

С.А. Баркалов, О.Н. Бакунец, И.В. Гуреева,  
В.Н. Колпачев И.Б. Русман

*ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ НА  
ПРЕДПРИЯТИИ ПО ВИДАМ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ*

Рерайт (переделка) дипломных и курсовых работ

---

[Вернуться в каталог учебников](#)

Москва 2002

УДК.65.012.

*Баркалов С.А., Бакунец О.Н., Гуреева И.В., Колпачев В.Н., Руссман И.Б.* **Оптимизационные модели распределения инвестиций на предприятии по видам деятельности.** М.: ИПУ РАН, 2002. – 68 с.

**Начните интернет-бизнес с недорогого сайта-визитки**

**Дистанционные курсы по созданию сайтов**

*Целью работы является разработка подхода к формированию стратегии, выработке основных направлений углубленного планирования.*

Рецензент: д.т.н. А. В. Щепкин

Текст препринта воспроизводится в том виде, в котором представлен авторами.

Утверждено к печати Редакционным советом Института.

Статьи по экономике и менеджменту:

- для повышения квалификации преподавателей;
- для рефератов и контрольных;
- для самообразования топ-менеджеров.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Предварительные задачи	8
1.1. Применимость задач распределения ресурсов при формировании модели диверсификации	8
1.2. Использование медианных распределений при формировании стратегии инвестирования предприятия	10
1.3. Моделирование неопределенности и риска при формировании инвестиционной стратегии	18
1.4. Формирование прогнозного финансово плана диверсифицированной компании	38
2. Многокритериальная задача многоэтапного распределения	45
2.1. Выбор критериев эффективности многокритериальной задачи распределения	45
2.2. Решение векторной задачи оптимизации методом последовательных уступок	54
2.3. Имитационное моделирование как способ решения задачи	55
2.4. Определение относительной важности критериев	58
2.5. Построение портфеля, аппроксимирующего оптимальное распределение	60
Выводы	66
Литература	66

## ВВЕДЕНИЕ\*

Развитие предприятия в основной и единственной для него отрасли происходит до тех пор, пока существует возможность увеличения прибыли. Как только данный потенциал исчерпывается, компания встает перед дилеммой: усилить конкурентный напор или переходить к диверсификации. Подобный вопрос может возникнуть перед быстро развивающимся предприятием, которое функционирует в медленно развивающейся отрасли. В подобной ситуации рациональным будет решение об изъятии средств из освоенного бизнеса для финансирования диверсификационных мероприятий.

Принятие решения о диверсификации одновременно требует определение ее типа, масштаба и финансовых ресурсов, необходимых для ее осуществления. Компания начинает разрабатывать сценарий дальнейших мероприятий: внедряться в близкий или совершенно отдаленный вид бизнеса, использовать для этого ограниченный объем денежных средств или инвестировать большие ресурсы, проникать в единичный или несколько крупных видов бизнеса.

Существенное значение для принятия окончательного решения имеет предварительная экспертиза намечаемых мероприятий. Производится оценка доходности в тех отраслях, в которые предполагается диверсификация. Особое внимание уделяется долгосрочности получения прибыли.

---

\* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, шифр гранта Г00-3.3-306

Проблема точной проверки того, повысит ли диверсификация стоимость компании, состоит в необходимости вынесения оценки до наступления реальных событий. Корпоративные стратегии предлагают оценивать, способно ли данное действие повысить стоимость бизнеса с помощью трех тестов:

1. Тест на привлекательность: привлекательность отрасли заключается в ее способности устойчиво давать высокие доходы на инвестиции.
2. Тест на стоимость входа: стоимость входа в целевую отрасль не должна быть настолько высокой, чтобы погасить потенциал хорошей прибыльности.
3. Тест на улучшение: новый бизнес должен предоставить дополнительное конкурентное преимущество прежнему бизнесу компании.

В ходе диверсификации предусматриваются два пути: внедрение в технологически близкий бизнес и вступление в кардинально отличный бизнес. Диверсификация родственного плана возможна при технологической совместимости функционирующего и нового бизнеса. Важным финансовым моментом родственной диверсификации выступает значительная экономия затрат на производство продукции. Родственная диверсификация может осуществляться на основе следующих общих моментов: аналогичные сектора рынка по потребителям, соответствие производственных циклов, координации менеджмента.

В теории корпоративных финансов понятие диверсификации применяется к различным объектам. В этой связи классифицируют процессы диверсификации по двум направлениям: диверсификация

инвестиционного портфеля и диверсификация производства (сфер бизнеса). Диверсификация производства подразделяется на диверсификацию видов деятельности и диверсификацию продукции.

В рамках диверсификации видов деятельности наиболее близкой к диверсификации портфеля является стратегия чистой (конгломератной) диверсификации, при которой между отдельными сферами бизнеса не существует никаких общих связей и элементов совпадения их в области производственно-коммерческой деятельности, а происходит только передача денежных средств. В этом случае возможно максимальное снижение финансового риска, являющимся обобщающим показателем самых различных форм риска: технологического риска, обусловленного недостаточной проработкой отдельных инженерных решений; экологического риска, вызванного непредсказуемыми для окружающей среды последствиями использования нового продукта; коммерческих рисков, связанных с отсутствием на момент начала реализации проекта гарантированной рыночной ниши для сбыта новой продукции; рисков, связанных с необходимостью преодоления входных отраслевых барьеров.

Стратегия неродственной диверсификации базируется на финансовых критериях. Такая диверсификация позволяет исключить малоприбыльную деятельность за счет более активного использования активов.

По аналогии с классификацией диверсификационных стратегий фондового рынка можно выделить разновидности «портфелей сфер деятельности».

Портфель консервативного роста наименее рискован. На фондовом рынке состоит из акций крупных, хорошо известных компаний, характеризующихся невысокими, но устойчивыми темпами роста курсовой стоимости. Инвестиции портфеля консервативного роста нацелены на сохранение капитала. Выбираются отрасли, на которых предприятие станет безусловным лидером, будет иметь ярко выраженные конкурентные преимущества (собственные ресурсы, проработанная технология, разработанная программа сбыта).

Портфель среднего роста сочетает в себе инвестиционные свойства портфелей агрессивного и консервативного роста. В такой тип портфеля наряду с надежными, всегда прибыльными сферами деятельности включают рискованные направления. Надежность обеспечивается консервативным направлением производственной деятельности, а доходность – прорывными направлениями.

Также выделяют портфель дохода, ориентированный на получение высокого текущего дохода, особенностью которого является цель его создания – получение определенного уровня дохода, величина которого соответствовала бы минимальной степени риска, приемлемого инвестором. Портфель регулярного дохода – приносит средний доход при минимальном уровне риска.

# **1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ**

## **1.1. ПРИМЕНИМОСТЬ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МОДЕЛИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ**

С математической точки зрения моделирование процессов диверсификации основывается на использовании алгоритмов распределения ресурсов. Это обуславливает интерес к существующим распределительным моделям.

В результате исследования существующих методов распределения ресурсов, которые могли бы служить основой при выработке стратегий диверсификации предприятий, были выделены следующие классы задач.

Разовое многоэтапное распределение, для которого характерно отсутствие физически очевидных этапов распределения, связанных с необходимостью каким-либо образом резервировать определенную часть ресурсов на выполнение последующих заказов. В нашем случае использование подобных методов решения задач распределения в чистом виде неприемлемо, поскольку в своей деятельности ни одно предприятие не может ориентироваться только на конец определенного периода, управляющие всегда имеют планы стратегического развития.

Распределение однородных и неоднородных ресурсов. Переход от однородных к неоднородным ресурсам существенно усложняет задачи распределения. В наши планы входило рассмотрение только однородных инвестиционных ресурсов.



Однако при включении в модель заемных средств, имеющих различные характеристики, возможно применение методов этой группы.

Распределение с одновременным выбором способов действий. Во многих случаях наряду с распределением ресурсов по объектам вложения приходится также выбирать лучший среди различных способов действий, в нашем случае способа функционирования отдельного направления, подразделения, проектной группы.

Распределение по независимым и зависимым объектам. Спецификой распределения по зависимым объектам является повышение размерности задачи. В уже рассмотренных нами задачах мы учитывали только «вторичную» взаимосвязь объектов: степень корреляции их доходов.

Прямые и обратные задачи распределения. Под прямыми понимаются задачи, в которых необходимо добиться наилучшего в смысле выбранного критерия эффекта от использования выделенных ресурсов, в обратных же задачах известен уровень эффективности, который должен быть достигнут в результате использования ресурсов. К этому же классу можно отнести классические задачи Марковица: поиск максимума доходности при определенном уровне риска и определение минимального риска при заданной доходности. Нами же эти две задачи были объединены в единую двухкритериальную модель, дающую возможность выбирать приемлемое для субъекта производственной деятельности соотношение риск-доходность.

Описание основных групп задач распределения дает представление о сложности поставленной задачи и росте ее размерности с повышением степени отражения действительности.

## **1.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИАННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СТРАТЕГИИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В основе предлагаемого механизма, как и в основе деятельности почти всех управленческих органов, лежит процедура коллективного выбора. Каждый участник экспертной группы имеет свою собственную точку зрения на то, какой политики должно придерживаться предприятие для достижения наилучших финансовых результатов, и эти точки зрения, вообще говоря, не совпадают. Коллективное же решение учитывает в некоторой форме сведения о политике предприятия, которую выбрали бы в этой ситуации отдельные участники. В результате применения процедуры может быть получена программа, не совпадающая ни с одним из вариантов, предложенным экспертами, или же может быть выделена часть вариантов, совпадающая с частями, указанными отдельными участниками.

Постановка задачи распределения средств заключается в следующем. Приглашаются эксперты, каждый из которых предлагает программу распределения, в которой он отражает свое мнение о приоритете направлений относительно друг друга, учитывая наиболее важные, по его мнению, критерии. Так один эксперт может считать, что инвестиции должны принести максимально возможную прибыль; другой – вложения могут дать более низкий, но гарантированный процент доходности, т.е. главным для этого эксперта является снижение риска, вероятности разорения. Положим для человека, отвечающего за распределение средств, мнения всех экспертов имеют одинаковую важность; в

своем окончательном решении он хочет как можно лучше отразить их все. Его распределение из всех возможных будет являться наиболее “похожим” на распределения экспертов.

Возможен случай, когда эксперт предлагает не единственный вариант, а выделяет целое множество устраивающих его программ инвестирования. Положим имеется  $m$  экспертов и  $n$  вариантов деятельности. Каждый эксперт формулирует свои условия, при которых, по его мнению, предприятие будет работать наиболее эффективно (например, ограничения на расход ресурсов и оборудования, на людские ресурсы и ограничения на фонд заработной платы); или же каждый из них имеет свою цель (например, увеличить суммарную прибыль предприятия или уменьшить рискованность вложений, увеличить среднюю заработную плату, уменьшить период окупаемости и энергоемкость производства), и при выполнении сформулированных ограничений предприятие будет добиваться лучших показателей в определенной области.

Каждый эксперт выделяет в пространстве  $R_n$  переменных  $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  (где  $x_i$  – доля средств, вкладываемых в  $i$ -ое направление) множество  $\Omega_j$  ( $j=\overline{1, m}$ ) удовлетворяющих его вариантов распределения средств. Наиболее простым случаем является задание каждым экспертом множества, удовлетворяющих его векторов, с помощью линейных ограничений. Ограничения могут иметь, например, различный экономический смысл:

$x_i$  – сумма средств, которую планируется вложить в  $i$ -ое направление;

$\sum_{i=1}^n x_i = T, x_i \geq 0$  - общие вложения не должны превышать

имеющейся суммы, предназначенной к инвестированию;

$\sum_{i=1}^n h_{li} \cdot x_i \leq H_l, \forall l = \overline{1, p}$  -ограничение на расход ресурсов  $l$ -го

вида, где  $h_{li}$  –расход  $l$ -го ресурса на выполнение единицы работ  $i$ -го направления (в стоимостном выражении);

если  $D_q$  –полезный фонд времени работы  $q$ -го вида оборудования (например, измеряемое в сменах), а  $d_{qi}$  –норма затрат  $q$ -го оборудования для выполнения единицы работ  $i$ -го вида, то

$\sum_{i=1}^n d_{qi} \cdot x_i \leq (\geq) D_q$  означает ограничение на время работы

(требование на загрузку оборудования на срок не меньший  $D_q$ );

$\sum_{i=1}^n t_{si} \cdot x_i \leq (\geq) T_s$ , где  $t_{si}$ -трудоемкость  $s$ -го вида профессиональных

рабочих для выполнения единицы работ  $i$ -го вида,  $T_s$  – трудоемкость в среднегодовом (месячном) исчислении  $s$ - ой профессиональной группы.

Тогда если множества  $\Omega_j$  не пересекаются, то, по аналогии с определением медианы Кемени, результирующим, наиболее точно отражающим мнение каждого эксперта будем считать вариант  $X^*$ , сумма расстояний от которого до каждого из множеств  $\Omega_j$  будет наименьшей.

Расстояние от точки  $X$  до множества  $\Omega$  определяется по формуле

$$d(X, W) = \min_{Y \in W} r(X, Y) \quad , \quad (1.2.1)$$

где  $\rho(X, Y)$  – расстояние между точками  $X$  и  $Y$ , определяемое по формуле

$$r(X, Y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|. \quad (1.2.2)$$

Если же множества  $\Omega_j$  пересекаются, то лучшее распределение будем искать с помощью функции общей прибыли предприятия на множестве  $\Omega$ , определяемом как  $W = \bigcap_{j=1}^m W_j$ .

Решение проблемы может быть получено с помощью следующего алгоритма:

Проверяем непустоту каждого из множеств  $\Omega_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Если среди  $\Omega_j$  обнаружено хотя бы одно пустое множество, об этом делается сообщение.

Если множество  $\Omega = \bigcap \Omega_j \neq \emptyset$ , то решается задача

$$F(X) \rightarrow \max, \quad (1.2.3)$$

$$X \in \bigcap_{j=1}^m W_j. \quad (1.2.4)$$

Функция  $F(X)$  определяет полезность от распределения средств  $X$ , например, суммарную прибыль.

Если  $\Omega = \emptyset$ , то определяем вариант распределения  $X^*$ , суммарное расстояние от которого до каждого из множеств  $\Omega_j$  минимально, для чего решается задача

$$\sum_{j=1}^m d(X, W_j) \rightarrow \min_{X \geq 0}, \quad (1.2.5)$$

Учитывая определение расстояния между точкой и множеством (1.2.1) и между двумя точками (1.2.2), ее можно переписать в виде:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n |x_i - y^j_i| \rightarrow \min, \quad (1.2.6)$$

$$X \geq 0, \quad (1.2.7)$$

$$Y^j \in W_j, j=1,2,\dots,m. \quad (1.2.8)$$

Решение задачи (1.2.6)-(1.2.8) может быть получено в результате выполнения следующей последовательности действий:

Для каждой координаты  $Y_{ij}$  вектора  $Y_j$  и для координат вектора  $X$  определяется верхняя и нижняя границы  $a_{ij}$  и  $b_{ij}$ , такие что

$$a_{ij} \leq Y_{ij} \leq b_{ij}. \quad (1.2.9)$$

Задается  $N$  – количество перебираемых точек. С помощью метода Соболя строится последовательность точек, равномерно распределенных в параллелепипеде (1.2.9).

Из точек, построенных в пункте 2, отбираем те, которые принадлежат допустимой области  $G$ , определяемой ограничениями (1.2.7)-(1.2.8).

Отобранные в (3) точки подставляем в целевую функцию (1.2.6). Получаем значения  $F(Z_1), F(Z_2), \dots, F(Z_N')$ , где  $Z=(X_1, \dots, X_n, Y_{11}, \dots, Y_{1n}, \dots, Y_{m1}, \dots, Y_{mn})$ . Среди  $F(Z_i)$  находим наименьшее  $F(Z_{i0})$  и полагаем  $F(Z_{i0}) \approx \min F(Z)$ .

Вторая предлагаемая схема формирования результирующего распределения отражает ситуацию, при которой каждый эксперт придерживается четко определенного мнения о необходимом уровне поддержки каждого направления.

Управляющему необходимо распределить ресурсы между некоторым конечным числом направлений, при чем в каждое из них должна быть вложена хоть какая-то сумма средств. Пронумеруем

все программы деятельности, пусть  $i$  – порядковый номер направления ( $i = \overline{1, n}$ ). Затем формируется множество критериев, по которым будет оцениваться эффективность каждого направления деятельности. Далее будем считать, что мнение каждого эксперта соответствует ранжированию по одному из критериев. Производится сбор исходных данных по каждой из рассматриваемых программ инвестирования. Положим, всего имеется  $m$  оцениваемых параметров. Каждый  $j$ -ый эксперт дает свой вектор предпочтений  $P_j = (P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jn})$ ,  $j = \overline{1, m}$ , где  $P_{ji}$  – порядковый номер проекта, занимающего в ранжировании по  $j$ -му критерию  $i$ -ое место. В каждом ранжировании первое место занимает наиболее привлекательное, с точки зрения рассматриваемого критерия, для предприятия направление деятельности и далее по убыванию. Затем каждому вектору  $P_j$  поставим в соответствие вектор  $\pi_j = (\pi_{j1}, \pi_{j2}, \dots, \pi_{jn})$ , сформированный по правилу: координата  $\pi_{ji}$  – число направлений, которые согласно  $j$ -му частному критерию являются более предпочтительными, чем направление имеющее порядковый номер  $i$ .

**Пример.** Имеется 4 программы инвестирования со следующими параметрами:

Исходные характеристики программ инвестирования

	I	II	III	IV
Планируемая прибыль	15	30	20	40
Оценка риска	0.3	0.2	0.4	0.8
Средняя зар. плата	1500	1600	1800	1700

$\pi_1 = (3, 1, 2, 0)$ ,  $\pi_2 = (1, 0, 2, 3)$ ,  $\pi_3 = (3, 2, 0, 1)$ .

Следующим шагом является поиск группового ранжирования, в котором наилучшим образом будут представлены индивидуальные предпочтения. В качестве такового будет рассматриваться медиана Кемени, определяемая следующим образом:

$$p^* = \min_p \sum_{j=1}^m d(p, p^j),$$

где  $d(p, p^j)$  – расстояние между двумя ранжированиями,

$$\text{определяемое по формуле } d(p, p^j) = \sum_{i=1}^n |p_i - p^j_i|.$$

Для отыскания медианы Кемени, во-первых, строим матрицу потерь  $R = \{r_{kl}\}$ : рассматриваются векторы, в которых направление с номером  $i$  ( $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ) расположено последовательно от 1-го до  $n$ -го места:  $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k, \dots, \pi_n)$  – ранжирование, в котором  $k$ -ый проект стоит на  $l$ -ом месте (т.е.  $\pi_k = l-1$ ), тогда

$$r_{kl} = \sum_{u=1}^m |p_k - p^u_k|.$$

Для данных из примера:  $r_{11}=7$ ;  $r_{12}=4$ ;  $r_{13}=3$ ;  $r_{14}=2$ ;  $r_{21}=3$ ;  $r_{22}=2$ ;  $r_{23}=3$ ;  $r_{24}=6$ ;  $r_{31}=4$ ;  $r_{32}=3$ ;  $r_{33}=2$ ;  $r_{34}=5$ ;  $r_{41}=4$ ;  $r_{42}=3$ ;  $r_{43}=4$ ;  $r_{44}=5$ .

Во-вторых, решаем задачу о назначениях, к которой сводится отыскание медианы Кемени:

$$\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n r_{kl} \cdot x_{kl} \rightarrow \min, \quad (1.2.10)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{kl} = 1, \quad k = \overline{1, n}, \quad (1.2.11)$$



$$\sum_{l=1}^n x_{kl} = 1, \quad l = \overline{1, n}, \quad (1.2.12)$$

$$x_{kl} \in \{0, 1\} \quad k, l = \overline{1, n}, \quad (1.2.13)$$

где  $x_{kl} = 1$ , если  $k$ -ая альтернатива назначена на  $l$ -ое место, и  $x_{kl} = 0$  в противном случае. Матрица  $X = \{x_{kl}\}$  при выполнении условий (1.2.10)–(1.2.13) соответствует некоторому ранжированию. В результате получаем матрицу  $X^* = \{x^*_{kl}\}$ , по которой восстанавливаем вектор группового предпочтения  $P^*$ , анализируя матрицу  $X^*$  по строкам: если  $x^*_{kl} = 1$ , то в векторе  $P^*$  полагаем  $p^*_l = k$ . В примере  $x_{14} = 1$ ;  $x_{21} = 1$ ;  $x_{33} = 1$ ;  $x_{42} = 1$ ; следовательно  $P^* = (2, 4, 3, 1)$ . Далее с помощью метода парных сравнений рассчитываем ранговые коэффициенты, которые и будут соответствовать части средств, вкладываемых в каждое из направлений. По упорядочению  $P^*$  составляем матрицу парных сравнений  $L = \{\alpha_{kl}\}$   $k, l = \overline{1, n}$  для группового предпочтения, элементы которой определяются:  $\alpha_{kl} = 2$ , если согласно ранжированию  $P^*$  направление, имеющее порядковый номер  $k$ , является более предпочтительным, чем  $l$ -ое направление;  $\alpha_{kl} = 1$ , если  $k$ -ый и  $l$ -ый виды деятельности равнопредпочтительны; и  $\alpha_{kl} = 0$ , если  $k$ -ый менее предпочтителен, чем  $l$ -ый.

Затем считаем сумму элементов каждой строки  $a'_k = \sum_{l=1}^n \alpha_{kl}$  и

$$\text{величину } a' = \sum_{k=1}^n a'_k.$$

Далее находим доли, соответствующие каждому направлению деятельности:

$$c_k = a'_k / a' \quad k = \overline{1, n}.$$

В рассмотренном примере  $\chi_1 = 0.0625$ ;  $\chi_2 = 0.4375$ ;  $\chi_3 = 0.1875$ ;  $\chi_4 = 0.3125$ .

Предложенные схемы относятся к так называемым разомкнутым способам организации голосования, которые характеризуются однонаправленным потоком информации.

### **1.3. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ**

При анализе деятельности диверсифицированной компании большое внимание уделяется сопоставлению уровней рентабельности, эффективности различных видов производимой продукции. Результаты такого сравнения дают основу для принятия решений об избавлении от убыточных или низкорентабельных сфер деятельности и расширении высокодоходных направлений. Подобная реорганизация требует определения инвестиционных приоритетов, изменения структуры производственных мощностей с целью перелива ресурсов предприятия в наиболее перспективные сферы.

Принимая решение о выборе структуры распределения собственных средств предприятия и заемных инвестиционных ресурсов, руководитель должен считаться с тем, что неопределенность, всегда существующая как в характеристиках производства, так и во внешней ситуации, вносит в деятельность элемент риска.

Поэтому ниже предлагаются варианты моделей распределения средств, одни из которых учитывают фактор

неопределенности, давая в качестве результата последовательность решений, соответствующих различным условиям реализации действий, а другие непосредственно включают оценку риска.

При построении моделей в условиях неполной информации будем рассматривать два основных подхода: первый – принцип наилучшего ожидаемого результата, и второй – принцип наилучшего абсолютно гарантированного результата. В первом случае предполагается задание вероятностной меры на допустимой области параметров. Во втором случае указываются лишь диапазоны, области возможного разброса параметров, характеризующих отдельные черты внешней среды предприятия или производственной сферы. Именно этот вариант постановки задачи позволяет требовать установления варианта производственной деятельности, выполнение которого абсолютно гарантировано при любых сочетаниях неопределенных параметров из возможной области, и приводит к математическим формулировкам максиминного типа.

Первый подход. Производственный процесс рассматривается в общем виде, т.е. анализируется только количественная связь «вход - выход». Будем считать функцию «затраты - выпуск» случайной, поскольку зависимость между физическим объемом произведенной продукции (или ее стоимостной оценкой) и количеством использованных при этом ресурсов (объемом капитальных вложений, стоимостью основных и оборотных фондов), во-первых, подвержена воздействию случайных факторов (неопределенность в характеристиках технологического комплекса, уровнях поставок внешних ингредиентов, уровне спроса на конечную продукцию), а, во-вторых, сам процесс построения

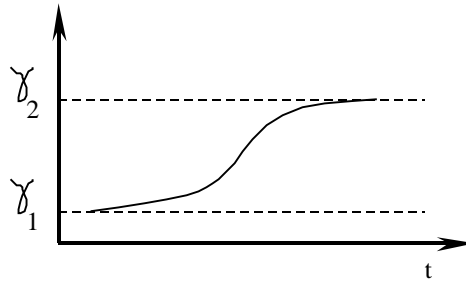
производственной функции на основе реальной статистической информации о функционировании предприятия в предыдущие периоды не является абсолютно формализованной процедурой, а в большой степени определяется возможностями, навыками и информацией, доступной исследователю.

Процесс развития каждой технологии в самом общем, приблизительном виде может быть описан логистической кривой, определяемой дифференциальным уравнением

$$\frac{dy}{dt} = a(y - g_1) \cdot (g_2 - y), \quad (1.3.1)$$

где  $y(t)$  – значение объема выпуска рассматриваемой сферы деятельности,  $t$  – параметр, выражающий совокупные затраты по данному направлению в стоимостной форме,  $a$  – положительная постоянная,  $g_1$  и  $g_2$  – положительные константы, ограничивающие (соответственно снизу и сверху) производственный результат функционирования данного направления. При этом  $g_1$  – это нижняя граница  $y(t)$ , выражающая исходные, стартовые, предельно низкие возможности технологии, а  $g_2$  – ее технологический предел, характеризующий ее предельно высокие возможности.

С увеличением затрат на функционирование рассматриваемого направления деятельности предприятия (в какой бы форме они не измерялись) его технологически значимый результат может лишь возрасти, поэтому  $y(t)$  представляет собой монотонно возрастающую функцию на всей области определения.



### Общий вид логистической кривой

Логистическая (S-образная) кривая, описывающая жизненный цикл каждого отдельного направления деятельности организации (см. рис.), обычно рассматривается как модель динамики различных кумулятивных величин, которые способны накапливаться и в каждый момент образуют некоторый фонд, от объема которого существенно зависит скорость дальнейшего роста или убывания данных величин. В рассматриваемом случае такой величиной является размер капитала каждой сферы деятельности.

Тот факт, что, согласно уравнению (1.3.1), первая производная (скорость роста) величины  $y$  прямо пропорциональна отрыву этой величины от ее стартовых возможностей, означает, что  $y(t)$  растет тем быстрее, чем больше этот отрыв. С другой стороны, пропорциональность первой производной значению  $(g_2 - y)$  означает замедление роста величины  $y(t)$  по мере приближения ее к своему технологическому пределу.

Решением уравнения (1.3.1) служит функция

$$y(t) = g_1 + \frac{(g_2 - g_1)Q(t)}{Q(t) + b} \quad (1.3.2)$$

при произвольном  $b > 0$ , где  $Q(t) = \exp[a \cdot (g_2 - g_1) \cdot t]$ . После несложных преобразований функция (1.3.2) может быть приведена к виду

$$y(t) = \frac{k}{1 + b \cdot e^{-at}}. \quad (1.3.2')$$

Предположим, что связь между стоимостью производственных фондов  $\{x_i, i = \overline{1, n}\}$  различных сфер деятельности предприятия и стоимостной оценкой произведенной продукции и оказанных услуг  $\{y_i(x_i), i = \overline{1, n}\}$  в среднем может быть представлена в виде функции

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n y_i(x_i),$$

где  $y_i(x_i)$  имеет вид (1.3.2'), в то время как действительный выпуск (объем производства, чистая прибыль), который мы обозначим через  $F(x_1, x_2, \dots, x_n, x)$ , является случайной функцией затраченных ресурсов (капитальных вложений в рассматриваемый период, стоимости основных и оборотных фондов), т.е.

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n, z) = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot (1 + z) \quad (1.3.3)$$

где  $x$  - случайная величина, такая, что

$$E(x) = 0. \quad (1.3.4)$$

Случайная величина  $x$  характеризует возможные отклонения реального объема от его среднего значения  $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , т.е.  $x$  означает степень неожиданности, непредвиденности результатов при данных затратах и определяется для каждого направления деятельности следующим образом

$$x_i = \frac{y_i - \overline{y_i}}{\overline{y_i}},$$

где  $y_i$  - фактический объем прибыли в  $i$ -ой сфере,  $\overline{y_i}$  - рассчитанный по формуле (1.3.2').

Относительно вида распределения случайной величины  $x$  можно сделать следующие предположения:

$$P(x \leq z) = \begin{cases} 0, & \text{если } z < d_1; \\ G(z), & \text{если } d_1 < z \leq d_2; \\ 1, & \text{если } z > d_2, \end{cases} \quad (1.3.5)$$

где  $G(z)$  - функция распределения вероятностей случайной величины  $x$ , а  $d_i$  ( $i=1, 2$ ) - коэффициенты, принимающие значения из интервала  $(0, 1)$  и определяющие амплитуду колебаний реального объема выпуска вокруг своего среднего значения.

Для каждой сферы производственной деятельности эти коэффициенты могут быть найдены следующим образом. По имеющимся опытным данным для  $i$ -го направления распределения об объеме вложенных средств  $x_i^t$  в момент времени  $t$  и соответствующего полученного эффекта  $y_i^t$  строится математическая зависимость вида (1.3.2'). Затем для каждого момента времени определяем относительные отклонения фактических значений  $y_i^t$  от теоретических  $\overline{y_i^t}$ :

$$D_i = \frac{y_i^t - \overline{y_i^t}}{\overline{y_i^t}}. \quad (1.3.6)$$

Найдем верхнюю

$$d_2^i = \max_t D_i \quad (1.3.7)$$

и нижнюю границы

$$d_1^i = \min_i D_i \quad (1.3.8)$$

отклонений. Полагая, что существующая зависимость не изменит своего характера, предположим  $d_1^i \leq x_i \leq d_2^i$ .

Задача максимизации ожидаемой чистой прибыли сводится в рассматриваемом случае к определению

$$\max_{x_1, x_2, \dots, x_n} W(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

при ограничениях  $\sum_{i=1}^n x_i \leq T$ ,  $x_i > 0, \forall i = \overline{1, n}$ ,

причем

$$W(x_1, x_2, \dots, x_n) = E \left( \sum_{i=1}^n v_i(x_i)(1+x_i) \right) = \sum_{i=1}^n \left[ v_i(x_i) * \int_{d_1^i}^{d_2^i} (1+z)g(z)dz \right] \quad (1.3.9)$$

где  $g(z) = G'(z)$  – плотность распределения вероятностей случайных отклонений  $x$  в предположении, что она существует.

Если о случайной величине  $x$  известно только то, что она принимает значения из интервала  $(d_1, d_2)$ , то исходя из принципа максимума энтропии, следует использовать равномерный на этом интервале закон распределения. Тогда зависимость общего эффекта от варианта распределения средств с учетом неопределенности характеристик производственного процесса примет вид

$$W(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{k_i}{1 + b_i \cdot e^{-a_i \cdot x_i}} \cdot \left( 1 + \frac{d_2^i + d_1^i}{2} \right) \right]. \quad (1.3.10)$$

Имея временной статистический ряд вложений и соответствующих полученных доходов длины  $N$ , эмпирическая



функция распределения вероятностей случайной величины  $x$  также может быть построена с помощью метода «скользящих окон».

**Пример.** Рассмотрим применение изложенного метода к задаче распределения средств ( $T=2000$ ) между тремя возможными направлениями, каждое из которых описывается логистической функцией дохода. Приведенная далее таблица 1.3.1 содержит исходные данные для определения коэффициентов аналитического выражения (1-й, 2-й и 3-й столбцы).

Таблица 1.3.1

1 функция				
момент времени, t	Значения аргумента, x	Значения функции, Y <sub>точн</sub>	Значения функции, Y <sub>прибл</sub>	относительное отклонение
1	100.00	580.09	600.00	0.03
2	200.00	604.24	630.00	0.04
3	450.00	662.21	610.00	-0.08
4	300.00	627.88	590.00	-0.06
5	1,100.00	789.70	800.00	0.01
2 функция				
момент времени, t	Значения аргумента, x	Значения функции, Y	Значения функции, Y <sub>прибл</sub>	относительное отклонение
1	150.00	565.92	515.00	-0.09
2	170.00	583.50	610.00	0.05
3	210.00	611.90	630.00	0.03
4	280.00	644.15	623.00	-0.03
5	400.00	668.66	670.00	0.00
3 функция				
момент времени, t	Значения аргумента, x	Значения функции, Y	Значения функции, Y <sub>прибл</sub>	относительное отклонение
1	270.00	757.75	740.00	-0.02
2	320.00	943.27	920.00	-0.02
3	345.00	999.29	1,100.00	0.10
4	500.00	1,095.03	1,150.00	0.05
5	620.00	1,099.55	1,080.00	-0.02

Найденные параметры кривых приведены в таблице 1.3.2.

Таблица 1.3.2

№ кривой п/п	k	b	a
1	1000	0.8	0.0010
2	680	0.89	0.0099
3	1100	100	0.0200

Пятый столбец таблицы 1.3.1 содержит относительные отклонения точного значения дохода от аппроксимированного (определяется по формуле (1.3.6)), а таблица 1.3.3 верхние и нижние границы отклонений.

Таблица 1.3.3

1 кривая	
Верхняя граница	0.04
Нижняя граница	-0.08
2 кривая	
Верхняя граница	0.01
Нижняя граница	-0.08
3 кривая	
Верхняя граница	0.01
Нижняя граница	-0.09

Опираясь на метод имитационного моделирования, построена выборка, каждый элемент которой представляет собой вектор. Координата вектора – это доля вложений в одну из сфер деятельности. Таблица 1.3.4 представляет собой основную рабочую таблицу задачи. Ее последний столбец содержит ожидаемое значение дохода для соответствующего варианта распределения, вычисляемое по формуле (1.3.10).

Таблица 1.3.4

Фрагмент выборки для метода Монте-Карло								
Распределение средств между 3 видами деятельности								
x1	x2	x3		всего вложен ий	доход 1- го направле ния	доход 2- го направл ения	доход 3- го направле ния	Валовый доход
337	777	525		1639	625.0	664.6	1138.7	2428.3
1842	113	44		1999	871.4	515.1	26.9	1413.4
456	1320	13		1789	651.5	664.8	14.6	1331.0
135	1667	70		1872	577.9	664.8	44.5	1287.3
1339	61	421		1821	811.7	447.2	1117.2	2376.2
580	777	551		1908	678.1	664.6	1140.0	2482.7
1829	74	3		1906	870.1	465.7	12.0	1347.8
1394	421	80		1895	819.3	655.8	53.9	1529.0
1345	215	217		1777	812.5	601.2	495.7	1909.4
448	1133	269		1850	649.8	664.8	781.7	2096.3
1732	232	30		1994	860.2	610.2	20.4	1490.8
81	984	787		1852	565.0	664.8	1141.8	2371.7
1558	310	126		1994	840.3	638.4	126.2	1605.0
860	236	234		1330	733.6	612.2	592.3	1938.0
1374	294	103		1771	816.6	634.1	83.1	1533.8
659	648	343		1650	694.5	663.9	1033.5	2391.8
1180	591	72		1843	788.2	663.2	46.2	1497.5
1863	46	69		1978	873.4	425.0	43.7	1342.1
1247	669	47		1963	798.4	664.1	28.5	1490.9

Максимальное значение дохода составило 2559.1 и соответствует распределению суммы 1974 ед. В следующей пропорции (1 112; 418; 444). Следующий наиболее выгодный вариант вложений (доход - 2550.2 ед.) предполагает распределение 1990 ед. между тремя направлениями в соотношении (1219, 369, 402), т.е. каждому направлению и в первом и во втором случае соответствует примерно одинаковая доля общей суммы.

**Второй подход.** Поскольку второй вариант постановки стохастической задачи основан на двухкритериальной задаче, имеющей следующие целевые функции

$$\begin{aligned} \text{доход} &\rightarrow \max, \\ \text{риск} &\rightarrow \min, \end{aligned} \quad (1.3.11)$$

то обратим внимание на возможности количественной оценки указанных критериев и подходы к решению, связанные с векторным характером задачи.

Особенностью этой задачи, как и любой задачи векторной оптимизации, является принятие решения, последствия которого станут до конца ясными лишь в будущем. Как и в любой жизненной ситуации, эти последствия не могут быть объективно оценены при помощи математических расчетов. Каждый получаемый, эффективный по Парето, вариант решения имеет оценку по двум противоречивым критериям, расчеты не могут определить компромисс между этими критериями. Но поскольку выбор одного из вариантов должен быть осуществлен в любом случае, то неопределенность, связанная с наличием двух критериев, может быть устранена только на основе информации, полученной от экспертов или же с помощью внешнего критерия, не входящего в состав целевых функций задачи.

Количественная оценка критерия дохода определяется, согласно описанному выше подходу, как сумма прибылей, полученных во всех сферах деятельности. Этот подход, отличный от классической оценки доходности портфеля вложений как средневзвешенной доходностей его составляющих, кажется разумным для моделирования зависимости «затраты - выпуск», поскольку развитие производства в любой отрасли в некоторой

степени соответствует жизненному циклу, при этом существуют пороговые значения сумм инвестиций, при переходе через которые изменяется величина прибыли на единицу вложений.

При определении оценки риска портфеля вложений кроме классического метода измерения риска с помощью ковариаций

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_i \cdot X_j = \sum_{i=1}^n S^2_i \cdot X^2_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n C_{ij} \cdot X_i \cdot X_j$$

могут быть использованы и альтернативные подходы. Например, определение риска с использованием понятий теории информации, позволяющие оценить содержание, полезность полученных данных для их потребителя. Применительно к проблеме распределения средств: информация, полученная от экспертов, может быть названа полезной, если после того, как управляющий учел ее при принятии решения, были достигнуты более высокие результаты. При анализе распределения инвестиций будем использовать понятия теории информации: неопределенность и энтропия. Величину

$$N(X / X^*) = - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \ln x_i^*, \text{ где } x_i > 0 \text{ и } \sum_{i=1}^n x_i = 1,$$

(если брать  $\log_2$ , то  $N(X^*/X)$  измеряется в битах) называют неопределенностью для ситуации, когда истинное распределение есть  $X^*$ , а человек, решающий задачу, думает, что оно есть  $X$ . Изменение неопределенности можно интерпретировать как процесс «запасания» полезной информации. За нулевой уровень часто удобно принимать запас полезной информации при  $x_i = 1/n$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Если мы ничего не знаем о распределении  $X^*$ , то в некотором смысле гипотеза  $x_i = 1/n$  является оптимальной: если мы не имеем сведений о событиях, объектах, то будем считать их

равновероятными, имеющими одинаковые характеристики. При таком подходе запас полезной информации, содержащийся в гипотезе  $X$  относительно задачи с распределением ответа  $X^*$ , дается соотношением

$$I_n = \log(n) - N(X^* / X).$$

Т.о. полезная информация зависит не от точности, с которой известны  $X$ , а от того, насколько  $X$  соответствует  $X^*$ .

Нижней границей неопределенности является энтропия распределения  $X^*$ , равная

$$H(X^*) = - \sum_{i=1}^n x_i^* \cdot \ln x_i^*$$

Модифицируем определение энтропии, нормируем ее:

$$H''(X) = 1 - H(X) / \ln(n)$$

Величина  $H'(X)$  принимает значения из интервала  $[0, 1)$ ,  $H'(X) = 0$  при  $x_i = 1/n$  для  $i = \overline{1, n}$ . Ее значение можно рассматривать как меру риска портфеля вложений.  $H'(X)$  показывает степень отклонения распределения  $X$  от равномерного распределения  $(1/n, 1/n, \dots, 1/n)$ . При равномерном распределении средств велика вероятность того, что выбор сделан неправильно, и чем меньше  $H'(X)$ , то есть чем ближе распределение к равномерному, значит, тем больше возможность ошибиться при наборе портфеля, и тем больше риск; т.е. неопределенность рассматривается как мера риска, возможности сделать неправильный выбор.

Если мы хотим при измерении риска учитывать только вероятность нежелательных результатов инвестирования, то простейшим способом его измерения является вероятность «недобора», измеряющая шансы на то, что доходность направления

окажется ниже ожидаемой доходности. По существу, это доля вероятностного распределения, лежащая справа от ожидаемой доходности.

Более сложные способы измерения риска получения доходности ниже ожидаемой производятся с помощью семейства статистических данных, известных как «частичные моменты низких порядков». Например, «средний недобор» измеряет среднее отклонение доходности ценной бумаги вниз от ожидаемой доходности. Он является более полезным, чем вероятность недобора, т.к. принимает во внимание величину каждого отрицательного отклонения и показывает какова может быть величина уменьшения относительно ожидаемой доходности.

Мерой риска, учитывающей лишь случаи снижения доходности по отношению к среднему значению, является полувариация. Она рассчитывается как обычная вариация кроме тех случаев, когда доходность выше ожидаемой.

Еще одним альтернативным методом измерения риска является определение величины потерь, такой, что потери в доходности портфеля за определенный период времени с заданной вероятностью не превысят этой величины (стоимостная оценка риска VAR).

Перейдем к формулировке задачи, в которой второй критерий – оценка рискованности предлагаемого варианта распределения средств – может определяться одним из описанных выше способом.

«Постановка интервальной задачи». Приводимая ниже задача отличается от классических стохастических моделей планирования производства тем, что кроме областей возможного изменения параметров (оценок доходности каждой сферы деятельности;

величин, характеризующих рискованность вложений средств в каждое из рассматриваемых направлений) содержит еще и два критерия. Т.е. отражает как бы два вида неопределенности: неточность, неполноту, частичную недоступность информации о внешней среде и противоречивость внутренних целей любой производственной деятельности. Указанное обстоятельство приводит к некоторым изменениям в применении классических критериев принятия решений.

Рассмотрим математическую постановку задачи. В реальной ситуации точные значения внешних переменных обычно неизвестны, поэтому возникает необходимость привлечения других методов, которые способны дать представление о значениях и закономерностях изменения переменных в течение того периода, на который строится прогноз. Далее предлагается подход к решению задачи распределения средств на основе модели, экзогенные параметры которой предварительно оценены по статистической информации.

Возьмем в качестве интервальной оценки будущей доходности сферы деятельности отрезок, задаваемый минимальным и максимальным ее значением в предыдущих периодах. При этом необходимо быть уверенным, что в следующем периоде существенных изменений на рынке не произойдет. Т. о. сформируем вектор верхних и нижних границ

$$\min_i E_i^t \leq E_i \leq \max_i E_i^t \quad (1.3.12)$$

или

$$\underline{E} \leq E \leq \bar{E} .$$



Аналогичным образом определим границы для матрицы ковариаций:

$$\underline{C} \leq C \leq \overline{C} \text{ или } \underline{c}_{ij} \leq c_{ij} \leq \overline{c}_{ij}, \quad (1.3.13)$$

где  $\underline{c}_{ij} = \min_t c_{ij}^t$ ,  $\overline{c}_{ij} = \max_t c_{ij}^t$ .

Приходим к задаче, о коэффициентах которой известно лишь то, что они находятся в некотором множестве, отражающем все реальные ситуации:

$$\min_X X^T C^T X, \quad \underline{C} \leq C \leq \overline{C}, \quad (1.3.14)$$

$$\max_X E^T X, \quad \underline{E} \leq E \leq \overline{E}, \quad (1.3.15)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1, X_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1.3.16)$$

Возможные алгоритмы решения. Так как ограничения (1.3.12)-(1.3.13) задают бесконечное число возможных реализаций будущей ситуации, исследовать которые все не представляется возможным, то упростим задачу (1.3.14) - (1.3.16), введя параметр  $a \in [0, 1]$ , определяющий характеристики ситуаций следующим образом:

$$C^k = a_k \cdot \underline{C} + (1 - a_k) \cdot \overline{C}, \quad E^k = a_k \cdot \underline{E} + (1 - a_k) \cdot \overline{E},$$

$$\text{где } a_k = a_{k-1} + h, \quad h = 1/N, \quad a_0 = 0, \quad k = \overline{1, N}. \quad (1.3.17)$$

Задача (1.3.14) - (1.3.16) решается  $N$  раз при соответствующих коэффициентах целевых функций  $C^k$  и  $E^k$ . При отсутствии экспертных процедур выбора единственного решения из получаемых на каждом шаге множеств эффективных точек может быть использована процедура выбора недоминируемых точек, заключающаяся в определении альтернативы, наиболее близкой к

“оптимальной” по всем критериям. Т.е. этот подход позволяет сузить множество Парето-оптимальных точек до единственной.

Пусть множество критериев задачи векторной оптимизации имеет вид  $f = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ , а  $W$  - множество допустимых значений аргументов, то «идеальная» точка определяется следующим образом. Каждая отдельная компонента  $F(X)$  имеет максимум при некотором  $X \in W$ , предположим,  $f_i(X)$  достигает своего экстремума при  $\bar{X} \in W$ . Можно записать, что  $\text{extr } f_i(X) = f_i(\bar{X}) = f_i^*$ . Тогда вектор  $f^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_m^*)$  есть «идеальная» точка, т.е. вектор всех экстремальных допустимых значений, достигаемых отдельными целевыми функциями на множестве  $W$ . Но такое идеальное решение чаще всего невозможно. Будем предполагать, что ЛПР стремится найти такое решение, которое было бы как можно ближе расположено к идеальной точке.

Выбор такого “компромиссного варианта” возможно и не является оптимальным, но оказывается наиболее предпочтительным по совокупности критериев.

### *Алгоритм*

Для двухкритериальной задачи (1.3.14)-(1.3.16) определяем «идеальную» точку, решая две оптимизационные задачи:

$$\min X^T C^k X$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0 \quad \text{из нее находим точку } X^1 \text{ и соответствующее}$$

значение целевой функции  $f_1^*$ ;

$$\max E^{kT} X$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0 \quad \text{из нее находим точку } X^{2*} \text{ и соответствующее}$$

значение целевой функции  $f_2^*$ .

«Идеальная» точка в пространстве критериев имеет следующие координаты  $F^* = (f_1^*, f_2^*)$ .

Ищем решение задачи

$$d(F(X), F^*) \rightarrow \min$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0 \quad ,$$

где  $d(F(X), F^*)$  расстояние между двумя точками в пространстве критериев, определяемое одним из следующих способов

$$d(F, F^*) = \left[ (f_1 - f_1^*)^2 + (f_2 - f_2^*)^2 \right]^{1/2}$$

или

$$d(F, F^*) = |f_1 - f_1^*| + |f_2 - f_2^*|.$$

После N повторений процедур (1)-(2) получаем серию точек  $\{a_k, X^{k*}\}$ , соответствующих различным реализациям внешних и внутренних условий  $(C^k, E^k)$ . Следующим сложным вопросом является процедура выбора определенной программы из этого множества точек.

Пример. В приведенном далее примере используются следующие исходные данные: таблица 1.3.5 содержит верхние и нижние границы координат вектора доходностей направлений деятельности; таблица 1.3.6 – содержит матрицы, элементы

которых представляют собой максимальное и минимальное значение матрицы ковариаций доходностей.

Таблица 1.3.5

	$\bar{E}$	$\underline{E}$
1	0,7	0,6
2	0,4	0,2
3	1,2	0,6

Таблица 1.3.6

$\underline{C}$					$\bar{C}$			
	1	2	3		1	2	3	
1	0,25	0,15	0,5	1	0,5	0,6	0,89	
2	0,15	0,3	0,2	2	0,6	0,65	0,45	
3	0,5	0,2	0,7	3	0,89	0,45	0,96	

Интервал для каждого нечетко заданного параметра разбит шестью внутренними точками (в формуле (1.3.17) выбран шаг  $a = 0,125$ ). Первоначальная выборка состояла из 111 наборов. Для каждого варианта распределения вычисляют значения дохода и рискованности вложений (4 и 5 столбцы рабочей таблицы).

Фрагмент рабочей таблицы

				Идеальное значение ф-ции цели		
				max E	min R	min D
				0,974217	0,44617	0,060845
	x1	x2	x3	Доходность	Риск	Расстояние
1	0,38	0,236	0,381	0,741496	0,61478	0,082590
2	0,10068	0,400	0,499	0,732163	0,59126	0,079641
3	0,59648	0,354	0,048	0,578156	0,49446	0,159197
4	0,89910	0,042	0,058	0,683144	0,48018	0,085880
5	0,8846	0,107	0,008	0,643281	0,45354	0,109573
6	0,95846	0,033	0,007	0,666943	0,44617	0,094417
7	0,01449	0,976	0,008	0,360866	0,5574	0,388577

8	0,40742	0,390	0,201		0,623576	0,54158	0,132053
9	0,86324	0,043	0,093		0,696084	0,50243	0,080524
10	0,13858	0,0929	0,768		0,932991	0,77854	0,112169

Определив максимальное значение дохода и минимальное значение рискованности по всем вариантам, получим «идеальную» точку (0,97; 0,44). Далее при каждом  $a_k$  для каждого варианта распределения ( $X_1, X_2, X_3$ ) определяется точка, самая близкая к «идеальной». Расстояние между точками определяется стандартной евклидовой мерой. В результате получена таблица 1.3.7.

Таблица 1.3.7

№ п/п	$a_k$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	№ точки в выборке	E	R
1	0	0,015	0,323	0,661	78	0,933	0,704
2	0,125	0,015	0,323	0,661	78	0,875	0,670
3	0,25	0,015	0,323	0,661	78	0,817	0,636
4	0,5	0,863	0,043	0,093	9	0,658	0,430
5	0,625	0,863	0,043	0,093	9	0,639	0,394
6	0,75	0,958	0,033	0,007	6	0,613	0,313
7	0,875	0,958	0,033	0,0077	6	0,599	0,280
8	1	0,958	0,033	0,0077	6	0,586	0,247

Описанные возможности моделирования факторов неопределенности реальных ситуаций перспективного планирования развития предприятия, основанные на сочетании традиционных и стохастических моделей с методами принятия решений, предоставляют широкие возможности поиска компромиссного варианта распределения имеющихся ресурсов.

#### **1.4. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГНОЗНОГО ФИНАНСОВОГО ПЛАНА ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОЙ КОМПАНИИ**

Рассмотрим модель финансирования стратегии конгломератной диверсификации. Предполагаем, что первоначальный анализ предложенных сфер бизнеса, согласно трем перечисленным выше критериям уже проведен и в результате отобрано  $n$  направлений деятельности. Объем инвестиций в основной капитал будем считать неизменным, то есть рассмотрим случай, соответствующий только перераспределению средствами между отдельными направлениями корпорации, но не предполагающий свертывания или ликвидации какого-либо направления. Реконструкция бизнеса также не производится, но происходят изменения в издержках и объемах производства различных блоков, что в свою очередь приводит к изменениям потребности в оборотном капитале.

Горизонт планирования составляет  $m$  лет, на протяжении которых компания фиксирована во вложениях долгосрочного характера, что обеспечивает некий минимальный объем производства в каждом блоке и определяет величину амортизационных отчислений  $(d_i, i = \overline{1, n})$ . Часть капитала, находящаяся ежегодно в обороте, может быть направлена на финансирование расширения текущей деятельности одного направления за счет некоторого сокращения других.

В модели используются следующие допущения и обозначения. Все сырье, которое требуется для производства, поступает от внешних фирм. В качестве исходных данных вводятся следующие переменные:

цена продукции  $i$ -го блока  $p_i^t$  ( $i = \overline{1, n}$ ;  $t = \overline{1, m}$ ) изменяется в течение периода планирования в соответствии с общим уровнем инфляции;

издержки производства и реализации подразделяются на переменные и постоянные и составляют  $cv_i^t$  и  $cf_i^t$ , амортизация из состава постоянных издержек выделяется, так как при анализе денежных потоков она должна быть учтена особо, постоянные издержки приводятся по направлению в целом, а переменные – в расчете на единицу продукции;

расход сырья на производство единицы продукции  $l_i^t$ ;

производительность капитала по каждому блоку компании определяется как

$$I = \frac{\text{объем производства}}{\text{капитал}};$$

общий объем капитала  $K^t$ , его распределение между блоками компании в  $t$ -м году  $K_i^t$ , часть капитала фиксированная в основных средствах  $K_i^0$ .

Капитал, включающий основные и оборотные средства, ограничивает объемы производства и продаж. Величина капитала является одним из наиболее важных ограничений в модели, его увеличение может производиться за счет инвестиций (капитальных вложений).

Компания не располагает достаточными средствами для финансирования расширения производства во всех блоках одновременно, поэтому при изменении внешних условий возникает необходимость в распределении ограниченной суммы (общий

капитал компании  $K$ ) между не связанными технологически блоками оптимальным образом.

Ликвидность, кредитоспособность и рациональная структура капитала являются необходимыми, но недостаточными элементами ее финансовой устойчивости. Важным фактором, определяющим платежеспособность и финансовую стабильность, является возможность генерировать устойчивый денежный поток, который обеспечивает потребности текущей операционной деятельности и прирост стоимости капитала. Поэтому оптимальное распределение вложений в течение периода планирования должно позволять предприятию генерировать положительный денежный поток, превосходящий заданную величину  $M$ :

$$E(\text{ЧДД}) \geq M, M > 0.$$

Результирующий показатель – чистый денежный дисконтированный поток – формируется за счет поступлений от деятельности направлений, «очищенных» от всех необходимых расходов. Этот доход, получаемый от всего портфеля за весь период планирования  $m$ , соответствует приросту капитала компании

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} = & (1-s) \sum_{t=1}^m \left( \sum_{i=1}^n (p_i^t - cv_i^t) \cdot q_i^t \right) \cdot a_t - \\ & - (1-s) \sum_{t=1}^m \sum_{i=1}^n cf_i^t \cdot a_t + s \sum_{t=1}^m \sum_{i=1}^n d_i^t \cdot a_t \end{aligned}$$

$$q_i^t = I_i \cdot K_i^t, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, m};$$

$$\sum_{t=1}^m \sum_{i=1}^n K_i^t = K, K_i^t \geq K_i^0, K_i^0 = \text{const},$$

где  $s$  - ставка налога на прибыль в долях единицы;  $q_i^t$  - объемы производства по блокам.



Поскольку целью диверсификации является снижение риска и обеспечение финансовой стабильности предприятия, то критерий оптимизации должен отражать рискованность вариантов распределения ресурсов с точки зрения возможности получения прибыли ниже ожидаемой величины или же полной убыточности реализации варианта.

Пример. Рассмотрим применение приведенного алгоритма к составлению плана распределения вложений между 4 направлениями деятельности в течение трех лет.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ						
1	сферы деятельности, n			4		
2	горизонт планирования, m			3		
3	амортизационные отчисления, d					
		d1	d2	d3	d4	
		200,00	150,00	120,00	300,00	
4	Цены на единицу продукции, P					
	t/i	1	2	3	4	
	1	4,76	10,90	173,65	82,40	
	2	5,80	9,71	198,78	77,96	
	3	4,03	9,13	191,61	82,65	
5	Матрица переменных издержек, CV					
	CV/i	1	2	3	4	
	1	1,45638	2,979812	72,66884	48,46919	
	2	1,211982	3,046464	95,24552	39,49034	
	3	0,954125	4,686392	80,45198	46,74062	
6	Матрица постоянных издержек, CF					

	CF/i	1	2	3	4	
	1	1,41023	1,624332	96,73757	15,64165	
	2	1,173284	2,621418	60,06195	24,73952	
	3	1,066713	2,221641	81,55919	26,62648	
7	Производительность капитала (доходность вложений)					
		11	12	13	14	
	1	1,474129	0,805853	1,220551	1,97586	
	2	1,323649	1,503909	1,998633	1,189148	
	3	0,750523	1,295962	1,385131	1,198889	
8	Коэффициент дисконтирования					
	№ периода	1	2	3		
		0,9	0,88	0,82		
9	Ставка налога на прибыль			0,24		

Используя возможности пакета Excel для генерирования случайных чисел, составляется выборка случайных матриц размерностью 3x4.

Фрагмент рабочей таблицы

РЕШЕНИЕ			max ЧДД	370 720,48		
	Выборка					
						ЧДД
1		436,48	787,32	832,51	555,67	319 675,06
		487,91	488,21	439,09	883,29	
		836,03	231,43	1005,90	1016,20	

2	800,10	499,58	624,73	115,71	235 836,74
	772,10	303,64	319,78	740,18	
	998,61	967,08	664,17	1194,22	
3	425,12	330,19	1208,97	1032,71	370 720,48
	160,76	590,63	816,12	274,43	
	659,65	780,13	614,00	1107,24	
4	105,00	843,11	1061,79	298,97	346 976,91
	475,21	965,94	836,60	1114,12	
	303,16	886,18	691,54	418,34	

Для каждого варианта распределения вложений вычисляется значение денежного потока. И делается выборка всех вариантов, доход которых превышает заданный порог ( $M=330\ 000$ ).

	X1	X2	X3	X4
3	425,1289	330,192	1208,97	1032,719
	160,7624	590,6308	816,1295	274,4316
	659,6515	780,1355	614,0024	1107,245
4	105,002	843,1135	1061,791	298,9712
	475,2159	965,9474	836,6008	1114,127
	303,1678	886,1843	691,5433	418,3474
6	237,9406	249,6231	1153,304	786,1782
	825,8919	831,8339	268,5568	534,2172
	571,2943	641,5906	1185,33	714,2369
17	639,4421	352,8367	369,3655	1252,637
	422,1503	312,2105	1004,852	323,5145
	961,1491	344,2427	921,3599	1096,236
18	758,3666	205,5422	381,1579	895,137

		545,323	280,5933	742,5445	1171,537
		882,8822	231,8125	893,7712	1011,351
20		467,1468	334,2326	701,944	803,5433
		496,4202	838,3344	656,9475	803,5188
		496,762	732,1207	938,7188	730,2988
30		634,4127	919,8462	742,3261	394,5128
		594,5515	442,5855	1061,078	725,4067
		597,766	910,9836	715,9581	260,5731

Получив оценку риска для каждого из отобранных портфелей, имеющих доходность выше заданной, ЛПР соотносит пары "риск-доходность" в соответствии с собственными предпочтениями.

Слабым местом конгломератной диверсификации является большая ответственность, которая ложится на корпорации при принятии решений относительно работы принципиально отличного бизнеса в принципиально отличной отрасли и конкурентной среде. Чем большее число бизнесов собрано в компании и чем больше они отличаются друг от друга, тем труднее контролировать каждое направление, давать реальную оценку при определении привлекательности бизнеса, определять стратегические планы. Поэтому наиболее важно ответить на вопросы: «Какая минимальная диверсификация позволит достигнуть приемлемого роста и прибыльности?» и «при какой максимальной диверсификации корпорация будет оставаться управляемой?». И в соответствии с принципами ведения бизнеса конкретной компании остановиться на варианте, располагающемся внутри интервала, ограниченного этими двумя крайностями.

## **2. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЗАДАЧА МНОГОЭТАПНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

### **2.1. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Погоня за сегодняшней прибылью отнимает у предприятия возможность успешного долгосрочного развития. Поэтому взгляд на задачу распределения ресурсов только как на процесс однопериодного планирования является, по-нашему мнению, изначально неправильным. Этим и объясняется наш интерес к динамической (долгосрочной) постановке задачи распределения ресурсов.

Постановка проблемы, соответствующая реальной ситуации, требует рассмотрения целого множества критериев, которые необходимо приблизить к оптимальному значению путем принятия руководящего решения. Критерии, согласно которым оптимизируется программа планирования развития предприятия, кроме финансово-экономических показателей результатов хозяйственной деятельности, должны включать и показатели устойчивости развития фирмы, в том числе и оценку трудности достижения цели.

Процесс управления производственной деятельностью рассматривается для строительных организаций, выполняющих одновременно работы по возведению многих сложных объектов, ведущих деятельность по различным направлениям (они могут

заниматься не только строительством, но и торговлей, производством строительных материалов и т.д.). Для нас будет важна проблема, в каком объеме средств поддерживать каждое направление в текущем периоде, чтобы, во-первых, не произошло срыва работ ни на одном из объектов (т.е. при выбранном варианте распределения выполнялись ограничения по каждому из объектов) и, во-вторых, организация в целом достигла своих глобальных целей (максимизации прибыли, минимизации затрат, желаемого уровня эффективности производства и надежности функционирования). Для динамических моделей «глобальные» цели (критерии эффективности функционирования предприятия) должны быть достигнуты по окончании всего рассматриваемого периода, но работы должны вестись непрерывно в течение всего интервала времени, для которого мы строим управляющую систему. В предлагаемых моделях управления деятельностью строительных организаций по распределению своих средств будут присутствовать ресурсы всех видов, но мы будем рассматривать их стоимостную оценку, которая, по-нашему мнению, является наиболее удобной, поскольку, во-первых, дает возможность соизмерять различные виды ресурсов, а, во-вторых, в настоящее время при наличии денежных средств покупка большинства материалов не будет проблемой.

Построение динамической многокритериальной модели распределения ресурсов (в основном финансовых, поскольку любой другой ресурс может быть куплен за деньги), учитывающей неопределенность текущей ситуации, начато с выбора и обоснования критериев, по которым мы будем оценивать эффективность той или иной финансовой программы.

Первую группу критериев составят традиционные показатели, формализующиеся следующим образом: производственная функция, объем реализации, себестоимость, выпуск, доходность инвестиций в расчете на одну единицу инвестированных средств.

Общепринятым методом нахождения прибыли «портфеля направлений деятельности» является средневзвешенная доходов составляющих его направлений:

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \cdot E_i .$$

Математическая модель отдельного направления деятельности, отражающая валовый выпуск или доход, может быть построена следующим образом:

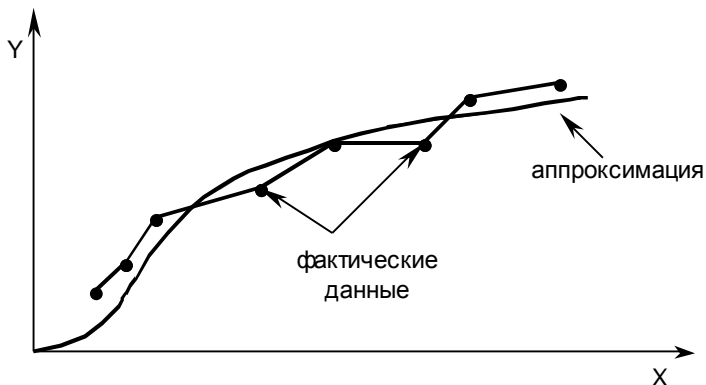
$$Y = Y( X ),$$

где  $Y$  – стоимость валовой продукции данного направления деятельности;  $X$ – сумма основных средств, вложенных в данную отрасль хозяйствования. Необходимо найти такую функцию  $Y(X)$ , которая бы наилучшим образом аппроксимировала фактические данные и обеспечивала минимальные расхождения между фактическими и полученными на основе этой формулы данными. Рассматривая расположение точек, отражающих зависимость  $Y$  от  $X$  для имеющихся данных, была выбрана аппроксимирующая функция  $Y = A \cdot (1 - e^{-B \cdot (X-C)})$ .

#### РАСЧЕТ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НАПРАВЛЕНИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ АППРОКСИМАЦИИ

На основе анализа инвестиционной деятельности по 9 направлениям (строительство жилья, оптовая торговля, розничная торговля, торговая деятельность не строительными товарами, производство изделий на собственной базе, программа переселения

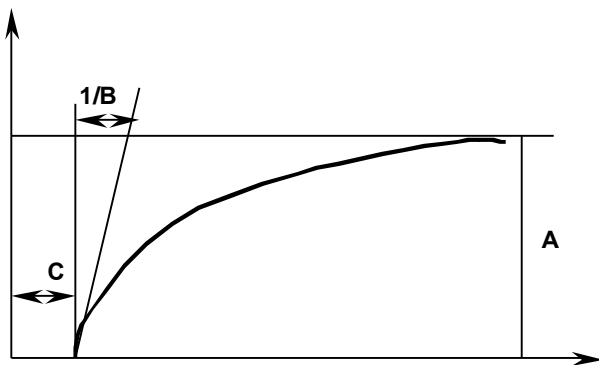
«Север» (Воронеж), программа переселения «Север» (Белгород), программа переселения «Север» (Липецк, Орел), реконструкция и капитальный ремонт) были определены математические модели каждой сферы.



В качестве аппроксимирующей, как и говорилось выше, была принята функция

$$Y = A \cdot \{1 - \exp(-B \cdot (X - C))\}.$$

Эта функция является экспоненциальной функцией со сдвигом и имеет приведенную ниже графическую интерпретацию:





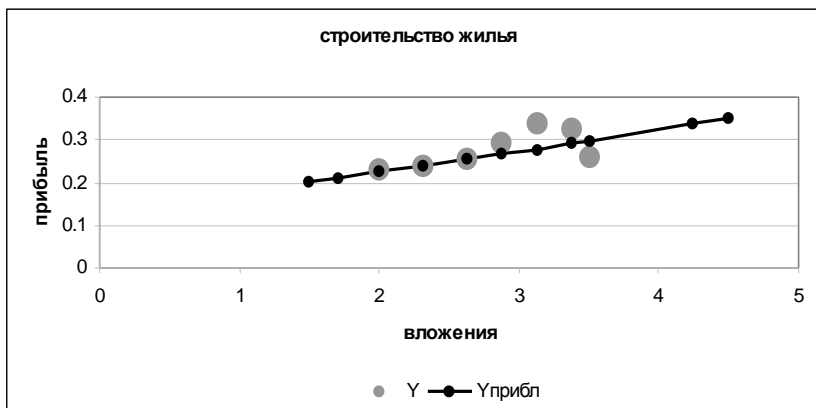
Параметры А, В, С, были рассчитаны путем поиска экстремального значения функции многих переменных. Полученные результаты отражены в таблице:

Таблица 2.1.1

Математические модели девяти направлений  
деятельности организации

Вид деятельности	А	В	С	Д
Строительство жилья	-0.24213	-0.09547	-4.89015	0.297677
Оптовая торговля	-0.33763	-0.10916	-2.64055	0.27229
Розничная торговля	-0.35063	-0.14127	-1.0934	0.231611
Торговая деятельность не строительными товарами	-0.28655	-0.07623	-5.69902	0.363106
Производство изделий на собственной базе	-0.39937	-0.07924	-2.59212	0.177398
Программа переселения «Север» (Воронеж)	-0.29286	-0.07678	-5.90649	0.462039
Программа переселения «Север» (Белгород),	0.557966	0.299709	-1.46303	0.342903
Программа переселения «Север» (Липецк, Орел)	0.475622	0.473931	-0.06786	0.319011
Реконструкция и капитальный ремонт.	-0.32546	-0.29991	0.170108	0.130959

В последнем столбце таблицы содержатся значения величины Д – суммы модулей отклонений аппроксимирующей функции от фактических значений. Ниже приведен график одной из полученных зависимостей.



Каждый параметр  $A$ ,  $B$ ,  $C$  имеет экономическую интерпретацию. Наибольшее влияние на изменение математической модели отрасли оказывает параметр  $A$ . Параметры  $B$  и  $C$  называют «порогами», которые могут привести к увеличению или уменьшению параметра  $A$ . Уменьшение параметра  $C$  можно обеспечить путем «инвестиционного толчка»; это может быть, например, концентрация средств или сокращение инвестиционного цикла. Увеличение параметра  $B$  может быть достигнуто путем технических и технологических изменений. Параметры модели не являются постоянными, они могут подвергаться изменениям в результате сознательного управления развитием отрасли. Чем больше значение произведения параметров  $A$ ,  $B$  и чем меньше (в абсолютном значении) параметр  $C$ , тем более благоприятными являются результаты хозяйственной деятельности.

Во вторую группу включим критерии, с одной стороны, отражающие интересы потребителей, а, с другой стороны,

максимизация которых будет способствовать росту покупательского спроса, а значит увеличению объема продаж и финансового благополучия компании. Критерии качества продукции также важны для предприятия как и величина прибыли. Во-первых, они всегда будут работать на репутацию компании, в какой-то мере способствуют ее будущему, а, во-вторых, за лучшее качество большинство потребителей всегда готово заплатить большую цену.

Третий блок критериев будет отражать интересы общества в целом. Он включает в себя общественную эффективность финансового проекта и степень его воздействия на окружающую среду.

Воздействие производственного процесса на экологическую обстановку в месте расположения предприятия может быть записано с помощью следующих обозначений. Если предприятие имеет возможность распределять свои средства между  $n$  независимыми направлениями хозяйственной деятельности и для каждого направления ( $i = \overline{1, n}$ ) известны

$k_i$  – капиталовооруженность;

$u_i$  – доля конечного продукта, используемая в качестве инвестиций ( $0 \leq u_i \leq 1$ );

$v_i$  – доля конечного продукта, используемого на непроизводственное потребление ( $0 \leq v_i \leq 1$ );

$m_i$  ( $0 < m_i < 1$ ) – коэффициент амортизации капитала;

$f_i(k_i)$  – производственная функция, тогда

$1 - u_i - v_i$  – доля конечного продукта, используемого на борьбу с загрязнением окружающей среды ( $u_i + v_i \leq 1$ );

$d_i$  – доля конечного продукта, используемого для оценки объемов загрязнения, возникшего в результате производства конечного продукта объемом  $y_i = f_i(k_i)$  ( $0 < d_i < 1$ ) (финансовая оценка произведенного загрязнения, выраженная в доле конечного продукта);

$z$  – переменная загрязнения, равная объему понесенных экологических потерь, имеющимся на конкретный момент времени;

$I$  – коэффициент, равный количеству единиц загрязнения, которые уничтожаются одной единицей продукта, используемого в природоохранительных целях ;

$u$  – коэффициент естественной убыли загрязнения, считается, что окружающая среда обладает способностью ассимилировать определенную часть отходов производства ( $0 < u < 1$ ).

Т.к. приращение загрязнения равно разности между объемами производственного загрязнения и уничтоженного загрязнения (как в результате борьбы с ним, так и в результате естественной убыли), то динамика загрязнения может быть смоделирована следующим дифференциальным уравнением

$$z' = \sum_{i=1}^n [d_i - I(1 - u_i - v_i)] f_i(k_i) - n \cdot z.$$

При переходе к дискретному варианту, принимая промежуток времени между двумя изменениями состояния окружающей среды за единицу ( $\Delta t = 1$ ), можно записать следующее уравнение состояния загрязнения окружающей среды вследствие выполнения производственной программы

$$z_{t+1} = \sum_{i=1}^n [d_i - I(1 - u_i - v_i) \cdot f_i(k_i^{t+1})] + (1 - u) \cdot z_t.$$

Тогда критерием эффективности хозяйственной деятельности может служить минимизация объема загрязнения, остающегося после окончания периода планирования, т.е.

$$VPol = \sum_{i=0}^m z_i ,$$

при заранее определенном начальном уровне загрязнения  $z_0$ .

Оценка общественной эффективности для проектов развития отдельных предприятий имеет смысл при весьма распространенном сейчас использовании муниципальных ресурсов.

Показатель общественной эффективности проекта должен отражать степень разумности выделения ресурсов на осуществление производственной программы с точки зрения города в целом. Подобная оценка включает в себя особую трактовку налогов, дотаций и используемых в расчетах цен. При оценке общественной эффективности все трансфертные платежи исключаются из рассмотрения как не отражающие реальных выгод и затрат объединения предприятия и муниципального учреждения, «совместно участвующих» в проекте. Затраты и выгоды оцениваются в «экономических» ценах, для определения которых из состава рыночных цен исключают акцизы, таможенные пошлины и сборы, но оставляют налог на добавленную стоимость. В состав оборотных средств при расчете включают запасы сырья и материалов, незавершенную продукцию, запасы готовой продукции и резерв денежных средств. При этом могут быть рассчитаны следующие показатели общественной эффективности проекта: чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, потребность в финансировании и срок окупаемости.

Последний, четвертый блок, составят критерии, отражающие рискованность вариантов распределения ресурсов с точки зрения возможности получения прибыли ниже ожидаемой величины или же полной убыточности реализации варианта.

При определении оценки риска портфеля вложений кроме классического метода измерения риска с помощью ковариаций, могут быть использованы также и альтернативные подходы.

Каждый из приведенных критериев требует наличия информации о деятельности предприятия разной степени достоверности, детализации и доступности. Выбор хотя бы одного критерия из каждой группы представляется вполне возможным.

## ***2.2. РЕШЕНИЕ ВЕКТОРНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК***

В некоторых многокритериальных задачах частные критерии строго упорядочены по важности так, что следует добиваться приращения более важного критерия за счет любых потерь по всем остальным менее важным критериям.

Существуют многокритериальные задачи, в которых все критерии можно естественно ранжировать по важности, однако не столь жестко, как в лексикографическом случае. Для решения подобных задач нередко применим метод последовательных уступок: все частные критерии располагают и нумеруют в порядке их относительной важности; максимизируют первый, наиболее важный критерий; затем назначают величину допустимого снижения значения этого критерия и максимизируют второй по

важности частный критерий при условии, что значение первого критерия не должно отличаться от максимального более чем на величину уступки; снова назначают величину уступки уже по второму критерию и находят максимум третьего по важности критерия при условии, чтобы значения первых двух критериев не отличались от ранее найденных максимальных значений больше чем на величины соответствующих уступок и т.д. Оптимальной обычно считают любую стратегию, которая получена при решении задачи отыскания условного максимума последнего по важности критерия. Величины уступок характеризуют отклонение приоритета одних частных критериев перед другими от лексикографического: чем уступки меньше, тем приоритет жестче.

### ***2.3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ***

Предложенная модель уже есть форма имитации реального, действующего предприятия, функционирующей производственной системы. Так как возможность экспериментировать с реальными финансовыми потоками предприятия жестко ограничена, то ЛПР, желающий добиться максимального эффекта, вынужден обращаться к методам имитационного моделирования, позволяющим получить количественные характеристики функционирования предприятия в различных возможных ситуациях. В этом случае процессы предприятия-оригинала подменяются процессами, имитируемыми в абстрактной модели, но

с соблюдением основных закономерностей функционирования оригинала. В процессе имитации фиксируется определенное состояние системы, измеряются выходные показатели, вычисляются характеристики качества функционирования системы.

Большинство практических задач, представленных в виде аналитической зависимости, в качестве аргумента результирующего показателя содержат случайные величины или случайные функции, которые обычно характеризуются средними значениями и отклонением от среднего. При этом можно задать вероятные нижние и верхние границы аргументов и для них рассчитать значение результирующего показателя. Но расчеты пессимистических или оптимистических вариантов не имеют большой ценности. Имитационное моделирование решает эту проблему при наличии аналитических зависимостей и при их отсутствии. Производится моделирование случайного явления с помощью заранее обусловленной процедуры, дающей случайный результат. Каждый раз получаем одну возможную реализацию случайного явления. Повторяя процедуру многократно, получим множество реализаций и соответственно множество возможных значений результирующего показателя. Другими словами формируется выборка, которую можно обработать обычными методами теории статистики с целью получения статистических характеристик анализируемого показателя.

Для применения метода необходимо:

знать вероятностные характеристики факторных аргументов;

знать правило вычисления результирующего признака при любых фиксированных значениях аргументов.



Выбор метода имитационного моделирования обусловлен рядом причин:

имеющиеся аналитические методы довольно сложны и трудоемки, а имитационное моделирование дает более простой способ предварительного решения задачи;

имитационное моделирование позволяет провести оценку параметров модели;

трудностью постановки экспериментов в реальных условиях.

Имитационное моделирование применяется в соответствии со следующей схемой:

- Разработка концептуальной модели. Для чего необходимо в первую очередь определить цели моделирования. Исследуемая модель отражает основные стороны деятельности и результата функционирования предприятия (группы, конгломерата). Результатом многостороннего подхода является многокритериальность задачи. Целью моделирования является разработка подхода к перераспределению средств между различными сферами деятельности, что уже само по себе снижает вероятность убыточной деятельности. Кроме классических критериев минимизации риска и максимизации дохода рассматриваются также экологические и социальные характеристики программы производства. Поэтому вариант распределения средств должен способствовать оптимизации всех критериев. Процесс формирования выбора варианта распределения вложений должен отражать представления ЛПР о важности критериев оценки деятельности (это может быть учтено при выборе метода оптимизации многокритериальной задачи: свертка, метод последовательных уступок). Применение метода имитационного

моделирования помогает ЛПР в определении приемлемых, по его мнению, соотношений результирующих характеристик.

- Подготовка исходных данных. На этом этапе выявляются количественные параметры функционирования системы. Значительная часть параметров системы – случайные величины. Поэтому особое значение при формировании исходных данных уделено выбору законов распределения случайных величин и аппроксимации функций. Отсутствующие фактические данные заменяются величинами, полученными в процессе имитационного эксперимента, т.е. сгенерированными компьютером (в этом и состоит основная идея метода имитационного моделирования).

- Планирование машинных экспериментов.

- Собственно моделирование.

- Анализ результатов моделирования и принятие решений.

## **2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВАЖНОСТИ КРИТЕРИЕВ**

Для оптимизации решения методом последовательных уступок в первую очередь необходимо упорядочить критерии в соответствии с представлениями ЛПР о важности поставленных целей. Далее приводится алгоритм, предлагаемый для решения задачи ранжирования критериев.

Строим матрицу взаимодействия критериев – квадратную матрицу, столбцы и строки, которой соответствуют критериям оценки деятельности, выбранным в задаче. Критерии не являются независимыми: как свидетельствует опыт, увеличение

прибыльности ведет к увеличению рискованности вложений и, как правило, к снижению экологической безопасности производственного проекта. Взаимное влияние критериев может быть двояким: стремление к цели  $C_i$  может способствовать, либо препятствовать достижению цели  $C_j$ . В первом случае на пересечении строки  $C_i$  и столбца  $C_j$  матрицы взаимодействия ставим знак «+», во втором – знак «-». Если цели не сказываются друг на друге или характер их взаимодействия неизвестен, то соответствующую клетку матрицы оставляют пустой. Силу взаимодействия будем оценивать словесными формулировками и выражать количественными величинами из интервала  $[0, 1]$ : «0» – отсутствие взаимодействия; «1» – абсолютное взаимодействие.

Знак и количественную оценку связи критериев задает эксперт. На нисходящей диагонали матрицы проставляются «+1» (цель абсолютно коррелирует сама с собой).

Интегральная оценка  $Q_i$  критерия  $C_i$ , учитывающая влияние на  $C_i$  всех остальных критериев, определяется по формуле:

$$Q_i = \sum_{j=1}^m r_j x_{ij} ,$$

где  $r_j$  – вес критерия  $C_j$ ;  $x_{ij}$  – экспертная оценка с учетом знака, принадлежащая интервалу  $[-1, +1]$ .

Интегральные оценки ранжируют критерии: критерий  $C_i$  тем значимее для эксперта, чем больше его оценка  $Q_i$ .

## 2.5. ПОСТРОЕНИЕ ПОРТФЕЛЯ, АППРОКСИМИРУЮЩЕГО ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Имитационное моделирование дает нам набор доходностей каждой сферы деятельности, которые мы полагаем случайными величинами с неизвестным распределением, или же ряд возможных распределений средств.

Ранжируем критерии задачи с помощью приведенного выше алгоритма ранжирования.

Решаем задачу методом последовательных уступок на полученной выборке.

*Пример.* В качестве примера рассмотрим задачу планирования производства на следующие 3 года, имеющую четыре целевых функции. Первый критерий оптимизации - сумма доходов по направлениям деятельности в каждый момент времени. Аналитический вид функции дохода выберем такой же как в разделе 2.1. Коэффициенты производственной функции каждого из 4-х рассматриваемых направлений берем из первых 4-х строк таблицы 2.1.1. Общий вид функции дохода предприятия следующий

$$Y = \sum_{t=1}^3 \sum_{i=1}^4 F_i(X_i^t), \text{ где } F_i(X_i^t) = A_i \cdot \{1 - \exp(-B_i \cdot \langle X_i^t - C_i \rangle)\}.$$

В качестве второго критерия оптимизации рассмотрим количественное выражение наносимого производством загрязнения окружающей среды. Согласно приведенному выше описанию «загрязнение» будет определяться как сумма следующих компонент:

$Z_0$ ;

$$Z_1 = \sum_{i=1}^n [d_i - I(1 - u_i - v_i)] \cdot F_i(X_i^1) + (1 - u) \cdot Z_0;$$

$$Z_2 = \sum_{i=1}^n [d_i - I(1 - u_i - v_i)] \cdot F_i(X_i^2) + (1 - u) \cdot Z_1$$

$$Z_3 = \sum_{i=1}^n [d_i - I(1 - u_i - v_i)] \cdot F_i(X_i^3) + (1 - u) \cdot Z_2.$$

Третьим критерием будет энтропийная оценка риска:

$$H'' = \sum_{i=1}^3 \left( 1 + \sum_{i=1}^4 X_i^i \cdot \ln(X_i^i) / \ln(4) \right).$$

Возьмем следующий порядок взаимной важности критериев:

Риск  $\rightarrow \min$ ;

Загрязнение  $\rightarrow \min$ ;

Доход  $\rightarrow \max$ .

В случае, если бы мы хотели перейти к задаче с единственным критерием, то, применяя алгоритм из раздела 2.4, определили бы веса каждого критерия.

Далее используя подход, описанный в разделе 2.3, создадим выборку, каждый элемент которой представляет собой матрицу размером 3x4, соответствующую возможному распределению средств между 4 сферами деятельности в последующие 3 года. Элементы случайной матрицы являются числами, лежащими в интервале от 0 до 1, сумма которых в каждой строке равна 1, т.е. ежегодно расходуется вся выделяемая сумма вложений.

Предположим, что каждый год распределяется одинаковая сумма средств  $T=2000$ . Если объем ежегодных вложений меняется,

то алгоритм решения остается тем же, так как  $T$  вводится в задачу только как множитель при элементах случайной матрицы.

В примере были использованы следующие исходные данные.

Таблица 2.5.1

1	Сумма, подлежащая распределению			100 млн.руб.	
2	Коэффициенты производственных функций				
	Вид деятельности	A	B	C	
	Строительство жилья	-0.24213	-0.09547	-4.89015	
	Оптовая торговля	-0.33763	-0.10916	-2.64055	
	Розничная торговля	-0.35063	-0.14127	-1.0934	
	Торговая деятельность не строительными товарами	-0.28655	-0.07623	-5.69902	
3	Доля конечного продукта, используемого в качестве инвестиций				
		u1	u2	u3	u4
		0.60	0.32	0.45	0.36
	Доля продукта, используемая на непроеизводственное потребление				
		v1	v2	v3	v4
		0.20	0.45	0.15	0.10
4	Коэффициент амортизации капитала		0,1		
5	Доля продукта, оценивающая загрязнение в рез-те пр-ва 1 единицы продукции				
		d1	d2	d3	d4
		0.19	0.22	0.15	0.29
6	Кол-во ед-ц загрязнения, которые уничтожаются 1 ед-цей продукта, используемого в природоохранных целях				0.45
7	Коэффициент естественной убыли загрязнения			0.02	
8	Начальный уровень загрязнения, Z0 (ед-ц)			1500.00	

Первоначальная выборка состояла из 100 случайных матриц, каждая из которых соответствует возможному варианту распределения средств между четырьмя направлениями. Применение метода последовательных уступок привело к следующим результатам (см. таблицу 2.5.2).

Таблица содержит матрицы-распределения, отобранные после двух последовательных уступок. На первом шаге было получено максимальное значение энтропийной характеристики, и выбрана уступка по критерию  $H' - \Delta_1 = 0.6$ . количество наборов, значение энтропийной характеристики на которых больше или равно величины  $\max H' - \Delta_1$  составило 36. На этом множестве найдено минимальное значение уровня загрязнения и выбрана уступка  $\Delta_2 = 3000$  ед. Множество матриц-распределений сузилось до 4, которые и приведены в таблице. Оптимальным решением задачи при таком соотношении уступок является первое распределение, на котором функция дохода принимает максимальное значение  $F = 44832.9$ .

Оптимальное распределение соответствует следующей стратегии: в первый год большая доля средств используется по третьему направлению (82 %), во второй год – увеличивается поддержка первого и второго направления (46 % и 33 %), в третьем периоде увеличивается производство второй сферы (64 %).

В случае, когда выбран другой порядок критериев:

Доход  $\rightarrow \max$ ;

Риск  $\rightarrow \min$ ;

Загрязнение  $\rightarrow \min$ .

Получим следующий результат. Максимальное значение функции дохода  $F = 44\,832.9$ ; выбранная уступка  $\Delta_1 = 40\,000$ .





(Сильный разброс между максимальным значением функции дохода и средней дохода по выборке сигнализирует о том, что вокруг этой точки должна быть создана дополнительная случайная выборка.)

Для второго шага остается только 6 альтернатив. Максимальное значение энтропийной характеристики (минимальное значение функции риска) на этом множестве составит 1.41. Выберем уступку  $\Delta_2 = 0.4$  – в результате получим 3 варианта распределения, которые приведены в таблице.

Таблица 2.5.3

x1	x2	x3	x4	H'	Z1	Z2	Z3	Vpol	Yt	F
0.56	0.25	0.04	0.14	1.41	1,359.27				94.74	6,068.60
0.04	0.82	0.09	0.05			1,634.43			4,580.65	
0.86	0.00	0.02	0.12				1,610.23	4,603.94	1,393.21	
0.03	0.67	0.14	0.16	1.18	1,428.22				875.40	8,243.02
0.30	0.54	0.02	0.14			1,304.70			215.02	
0.06	0.86	0.02	0.06				1,816.31	4,549.23	7,152.60	
0.07	0.87	0.01	0.04	1.17	2,061.21				7,922.47	8,223.84
0.64	0.01	0.12	0.22			1,873.15			184.45	
0.59	0.14	0.19	0.08				1,696.74	5,631.11	116.92	
									0.60	

Стратегия с наименьшим значением параметра загрязнения имеет следующую временную структуру: в течение первого года средства направляются во второе направление (67 %), 2-й год – наиболее значимо поддерживают первое и второе направление; 3-й год – основное внимание вновь уделяется второму направлению.

## **Выводы**

1. Процесс формирования оптимального портфеля был бы практически тривиальным, если бы доходность по всем видам деятельности была бы известна инвестору заранее.
2. Интересы собственников и акционеров отражают первый классический критерий – минимизацию риска, поскольку именно они покрывают собственными средствами возможные убытки организации. Интересы же сотрудников организации можно сформулировать как увеличение доходностей и уровней риска. Но кроме этого существуют еще интересы общества, которые также должны быть учтены.
3. В модели мы пытались спроецировать в будущее последствия сегодняшних решений, с тем, чтобы понять связь между настоящим и будущим.
4. Любые проводимые финансовые расчеты, превышающие по своей глубине год – два, далеки от реальности. Предлагая к рассмотрению эту модель, мы не ставили целью достижение максимального реализма. Целью работы являлась разработка подхода к формированию стратегии, выработке основных направлений дальнейшего углубленного планирования.

Статьи по экономике и менеджменту  
для самообразования

## **Список использованной литературы**

1. Бакунец О.Н., Баркалов С.А, Руссман И.Б. Распределение средств в строительной организации по различным видам

- деятельности в условиях диверсификации // Экономика строительства. 2000. № 10. С. 13-20.
2. Булгаков Ю.В. //Финансовый менеджмент
  3. Булгакова А.А. Управление денежным потоком на предприятии
  4. Дж. Брайен, С. Шривастава. Финансовый анализ и торговля ценными бумагами. – М.: Дело ЛТД, 1995.-206с.
  5. Инвестиционно-финансовый портфель./[Алехин Б. И., Анисимов К. В., Антонов И. И. и др.] – М.: Соминтек, 1993. – 749с.
  6. Кошеленко С. Н. Задача определения оптимальной структуры финансовых инвестиций. Сборник научных трудов МФИ. – М., 1979.- с. 164-173.
  7. Кучин Б. Л., Якушева Е. В. Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость. – М.: Экономика, 1990.
  8. Лукасевич И. Я. Имитационное моделирование финансовых рисков
  9. Мительман С. А. Сущность, механизмы и стратегии диверсификации капитала торгово-промышленной компании. "Бизнес HELP" . № 3(6), 1999
  10. Негойце К. Применение теории систем к проблемам управления. Изд «Мир», 1980. – 180с.
  11. Немченко Г., Донецкая С., Дьяконов К. Диверсификация производства: цели и направления деятельности // Проблемы теории и практики управления. - 1998. - № 1.
  12. Первозванский А. А., Первозванская Т. И. Финансовый рынок: расчет и риск. – М.: Инфра-М, 1994. – 191с.

13. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 250с.
14. Подиновский В.В., Гаврилов В.М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. - М.:Сов. Радио,1975.
15. Поляк Б. Т., Скоков В. А. Стандартная программа минимизации функции многих переменных.–изд.Московского университета, 1967.
16. Пыка Т. Программирование оптимального распределения капиталовложений. – М.: Прогресс, 1974.
17. Самиева О.В. Стратегии диверсификации: минимизация риска плюс повышение эффективности производства.
18. Соболев И. М., Статников Р. Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Наука, 1981.
19. Фабозци Ф. Управление инвестициями. – М.: ИНФРА-М, 2000.
20. Смоляк С.А. Оценка эффективности проектов в условиях интервально-вероятностной неопределенности // Экономика и математические методы, 1998 Том 34, вып. 3, сс. 63 –76
21. Сочнев С.В. Механизмы получения оценки и выбора системы корпоративного управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2000. № 6 – сс. 82
22. Юдицкий С.А., Жукова Г. Н., Кутанов А.Т. Разработка целевых сценариев для организационных систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2000. № 6 – сс. 82

**[Рерайт \(переделка\) дипломных и курсовых работ](#)**

---

**[Вернуться в каталог учебников](#)**

**[Курсы по созданию сайтов](#)**

**[Уникальная подборка информации по экономике и менеджменту](#)**

---

**[Начните интернет-бизнес с недорогого сайта-визитки](#)**