

На правах рукописи

Седова Светлана Владимировна

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

Специальность 08.00.13. – "Экономико-математические методы"

АВТОРЕФЕРАТ

*диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук*

Москва – 1999

Диссертационная работа выполнена в Центральном экономико-математическом институте Российской Академии наук

Научный руководитель — кандидат экономических наук Татевосян Г.М.

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук, профессор Медницкий В.Г.

кандидат экономических наук Тореев В.Б.

Ведущая организация: Закрытое акционерное общество "Международный институт инвестиционных проектов"

Защита диссертации состоится "18" 10 1999 г. в 10 часов на заседании диссертационного Совета К 002.27.02 Центрального экономико-математического института РАН по адресу: 117418, Нахимовский проспект, 47, ауд. 520

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Центрального экономико-математического института РАН

Автореферат разослан "15" 09 1999 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
кандидат экономических наук



Исаева М.К.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В работе рассматриваются экономико-математические методы, применение которых позволит существенно повысить качество предпроектного обоснования реальных инвестиций. Решение об инвестировании в России принимаются отечественными и зарубежными инвесторами в условиях кризиса, что обуславливает его исключительно высокий риск. Поэтому инвестиционные предложения должны привлекать потенциальных инвесторов, убеждать их в целесообразности идти на такой риск. В таких условиях чрезвычайно важно корректное и всестороннее обоснование предлагаемых инвестиций на этапе предынвестиционных исследований. В связи с этим к методическому обеспечению обоснования инвестиций предъявляются более жесткие требования, чем в стабильных системах (как рыночных, так и административных).

Несмотря на большое количество работ, посвященных проблемам предынвестиционного исследования и методологии его проведения, отдельным процедурам уделялось недостаточно внимания, в частности, подготовке исходной информации и формированию проекта. Вместе с тем для их выполнения могли бы с успехом использоваться экономико-математические методы и модели. Одним из факторов, сдерживающих широкое применение последних в практике обоснования инвестиций, является отсутствие достаточно эффективных алгоритмов их численной реализации

Таким образом, актуальность темы диссертации определяется необходимостью совершенствования методического обеспечения предынвестиционных исследований, в частности, разработки новых экономико-математических методов и моделей.

Объектом исследования являются работы и процедуры, выполняемые в процессе препроектного обоснования инвестиций.

Предметом исследования являются экономико-математические методы и модели, применение которых в процессе препроектного обоснования инвестиций позволит повысить его качество, в частности, методы контроля достоверности информации и оптимизационные модели формирования инвестиционных проектов.

Цели и задачи исследования. Основная цель диссертации состоит в разработке экономико-математических методов и моделей, способствующих повышению качества обоснования инвестиционных проектов на предпроектной стадии, а также эффективных алгоритмов их численной реализации.

В соответствии с указанной целью решались следующие задачи:

— анализ процесса предпроектного обоснования инвестиций с целью выявления процедур и работ предынвестиционных исследований недостаточно обеспеченных методически;

— разработка системы **информационной** поддержки инвестиционного процесса, а именно: методов контроля достоверности исходной информации и генерирования недостающих данных;

— разработка схем поиска резервов эффективности инвестиционных проектов (ИП) развития и реконструкции действующих предприятий на начальной стадии обоснования, сравнительный анализ предложенных схем;

— разработка нового подхода к численному анализу задач частично целочисленного программирования специальной структуры, возникающих при формировании ИП, проведение вычислительного эксперимента с целью сравнения предлагаемого метода с традиционно применяемым методом ветвей и границ.

Теоретическую и методологическую основу исследования составляют положения экономической теории по вопросам инвестиционного проектирования в складывающихся рыночных условиях хозяйствования, экономико-математические методы, теория дискретного программирования.

Информационной базой исследования послужили данные реальной статистики и оперативные материалы, полученные в ходе исследования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

— разработаны методы контроля достоверности информации и восстановления недостающих данных;

— разработаны оптимизационные модели для формирования инвестиционных проектов на начальных этапах предынвестиционного исследования. Предложенные модели позволяют учитывать факторы эффективности проекта, которые не рассматриваются ни в одной из существующих методик;

— предложен новый подход к численному анализу задач частично целочисленного линейного программирования специальной структуры, который позволил решать задачи средней размерности быстрее, чем традиционно применяемый метод ветвей и границ. Эффективность нового подхода подтверждена экспериментально.

Практическая значимость. Основные положения работы создают методическую основу для решения конкретных проблем обоснования ИП. Выводы и рекомендации, изложенные в работе, направлены на решение практических вопросов инвестиционного проектирования и экономической экспертизы ИП.

Апробация работы. Основные положения, результаты и выводы работы докладывались и получили одобрение на научных семинарах ЦЭМИ РАН.

Публикации. Основные результаты исследования отражены в трех публикациях автора общим объемом 4,2 п.л.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Основное содержание работы изложено на 80 страницах машинописного текста, список литературы и приложение занимают 10 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено значение разработки новых методов и моделей, способствующих повышению качества обоснования инвестиций. Обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследования.

В первой главе диссертации "Проблемы и методы предпроектного обоснования инвестиций" обосновывается выбор направлений совершенствования методического обеспечения предынвестиционных исследований.

Анализ процесса предпроектного обоснования инвестиционных проектов (ИП) (его структура представлена на рис. 1, 2) и обзор многочисленных работ российских ученых Львова Д.С., Лившица В.Н., Смоляка С., Медницкого В.Г., Овсиенко В.В., Овсиенко Ю.В., Фаттахова Р.В., Пугачева В.Ф., Пителина А.К., Воронова К.И., Хаита И.А. и др., посвященных проблемам и методам предынвестиционных исследований, показали, что имеется потребность в развитии инструментария для выполнения некоторых процедур на этапе исследования возможностей инвестирования. К таким процедурам относятся подготовка исходной информации и определение параметров будущего ИП, т.е. его формирование. Настоящая диссертация посвящена созданию такого инструментария.

Необходимость разработки и применения специальных методов обработки информации связана с тем, что, с одной стороны, надежность всех дальнейших расчетов определяется качеством и достоверностью исходных данных, а, с другой стороны, информация в значительной мере подвержена разнообразным искажениям как случайным, так и намеренным. Наличие многочисленных искажений вызвано двумя причинами. Во-первых, при обосновании инвестиций чаще, чем в других сферах, возникает заинтересованность в заранее определенных результатах, а значит, и стремление достичь желаемого путем искажения представляемой информации. Во-вторых, процесс сбора и представления исходной информации несовершенен и проходит, как правило, несколько стадий, на каждой из которых никто из работающих с информацией не гарантирован от случайных ошибок.

Повышенные требования к уровню эффективности, характерные для условий повышенного риска, вызывают потребность учитывать имеющиеся у проекта резервы на самых ранних стадиях его подготовки. В противном случае инвестиционное предложение не заинтересует инвесторов. Для выявления резервов эффективности проекта естественно при

Предынвестиционная фаза (предпроектное обоснование или ТЭО инвестиций)			
Выявление возможностей инвестирования (проектные идеи) opportunities studies	Предварительное технико-экономическое исследование pre-feasibility	Технико-экономическое исследование feasibility studies	Этап оценки и принятия решения по проекту

Рис. 1. Структура предынвестиционной фазы.

Выявление возможностей инвестирования			
Анализ общих возможностей инвестирования			Анализ конкретных проектов
исследования территорий (районов)	исследования отраслей	исследования в области ресурсов	

Рис. 2. Структура этапа "Выявление возможностей инвестирования"

его формировании использовать оптимизационные модели. Предложенные к настоящему времени в работах Львова Д.С., Фаттахова Р.В., Плешинского А.С. и др. оптимизационные модели предназначены для детальной проработки проекта на более поздних стадиях предынвестиционного исследования. На этапе выявления возможностей инвестирования необходимы модели, позволяющие определять основные параметры планируемых инвестиций. Подчеркнем, что согласно требованиям, предъявляемым к обоснованию ИП, необходимо представлять несколько вариантов реализации инвестиционного замысла.

Одной из причин, сдерживающих применение оптимизационных моделей для формирования ИП, является значительная трудоемкость расчетов, связанная с большой размерностью реальных задач, возникающих при подготовке ИП. Трудоемкость резко увеличивается при наличии в этих моделях целочисленных переменных. Отсюда возникает задача разработки эффективных алгоритмов численного анализа таких моделей.

Вторая глава "Методы информационной поддержки процесса обоснования инвестиционных проектов" посвящена методам контроля достоверности информации, привлекаемой в процессе обоснования инвестиций, и восстановления недостающих данных.

Известно, что методы статистической оценки достоверности информации, широко используемые в технических измерениях, не применимы к экономической информации. Вместе с тем наличие между экономическими показателями так называемых тождественных и статистических связей позволяет косвенно оценивать достоверность получаемых данных и восстанавливать отсутствующие показатели. Автором диссертации разработаны две процедуры проверки и восстановления информации: анализ тождественных зависимостей между показателями и анализ статистических зависимостей между показателями

1. Первая процедура основана на использовании тождественных соотношений. Под тождественным понимается соотношение, которое выполняется точно при любых условиях функционирования объекта. Рассматривались тождественные соотношения вида

$$f(A) = 0, \quad (1)$$

где A — множество показателей, между которыми установлена зависимость; f — числовая функция, принадлежащая классу дробно-рациональных.

Алгоритм проверки информации методом анализа тождественных соотношений состоит в выполнении следующих шагов.

На шаге 1 формируется множество тождественных соотношений. Наличие и вид зависимостей между показателями устанавливаются, исходя из их экономического содержания. Полученное множество соотношений может быть дополнено методом, предложенным Клейнером Г.Б.¹

На шаге 2 имеющиеся значения показателей подставляются в выявленные соотношения, в результате чего последние разделяются на выполнившиеся (у которых левая часть оказалась равной 0 с заданной точностью) и нарушенные. Показатели, входящие в выполнившиеся соотношения, признаются верными, остальные — искаженными.

На шаге 3 значения верных показателей подставляются в нарушенные соотношения. В результате применения этой операции получаются выражения трех видов: 1) соотношения, в которые входит более одного показателя; 2) выражения вида $x_i = a$, где x_i — показатель с номером i , a — число; 3) ложные высказывания вида $a = 0$, где a — отличное от нуля число.

Если соотношение преобразовалось к виду 2, то либо признается наличие группы согласованных показателей, либо полагается $x_i = a$. Ложные высказывания вида 3 свидетельствуют о группах согласованных показателей. Все показатели таких групп подлежат уточнению.

На шаге 4 алгоритмом, разработанным автором диссертации, сужается множество искаженных показателей.

В результате применения процедуры каждый показатель оказывается отнесенным к одному из множеств: 1) множество верных показателей; 2) множество исправленных показателей; 3) множество, состоящее из групп показателей, внутри которых имеются искаженные; 4) множество, состоящее из групп согласованных показателей.

Проведены исследования, направленные на снижение трудоемкости проверки информации данным методом: предложен алгоритм, позволяющий из множества выявленных соотношений исключать зависимые. Этот алгоритм основан на построении базиса идеала,

¹Клейнер Г.Б. Системный анализ экономических показателей. - М.: Информэлектро, 1981.

образованного зависимостями вида (1), с минимальным числом соотношений. В качестве такого базиса использовался так называемый редуцированный базис Гребнера. Отсутствие в нем зависимых соотношений гарантируется теоремой о его единственности. Алгоритм целесообразно применять на шаге 1, если множество соотношений оказывается достаточно большим и/или контроль достоверности показателей необходимо проводить многократно. Построение базиса Гребнера позволяет дополнительно проверить непротиворечивость системы соотношений.

Для восстановления отсутствующих данных имеющиеся значения показателей подставляются в выявленные соотношения и решается полученная система уравнений.

2. Вторая процедура может применяться, когда исследования проводятся на базе нескольких объектов и по каждому из объектов имеется одинаковый набор показателей (первичных и расчетных). Такая ситуация характерна для этапа исследования общих возможностей инвестирования (см. рис. 2).

Процедура проверки информации состоит в следующем. Из совокупности участвующих в исследовании объектов на основе экспертных оценок выделяется группа объектов, относительно которых предполагается, что они имеют "близкие" значения некоторого показателя. Затем с помощью специальных алгоритмов выявляются и подвергаются дальнейшей проверке объекты, по которым сделанное предположение нарушается и значение исследуемого показателя резко отклоняется от общего уровня.

Для оценки уровня показателя и величины отклонений от него, которую можно считать приемлемой, используются известные статистические характеристики: среднее арифметическое, медиана, среднеквадратическое отклонение, средней модуль отклонений, медиана модулей отклонений. Но в отличие от известных статистических методов данная процедура призвана предоставить информацию о величинах отклонений от некоторого уровня, а окончательное решение о их значимости принимается на основе содержательных сведений или экспертного мнения. Метод позволяет с одной стороны, выявить ошибки в данных, а, с другой стороны, сделать некоторые предварительные качественные выводы о группе изучаемых объектов, в частности, обратить внимание на объекты, у которых характеристики значительно отличаются от средних.

Анализ показателей на наличие резких отклонений наиболее эффективен в случае его применения к расчетным показателям. Использование расчетных показателей позволяет сопоставить между собой несколько первичных показателей и выявить их возможную рассогласованность. Примером расчетных показателей, к которым нами успешно применялся данный метод, являются относительные показатели.

В третьей главе "Модели оптимизации инвестиционных проектов" предлагается комплекс моделей для поиска резервов эффективности планируемых инвестиций на этапе

исследования возможностей инвестирования.

На эффективность планируемых инвестиций влияет множество факторов, многие из которых описаны в существующих методических рекомендациях по обоснованию ИП. В работах Татевосяна Г.М. показано, что на этапе исследования общих возможностей эффективность проекта можно повысить за счет оптимизации 1) структуры капитальных вложений (состава подпроектов); 2) структуры выпускаемой продукции; 3) распределения ресурсов между обособленными производствами (вновь создаваемыми и уже действующими), 4) реинвестирования прибыли. Заметим, что при планировании распределения ресурсов вновь создаваемые и уже действующие производства рассматриваются как единый комплекс. Затем либо действующим производствам возмещается прибыль, которую они получали бы в ситуации "без проекта", либо эти производства могут включаться в состав проекта.

Разработаны 3 схемы поиска резервов эффективности проектов модернизации, реконструкции и расширения действующих предприятий.

Предполагается, что функционирует \bar{q}_0 видов производств и возможна реализация \bar{q}_1 направлений вложений (подпроектов), которые могут осуществляться с дискретной интенсивностью. Зададим множества номеров действующих производств $Q_0 = \{1, \dots, \bar{q}_0\}$ и номеров подпроектов $Q_1 = \{\bar{q}_0 + 1, \dots, \bar{q}_0 + \bar{q}_1\}$. Пусть $Q = Q_0 \cup Q_1$. Действующие производства считаются уже осуществленными с единичной интенсивностью подпроектами. Каждый подпроект вида q характеризуется величиной вложений v_q^t , необходимых для его реализации в период t , ($v_q := v_q^1$) и множеством видов выпускаемой продукции H_q . Рассматривается случай, когда $H_i \cap H_j = \emptyset \forall i \neq j$.

Различаются два типа вариантов реализации инвестиционного замысла: так называемый базовый и с реинвестициями.

В каждой из схем искомыми являются следующие переменные:

- 1) x_q^t — число подпроектов вида q , включаемых в проект в период t (в тех моделях, где определяется структура первоначальных вложений используются переменные $x_q := x_q^1$);
- 2) y_h^t — объем выпуска продукции вида h в период t .

Распределение лимитированных ресурсов между подпроектами определяется структурой выпуска продукции.

Переменные x_q^t являются целочисленными и ограничены сверху, т.е. $x_q^t \in X := \{x_q^t, q \in Q_1, t = 1, \dots, T : 0 \leq x_q^t \leq g_q^t, x_q^t \text{ — целые}\}$, где g_q^t — верхняя граница числа подпроектов вида q , включаемых в проект в период t .

1. В схеме А проект формируется поэтапно: решения принимаются последовательно по каждому аспекту проекта (см. перечень 1)–4) на стр. 9).

В моделях A_1, A_3, A_4 (см. ниже) выпуск продукции внутри подпроектов вида q , вве-

деных в действие в период τ , характеризуется интенсивностью производства в каждый период t , задаваемой "непрерывными" переменными $\lambda_q^{t\tau}$, $t \geq \tau$ ($\lambda_q^t := \lambda_q^{t1}$); удельным объемом \hat{a}_{sq}^t ресурса вида s , потребляемого в период t ; удельной прибылью $\pi_q^{t\tau}$, получаемой в период t ($\pi_q^t := \pi_q^{t1}$).

На шаге 1 определяется структура первоначальных вложений и интенсивность соответствующих производств. Для этого максимизируется чистый дисконтированный доход (ЧДД) проекта при условиях, что ограничены объем капитальных вложений (КВ) величиной b_0 и объемы выделенных проекту ресурсов \hat{b}_s^t . При этом предполагается, что структура выпуска продукции устанавливается по аналогии с подобными производствами, отсутствует взаимодействие с производствами вне проекта, получаемая прибыль не реинвестируется. Соответствующая модель имеет вид

$$A_1 : \quad \sum_{q \in Q_1} \left(\sum_{t=1}^T (\pi_q^t / (1+r)^t) \lambda_q^t - v_q x_q \right) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{q \in Q_1} \hat{a}_{sq}^t \lambda_q^t \leq \hat{b}_s^t, \quad s \in S, \quad t = 1, \dots, T,$$

$$\lambda_q^t \leq x_q, \quad t = 1, \dots, T, \quad q \in Q_1, \quad (2)$$

$$\sum_{q \in Q_1} v_q x_q \leq b_0, \quad x_q \in X. \quad (3)$$

На шаге 2 оптимизируется структура выпуска продукции внутри подпроектов одного вида. На шаге 3 перераспределяются ресурсы между обособленными производствами при условии, что полученная на предыдущем шаге структура продукции внутри подпроекта одного вида сохраняется. Для осуществления указанных шагов строятся традиционные модели линейного программирования A_2 и A_3 соответственно. В модели A_2 для каждого фиксированного $x_q > 0$ определяются соответствующие y_k^t путем максимизации дисконтированной прибыли при ограничениях на потребляемые ресурсы, на фонд времени работы оборудования и при так называемых технологических ограничениях вида (5) (см. модель Б стр. 11). Технологические ограничения отражают зависимость между объемами выпуска различных видов продукции и продукции одного и того же вида в разные периоды времени. На шаге 3 в модели аналогичной предыдущей оптимизируется производство продукции в едином производственном комплексе. При этом каждый подпроект представляется единственным агрегированным видом продукции.

В результате расчетов по моделям A_1 - A_3 получается базовый вариант ИП.

На шаге 4 (модель A_4) выбирается оптимальный вариант реинвестирования прибыли, т.е. определяется число подпроектов вида q , включаемых в ИП в периоды $2, \dots, T$. В модели A_4 максимизируется ЧДД от реинвестиций при ограничениях аналогичных модели A_1 . Отличия A_4 от A_1 состоят в следующем. Целевая функция и ограничения в A_4

строятся с учетом того, что в процессе функционирования каждого подпроекта, введенного в действие в период τ , в этот и в каждый следующий период потребляются ресурсы и получается прибыль. Рассматривается случай, когда объем реинвестиций в каждый период τ пропорционален величине прибыли π^τ , получаемой в этот период при реализации базового варианта планируемого ИП. Ограничения на переменные x_q^τ строятся, исходя из условия, что суммарные затраты на осуществление подпроектов в каждый период t не должны превышать суммы остатка первоначальных вложений и прибыли, направленной на развитие производства. Поэтому вместо одного рюкзачного ограничения (3) в модели A_1 возникают так называемые "ступенчатые" ограничения вида

$$\sum_{\tau=2}^t \sum_{q \in Q_1} v_q^\tau x_q^\tau \leq \Delta b_0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} \alpha^\tau \pi^\tau, \quad t = 2, \dots, T, \quad x_q^\tau \in X, \quad (4)$$

где Δb_0 — остаток от первоначальной суммы КВ b_0 ; α^τ — доля прибыли, направляемой на реинвестиции в период τ .

2. В схеме Б решения по трем первым аспектам принимаются взаимосвязано в рамках модели формирования базового варианта ИП, а затем выбирается оптимальный вариант реинвестирования по модели A_4 .

В модели формирования базового варианта ИП максимизируется ЧДД, получаемый единым производственным комплексом в результате реализации проекта, при ограничении на объем капитальных вложений и условиях лимитирующих выпуск продукции. Выпуск продукции ограничен наличием материальных и трудовых ресурсов, так называемыми технологическими взаимосвязями, а также фондом времени работы оборудования. Последнее условие связывает выпуск продукции с целочисленными переменными x_q , $q \in Q_1$ (см. ограничения (6)).

$$\begin{aligned} \text{Б: } & \sum_{t=1}^T 1/(1+r)^t \sum_{h \in H} c_h^t y_h^t - \sum_{q \in Q_1} v_q x_q \rightarrow \max, \\ & \sum_{h \in H} a_{sh}^t y_h^t \leq b_s^t, \quad s \in S, \quad t = 1, \dots, T, \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{h \in H_q} \alpha_{ph} y_h^t \leq 0, \quad p \in P_q, \quad q \in Q, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\sum_{h \in H_q} w_h^t y_h^t \leq \bar{w}_q^t x_q, \quad t = 1, \dots, T, \quad q \in Q, \quad (6)$$

$$l_h^t x_q \leq y_h^t \leq d_h^t, \quad h \in H_q, \quad q \in Q, \quad t = 1, \dots, T,$$

$$\sum_{q \in Q_1} v_q x_q \leq b_0, \quad x_q \in X,$$

где c_h^t — прибыль, получаемая при реализации единицы продукции вида h в период t ; a_{sh}^t

— затраты ресурса вида s на единицу продукции вида h в период t ; b_s^t — суммарный объем ресурса вида s , находящегося в распоряжении единого производственного комплекса в период t ; α_{ph} — коэффициенты, отражающие технологические взаимосвязи; P_q — множество номеров технологических ограничений подпроектов вида q ($P_i \cap P_j = \emptyset \forall i \neq j$); w_h^t — время обработки изделия вида h в период t ; \bar{w}_q^t — фонд времени работы в период t оборудования, используемого в подпроекте вида q ; d_h^t — верхняя граница выпуска продукции вида h в период t , определяемая спросом; l_h^t — минимальный выпуск продукции вида h в период t .

3. Схема В: решения по всем перечисленным выше аспектам принимаются взаимосвязано в рамках единой динамической модели, которая является соединением модели формирования базового варианта ИП (Б) и модели выбора оптимального варианта реинвестирования прибыли (A_4). В этой модели одновременно определяются структура первоначальных и осуществляемых за счет реинвестиций КВ, а также структура выпуска продукции на всем горизонте планирования. В диссертации рассмотрены два случая: коэффициенты затрат ресурсов на единицу продукции зависят от срока эксплуатации используемого в соответствующем подпроекте оборудования и не зависят.

Схемы А, Б и В величиной дополнительного эффекта, получаемого по сравнению с вариантом, когда ИП формируется традиционными методами, трудоемкостью расчетов и объемом привлекаемой информации. При этом чем большую величину дополнительного эффекта удастся выявить, тем выше трудоемкость расчетов. В заключение главы приведены результаты вычислительного эксперимента, целью которого являлось сравнение величин экономического эффекта, выявленного при формировании базового варианта ИП по схемам А и Б. Проведенный эксперимент показал, что величина ЧДД, полученного по схеме А, в среднем на 11.50% меньше, чем по схеме Б.

Подчеркнем, что предложенные модели, учитывая все ограничения, используемые при традиционном подходе к формированию ИП, позволяют, как правило, сформулировать вариант проекта с большей эффективностью.

Предложенные схемы могут применяться для улучшения уже подготовленных инвестиционных предложений.

В четвертой главе "Численные методы" описан новый подход к численному анализу задач частично целочисленного линейного программирования (ЧЦЛП) специальной структуры, которые часто возникают в процессе обоснования инвестиций при формировании ИП. Приведены результаты вычислительного эксперимента, демонстрирующие преимущества предложенного подхода и показывающие направления совершенствования его алгоритмизации.

Предложенные в главе 3 модели формирования инвестиционных проектов являются

задачами ЧЦЛП специальной структуры. Их специфика состоит в том, что "непрерывные" и целочисленные переменные связаны только соотношениями либо вида (2), либо вида (6).

Такая особенность характерна и для некоторых других задач ЧЦЛП, которые могут использоваться для формирования инвестиционных проектов ИП, в частности, для задачи размещения предприятий с ограниченными мощностями.

Традиционно для решения задач ЧЦЛП применяется метод ветвей и границ (МВГ). Однако специфическая структура перечисленных выше задач позволяла надеяться, что для их численной реализации можно построить более эффективный алгоритм на основе метода упорядочивающей индексации (УИ).

Метод УИ заключается в генерации допустимых решений (вариантов) некоторой целочисленной оценочной задачи в порядке убывания (в задаче на максимум) значений ее целевой функции до тех пор, пока не будет выполнен некоторый критерий оптимальности.

В известных ранее комбинаторных методах ЧЦЛП для каждого генерируемого варианта x^t приходится решать соответствующую задачу ЛП, определяя ее оптимальное решение y^t и оптимальное значение $f_t = c^1 x^t + c^2 y^t$, где $c^1 x + c^2 y$ максимизируемая целевая функция (ЦФ).

Автором были разработаны новые алгоритмы УИ, позволяющие "отбраковывать" большое число генерируемых вариантов x^t без решения задач ЛП. Алгоритмы основаны на предложенной Лебедевым С.С. идее использования для отсева вариантов векторов разрешающих множителей u^s , получающихся в результате решения небольшого числа задач ЛП при фиксированных x^s . По каждому u^s (различным образом) можно определить оценочную функцию $\mathcal{F}_s(x)$ такую, что для всех x^t $\mathcal{F}_s(x^t) \geq f_t(x^t, y^t)$. Если определены \mathcal{F}_s , $s \in S$, то при

$$F_S(x^t) := \max_{s \in S} \mathcal{F}_s(x^t) \leq z_{\text{рек}} \quad (7)$$

допустимое решение (x^t, y^t) заведомо не будет оптимальным и вариант x^t можно отбросить, не решая задачу ЛП.

Векторы u^s , $s \in S$, выбираемые для задания оценки F_S из (1), будем называть **узловыми**, а вычислительную процедуру, использующую оценку F_S , — **методом узловых векторов (МУВ)**.

В множество S включается $s = 0$. Вектор u^0 получается при решении релаксированной задачи, образованной из исходной отбрасыванием требований целочисленности x .

В качестве оценочной функции $\mathcal{F}_s(x^t)$ использовалась так называемая оценка лагранжевой релаксации. Она строилась следующим образом. Ограничения, содержащие только

непрерывные переменные, включались в функцию Лагранжа с разрешающими множителями $u_i = u_i^j$. При этом исходная задача по непрерывным переменным y распадается на подзадачи максимизации по y_k , $k \in K_q$, в которых непрерывные переменные связаны с x_q соотношениями либо вида (2), либо вида (6). Эти задачи (при фиксированных x_q) легко решаются. В итоге получаем оценочную задачу рюкзачного типа.

Такая задача о рюкзаке, построенная для $s = 0$, использовалась для генерации вариантов x^t в порядке убывания $\mathcal{F}_0(x)$. Если для варианта x^t выполнялось (7), то он отбрасывался, в противном случае решалась соответствующая задача ЛП, пересчитывался рекорд и пополнялось множество узловых векторов. Процедура заканчивается при $\mathcal{F}_0(x^t) \leq z_{\text{рек}}$.

Была осуществлена экспериментальная проверка МУВ. Исследовались два алгоритма формирования множества узловых векторов. В первом из них векторы u^s каждой из решавшихся задач ЛП, включались в множество узловых. Во втором предварительно генерировалась начальная часть последовательности вариантов x^t , которые переупорядочивались по возрастанию расстояний от оптимального решения \tilde{x} релаксированной задачи $(\rho(x^t, \tilde{x}))$. К полученной последовательности и ко всем следующим вариантам применялся алгоритм 1. Вычислительный эксперимент показал, что во-первых, число узловых u^s в обоих алгоритмах невелико и не сильно зависит от размерности задачи, а невключения отдельных u^t в число узловых приводит к резкому возрастанию числа решаемых задач ЛП, и во-вторых, преимущество алгоритма 2 над 1 растет с увеличением размерности задач.

Вычислительный эксперимент также продемонстрировал значительное сокращение числа решаемых задач ЛП по сравнению с традиционным МВГ — в 10-20 раз, что привело к сокращению времени решения задач с $q_1 = |Q_1| = 30 - 80$ в среднем в 2-5 раз, причем в 36 задачах — более чем в 10 раз. В то же время при $n_1 = 70$ в одной из задач пришлось генерировать настолько большое число вариантов, что время решения по МУВ ($t_{\text{МУВ}}$) оказалось больше, чем по МВГ ($t_{\text{МВГ}}$), несмотря на то, что число решавшихся задач ЛП было в 15 раз меньше. Аналогичный рост числа генерируемых вариантов x^t наблюдался при увеличении d : $x_q \leq d$, $q \in Q_1$; при $d \geq 16$ также $t_{\text{МУВ}} \geq t_{\text{МВГ}}$. Следует отметить, что эксперимент проводился на задачах, в которых размерность подзадач ЛП невелика. Очевидно, что с ростом их размерности преимущество МУВ перед МВГ будет увеличиваться.

Основным недостатком описанной реализации МУВ является быстрый рост числа генерируемых вариантов x^t , который начинает сказываться при сравнительно небольших размерах задачи. С тем, чтобы решать по МУВ задачи больших размеров, естественно сократить число генерируемых вариантов, для этого варианты строить так, чтобы

для большинства из них выполнялось которых $F_S(x^t) > z_{\text{рек}}$. Разработка алгоритмов УИ такого типа принципиально возможна и связана с преодолением чисто технических трудностей. Это позволяет надеяться, что удастся отодвинуть начало экспоненциального роста времени решения задач ЦЦЛП по сравнению с традиционно применяемым методом ветвей и границ.

Следует особо отметить, что предложенный метод, позволяет получать произвольное число целочисленных решений с достаточно "хорошими" значениями ЦФ, что соответствует требованиям, предъявляемым к обоснованию ИП.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Показано, что подготовку информации, которая ляжет в основу обоснования эффективности инвестиций, следует выделять как отдельный этап предынвестиционного исследования, а ее результаты документально оформлять. Это повысит уверенность потенциальных инвесторов в надежности и корректности обоснования ИП. Для подготовки информации разработаны новые процедуры контроля ее достоверности и восстановления недостающих данных.

2. Разработаны схемы поиска резервов эффективности проектов на начальном этапе предынвестиционного исследования, основанные на использовании оптимизационных моделей. Предложенные модели позволяют учитывать факторы эффективности проекта, которые не рассматриваются ни в одной из существующих методик.

3. Разработанные методы и модели опробованы при исследовании инвестиционных возможностей предприятий лесоперерабатывающего комплекса юга Архангельской области, проводимом в ЦЭМИ в 1994–1997 гг., и могут быть рекомендованы для применения специализированными инвестиционными и консалтинговыми фирмами, районными администрациями и другими организациями занимающимися подготовкой и экспертизой инвестиционных предложений.

4. Предложен новый подход к численному анализу задач частично целочисленного линейного программирования специальной структуры, который позволил решать задачи средней размерности быстрее, традиционно применяемый метод ветвей и границ. Эффективность нового подхода подтверждена экспериментально на широком наборе задач средней размерности, генерируемых случайным образом.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Седова С.В. Компьютерная система СПОИ // Инвестиции в России. 1995. N 1.

2. Седова С.В. Методы проверки достоверности экономической информации // Предприятие в условиях рыночной адаптации: анализ моделирование, стратегия. - М.: ЦЭМИ РАН, 1996.

3. Седова С.В. Модель оптимизации инвестиционных проектов и алгоритмы ее численного анализа // Экономика и мат.методы. 1999. Т. 35. Вып. 1.