

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELLING

УДК [004.78:33] (075.8)

В. П. Авраменко, А. И. Горбач

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ЗАКАЗОВ С УЧЕТОМ РЫНОЧНОГО СПРОСА

Рассмотрена процедура комплексного оценивания параметров маркетинга и проецирование значений характеристик объекта на значение соответствующих шкал (описано применение различных шкал в зависимости от характера решаемых задач). Приведены методы решения задач целочисленного линейного программирования с использованием двоичных переменных, рассмотрена постановка задачи о рюкзаке и о формировании портфеля.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ состояния проблемы. Успешное функционирование и развитие бизнес-процессов в Украине требует повышения эффективности всех этапов жизненного цикла производства от изучения методов конъюнктуры рынка и формирования портфеля заказов до теории стратегического планирования и разработки мероприятий по укреплению своих конкурентных позиций.

Конечная цель бизнес-процессов состоит в том, чтобы увеличить прибыль предприятия. Достигнуть этого можно уменьшением расходной части путем снижения затрат, и увеличением доходной частью за счет использования удачно сложившихся внешних факторов рынка. Перспективным путем увеличения прибыли является увеличение доходной части бюджета предприятия.

Для повышения эффективности бизнес-процессов создаются различного рода информационные системы в экономике. Главная задача, которая решается с помощью информационной системы, состоит в создании дружественной, максимально созидательной, информационно-логической среды, удобной для быстрого принятия решений на всех уровнях управления.

Информационные аналитические системы предназначены для выполнения информационных и вычислительных работ, удовлетворяющих потребности системы

управления путем создания информационных продуктов. В рамках системы управления информационные системы полностью подчинены целям функционирования этих систем [1].

Информационные управляющие системы ориентированы на принятие стратегических, тактических и оперативных решений. На уровне стратегического планирования решаются такие задачи: оптимизация маркетинговой стратегии; комплексное исследование рынка: емкость рынка, структура спроса, конкуренция; оптимизация политики в сфере закупок; разработка и формирование оптимальной производственной программы с учетом структуры сбыта [2].

Постановка проблемы исследования. Проектирование интегрированной информационной системы требует самостоятельного подхода, который должен учитывать характерные особенности функциональных задач. Такими задачами в информационной системе формирования портфеля заказов с учетом рыночного спроса являются задача оперативного менеджмента и задача оценивания текущего состояния параметров маркетинга, причем маркетинг выступает как первоочередная задача – внешняя среда по отношению к менеджменту.

В основу построения интегрированной информационной системы заложена концепция декомпозиции с последующим агрегированием. Исходная многофункциональная задача разбивается на несколько более простых подзадач, а те в свою очередь разбиваются на элементарные функции, решение которых возможно имеющимися математическими или информационными средствами.

Функциональные возможности существующих маркетинговых систем не допускают адаптации под требования конкретного предприятия, что влечет за собой значительные затраты при их реструктуризации. Предлагаемый вариант «согласованного» проектирования информационной системы формирования портфеля заказов с учетом рыночного спроса позволяет улучшить качество управленческих решений и увеличить доходную часть бюджета предприятия.

1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ МАРКЕТИНГА

Постановка проблемы оценивания параметров маркетинга. Качество решений, принимаемых при формировании портфеля заказов, существенно зависит как от частных показателей качества состояния рыночного спроса, так и от обобщенного показателя качества, полученного путем арифметического или геометрического взвешивания частных показателей.

Перечень частных показателей качества должен по возможности точнее аппроксимировать обобщенный показатель качества. Однако с увеличением количест-

ва частных показателей увеличивается и погрешность вычислительной процедуры определения весовых коэффициентов, с которыми частные показатели входят в обобщенный показатель качества.

После предварительного определения весовых коэффициентов выполняется процедура ранжирования частных показателей качества. Из общего числа частных показателей качества следует отобрать наиболее важные из них в количестве порядка (7 ± 2) , которые наиболее полно характеризуют обобщенный показатель качества состояния рыночного спроса [3, 4].

Процедура комплексного оценивания параметров маркетинга содержит следующие этапы [5]:

1. Определение вида оцениваемого объекта (критерий или альтернатива решения) и типа цели – качественная или количественная цель.

2. Определение вида свойств объекта с целью применения для качественных свойств номинальной шкалы или шкалы порядка, а для количественных свойств – количественной шкалы.

3. Выбор надлежащих шкал измерений для оценивания качественных и количественных характеристик исследуемых объектов по этим шкалам.

4. Обучение экспертов правилам оценивания качественных и количественных характеристик объектов на основе принятых шкал измерений.

5. Выбор предпочтительной альтернативы из множества допустимых согласно заданным целям с использованием процедур оценивания, ранжирования, отбраковки или оптимизации.

В состав частных показателей могут входить качественные показатели, измеряемые в качественных шкалах (в номинальной шкале, шкалах порядка) и количественные показатели, представляемые в количественных шкалах (в абсолютной шкале, шкале отношений), а при необходимости, и в качественной шкале. Качественные значения параметров обрабатываются экспертами по оговоренным заранее правилам.

Шкалирование качественных и количественных оценок. Процедура комплексного оценивания предусматривает проецирование значений качественных и количественных характеристик исследуемого объекта на значения соответствующих шкал. Выбор конкретной шкалы определяется свойствами исследуемого объекта и перечнем допустимых операций на этих шкалах. Шкала представляет собой систему чисел или иных элементов, принятых для измерения или оценивания каких-либо величин, выявления связей и отношений между объектами системы. Из множества существующих шкал чаще других применяются шкалы измерений для оценивания приоритетности критериев качества функционирования систем и выбора наиболее предпочтительной альтернативы принимаемого решения.

Математическую модель шкалирования представим коротко:

$$Sc = \langle X, \varphi, Y \rangle,$$

где Sc – значение шкалируемого параметра; $X = \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_n; R_x\}$ – множество элементов $x_i \in X$ состояния исследуемой системы и отношений R_x между ними; $Y = \{y_1, \dots, y_i = \varphi(x_i), \dots, y_n; R_y\}$ – множество элементов $y_i \in Y$ выбранной шкалы и отношений R_y между ними; $\varphi \in \Phi = \{\varphi_1, \dots, \varphi_n\}$ – гомоморфное отображение множества элементов X на множество элементов Y , которое *сохраняет базовые отношения и операции*, то есть устанавливает соответствие между X и Y таким образом, что $\{\varphi(x_1), \dots, \varphi(x_n)\} \in R_y$ тогда и только тогда, когда $(x_1, \dots, x_n) \in R_x$; тип шкалы определяется по гомоморфному отображению Φ , то есть по множеству допустимых преобразований $x_i \rightarrow y_i$.

Процедура шкалирования элементов x_i измеряемой системы X с отношением R_x состоит в выборе шкалы измерений и определении значений элементов y_i знаковой системы Y с отношением R_y , которые соответствуют измеряемой системе. Отношения R_x на множестве $X \times X$ в результате шкалирования переводятся в количественные отношения R_y на множестве $Y \times Y$. Выбор шкалы измерения представляет самостоятельную задачу. В качестве конкурирующих могут участвовать шкалы номинального типа, шкалы порядкового типа, шкалы интервального типа, шкалы отношений, шкалы разностей, абсолютные шкалы, транзитивные и другие шкалы.

Шкалы номинального типа основываются на том, что каждому элементу x_i или их неразличимой группе присваивается определенный признак. Классификация элементов или их неразличимых групп осуществляется по наличию или отсутствию этого признака. Значения этого признака для сравниваемых элементов либо совпадают, либо различаются; никаких иных более тонких соотношений (в виде арифметических действий) между значениями признака не предусмотрено. Эти шкалы предусматривают различение элементов только на основе проверки выполнения равенства признака на множестве элементов исследуемой системы.

Шкалы порядкового типа имеют более высокий уровень шкалирования. Они не только различают исследуемые объекты по имеющейся у них интенсивности определенного признака, как это делают шкалы номинального типа, но и располагают объекты по принципу «больше – меньше» или «много – мало» признака, но без указания насколько больше или насколько меньше. Примерами шкал порядка могут служить шкала твердости минералов, шкала сортности товаров в торговле, шкала силы землетрясения. Здесь нельзя выполнять

расчет среднего значения, однако можно сравнивать качественные свойства и специфику.

Шкалы интервального типа обладают всеми качествами шкал порядкового типа, дополняя их возможностью точно определять величину интервала между точками на шкале в принятых единицах измерения. Равновеликости интервалов при этом не требуется. Достоинством таких шкал является сохранение неизменного отношения интервалов в эквивалентных шкалах.

Шкалы отношений обеспечивают более совершенное шкалирование по сравнению со шкалами интервального типа по той причине, что в них остаются равновеликими интервалы между точками измерений. Здесь подразумевается фиксированная нулевая точка отсчета, поэтому относительные оценки позволяют выяснить, во сколько раз один признак объекта больше или меньше другого признака. С оценками, измеряющими признаки в шкале отношений, можно производить различные арифметические действия – сложение, умножение, деление – и всевозможные статистические операции.

Числовые шкалы отношений Саати [3]: устанавливают относительные приоритеты важности объектов – критериев и альтернатив принимаемых решений. Эта шкала позволяет эксперту выбирать численные значения отношения предпочтения одного сравниваемого объекта перед другим. Выбираемые из шкалы числа α_{ij} должны показывать, во сколько раз объект p_i предпочтительнее объекта p_j . Минимальное количество чисел α_{ij} в шкале отношений может быть два, например, 1, если объекты равнозначны, и 5, если объект p_i предпочтительнее объекта p_j в пять раз. Максимальное количество чисел α_{ij} в шкале ограничивается сложностью вычислительных процедур.

Числовые «транзитивные» шкалы отношений [5] применяются при возникновении противоречивых ситуациях принятия экспертных решений, например, когда числовая шкала Саати не содержит допустимых значений, которые хотелось бы иметь эксперту. Применение фиксированной шкалы Саати со смысловой интерпретацией в ряде случаев подталкивает пользователя на дачу противоречивых в указанном смысле ответов.

Сущность числовой «транзитивной» шкалы с изменяющейся базой состоит в следующем. Если за основу базы принять некоторое число a , то качественными признаками этой шкалы могут быть следующие:

- слабое превосходство = a ,
- сильное превосходство = aa ,
- очень сильное превосходство = aaa ,
- абсолютное превосходство = $aaaa$,
- глобальное превосходство = $aaaaa$.

Такая числовая шкала значительно расширяет соблюдение условий транзитивности по сравнению со шкалой Саати. Предположим, что объект p_1 слабо превосходит объект p_2 и эксперт принимает весовой коэффициент $a_{12} = 2$. Пусть в свою очередь объект p_2 слабо превосходит объект p_3 и эксперт принимает весовой коэффициент $a_{23} = 3$. Тогда согласно правилу транзитивности $a_{13} = a_{12} \times a_{23} = a \times a = 2 \times 2 = 4$ весовой коэффициент a_{13} отражает сильное превосходство, а не очень сильное или абсолютное превосходство!

Согласно «транзитивной» шкале комбинация двух слабых превосходств дает сильное превосходство, два сильных превосходства дают абсолютное превосходство и т. д. Получаемые по этой шкале результаты имеют понятную смысловую интерпретацию. Выбор конкретного значения для базы шкалы « a » представляет самостоятельный вопрос. Можно положить, например, $a = 1,5$; $a = 2$ или $a = 3$ с получением следующих трех шкал (табл. 1).

Таблица 1 – Использование различных оснований баз

| Смысловая интерпретация | Основание базы a | | |
|-----------------------------|--------------------|---------|---------|
| | $a = 1,5$ | $a = 2$ | $a = 3$ |
| Слабое превосходство | 1,5 | 2 | 3 |
| Сильное превосходство | 2,25 | 4 | 9 |
| Очень сильное превосходство | 3,38 | 8 | 27 |
| Абсолютное превосходство | 5,06 | 16 | 81 |
| Глобальное превосходство | 7,59 | 32 | 243 |

Методы теории полезности. Задачу количественного оценивания объектов по совокупности качественных показателей можно сформулировать в терминах критерия превосходства. Однако поскольку некоторые частные показатели качества связаны между собой «через механизм функционирования системы» обратно пропорциональной зависимостью, то повышение качества системы по одному показателю ведет к понижению качества по другому. Такая постановка задачи признается некорректной для многих важных практических приложений.

Понятие полезность представляет собой характеристику эффективности принимаемых решений или деятельности предприятий. Это понятие широко используется для количественного сопоставления затрат ресурсов и конечными результатами работ. Такое сопоставление принято выражать функцией полезности, отражающей зависимость полезности благ от вложенных в эти блага ресурсов.

Задача анализа полезности состоит в том, чтобы тем или иным способом получить оценки полезности последствий (конечных результатов), связанных с реализацией различных альтернатив принимаемых

решений. Методы теории полезности базируются на использовании отношения предпочтения множества векторных оценок состояния объектов системы. Задача построения функции полезности решается на основе знаний ЛПР или группы экспертов.

Для аппроксимации некорректно поставленной многокритериальной задачи оценивания параметров состояния маркетинга корректной предлагается идти на компромисс и выбирать для каждого показателя качества не оптимальное значение, а относительно меньшее, но такое, при котором и другие показатели тоже будут иметь приемлемые значения. Для перехода от некорректной постановки проблемы критерия превосходства к корректной разработаны следующие методы количественной оценки систем: методы теории полезности; методы векторной оптимизации; методы ситуационного управления.

При решении многокритериальных задач оценивания состояния маркетинга используются методы векторной оптимизации – методы главного критерия, лексикографической оптимизации, последовательных уступок, скаляризации (векторный критерий аппроксимируется скалярным на основе аксиоматизации и свертки предпочтений ЛПР), человеко-машинные и другие методы.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЕ ПОРТФЕЛЯ ЗАКАЗОВ

Постановка проблемы формирования портфеля заказов. Проблема формирования портфеля заказов, решаемая при планировании производства, инвестировании капиталовложений, принадлежит к классу задач целочисленного линейного программирования (ЦЛП), на переменные которых накладываются условия булевости. Область допустимых решений задач ЦЛП не является выпуклой и связанной. Поэтому при поиске решений такого рода задач возникают повышенные трудности, обусловленные тем, что полный перебор всех допустимых решений требует просмотра астрономического числа решений для выявления «наилучшего» из них [6].

Проблема поиска наилучшего решения состоит в нахождении более короткого алгоритмического пути, не прибегая к полному перебору всех возможных вариантов решения. При наличии в задаче булевых переменных решение ее можно производить методом ветвей и границ как с обычными целочисленными переменными, для которых заданы непрерывные граничные условия $0 \leq x_j \leq 1$. Применение метода ветвей и границ к плохо структурированным задачам оказывается нецелесообразным.

В таком случае следует воспользоваться комбинированием эвристических методов для приближенного определения области допустимых решений с последующим уточнением полученного квазирешения мето-

дами регуляризации или частичного перебора, наиболее совершенным из которых является аддитивный алгоритм Балаша с фильтром [8].

Методы решения целочисленных задач принято подразделяют на точные и приближенные. К точным методам относятся метод ветвей и границ, метод отсекающих плоскостей; к приближенным – эвристические методы, методы случайного поиска и другие методы. При решении слабо структурированных задач ЦЛП (плохо обусловленных по Тихонову) существующими методами могут быть получены далеко не лучшие решения, поэтому требуется разработка регуляризованных адаптивных методов со сглаживанием исходной структуры решаемой задачи и контролем получаемых решений.

Решение проблемы формирования портфеля заказов. На основании выполненного анализа состояния проблемы авторы предлагают регуляризованный алгоритм решения задачи ЦЛП с двоичными переменными, который является дальнейшим развитием алгоритма Таха [8].

1. Предварительное решение задачи ЦЛП с целью определения допустимой области *непрерывно* изменения искоемых переменных.

2. Регуляризация («ослабление») области допустимых решений целочисленной задачи путем замены любой двоичной переменной y непрерывным ограничением $0 < y < 1$ и отбрасывания требования целочисленности для всех остальных переменных. В результате получится обычная задача линейного программирования.

3. Решение обычной задачи линейного программирования любым стандартным пакетом прикладных программ, например ТОРА.

4. После получения квазиоптимального непрерывного решения задачи линейного программирования к ядру модели этой задачи добавляются специальные регуляризирующие ограничения, которые деформируют пространство допустимых решений обычной задачи линейного программирования таким образом, чтобы получилось оптимальное решение, удовлетворяющее исходным требованиям целочисленности.

Содержательная постановка задачи о рюкзаке формулируется следующим образом. Предположим, что имеется набор предметов из n различных наименований, часть которых необходимо упаковать в рюкзак. Пусть x_j – количество предметов j -го наименования, запланированных к загрузке в рюкзак; a_{ij} – i -я характеристика ($i = 1, 2, \dots, m$) предмета j -го наименования ($j = 1, 2, \dots, n$). Количество и вид предметов, которые можно загрузить в рюкзак, лимитируется m ограничениями: по весу b_1 , объему b_2 , линейным размерам b_3 и другими показателями вплоть до b_m . Известна полезность c_j предмета j -го наименования: c_1, c_2, \dots, c_n . Требуется из имеющихся предметов вы-

брать лучший набор, вес, объем и размер которого ограничены параметрами рюкзака.

Математическая постановка задачи о рюкзаке [9] состоит в следующем. Требуется найти такие неотрицательные значения переменных x_j , которые удовлетворяют условиям:

– функционирования экономической системы

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (1)$$

– неотрицательности и целочисленности переменных

$$x_j \geq 0 \text{ – целое, } (j = 1, 2, \dots, n),$$

– булевости переменных

$$x_j = 0 \text{ или } x_j = 1 \quad (2)$$

и максимизируют значение целевой функции

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j = z. \quad (3)$$

Задачу ЦЛП можно свести к задачам с булевыми переменными 0 и 1, если эти переменные имеют известные верхние границы. Когда x – переменная, принимающая только целые неотрицательные значения, а целое k – верхняя граница x ($x \leq k$), тогда x можно заменить суммой $x = y_1 + y_2 + \dots + y_k$, где все y_i равны 0 или 1.

Постановка задачи о формировании портфеля заказов состоит в том, чтобы оценить пять возможных вариантов проектов с точки зрения их финансирования на предстоящий трехлетний период их реализации. Необходимо определить набор проектов, соответствующий максимальной суммарной прибыли. Математическая модель задачи о формировании портфеля заказов может иметь следующий вид [8]: максимизировать прибыль

$$z = 20x_1 + 40x_2 + 20x_3 + 15x_4 + 30x_5$$

при ограничениях по годам выполнения

$$5x_1 + 4x_2 + 3x_3 + 7x_4 + 8x_5 \leq 25,$$

$$x_1 + 7x_2 + 9x_3 + 4x_4 + 6x_5 \leq 25,$$

$$8x_1 + 10x_2 + 2x_3 + x_4 + 10x_5 \leq 25,$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 = 0 \text{ или } 1,$$

где $x_j = 1$, если j -й проект принят 0, если j -й проект не принят в набор.

Оптимальным целочисленным решением, полученным с помощью программы ТОРА, является $x_1 =$

$= x_2 = x_3 = x_4 = 1, x_5 = 0$ с $z = 95$. Согласно этому решению необходимо выбрать для финансирования все проекты, кроме пятого. Если решить эту задачу как «обычную» задачу линейного программирования без условия целочисленности переменных, то получим решение $x_1 = 0,5789, x_2 = x_3 = x_4 = 1, x_5 = 0,7368$ и $z = 108,68$, две компоненты которого принимают дробное значение.

ВЫВОДЫ

Практика выполненных исследований показывает, что:

1) наиболее простыми среди точных методов являются комбинаторные методы полного перебора, которые выполняют проверку всех возможных решений $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) = 2^n$ и при $n \leq 10$ позволяют получить точное решение задачи ЦЛП с булевыми переменными за приемлемое время;

2) прагматичным часто применяемым подходом является замена дискретных переменных на интервале 0–1 непрерывными; найденное при этом дробное решение округляется до ближайшего целочисленного значения так, чтобы погрешность округления составляла не более 10 %.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Информационные системы и технологии в экономике и управлении / Под ред. проф. В. В. Трофимова. – М. : Высшее образование, 2007. – 480 с.
2. Костенко А. П. Моделирование функциональной структуры информационно-аналитической маркетинговой системы / Костенко А. П. // Нові технології. – 2004. – № 3(6). – С. 127–130.

УДК 681.3. + 681.5.007

Н. В. Алипов, М. И. Хиль, М. В. Гусятин

ПРАВИЛА ВЫБОРА СТРАТЕГИЙ АЛГОРИТМА ПОИСКА ТОЧКИ С ХАРАКТЕРНЫМ ПРИЗНАКОМ В ИСХОДНОМ ИНТЕРВАЛЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Определены соотношения эффективности применения пессимистической и оптимистической стратегии на j -м шаге алгоритма, на основании которых выбирается шаг применения пессимистической стратегии. На конкретных примерах проиллюстрированы характерные случаи выбора стратегий поиска.

Одним из перспективных направлений в развитии методов защиты информации является направление, основанное на использовании цифровых автоматов

© Алипов Н. В., Хиль М. И., Гусятин М. В., 2009

3. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Саати Т., Кернс К. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.
4. Демидов Б. А. Методика оценивания и прогнозирования технического уровня образцов вооружения и военной техники при формировании плановых и управленческих решений, реализуемых в процессе управления их жизненными циклами / Демидов Б. А., Хмелевская О. А. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2006. – Вип. 3(9). – С. 12–22.
5. Авраменко В. П. Методы и процедуры шкального оценивания в задачах принятия проектных решений / Авраменко В. П., Калачева В. В. // Нові технології. – 2003. – № 1(2). – С. 40–47.
6. Данциг Дж. Линейное программирование, его обобщения и применения / Данциг Дж. – М. : Прогресс, 1966. – 600 с.
7. Ларіонов Ю. І. Дослідження операцій в інформаційних системах / Ларіонов Ю. І., Левикін В. М., Хажмуродов М. А. – Харків : ХНУРЕ, 2003. – 388 с.
8. Таха Х. А. Введение в исследование операций / Таха Х. А. – М. : Вильямс, 2001. – 912 с.
9. Кулян В. Р. Математическое программирование (с элементами информационных технологий) / Кулян В. Р., Янькова Е. А., Жильцов А. Б. – К. : МАУП, 2000. – 124 с.

Надійшла 10.10.2008

Розглянута процедура комплексного оцінювання параметрів маркетингу і проєціювання значень характеристик об'єкта на значення відповідних шкал (описане застосування різних шкал в залежності від характеру задач, які вирішуються). Наведені методи рішення задач цілочисельного лінійного програмування з використанням двійкових змінних, розглянута постановка задачі про рюкзак та формування портфеля.

The procedure of marketing parameters' complex estimation and projection of object's characteristics on the value of corresponding scales are viewed (application of different scales according to the type of problems solved is described). Methods for solving integer linear programming problems with given binary variables, definition of a problem about rucksack and portfolio formation are considered.

с псевдослучайными переходами [1]. Нами к настоящему моменту разработаны структура такого автомата, алгоритмы формирования виртуальных последовательностей [2]; описаны основные понятия и определения, выбран критерий оптимальности алгоритмов поиска; разработаны примеры синтеза помехоустойчивых алгоритмов поиска точки x с характерным признаком в условиях действия виртуальной последовательности [3]. Однако к настоящему моменту