Далее при экспериментах следует неукоснительно соблюдать избранное правило.

Результат работы

- Описание проделанных экспериментов.
- Когнитивная карта подсистемы городского хозяйства.

¹ Пробы создания города показали, что это – не лучший выход.

- Обоснованные рекомендации по улучшению функционирования одной из подсистем городского хозяйства.
- Правило типа афоризма для мэра города. Например: лучше иметь 100 полицейских, чем одного преступника².

Дополнительное задание

1. Любопытные результаты дает сравнение карт, в которых имеются хотя бы частично совпадающие переменные. Требуется провести такое сравнение, выделить совпадающие и различающиеся структуры с одинаковыми переменными, разрешить противоречия экспертным путем.

Считается, что полезные результаты могут быть получены, если объединить карты рассмотренных подсистем и проблемных ситуаций в единую когнитивную карту городского хозяйства. Аналогично можно построить когнитивную карту фирмы. Из карт, созданных индивидуально, необходимо создать объединенную когнитивную карту городского хозяйства.

4. Исследование имитационной модели работы магазина

Цель работы – исследование режимов работы магазина методом имитационного моделирования

Общие сведения

Имитационное моделирование систем массового обслуживания – мощный инструмент исследования поведения целого ряда экономических систем. Магазины, кассы продажи билетов, телефонные сети, ремонт оборудования – вот далеко не полный перечень объектов, которые можно исследовать этим методом.

Описываемый метод заключается в построении программы, имитирующей реальное функционирование моделируемой системы. Программная модель содержит очереди, пункты обслуживания, клиентов. При ее работе имитируется входной поток клиентов, а также прохождение клиентами всех фаз обслуживания. Например,

² А может быть, наоборот? Такие высказывания надо подтвердить экспериментом.

покупатель, вошедший в магазин, выбирает товар, идет в кассу. Если в кассе имеется очередь, то он стоит в ней. После оплаты он переходит в отдел, где тоже может быть очередь. Получив товар, покупатель покидает магазин.

Математическое описание таких систем крайне сложно, особенно если надо учитывать такие особенности, как наличие «нетерпеливых» клиентов, покидающих очередь, не дождавшись обслуживания, или очередь с приоритетами. Имитационная программа позволяет довольно просто реализовать эти особенности, так как алгоритм поведения покупателей в сущности несложен.

Для проведения имитационных экспериментов требуется оценить такие статистические параметры, как интенсивность прихода покупателей в магазин (количество входящих покупателей в минуту), среднее время обслуживания в кассе и в отделе. Это достаточно просто сделать путем наблюдений.

Описание имитационной программы

Имитационная программа имеет имя Shop98.exe.

В работе имитируется работа магазина с одной кассой и одним отделом. Время работы магазина от открытия до закрытия ограничено, но оставшиеся после окончания рабочего времени в магазине покупатели обслуживаются. Помещение может вместить ограниченное число покупателей. Покупатели организуют «живые» очереди в кассу и в отдел и ожидают обслуживания неограниченное время.

Левая часть экрана предназначена для ввода исходных параметров, средняя – показывает ход обслуживания покупателей, правая – содержит результаты моделирования.

Имитация возможна в следующих режимах:

- пошаговом (кнопка Шаг), что позволяет понять алгоритм работы программы. При нажатии кнопки обрабатывается одно очередное событие³: приход нового покупателя, завершение его обслуживания в кассе и т.д. Значение системного времени можно увидеть в правой части окна. Для пришедшего в магазин покупателя сразу же генерируется время, когда он закончит выбор товара и подойдет к кассе. Показывается также время окончания обслуживания очередного покупателя в кассе и в отделе. Если покупатель находится в очереди, то показывается его место в

³ Первые два шага – сброс данных и установка начального состояния.

ней. Время начала обслуживания в последнем случае не показывается, так как оно зависит от времени обслуживания других покупателей.

- с отображением хода обслуживания и задержкой на каждом шаге (кнопка **Расчет и детальный показ**). В этом режиме можно следить за изменениями состояния модели: приходом новых покупателей, изменениями длины очередей.
- быстрого получения результатов (кнопка **Расчет быстрый**). Этот режим позволяет сразу симитировать работу магазина в течение одного рабочего дня и получить результаты этого моделирования.

Кнопка **Стоп** служит для завершения модельного эксперимента. После ее нажатия возможно повторение моделирования с другими значениями параметров.

Средняя часть окна отражает ход имитации. В ней показываются находящиеся в магазине покупатели, фазы их обслуживания, ожидаемое время окончания фазы, положение в очереди.

Фазы обслуживания: 0 – вне магазина; 1 – выбор товара; 2 – очередь в кассу; 3 – обслуживание в кассе; 4 – очередь в отдел; 5 – обслуживание в отделе.

В правой части окна программы находятся поля, в которых отображаются вычисляемые в ходе имитации параметры, например, количество обслуженных покупателей. Кроме того, показываются значения некоторых наиболее важных системных переменных, например, системного времени.

Для завершения программы служит кнопка **Выход**.

Для исходных данных существуют допустимые диапазоны.

При задании параметров вне этих диапазонов выводится предупреждение и работа программы прекращается.

Дробные числа должны вводиться через десятичную ТОЧКУ.

Задание

При выполнении работы требуется выполнить следующее.

1. Ознакомиться с программой и ее работой.
2. Взять для моделирования известный Вам магазин, соответствующий классу моделируемых торговых точек. Установить реальные входные параметры задачи (в левой части окна).
3. Выбрать выходной параметр, который, по Вашему мнению, может быть улучшен.

4. Оценить повторяемость результатов моделирования, для чего повторить моделирование 10...20 раз, записывая результаты. Сделать заключение о разбросе значения параметра от одного эксперимента к другому. Объяснить причину наличия или отсутствия разброса.
5. Построить зависимость значения выбранного выходного параметра от двух входных параметров, влияющих на него.
6. Выбрать обоснованное значение входных параметров, обеспечивающее наилучшее значение улучшаемого параметра.
7. Предложить реальные мероприятия, которые могли бы обеспечить нужные значения входных параметров.
8. Дать рекомендации для магазина по улучшению работы.

Порядок выполнения работы

Главная особенность метода имитационного моделирования состоит в том, что результаты моделирования представляют собой случайные величины. Поэтому данная работа потребует использования не только всех освоенных навыков экспериментирования, но и методов статистики.

1. Цель первого этапа – разобраться в диалоге программы и понять, как производится моделирование. Начинать лучше всего с заданных по умолчанию значений исходных параметров, используя пошаговый режим. В средней части Вы увидите процесс обслуживания покупателей: их приход в магазин, фазу обслуживания каждого покупателя, его место в очереди.
2. Параметры задаются в левой части окна программы. Интенсивность обслуживания означает среднее количество обслуженных покупателей в минуту при условии, что обслуживание идет непрерывно. Это величина, обратная среднему времени обслуживания в минутах. Аналогично задаются интенсивности потока входящих покупателей и выбора товара.
3. Выполняя несколько раз быстрый расчет, следите за изменениями результатов моделирования. Оцените влияние параметров на результат деятельности магазина. В качестве такого результата наиболее полезно взять прибыль за определенный период времени. Она зависит в основном от уровня цен, дохода от продаж и произведенных затрат, в частности – на мероприятия по продвижению товаров и самого магазина. Доход от продаж пропорционален числу покупателей, так как можно считать, что покупатели характеризуются некоторой средней суммой сделанных покупок.

Однако повышение числа обслуженных покупателей требует дополнительных затрат. Цель полностью избежать потерь, очевидно, нереальна, так как придется рассчитывать на наибольшую возможную активность покупателей. С другой стороны, если будет потерян один покупатель из тысячи, это даст потерю дохода всего в 0,1%. Значит, существует некоторое «разумное» значение потерь покупателей, которого следует добиваться.

Если же доля теряемых покупателей и так мала, то и браться за ее уменьшение нецелесообразно.

Вам необходимо выбрать такой параметр, изменение которого приведет к заметному росту прибыли магазина.

3. Следует записать значения выбранного параметра, проведя порядка 10 экспериментов. Затем оценивается дисперсия полученных значений и точность определения значения параметра.

Регистрацию результатов и расчеты удобно проводить в Excel.

Следует записать значения выбранного параметра, проведя серию экспериментов. Затем оценивается дисперсия полученных значений и точность определения значения параметра (доверительный интервал). При расчетах удобно воспользоваться функциями **ДИСП**, **СТАНДОТКЛ** и **ДОВЕРИТ**⁴. Вероятность ошибки можно выбрать равной 0,1.

Путем рассуждений следует определить, какая точность необходима для эксперимента. Если полученной точности недостаточно, придется увеличить число повторов.

5. Выберите два входных параметра, которые, по Вашему мнению, наиболее сильно влияют на значение выбранной выходной величины. Далее следует построить зависимость выходной величины от этих параметров.

Для этого выберите диапазоны изменения каждого из параметров. Это можно сделать путем рассуждений.

Пусть требуется оценить влияние потерь покупателей от интенсивности обслуживания в кассе I_c и интенсивности входного потока I_i ⁵. Интенсивность обслуживания в отделе составляет I_o . Очевидно, что если обслуживание в кассе происходит слишком медленно, именно касса является узким местом. Но слишком большое

⁴ Для ознакомления с особенностями их применения воспользуйтесь справочной системой Excel.

⁵ Это – не самый лучший набор показателей, а только пример!

увеличение интенсивности обслуживания нецелесообразно, так как очередь будет образовываться в отделе. Поэтому для интенсивности обслуживания в кассе выбирается диапазон от $0,5 \times I_0$ до $2 \times I_0$. На этом диапазоне выбираются три значения: $0,5 \times I_0$, $1 \times I_0$, $2 \times I_0$ ⁶. Чтобы удостовериться в отсутствии заметного влияния значения входного параметра при больших значениях входного параметра, можно выбрать точку $10 \times I_0$. Для получения более полной картины можно взять и точку $0,25 \times I_0$.

Для интенсивности входного потока I_1 рассуждения аналогичны. Если она мала, то потери становятся нулевыми. При увеличении интенсивности сверх некоторого предела все дополнительно приходящие покупатели уходят необслуженными. Ориентировочно можно предположить, что наиболее «интересная» область интенсивности приходящих покупателей лежит в пределах от половинной до двукратной пропускной способности магазина, то есть от $0,5 \times I_{\text{MAX}}$ до $2 \times I_{\text{MAX}}$, где $I_{\text{MAX}} = \max(I_C, I_0)$. Дополнительные точки – $0,1 \times I_{\text{MAX}}$ и $4 \times I_{\text{MAX}}$.

Затем постройте в Excel таблицу значений получаемой функции двух переменных. Не забывайте, что для получения каждого значения этой функции требуется брать среднее значение по определенному вышнему числу экспериментов.

Этот этап работы завершается построением трехмерного графика полученной зависимости.

6. Для выбора оптимального значения входных параметров следует использовать подход, иллюстрируемый на примере зависимости потерь покупателей от интенсивности обслуживания (Рис. 4).

Кривая на этом рисунке – экспериментальная зависимость. Очевидно, что повышение интенсивности обслуживания связано с дополнительными затратами и, следовательно, ухудшает показатели деятельности магазина. Значит, требуется выбрать такое значение эффективности, при котором потери снизятся до приемлемого уровня. Это – точка **X** на рисунке⁷.

⁶ Здесь и далее в формулы можно подставлять исходные (номинальные) значения входных параметров.

⁷ Данный метод выбора оптимального решения является приближенным, но достаточно часто используется на практике. Довольно часто оптимальное значение просто выбирается экспертным путем в точке, где график от «достаточно крутого спуска» переходит к «достаточно пологому» (точка **Y** на Рис. 4).

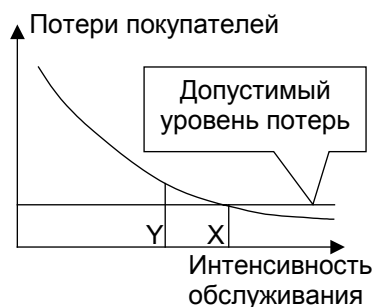


Рис. 4. Определение оптимального значения входного параметра

7. При разработке мероприятий по реализации принятого решения требуется учесть следующее.

- ❑ Необходимо предложить реальные мероприятия. Например, интенсивность входящих покупателей можно увеличить, если установить наружную рекламу. Перенести магазин на новое место вряд ли реально.
- ❑ Следует учитывать реальный возможный эффект от предлагаемого мероприятия. Например, если дополнительная наружная реклама привлечет дополнительно 10% покупателей, то 10 или даже большее количество таких реклам вряд ли привлечет дополнительно 100%⁸.
- ❑ Мероприятия не должны изменить класс моделируемых магазинов. Например, предложение ввести вторую кассу приведет к перераспределению очередей и потребует построения другой моделирующей программы.

8. На последнем этапе работы требуется оценить эффективность предлагаемых мероприятий. Полученный дополнительный доход потребует и дополнительных затрат. Следует определить, какие из предлагаемых мероприятий экономически целесообразны.

Точные расчеты подразумевают построение зависимости целевой функции от значений параметров и нахождение ее экстремума, что связано в данном случае с большими объемами вычислений.

⁸ Продавец: – Наш кухонный комбайн избавит Вас от половины домашней работы. Покупательница: – Тогда дайте мне два таких комбайна.

В данной работе достаточно дать обоснованное заключение, пусть даже оно будет заключаться в том, что все предложенные мероприятия экономически нецелесообразны⁹. Здесь достаточно просто сделать вывод о том, целесообразно каждое из мероприятий или нет.

Результаты работы

В отчете должно содержаться описание всех проделанных экспериментов, достаточно подробное для того, чтобы их можно было повторить и проверить каждый из полученных результатов.

Следует также отразить весь ход работы, полученные на каждом этапе промежуточные результаты.

Отчет должен завершаться обоснованными рекомендациями по улучшению работы магазина.

5. Исследование хаотической системы

Цель работы – исследование хаотического поведения высокоорганизованных систем

Общие сведения

Обычно считается, что поведение высокоорганизованных систем характеризуется высокой упорядоченностью. Однако открытие хаотических систем¹⁰ показало, что это не так. Хаотическое поведение будет рассмотрено на простой модели дуополии. Пусть на рынке действуют две одинаковые фирмы, выпускающие книги. Принимается допущение, что все книги реализуются в течение того периода, когда были выпущены.

Стратегия каждой из фирм заключается в следующем. Если выпуском занимается одна фирма, то ей это невыгодно, так как приходится нести все расходы, связанные с продажами. Невыгодно работать и в условиях, когда фирма-конкурент выпускает слишком

⁹ Во-первых, это не означает, что можно предлагать заведомо нереализуемые мероприятия. Во-вторых, следует помнить, что когда Вы будете работать по-настоящему, отрицательный ответ вряд ли удовлетворит Вашего руководителя или клиента.

¹⁰ Это понятие введено Ли и Йорком в 1975 году.

много книг: товар никто не купит. Поэтому оптимальный объем выпуска продукции зависит от выпуска другой фирмы и имеет в первом приближении вид треугольника (Рис. 5)¹¹.



Рис.5. Оптимальный объем выпуска фирмы в зависимости от объема выпуска фирмы-конкурента в условиях дуополии

При планировании объема выпуска каждая фирма ориентируется на объем выпуска конкурента за прошлый период. Если он составил в прошлом периоде P единиц продукции¹², то фирма планирует в текущем периоде выпустить $Q(P)$ единиц¹³. Вторая фирма действует точно так же.

Изменение выпуска книг двумя фирмами показано на Рис. 6.

Исходное состояние – величины P_1 и P_2 – отображаются точкой на плоскости P_1, P_2 . Жирная стрелка, выходящая из этой точки, показывает, как изменятся объемы выпуска на следующем шаге.

Логично было бы предположить, что в описываемой системе либо установится равновесие, либо возникнут устойчивые колеба-

¹¹ Такой подход (три точки, полученные на основе рассуждений, соединенные прямыми линиями) достаточно распространен. Он позволяет в первом приближении построить простую аналитическую зависимость на основе качественной информации. При этом сохраняются особенности поведения исследуемой системы, полученные в ходе рассуждений, и можно использовать обычные аналитические или численные методы.

¹² Для обозначения значения на предыдущем шаге здесь и далее применяется обозначение P_{-} , на текущем – P , на последующем – P_{+} .

¹³ Собственные планы каждая фирма держит в секрете.

ния (циклы). Расходящихся колебаний не ожидается, так как выпуск неограниченно больших партий продукции нецелесообразен.

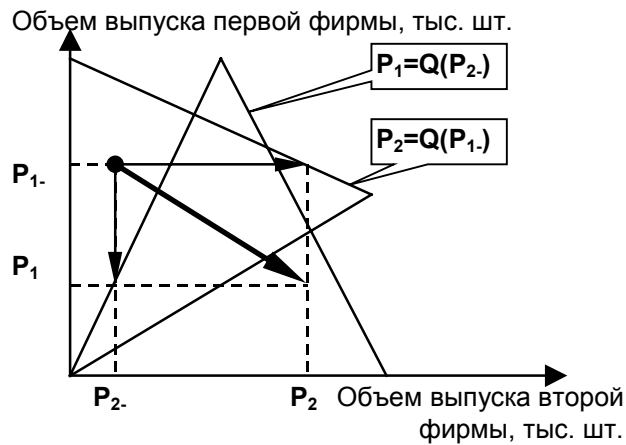


Рис. 6. Изменение общего объема выпуска за один период

На самом деле движение будет хаотическим. На первый взгляд, данная система будет вести себя как стохастическая, хотя на самом деле является строго детерминированной, а ее движение подчиняется определенным закономерностям.

Хаотическое поведение отличается следующими особенностями.

- Не достигается состояния равновесия.
- Отсутствуют повторяющиеся циклы.
- Система очень чувствительна к начальным условиям. Даже малейшее различие в координатах начальной точки приводит со временем ко все растущим отклонениям от исходной траектории. Таким образом, длительные предсказания поведения хаотических систем становятся проблематичными¹⁴. В то же время появляется соблазнительная возможность управлять системой с помощью малых воздействий, так как они со временем приводят к заметным результатам.

¹⁴ Предсказания делаются на основе исходных данных, определяемых, как правило, с некоторой ошибкой. Здесь даже малейшая ошибка приведет к неправильному предсказанию.

Данный пример – хорошая иллюстрация того, что сверхорганизованные системы могут иметь чрезвычайно сложное поведение. Например, изменения цен на бирже часто описывается моделями случайного блуждания, но аналогичное поведение может дать и простая детерминистская модель, проявляющая свойства хаотической.

Для того, чтобы определить, относится ли система к хаотическим или стохастическим, существуют специальные методы.

Описание программы

Программа моделирования хаоса имеет имя Chaos.exe.

На графике светлым цветом показаны графики оптимального выпуска, соответствующие Рис. 6. На нем отражается ход процесса – изменение объемов выпуска со временем. Максимально возможный выпуск – 100 тыс. книг за период.

Справа расположены органы управления программой.

Режимы

Возможен выбор следующих режимов.

Одна серия – показывается изменение объемов выпуска по периодам, начиная с исходной точки. Все точки соединяются линиями.

Две серии – отображаются два процесса одновременно. Исходные данные задаются для них независимо.

Случайно – строится процесс случайного блуждания.

Вектора: все точки. На всей плоскости графика строятся направления изменений объемов выпуска. Например, для исходной точки, показанной на Рис. 6, будет построен вектор небольшой длины, совпадающий по направлению с жирной стрелкой и указывающий только направление к конечной точке.

Вектора: одна серия. Процесс строится аналогично режиму Одна серия, но показываются не все линии, связывающие последовательные точки, а только направления движения из каждой точки.

Вектора: две серии. Показываются направления изменений для двух серий.

Общие параметры

В этой рамке задается число периодов моделирования и максимальный объем выпуска.

Коэффициенты осторожности

Эти коэффициенты могут принимать значения от 0 до 1.

Если значение коэффициента равно 0 (нет осторожности), то фирма действует по алгоритму, описанному в разделе «Общие сведения». Однако, убедившись в том, что объемы выпуска меняются непредсказуемо¹⁵, руководство фирмы может несколько изменить способ планирования.

Пусть коэффициент осторожности равен 0,3, выпуск на предыдущем шаге был равен 1000, и по описанному алгоритму планирования предлагается изменить его до 2000, то есть предлагается изменить его на величину +1000. В этом случае принимается решение уменьшить предлагаемое изменение на 30%, то есть ограничиться увеличением выпуска лишь на 700 единиц. Окончательно выпуск на следующем шаге будет равен $1000+700=1700$ вместо 2000.

Осторожность, равная 1 означает, что объем выпуска вообще не изменяется.

По замыслу, этот коэффициент должен уменьшить колебания объемов выпуска и привести систему в устойчивое состояние.

Начальный выпуск

Задаются начальные координаты для одной или двух серий.

Построить по шагам/построить сразу

Построение каждой новой точки может происходить с небольшой задержкой, чтобы был виден ход процесса. Точка, которая строится в данный момент, выделяется кружком, так что за ходом процесса удобно следить.

Возможно и мгновенное построение всего графика.

Стоп

Останавливает процесс пошагового построения.

Выход

Завершение программы.

¹⁵ Ко всему прочему, такая неритмичность объемов выпуска крайне невыгодна фирме.

Задание

При выполнении работы требуется выполнить следующие действия.

1. Исследовать поведение системы при различных границах объема выпуска (максимально допустимых величинах выпуска), различных начальных объемах выпуска каждой фирмы. Для этого следует пользоваться режимом **Одна серия**. Требуется определить зависимость поведения системы от начальных условий.
2. Исследовать расхождение графика при малых изменениях в начальных объемах выпуска. Для этого следует пользоваться режимом **Две серии** и задавать минимально отличающиеся друг от друга начальные объемы. Необходимо построить график зависимости расстояния между точками от номера шага.
3. Исследовать различия между стохастическим и хаотическим движениями. Для этого использовать режимы **Случайно** и **Вектора**.
4. Исследовать поведение системы при введении коэффициентов осторожности. Требуется исследовать варианты с равными и различными коэффициентами осторожности. Результат – области значений коэффициентов осторожности, вызывающие различные типы поведения системы.
5. Выбрать наилучшие, по Вашему мнению, коэффициенты, объяснить, в чем их преимущество, каково при этом поведение модели.
6. Сделать выводы о том, могут ли в рамках данной модели существовать полностью идентичные фирмы, имеющие одинаковые объемы выпуска; какое конечное состояние наиболее вероятно.
7. Оценить достоверность долговременных прогнозов, повторив п. 2 настоящего списка с окончательно выбранными коэффициентами осторожности.
8. Дать рекомендации фирмам по поводу используемой ими стратегии.

Порядок выполнения работы

1. Следует выбрать начальные значения всех параметров системы, записать их и зарисовать вид процесса.

Коэффициенты осторожности установите равными 0.

Затем выбрать один изменяемый параметр, задать 5...10 его значений.

Для каждого нового значения параметра промоделировать процесс и зарисовать его вид.

Дать качественное описание процесса. Например: процесс похож на случайное блуждание, область изменения ограничена диапазонами...

2. Задайте исходные данные для двух серий, минимально отличающиеся друг от друга (на 1...2). Запишите все исходные данные. Задайте число шагов, равное 5. Нажмите кнопку **Построить сразу**. Экспертным путем определите, на сколько миллиметров расходятся мигающие точки для двух серий. Первая серия показана черным цветом, вторая – красным. Запишите количество шагов и результат. Увеличивайте число шагов на 1 до значения 20, повторяя вышеописанные действия.

По получившимся данным постройте график. По оси X откладывается количество шагов, по Y – расхождение в мм.

3. При случайном блуждании координаты каждой следующей точки определяются генератором случайных чисел. Соответственно, и направления, в которых происходит движение на каждом шаге, произвольны.

Если же движение хаотическое, то из соседних точек движение происходит почти в одинаковых направлениях. В частности, векторы направлений для всех точек плоскости, построенных в режиме **Вектора**: все точки будут расположены в определенном закономерном порядке.

Исследуйте изменения направлений при различных коэффициентах осторожности, словесно опишите полученные результаты.

При исследовании реальных систем не всегда удастся построить все точки. Часто имеются только данные наблюдений. Однако и по ним можно определить, хаотическое это движение или стохастическое: закономерность в направлении соседних векторов сохранится. Постройте векторы направлений в режиме **Вектора**: одна серия или **Вектора**: две серии для исходных данных, соответствующих 2...3 проведенным ранее экспериментам. Определите и опишите замеченные закономерности. Сделайте заключение о возможности и способе распознавания хаотического движения по полученным изображениям.

4. Здесь возникает задача исследования зависимости поведения системы от двух изменяемых параметров. Подход к ее решению был описан выше¹⁶. Возможны следующие варианты.

Простейшие случаи.

¹⁶ См. раздел «4. Исследование имитационной модели работы магазина».

- ❑ Зафиксировать все исходные данные, изменять только значение одного из коэффициентов.
- ❑ Зафиксировать все исходные данные, изменять оба коэффициента одинаково.
- ❑ Зафиксировать все исходные данные, изменять значение начального выпуска одной из фирм.
- ❑ Зафиксировать исходные данные, изменять коэффициенты случайным образом. Тщательно регистрировать условия каждого эксперимента. Попробовать сделать выводы по полученным результатам.
Более сложный случай.
- ❑ Построить зависимость поведения системы от значений двух коэффициентов.
Поведение системы описывается на качественном уровне. Возможны следующие результаты:
 - ❑ Устойчивость: отсутствие колебаний.
 - ❑ Устойчивость: затухающие колебания.
 - ❑ Незатухающие периодические колебания.
 - ❑ Странный аттрактор (непериодические колебания в ограниченной области).
 - ❑ Области непериодических колебаний с бифуркациями («перескоками» траектории из одной области в другую).
 - ❑ Движение, напоминающее случайное блуждание.
 При построении двумерной таблицы удобно закодировать различные типы поведения буквами или цифрами и заносить эти коды в клетки таблицы.
- 5.** «Хорошее»¹⁷ поведение системы должно характеризоваться отсутствием хаотического движения, «достаточно» быстрому затуханию колебаний, «достаточно» быстрому выходу в устойчивое состояние, «большому» объему выпуска, слабой зависимостью от «малых» и «средних» изменений начальных объемов выпуска.
Определите, какой из перечисленных критериев более важен для фирмы, подберите коэффициенты осторожности так, чтобы они позволяли достичь «хорошего» значения этого критерия.
- 6.** Следует ответить на вопросы, что более вероятно при рекомендованных Вами коэффициентах: равные объемы выпуска или лидерство одной из фирм, зависит ли конечное состояние от начальных условий. Предложите свое объяснение наблюдаемым явлениям.

¹⁷ Понятия, заключенные в кавычки, должны быть четко определены Вами в отчете.

7. Рекомендации были бы неполными без заключения о возможности долговременных прогнозов по неточным исходным данным. Следует построить зависимость расхождения траекторий от числа шагов при небольших начальных отклонениях в исходных объемах выпуска¹⁸.

8. В конце работы Вы должны словесно сформулировать принципы, на которых должна, по-Вашему, основываться стратегия преуспевающей фирмы:

- выходить на рынок сразу или подождать, пока на него выйдет конкурент;
- повышать осторожность или рисковать. Если рисковать, то до какого предела;
- какова будет реакция фирмы-конкурента на Вашу деятельность, как это можно учесть.

Заключение должно быть словесным и содержать следующие рекомендации:

- какое значение коэффициента осторожности следует выбрать и почему;
- от чего зависит конечное установившееся состояние;
- можно ли дать прогноз этого состояния и что для этого необходимо знать;
- как отличаются траектории при малых отклонениях в значениях исходного объема выпуска, в коэффициентах осторожности каждой из фирм, максимально допустимом объеме выпуска;
- какова должна быть точность измерения исходных данных при краткосрочном и долгосрочном прогнозировании.

Результат работы

Отчет, содержащий ответы на поставленные вопросы.

6. Построение нечеткой системы управления

Цель работы – ознакомление с принципами работы нечетких систем управления

¹⁸ Интересно было бы попробовать и «достаточно» большие отклонения.

Общие сведения

Для целого ряда экономических систем не удастся построить математическую модель. В то же время эксперты могут достаточно успешно управлять ими. Чтобы автоматизировать управление в сложных системах такого типа, был предложен метод построения нечетких систем управления.

Понятие, описываемое нечеткой величиной, имеет вид, показанный на Рис. 7.

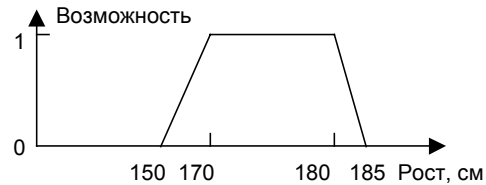


Рис. 7. Нечеткое понятие «человек среднего роста».

Здесь важным моментом является возможность. Из Рис. 6 следует, что возможность отнести человека ростом 150 см к категории людей среднего роста равна нулю. Людей ростом от 170 до 180 см все считают имеющими средний рост, так что возможность для них равна 1. Наконец, люди выше 185 см никогда не относятся к имеющим средний рост.

Для исследования берется пример из техники. На этом простом примере демонстрируется подход к построению нечетких систем управления, его особенности и проблемы. Пусть требуется остановить транспортное средство (автомобиль, велосипед) у перекрестка.

Вначале некоторые эксперты выражают свое мнение о проблеме в терминах естественного языка. Они говорят, например, следующее¹⁹.

1. Процесс остановки зависит от двух параметров: скорости и расстояния до точки остановки.
2. Целесообразно различать медленную, среднюю и быструю скорости и малое, среднее и большое расстояние до перекрестка.

¹⁹ Кстати, если Вы спросите у водителей, как останавливаться у перекрестка, большинство из них будет отвечать аналогично.

3. Торможение может производиться четырьмя способами: легкое, умеренное, нормальное, сильное. Мнение экспертов о том, как именно следует тормозить, представлено в следующей таблице.

Режимы торможения

Скорость	Расстояние		
	Малое	Среднее	Большое
Медленная	Умеренный	Умеренный	Легкий
Средняя	Нормальный	Умеренный	Легкий
Высокая	Сильный	Нормальный	Умеренный

Затем эксперты дают количественные оценки всем скоростям и расстояниям. Эти понятия являются нечеткими²⁰.

Минимальная скорость равна 0, она же – нижняя четкая граница для понятия **медленно**.

Все считают, что 5 км/ч это медленно, но есть эксперты, говорящие, что и 10 км/ч – медленно. Таким образом, малая скорость определяется в пределах от 0 до 5...10 км/ч.

Средняя скорость принимается в диапазоне от 5...10 до 30...40 км/ч. Высокая – от 30...40 и выше.

Для расстояний: малое – от 0 до 5...10 м, среднее – от 5...10 до 25...35 м, большое – от 25...35 м и больше.

На основе экспертных оценок выбираются точные значения, характеризующие торможение. **Легкий** режим соответствует силе нажатия на педаль, равной 0,5 кг, **умеренный** – 1 кг, **нормальный** – 2 кг, **сильный** – 4 кг. Принимается, что нажатие на педаль с силой 1 кг вызывает замедление 1 м/с^2 .

Наконец строится система управления. Она работает по принципу обратной связи. С максимально возможной частотой производится опрос состояния системы: скорости объекта и расстояния до цели²¹. По таблице определяется, с какой силой следует нажимать на педаль тормоза в данный момент.

Алгоритм вычисления управляющего воздействия в нечеткой системе строится таким образом, чтобы сгладить возможные резкие

²⁰ Здесь приводится иллюстративный пример. Вам предстоит самим задать нечеткие величины расстояния и скорости.

²¹ В программной модели интервал опроса составляет 0,1 с. модельного времени.

изменения величины управляющего воздействия. Для этого используются модифицированным вариантом таблицы экспертных оценок:

	Малое расстояние	Среднее	Большое
Медленная скорость	1	1	0,5
Средняя	2	1	0,5
Высокая	4	2	1

Если скорость, например, точно средняя, а расстояние – точно большое, то управление равно 0,5.

Если же скорость или расстояние попадают в область, где их возможность не равна 1, то происходит линейное сглаживание выходной величины. Изменение управления на всех нечетких участках происходит по линейному закону. Например, если скорость точно средняя, а расстояние – между средним и малым (зона А), то величина управления будет находиться в пределах от 1 до 2, причем, чем расстояние ближе к малому, тем управление ближе к 2. Если же расстояние близко к среднему, то управление близко к 1. В зоне В величина управляющего воздействия изменяется от 1 до 4.

Так осуществляется переход от качественного лингвистического описания правил функционирования к работоспособной системе управления.

Описание программы

Программа имеет имя Fuzzy.exe.

Имитируется движение транспорта к перекрестку. Транспорт может двигаться с различной скоростью. Все моделируемые транспортные средства попадают в «поле зрения» системы начиная с расстояния до перекрестка в 100 м.

Система управления должна обладать универсальностью, то есть быть пригодной для любой начальной скорости в широких пределах. Имитируется движение транспорта со скоростями от 2 м/с (7,2 км/ч) до 20 м/с (72 км/ч).

Остановка в 3-метрах перед перекрестком вызовет у водителей недоумение и стремление "вклиниться" спереди, что вызовет аварийноопасную ситуацию. Остановка далее 2-х метров после линии СТОП приведет к аварии.

Задача состоит в подборе таких параметров нечеткой системы управления, которые обеспечивали бы «высокую» точность остановки (для безопасности) с минимальными отрицательными ускорениями (для комфорта).

Первое окно, которое открывается при запуске программы, содержит поля для задания параметров нечеткой системы управления. Окно оформлено так, чтобы наглядно показать процесс построения нечеткой системы, описанный в предыдущем разделе.

Расстояние измеряется в метрах, время – в секундах, сила – в килограммах.

- ❑ Можно задавать нечеткие границы между малым и средним, средним и большим расстояниями, а также между медленной и средней, между средней и высокой скоростями.
- ❑ Можно задавать численные значения силы торможения для точных значений малого, среднего и большого расстояния при точных значениях медленной, средней и высокой скорости (всего 9 значений). **При нулевой силе торможения скорость автомобиля не изменяется.**
- ❑ Можно задавать чувствительность системы торможения. 1 означает, что нажатие на педаль с силой 1 кг вызывает торможение в 1 м/с^2 .

Движение показывается во втором окне на графике $\text{Расстояние} = \text{Расстояние}(\text{время})$. Время в секундах откладывается по оси **X**, расстояние до перекрестка в метрах – по оси **Y**. Желаемая точка остановки соответствует расстоянию, равному 0.

Цвет графика движения – от темно-зеленого (малая скорость) до светло-зеленого, от светло-желтого до темно-желтого, от коричневого до розового, от сиреневого до фиолетового и черного (большая скорость).

Порядок выполнения работы

1. Проанализировать и объяснить работу нечеткой системы управления. Для этого полезно ввести единственное ненулевое значение управления в одну ячейку таблицы и изменять его, каждый раз проводя моделирование и объясняя результаты. Затем можно попробовать ввести еще одно-два ненулевых значения в таблицу и также попробовать объяснить результат.
2. Построить нечеткую систему торможения по описанной выше методике на основании собственного опыта. Ввести полученные

значения в качестве параметров системы и запустить программу моделирования.

3. Если результат окажется неудовлетворительным, исправить параметры системы. Добиться снижения максимальных величин ускорений при сохранении точности остановки.

Рекомендации по разработке нечеткой системы торможения.

- ❑ Одним из эффективных способов обеспечения высокой точности остановки является предварительное снижение скорости и достаточно резкое торможение на последнем, коротком участке пути²². Поэтому целесообразно задать узкий диапазон для малого расстояния.
- ❑ Минимальное ускорение, возможное в данной системе – равномерное торможение от самой высокой скорости 20 м/с на расстоянии 100 м. Его можно определить, задавая равные значения силы торможения во всех ячейках таблицы и добиваясь того, чтобы черная траектория завершалась с нулевым расстоянием от перекрестка.
- ❑ Для более медленных скоростей можно начинать торможение так же, как и для высокой скорости, и, чтобы автомобиль не остановился раньше, прекращать торможение, если скорость уже снизилась, а расстояние еще остается значительным.
- ❑ Такой способ приведет к достаточно медленному движению (время, необходимое для остановки можно увидеть на графике). Попробуйте модифицировать систему так, чтобы медленно движущиеся автомобили начинали торможение позже.
- ❑ Попробуйте разработать правила построения системы торможения.

4. Оценить, что получилось лучше: комфортность или безопасность.

Оба показателя характеризуют качество созданной системы, однако они имеют разный смысл и сравнить их достаточно трудно.

Задачи сравнения качества систем, оцениваемых различными показателями, достаточно часто возникают в процессе принятия решений. Например, при выборе Вами высшего учебного заведения могло оказаться, что одно из них расположено близко от дома, в другое легко поступить, а третье – высокопрестижно. Однако выбор все-таки приходится делать.

²² Так, в частности, работает большинство лифтов.

Поставленная в данной работе задача сравнения достаточно проста, так как имеются только два сравниваемых показателя.

Простейший способ оценки показателей – выбрать для каждого допустимый предел и указать, достигается ли этот предел. Например, **безопасность – удовлетворяется, комфортность – не удовлетворяется**. Однако он чаще применяется на начальном этапе – при отбраковке заведомо непригодных систем.

Еще один из путей сравнения заключается в том, чтобы дать экспертную оценку каждому из этих показателей. Она может быть словесной (в диапазоне от **очень плохо** до **отлично**). Тогда принимается, что лучше получился тот параметр, который имеет более высокую оценку²³. Но этот путь не задает четкой границы между допустимыми и недопустимыми вариантами.

Третий путь – оценить степень близости каждого показателя качества и идеалу. Пусть идеальная ошибка остановки равна 0, достаточная равна 0,5 м, а полученная составляет 0,3 м. Пусть минимально возможное ускорение равно $X \text{ м/с}^2$, максимально возможное равно 5 м/с^2 ²⁴, а полученное равно $Y \text{ м/с}^2$. Разработайте формулы, которые обеспечивают значение 100% для идеальной ситуации и линейно убывает до 0% для максимально допустимого отклонения от идеала. Если отклонение больше допустимого, оценка принимается равной нулю. Таким способом можно анализировать системы, имеющие значения параметров в допустимых пределах. Недопустимые варианты отбрасываются при предварительном отборе. Рассчитайте по полученным формулам значение каждого показателя и сравните их. Лучше «удался» тот показатель, который имеет наилучшую оценку.

5. Определить, в каких диапазонах чувствительности системы торможения сохраняется заданное качество системы управления.

Проверка диапазона параметров, при котором сохраняется работоспособность – важная задача при разработке систем управления. Если система требует перенастройки даже при небольшом изменении параметров объекта управления, то ценность ее резко падает.

В случае разработки системы торможения важно определить, на каких автомобилях ее можно применить без перенастройки: есть автомобили с усилителем тормозов и без него, груженный автомо-

²³ Данные оценки Вам придется обосновать.

²⁴ На сухой асфальтовой дороге это очень некомфортно, а на скользкой дороге – безусловно приведет к аварии.

бил остановить труднее, чем порожний. Еще более важно выяснить, как поведет себя автомобиль, если его тормоза станут работать хуже.

Изменяя чувствительность системы торможения, запишите, что происходит с системой при различных значениях этого параметра, и определите диапазон, при котором система сохраняет работоспособность.

6. Оценить сложность (высокая, средняя, низкая) создания нечеткой системы управления для данного примера. Предложить объяснение данной оценке.

При определении причин сложности построения данной нечеткой системы выясните, что является целевой переменной (которой требуется управлять), что является управляемой переменной (которой управляет система) и какова зависимость между этими переменными. Укажите, к чему следует стремиться при создании систем управления, в частности, нечетких.

Результат работы

В качестве результата работы необходимо:

- предъявить набор параметров работоспособной системы управления, объяснить ее поведение (точность остановки и величины ускорения при различных начальных скоростях);
- указать, что получилось лучше: точность остановки или комфортность пассажиров, предложить направление дальнейшего совершенствования системы.
- предъявить пример работы системы с объяснениями влияния на получаемый результат изменения одного из ее параметров;
- привести диапазон чувствительности системы торможения, при котором сохраняется работоспособность предложенного Вами варианта нечеткой системы управления;
- дать оценку сложности создания работоспособной нечеткой системы управления;
- сделать заключение о возможности применения подобных систем в экономике (возможные области использования, легкость построения, легкость получения желаемого поведения, возможность задания параметров экспертным путем).

7. Построение экспертной системы

Цель работы – ознакомление с принципами организации и функционирования экспертных систем

Общие сведения

Экспертные системы работают со знаниями, представленными как факты и правила. Правила применяются к фактам для получения новых фактов.

Например, если имеются факты:

Объем продаж увеличивается;
доля рынка падает

и правило

Если объем продаж увеличивается и доля рынка падает,
то предприятие должно активизировать маркетинговые мероприятия,

то данное правило можно применить. Результатом будет новый факт:

Предприятие должно активизировать маркетинговые мероприятия.

В экспертной системе могут быть и другие правила, которые могут «сработать», если известен факт необходимости активизации маркетинговых мероприятий. Экспертная система многократно просматривает все правила. Если оказывается, что известны все факты, упоминаемые в левой части правила, то оно «срабатывает», давая новый факт. Работа прекращается, когда ни одно правило не может больше «сработать».

Правила имеют вид

Если ... и ... и ... , то

Для создания экспертной системы инженер по базам знаний узнает правила, которыми руководствуется эксперт, формализует их

и вводит в компьютер. При эксплуатации экспертной системы в нее вводятся факты, и она применяет имеющиеся правила.

Некоторые факты называются **целевыми**. Это факты, ради установления которых создается экспертная система. Целевыми фактами часто являются рекомендации по принятию решений. В частности, в приведенном выше простом примере результатом является рекомендация об активизации маркетинговых мероприятий.

Экспертная система может выполнять и целый ряд других функций, среди которых: объяснение хода рассуждений (приводятся использованные правила), обучение.

Описание программы

Программа, реализующая экспертную систему, имеет имя ES.exe.

Факты хранятся в виде

Переменная=значение.

Имена переменных вводятся пользователем. Возможные значения переменных: ДА, НЕТ, ? (неизвестно).

Число переменных – от 1 до 50, число правил – от 0 до 100.

Проверка правил на каждом проходе производится от начала до конца по порядку их записи, то есть за один проход могут сработать несколько правил, последовательно изменяющих значения переменных.

Программа имеет два основных окна, содержащих знания о конкретной задаче. Первое окно содержит **факты** (переменные и их значения). Во втором окне можно задать **правила** изменения значений переменных. Переход от одного окна к другому производится с помощью соответствующих кнопок.

В любой момент введенные пользователем данные и правила можно запомнить в текстовом файле, нажав кнопку **Сохранить**.

При нажатии кнопки **Расчет** производится запуск работы экспертной системы в пошаговом режиме прямого вывода. На каждом шаге выводится сработавшее правило.

Основные ошибки (в частности, повторение наименований переменных и повторение правил) идентифицируются сразу после появления. В то же время из-за неправильного построения правил и неправильной последовательности их применения возможно зафик-

ливание. Прервать выполнение можно нажатием кнопки **Нет** в ответ на вопрос «Продолжить?».

Задание

1. Ознакомиться с принципами работы системы, задав 2...4 переменные и 1...2 правила.
2. Составить работоспособную экспертную систему для принятия решений:
 - а) о разработке экспертной системы;
 - б) о мероприятиях по обеспечению безопасности при угрозе наводнения;
 - в) о результатах суммирования двух чисел в пределах от 1 до 3.

Работоспособность означает получение точного и непротиворечивого ответа при любых комбинациях значений переменных за конечное число шагов или выдачу сообщения о невозможности получения ответа.

Если возможны три решения, например

Эвакуироваться = Да;
Усилить внимание = Нет;
Все в порядке = Нет,

то они ни при каких условиях не должны быть противоречивы: только одно решение должно иметь значение **Да**, а остальные – **Нет**. Возможен также вариант, когда все решения имеют значение «?».

3. Смоделировать, описать и объяснить режимы однократного прохода, многократного прохода, заикливания.
4. Сформулировать рекомендации по управлению режимами работы экспертной системы.
5. Проанализировать достоинства и недостатки предлагаемого подхода к построению экспертных систем.
6. Предложить две-три задачи из области менеджмента, маркетинга или техники, для которых можно построить полезную экспертную систему, сравнимую по сложности с системой, предлагаемой Вашему вниманию.
7. Определить ориентировочные характеристики экспертной системы для решения какой-либо реальной задачи менеджмента или маркетинга.

Описание реализуемых экспертных систем

Экспертная система об экспертных системах

Набор правил сформулирован на основе обзора литературы. Он выглядит следующим образом.

- ЕСЛИ разработка экспертной системы возможна
И разработка экспертной системы оправдана
И применение экспертной системы разумно,
ТО создавайте экспертную систему.
- ЕСЛИ задача не требует общедоступных знаний
И задача требует только интеллектуальных навыков
И эксперты могут описать свои методы
И существуют подлинные эксперты
И эксперты единодушны относительно решений
И задача не слишком трудна
И задача вполне понятна,
ТО разработка экспертной системы возможна.
- ЕСЛИ получение решения высокорентабельно,
ТО разработка экспертной системы оправдана.
- ЕСЛИ человеческий опыт утрачивается,
ТО разработка экспертной системы оправдана.
- ЕСЛИ экспертов мало,
ТО разработка экспертной системы оправдана.
- ЕСЛИ опыт нужен во многих местах,
ТО разработка экспертной системы оправдана.
- ЕСЛИ опыт необходимо применить
во враждебных человеку условиях,
ТО разработка экспертной системы оправдана.
- ЕСЛИ задача требует оперирования символами
И задача требует эвристических решений
И задача не слишком проста
И задача представляет практический интерес
И задача имеет размеры, допускающие реализацию,
ТО применение экспертной системы разумно.

Анализ угрозы наводнения

Данная система строится на основе дерева принятия решений (Рис.8).

Нетрудно догадаться, что каждый путь от вершины до решения преобразуется в правило.

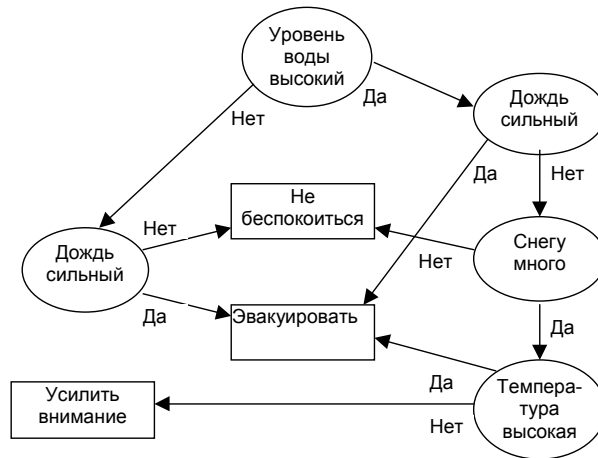


Рис. 8. Дерево принятия решений для анализа угрозы наводнений.

Суммирование

Здесь используются факты типа

Первое_слагаемое_равно_1 = Да,
результат_равен_2 = Нет.

Рекомендации по выполнению задания

Создание экспертной системы наиболее целесообразно производить в следующем порядке.

1. Создать все необходимые переменные.
- Переменные, описывающие исходные факты, лучше располагать в начале таблицы, в левом столбце, начиная сверху.

- Целевые переменные лучше создать в правом столбце, начиная снизу.
- Переменные удобно сгруппировать, разделив группы пустыми строками.

Расположение переменных в окне фактов и наличие пустых строк между ними не влияет на работу программы.

2. Создать основные правила, соответствующие содержанию задачи.
 - При создании правил следует выбирать переменные из списка.
 - Максимальное число фактов в левой части правила – 5. Если в исходных правилах их больше, то следует вводить дополнительные переменные.
3. Создать правила для ситуаций, когда исходные факты неизвестны (переменные равны «?»).
 - Если переменная не входит в существующее правило, то оно пропускается.
 - Если переменная входит в имеющееся правило, то при ее значении, равном «?» результирующая переменная этого правила также будет равна «?». Это отражается в новом правиле.
4. Ввести правила непротиворечивости. Например, для случая анализа угрозы наводнения должны быть введены правила типа

ЕСЛИ Эвакуировать=Да, ТО Не беспокоиться=Нет.

5. Проверить получившуюся систему правил на наличие заикливания. Для этого запускать программу с различными значениями исходных переменных. При возникновении заикливания

- проверить правильность созданных правил;
- изменить порядок следования правил путем перетаскивания полей с номерами правил на новое место.

Перед сдачей работы убедиться в том, что программа работоспособна при любых значениях входных и выходных переменных. Это можно сделать

- путем ввода всех возможных комбинаций входных и выходных переменных, что займет значительное время;
- путем анализа правил. Для большего удобства правила можно сгруппировать по смыслу. Однако следует следить, чтобы не возникло заикливания.

Результат работы

- Работоспособная экспертная система, объяснение процесса ее создания и функционирования.
- Ответы на поставленные вопросы.

Содержание

Введение	3
1. Иллюстрация выводов теории катастроф	4
2. Исследование эволюции кооперации методами теории игр	7
3. Построение когнитивной карты по имитационной модели развития города.....	12
4. Исследование имитационной модели работы магазина	17
5. Исследование хаотической системы	24
6. Построение нечеткой системы управления	32
7. Построение экспертной системы	40

Составитель:

Павлов Николай Вячеславович

Теория принятия
и реализация
управленческих решений

Методические указания
по выполнению практических работ

Лицензия ЛР №020593 от 07.08.97

Налоговая льгота – общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т.2; 95 3005 – учебная литература

Подписано в печать 01.12.2002. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 3,0. Тираж 150. Зак. .

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного составителями,
в типографии Издательства СПбГПУ.

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29

Отпечатано на ротапринтере RN-2000FP

поставщик оборудования – фирма «Р-ПРИНТ»

Телефон: (812) 110-65-09

Факс: (812) 315-23-04