

ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА



Проект 2: индивидуальная траектория обучения
и качество образования

Цель: ориентированное на требования рынка
образовательных услуг улучшение качества
подготовки и переподготовки специалистов

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

КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

КНИГА 15

Л.М. ГРУЗДЕВА, В.Н. УСТИНОВ

МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Учебное пособие

В трех частях

Часть 1

Под редакцией М.Ю. Монахова

Владимир 2008

УДК 004
ББК 32.97
Г90

Редактор серии – доктор технических наук, профессор
М.Ю. Монахов

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент
начальник кафедры оперативно-технической деятельности
Владимирского юридического института
Федеральной службы исполнения наказаний
К.Н. Курьисев

Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
Ю.А. Илларионов

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Груздева, Л. М.

Г90 Модели объектов информатизации : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 1 /
Л. М. Груздева, В. Н. Устинов ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во
Владим. гос. ун-та, 2008. –76 с. (Комплексная защита объектов ин-
форматизации. Кн. 15 / под ред. М. Ю. Монахова).
ISBN 978-5-89368-884-9

Это пятнадцатая книга из серии «Комплексная защита объектов информатизации». В ней представлен теоретический и практический материал по математическому моделированию в задачах защиты объектов информатизации, предложены модели оценки объектов интеллектуальной собственности.

Учебное пособие предназначено для студентов 4-го курса очной и дистанционной форм обучения специальности 090104 – комплексная защита объектов информатизации и преподавателей. Может быть полезно широкому кругу читателей, интересующихся вопросами моделирования объектов информатизации, оценки рисков при защите объектов информатизации.

Табл. 8. Ил. 20. Библиогр.: 13 назв.

УДК 004
ББК 32.97

ISBN 978-5-89368-884-9

© Владимирский государственный
университет, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.....	7
§ 1.1. Аналитический подход к построению математических моделей.....	7
§ 1.2. Эмпирический подход к построению математических моделей.....	9
§ 1.3. Промежуточные варианты построения моделей.....	10
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	11
Глава 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ.....	12
§ 2.1. Принципы проектирования систем защиты информации.....	12
§ 2.2. Математическая модель системы защиты баз данных.....	13
§ 2.3. Риск при защите объектов информатизации.....	16
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	18
Глава 3. МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ.....	19
§ 3.1. Обоснование математической модели.....	20
§ 3.2. Определение понятия «оценка».....	21
§ 3.3. Основная модель и структуры данных.....	22
§ 3.4. Нормировка ОИС и информационная матрица.....	27
§ 3.5. Преобразование нечисловых данных в количественные.....	30
§ 3.6. Оценка ОИС при малом числе аналогов.....	32
§ 3.7. Оценка ОИС при достаточно большом числе аналогов.....	35

§ 3.8. Определение меры немонотонности признаков ОИС.....	37
§ 3.9. Анализ устойчивости оценки ОИС.....	39
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>43</i>
Глава 4. МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ.....	45
§ 4.1. Получение модели жизненного цикла по данным использования ОИС.....	45
§ 4.2. Динамические модели жизненного цикла ОИС.....	56
§ 4.3. Статические модели рынка.....	58
§ 4.4. Динамические модели рынка.....	62
§ 4.5. Общая динамическая модель жизненного цикла ОИС.....	66
§ 4.6. Оценка ОИС на основе роялти.....	71
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>72</i>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	76

ВВЕДЕНИЕ

Построение моделей исследуемого объекта относится к традиционным задачам естественных наук. Развитие механики и физики невозможно представить без использования моделей. Вспомним известное высказывание лорда Кельвина: «Я не могу понять ни одно физическое явление, пока не составлю его механическую модель». В этих словах отражено одно из обязательных свойств любой модели: она должна быть проще, чем описываемый ею объект. Действительно, из всех разделов физики механика относится к наиболее простым и наглядным, и механические модели вполне себя оправдывали при представлении объектов не слишком сложной природы. Но со временем приходилось исследовать все более сложные объекты, и механические модели не могли обеспечивать достаточную адекватность. На смену им пришли модели другой природы – электрические, электронные и другие, но наиболее абстрактные – математические модели.

Они позволяют описывать самые сложные и уникальные свойства объекта, для которых нет других, более простых аналогов. Например, волновую модель атома Луи де Бройля невозможно представить себе в рамках теории механики; и физики вынуждены были принять ее как должное, но представителям технических наук бывает трудно смириться с такими абстракциями. Тем не менее последние, вслед за физиками убедившись в необходимости и эффективности математических моделей, стали пробовать решать свои проблемы тоже с их помощью. Но и построение математических моделей – далеко не простая задача.

С развитием техники и ее объектов математические модели стали применять для определения оптимальных условий работы объектов, получения оптимальных конструкций и других исследований, не требующих создания опытных образцов, макетов, проведения дорогостоящих и иногда опасных испытаний. Математические модели позволяют получить требуемые результаты быстрее, дешевле и безопаснее.

Таких моделей стало требоваться все больше и больше для самых разнообразных объектов техники и технологий. Возникла проблема: поставить производство математических моделей на поток, разработать единые правила и приемы построения модели любого технического или природного объекта, обладающей нужной точностью. И, как бывает всегда в начале пути, было опробовано множество дорог, чтобы выбрать лучшую. В данном учебном пособии обсуждаются некоторые из этих направлений. В частности, предлагается целевой подход к построению математических моделей, при котором модель объекта строится исходя из ее назначения. Поскольку модель всегда проще объекта, то любому объекту можно поставить в соответствие сколь угодно много моделей, но из них требуется выбрать единственную. Когда есть свобода выбора, следует ввести критерии оптимального выбора. Формализация целевого назначения модели может служить критерием выбора, и в настоящем учебном пособии исследуются возможные результаты такого подхода.

Выбор единственной модели оказывается весьма сложной проблемой; только лишь целевого назначения еще недостаточно для полного решения задачи хотя бы по той причине, что таких целей может быть несколько для получения качественной модели. Кроме того, практическая проверка показала, что не всегда просто выполнить математическое описание всех целевых назначений, поэтому наряду с целевыми критериями рассматриваются и иные, в первую очередь наилучшая помехоустойчивость модели.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам учебного пособия: кандидату технических наук, доценту заведующему кафедрой оперативно-технической деятельности Владимирского юридического института ФСИН России К.Н. Курысеву, доктору технических наук, профессору Ю.А. Илларионову.

Глава 1

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Решение задачи построения математической модели реального объекта неоднозначно: модель есть приближенное представление объекта, и для данного объекта можно предложить сколь угодно много моделей, приближенно соответствующих объекту в тех или иных его свойствах. Этим объясняется большое разнообразие существующих ныне методов построения моделей. Методы различаются в основном по типам процессов, происходящих в объектах; по назначению самих объектов; по методам приближения математических операторов, описывающих реальные объекты и по некоторым другим признакам. Получающаяся при этом картина очень многообразна: например по первому названному выше признаку – типам процессов в объектах – имеются методы построения моделей отдельных классов физических, химических и других процессов; по второму признаку таких классов еще больше – двигатели внутреннего сгорания, химические реакторы, экология и здравоохранение и т.д.

Такая ситуация приводит к появлению огромного количества методов построения математических моделей объектов, и очевидно, что со временем это количество будет еще увеличиваться. Однако при увеличении количества происходит уменьшение качества получаемых моделей. Все это требует проведения исследования способов построения моделей любого класса объектов, при различных типах процессов в них и т.д. Анализ результатов решения широкого класса прикладных задач позволяет выявить два основных подхода к построению математических моделей.

§ 1.1. Аналитический подход к построению математических моделей

Аналитический подход основывается на использовании в моделях фундаментальных законов природы и в этом смысле является чисто теоретическим. Обычный результат его применения имеет следующие признаки.

1. Любой закон природы справедлив с точностью до констант, которые по определению должны быть неизменны, и авторы сохраняют в модели их значения.

Однако модель содержит еще ряд параметров, значения которых определяют точность модели. Эти значения уточняются при подгонке модели и могут свободно варьироваться, в то время как константы закона природы считаются и в модели неизменными. В силу приближенности модели ее конечномерный вектор констант есть аппроксимация бесконечномерного вектора констант объекта. Погрешность же аппроксимации зависит от выбора множества элементов, по которым она выполняется. Включая в это множество константы неизменных законов природы и варьируя их, можно значительно повысить точность модели, не искажая толкования фундаментальных констант, а лишь обозначив их другими именами.

Из этого можно заключить, что в процессе построения математической модели не следует считать обязательными любые догмы, даже константы законов природы.

2. Бесконечномерный вектор параметров объекта следует аппроксимировать таким оптимальным конечномерным вектором параметров модели, при котором достигается наилучшая точность модели. В частности, в такой вектор вышеупомянутые законы природы могут вообще не войти.

3. Распространены примеры, когда жесткое и последовательное использование только теоретических положений приводило к получению совершенно абсурдных моделей.

Таких примеров большое множество в самых разнообразных областях техники и науки. Наиболее уместен пример, взятый из «Литературной газеты». В ней (еще во время «холодной войны») была опубликована статья под названием «Уравнение Апокалипсиса». Авторы статьи подробно объясняли причины случайного возникновения термоядерной войны и приводили формулу для вычисления вероятности этого события:

$$P = 1 - (1 - p(U + E))^n,$$

где P – вероятность возникновения войны;

U – количество самолетов и других носителей ядерного оружия войск США;

E – то же для Западной Европы;

p – вероятность термоядерного взрыва в результате аварии носителя, после чего и начнется война;

n – число дней, в интервале которых вычисляется вероятность возникновения войны.

Эта формула известна в теории вероятностей как формула для вероятности появления хотя бы одного события при n испытаниях. Именно это и требовалось определить в рамках данной статьи, так что теоретическая точность модели сомнений не вызывает. Однако практического значения эта модель не имеет совсем, так как числовое значение величины p неизвестно даже приблизительно и вряд ли оно может быть определено.

Можно привести примеры из других, уже прикладных областей, в которых числовые значения параметров также не поддаются определению, например во многих задачах в экономике. В этом заключается одна из основных причин того, что математические модели в них на практике не работают.

Таким образом, аналитический подход в своем чистом виде следует считать некоторой крайней схемой построения математических моделей.

§ 1.2. Эмпирический подход к построению математических моделей

Эмпирический подход – другая крайняя точка зрения на проблему построения математических моделей. В нем широко используются методы математической статистики, и получаемые при этом модели имеют свойства, никак не связанные с природой функционирования описываемых ими объектов. В лучшем случае такие модели соответствуют объекту в ограниченном интервале значений параметров, и только в нем они могут выполнять свое назначение, например прогнозировать поведение объекта в изменяющейся обстановке, но вне этой области модель может быть совершенно неадекватна объекту. Это существенный недостаток, так как экстраполяция поведения объекта – одно из главных побуждений при построении математических моделей.

Приведем иллюстрацию данного подхода к построению математических моделей из газеты «Советская Россия». Статья называется «Век = 167 лет». Двое авторитетных ученых, биолог и математик, в результате исследований пришли к таким выводам:

– развитие жизни происходит эволюционным путем лишь до некоторого момента, в котором происходит катастрофа или скачок.

– скачок переводит эволюцию на следующий виток спирали развития, и такие скачки повторяются через интервалы, отношение длительности которых стабильно и близко к числу 15,15.

Применительно к жизни человека получаем следующий результат: с момента зачатия человек проводит девять месяцев в чреве матери, после чего происходит первая катастрофа – человек рождается, резко меняется среда обитания. Не все могут пережить эту катастрофу – процент детской смертности является предметом постоянного внимания органов здравоохранения всех стран.

Следующая катастрофа ожидает человека приблизительно в 12 лет, т.е. через $\frac{9}{12} \cdot 15,15$ лет после первой. Это тоже известный период в жизни человека, период ломки организма, и снова не все преодолевают его благополучно. А вот следующая катастрофа наступает только в 167 лет, но до этого возраста можно жить беззаботно.

Рассмотренная модель очень интересна, но насколько она верна? Это очень трудно выяснить, так как модель не имеет теоретического фундамента и ее применение весьма проблематично.

Итак, чисто эмпирический подход приводит к получению неудовлетворительных моделей. Но при этом следует отметить, что построение моделей по экспериментальным данным используется очень широко, появились целые научные направления, как, например, идентификация объектов, планирование экспериментов.

§ 1.3. Промежуточные варианты построения моделей

При построении моделей объектов реального мира основная проблема – бесконечность множества промежуточных вариантов и определение алгоритма выбора единственной и наилучшей модели. Поскольку уже отмечалось, что любому объекту соответствует бесчисленное множество моделей, то единственность модели требует дополнительных условий.

В данном учебном пособии будет доказано, что число дополнительных условий должно быть равно числу свободных параметров модели, с увеличением же числа параметров помехоустойчивость модели ухудшается, следовательно, число параметров модели должно быть минимальным. Это можно назвать первым правилом построения оптимальных моделей.

Ко второму правилу отнесем множество неформальных правил, что иногда называют искусством моделирования. Как и в любом искусстве, в его основе лежит алгоритм (или система алгоритмов), обеспечивающий соответствие модели объекту в требуемых свойствах. Предлагаемый далее подход универсален, он позволяет строить модели для назначений практически любого спектра: от измерительной техники и химической технологии до экологии и здравоохранения.

Контрольные вопросы и задания

1. Каковы признаки применения аналитического подхода к построению математических моделей?
2. Приведите примеры математических моделей, построенных с помощью аналитического метода. Укажите первоисточники.
3. Каковы признаки применения эмпирического подхода к построению математических моделей?
4. Приведите примеры математических моделей, построенных с помощью эмпирического метода. Укажите первоисточники.
5. Назовите существенные отличия двух подходов к построению математических моделей: аналитического и эмпирического.
6. Назовите и опишите правила построения оптимальных моделей.

Темы рефератов

1. Модели и моделирование в различных областях науки и техники.
2. Роль математического моделирования в общей теории построения моделей.
3. Компьютерное моделирование, этапы и области применения.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Определение понятий модели и моделирования.
2. Направления моделирования.
3. Цели моделирования.
4. Классификация моделей.
5. Определение математических моделей и математического моделирования. Этапы математического моделирования.
6. Классификации математических моделей.
7. Современные средства вычислительной техники, используемые для моделирования систем.

Глава 2

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Рассмотрим задачу расчета рентабельности банков данных, которая возникает по причине экономической их деятельности. Банк данных есть система, предоставляющая услуги по хранению и поиску специальным образом организованных данных, содержащая программные, технические, языковые и организационно-методические средства и обслуживающий персонал для осуществления централизованного накопления и коллективного использования этих данных. Такая система должна быть коммерческой и предоставлять платные услуги. Сами данные могут быть организованы в виде баз данных (БД) или одного или нескольких файлов. Поскольку информация, содержащаяся в банках данных, имеет коммерческую ценность, она требует защиты, а это увеличивает затраты на работу с ней. В некоторых случаях банк данных может стать нерентабельным.

§ 2.1. Принципы проектирования систем защиты информации

В результате анализа условий работы БД был установлен следующий перечень мер по обеспечению защиты информации:

- аутентификация пользователя по паролю и, возможно, по ключевой дискете или аппаратному ключу;
- разграничение доступа к логическим дискам;
- прозрачное шифрование логических дисков;
- шифрование файлов с данными;
- разрешение запусков определённых программ;
- регистрация всех попыток несанкционированного доступа в систему и входа пользователя в систему и выхода из неё;

- реакция на несанкционированный доступ;
- предоставление пользователю минимума необходимых функций;
- создание многоуровневой системы работы по мере роста возможностей пользователя при переходе в системе на более высокий уровень.

Разработка системы защиты информации должна вестись параллельно с разработкой защищаемой системы. При создании систем защиты следует придерживаться следующих основных принципов.

1. Простота механизма защиты для уменьшения числа возможных неучтённых путей доступа. Для этого необходимо тщательное тестирование средств защиты.

2. Запрет доступа при отсутствии особых указаний, обеспечивающий высокую степень надёжности механизма защиты.

3. Устранение возможных каналов утечки. Этот принцип предполагает проверку полномочий любого обращения к любому объекту и является основой системы защиты. Защита управления доступом должна решаться на общесистемном уровне.

4. Эффективность защиты не должна зависеть от квалификации потенциальных нарушителей.

5. Разделение полномочий, т.е. применение нескольких ключей защиты.

6. Минимальные полномочия для любой программы и любого пользователя, необходимые для выполнения порученной работы.

7. Максимальная обособленность всех элементов механизма защиты.

8. Психологическая привлекательность и простота.

§ 2.2. Математическая модель системы защиты баз данных

В соответствии с вышеперечисленными принципами построения систем защиты информации была разработана следующая модель по защите данных.

1. Вся база данных разбивается на n непересекающихся областей. Каждая область имеет следующие характеристики:

- размер S_j ($j = \overline{1, n}$) – объективная величина, измеряемая в соответствующих единицах (килобайты, мегабайты и т.д.);

- величина потерь U_j ($j = \overline{1, n}$) при проникновении похитителя информации в данную область (определяется методом экспертной оценки);
- уровень защиты k_i ($i = \overline{1, v}$).

2. В системе применяют всего v уровней защиты. Каждый уровень имеет свою стоимость z_i ($i = \overline{1, v}$) при каждом случае использования системы, что определяется процессорным временем, занимаемым объёмом ОЗУ и жёсткого диска, размером защищённой этим способом области дискового пространства S_j ($j = \overline{1, n}$) и др.

3. Число пользователей обозначим m ; каждый i -й пользователь обращается к j -й области БД с вероятностью t_{ij} , где $i = \overline{1, m}$ и $j = \overline{1, n}$. Если вероятности t_{ij} изначально неизвестны, то из протокола работы можно определить соответствующие частоты обращения пользователя. Отметим, что все t_{ij} должны подчиняться следующему условию:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} = 1$$

в соответствии с известным свойством плотности вероятностей двумерной случайной величины:

$$\iint f(x, y) \, dx dy = 1.$$

Далее в соответствии с коммерческой природой банка данных при каждом обращении пользователь вносит плату w_j , зависящую от области j (необязательно от её размера S_j , но и от характера содержащейся в ней информации). Плату, получаемую от всех пользователей областей S_j , находим по формуле

$$b_j = w_j \sum_{i=1}^m t_{ij}.$$

Теперь можно определить всю получаемую банком сумму B от данной БД:

$$B = \sum_{j=1}^n w_j \sum_{i=1}^m t_{ij}.$$

4. Потери, которые может понести банк, связаны с несанкционированным доступом к информации, содержащейся в областях S_j базы данных. Пусть имеется r похитителей информации (хакеров), каждый из которых

может обращаться к j -й области БД с вероятностью p_{lj} , где $l = \overline{1, r}$ и $j = \overline{1, n}$. Вероятность успешного взлома защиты зависит от квалификации хакера и уровня защиты, обозначим её через τ_{lj} . Тогда вероятность того, что j -я область станет достоянием хакера, равна произведению вероятностей $p_{lj}\tau_{lj}$, так что математическое ожидание потерь области S_j от i -го хакера

$$M_j = U_j p_{lj} \tau_{lj}.$$

Потери области S_j от всех r хакеров $X_j = U_j \sum_{l=1}^r p_{lj} \tau_{lj}$; а потери для всей БД $\Pi = \sum_{j=1}^n X_j = \sum_{j=1}^n U_j \sum_{l=1}^r p_{lj} \tau_{lj}$.

5. Очевидно, эти потери должен возместить банк данных, но кроме того, существуют затраты на защиту информации, зависящие от уровня защиты k . Для j -й области стоимость защиты будет зависеть от её размеров S_j и уровня защиты k :

$$z_j = \alpha_k + \beta_k S_j,$$

где константы α_k и β_k определяются уровнем защиты j -й области.

Стоимость Q всей защиты БД равна сумме стоимостей защит её областей S_j : $Q_j = z(k_j)$ и, следовательно,

$$Q = \sum_{j=1}^n z(k_j).$$

Полные затраты банка равны сумме потерь от несанкционированного доступа к информации и затрат на защиту информации, т.е.

$$SUM = \Pi + Q.$$

Банк данных будет рентабелен, если его доходы B больше суммарных затрат SUM , поэтому следует стремиться к повышению доходов и снижению затрат. Повышение доходов – задача службы маркетинга, а снижения затрат можно добиться путём организации оптимальной (по стоимости) защиты информации. Обсудим данную задачу.

Возможности минимизации суммарных затрат заключаются в назначении оптимальных уровней защиты k для каждой j -й области. В слагаемом Π с повышением уровня защиты уменьшаются вероятности τ_{lj} , и суммарная величина Π также уменьшается. Стоимость защиты, наоборот, увеличивается с повышением уровня защиты, поэтому SUM будет иметь минимум при некотором наборе уровней защиты для всех защищаемых об-

ластей. Это задача целочисленного программирования. Решение её для конкретной БД позволит максимально повысить рентабельность банка данных.

Пусть в некоторой БД по статистическим данным известны частоты (вероятности) обращения взломщиков к ее отдельным областям; обозначим эти вероятности через $p(H_k)$, а вектор, образованный этими компонентами, – буквой H . Данные величины определяются интересом хакеров к информации в этих областях БД и не могут быть изменены системой защиты информации. Последняя назначает уровни защиты каждой области БД и тем самым определяет степень лёгкости преодоления защиты, т. е. вероятность её взлома $p\left(\frac{A}{H_k}\right)$, соответствующий вектор обозначается P , а событие

A есть успешное преодоление защиты. Пользуясь этой системой обозначений, можно лаконично формулировать разнообразные задачи.

Задача. По данным регистрации попыток взлома защиты информации получены следующие значения компонент вектора:

$$H = \{0,30 \quad 0,10 \quad 0,20 \quad 0,40 \quad 0,00\}.$$

Защита данных выполнена так, что вектор

$$P = \{0,05 \quad 0,07 \quad 0,10 \quad 0,08 \quad 0,04\}.$$

Является ли спроектированная система защиты оптимальной?

Решение. Ответ на этот вопрос можно получить с помощью формул Байеса [1]. Если вычисленные апостериорные вероятности $p\left(\frac{H_k}{A}\right)$ совпадут с компонентами существующего вектора H , то система защиты обеспечивает максимум математического ожидания взлома и не является оптимальной.

§ 2.3. Риск при защите объектов информатизации

Понятие риска используется в целом ряде наук. Теория катастроф применяет данный термин для описания аварий и стихийных бедствий; исследования по анализу риска можно встретить в литературе по психологии, медицине, философии. Понятие риска основывается на предмете исследования каждой конкретной науки и опирается на собственные подходы и методы.

В оценке объекта интеллектуальной собственности (ОИС) риск – это неточность определения числового значения оцениваемого параметра. Она носит случайный характер, поскольку база данных сама по себе является случайной, так что наиболее адекватным здесь следует считать вероятностный, статистический подход. Можно предложить два способа определения риска, их применение зависит от имеющейся информации, и если возможно использовать их оба, то сопоставление результатов позволит повысить надёжность этого определения.

Первый способ определения риска не требует какой-либо дополнительной информации, но потому является самым грубым. Он заключается в использовании значения косинуса f (подробно в гл. 3) как меры несовпадения оцениваемого объекта с его ближайшим аналогом. Если $f = 1$, то объекты идентичны и риск равен нулю.

Другая крайняя точка $f = 0$, объекты не имеют ничего общего, риск максимален, будем считать его равным бесконечности.

Тогда можно предложить простую формулу для определения риска:

$$R = \frac{1-f}{f}.$$

Таким образом определена относительная, безразмерная величина риска, требуется же величина вполне конкретная. Например, если оцениваемый параметр w есть величина прибыли, то необходимо знать возможный риск в денежном выражении. Эта величина определится формулой

$$r = wR.$$

Второй способ определения риска требует больше информации и потому представляется более надёжным. В нём используются доверительные интервалы, широко известные в математической статистике. Естественно, получаемые результаты будут неоднозначны в зависимости от выбранного уровня доверительности, но это проблема всей математической статистики. Решение задачи заключается в следующих действиях.

Если в первом способе было достаточно одного ближайшего аналога, то теперь требуется иметь несколько ближайших аналогов, для каждого из них определяют косинусы f_i и значения оцениваемого параметра w_i . Эти данные далее обрабатывают по правилам статистики, где w_i рассматривают как случайные величины, а f_i – как соответствующие им эмпирические вероятности.

Оценка математического ожидания оцениваемой величины

$$M^* = \sum_{i=1}^m w_i f_i.$$

Эмпирическая дисперсия

$$D^* = \sum_{i=1}^m (w_i - M^*)^2 f_i.$$

Далее не представляет затруднений определение доверительных интервалов при неизвестном σ [см., например, [1], с. 215].

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите перечень мер по обеспечению защиты информации в базах данных.
2. Каких основных принципов следует придерживаться при создании систем защиты?
3. Опишите характеристики областей защищаемых баз данных.
4. Как рассчитать плату, получаемую от всех пользователей защищаемой базы данных?
5. Как рассчитать потери для всей БД от действия хакеров?
6. Опишите способы определения понятия риска.

Темы рефератов

1. Моделирование систем защиты информации в базах данных.
2. Риск при защите объектов интеллектуальной собственности.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Принципы построения баз данных, особенности обработки информации.
2. Основные угрозы информационной безопасности баз данных.
3. Модель похитителя информации баз данных.

Глава 3

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

В современном мире трудно переоценить значимость нематериальных активов и важнейшей их составной части – интеллектуальной собственности. Многие исследователи считают это следствием того, что возрастает роль инноваций по сравнению с ролью производства, а информация, воплощенная в интеллектуальной собственности, становится важнейшим фактором производства наряду с землей, трудом и капиталом.

Если взять все виды собственности, права на которые на рынках наиболее развитых стран являются предметом торговли, то доля интеллектуальной собственности в них имеет тенденцию к ежегодному росту, темпы которого выше темпов роста торговли другими видами собственности. И если, например, темпы роста мирового промышленного производства не превышают 2,5—3 %, то мировая торговля лицензиями на право использования промышленной собственности и технологии развивается гораздо более высокими темпами, достигающими 12 % в год.

В настоящее время интеллектуальная собственность должна рассматриваться уже не как побочный продукт, получаемый в результате разработок нового вида изделия, а как серьезное оружие в конкурентной борьбе.

Само понятие интеллектуальной собственности наиболее точно определено Всемирной организацией интеллектуальной собственности (ВОИС), учрежденной ООН в 1967 г. Интеллектуальная собственность включает права, относящиеся:

- к литературным, художественным и научным произведениям;
- исполнительской деятельности артистов, звукозаписи, радио- и телевизионным передачам;
- изобретениям во всех областях человеческой деятельности;
- научным открытиям;

- промышленным образцам;
- товарным знакам, знакам обслуживания, фирменным наименованиям и коммерческим обозначениям.

Как отмечено в [2], основное достоинство данной формулировки – универсальность, позволяющая охватить всю совокупность прав, которые в принципе могут быть отнесены к интеллектуальной собственности (ИС), основной ее недостаток – аморфность, затрудняющая непосредственное практическое использование.

§ 3.1. Обоснование математической модели

Анализ результатов решения широкого класса прикладных задач позволяет выявить следующие основные подходы к построению математических моделей. В настоящее время применяют различные методики оценки объектов интеллектуальной собственности. Существуют три основных подхода к оценке ОИС: доходный, затратный, рыночный. Все они имеют определённые недостатки. «Пропасть отделяет реальные условия и практические методы оценивания патентов от идеальной экономико-математической конструкции, увязывающей практические методы оценки между собой» [3]. Таким образом, сегодня нет единой методики оценки ОИС, а соответственно и методики обработки, анализа данных для этой цели.

В настоящее время для оценки ОИС, как следует из анализа литературы по этой теме [3] – [5], используют в основном аналитические модели, и возникают соответствующие проблемы. Такие модели расчета цены ОИС, как отмечено в [4], в зависимости от лежащих в их основе принципов можно отнести к следующим основным группам:

- экспертные методы оценки, основанные на практическом опыте проведения сделок купли-продажи;
- методы оценки, основанные на расчете дополнительной прибыли, получаемой от использования ОИС;
- методы оценки, основанные на расчете суммы затрат на создание, регистрацию, обеспечение правовой охраны, соблюдение конфиденциальности и другие действия в отношении объекта ИС;
- комбинированные методы оценки, содержащие элементы названных выше основных методов.

Различные подходы используют с целью достоверного обоснования получаемого результата оценки. Кумулятивный эффект, получаемый в результате их совместного применения, состоит в возрастающем понимании реальной ценности ИС.

Распространенные в настоящее время модели оценки, основанные на использовании расчетных формул, относятся к аналитическому методу и обладают всеми его достоинствами и недостатками. В первую очередь отметим трудность определения числовых значений коэффициентов в формулах. Так, в [4] указывают на «спорность этих коэффициентов с точки зрения их влияния на значимость ОИС», а также «большой произвол в оценке» из-за использования коэффициентов. Многие оценщики ОИС испытывают недовольство по поводу используемых аналитических моделей оценки, получаемые результаты по которым могут значительно различаться. Поэтому на данный момент стоит проблема построения оптимальной по точности математической модели оценки ИС, учитывающей дополнительную информацию о признаках, условиях использования ОИС, уникальность объектов интеллектуальной собственности и сделок с ними.

§ 3.2. Определение понятия «оценка»

Остановимся на рассмотрении понятия «оценка», ее видов или, скорее, форм представления. Оценка не всегда может быть представлена одним числом, отражающим некоторое свойство оцениваемого объекта. Она может быть выражена сложным образом и зависит от внешних как объективных, так и субъективных факторов.

Оценка как число не всегда может быть представлена в денежном выражении одним числом. В этом виде она встречается при определении ущерба, понесенного правообладателем, либо при внесении вклада в виде прав ИС в уставный капитал предприятия.

Оценка на основе паушальных платежей и роялти – данный способ оценки рассматривается практически во всех разработках по оценке объекта интеллектуальной собственности; там же отмечается, что он редко дает объективную оценку ОИС, так как не учитывает их специфику.

Оценка как совокупность условий. Цена ОИС – совокупность условий, на которых права интеллектуальной собственности переходят от одного правообладателя к другому. Стоимостная (числовая) оценка прав ИС –

частный случай такой обобщенной оценки. Оценка ОИС проводится для какой-либо цели, оценки для разных целей различаются. Как отмечено в [9]: «...часто приходится иметь дело с несколькими оценками одних и тех же прав ИС, используемыми для различных целей».

Представление об оценке как о некотором числе, объективно отражающем некое свойство оцениваемого объекта, не совсем верно. Во-первых, оценка может быть выражена достаточно сложным образом. Во-вторых, она зависит от множества внешних факторов, которые скорее субъективны, чем объективны.

Говоря об оценке ИС, следует помнить, что это – совокупность факторов (признаков), на основе которых строится непосредственно система её определения. Числовая (стоимостная) оценка ИС есть частный случай обобщенной оценки.

Анализ публикаций, практического опыта оценщиков и нормативно-руководящих постановлений РФ позволяет выделить следующие основные задачи оценки ОИС.

1. Для конкретного ОИС требуется выполнить оценку его рыночной стоимости в интегрированной форме, т.е. не рассматривая варианты его использования, например для обычной купли-продажи ОИС.

2. Необходимо рассмотреть возможные варианты использования ОИС, сопоставить их эффективность с целью определения оптимального варианта использования.

3. Дальнейшее развитие задач касается анализа не отдельно взятого ОИС, а некоторого их множества, применяющегося на конкретном предприятии.

Результатом анализа должно быть выяснение доли каждого из объектов в эффективности функционирования предприятия, динамики их развития во времени с прогнозом на ближайшее будущее, а в итоге – оптимизация использования (включая и выбытие, т.е. прекращение использования) каждого из ОИС.

§ 3.3. Основная модель и структуры данных

Как уже отмечалось, чисто аналитический подход к получению оценки ОИС связан с определением коэффициентов расчётных формул, что вызывает определённые затруднения. Действительно, для каждой из расчётных

моделей (рыночной, затратной и т.д.) существует свой набор коэффициентов, которые меняются во времени и требуют регулярной корректировки. Кроме того, сама расчётная модель может оказаться несовершенной, не все особенности объекта в ней удаётся учесть – об этом говорит сам факт одновременного существования множества расчётных схем.

Альтернатива аналитического подхода – эмпирический подход, когда при оценке следует использовать уже известные аналоги с известными параметрами и результатами оценки. Задача состоит в определении корректной обработки имеющихся данных. Естественно, это будет связано с большим объёмом вычислений, что потребует их автоматизации с помощью компьютерной техники. При автоматизации исследований данные должны отражать модель предметной (исследуемой) области реального мира. Структура изучаемого явления должна найти отражение в структуре данных, чтобы по ней можно было делать выводы о закономерностях, присущих реальности.

В нашем случае изучаемой единицей предметной области является объект интеллектуальной собственности, который характеризуется совокупностью параметров – признаков. Подобных объектов может быть некоторое конечное множество. Они анализируются с целью нахождения неизвестной оценки исследуемого ОИС.

Таким образом, для целей оценки, обработки, анализа данных подходит комбинированная математическая модель, использующая информацию из базы данных. БД есть совокупность объектов ИС. Каждый объект представлен своими свойствами (параметрами), поэтому для поставленной задачи наиболее удобной моделью данных будет реляционная, представляющая данные в виде таблицы. Основная часть структуры системы оценки ОИС представлена на рис. 3.1.

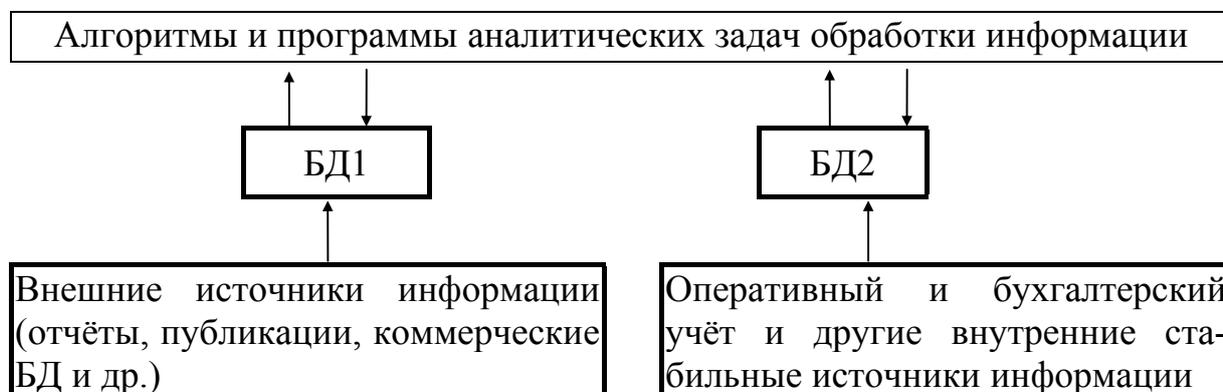


Рис. 3.1. Основная структура системы оценки ОИС

Таким образом, для обработки и анализа данных имеем n -мерное пространство признаков $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Объект интеллектуальной собственности характеризуется набором признаков (вектором), состоящим из компонентов базы данных: x_1, x_2, \dots, x_n . Но поскольку обработка данных для оцениваемого объекта и объектов-аналогов выполняется по-разному, введем обозначения для оцениваемого объекта $u(u_1, u_2, \dots, u_m)$, а для аналогов a_k ($a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kn}$), где $k = \overline{1, m}$ (m – число объектов-аналогов).

Конкретизация классов параметров объектов интеллектуальной собственности

Варианты использования ОИС:

- 1) вклад в уставный капитал:
 - на праве собственности;
 - на праве хозяйственного ведения;
 - на праве оперативного управления;
- 2) продажа ИС (получение всей суммы, лишение возможности получать прибыль при дальнейшем использовании ИС);
- 3) создание своего дела на базе ИС;
- 4) франшиза (контроль деятельности, получение периодических выплат);
- 5) лизинг (получение всех денег стабильно, но не сразу);
- 6) передача прав на определенный срок по лицензии:
 - исключительной;
 - простой.

Далее можно предложить для заполнения БД следующие основные параметры, описанные в специальной литературе и применяющиеся для оценки ОИС. По функциональному признаку разделим их на следующие шесть групп.

1. Расходы на создание и защиту ОИС.
2. Затраты по стадиям жизненного цикла ОИС.
3. Информационное обеспечение разработки.
4. Рыночная ситуация.
5. Характеристики сбыта лицензионной продукции.
6. Влияние договорных условий.

Модель данных предметной области представляет собой таблицу объектов и их признаков. Поскольку мы имеем объекты интеллектуальной собственности, это их свойство должно быть отражено в математи-

ческой модели получения оценки ОИС. Степень интеллектуального различия ОИС предлагается оценивать углом φ между векторами объектов в пространстве признаков x [6].

Вектор характеризуется длиной и направлением, и если его длина зависит от масштаба или единиц измерения, то направление инвариантно к этим показателям. Не следует выбирать мерой близости двух ОИС евклидово расстояние между точками a_k и u в n -мерном пространстве признаков этих объектов, поскольку оно зависит от масштаба объекта и единиц измерения. Мерой интеллектуальной близости должно быть сходство направлений векторов, инвариантное к вышеназванным причинам. Если два вектора имеют одинаковое направление, то в интеллектуальном смысле они идентичны, так как имеют одну и ту же конструкцию, отличаясь лишь размерами. Следовательно, мерой интеллектуальной близости (или различия) двух ОИС следует считать угол между векторами их параметров. Наиболее просто определить величину угла в пространстве признаков по его косинусу, для вычисления которого существует очень простая формула.

Косинус угла между векторами w и y находим по формуле

$$f = \cos \varphi = \frac{|(w, y)|}{\sqrt{(w, w)(y, y)}}, \quad (3.1)$$

где использованы сокращённые обозначения для скалярного произведения двух векторов:

$$(w, y) = \sum_{i=1}^m w_i \cdot y_i, \quad (w, w) = \sum_{i=1}^m w_i \cdot w_i, \quad (y, y) = \sum_{i=1}^m y_i \cdot y_i. \quad (3.2)$$

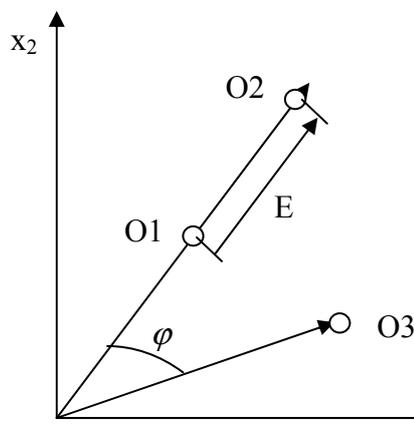
Объекты полностью идентичны, если угол между ними равен нулю, тогда косинус угла равен единице. При неполной идентичности значения косинуса будут находиться в интервале от нуля до единицы.

В задаче анализа данных требуется для исследуемого объекта u найти в БД такой a_k , для которого величина f , определяемая по формуле (3.1), будет максимальна (в идеале – равна единице). Решается эта задача упорядоченным перебором элементов БД, при этом нужно выделить не только один наиболее близкий аналог, а несколько ближайших аналогов для повышения надёжности оценок путём решения последующих задач оценки объектов.

Рассмотрим пример (рис. 3.2) взаимного расположения векторов объектов ИС для двумерного пространства признаков. Объекты O_1 и O_2 в

интеллектуальном смысле копируют друг друга, но могут быть различны в стоимостном отношении.

При оценке числового значения стоимости следует рассматривать и евклидово расстояние E между объектами, но при анализе интеллектуальных свойств следует считать аналогичными все объекты, лежащие на одной прямой. Третий объект O_3 отличается



от первых двух интеллектуальной новизной – его признаки подобраны в иной пропорции в результате творческого поиска, в то время как два первых могут быть результатом плагиата или промышленного шпионажа.

Предлагаемая математическая модель позволяет не только выполнить оценку ОИС, но и формализовать процесс анализа уникальности исследуемого ОИС. Это может оказаться полезным, например, при патентном поиске и, естественно, при определении авторских прав.

Для числовой оценки ОИС уточним следующее. Угол между векторами характеризует интеллектуальную близость и позволяет определить наиболее близкий объект, но для количественной оценки этого недостаточно – необходимо учесть размер и масштаб объекта.

Не вызывает сомнений, что два разнокалиберных объекта будут иметь разную стоимость и остальные числовые показатели. Для приведения объектов к одинаковому масштабу выполняется их нормирование, определение их нормы. При оценке ОИС нам потребуются два варианта норм, назовём их полной и неполной нормами, и чтобы каждый раз их не описывать, посвятим этому следующий параграф учебного пособия.

§ 3.4. Нормировка ОИС и информационная матрица

Методы обработки данных в задачах оценки объектов ИС основаны на понятиях сходства или различия объектов. Сходство объектов в пространстве признаков есть расстояние между ними, причём оно может

Рис. 3.2. Варианты взаимного расположения ОИС в двумерном пространстве признаков

определяться в различных метриках. Следовательно, именно от расстояний между объектами (точками) во многом зависит результат решения задач анализа данных. При изменении единиц измерения признаков меняются как данные, так и расстояния между объектами. Во избежание таких ситуаций признаки, измеренные в разнородных физических единицах, подвергают нормировке.

В данном случае речь идет о нормировке векторов, и среди различных норм выбрана традиционная для векторного анализа евклидова норма. В этом случае норма вектора x вычисляется по следующей формуле:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} = (x, x)^{1/2},$$

где x_i – компоненты вектора x .

Нормировка ОИС означает нормировку строк исходной таблицы (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Общая структура данных для задачи оценки ОИС

X	x_1	x_2	...	x_n	z_1	z_2	...	z_p	cos
U	u_1	u_2	...	u_n	w_1	w_2	...	w_p	1,0
A₁	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	z_{11}	z_{12}	...	z_{1p}	f_1
A₂	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	z_{21}	z_{22}	...	z_{2p}	f_2
...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	z_{m1}	z_{m2}	...	z_{mp}	f_m

В дальнейших вычислениях придётся использовать два варианта нормы объекта, назовём их полной и частичной нормами. Для полной нормы используют элементы всей строки, и для k -го объекта получим формулу

$$h_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ki}^2 + \sum_{i=1}^p z_{ki}^2}.$$

Полная норма h наиболее полно определяет размер ОИС, но она не может быть вычислена для оцениваемого ОИС, так как для него неизвестны значения оцениваемых параметров z , поэтому такую норму будем применять в тех расчётах, где не используется оцениваемый ОИС.

При выполнении расчётов с участием в них оцениваемого ОИС перейдем к частичной норме

$$h_k' = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ki}^2}$$

и будем использовать её для всех объектов, участвующих в данных расчётах.

В некоторых случаях достаточно определения только нормы вектора, но в общем случае необходимо работать с нормированным вектором-объектом.

Компоненты нормированного ОИС определяют по формулам соответственно для полного и неполного ОИС:

$$a_{ki} = \frac{a_{ki}}{h_k}; \quad z_{ki} = \frac{z_{ki}}{h_k} \quad \text{и} \quad a_{ki} = \frac{a_{ki}}{h_k'}.$$

В этих формулах используют одни и те же обозначения для параметров ОИС a_{ki} во избежание путаницы, но в правых частях формул они соответствуют ненормированным (исходным) значениям, а в левых – нормированным. Отметим, что нормированные значения параметров инвариантны к единицам их измерения.

Для совокупности нормированных ОИС достаточно просто вычислить информационную матрицу. Такая матрица может оказаться полезной при анализе всей совокупности ОИС, куда можно включить и оцениваемый объект.

Вычисление информационных матриц

Если векторы-объекты сильно коррелированы между собой, то между ними существует статическая связь и такие объекты в интеллектуальном смысле копируют друг друга, не являются ноу-хау, а больше соответствуют понятию «плагиат».

Отметим, что в настоящее время нет формальных правил для определения плагиата среди объектов ИС. Предлагаемая методика с использованием информационной матрицы позволяет это сделать на алгоритмическом уровне. Формальное определение степени интеллектуальности можно использовать, например, для автоматизации патентного поиска.

Информационная матрица I служит для определения степени интеллектуального различия векторов-объектов ИС. В качестве информации о линейной зависимости нормированных векторов будем брать их скалярные произведения, они и будут элементами матрицы.

Матрица I будет иметь вид:

$$\begin{bmatrix} 1 & C_{12} & C_{13} & \dots & C_{1m} \\ C_{21} & 1 & C_{23} & \dots & C_{2m} \\ C_{31} & C_{32} & 1 & \dots & C_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{m1} & C_{m2} & C_{m3} & \dots & 1 \end{bmatrix},$$

где $C_{kl} = (a_k, a_l)$, a_k – нормированные объекты ИС, т. е. нормированные векторы с компонентами a_{ki} , а для полного ОИС нужно добавить компоненты z_{ki} .

Элементы матрицы I есть косинусы углов между соответствующими векторами-объектами, так что в ней представлены все углы между векторами, и это позволяет иметь полную информацию о данном наборе ОИС.

§ 3.5. Преобразование нечисловых данных в количественные

Нередко свойства ОИС задаются в описательной, нечисловой форме. Введём для них обозначения c_1, \dots, c_m . Для компьютерной обработки их требуется преобразовать в числовые, обозначим их соответственно r_1, \dots, r_m .

Один из способов такого преобразования – экспертные оценки. Базовый алгоритм экспертной оценки – метод Дельфы. Это ряд последовательных процедур, характеризующихся следующими чертами: анонимность, регулируемая обратная связь, групповой ответ. Метод экспертных оценок хорошо известен и сохраняет черты субъективности, поэтому не будем на нём останавливаться.

Поскольку экспертные оценки субъективны, в данной работе предлагается алгоритмизировать преобразование нечисловых данных в числовые. Можно предложить несколько способов такого преобразования. Для рассматриваемых далее задач существенна монотонная зависимость значений признаков от оцениваемой величины (об этом подробно сказано в § 3.8). На осуществлении наилучшей монотонности и основывается предлагаемый алгоритм.

Опишем вначале саму идею такого преобразования. Требование монотонности означает, что преобразовываемую величину $c(c_1, \dots, c_m)$ необхо-

димом связать с оцениваемым параметром z , от которого должна по возможности монотонно зависеть c . Поэтому первым шагом алгоритма будет упорядочение исходной таблицы по возрастанию (или убыванию, это совершенно симметрично) оцениваемой величины z .

Далее для более простых расчётов числовые значения оцениваемой величины можно заменить целыми числами – их порядковыми номерами по возрастанию этих значений (рис. 3.3). Тогда получаемые после преобразования значения r_i также должны монотонно возрастать (или убывать). Введём линейную зависимость между z и r . Решение задачи рассмотрим на примере рис. 3.3.

На рис. 3.3 конкретные значения z (в порядке их возрастания) заменены числами 1, 2, 3, 4 и 5; а в соответствие им поставлены c_1, c_2 и c_3 . В нашем примере признаку c_1 соответствуют значения 1 и 3, признаку c_2 – значения 2 и 5. Прямая, проходящая через начало координат, отражает линейную зависимость между z и r .

Признаку c_3 соответствует единственное значение 4, поэтому $r_3 = 4$. Значения c_1, c_2 определим по методу наименьших квадратов так, чтобы при линейной зависимости сумма отклонений от соответствующих значений была минимальна.

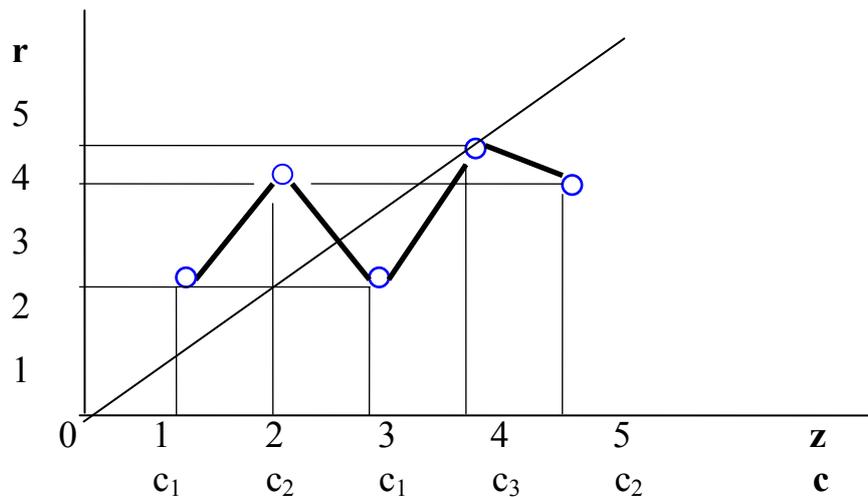


Рис. 3.3. Преобразование нечисловых данных

Тогда для c_1 имеем функцию суммы квадратов отклонений

$$F1 = (r1 - 1)^2 + (r1 - 3)^5 \rightarrow \min_{c1} .$$

Условие экстремума данной функции $\frac{\partial F1}{\partial r1} = 0$.

Распишем подробнее: $\frac{\partial F1}{\partial r1} = 2(r1-1) + 2(r1-3) = 0$, откуда получим $r_1 = 2$.

Для c_2 сумма квадратов отклонений

$$F2 = (r2-2)^2 + (r2-5)^2 \rightarrow \min_{c2}$$

Условие экстремума функции $\frac{\partial F2}{\partial r2} = 0$, или $\frac{\partial F2}{\partial r2} = 2(r2-2) + 2(r2-5) = 0$,

откуда $r_2 = 3,5$.

Формальное решение для c_3 : $F3 = (r3-4)^2$, $\frac{\partial F3}{\partial r3} = 2(r3-4) = 0$ и $r_3 = 4$.

На рис. 3.3 полученные точки обозначены кружочками. Алгоритм обеспечивает минимальность меры немонотонности полученной кусочно-линейной функции.

В общем случае по осям координат могут находиться не равномерно расположенные точки, а реальные (или нормированные) значения z_i и (по другой оси) числовые значения преобразованной величины r_i . Кроме того, монотонность может быть не возрастающей, а убывающей. Но описанный алгоритм преобразования может быть полностью применён и для такого случая, а числовые значения меры немонотонности, вычисленные по приведенным выше формулам, для этих двух случаев совпадают.

Отметим в заключение, что описанное преобразование должно выполняться отдельно для каждого из оцениваемых параметров z_k и результаты в общем случае будут различны.

§ 3.6. Оценка ОИС при малом числе аналогов

Объясним понятие «малое число аналогов», тем более что далее речь пойдет о «достаточно большом числе аналогов». В последующих параграфах каждому случаю будет предложен свой метод оценки в зависимости от имеющейся информации, т.е. от количества аналогов, поэтому необходимо точно определить границу между их большим и малым числом.

Оценка по ближайшему аналогу

Ближайший аналог будем определять по наибольшей величине косинуса между векторами, соответствующими оцениваемому ОИС, и его \square влялогами. В этом случае наименьшее число аналогов равно единице, единственный аналог и будет ближайшим, но объективной мерой близости \square вляется величина f косинуса угла между векторами ОИС.

Для вычисления f выполним преобразование расчётных формул (3.1) и (3.2) в соответствии с введенными ранее обозначениями. Напомним эти обозначения.

Объект интеллектуальной собственности характеризуется набором параметров (вектором), введенных в базу данных: x_1, x_2, \dots, x_n . Эти параметры должны быть известны как для аналогов, так и для оцениваемого объекта. Но поскольку обработка данных для оцениваемого объекта и объектов-аналогов выполняется по-разному, введем обозначения для известных параметров оцениваемого объекта u (u_1, u_2, \dots, u_n), а для аналогов a_k ($a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kn}, z_{k1}, z_{k2}, \dots, z_{kp}$), где $k = \overline{1, m}$ (m – число объектов-аналогов).

По этой же причине неизвестные для оцениваемого объекта параметры z обозначим символом w . Далее для простоты математических соотношений будем рассматривать задачи определения только одного показателя w_k , и он соответствует подобным показателям аналогов z_{ki} такого же назначения (это один столбец в табл. 3.2).

Здесь и далее будем пользоваться следующими обозначениями:

n – общее число признаков объектов ИС;

p – общее число результатов использования ОИС (количество оцениваемых величин, т.е. оценка векторная), $p + n$ равно числу столбцов БД;

m – общее число объектов-аналогов;

a_{ij}, z_{ij} – известные параметры объектов-аналогов.

Интеллектуальная мера близости оцениваемого ОИС u и аналога a_k определяется величиной угла между ними, косинус которого и требуется вычислить. Формулы (3.1) и (3.2) преобразуем в соответствии с представленными в табл. 3.2 обозначениями.

Косинус угла между векторами u, a_k определится по формуле

$$f_k = \cos \varphi_k = \frac{|(u, a_k)|}{\sqrt{(u, u)(a_k, a_k)}}, \quad (3.3)$$

где скалярные произведения будут вычисляться следующим образом:

$$(u, a_k) = \sum_{i=1}^n u_i \cdot a_{ki}, \quad (u, u) = \sum_{i=1}^n u_i^2, \quad (a_k, a_k) = \sum_{i=1}^n a_{ki}^2. \quad (3.4)$$

Ближайший аналог определяется наибольшим значением f . В данном случае не представляется возможным применить методы оптимизации, так как значения f_k приходится вычислять по очереди и весь их массив заранее неизвестен, поэтому рекомендуем создать в БД дополнительное поле для f_k ,

тем более что в некоторых дальнейших алгоритмах оценки ОИС значения f_k будут использоваться как весовые коэффициенты.

При определении численного значения оцениваемого параметра w нужно учесть соотношение норм оцениваемого ОИС и ближайшего аналога a_k , т.е.

$$w = z_k \frac{h}{h'_k}, \quad (3.5)$$

где z_k – величина параметра, соответствующего оцениваемому, для ближайшего аналога a_k ; h – частичная норма вектора оцениваемого ОИС; h'_k – частичная норма ближайшего аналога.

Аппроксимация по неоцениваемым параметрам

Существует логика в утверждении, что для любого аналога значение z , соответствующее оцениваемому параметру w , стохастически связано с неоцениваемыми параметрами u того же аналога. Меру случайности и связанный с этим риск при оценке ОИС будем анализировать далее, пока же приведём все расчётные формулы.

В обозначениях табл. 3.2 для конкретного оцениваемого параметра w запишем следующее:

$$w = \sum_{j=1}^n \beta_j u_j,$$

где вектор β с компонентами β_j будет различным для каждого оцениваемого параметра w .

Перейдём к соотношениям для любого i -го аналога. Для него связь между параметром z_i , соответствующим данному w , и компонентом β_j будет выражаться следующей формулой:

$$z_i = \sum_{j=1}^n \beta_j a_{ij}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Поскольку число аналогов равно m , нужно использовать информацию по всем ним. Это значит, что требуется найти такие значения β_j , для которых следующая величина была бы минимальной:

$$\sum_{i=1}^m f_i \sum_{j=1}^n (\beta_j a_{ij} - z_{ij})^2 \rightarrow \min_{\beta},$$

где косинусы f_i – весовые коэффициенты для соответствующего i -го аналога.

Решение этой задачи приводит к следующей расчётной формуле:

$$R^T R \beta = R^T z.$$

В этой формуле R – матрица, составленная из значений параметров всех аналогов:

$$R = \begin{bmatrix} a_{11} a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21} a_{22} \dots a_{2n} \\ \dots \\ a_{m1} a_{m2} \dots a_{mn} \end{bmatrix}.$$

При решении данной задачи должны быть выполнены два условия.

1. Все объекты-аналоги должны быть нормированы.
2. Данные для каждого k -го аналога должны иметь весовой коэффициент f_k .

$$z_i = \sum_{j=1}^n \beta_j a_{ij}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Вектор z , соответствующий оцениваемому параметру w_k , составляется также из параметров всех (нормированных) аналогов с весами f_k и имеет следующий вид:

$$z = \begin{bmatrix} z_{1k} \\ z_{2k} \\ \dots \\ z_{mk} \end{bmatrix}.$$

Тогда n -мерный вектор β , полученный описанным решением, будет относиться к оценке w_k .

§ 3.7. Оценка ОИС при достаточно большом числе аналогов

Теперь объясним понятие «достаточное число аналогов». Далее будет определена граница между их большим и малым числом.

Аппроксимация по оцениваемым параметрам

Разумеется, оценка ОИС только по одному аналогу может быть случайной и потому недостаточно надёжной. Для рассматриваемого далее способа оценки необходимо использовать группу аналогов, наиболее близких к оцениваемому ОИС, и число их должно быть достаточно велико.

Предлагаемый способ получения более точного результата основывается на предположении, что существует стохастическая связь между оцениваемым параметром w и значениями аналогов, имеющих данные z и f . Тогда при достаточной выборке можно аппроксимировать зависимость только между этими данными.

Линейная и нелинейная аппроксимации показаны на рис. 3.4. Линейная аппроксимирующая функция имеет вид

$$w = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot f,$$

она содержит два коэффициента α_1 и α_2 , которые подлежат определению.

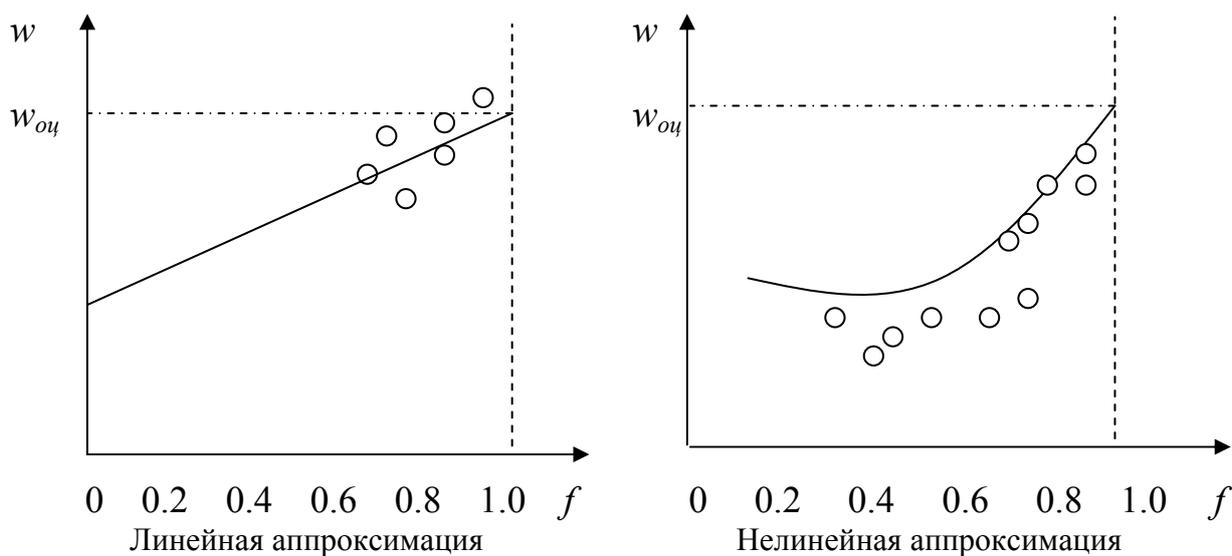


Рис. 3.4. Аппроксимации

Нелинейная аппроксимация, будучи более гибкой, позволяет воспроизвести более сложные зависимости и содержит большее число коэффициентов. Для определения значений коэффициентов необходимы аналоги, и требуемое их количество весьма трудно указать.

В статистике принято, что при отсутствии конкретных критериев в среднем требуется иметь 5 – 10 аналогов на один коэффициент, поэтому для линейной аппроксимации достаточно 10 – 20 аналогов.

Для квадратической аппроксимации, имеющей три параметра:

$$w = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot f + \alpha_3 \cdot f^2,$$

требуется иметь 15 – 30 аналогов. Этим и определяется количество аналогов для выполнения качественной аппроксимации. Если имеющееся количество меньше названной выше величины, то возможно лишь применение методов оценки при малом числе аналогов. Напротив, при большом числе аналогов возможно применение любых методов оценки.

Сопоставление результатов, полученных разными методами, позволит повысить надёжность оценки и уменьшить риск при её использовании.

Приведём расчётные формулы для линейной аппроксимации. Метод наименьших квадратов означает, что должна быть минимальной сумма квадратов отклонений расчётных величин от заданных, т.е.

$$\sum_{i=1}^m (\alpha_1 + \alpha_2 \cdot f_i - z_i)^2 \rightarrow \min.$$

Вектор неизвестных коэффициентов аппроксимации α (α_1, α_2) определяется из системы линейных алгебраических уравнений второго порядка $G \cdot \alpha = h$, где G – матрица с элементами – скалярными произведениями векторов l и f . Скалярные произведения находим по формулам (3.1) – (3.4).

$$G = \begin{bmatrix} (l, l) & (l, f) \\ (f, l) & (f, f) \end{bmatrix}.$$

Вектор h имеет своими элементами также скалярные произведения:

$$h = \begin{bmatrix} (l, z) \\ (f, z) \end{bmatrix}.$$

Собственно решение системы уравнений второго порядка $G \cdot \alpha = h$ не вызывает каких-либо затруднений, и после этого можно получить более надёжное значение для оценки требуемой величины w . Поскольку величина z имеет размер, соответствующий аналогу, то при переходе к оцениваемому ОИС нужно учесть соотношение их норм в соответствии с формулой (3.5).

Отметим в заключение, что поскольку величина стохастичности непредсказуема, то необходимо ввести понятие «риск при оценке ОИС», (см. § 2.3).

§ 3.8. Определение меры немонотонности признаков ОИС

Эта задача возникает по следующей причине. Оценка объектов ИС означает, что оцениваемая величина w объекта определяется по значениям признаков (параметров) объектов-аналогов. Это, вообще говоря, относится к задаче косвенных измерений. Например, так определяется температура по косвенному признаку – тепловому расширению тел. Но при этом совершенно обязательно условие монотонной зависимости между признаком и величиной, подлежащей определению. Так что при подготовке данных для оценки ОИС анализ характера зависимости между характеристикой объекта-аналога и каждым из его признаков весьма желателен. Отбрасывание значительно немонотонных признаков повышает устойчивость оценки.

Отметим также, что если требуется выполнить оценку для нескольких характеристик w объекта, то такой анализ следует проводить для каждой характеристики отдельно.

По-видимому, такая задача ранее не решалась, и в специальной литературе не было найдено описание алгоритма определения меры немонотонности, так что в настоящей работе представлен оригинальный алгоритм. Он содержит два последовательных этапа решения задачи.

На первом этапе определяется общая тенденция зависимости между признаком и оцениваемой величиной, и в данном случае она должна быть выражена только линейной зависимостью, так как любая нелинейная зависимость уже может быть немонотонной.

На втором этапе вычисляется количественное отклонение существующей реальной зависимости от найденной тенденции. Рассмотрим подробнее этот алгоритм.

Для определения общей тенденции зависимости целевого признака z объекта-аналога, соответствующего оцениваемому параметру w , от любого из параметров аналога требуется найти регрессию, т.е. аппроксимацию этой статистической зависимости. В рассматриваемом случае, как уже отмечалось, регрессия должна быть линейной.

Задача решается конкретно для целевого признака z и для одного из параметров a_i . Для одного и того же z различные параметры могут иметь различные меры немонотонности, и требуется решать задачу многократно для всех параметров. Но решение достаточно простое. Распишем последовательность действий для одного такого решения.

Обратимся снова к табл. 3.2. Для параметра z имеется m значений – по числу аналогов. Для каждого из не оцениваемых параметров a_{ij} существует также m значений, все они составляют столбцы таблицы. Связь между z и a_{ij} должна в идеале быть монотонной. Проверим это.

Первое действие: упорядочить столбец a_{ij} по возрастанию значений этого параметра. Тогда и значения z должны либо монотонно возрастать, либо монотонно убывать, что легко заметить визуально. Если это выполняется, то никакие расчёты не нужны, монотонность соблюдается. В противном случае придётся выполнить дальнейшие действия.

Второе действие: определить линейную регрессию, т.е. зависимости вида $z = \gamma_1 + \gamma_2 \cdot a_{ij}$. Коэффициенты регрессии γ_1 и γ_2 вычисляются по методу наименьших квадратов, и общая тенденция зависимости z (a_{ij}) определяется коэффициентом γ_2 ($\gamma_2 < 0$ – функция убывает, $\gamma_2 > 0$ – функция возрастает).

Теперь можно приступить к вычислению меры немонотонности. Итак, пусть S – мера немонотонности признака z . Подсчет этой величины будем проводить следующим образом.

Последовательно определяем приращение признака z между двумя соседними точками i и $i+1$, т. е. $\Delta x = x_{i+1} - x_i$. Если аппроксимирующая функция возрастает ($\gamma_2 > 0$), тогда $S = S + 0$ при $\Delta x > 0$ и $S = S + |\Delta x|$ при $\Delta x < 0$.

Если же аппроксимирующая функция убывает ($\gamma_2 < 0$), тогда $S = S + |\Delta x|$ при $\Delta x > 0$ и $S = S + 0$ при $\Delta x < 0$.

Фрагмент программы на Паскале для нахождения S

```
S:=0;
for i:=1 to n-1 do
begin
  dx:=x[i+1]-x[i];
  if dx*a2<0 then S:=S+abs(dx);
end;
```

Отметим, что определение меры немонотонности проводится для нормированных значений признака.

§ 3.9. Анализ устойчивости оценки ОИС

Имеем множество векторов для объектов из БД. Оцениваемый объект (т. е. его вектор u) займет некоторое положение среди них. Рассмотрим пример для двумерного пространства признаков (рис. 3.5).

Здесь a_i ($i = \overline{1, m}$) – векторы объектов-аналогов.

Для устойчивой оценки все ближайшие объекты не должны сильно отличаться в оцениваемой величине. Пусть два ближайших объекта-аналога будут a_i и a_{i+1} .

При небольшом изменении вектора u самым близким

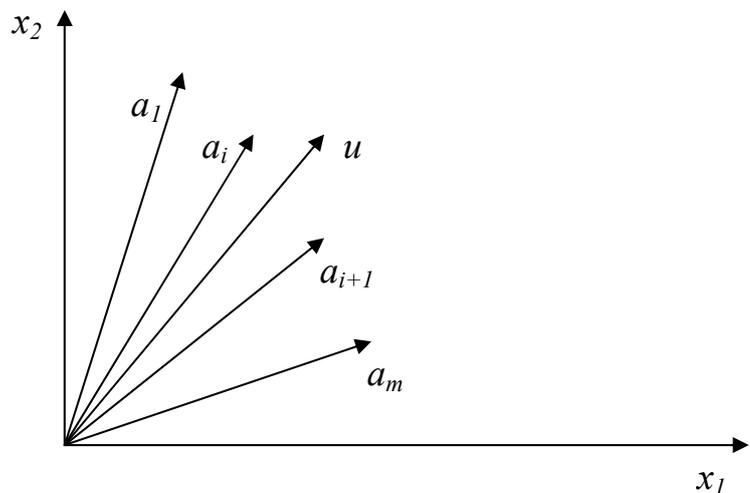


Рис. 3.5. Взаимное расположение векторов-объектов ОИС в двумерном пространстве признаков x_1, x_2

может оказаться другой аналог, но при этом оценка не должна сильно измениться, поэтому условие для устойчивости оценки можно сформулировать так: *внутри любого небольшого конуса все содержащиеся в нем объекты должны иметь близкие значения оцениваемого параметра.*

Генерация конуса для вектора оцениваемого объекта

Каноническое уравнение конуса в трехмерном пространстве имеет вид (рис. 3.6)

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0.$$

В задаче анализа данных имеем n -мерное пространство признаков $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$, в котором находятся оцениваемый объект u и аналоги a_k ($k=\overline{1, m}$).

Пусть для определенности ось конуса совпадает с осью координат y_1 , тогда расположение конуса в новой системе координат примет вид, показанный на рис. 3.7.

Уравнение конуса в новой системе координат: $\sum_{i=2}^n \left(\frac{y_i}{r_i} \right)^2 - \frac{y_1^2}{r_1^2} = 0$,

где y_1, y_i – координаты точки в n -мерной системе координат Y ; r_1 – высота конуса (расстояние от начала координат до оцениваемого объекта); r_i – радиус конуса, при анализе данных конус должен быть симметричен, $r_2=r_3=\dots=r_n=r$.

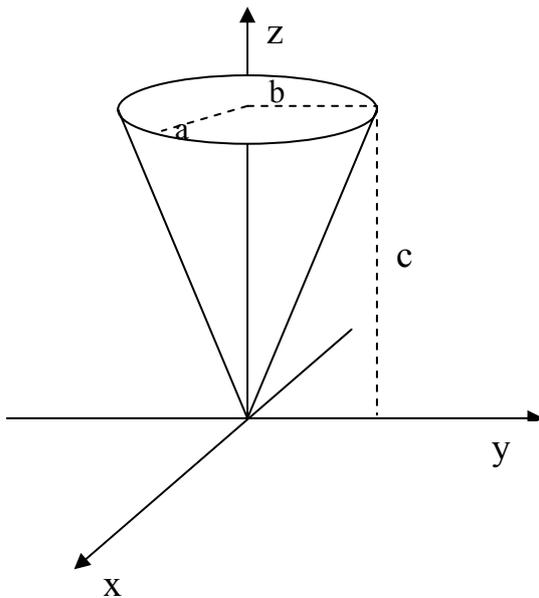


Рис. 3.6. Канонический вид конуса

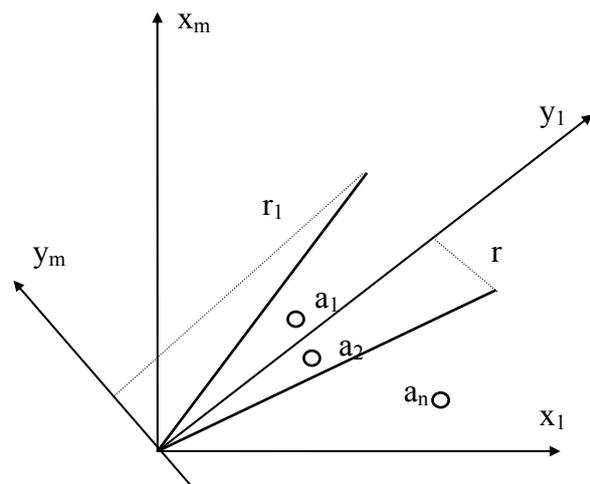


Рис. 3.7. Конус в новой системе координат

Принадлежность точки a_k внутренности конуса подчиняется условию

$$\sum_{i=2}^n y_i^2 - \frac{y_1^2 r^2}{r_1^2} < 0,$$

где y_i – координаты точки a_k в системе координат Y .

Для удобства расчетов сделаем замену: $\frac{r^2}{r_1^2} = \varepsilon^2$, получим более удобную формулу, которую и будем применять в дальнейших расчетах:

$$\sum_{i=2}^n y_i^2 - y_1^2 \varepsilon^2 < 0,$$

где ε – раствор конуса.

Ось конуса должна проходить через точку u , поэтому нужно преобразовать систему координат X в Y , чтобы любая точка x из X могла получить новый вектор координат y в Y : $y = Kx$, где K – матрица преобразования координат.

Получение матрицы преобразования координат

Преобразование координат должно изменять только направление вектора, а не его длину, поэтому матрица K должна быть ортонормирована.

Система векторов a_1, a_2, \dots, a_n ортонормирована, если

$$- (a_i, a_j) \neq 0, \quad i \neq j;$$

$$- (a_i, a_i) = 1.$$

Рассмотрим один из вариантов получения матрицы K . Обозначим строки матрицы через V_1, V_2, \dots, V_n (индекс – номер строки), так что каждая строка V_i есть n -мерный вектор (матрица K – квадратная, число столбцов равно числу строк).

В первую строку введём компоненты объекта u ($V_1 = u$), этим строка полностью определена. Во вторую строку поместим лишь две ненулевые компоненты, которые однозначно определяются из условий ортонормированности. Третья строка будет иметь три ненулевые компоненты и т. д. Матрица K будет иметь вид

$$K = \begin{bmatrix} u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & \dots & u_n \\ k_{21} & k_{22} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & 0 & \dots & 0 \\ k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & k_{n4} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}.$$

Требуется определить элементы матрицы k_{ij} ($i = \overline{2, n}; j = \overline{2, n}$).

Элементы второй строки определяются из двух условий ортонормированности: $(V_1, V_2) = 0$ и $(V_2, V_2) = 1$.

Первое уравнение приводит к линейному алгебраическому уравнению, второе – к квадратному уравнению, что затрудняет решение. Подобная ситуация будет повторяться при определении элементов любой следующей строки: одно уравнение будет квадратным, все остальные – линейными. В данном случае решение можно получить, игнорируя квадратное уравнение, если нормировку строки проводить отдельной операцией. Приведем решение для второй строки:

$$u_1 \cdot k_{21} + u_2 \cdot k_{22} = 0,$$

$$k_{21}^2 + k_{22}^2 = 1.$$

Игнорируя второе уравнение, диагональному элементу k_{22} придаем произвольное ненулевое значение. Пусть $k_{22} = 1$. Тогда первое уравнение примет вид $u_1 \cdot k_{21} = -u_2$, откуда $k_{21} = -\frac{u_2}{u_1}$.

Выполняем операции нормирования над k_{21}, k_{22} .

$$w = \sqrt{k_{21}^2 + k_{22}^2}, \quad k_{21}^H = \frac{k_{21}}{w}, \quad k_{22}^H = \frac{k_{22}}{w}.$$

Рассмотрим решение для элементов третьей строки. Здесь элементы второй строки k_{21}, k_{22} известны. Неизвестными будут k_{31}, k_{32}, k_{33} . Их определяем исходя из трех условий: $(V_1, V_3) = 0$; $(V_2, V_3) = 0$; $(V_3, V_3) = 1$ или

$$\begin{cases} u_1 k_{31} + u_2 k_{32} + u_3 k_{33} = 0; \\ k_{21} k_{31} + k_{22} k_{32} = 0; \\ k_{31}^2 + k_{32}^2 + k_{33}^2 = 1. \end{cases}$$

В этом случае аналогично предыдущему положим $k_{33} = 1$, а последнее уравнение отбросим. Получим систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} u_1 k_{31} + u_2 k_{32} = -u_3, \\ k_{21} k_{31} + k_{22} k_{32} = 0. \end{cases}$$

Определяем k_{31} , k_{32} , затем нормируем элементы третьей строки: $w = \sqrt{k_{31}^2 + k_{32}^2 + k_{33}^2}$, $k_{31}'' = \frac{k_{31}}{w}$, $k_{32}'' = \frac{k_{32}}{w}$, $k_{33}'' = \frac{k_{33}}{w}$. Подобным же образом определяем элементы остальных строк матрицы K .

Анализ устойчивости оценки

Повторим еще раз условие для устойчивости оценки: внутри любого небольшого конуса все содержащиеся в нем объекты должны иметь близкие значения оцениваемого параметра.

Разброс оцениваемого параметра z_k внутри небольшого конуса будем

определять по формуле: $\delta_k^2 = \sum_i \left(1 - \frac{z_{ki}}{z_{cp}}\right)^2$, где $z_{cp} = \frac{\sum z_{ki}}{b}$, z_{ki} – значения z_k ,

соответствующие i -му аналогу, принадлежащему конусу; i – номера аналогов, принадлежащих конусу; b – количество аналогов, принадлежащих конусу.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите группы моделей расчета цены объектов интеллектуальной собственности.
2. Что такое оценка как число?
3. Что такое оценка как совокупность условий?
4. Назовите основные задачи оценки ОИС.
5. Опишите основную структуру оценки ОИС.
6. Охарактеризуйте представление данных категории Z.
7. Охарактеризуйте представление данных категории X.
8. Осуществите конкретизацию классов параметров объектов собственности.
9. Опишите шесть групп основных параметров БД.
10. Как вычисляют информационные матрицы?
11. Составьте блок-схему алгоритма преобразования нечисловых данных (свойств ИОС) в количественные.
12. Составьте блок-схему алгоритма определения меры немонотонности.

Темы рефератов

1. Алгоритмы проведения оценки объектов интеллектуальной собственности при малом и достаточно большом числе аналогов: сравнительная характеристика.
2. Анализ устойчивости оценки объектов интеллектуальной собственности.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Определение понятия «оценка объектов интеллектуальной собственности».
2. Методики оценки объектов интеллектуальной собственности.
3. Алгоритмы и программы аналитических задач обработки информации.
4. Внешние источники информации баз данных.
5. Внутренние стабильные источники информации баз данных.

Глава 4

МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Рассмотрим задачу определения жизненного цикла объекта интеллектуальной собственности по оцениваемому параметру, если объект уже функционировал и известны результаты. Если же объект лишь планируется к выходу на рынок, то прогноз можно выполнить выделив небольшое число основных параметров объекта.

Определение жизненного цикла (ЖЦ) позволит прогнозировать динамику процесса, т.е. изменение параметров во времени. Для большей общности усложним эту задачу – будем рассматривать результаты использования совокупности ОИС и определять вклад каждого из них в отдельности. Если же совокупность состоит лишь из одного ОИС, то это – частный случай общей задачи, он будет решаться теми же методами.

§ 4.1. Получение модели жизненного цикла по данным использования ОИС

Пусть известна эффективность использования совокупности нематериальных активов по данным баланса предприятия и анализ распределения объёмов нематериальных активов по отдельным показателям. Нас же интересует вклад каждого из объектов ИС в эту общую эффективность и динамика вклада во времени. Ряд авторов [3, 5] отмечают, что вычленение вклада отдельных объектов представляет очень трудную задачу и для её решения требуется привлечение математических методов.

Следуя рекомендациям автора [5], будем использовать данные баланса предприятия (форма № 1) и приложения к балансу (форма № 5) для анализа эффективности нематериальных активов, а именно вклада каждого из объектов ИС в эту общую эффективность и динамики жизненного цикла

ОИС во времени. Отметим, что формы № 1 и № 5 дают суммарный вклад, а требуется определить вклад каждого ОИС в отдельности.

Исходные данные (стоимость нематериальных активов) получены по месяцам, кварталам, что позволяет определить динамику развития ОИС, график его жизненного цикла. Как уже отмечалось, это наиболее полная характеристика объекта.

Опишем основную последовательность решения задачи. Согласно описанным выше основным направлениям в построении математических моделей аналитический подход позволяет получить качественное соответствие модели описываемому процессу.

На рис. 4.1 представлен традиционный жизненный цикл продукта: от периода становления и до окончания срока полезного использования. Требуется подобрать функции (модели), хорошо описывающие график жизненного цикла. Можно предложить большое количество таких функций, затем отобрать лучшие. Правила отбора следующие.

1. График модели должен повторять кривую жизненного цикла объекта.

2. Число параметров модели должно быть минимальным (правда, равным нулю оно быть не может, так как при этом не выполнится условие 1). Это требуется по крайней мере по двум причинам – для максимальной помехоустойчивости и упрощения задачи определения значений параметров, она весьма громоздка. Сложность её решения общепризнана и растёт с увеличением числа параметров модели. В результате анализа ЖЦ и отбора были выбраны три класса моделей (u_1 , u_2 и u_3):

$$\begin{aligned} u_1 &= A_1 \cdot \sqrt{t} \cdot \exp(-\varphi_1 \cdot t), \\ u_2 &= A_2 \cdot t \cdot \exp(-\varphi_2 \cdot t), \\ u_3 &= A_3 \cdot t^2 \cdot \exp(-\varphi_3 \cdot t). \end{aligned} \tag{4.1}$$

В каждой из них есть только два параметра, они не имеют конкретной связи с характеристиками жизненного цикла, а определяют этот цикл в целом. *(Нельзя подбирать параметры по отдельным частям жизненного цикла – ведь объект всё же один.)*

Почему выбраны именно три модели? Лучше всего иметь одну универсальную модель, но анализ показал, что объекты очень разнообразны по величинам отдельных этапов жизненного цикла (разработка, вывод на

рынок и др.), так что одним типом модели это разнообразие не удастся охватить (правда, можно улучшить это положение введением дополнительных параметров, но это нежелательно, лучшее решение – набор нескольких моделей с двумя параметрами). Три типа моделей уже охватывают большинство реальных объектов, а если появятся новые объекты, не вписывающиеся в эти рамки, то будут найдены и отобраны для них соответствующие типы моделей.



Рис. 4.1. График жизненного цикла ОИС

Далее задача переходит в следующую стадию – получение числовых значений коэффициентов, входящих в эти модели. Это эмпирическая часть решения задачи, довольно сложная, требующая применения компьютерной техники, численных методов решения экстремальных задач. Их алгоритмы хорошо разработаны и исследованы на практике. Можно порекомендовать книгу Б. Банди «Методы оптимизации» [7], в которой приведены не только алгоритмы, но и программы решения экстремальных задач на языке Бейсик. Схема решения названной задачи следующая. Чтобы упростить изложение, будем говорить о частном случае эффективности объекта ИС – о величине прибыли.

Пусть получили суммарную прибыль от всех объектов в совокупности по годам или месяцам $u(t)$. Разложим её на составляющие $u_i(A_i, \varphi_i)$ и подберём параметры A_i, φ_i так, чтобы норма разности между суммарной прибылью и суммой прибылей отдельных объектов была минимальной:

$$\|u_1(A_1, \varphi_1) + u_2(A_2, \varphi_2) + u_3(A_3, \varphi_3) - u\| \rightarrow \min. \quad (4.7)$$

Определить оптимальные значения параметров можно по одному из известных алгоритмов решения экстремальных задач. Выбор алгоритма зависит от размерности задачи – числа определяемых параметров, которые в свою очередь зависят от заданной нормы разности функций. Обычно норму выбирают в гильбертовом пространстве L_2 , т.е. это интеграл от квадрата разности прибылей в выражении (4.2). В таком случае оптимизируемая функция гладкая, не имеет большого числа оврагов, что облегчает работу алгоритма оптимизации. Для данной задачи перспективными представляются методы Хука – Дживса и Нелдера – Мида. Приводить в данном учебном пособии их описание нецелесообразно, так как в [7] для них приводятся программы на Бейсике для задач произвольной размерности, которые нетрудно перевести и на любой другой язык программирования.

Остановимся подробнее на методе Нелдера – Мида. Он является развитием симплексного метода Спендли, Хекста и Химсворта.

Множество $(n+1)$ -й равноудаленной точки в n -мерном пространстве называется регулярным симплексом. Например, в двумерном пространстве симплекс – равносторонний треугольник, а в трехмерном пространстве – правильный тетраэдр. Идея метода состоит в сравнении значений функции в $(n+1)$ вершинах симплекса и перемещении симплекса в направлении оптимальной точки с помощью итерационной процедуры. Первоначально в симплексном методе регулярный симплекс использовался на каждом этапе. Нелдер и Мид предложили несколько модификаций этого метода, допускающих, чтобы симплексы были неправильными. В результате получился очень надежный метод прямого поиска, являющийся одним из самых эффективных, если $n \leq 6$.

В методе Спендли, Хекста и Химсворта симплекс перемещается с помощью трех основных операций: отражения, растяжения и сжатия.

Смысл этих операций станет понятным при рассмотрении шагов процедуры.

А. Найдем значение функции в вершинах симплекса:

$$f_1 = f(x_1), f_2 = f(x_2), \dots, f_{n+1} = f(x_{n+1}).$$

Б. Найдем наибольшее значение функции f_h , следующее за наибольшим значением функции f_g , наименьшее значение функции f_l и соответствующие им точки x_h, x_g, x_l .

В. Найдем центр тяжести всех точек, за исключением точки x_h . Пусть центром тяжести будет

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i \neq h} x_i. \quad (4.3)$$

Вычислим $f(x_0) = f_0$.

Г. Удобнее всего начать перемещение от точки x_h . Отобразив точку x_h относительно точки x_0 , получим точку x_r и найдем $f(x_r) = f_r$.

Операция отражения изображена на рис. 4.2. Если коэффициент отражения $\alpha > 0$, то положение точки x_r определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} x_r - x_0 &= \alpha(x_0 - x_h), \text{ т.е.} \\ x_r &= (1 + \alpha)x_0 - \alpha x_h, \end{aligned} \quad (4.4)$$

где $\alpha = \frac{|x_r - x_0|}{|x_0 - x_h|}$.

Д. Сравним значения функций f_r и f_l .

1. Если $f_r < f_l$, то получаем наименьшее значение функции. Направление из точки x_0 в точку x_r наиболее удобно для перемещения. Таким образом, мы проводим операцию растяжения в этом направлении (рис. 4.3) и находим точку x_e и значение функции $f_e = f(x_e)$. Коэффициент растяжения γ ($\gamma > 1$) можно найти из следующих соотношений:

$$\begin{aligned} x_e - x_0 &= \gamma(x_r - x_0) \text{ или} \\ x_e &= \gamma x_r + (1 - \gamma)x_0, \end{aligned} \quad (4.5)$$

где $\gamma = \frac{|x_e - x_0|}{|x_r - x_0|}$.

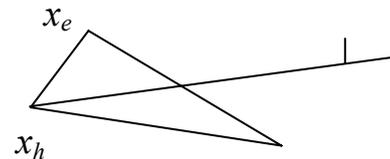
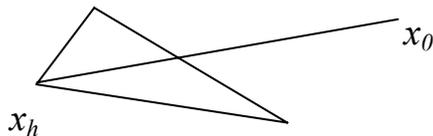
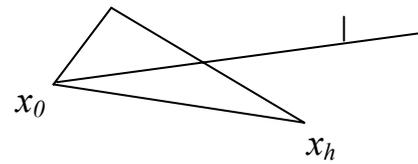
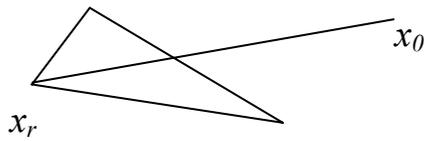


Рис. 4.2. Операция отражения симплекса Рис. 4.3. Операция растяжения симплекса

2. Если $f_e < f_l$, то заменяем точку x_h на точку x_e и проверяем $(n+1)$ -ю точку симплекса на сходимость к минимуму (шаг *И*). Если сходимость достигнута, то процесс останавливается; в противном случае возвращается на шаг *Б*.

3. Если $f_e \geq f_l$, то отбрасываем точку x_e . Очевидно, мы переместились слишком далеко от точки x_0 к точке x_r , поэтому следует заменить точку x_h на точку x_r , в которой было получено улучшение (шаг *Д*, 1), проверить сходимость и, если она не достигнута, вернуться на шаг *В*.

4. Если $f_r > f_l$, но $f_r \leq f_g$, то x_r – лучшая точка по сравнению с другими двумя точками симплекса и мы заменяем точку x_h на точку x_r . Если сходимость не достигнута, возвращаемся на шаг *Б*.

5. Если $f_r > f_l$ и $f_r > f_g$, то перейдем на шаг *Е*.

Е. Сравним значения функций f_r и f_h .

1. Если $f_r > f_h$, то переходим непосредственно к шагу сжатия *Е*, 2.

Если $f_r < f_h$, то заменяем точку x_h на точку x_r и значение функции f_h на значение функции f_r . Запоминаем значение $f_r > f_g$ из шага *Д*, 2. Затем переходим на шаг *Е*, 2.

2. В этом случае $f_r > f_h$, поэтому ясно, что мы переместились слишком далеко от точки x_h к точке x_0 . Попытаемся исправить это, найдя точку x_c (а затем f_c) с помощью шага сжатия, показанного на рис. 4.4.

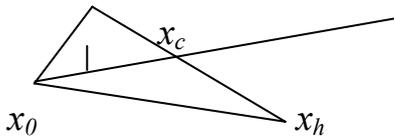


Рис. 4.4. Шаг сжатия

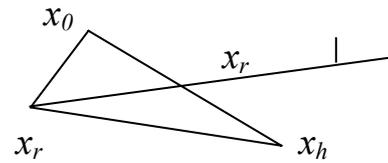


Рис. 4.5. Операция сжатия

Вычисляем точку x_c из соотношения $x_c - x_0 = \beta(x_h - x_0)$, где β ($0 < \beta < 1$) – коэффициент сжатия. Тогда

$$x_c = \beta x_h + (1 - \beta)x_0. \quad (4.6)$$

Если $f_r < f_h$, то сначала заменим точку x_h на точку x_r , а затем произведем сжатие (рис. 4.5). Тогда точку x_c найдем из соотношения

$$\begin{aligned} x_c - x_0 &= \beta(x_r - x_0) \text{ или} \\ x_c &= \beta x_r + (1 - \beta)x_0, \end{aligned} \quad (4.7)$$

где $\beta = \frac{|x_c - x_0|}{|x_r - x_0|}$.

Ж. Сравним значения функций f_c и f_h .

1. Если $f_c < f_h$, то заменяем точку x_h на точку x_c . Если сходимость не достигнута, то возвращаемся на шаг *Б*.

2. Если $f_c > f_h$, то очевидно, что все попытки найти значение меньше f_h закончились неудачей, поэтому переходим на шаг 3.

3. Уменьшаем размерность симплекса делением пополам расстояния от каждой точки симплекса до точки x_l , определяющей наименьшее значение оптимизируемой функции.

Таким образом, точку x_i заменяем на точку $x_i + \frac{1}{2}(x_i - x_l)$, т.е.

$$\frac{1}{2}(x_i + x_l). \quad (4.8)$$

Затем вычисляем f_i для $i = 1, 2, \dots, (n+1)$, проверяем сходимость и, если она не достигнута, возвращаемся на шаг *В*.

И. Проверка сходимости основана на том, чтобы стандартное отклонение $(n+1)$ -го значения функции было меньше некоторого заданного малого значения ϵ . В этом случае вычисляется σ :

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} (f_i - \bar{f})^2}{(n+1)}, \quad (4.9)$$

где $\bar{f} = \sum f_i / n + 1$.

Если $\sigma < \varepsilon$, то все значения функции очень близки друг к другу, и поэтому они, возможно, лежат вблизи точки минимума функции x_i . Исходя из этого такой критерий сходимости разумен, хотя Бокс, Дэвис и Свенн [8] предлагают то, что они считают более «безопасной» проверкой.

Коэффициенты α , β , γ в вышеприведенной процедуре – соответственно коэффициенты отражения, сжатия и растяжения. Нелдер и Мид рекомендуют брать $\alpha=1$, $\beta=0,5$ и $\gamma=2$. Рекомендация основана на результатах экспериментов с различными комбинациями значений. Эти значения параметров позволяют методу быть не только эффективным, но и работать в различных сложных ситуациях.

Пример определения жизненного цикла реального объекта

Приведём результаты конкретных расчётов. Фирма «АКТОМ» использует три объекта интеллектуальной собственности: ОИС1, ОИС2 и ОИС3. По ежеквартальным сводкам выделялась суммарная прибыль от ОИС и она возрастала, но в последнем квартале произошёл её спад. Был выполнен анализ ситуации в соответствии с описанной выше задачей. Исходные данные и результаты решения представлены в табл. 4.1.

Поквартальные величины суммарной прибыли расположены во второй строке таблицы; в первой её строке – номера месяцев с начала какого-либо периода. Это исходные данные, и в таблице они выделены.

Таблица 4.1

Исходные данные и результаты анализа ОИС фирмы «АКТОМ»

T, мес.	3	6	9	12	15	A_k	φ_k
$u(t)$	67,65	107,45	117,62	115,68	111,99	–	–
ОИС1	21,01	28,84	34,27	38,40	41,67	12,5	0,01
ОИС2	13,71	25,06	34,35	41,86	47,82	5,0	0,03
ОИС3	32,93	53,56	48,99	35,41	22,50	9,0	0,3

Поиск оптимальных значений параметров модели A_k, φ_k в алгоритме производится шагами. На каждом шаге вычисляют значение минимизируемой функции $F(A_k, \varphi_k) = \sum (u_{1k} + u_{2k} + u_{3k} - u_k)^2$, затем в соответствии с алгоритмом изменяют параметры A_k, φ_k в сторону уменьшения величины F , пока величина F не станет минимально возможной (в пределе это нуль), тогда процесс оптимизации заканчивается, и последние значения параметров станут решением задачи.

Из строки $u(t)$ ясно, что ещё в прошлом квартале (месяц 12) наметился спад по ОИС, а в последнем квартале (месяц 15) этот факт полностью подтвердился, так что нужно принимать меры.

Алгоритм работает следующим образом. После входа в меню предлагается сделать выбор метода оптимизации – Хука – Дживса или Нелдера – Мида. Рекомендуем решать задачу несколькими методами и сопоставить результаты, это увеличивает достоверность полученного решения. Опишем последовательность интерактивного процесса решения.

Выберем метод Хука – Дживса. Появится запрос «Введите исходные данные»: $u_1=67,65, u_2=107,45, u_3=117,62, u_4=115,68, u_5=111,99$ (данные из первой строки табл. 4.1).

Следующий запрос системы – число параметров. Здесь следует уточнить, что для стандартного метода Хука – Дживса их должно быть шесть ($A_1, A_2, A_3, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$), но для данной задачи методы Хука – Дживса и Нелдера-Мида были модифицированы и значительно улучшены: число параметров было в два раза уменьшено за счёт того, что A_k входят линейно в оптимизируемую функцию $F(A_k, \varphi_k)$, что позволяет вычислить их методом наименьших квадратов, т.е. они не участвуют в процедуре поиска. Этим очень сокращается время поиска и уменьшается число возможных оврагов оптимизируемой функции.

Вводим число параметров $N=3$.

Далее нужно задать базисную (начальную) точку, т.е. значения трёх оптимизируемых параметров $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ в начальной точке поиска. Переход к следующим точкам выполняется автоматически по признаку уменьшения величины оптимизируемой функции $F(A_k, \varphi_k)$, пока не будет найдено окончательное решение, поэтому начальные значения параметров влияют в основном на число шагов поиска, т.е. на время решения задачи. Ограничения

на значения параметров, заложенные в системе, касаются области определения функций – для квадратного корня подкоренное выражение должно быть неотрицательным, для экспоненты её аргумент должен находиться в интервале $-22 + 23$ и т.д.

Вводим начальные значения $\varphi_1 = 0,02$; $\varphi_2 = 0,02$; $\varphi_3 = 0,2$.

И последнее, что запрашивает система – первоначальный шаг изменения значений параметров при переходе к следующей точке. Чем меньше шаг, тем точнее будет решение, но при этом может потребоваться много шагов от исходной точки, поэтому удобнее использовать переменную величину шага. Вначале можно выбрать шаг на уровне 10 – 20 % от номинала значения параметра. Введём начальный шаг $h=0,1$ (т.е. 10 %).

Далее система работает в автоматическом режиме, выдавая на экран промежуточные результаты вычислений. Остановка в работе происходит, когда величина шага вступает в противоречие с точностью решения (шаг велик). Тогда выдаётся запрос «уменьшить шаг?».

Ответив *y* (yes), введём новое значение шага; в случае *n* (not) система заканчивает работу и выводит окончательный результат.

Вот как это реализовалось в рассматриваемом примере. После ввода начальных данных система выполняет ряд шагов оптимизации, а когда значение шага можно изменить, выдаёт следующее сообщение.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

Значение оптимизируемой функции $F=2.595E-02$ (т.е. 0.02595)

Координаты точки

$$\varphi_1 = 1.11196E-02 \quad \varphi_2 = 4.549E-02 \quad \varphi_3 = 3.168E-01$$

$$A_1 = 6.77 \quad A_2 = 9.53 \quad A_3 = 9.01$$

Уменьшить шаг? *y*[yes] Новый шаг $h=0.01$ (т.е. 1%)

Автоматический поиск продолжается, затем снова сообщение:

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

Значение оптимизируемой функции $F=2.5904E-02$ (т.е. 0.025904)

Координаты точки

$$\varphi_1 = 1.130E-02 \quad \varphi_2 = 4.549E-02 \quad \varphi_3 = 3.168E-01$$

$$A_1 = 6.77 \quad A_2 = 9.54 \quad A_3 = 9.00$$

Уменьшить шаг? *y*[yes] Новый шаг $h = 0.005$ (т.е. 0.5%)

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

Значение оптимизируемой функции $F = 6.790E-03$ (т.е. 0.00679)

Координаты точки

$$\varphi_1=9.288E-03 \quad \varphi_2=4.024E-02 \quad \varphi_3=3.083E-01$$

$$A_1 = 9.63 \quad A_2 = 7.28 \quad A_3 = 8.99$$

Уменьшить шаг? y[yes] Новый шаг $h=0.001$ (т.е. 0.1%)

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

Значение оптимизируемой функции $F=1.793E-07$ (т.е. 0.0000001793)

Координаты точки

$$\varphi_1 = 7.575E-02 \quad \varphi_2 = 3.182E-02 \quad \varphi_3 = 2.999E-01$$

$$A_1 = 12.52 \quad A_2 = 4.97 \quad A_3 = 8.99$$

Уменьшить шаг? y[yes] Новый шаг $h=0.0005$ (т.е. 0.05%)

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

Значение оптимизируемой функции $F=1.733E-07$ (т.е. 0.0000001733)

Координаты точки

$$\varphi_1=1.001E-02 \quad \varphi_2=3.002E-02 \quad \varphi_3=3.00E-01$$

$$A_1=12.5 \quad A_2=5.0 \quad A_3=9.0$$

Уменьшить шаг? n[not]

РЕШЕНИЕ ЗАКОНЧЕНО. Результат:

$$\varphi_1=0.01 \quad \varphi_2=0.03 \quad \varphi_3=0.3 \quad A_1=12.5 \quad A_2=5.0 \quad A_3=9.0$$

Предлагаемый алгоритм позволил определить константы A_k , φ_k для каждого из ОИС – их значения приведены в двух последних колонках табл. 4.1. Подставив их в функции u_1 , u_2 и u_3 , можно вычислить вклад каждого из объектов поквартально, результаты приведены в трёх нижних строчках табл. 4.1. Из них ясно, что объект ОИС 3 следует изъять, так как его максимум пройден уже давно и наметился устойчивый спад. Первые два объекта ещё находятся в стадии развития, поэтому следует их поощрять и поддерживать.

Полученные математические модели жизненного цикла ОИС позволяют получить прогноз дальнейшего их развития. Выполним это для развивающихся объектов ОИС1 и ОИС2. Результаты вычислений приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Прогноз динамики жизненного цикла ОИС

Месяц	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
ОИС1	44,3	46,4	48,2	49,6	50,7	51,6	52,3	52,8	53,2	53,6	53,6
ОИС2	52,4	55,9	58,4	60,1	61,0	61,3	61,1	60,5	59,6	58,3	56,8

Эти два ОИС представляются более перспективными, чем ОИС3, что подтверждает рис. 4.6. Так, ОИС2 достигает максимальной эффективности в конце третьего года своего функционирования, но и после этого он не сразу оставит свои позиции, спад довольно медленный.

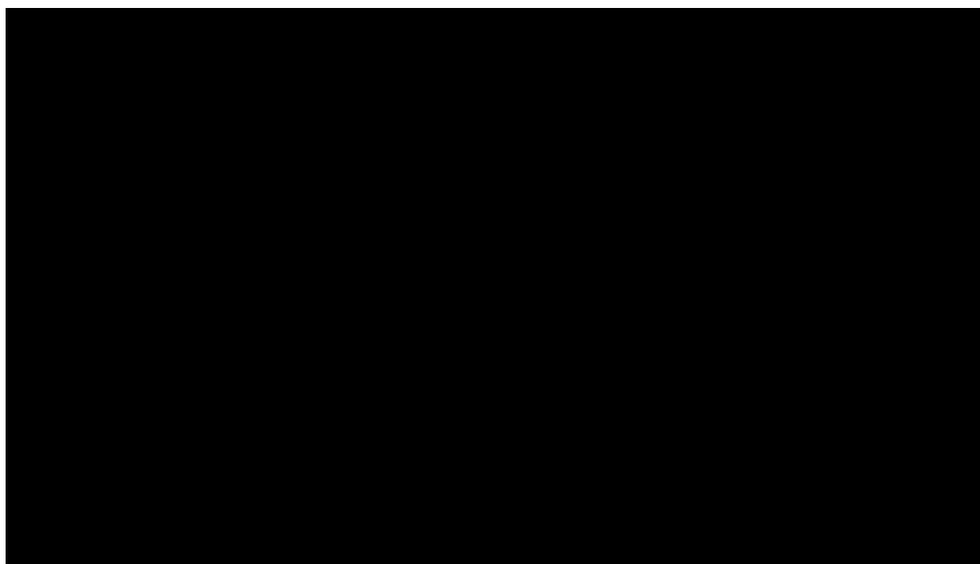


Рис. 4.6. Графики жизненных циклов рассматриваемых ОИС

Ещё более длительный активный период имеет ОИС1 – четыре года. Правда, он уступает ОИС2 по абсолютным показателям. Так что нужно взвешивать все обстоятельства и оценивать объекты ИС многосторонне, векторно. Это ещё раз иллюстрирует тот факт, что оценивать ОИС только одним числом недостаточно, оценка должна быть векторной величиной.

§ 4.2. Динамические модели жизненного цикла ОИС

Основные компоненты модели ЖЦ и связи между ними можно представить схемой, показанной на рис. 4.7.

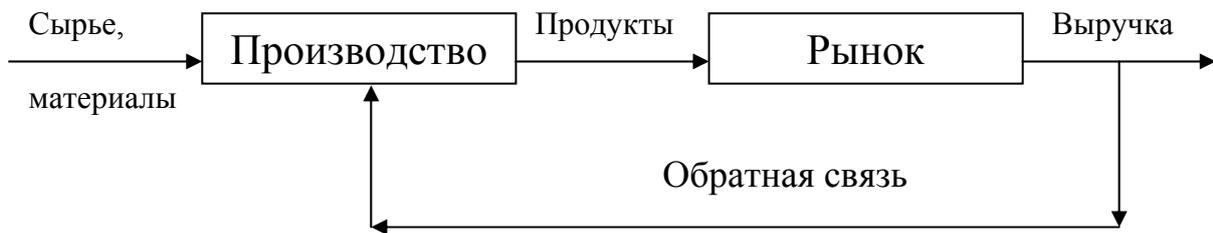


Рис. 4.7. Схема основных компонентов и связей

На рис. 4.8 изображён типичный процесс динамики жизненного цикла товара. Фактически же, в зависимости от специфики отдельных видов товаров, особенностей спроса на них существуют различные виды ЖЦ, различающиеся как по продолжительности, так и по форме проявления отдельных фаз.

Математические модели должны описывать все известные виды жизненных циклов, и переход от одного вида к другому должен выполняться простым изменением параметров модели, а эти параметры должны иметь чёткий экономический смысл, поэтому число параметров модели должно быть минимальным, и для анализа вопроса о количестве параметров модели следует работать с минимальным набором видов ЖЦ.

Изучение этого вопроса показало, что достаточно ограничиться четырьмя наиболее типичными видами жизненного цикла: традиционный, бум, сезонность (или мода), провал. Модель должна описывать любой из них.

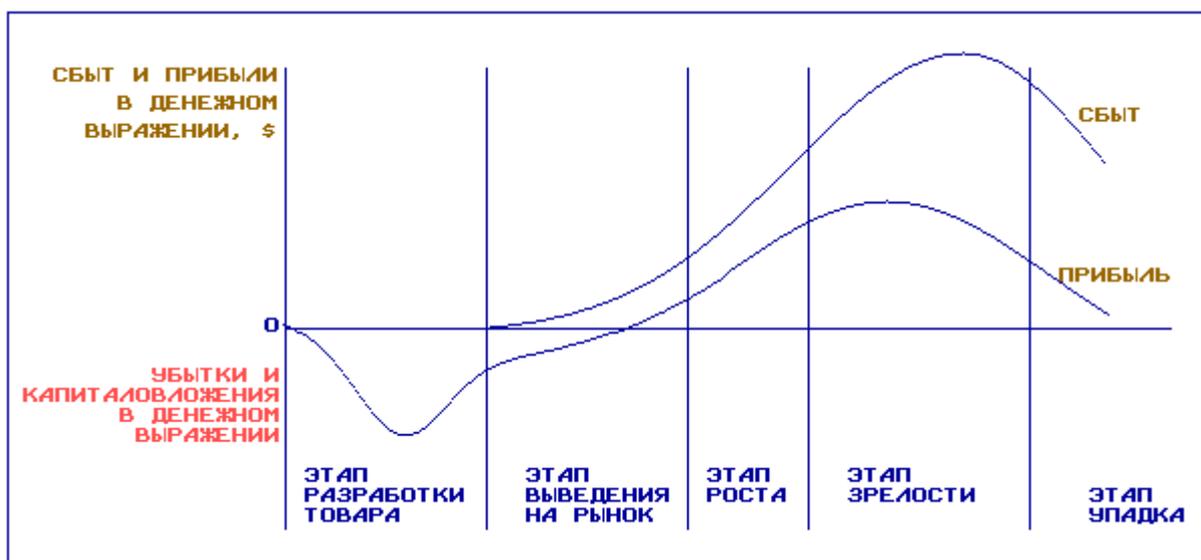


Рис. 4.8. График жизненного цикла ОИС

§ 4.3. Статические модели рынка

Основной показатель потребительского рынка – спрос на предлагаемую продукцию. Он зависит от ёмкости рынка, цены продукции, эластичности рынка, конкурентоспособности ОИС и ряда других параметров. Наиболее просто можно регулировать цену ОИС, поэтому рассмотрим основные соотношения для зависимости спроса от цены для двух простейших классов статических моделей рынка с минимальным числом параметров.

Модель с двумя параметрами. Это наиболее простая, линейная модель. В ней зависимость спроса от цены описывается линейной зависимостью

$$N = K - Ez,$$

где N – спрос, z – цена. Переменные N и z – текущие. Параметры K – ёмкость рынка и E – его эластичность являются параметрами рынка. Обсудим возможности определения значений данных параметров.

Параметр K можно найти как число всех потенциальных покупателей, согласных приобрести ОИС по нулевой цене. Он может быть определён числом всех возможных покупателей, связанных с данным рынком.

Параметр E измерить весьма непросто, и для его определения можно использовать значение предельно высокой цены z_{MAX} , которую согласятся заплатить очень немногие. Тогда $E = \frac{K}{z_{MAX}}$.

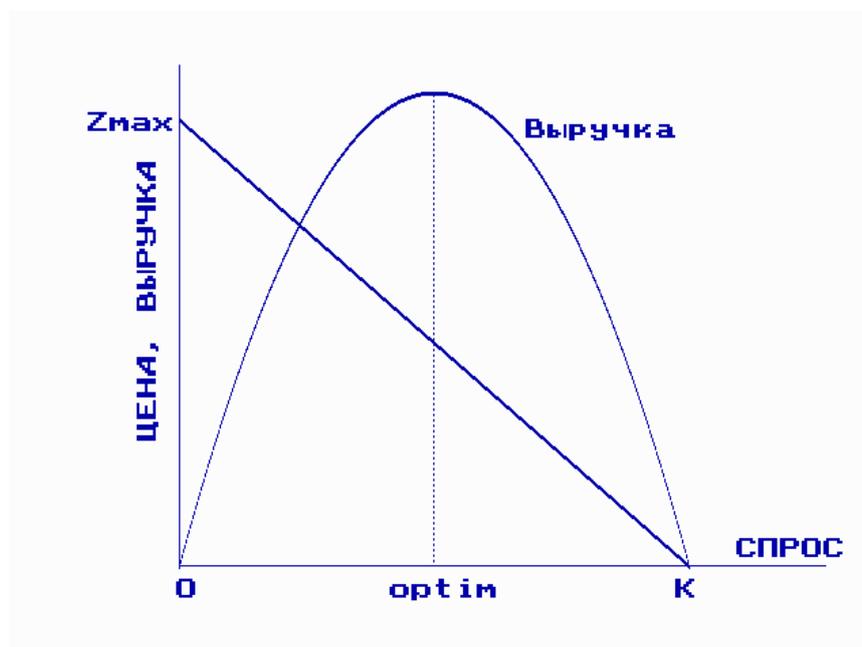


Рис. 4.9. Линейная модель рынка

Теперь модель рынка будет иметь вид

$$N(z) = K \left(1 - \frac{z}{z_{MAX}} \right). \quad (4.10)$$

Таким образом, мы перешли к параметрам рынка K и z_{MAX} , имеющим более понятный экономический смысл. Через них можно выразить выручку W от продажи N экземпляров ОИС. Она определяется следующей формулой:

$$W = Nz = (K - Ez)z = Kz \left(1 - \frac{z}{z_{MAX}} \right).$$

График зависимости выручки от цены показан на рис. 4.9. Из него видно, что существует цена $z_{OPT} = \frac{z_{MAX}}{2}$, при которой выручка будет максимальной.

Максимальное значение выручки равно $W_{OPT} = \frac{Kz_{MAX}}{2}$; при этом спрос составит $N_{OPT} = \frac{K}{2}$.

В заключение отметим ещё одно обстоятельство. Полученное значение оптимальной цены зависит только от z_{MAX} . Но это не всегда следует соблюдать. Например, на начальной стадии производства спрос может опережать предложение, т. е. объём производства $N < N_{OPT}$, рынок не насыщен. Тогда цену можно поднять до уровня, соответствующего равенству спроса и предложения:

$$z(N) = z_{MAX} \left(1 - \frac{N}{K} \right),$$

при этом выручка увеличится. Такая ситуация возможна в самом начале вывода товара на рынок. В дальнейшем объём производства N следует увеличивать, понижая при этом цену, но не нужно выпускать продукции N больше, чем N_{OPT} , так как при продаже по цене, отличной от оптимальной, прибыль уменьшится, а продажа по оптимальной цене в этой ситуации приведёт к затовариванию складов.

Мы получили все требуемые показатели работы рынка для модели с двумя достаточно легко определяемыми параметрами K и z_{MAX} . Однако такая модель недостаточно гибка и не позволяет отразить многие реальные правила работы рынка.

Например, получение максимальной выручки требует продажи по оптимальной цене, но при этом спрос (и объём производства) составят лишь половину ёмкости рынка K , возникнет дефицит. В реальных условиях должно произойти повышение цены; но в линейной модели продажа по цене, отличной от оптимальной, становится невыгодной. Следовательно, модель необходимо уточнить, а это возможно только при увеличении числа её параметров.

Модель с тремя параметрами. Продолжим обсуждение ситуации с повышением цены. В линейной модели это приведёт к значительному уменьшению спроса, и если рынок соответствует такой модели, то так и будет.

Но возможна и такая ситуация, когда в некотором диапазоне цен эластичность рынка мала за счёт того, что она резко увеличивается в другом интервале цен, что отражает нелинейная модель рынка (рис. 4.10).

На рис. 4.10 представлены модели, соответствующие рынкам с переменной эластичностью, которая достигается введением дополнительного параметра U , принимающего значения от 0 до ∞ . По характеру зависимости эластичности от цены эти модели следует разделить на два класса.

Первый – назовём его классом А – соответствует моделям с $U > 1$.

Второй класс Б – моделям с $U < 1$.

Как мы далее убедимся, между ними существует принципиальная разница. Однако есть и одно очень важное общее свойство. Оно заключается в том, что оптимальная цена для этих моделей зависит не только от максимальной цены z_{MAX} , но и от U . Это позволяет получить значение оптимального спроса (и сбыта) любой требуемой величины, а не только равной

$\frac{K}{2}$, как в линейной модели.

Приведём соответствующие соотношения для классов А и Б. Вначале определим саму нелинейную модель, т.е. напишем зависимость между ценой и спросом:

$$N(z) = K \left(1 - \left(\frac{z}{z_{MAX}} \right)^U \right). \quad (4.11)$$

Сопоставление рис. 4.9 и 4.10 показывает, что линейная модель

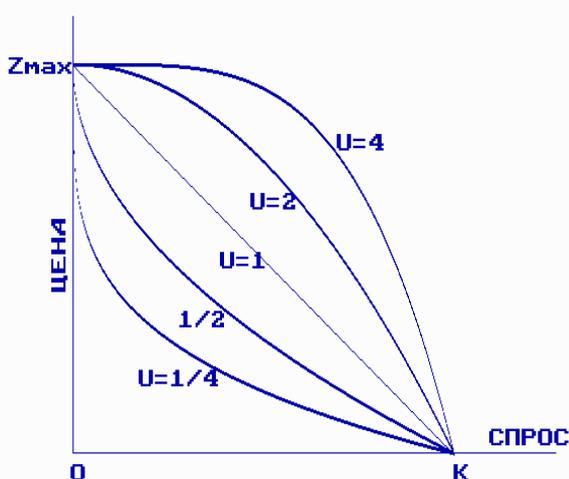


Рис. 4.10. Нелинейная модель рынка

может быть получена из нелинейной при $U=1$.

Приведём расчётные формулы для определения оптимальных значений цены, спроса и выручки в нелинейной модели. Они более общие, чем полученные для линейной модели, и ими можно пользоваться при любых моделях: $z_{ОПТ} = \frac{z_{МАХ}}{\sqrt[u]{u+1}}$, при этом $N_{ОПТ} = \frac{KU}{U+1}$; $W_{ОПТ} = N_{ОПТ}z_{ОПТ}$.

Проанализируем возможности нелинейной модели для описания свойств рынка. Отметим снова, что при $U = 1$ оптимальные значения будут соответствовать линейной модели, а нам следует определить возможности модели для классов А и Б.

Класс А. Сюда относятся модели со значениями параметра U от единицы до бесконечности. Устремим $U \rightarrow \infty$, тогда предельные значения оптимальных параметров будут следующими:

$$z_{ОПТ} \rightarrow z_{МАХ}; N_{ОПТ} \rightarrow K \text{ и } W_{ОПТ} \rightarrow Kz_{МАХ}.$$

Это значит, что модели класса А позволяют воспроизвести рынки с оптимальной ценой от $\frac{z_{МАХ}}{2}$ до $z_{МАХ}$ и оптимальным спросом от $\frac{K}{2}$ до K .

Класс А следует отнести к благоприятным для развития бизнеса, так как он соответствует хорошему спросу и высокой выручке W .

Класс Б. В этом случае $U < 1$, и чтобы получить более простые расчётные формулы, аналогичные классу А, заменим переменную U на $V = \frac{1}{U}$. Тогда переменная V так же будет изменяться от единицы до бесконечности, а расчётные формулы примут следующий вид.

Модель, т.е. зависимость между ценой и спросом, $N(z) = K(1 - \sqrt[V]{z/z_{МАХ}})$.

Оптимальные значения соответственно равны:

$$z_{ОПТ} = z_{МАХ} \left(\frac{V}{V+1} \right)^V, N_{ОПТ} = \frac{K}{V+1} \text{ и } W_{ОПТ} = N_{ОПТ}z_{ОПТ}.$$

Определим и здесь предельные значения при $V \rightarrow \infty$. Они будут следующими: $z_{ОПТ} \rightarrow z_{МАХ}$; $N_{ОПТ} \rightarrow 0$ и $W_{ОПТ} \rightarrow 0$.

Модели класса Б позволяют описывать другое множество рынков, рынков увядающих, каждый из которых позволяет получать прибыль завидомо меньшую, чем любой из рынков класса А. Таким образом, ранняя диагностика рынка и сопоставление его с соответствующим классом моделей позволяет прогнозировать будущее его развитие.

§ 4.4. Динамические модели рынка

Говоря о динамике рынка, будем иметь в виду изменение во времени двух его параметров $K(t)$ и $z_{MAX}(t)$. Величина первого из них зависит от ширины охвата покупателей, уровня рекламы и других причин, не связанных непосредственно с качествами предлагаемого ОИС. Все они могут изменяться со временем, следовательно, и K также следует считать функцией времени t .

Параметр z_{MAX} регулируется иными факторами – изменением качества ОИС, его конкурентоспособности; увеличением числа платежеспособных покупателей с высоким уровнем платежа и других факторов, которые производящая ОИС фирма не может изменить (будем считать, что свойства рассматриваемого ОИС не будут изменяться, так как это связано с дополнительными затратами, причём получается уже другой ОИС). Поэтому в первом приближении будем считать $z_{MAX} = \text{const}$.

Рассмотрим процесс изменения параметров во времени. Пусть вывод товара на рынок начинается с нуля, и число потенциальных покупателей тоже равно нулю $K_t = 0$. Постепенно благодаря появлению товара на рынке, рекламе, расширению торговой сети значение K_t увеличится от 0 до K . Такие процессы описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями различных порядков.

При построении модели динамики ЖЦ будем учитывать следующее. Как уже отмечалось выше, все эмпирические графики имеют фазы выведения на рынок, роста, зрелости, насыщения и упадка. Математическая же модель будет описывать только один процесс – процесс развития, включающий в себя все фазы, кроме фазы упадка. Это объясняется тем, что в противном случае пришлось бы иметь для каждой фазы свою модель и затем эти модели согласовывать.

Гораздо удобнее иметь одну модель с настройкой всех перечисленных фаз подбором параметров модели. Фазу упадка можно в модель не включать, так как она будет получена применением подобной же модели, но с противоположным знаком. Это станет очевидно, если представить причину упадка появлением нового, более конкурентоспособного товара, который проходит те же фазы и постепенно вытесняет с рынка предыдущий товар. Приступим к исследованию модели развития ЖЦ.

Сопоставление выбранных основных видов динамики ЖЦ приводит к выводу, что модель должна отображать два важных свойства данного процесса.

Первое свойство – скорость нарастания процесса развития. Для вида ЖЦ «Бум» характерно быстрое его нарастание, для «Традиционного» – постепенное.

Остальные виды жизненных циклов могут иметь как ту, так и иную – в том числе и промежуточную – скорость нарастания. При переходе к дифференциальным уравнениям это свойство будет определяться порядком дифференциального уравнения: при постепенном нарастании процесса ему будет соответствовать уравнение более высокого порядка (рис. 4.11).

Требуется связать названное свойство с видимыми причинами развития рынка. Частично это отражено в названии вида ЖЦ «Бум». Он возникает, когда рынок заранее подготовлен к принятию данного товара, т.е. при хорошей работе службы маркетинга и потребности рынка в данном товаре. Изменение числа потенциальных покупателей $K(t)$ в данном

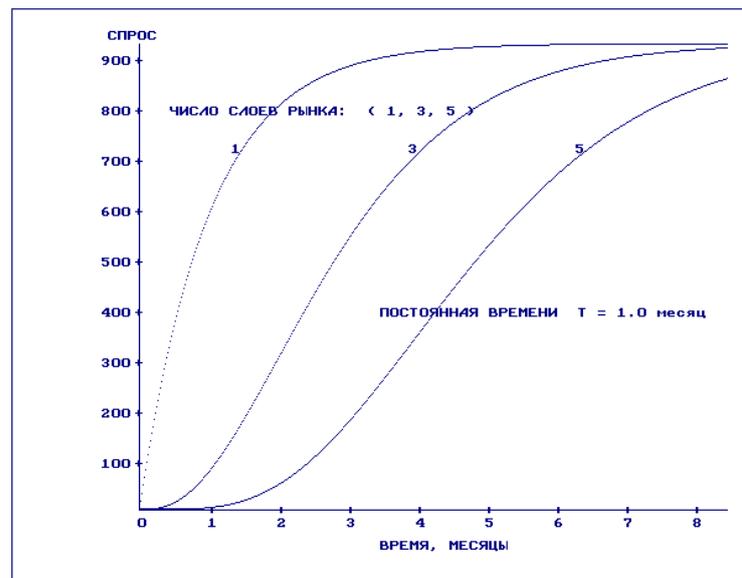


Рис. 4.11. Графики процессов для уравнений 1, 3 и 5-го порядков

случае описывается уравнением 1-го порядка. Если же бум отсутствует, что соответствует традиционному виду динамического процесса, покупатели осторожнее, медленнее настраиваются на приобретение товара, но это не значит, что уравнение 1-го порядка нужно отбросить; оно должно остаться, но только как начальная часть описания процесса. Для описания оставшейся части следует привлечь уравнения следующих порядков (на рис. 4.11 это 3-й и 5-й порядки). Назовём это последовательной, многослойной структурой рыночного спроса, и порядок уравнения будет равен числу слоёв рынка.

Обозначим порядок дифференциального уравнения модели буквой M , он принимает целые значения, и определить его можно исходя из предварительной оценки работы службы маркетинга и состояния рынка.

Следующий (и последний) параметр модели связан со вторым свойством процесса развития ЖЦ – инерционностью развития процесса (изменяется в неделях, месяцах, и т.д.).

Отметим, что на всех качественных графиках по оси «Время» отсутствуют деления, показывающие масштаб времени. Но в деятельности фирмы сроки – недели или месяцы – играют значительную роль. Для модели на рис. 4.11 по оси времени отложены деления и обозначен масштаб (месяцы), сделано пояснение: постоянная времени $T = 1,0$ мес. Постоянная времени и будет последним параметром модели, который определяет масштаб времени в динамике ЖЦ, он входит в дифференциальные уравнения модели следующим образом.

Для модели первого порядка имеем только одно уравнение, и постоянная времени может быть лишь одна. Напишем это уравнение и его решение. Модель представлена дифференциальным уравнением

$$T_1 \frac{dK_1}{dt} = -K_1 + K,$$

при начальном условии $K_1(0) = 0$, здесь T_1 – постоянная времени процесса.

Решением будет следующая функция: $K_1(t) = K \left(1 - \exp\left(\frac{-t}{T_1}\right) \right)$.

Этим соотношением описываются этапы выведения на рынок, роста и зрелости, причём $K_1(t)$ является максимально возможным сбытом продукции в момент времени t . Для модели порядка $M > 1$ составляется последовательность из M дифференциальных уравнений 1-го порядка, и каждое из них может иметь свой параметр T_k . Поскольку каждое уравнение описывает свой слой рынка, то и T_k соответствует постоянной времени этого слоя. Тогда получим следующую систему дифференциальных уравнений при нулевых начальных условиях:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \frac{dK_1}{dt} = -K_1 + K, \\ T_2 \frac{dK_2}{dt} = -K_2 + K_1, \\ \dots \\ T_{M-1} \frac{dK_{M-1}}{dt} = -K_{M-1} + K_{M-2}, \\ \dots \\ T_M \frac{dK_M}{dt} = -K_M + K_{M-1}. \end{array} \right. \quad (4.12)$$

Поясним систему обозначений и нумерации индексов.

Окончательное решение – последний слой с номером M . Постоянные времени T_K могут определяться для каждого слоя конкретно, мы не будем углубляться в этот вопрос, поскольку непосредственно с динамикой ЖЦ он не связан. Отметим лишь, что для определения T_K придётся учитывать и фрагментацию рынка, и скорость реакции отдельных фрагментов на маркетинговые действия и т.д. Это даст более точную модель рынка, а в первом приближении можно считать все T_K равными друг другу.

Приведём решения полученной системы дифференциальных уравнений для различных порядков M . Для удобства представления формул введём безразмерную переменную $\tau = \frac{t}{T}$, тогда вид формул упростится, а обратный переход к исходной переменной очень прост: $t = \tau \cdot T$.

Расчётные формулы для $K_M(t)$:

$$K_1(\tau) = K(1 - \exp(-\tau));$$

$$K_2(\tau) = K(1 - \exp(-\tau)(1 + \tau));$$

$$K_3(\tau) = K \left(1 - \exp(-\tau) \left(1 + \tau + \frac{\tau^2}{2!} \right) \right); \quad (4.13)$$

$$K_4(\tau) = K \left(1 - \exp(-\tau) \left(1 + \tau + \frac{\tau^2}{2!} + \frac{\tau^3}{3!} \right) \right);$$

$$K_5(\tau) = K \left(1 - \exp(-\tau) \left(1 + \tau + \frac{\tau^2}{2!} + \frac{\tau^3}{3!} + \frac{\tau^4}{4!} \right) \right)$$

и т. д. Эти правила получения формулы для любого номера M просты и понятны.

Коснёмся далее возможностей определения постоянной времени T . Выбор её значений зависит от многих обстоятельств, в первую очередь от длительности жизненного цикла и порядка модели. Практически будет работать следующая процедура такого определения. Можно заранее планировать время окончания начальных этапов ЖЦ – до наступления этапа зрелости. Обозначим это время t_T .

Величину T можно связать с t_T некоторым условием. Определим T из условия, что к моменту t_T величина $K_M(t_T)$ будет достаточно близка к своему конечному значению K , составляя от него часть, равную α (близкую к

Таблица 4.3

<i>M</i>	<i>L</i>	
	$\alpha=0,75$	$\alpha=0,9$
1	0,721	0,434
2	0,371	0,257
3	0,255	0,188
4	0,196	0,150
5	0,159	0,125

единице): $K_M(t_T) = \alpha K$. Тогда можно установить связь между T и t_T при помощи множителя L , зависящего от M и α : $T = Lt_T$. Значения L для $\alpha=0,7$ и $\alpha=0,9$ приведены в табл. 4.3.

§ 4.5. Общая динамическая модель жизненного цикла ОИС

Общая модель ЖЦ должна в себя включать кроме спроса, цены, выручки ещё и прибыль P . Для этого к предыдущим моделям нужно добавить модель производства продукции. Тогда прибыль будет равна выручке без затрат на производство.

Затраты на производство состоят из постоянных, не зависящих от объёма производства (стоимость производственных помещений, оборудования), и переменных (стоимость сырья и материалов, расходы на оплату труда), так что линейную модель затрат на производство можно записать в виде $C(t) = a_0 + a_1K(t)$, где t – время; $C(t)$ – затраты на выпуск $K(t)$ единиц продукции в момент времени t ; a_0 и a_1 – постоянные и переменные затраты соответственно.

Приведенное соотношение определяет статическую модель производства. Учесть динамику – в данном случае имеется в виду инерционность производства – можно таким же точно путём, как описано в предыдущих параграфах. Мы не будем этого делать хотя бы потому, что управлять производством гораздо легче, чем рынком. Более того, имея информацию о состоянии рынка и его развитии в ближайшем будущем, управлять производством совершенно необходимо без запаздывания. Поэтому примем следующее допущение: производство всегда будет равно спросу, $K(t) = N_{OPT}$.

Необходимо отметить, что при включении в модель затрат на производство меняется критерий оптимальности для цены и выпуска. Теперь требуется максимизировать не выручку W , а прибыль P , которая равна разности выручки и затрат: $P = W - P = zK(t) - a_0 - a_1K(t)$.

Проанализируем последнее выражение, причём для определения W выберем нелинейную модель рынка (4.11) как более общую. Далее, чтобы

не смешивать оптимальные значения для цены и выпуска, определённые для этой модели, обозначим их оптимальные значения для величины прибыли через z_0 и N_0 соответственно. Нетрудно убедиться, что для определения z_0 потребуется решить алгебраическое уравнение порядка U :

$$(U + 1)z_0^U - a_1 U z_0^{U-1} - z_{\max}^2 = 0. \quad (4.14)$$

После этого легко найти $N_0 = K \left(1 - \left(\frac{z_0}{z_{MAX}} \right)^U \right)$.

Остальные величины, определяющие оптимальную работу производства и рынка, вычисляются по уже известным формулам:

$$W_0 = N_0 z_0; \quad P_0 = W_0 - a_0 - a_1 N_0.$$

Поясним работу с динамическими моделями ЖЦ на конкретном примере, в нём рассмотрим ситуации без учёта затрат на производство и с их учётом. Далее покажем правила учёта дисконтирования денежного потока (cash flow, или CF) при переменном во времени дисконтировании.

Пример построения динамической модели жизненного цикла

Спрогнозируем динамику ЖЦ ОИС при следующих условиях.

1. Статические параметры рынка оценим величинами $K=80$ тыс. шт.; $z_{MAX} = 160$ \$.

Параметр нелинейности модели рынка по опытным данным $U=2$; вычислим оптимальные значения $N_{OPT} = 2 \cdot \frac{K}{3} = 53,333$ тыс. шт.; $z_{OPT} = 92,34$ \$.

2. Динамические параметры рынка по прошлому опыту следует выбирать так.

Число слоёв рынка $M=3$, время стабилизации рынка (до этапа зрелости) составляет приблизительно 10 месяцев, или $t_T = \frac{10}{12} = 0,8333$ года.

Определим постоянную времени T модели в соответствии с табл. 4.3. Для $\alpha=0,9$ и $M=3$ получим $L=0,188$, так что $T = L t_T = 0,157$ года. При этом вспомогательная безразмерная переменная τ связана с реальным временем жизненного цикла t соотношением $\tau = \frac{t}{T} = 6,37t$.

3. Вначале выполним прогноз жизненного цикла ОИС без учёта затрат на производство. Расчёты показали, что оптимальные значения цены,

спроса и других параметров достигаются уже в течение первого года и далее не изменяются, так что динамические изменения происходят только в первые месяцы вывода товара на рынок. Они нам и интересны. Выполним расчёты для первых восьми месяцев. Приведём расчётные формулы.

Реальный выпуск в силу динамической инертности рынка следует рассчитывать по формуле (4.13) для $M=3$:

$$K_3(\tau) = K \left(1 - \exp(-\tau) \left(1 + \tau + \frac{\tau^2}{2!} \right) \right).$$

При этом если $K_3(\tau) \geq N_{OPT}$, то выпуск $K_3(\tau) = N_{OPT}$, а цена продажи должна быть равна z_{OPT} , в противном случае цена продажи

$$z = z_{MAX} \sqrt{1 - \frac{K_3(\tau)}{K}}.$$

Результаты расчётов приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Месяц	Спрос, тыс. шт.	Цена, \$	Выручка, тыс. \$
1	1,347	158,65	213,651
2	7,359	152,46	1121,971
3	17,176	141,79	2435,391
4	28,533	128,33	3661,755
5	39,607	113,69	4502,955
6	49,357	99,02	4887,524
7	53,333	92,34	4924,769
8	53,333	92,34	4924,769

Из расчёта видно, что вначале спрос на незнакомый продукт невелик, да и цена немного высока. Со временем спрос повышается, и для получения максимальной выручки цена должна снижаться до окончательной оптимальной цены, соответствующей данному рынку. Затем на рынке устанавливается динамическое равновесие.

4. Выполним те же расчёты, но с учётом расходов на производство продукции. Введём линейную модель производства $C(t) = 0,2 + 60K(t)$, где C – сумма расходов, тыс. \$.

В соответствии с (4.14) оптимальное для прибыли значение цены определится из квадратного уравнения $3z_0^2 - 120z_0 - (160)^2 = 0$, что даст

$z_0=114,52$ \$; $N_0=39,016$ тыс. шт.; $W_0=4468,112$ тыс. \$; $P_0 = 2126,952$ тыс. \$.

Результаты расчётов приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Месяц	Произв-во, тыс. шт.	Цена, \$	Выручка, тыс. \$	Затраты, тыс. \$	Прибыль, тыс. \$
1	1,347	158,65	213,651	81,002	132,649
2	7,359	152,46	1121,971	441,737	680,234
3	17,176	141,79	2435,391	1030,785	1404,607
4	28,533	128,33	3661,755	1712,193	1949,562
5	39,016	114,52	4468,112	2341,160	2126,952
6	39,016	114,52	4468,113	2341,160	2126,952

По сравнению с предыдущим случаем здесь динамическое равновесие достигается ещё раньше – на пятом месяце и при более высокой цене. Уменьшение цены позволит увеличить выручку, но прибыль станет меньше. Так, при оптимальной цене предыдущего случая $z_0 = 92,34$ \$ прибыль составит лишь $P=1724,589$ тыс. \$.

Для наглядности представим графики динамики жизненного цикла исследуемого объекта с учётом затрат на производство (рис. 4.12).

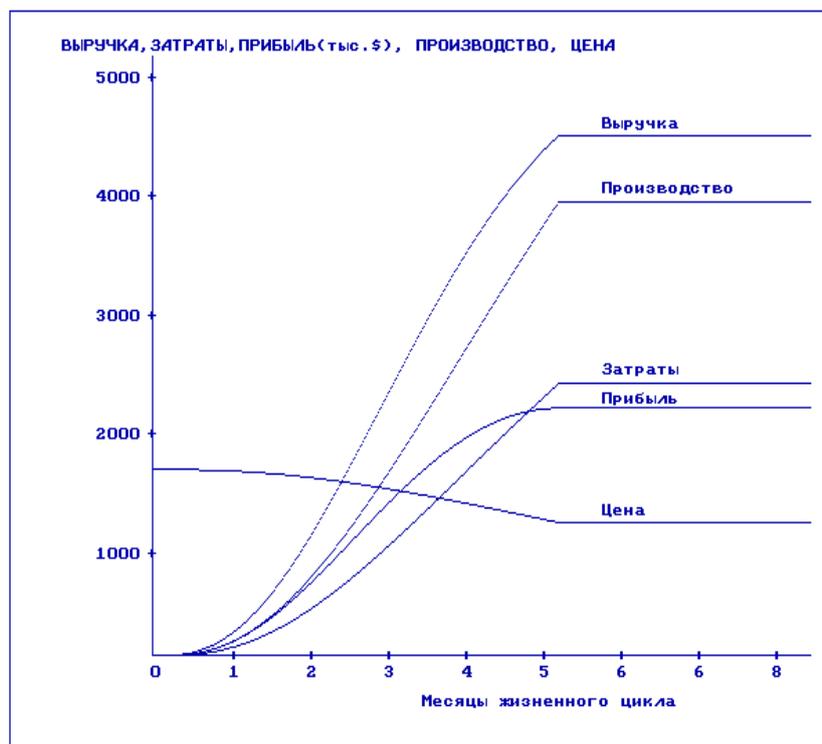


Рис. 4.12. Динамика жизненного цикла ОИС

С той же целью наглядности представим алгоритм вычислений в виде блок-схемы (рис. 4.13).

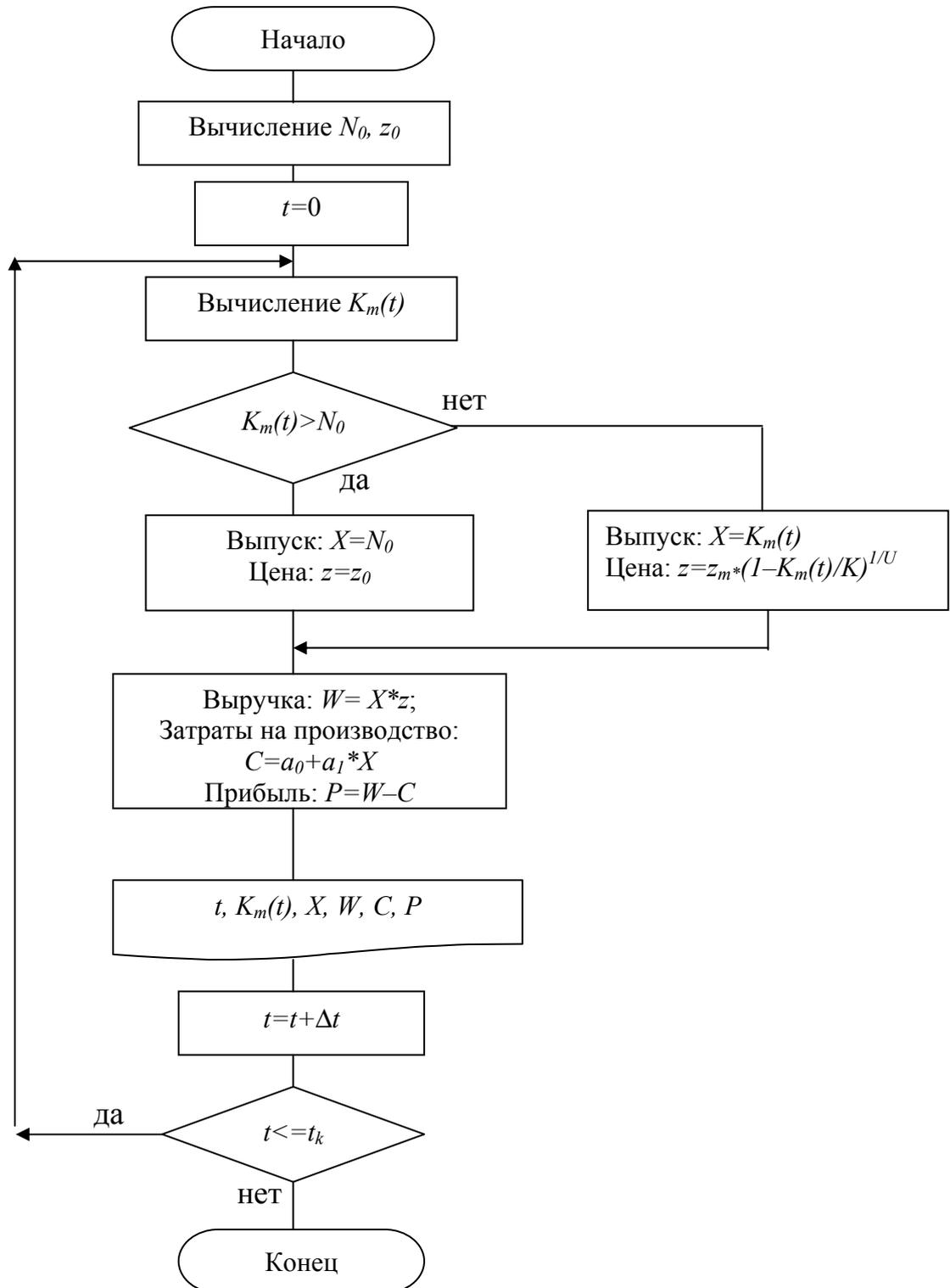


Рис. 4.13. Блок-схема алгоритма работы динамической модели ЖЦ ОИС

§ 4.6. Оценка ОИС на основе роялти

Способ оценки ОИС на основе паушальных платежей и роялти рассматривается практически во всех разработках по оценке ОИС. Часто отмечается, что он редко позволяет дать объективную оценку ОИС, так как не учитывает их специфику, поэтому такой вариант рассмотрим кратко, причём для случая переменного дисконтирования.

Суть данного способа состоит в оценке денежного потока, поступающего от использования ОИС в течение всего срока действия лицензионного соглашения или же в течение всего жизненного цикла ОИС. Поскольку срок действия лицензионного соглашения всегда будет частью жизненного цикла, будем иметь в виду жизненный цикл и переменное дисконтирование. Широко известны расчётные формулы при постоянном дисконтировании:

$$P = \frac{CF_1}{1+r} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots = \sum_{t=1} \frac{CF_t}{(1+r)^t}. \quad (4.15)$$

Собственно коэффициент дисконтирования $K_d = \frac{1}{1+r}$, и он одинаков для всех периодов времени t . Однако возникают ситуации, когда дисконтирование меняется со временем. Наиболее характерным случаем можно назвать меняющуюся инфляцию – она приводит к изменению и банковских процентов, и всех других финансовых данных. В этом случае формула (4.15) примет следующий вид:

$$P = \frac{CF_1}{1+r_1} + \frac{CF_2}{(1+r_1)(1+r_2)} + \frac{CF_3}{(1+r_1)(1+r_2)(1+r_3)} + \dots = \sum_t \frac{CF_t}{\prod_{i=1}^t (1+r_i)}, \quad (4.16)$$

где CF_t – денежный поток (cash flow) за интервал времени с номером t ; r – коэффициент приведения затрат каждого интервала времени (года), так что $r = \frac{\alpha}{100}$, где α – процент инфляции или ставка банка и тому подобное в зависимости от конкретной задачи; P – стоимость ОИС как сумма всех роялти за весь жизненный цикл ОИС, которая позволяет учитывать переменное дисконтирование.

В обеих расчётных формулах используется денежный поток CF_t , также меняющийся во времени. Для его определения следует обратиться к жизненному циклу ОИС, при этом параметром ЖЦ должен быть соответствующий денежный поток, например прибыль или затраты на разработку,

производство ОИС и т.д. Тогда CF_t , соответствующий периоду t , будет получен непосредственно по данным жизненного цикла (или его модели).

Выполним эти расчёты для ОИС из предыдущего примера, дополнив его следующими данными. Для использования ОИС заключен лицензионный договор сроком на восемь лет. Оценим стоимость ОИС на основе роялти за этот срок с учётом инфляции, меняющейся из года в год. Денежным потоком CF_t в данном случае будет величина прибыли, расчётные формулы для которой были приведены ранее. Здесь нам требуется только ввести инфляцию α (%), вычислить коэффициенты дисконтирования и роялти по годам, затем сумму роялти как оценку стоимости ОИС. Результаты представлены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Год	Прибыль, тыс. \$	Инфляция, %	Коэффиц-т дисконт-я	Роялти, тыс. \$
1	2126,952	12	0,893	1899,065
2	2126,952	11	0,901	1710,869
3	2126,952	10	0,909	1555,335
4	2126,952	8	0,926	1440,125
5	2126,952	7	0,935	1345,912
6	2126,952	6	0,943	1269,728
7	2126,952	5	0,952	1209,265
8	2126,952	4	0,962	1162,755
Сумма	17015,619	–	–	11593,053

Контрольные вопросы и задания

1. Зачем необходимо определять жизненный цикл ОИС?
2. Опишите три классические модели определения жизненного цикла ОИС. Почему выбраны только три модели?

3. Вычислите константы A_3 , φ_3 , необходимые для определения жизненного цикла предприятия «Аркон», использующего три объекта интеллектуальной собственности ОИС1, ОИС2 и ОИС3. Данные о полученной ежеквартальной прибыли предприятия приведены в следующей таблице.

T, мес.	3	6	9	12	15	A_k	φ_k
$u(t)$	57,65	77,45	97,52	115,68	91,99	–	–
ОИС1	21,01	28,84	34,27	38,40	41,67		
ОИС2	13,71	25,06	34,35	41,86	27,82		
ОИС3	22,93	23,56	28,89	35,41	22,50		

Проведите анализ работы предприятия, заполните пустые ячейки таблицы. Автоматизируйте процесс вычисления констант A_k , Φ_k .

4. Используя модели определения жизненного цикла ОИС (формула (4.6)), получите прогноз дальнейшего развития трех объектов интеллектуальной собственности предприятия «Аркон». Результаты оформите в виде таблицы (см. табл. 4.2). Автоматизируйте процесс решения задания.

5. Почему в табл. 4.2 отсутствует ОИС3?

6. Постройте графики жизненного цикла объектов интеллектуальной собственности предприятия «Аркон» (см. рис. 4.6).

7. Назовите основные компоненты модели жизненного цикла и связи между ними.

8. Опишите статические модели рынка с двумя и тремя параметрами.

9. Проанализируйте возможности нелинейной модели для описания свойств рынка.

10. Назовите свойства динамической модели рынка.

11. Охарактеризуйте общую динамическую модель жизненного цикла ОИС.

12. Спрогнозируйте динамику ЖЦ ОИС при следующих условиях.

1. Статические параметры рынка: $K=100$ тыс. шт.; $z_{MAX} = 200$ \$. Параметр нелинейности модели рынка по опытным данным $U=2$. Вычислите оптимальные значения N_{OPT} и Z_{OPT} .

2. Динамические параметры рынка по прошлому опыту: число слоёв рынка $M=4$, время стабилизации рынка (до этапа зрелости) составит приблизительно 10 месяцев, или $t_T = \frac{10}{12} = 0,8333$ года.

Задания

1. Определите постоянную времени T модели в соответствии с табл. 4.3 и вспомогательную безразмерную переменную τ , связанную с реальным временем жизненного цикла t .

2. Выполните прогноз жизненного цикла ОИС для первых восьми месяцев без учёта затрат на производство. При этом реальный выпуск в силу динамической инертности рынка следует рассчитывать по формуле (4.13) для $M=4$. При этом если $K_4(\tau) \geq N_{OPT}$, то выпуск $K_4(\tau) = N_{OPT}$, а цена продажи должна быть равна z_{OPT} , в противном случае цена продажи

$$z = z_{MAX} \sqrt{1 - \frac{K_4(\tau)}{K}}.$$

Результаты расчётов оформите в виде таблицы (см. табл. 4.4). Проведите анализ полученных данных.

3. Выполните те же расчёты, но с учётом расходов на производство продукции. Результаты расчётов оформите в табличной форме (см. табл. 4.5). Проведите анализ полученных данных.

4. Постройте графики динамики жизненного цикла исследуемого объекта с учётом затрат на производство (см. рис. 4.12).

13. Составьте четкий алгоритм оценки ОИС на основе роялти.

Темы рефератов

1. Моделирование жизненного цикла объектов интеллектуальной собственности.
2. Оценка объектов интеллектуальной собственности на основе роялти.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Методы оптимизации. Задача оптимизации.
2. Симплексный метод Спендли, Хекста и Химсворта.
3. Операции отражения, растяжения и сжатия.
4. Метод наименьших квадратов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее учебное пособие дает базовые знания, необходимые для моделирования объектов информатизации. В нем систематизирован материал по математическому моделированию в задачах защиты объектов информатизации, предложены модели оценки объектов интеллектуальной собственности, рассмотрен актуальный вопрос оценки рисков при защите объектов информатизации. Также представлены примеры решения задач и графическая иллюстрация полученных результатов.

Для получения более глубоких знаний можно обратиться к публикациям, приведенным в библиографическом списке. Тем не менее авторы полагают, что студенты, освоив теоретические аспекты, изложенные в учебном пособии, будут готовы к самостоятельному изучению соответствующих вопросов для дальнейшего повышения квалификации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК*

1. *Смирнов, Н. В.* Краткий курс математической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – М. : Физматгиз, 1959. – 288 с.
2. *Кузнецов, В. Е.* Измерение финансовых рисков / В. Е. Кузнецов // Банковские технологии. – 1997. – № 7. – С. 76–78.
3. *Валдайцев, С. В.* Оценка бизнеса и инновации / С. В. Валдайцев. – М. : Филинь, 1997. – 516 с.
4. *Васютович, А.* Рыночный риск: измерение и управление / А. Васютович, Ю. Сотникова // Банковские технологии. – 1998. – № 1. – С. 60–64.
5. *Сайфулин, Р.* Анализ эффективности использования нематериальных активов / Р. Сайфулин // Экономическая газета. – 1995. – № 27. – С. 32–35.
6. *Устинова, Л. Н.* Информационно-аналитическая система оценки объектов интеллектуальной собственности / Л. Н. Устинова // Проблемы промышленной собственности. – 1997. – № 10. – С. 16–20.
7. *Банди, Б.* Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди. – М. : Радио и связь, 1988. – 128 с.
8. *Козырев, А. Н.* Оценка интеллектуальной собственности / А. Н. Козырев. – М. : Экспертное бюро, 1997. – 289 с.
9. *Он же.* Интеллектуальный капитал : Новая парадигма оценки бизнеса и нематериальных активов собственности / А. Н. Козырев // Аналитический вестник. – 2001. – № 1. – С. 3–10.
10. *Эйкхофф, П.* Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М. : Мир, 1975. – 321 с.
11. *Цлаф, Л. Я.* Вариационное исчисление и интегральные уравнения / Л. Я. Цлаф. – М. : Лань, 2005. – 138 с. – ISBN 5-8114-0596-0.
12. *Соловьева, Г. М.* Кто и как оценит интеллектуальную собственность? / Г. М. Соловьева // Патенты и лицензии. – 1999. – № 9. – С. 12 – 15.
13. *Шипова, Е. В.* Оценка интеллектуальной собственности : учеб. пособие / Е. В. Шипова. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2003. – 122 с. – ISBN 5-7253-0000-0.

*Приводится в авторской редакции.