

3.9. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Копытин К.В., к.э.н.

*Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова*

В настоящей статье обосновано использование теории нечетких множеств в прогнозировании финансовых потоков инвестиционного проекта в условиях, когда не имеется в достаточном объеме информации, характеризующей проект, а вероятностные распределения описывающих проект параметров неизвестны. Автором продемонстрирована эффективность применения в подобных условиях теории нечетких множеств и аппарата лингвистической переменной.

Используя теорию нечетких множеств и аппарат лингвистических переменных, автор развивает существующие и предлагает новые методы проектного анализа для моделирования входящего и исходящего денежного потока инвестиционного проекта, что расширяет круг практически значимых задач, решаемых с помощью экономико-математических методов в целом.

В работе показано, что предложенные методики (в частности, методика оценки рисков, модель планирования продаж) могут найти применение не только в анализе инвестиционных проектов строительства, но и в других отраслях народного хозяйства, например, в медицинских учреждениях, в органах исполнительной власти при определении приоритетов в реализации рассматриваемых проектов.

Модель анализа рисков в условиях неопределенности, оценки стоимости строительного проекта, а также модель планирования продаж в условиях неопределенности рекомендованы к применению в ряде коммерческих организаций и банков.

Результаты работы могут быть использованы научными организациями и органами государственного управления для анализа как различного рода проектов, так и для приближенного описания с использованием экспертных методов широкого круга объектов, понятий и явлений, точная оценка, описание или моделирование которых затруднены по тем или иным причинам.

В частности, новизна работы заключена в следующих научных выводах и теоретических положениях:

- разработана методика моделирования притока и оттока денежных средств (доходов и расходов) инвестиционного проекта в условиях неопределенности, предложена оптимизация потоков путем нахождения оптимального момента начала продаж;
- показана возможность применения теории нечетких множеств и аппарата лингвистической переменной в проектном анализе, что позволило разработать модель оценки риска инвестиционного проекта в условиях неопределенности методом семантических дифференциалов с предложенными автором усовершенствованиями; в качестве обобщенной характеристики рискованности проекта предложено понятие взвешенного значения профиля проекта с указанием способа получения и интерпретации этой величины;
- разработана методика построения аппроксимационной модели определения стоимости инвестиционного проекта в условиях неопределенности, предложен метод расчета распределения оттока реальных денег (расходов) проекта во времени;
- предложена модель составления профиля инвестиционного проекта в условиях неопределенности, введено понятие «взвешенной величины профиля проекта» с указанием способа расчета этой величины для определения взаимосвязи рискованности инвестиционного проекта и объема планируемых расходов на его реализацию;
- разработана модель динамических коэффициентов для планирования продаж в условиях неопределенности, учитывающая сезонный характер спроса; модель позволяет осуществлять планирование продаж как в абсолютных (единицы товара), так и в относительных (доли от общего количества) единицах;
- приведены рекомендации по практическому применению теоретических разработок данной работы на примере анализа инвестиционных проектов строительства жилья в г. Москва

ВВЕДЕНИЕ

В современном быстроменяющемся мире во многих случаях принятие решений происходит в таких условиях, когда цели, ограничения и последствия возможных действий точно неизвестны. Попытка учета даже основных факторов, влияющих на принятие решений, зачастую приводит к появлению громоздких моделей,

сложных для понимания. Отсюда со всей очевидностью возникает необходимость в простом, наглядном подходе к оценке проектов, который бы позволял с высокой степенью достоверности дать общую, пусть даже приближенную оценку ситуации.

Фактически большинство классов в реальном мире, в противоположность понятию класса или множества в математике, не имеют четких границ, которые отделяли бы входящие в класс объекты от объектов, не входящих в него. Одно из основных различий между человеческим интеллектом и «искусственным интеллектом» ЭВМ заключается в том, что в отличие от современных компьютеров люди обладают способностью оперировать нечеткими понятиями и выполнять нечеткие инструкции. Благодаря этому математическая теория нечетких множеств завоевывает в последние десятилетия все большую популярность.

Термин «проект» можно понимать как комплекс действий (работ, услуг, приобретений, управленческих операций и решений), направленных на достижение сформулированной цели. Инвестиционный проект (ИП) определяется как обоснование экономической целесообразности, объема и срока вложений, в том числе необходимая проектно-сметная документация, разработанная в соответствии с действующим законодательством и утвержденными в установленном порядке стандартами (нормами и правилами), а также описанием практических действий по осуществлению инвестиций (бизнес-план). Инвестиционный проект всегда порождается некоторым проектом (понимаемым в смысле второго определения), обоснование целесообразности и характеристики которого он содержит [66]. В связи с этим под теми или иными свойствами, характеристиками и (или) параметрами ИП часто понимаются соответствующие свойства, характеристики и (или) параметры порождаемого им проекта.

В статье термин «инвестиционный проект» (или, для краткости, «проект») используется в значении комплекса действий (работ, услуг, приобретений, управленческих операций и решений), направленных на достижение сформулированной цели [66], то есть под проектом, если это не оговорено особо, подразумевается деятельность.

Проектный анализ есть концепция, служащая основой инвестиционного проекта [19]. Под проектным анализом понимается [19, 34, 66, 105] системное исследование проекта, комплексное изучающее взаимосвязанные процессы вложения ресурсов и получения результатов, изучение вопроса и проведение соответствующих обоснований целесообразности (или нецелесообразности) и эффективности осуществления одного или нескольких инвестиционных проектов.

К основным задачам, которые приходится решать в рамках проектного анализа, относятся [19, 105]:

- оценка принципиальной реализуемости проекта, т.е. проверка выполнения в его рамках всех необходимых ограничений технического, экологического, социального, финансового и другого характера, определение наиболее целесообразных для использования в ходе реализации данного инвестиционного проекта технико-технологических решений;
- оценка соответствия проекта стратегии предприятия, на котором он реализуется;
- оценка соответствия проекта стратегии инвестора;
- оценка абсолютной экономической эффективности проекта, т.е. определение показателей экономического эффекта, который может принести проект, сопоставление затрат и выгод проекта; при этом экономический анализ оценивает проект на макроуровне, с точки зрения всего общества (страны), а финансовый же анализ – оценивает его с позиции инициаторов проекта;
- оценка сравнительной эффективности группы проектов, т.е. выяснение того, какой из предложенных конкурирующих (альтернативных) проектов или вариантов проекта более эффективен;
- выбор из множества инвестиционных проектов (или их вариантов) наиболее эффективных.

В общем случае этот выбор может осуществляться из множества проектов (вариантов), которые могут быть как независимыми, так и быть в некотором роде взаимосвязанными (взаимодополняющими и взаимоисключающими, альтернативными).

В конечном итоге проектный анализ позволяет не только определить отношение к имеющимся потенциально реализуемым проектам, но и осуществить корректировку проектов, создать их эффективные в конкретной ситуации комбинации. Обычно проектный анализ носит персонализированный характер, т.е. производится с точки зрения одного или нескольких участников «инвестиционной конфигурации» – инвестора, реципиента, потребителя результатов проекта и т.д. В качестве цели часто принимается максимизация совокупного эффекта для соответствующего экономического субъекта (или их группы), причем сам эффект определяется путем сопоставления результатов и затрат, связанных с проектом в течение его срока существования (жизненного цикла) [105].

Традиционно в проектном анализе используются методы теории вероятностей, математической статистики и экономики [20, 33, 34, 39, 48, 49, 57, 65, 66, 89, 93, 98, 105]. Однако, в реальных условиях современного бизнеса применение традиционных методов часто затруднено сложностью построения многокритериальных моделей, а также невозможностью определения распределения известных параметров [70, 78, 89, 93, 96]. В связи с вышеизложенным использование приближенных методов с использованием теории нечетких множеств и аппарата лингвистических переменных представляется весьма перспективным.

Лингвистическая переменная отличается от числовой переменной тем, что ее значениями являются не числа, а слова или предложения в естественном или формальном языке. Поскольку слова в общем менее точны, чем числа, понятие лингвистической переменной дает возможность приближенно описывать явления, которые настолько сложны, что не поддаются описанию в общепринятых количественных терминах. В настоящей работе инвестиционный проект рассматривается в качестве лингвистической переменной. Подобная характеристика ситуации словами естественного языка представляется весьма наглядной, что может быть особенно актуальным в условиях современной российской действительности.

Существует огромное количество публикаций, посвященных теории нечетких множеств. Однако до сих пор практически не разработан инструментарий, позволяющий эффективно применять теоретические разработки для решения реальных экономических задач.

Основы теории нечетких множеств были заложены на рубеже 60-х и 70-х годов прошлого столетия в трудах Л. Заде. Теория получила дальнейшее развитие в трудах Заде (L.Zadeh) [14, 41], Беллмана (R.Bellman) [23], Ягера (R.Yager) [13], Такаги (T.Takagi) [9], Сугено (M.Sugeno) [8, 9, 10], Бабуски (R.Babuska) [12], Болдвина (J. Baldwin), Дюбуа (D.Dubois), Прада (H.Prade) [3, 4], Кофмана (A.Kaufman) [56], Коско (B.Kosko), Мамдани (E.Mamdani). Свой вклад в развитие теории внесли российские ученые: С.А. Орловский [74], Д.А. Поспелов [72], С.А. Смоляк [96], И.Г. Перфильева.

Теория нашла множественные применения в отношении распознавания образов, систем контекстного структурирования и баз знаний лингвистической информации, в разработке нейронных сетей обработки информации, в теории принятия решений.

Однако лишь единичные публикации посвящены использованию аппарата теории нечетких множеств и аппарата лингвистических переменных в экономике и бизнесе. Это, прежде всего, работы Бойаджиевых (G. и M. Bojadziev) [1], Ягера (R.Yager) [73], Кокса (D.Cox) [2]. Вопросами применимости теории в сферах бизнеса и экономики занимаются также и отечественные исследователи: А.В. и О.Н. Андрейчиковы [17], В.П. Бочарников [27], А.О. Недосекин и другие.

Объектом исследования в данной работе является процесс разработки инвестиционного проекта.

Предметом исследования в работе является учет неопределенности в деятельности предприятия, направленной на осуществление инвестиционных проектов.

Денежная единица есть единственно возможная мера измерения и сопоставления разнообразных потоков различных ресурсов как в стоимостном, так и в физическом измерении. Поскольку одним из основополагающих принципов анализа и оценки инвестиционных проектов является моделирование

потоков продукции (услуг) и разнообразных ресурсов в виде потоков денежных средств [66], в настоящей работе проектная деятельность предприятия рассматривается как взаимодействие двух финансовых потоков: приток реальных денег (доходы) проекта и отток реальных денег (расходы) проекта.

Целью данной статьи является разработка методов и моделей построения финансовых потоков проектной деятельности предприятия в условиях неопределенности, связанной с неполнотой исходных данных. Исходя из поставленной цели, в данной работе решались следующие задачи:

- создать методику оценки рисков проекта в условиях неопределенности;
- предложить метод, позволяющий рассчитать влияние рискованности инвестиционного проекта на его стоимость в условиях неопределенности;
- разработать методику приближенного планирования расходов на реализацию инвестиционного проекта;
- решить задачу планирования продаж в условиях неопределенности;
- разработать методику моделирования притока и оттока реальных денег (денежных поступлений и расходов) проектной деятельности предприятия в условиях неопределенности, сформулировать и решить задачу оптимизации денежного потока в целях максимизации чистой приведенной стоимости (*NPV*) проекта;
- сформулировать рекомендации для практического применения разработанных методов и моделей.

Структурно работа разбита на три главы. В первой главе приведен обзор методов учета неопределенностей в проектном анализе, приведены общие сведения о теории нечетких множеств, дана классификация методов построения функции принадлежности, а также рассмотрены основные аспекты применения теории нечетких множеств в задачах проектного анализа.

Вторая глава посвящена вопросам моделирования оттока реальных денег (расходов) в условиях неопределенности. Исследована методика расчета расходов инвестиционного проекта на примере реализации проектов строительства жилья в г.Москва. Разработана модель оценки проектных рисков с использованием аппарата лингвистической переменной, предложен инструментарий, позволяющий связать стоимость инвестиционного проекта с уровнем риска.

В третьей главе исследуется проблема моделирования притока реальных денег (денежных поступлений) в условиях неопределенности. Обоснована модель планирования продаж, созданная с использованием концепции системы нечеткого вывода, учитывающая фактор сезонности спроса. Сформулирована и решена задача оптимизации денежного потока на примере проектов строительства жилья в г. Москве.

1. УЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ПРОЕКТНОМ АНАЛИЗЕ

В данной главе приведено описание ситуации, характеризующейся в проектном анализе как неопределенность, и вкратце излагаются основные подходы, применяемые для ее учета. Показано, что традиционно используемые количественные подходы не всегда эффективны, что требует использования аппарата качественной характеристики неопределенности и риска, свойственных инвестиционным проектам. Дано описание основных понятий теории нечетких множеств, позволяющей избежать недостатков, присущих количественному анализу, концептуально анализируется возможность применения аппарата нечеткой математики в задаче оценки эффективности инвестиций.

1.1. Понятие неопределенности в проектном анализе

В самом общем виде возможность возникновения в ходе реализации проекта неблагоприятных ситуаций и по-

следствий характеризуется понятием «риск». При этом в литературе часто указывают, что факторы риска имеют случайную природу и потому могут быть описаны в терминах и понятиях теории вероятностей (что подспудно предполагает знание законов распределения вероятностей этих факторов), в отличие от «неопределенности», которая не может быть описана количественно. Однако в условиях реального бизнеса распределение вероятностей для каких-либо гипотетических событий, как правило, определить не удастся, поэтому, по сути, все факторы риска в реальных инвестиционных проектах проявляются в условиях неопределенности. По указанной причине в настоящей работы термины «риск», «факторы риска», «неопределенность» используются как синонимы.

В литературе отсутствует общепринятая классификация рисков, практически каждый автор использует свое разделение рисков: по сути факторов риска, по источнику возникновения, по степени воздействия на проект и т.д. [21, 28, 29, 36, 39, 91, 96, 114, 118]. При этом любая классификация будет весьма условна, так как, во-первых, границы между отдельными позициями весьма расплывчаты; во-вторых, не всегда соблюдается четкость в следовании классификационному признаку при идентификации того или иного вида риска, то есть в ряде случаев называется не сам риск, а предлагается причина его возникновения или описываются возможные последствия его осуществления; в-третьих, ряд рисков находится во взаимосвязи, и изменения в одном из них вызывают изменения в другом. Все это обуславливает необходимость и важность формирования подхода к учету и анализу проектных рисков.

Автор считает наиболее адекватной в решении экономических задач следующую классификацию неопределенностей:

- неопределенность целей (неточно сформулированные цели проекта, изменение целей в ходе реализации проекта);
- неопределенность информации (неполнота данных об окружающей обстановке и действующих в данном явлении факторах, недостаток информации о самом проекте, что особенно явно проявляется на начальных этапах его рассмотрения);
- поведенческая неопределенность (неопределенность целей, интересов и поведения участников, активного или пассивного партнера или противника; неполнота или неточность информации о финансовом положении и деловой репутации участников – возможность неплатежей, банкротств, срывов договорных обязательств).

На начальном этапе проработки проекта требуется идентифицировать возможные риски применительно к конкретному проекту, тогда как поиск причин их возникновения, описание возможных последствий их осуществления, разработка компенсирующих или минимизирующих риск мероприятий может проводиться на последующих этапах.

Приведенная выше классификация лишь показывает необходимость учета типа неопределенности по отношению к случайности. По этому признаку можно различать следующие типы неопределенности:

- стохастическую (вероятностную), когда неизвестные факторы статистически устойчивы и поэтому представляют собой обычные объекты теории вероятностей – случайные величины (или случайные функции, события и т.д.). При этом должны быть известны или определены при постановке задачи все необходимые статистические характеристики (законы распределения и их параметры);
- неопределенность нестохастического вида, при которой никаких предположений о стохастической устойчивости не существует;

- неопределенности промежуточного типа, когда решение принимается на основании каких-либо гипотез о законах распределения случайных величин, при этом ЛПР должно иметь в виду опасность несовпадения его результатов с реальными условиями.

На практике во многих случаях принятие решений происходит в таких условиях, когда цели, ограничения и последствия возможных действий точно неизвестны. Для обращения с неточно известными величинами обычно применяется аппарат теории вероятностей, а также методы теории принятия решений, теории управления и теории информации. Таким образом, интуитивно принимается допущение, что неточность независимо от ее природы может быть отождествлена со случайностью, что является весьма спорным предположением.

Следует различать случайность и нечеткость, причем последняя является основным источником неточности во многих процессах принятия решений. Под нечеткостью подразумевается тот тип неточности, который связан с нечеткими множествами, то есть с классами, в которых нельзя указать резкую границу, отделяющую элементы, принадлежащие к данному классу, и элементы, не принадлежащие к нему. Фактически большинство классов в реальном мире, в противоположность понятию класса или множества в математике, не имеют четких границ, которые отделяли бы входящие в класс объекты от объектов, не входящих в него. Одно из основных различий между человеческим интеллектом и «искусственным интеллектом» ЭВМ заключается в том, что, в отличие от современных компьютеров, люди обладают способностью оперировать нечеткими понятиями и выполнять нечеткие инструкции.

Различие между случайностью и нечеткостью состоит в том, что случайность связана с неопределенностью, касающейся принадлежности или непринадлежности некоторого объекта к «четкому» множеству, тогда как понятие нечеткости относится к классам, в которых могут иметься различные градации степени принадлежности, промежуточные между полной принадлежностью и непринадлежностью объектов к данному классу. Это различие приводит к тому, что математические методы теории нечетких множеств совершенно не похожи на методы теории вероятностей. Они во многих отношениях проще вследствие того, что понятию вероятностной меры в теории вероятностей соответствует более простое понятие функции принадлежности в теории нечетких множеств. Кроме того, вместо обычных операций сложения и перемножения действительных чисел используются более простые операции нахождения максимума и минимума. По этой причине даже в тех случаях, когда нечеткость в процессе принятия решений может быть представлена вероятностной моделью, часто бывает удобнее оперировать с ней методами теории нечетких множеств без привлечения аппарата теории вероятностей.

Большинство практических задач связано с разрешением неопределенности. Однако из-за концептуальных и методических трудностей в настоящее время не существует единого методологического подхода к решению таких задач. Тем не менее, накоплено достаточно большое число методов формализации постановки и принятия решений с учетом неопределенностей. При использовании этих методов следует иметь в виду, что все они носят рекомендательный характер и выбор окончательного решения всегда остается за человеком (ЛПР).

1.2. Критериальный учет неопределенности

Критерий ожидаемого значения (КОЗ)

Использование **КОЗ** предполагает принятие решения, обуславливающего максимальную прибыль при имеющихся исходных данных о вероятности полученного результата при том или другом решении. По существу, **КОЗ** представляет собой выборочные средние значения случайной величины. Естественно, что достоверность получаемого решения при этом будет зависеть от объема выборки. Так, если обозначить:

$$КОЗ = E(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где $x_1, x_2, \dots, x_n$ – принимаемые решения при их количестве, равном n , то

$$E(x_i) = (\rho) M(x_i),$$

где $M(x_i)$ – математическое ожидание критерия.

Таким образом, **КОЗ** может применяться, когда однотипные решения в сходных ситуациях приходится принимать большое число раз.

Критерий «ожидаемого значения – дисперсия»

Как указано в предыдущем подпункте, **КОЗ** имеет область применения, ограниченную значительным числом однотипных решений, принимаемых в аналогичных ситуациях. Этот недостаток можно устранить, если применять комбинацию **КОЗ** и выборочной дисперсии s^2 . Возможным критерием при этом является минимум выражения:

$$E(Z, s) = E(Z) \pm k \cdot U(Z),$$

где

$E(Z, s)$ – критерий «ожидаемого значения – дисперсия»;

k – постоянный коэффициент;

$U(Z) = m_z / S$ – выборочный коэффициент вариации;

m_z – оценка математического ожидания;

S – оценка среднего квадратического ожидания.

Знак «минус» ставится в случае оценки прибыли, знак «плюс» – в случае затрат.

Из этой зависимости видно, что в данном случае точность предсказания результата повышается за счет учета возможного разброса значений $E(Z)$. При этом степень учета подобной «страховки» регулируется коэффициентом k , который как бы управляет степенью учета возможных отклонений. Так, например, если для ЛПР имеет большое значение ожидаемые потери прибыли, то $k \gg 1$, и при этом существенно увеличивается роль отклонений от ожидаемого значения прибыли $E(Z)$ за счет дисперсии.

Критерий предельного уровня

Этот критерий не имеет четко выраженной математической формулировки и основан в значительной степени на интуиции и опыте ЛПР. При этом ЛПР на основании субъективных соображений относительно значений анализируемых факторов определяет наиболее приемлемый способ действий. Критерий предельного уровня обычно не используется, когда нет полного представления о множестве возможных альтернатив. Учет ситуации риска при этом может производиться за счет введения законов распределений случайных факторов для известных альтернатив.

Несмотря на отсутствие формализации, критерием предельного уровня пользуются довольно часто, зада-

ваясь их значениями на основании экспертных или опытных данных.

Критерий наиболее вероятного исхода

Этот критерий предполагает замену случайной ситуации детерминированной путем замены случайной величины прибыли (или затрат) единственным значением, имеющим наибольшую вероятность реализации. Использование данного критерия, так же как и в случае использования критерия предельного уровня, в значительной степени опирается на опыт и интуицию ЛПР. При этом необходимо учитывать, что применение критерия невозможно, если наибольшая вероятность события недопустимо мала либо если несколько возможных исходов имеют одинаковые, максимальные, значения вероятностей.

Учет неопределенных факторов, заданных законом распределения

Случай, когда неопределенные факторы заданы распределением, может учитываться двумя путями: посредством анализа адаптивных возможностей, позволяющих реагировать на конкретные исходы; либо методически, при сопоставлении эффективности решений. Суть первого подхода заключается в том, что законы распределения отдельных параметров на этапе проектирования могут быть определены с достаточной степенью приближения на основе сопоставления с аналогами, из физических соображений или на базе статистических данных и данных прогнозов.

Методический учет случайных факторов, заданных распределением, может быть выполнен двумя приемами: заменой случайных параметров их математическими ожиданиями (сведением стохастической задачи к детерминированной) и «взвешиванием» показателя качества по вероятности (так называемая оптимизация в среднем).

Первый прием предусматривает определение математического ожидания случайной величины $v - M(v)$ и определение зависимости $W(M(v))$, которая в дальнейшем оптимизируется по u . Однако сведение к детерминированной схеме может быть осуществлено в тех случаях, когда диапазон изменения параметра u невелик или когда зависимость $W(u)$ линейна или близка к ней:

$$W = \sum_i W(u_i) \cdot P(u_i).$$

Второй прием предусматривает определение W в соответствии с зависимостями относительно дискретных и непрерывных величин:

$$W = \int W(u) \cdot f(u) du.$$

В последних двух выражениях

$P(u_i)$ – ряд распределений случайной величины u_i ;

$f(u)$ – плотность распределения случайной величины u .

1.3. Стохастическое программирование

Ряд факторов, принимаемых во внимание при анализе инвестиционного проекта, имеют случайную природу, что обуславливает постановку и решение задач перспективного и оперативного планирования работы предприятия в терминах и понятиях стохастического программирования, когда элементы задачи линейного программирования (матрица коэффициентов A , вектора ресурсов b , вектора оценок c) часто оказываются случайными. Подобного типа задачи принято классифицировать как задачи стохастического программирования (СП).

Подходы к постановке и анализу стохастических задач существенно различаются в зависимости от последовательности получения информации – в один прием или по частям. При построении стохастической модели важно также знать, необходимо ли принять единственное решение, не подлежащее корректировке, или можно по мере накопления информации один или несколько раз корректировать решение. В соответствии с этим в стохастическом программировании исследуются одноэтапные, двухэтапные и многоэтапные задачи.

В одноэтапных задачах решение принимается один раз и не корректируется. Они различаются по показателям качества решения (по целевым функциям), по характеру ограничений и по виду решения.

Задача СП может быть сформулирована в *М*- и *Р*-постановках по отношению к записи целевой функции и ограничений.

Случайны элементы вектора *c* (целевая функция).

При *М*-постановке целевая функция *W* записывается в виде

$$W = M(\sum_{j=1}^n c_j x_j) \rightarrow \min(\max),$$

что означает оптимизацию математического ожидания целевой функции. От математического ожидания целевой функции можно перейти к математическому ожиданию случайной величины *c_j*:

$$W = M(\sum_{j=1}^n c_j x_j) = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \rightarrow \min(\max).$$

При *Р*-постановке имеем, при максимизации:

$$W = P(\sum_{j=1}^n c_j x_j \geq W_{\min}) \rightarrow \max,$$

где *W_{min}* – предварительно заданное допустимое наихудшее (минимальное) значение целевой функции.

При минимизации

$$W = P(\sum_{j=1}^n c_j x_j \leq W_{\max}) \rightarrow \max$$

где *W_{max}* – предварительно заданное допустимое наихудшее (максимальное) значение целевой функции.

Суть *Р*-постановки заключается в том, что необходимо найти такие значения *x_j*, при которых максимизируется вероятность того, что целевая функция будет не хуже предельно допустимого значения.

Ограничения задачи, которые должны выполняться при всех реализациях параметров условий задачи, называются жесткими ограничениями. Часто возникают ситуации, в которых постановка задачи позволяет заменить жесткие ограничения их усреднением по распределению случайных параметров. Такие ограничения называют статистическими:

$$\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j \leq \bar{b}_i.$$

В тех случаях, когда по содержательным соображениям можно допустить, чтобы невязки в условиях не превышали заданных с вероятностями, не превышающими *a_i>0*, говорят о стохастических задачах с вероятностными ограничениями:

$$P\left\{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j \leq \bar{b}_i\right\} \geq \alpha_i.$$

т.е. вероятность выполнения каждого заданного ограничения должна быть не менее назначенной величины

a_i. Параметры *a_i* предполагаются заданными или являться решениями задачи более высокого уровня.

Представленные задачи как в *М*-, так и в *Р*-постановках непосредственно решены быть не могут. Возможным методом решения этих задач является переход к их детерминированным эквивалентам. В основе такого перехода лежит использование закона распределения случайной величины.

1.4. Метод статистического моделирования

Приведенные в разделе 1.2 и 1.3 формулы могут быть использованы для систем независимых случайных величин, однако случайные параметры часто являются зависимыми. Причем эта зависимость не функциональная, а корреляционная. Поэтому в задачах принятия оптимальных решений для анализа случайных факторов, заданных распределением, широкое применение нашел метод статистического моделирования (метод Монте-Карло). Основными особенностями этого метода, основанного на многократном повторении одного и того же алгоритма для каждой случайной реализации, являются [36, 91]:

- универсальность (метод не накладывает практически никаких ограничений на исследуемые параметры, на вид законов распределения);
- простота расчетного алгоритма;
- необходимость большого числа реализаций для достижения хорошей точности;
- возможность реализации на его основе процедуры поиска оптимальных параметров проектирования.

Достоинства метода, определившие его широкое применение, заключаются в применимости для задач, формализация которых другими методами затруднена или даже невозможна, а также в возможности применения этого метода для машинного эксперимента, когда натурный эксперимент затруднен, требует больших затрат времени и средств или вообще не допустим по другим соображениям.

1.5. Учет неопределенных пассивных условий

Неопределенные факторы, закон распределения которых неизвестен, являются наиболее характерными в проектном анализе. Методический учет таких факторов базируется на формировании специальных критериев, на основе которых принимаются решения. В теории принятия решений применяются критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица и Лапласа.

В соответствии с критерием Вальда в качестве оптимальной выбирается стратегия, гарантирующая выигрыш не меньший, чем «нижняя цена игры с природой»:

$$W = \max_i \min_j W_{ij}.$$

Правило выбора решения в соответствии с критерием Вальда можно интерпретировать следующим образом: матрица решений *[W_{ij}]* дополняется еще одним столбцом из наименьших результатов *W_{ir}* каждой строки. Выбрать надлежит тот вариант, в строке которого стоит наибольшее значение *W_{ir}* этого столбца.

Выбранное таким образом решение полностью исключает риск. Это означает, что принимающий решение не может столкнуться с худшим результатом, чем тот, на который он ориентируется. Какие бы условия *V_j* ни встретились, соответствующий результат не может оказаться ниже *W*. Это свойство заставляет считать критерий Вальда одним из фундаментальных. Однако

в практических ситуациях излишний пессимизм этого критерия может оказаться очень невыгодным.

Применение этого критерия может быть оправдано, если ситуация, в которой принимается решение, характеризуется следующими обстоятельствами:

- о вероятности появления состояния V_j ничего не известно;
- с появлением состояния V_j необходимо считаться;
- реализуется лишь малое количество решений;
- не допускается никакой риск.

Критерий Байеса-Лапласа, в отличие от критерия Вальда, учитывает каждое из возможных следствий всех вариантов решений:

$$W = \max_i \sum_{j=1}^n W_{ij} p_j.$$

Соответствующее правило выбора можно интерпретировать следующим образом: матрица решений $[W_{ij}]$ дополняется еще одним столбцом, содержащим математическое ожидание значений каждой из строк. Выбирается тот вариант, в строках которого стоит наибольшее значение W_{ir} этого столбца.

Критерий Байеса-Лапласа предъявляет к ситуации, в которой принимается решение, следующие требования:

- вероятность появления состояния V_j известна и не зависит от времени;
- принятое решение теоретически допускает бесконечно большое количество реализаций;
- допускается некоторый риск при малых числах реализаций.

В соответствии с критерием Сэвиджа в качестве оптимальной выбирается такая стратегия, при которой величина риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации:

$$W = \min_i \max_j (W_{ij} - W_{ij}^{\max}).$$

Здесь величину W можно трактовать как максимальный дополнительный выигрыш, который достигается, если в состоянии V_j вместо варианта U_i выбрать другой, оптимальный для этого внешнего состояния, вариант.

Соответствующее критерию Сэвиджа правило выбора следующее: каждый элемент матрицы решений $[W_{ij}]$ вычитается из наибольшего результата $\max W_{ij}$ соответствующего столбца. Разности образуют матрицу остатков. Эта матрица пополняется столбцом наибольших разностей W_{ir} . Выбирается тот вариант, в строке которого стоит наименьшее значение.

Согласно критерию Гурвица, выбирается такая стратегия, которая занимает некоторое промежуточное положение между крайним пессимизмом и оптимизмом:

$$W = \max_i [\rho \min_j W_{ij} + (1 - \rho) \max_j W_{ij}],$$

где ρ – коэффициент пессимизма, выбираемый в интервале $[0, 1]$.

Правило выбора согласно этому критерию следующее: матрица решений $[W_{ij}]$ дополняется столбцом, содержащим средние взвешенные наименьшего и наибольшего результатов для каждой строки. Выбирается тот вариант, в строках которого стоят наибольшие элементы W_{ir} этого столбца.

При $\rho = 1$ критерий Гурвица превращается в критерий Вальда (пессимиста), а при $\rho = 0$ – в критерий азартного игрока. На практике правильно выбрать этот множитель бывает так же трудно, как правильно выбрать критерий. Поэтому чаще всего весовой множитель $\rho = 0,5$ принимается в качестве средней точки зрения.

Критерий Гурвица предъявляет к ситуации, в которой принимается решение, следующие требования:

- о вероятности появления состояния V_j ничего не известно;
- с появлением состояния V_j необходимо считаться;
- реализуется лишь малое количество решений;
- допускается некоторый риск.

Критерий Ходжа-Лемана базируется одновременно на критериях Вальда и Байеса-Лапласа:

$$W = \max_i z \sum_{j=1}^n W_{ij} k_j + (1 - z) \min_j W_{ij}.$$

Правило выбора, соответствующее этому критерию, формулируется следующим образом: матрица решений $[W_{ij}]$ дополняется столбцом, составленным из средних взвешенных (с постоянными весами) математического ожидания и наименьшего результата каждой строки. Отбирается тот вариант решения, в строке которого стоит наибольшее значение этого столбца.

При $z = 1$ критерий преобразуется в критерий Байеса-Лапласа, а при $z = 0$ превращается в критерий Вальда. Таким образом, выбор параметра z подвержен влиянию субъективизма. Кроме того, без внимания остается и число реализаций. Поэтому этот критерий редко применяется при принятии технических решений.

Критерий Ходжа-Лемана предъявляет к ситуации, в которой принимается решение, следующие требования:

- о вероятности появления состояния V_j ничего не известно, но некоторые предположения о распределении вероятностей возможны;
- принятое решение теоретически допускает бесконечно большое количество реализаций;
- допускается некоторый риск при малых числах реализаций.

Если в отдельных ситуациях не допустим даже минимальный риск, то следует применять критерий Вальда; если определенный риск вполне приемлем, то можно воспользоваться критерием Сэвиджа. Можно рекомендовать одновременное применение поочередно различных критериев. После этого среди нескольких вариантов, отобранных таким образом в качестве оптимальных, приходится волевым решением выделять некоторое окончательное решение. Дать более общие рекомендации по выбору критерия не представляется возможным.

Такой подход позволяет:

- во-первых, лучше проникнуть во все внутренние связи проблемы принятия решений;
- во-вторых, ослабляет влияние субъективного фактора.

1.6. Учет неопределенных активных условий

Теоретической основой нахождения оптимального решения в условиях неопределенности и конфликтных ситуаций является теория игр. Игра – это математическая модель процесса функционирования конфликтующих элементов систем, в котором действия игроков происходят по определенным правилам, называемым стратегиями. Основной постулат теории игр [44, 45] – любой субъект системы по меньшей мере так же разумен, как и оперирующая сторона, и делает все возможное, чтобы достигнуть своих целей. От реального конфликта игра (математическая модель конфликта) отличается тем, что она ведется по определенным правилам, которые устанавливают порядок и очередность действий субъектов системы, их информированность, порядок обмена информацией, формирование результата игры.

Существует много классов игр, различающихся по количеству игроков, числу ходов, характеру функций выигрыша и т.д. [44, 45]:

- антагонистические (игры со строгим соперничеством) и неантагонистические (в первом случае цели игроков противоположны, во втором – могут совпадать);
- стратегические и нестратегические (в первых субъект системы действует независимо от остальных, преследуя свои цели, во вторых субъекты выбирают единую для всех стратегию);
- парные игры и игры для N-лиц;
- коалиционные и бескоалиционные (в первых возможно объединение части игроков для достижения совместных целей);
- кооперативные и некооперативные (в первых возможен обмен информацией о возможных стратегиях игроков);
- конечные и бесконечные (в первых – конечное число стратегий).

Для учета неопределенности в проектном анализе характерны парные стратегические бескоалиционные конечные некооперативные игры. Модель проблемной ситуации в этом случае имеет вид:

$$\langle U, V, W_1, W_2, R_1, R_2 \rangle,$$

где

U – множество стратегий оперирующей стороны (инициатора проекта);

V – множество стратегий оппонирующей стороны («природа»);

W_1 и W_2 – показатели качества игроков;

R_1 и R_2 – системы предпочтения игроков.

Системы предпочтения игроков, в свою очередь, основываются на двух ведущих принципах рационального поведения: принципе наибольшего гарантированно-го результата и принципе равновесия.

Первый основан на том, что рациональным выбором одного из игроков должен считаться такой, при котором он рассчитывает на самую неблагоприятную для него реакцию со стороны другого игрока.

Второй принцип гласит, что рациональным выбором любого игрока считается такая стратегия u_x (или v_x), для которой ситуация (u_x, v_x) обоюдовыгодна: любое отклонение от данной ситуации игры не является выгодным ни для одного из игроков.

Решается парная матричная игра (проект – меры и средства противодействия) с нулевой суммой (выигрыш одной стороны равен проигрышу другой) на основе рассмотрения платежной матрицы, которая представляет собой совокупность значений U и V (пара стратегий (u, v) $U \times V$ называется ситуацией игры), а также выигрышей W_{ij} при парном сочетании всевозможных стратегий сторон.

Решение парной матричной игры может быть в чистых стратегиях, когда для каждой из сторон может быть определена единственная оптимальная стратегия, отклонение от которой невыгодно обоим игрокам. Если такой стратегии нет, то, как правило, выгодно использовать несколько стратегий с определенной частотой их чередования, и решение находится в смешанных стратегиях.

В качестве возможных стратегий со стороны проекта рассматриваются возможные варианты его реализации, из которых следует выбрать наиболее рациональный. В качестве стратегий противника рассматриваются возможные варианты его противодействия, стратегии их применения.

Другая особенность применения методов теории игр заключается в выборе решений, получаемых на основе анализа конфликтной ситуации. В теории игр доказывается теорема о том, что оптимальная стратегия для каждого из игроков является оптимальной и для другого. Так, если решение игры получено в чистых

стратегиях (имеется седловая точка), то выбор решения однозначен. Например, если для парной антагонистической игры 3×4 составить матрицу, где элементами u_{ij} будут выигрыши (проигрыши) игроков, то седловая точка находится на пересечении максимина строк и минимакса столбцов.

В случае наличия седловой точки ни один из игроков не может улучшить стратегию, и стратегии называются чистыми. Игра с чистыми стратегиями может существовать только при наличии полной информации о действиях противника [44, 45].

Если же решение игры получено в смешанных стратегиях, то это эквивалентно созданию множества вариантов проекта и использованию их с оптимальными частотами, соответствующими оптимальной смешанной стратегии. В случаях, когда не имеется полной информации о действиях противника, вводятся вероятности применения той или иной стратегии в виде векторов:

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1,$$

где $P_{<n>} = \langle p_1, p_2, \dots, p_n \rangle$ – для игрока A ;

$$\sum_{i=1}^m q_i = 1,$$

где $Q_{<m>} = \langle q_1, q_2, \dots, q_n \rangle$ – для игрока B .

При этом игрок A выбирает стратегию в соответствии с принципом максимина по выражению:

$$\max_{p_i} \{ \min (\sum_{i=1}^n a_{i1} p_i, \sum_{i=1}^n a_{i2} p_i, \dots, \sum_{i=1}^n a_{in} p_i) \},$$

а игрок B по принципу минимакса:

$$\max_{q_i} \{ \min (\sum_{j=1}^m a_{j1} q_j, \sum_{j=1}^m a_{j2} q_j, \dots, \sum_{j=1}^m a_{jn} q_j) \}.$$

Очевидно, что разработка нескольких вариантов проекта сопряжена с большими затратами, не всегда реализуема и затрудняет использование системы. Поэтому при получении решения в смешанных стратегиях рекомендуются следующие случаи принятия окончательного решения:

- для дальнейшего анализа выбирается тот вариант, который гарантирует максимальное качество (выбор по максиминной стратегии аналогично критерию Вальда);
- выбирается тот вариант, который в смешанной стратегии должен использоваться с максимальной вероятностью.

Важное значение в задачах исследования качества адаптивных систем имеет не только решение игры, но и анализ платежной матрицы. Это особенно важно в тех случаях, когда решение в смешанных стратегиях не реализуется. Этот анализ может проводиться на основе: оценки возможных потерь эффективности в случае реализации чистой стратегии; определения дополнительных затрат на их компенсацию; оценки достоверности рассмотренных стратегий противодействия; определения возможности реализации компромиссных вариантов и т.д.

Для анализа конфликтной ситуации требуется на основе математической модели операции построить платежную матрицу:

$$[W_{mn}] = [W_{ij}],$$

где W_{ij} характеризует качество изделия при выборе i -го варианта проектируемого изделия и при j -м варианте противодействия противника.

Решение может быть получено в чистых стратегиях, когда есть седловая точка. Условие седловой точки имеет вид:

$$\max_i \min_j W_{ij} = \min_j \max_i W_{ij},$$

где

левая часть выражения – нижняя цена игры;

правая – верхняя цена игры.

Если условие не выполняется, то седловая точка отсутствует и требуется реализация смешанной стратегии.

Решение в смешанных стратегиях состоит в реализации чистых стратегий с различными вероятностями, задаваемыми распределением.

Для проекта в виде вектора-столбца:

$$\sum_{i=1}^m g_i = 1,$$

$G = \{g_i\}$, где $i = 1, 2...m$; g_i – вероятность выбора стратегии u_i .

Для противодействия в виде вектора-строки:

$$\sum_{j=1}^n f_j = 1,$$

$F = \{f_j\}$, где $j = 1, 2...n$; f_j – вероятность выбора стратегии v_j .

Платежную функцию запишем в следующем виде:

$$W(G, F) = G^T W_{ij} F^T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij} g_i f_j,$$

где индексом « m » обозначена процедура транспонирования.

Платежная функция $W(G, F)$ всегда имеет седловую точку, т.е. всегда существует решение матричной игры. Это утверждение соответствует основной теореме теории матричных игр: каждая матричная игра с нулевой суммой имеет, по крайней мере, одно решение в чистых или смешанных стратегиях.

Последовательность решения игры следующая.

1. Анализируется платежная матрица на предмет исключения заведомо невыгодных и дублирующих стратегий.
2. Проверяется наличие седловой точки по условию седловой точки.
3. Если решение в чистых стратегиях отсутствует, то ищется решение в смешанных стратегиях с помощью методов линейного программирования или методом Монте-Карло.

1.7. Недостатки вероятностных подходов

Изложенные в разделах 1.2-1.6 подходы к учету неопределенности в проектном анализе обладают общим существенным недостатком, затрудняющим их практическое применение: использование этих подходов предполагает знание вероятности проявления факторов, оказывающих влияние на проект, либо распределения вероятностей появления тех или иных событий, либо наличие неких предпосылок, исходя из которых можно сделать выводы о таких вероятностях и/или распределениях вероятностей. В реальности определить вероятности и их распределения, как правило, не удается.

Число реализованных в рамках одной организации проектов, как правило, не настолько велико, чтобы можно было построить распределение вероятностей какого-либо фактора путем анализа числа и величины проявлений этого фактора; кроме того, специфика деятельности большинства организаций такова, что даже сходные, на первый взгляд, инвестиционные проекты при более детальном рассмотрении должны быть классифицированы по-разному.

Гипотезы, которые могут быть выдвинуты относительно видов и параметров распределений, на практи-

ке оказываются нереализуемы хотя бы потому, что многие факторы риска, неопределенности не могут быть выражены количественно. Даже такие часто используемые в современной литературе понятия, как «высокий риск» и «слабый риск», не всегда возможно формализовать.

Таким образом, учет рисков и неопределенностей в инвестиционных проектах при помощи вероятностных подходов оказывается в большинстве случаев затруднительным либо невозможным.

Несмотря на вышесказанное, задача учета неопределенности остается. Поскольку использование вышеописанных подходов существенно затруднено, многие риски выразить численно и вовсе невозможно, вполне логичным представляется интерпретация риска словами естественного (или искусственно введенного) языка. В следующем параграфе приводятся основные сведения из теории нечетких множеств, сравнительно нового подхода, позволяющего описывать неопределенность качественного свойства, при этом довольно часто удается связать введенные качественные понятия с традиционными количественными параметрами.

1.8. Основные понятия теории нечетких множеств

Нечеткое множество есть класс объектов, в котором нет резкой границы между теми объектами, которые входят в этот класс, и теми, которые в него не входят. Более точное определение может быть сформулировано следующим образом.

Определение. Пусть $U=\{u\}$ – совокупность объектов (точек), обозначаемых через u . Тогда нечеткое множество A в U есть совокупность упорядоченных пар $A=\{u, \mu_A(u)\}$, $u \in U$, где $\mu_A(u)$ представляет собой степень принадлежности u к A , а $\mu_A: U \rightarrow M$ – функция, отображающая U в пространство M , называемое пространством принадлежности. Когда M содержит только две точки 0 и 1, A является четким и его функция принадлежности совпадает с характеристической функцией обычного множества [41].

Далее будем полагать, что M есть интервал $[0;1]$, причем 0 и 1 представляют соответственно низшую и высшую степени принадлежности. Таким образом, основное предположение состоит в том, что расплывчатое множество A , несмотря на нечеткость его границ, может быть точно определено путем сопоставления каждому объекту x числа, лежащего между 0 и 1, которое представляет степень его принадлежности к A .

Носителем нечеткого множества A называется множество таких точек в U , для которых величина μ_A положительна. Высотой нечеткого множества A называется величина $\sup \mu_A(u)$ [14, 23, 41].

Точкой перехода нечеткого множества A называется такой элемент множества U , степень принадлежности которого множеству A равна 0,5 [14, 41].

В литературе [3, 14, 41, 56], как правило, используются следующие обозначения: обычное конечное множество $U=\{u_1, ..., u_n\}$ будем записывать в виде $U=u_1 + ... + u_n$, где знак «+» обозначает объединение, а не арифметическое суммирование. Соответственно, нечеткое подмножество A универсального множества U будем записывать следующим образом: $A=\mu_1/u_1 + ... + \mu_n/u_n$. Если носитель нечеткого множества A имеет мощность континуума, то будем использовать такую

запись: $A = \int_U \mu_A(u) / u$, имея в виду, что $\mu_A(u)$ – степень принадлежности элемента u множеству A , а знак интеграла обозначает объединение нечетких одноточечных множеств $\mu_A(u)/u$, $u \in U$.

Будем говорить, что нечеткое множество A нормально, если его высота равна единице, то есть $\sup \mu_A(u) = 1$. В

противном случае A – субнормально. Субнормальное нечеткое множество можно нормировать, поделив функцию μ_A на величину $\sup \mu_A(u)$ [14, 41].

Нечеткое подмножество A есть подмножество B или содержится в B тогда и только тогда, когда $\mu_A(u) \leq \mu_B(u)$ для любого $u \in U$ [41].

Множеством α -уровня нечеткого множества A является множество (в обычном смысле) A_α всех таких элементов универсального множества U , степень принадлежности которых нечеткому множеству A больше или равна α : $A_\alpha = \{u / \mu_A(u) \geq \alpha\}$ [41].

Ниже приведены основные операции, которые можно осуществлять над нечеткими множествами [3, 4, 6, 14, 15, 41, 56].

1. Дополнение нечеткого множества A обозначается символом $\bar{A}$ (или иногда A') и определяется следующим образом: $\bar{A} = \int_U (1 - \mu_A(u)) / u$. Операция дополнения соответствует логическому отрицанию.
2. Объединение нечетких множеств A и B обозначается $A + B$ (или $A \cup B$) и определяется следующим образом: $A + B = \int_U (\mu_A(u) \vee \mu_B(u)) / u$. Объединение соответствует логической связке «или».
3. Пересечение A и B обозначается $A \cap B$ и определяется следующим образом: $A \cap B = \int_U (\mu_A(u) \wedge \mu_B(u)) / u$. Пересечение соответствует логической связке «и».
4. Произведение A и B обозначается AB и определяется формулой: $AB = \int_U \mu_A(u) \mu_B(u) / u$. Таким образом,

любое нечеткое множество A^α , где α – положительное число, следует понимать так: $A^\alpha = \int_U (\mu_A(u))^\alpha / u$.

Частными случаями операции возведения в степень являются операции концентрирования $CON(A) = A^2$, и растяжения $DIL(A) = A^{0.5}$.

5. Если $A_1, \dots, A_n$ – нечеткие подмножества универсального множества U , а $w_1, \dots, w_n$ – неотрицательные весовые коэффициенты, сумма которых равна 1, то выпуклой комбинацией нечетких множеств $A_1, \dots, A_n$ называется нечеткое множество A с функцией принадлежности вида $\mu_A = w_1 \mu_{A_1} + \dots + w_n \mu_{A_n}$, где знак «+» означает арифметическое суммирование.
6. Пусть $A_1, \dots, A_n$ – нечеткие подмножества универсальных множеств $U_1, \dots, U_n$ соответственно. Декартово произведение этих подмножеств обозначается $A_1 \times \dots \times A_n$ и определяется как нечеткое подмножество множества $U_1 \times \dots \times U_n$ с функцией принадлежности $\mu_{A_1 \times \dots \times A_n}(u_1, \dots, u_n) = \mu_{A_1}(u_1) \wedge \dots \wedge \mu_{A_n}(u_n)$. Таким образом, $A_1 \times \dots \times A_n = \int_{U_1 \times \dots \times U_n} (\mu_{A_1}(u_1) \wedge \dots \wedge \mu_{A_n}(u_n)) / (u_1, \dots, u_n)$.
7. Оператор увеличения (фаззификатор) нечеткости используется для преобразования обычного мно-

жества в нечеткое или для увеличения нечеткости нечеткого множества.

8. Если U – декартово произведение n универсальных множеств $U_1, \dots, U_n$, то n -арное нечеткое отношение R в U определяется как нечеткое подмножество универсального множества U . Если R – отношение $U \rightarrow V$, а S – отношение $V \rightarrow W$, то композицией R и S является нечеткое отношение $U \rightarrow W$, обозначаемое $R \circ S$ и определяемое формулой:

$$R \circ S = \int_{U \times W} \bigvee_v (\mu_R(u, v) \wedge \mu_S(v, w)) / (u, w).$$

9. Если R есть n -арное нечеткое ограничение в $U_1 \times \dots \times U_n$, то его проекция (тень) на $U_{i_1} \times \dots \times U_{i_k}$ есть k -арное нечеткое отношение R_q в U , которое определяется следующим образом:

$$\underline{\Delta} \text{Proj } R \text{ на } U_{i_1} \times \dots \times U_{i_k} \underline{\Delta};$$

$$R_q = \underline{\Delta} P_q R \underline{\Delta} \int_{U_{i_1} \times \dots \times U_{i_k}} \left(\bigvee_{u(q')} \mu_R(u_1, \dots, u_n) \right) / (u_{i_1}, \dots, u_{i_k}),$$

где

q – последовательность индексов $(i_1, \dots, i_k)$; $u(q) \underline{\Delta} u_{i_1}, \dots, u_{i_k}$;

q' – дополнение q ;

$\bigvee_{u(q')} \mu_R(u_1, \dots, u_n) = \sup \mu_R(u_1, \dots, u_n)$, где верхняя грань

берется по значениям всех тех u_j , которые входят в $u(q)$.

10. Принцип обобщения для нечетких множеств – основное равенство, позволяющее расширить область определения U отображения или отношения, включив в нее наряду с точками произвольные нечеткие подмножества множества U . Предположим, что f – отображение $U \rightarrow V$, а A – нечеткое подмножество вида $A = \mu_1 u_1 + \dots + \mu_n u_n$; тогда принцип обобщения утверждает, что $f(A) = f(\mu_1 u_1 + \dots + \mu_n u_n) = \mu_1 f(u_1) + \dots + \mu_n f(u_n)$; то есть образ множества A при отображении f можно получить, зная образы элементов $u_1, \dots, u_n$ при этом отображении.

1.9. Понятие нечеткой переменной

Нечеткая переменная характеризуется [41] тройкой $(X, U, R(X; u))$,

где

X – название переменной;

U – универсальное множество (конечное или бесконечное);

u – общее название элементов множества U ;

$R(X; u)$ – нечеткое подмножество множества U , представляющее собой нечеткое ограничение на значения переменной u , обусловленное X .

Как и в случае обычных (не нечетких) переменных, вместо $R(X; u)$, как правило, пишут сокращенно $R(X)$, $R(u)$ или $R(x)$, где x – общее название значений переменной X , и будем называть $R(X; u)$ ограничением на u или ограничением, обусловленным X . Неограниченная обычная (не нечеткая) переменная u является для X базовой переменной.

Уравнение назначения для X имеет вид [41] $x = u: R(X)$ и отражает то, что элементу x назначается значение u с учетом ограничения $R(X)$.

Ту степень, с которой удовлетворяется это равенство, называют совместимостью значения u с $R(X)$ и обозначают ее через $c(u)$. По определению [41], $c(u) = \mu_{R(X)}(u)$, $u \in U$, где $\mu_{R(X)}(u)$ – степень принадлежности u ограничению $R(X)$.

Важно отметить, что совместимость значения u не есть то же самое, что вероятность значения u . Совместимость u с $R(X)$ – это лишь мера того, насколько значение u удовлетворяет ограничению $R(X)$; она не имеет никакого отношения к тому, насколько вероятно или невероятно это значение.

n -арное ограничение $R(X_1, \dots, X_n)$ в $U_1 \times \dots \times U_n$ индуцирует k -арное маргинальное ограничение $R(X_{i_1}, \dots, X_{i_k})$, которое определяется [41] как проекция (тень) $R(X_1, \dots, X_n)$ на $U_{i_1} \times \dots \times U_{i_k}$, причем функцию принадлежности маргинального ограничения $R(X_{i_1}, \dots, X_{i_k})$ можно записать в виде

$$\mu_{R(X_{i_1}, \dots, X_{i_k})}(u_{(q)}) = \bigvee_{u_{(q')}} \mu_{R(X)}(u).$$

n -арное ограничение $R(X_1, \dots, X_n)$ сепарабельно тогда и только тогда, когда его можно представить в виде декартова произведения унарных ограничений: $R(X_1, \dots, X_n) = R(X_1) \times \dots \times R(X_n)$ [41]. Следует отметить, что если $R(X_1, \dots, X_n)$ – нормально, то нормальны и соответствующие маргинальные ограничения.

Нечеткие переменные $X_1, \dots, X_n$ являются не взаимодействующими тогда и только тогда, когда ограничение $R(X_1, \dots, X_n)$ сепарабельно. Невзаимодействие подразумевает отсутствие каких бы то ни было ограничений, в которых присутствуют все величины $u_1, \dots, u_n$, где u_i – базовая переменная для X_i , $i = 1, \dots, n$.

1.10. Меры нечеткости нечетких множеств

Для определения степени нечеткости множества введено понятие меры нечеткости [72, 76], сводящееся к измерению уровня различия между множеством A и его отрицанием $\bar{A}$.

Наиболее популярна мера Ягера (R. Yager) [13, 76], в соответствии с которой степень нечеткости множества A в метрике p , обозначаемая $FUZ_p(A)$, определяется выражением:

$$FUZ_p(A) = 1 - \frac{D_p(A, \bar{A})}{n^{1/p}}, \quad (1.1)$$

где $D_p(A, \bar{A})$ – это мера расстояния между множествами A и $\bar{A}$, содержащими n элементов. Значение $p = 1$ соответствует метрике Хемминга [76], в которой

$$D_1(A, \bar{A}) = \sum_{i=1}^n |2\mu_A(x_i) - 1|,$$

а значение $p = 2$ соответствует метрике Евклида, в которой

$$D_2(A, \bar{A}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (2\mu_A(x_i) - 1)^2}.$$

Другая мера нечеткости (энтропийная) основана на понятии кардинального числа множества [76]. В соответствии с этой мерой

$$FUZ(A) = \frac{M(A \cap \bar{A})}{M(A \cup \bar{A})},$$

где $M(F)$ обозначает кардинальное число множества F . Следует отметить, что обе меры – Ягера и Коско – для четких множеств дают один и тот же нулевой результат, поскольку $M(A \cap \bar{A}) = 0$, а $D_p(A, \bar{A}) = n^{1/p}$, что, согласно (1.1), дает в результате также $FUZ_p(A) = 0$.

1.11. Нечеткость и вероятность

В теории вероятности событие $u \in U$ либо происходит, либо нет, а вероятность $p(u)$ представляет меру того, что оно состоится или что случайная переменная x примет значение u . Оценка вероятности $p(u)$ может быть рассчитана как отношение количества экспериментов, в которых указанное событие свершилось, к общему количеству экспериментов. Следует подчеркнуть, что вероятность события относится исключительно к будущему моменту времени. Когда соответствующий момент наступит, данное событие либо произойдет, либо не произойдет, и в этот момент понятие вероятности его свершения утрачивает смысл.

Понятие нечеткости оценивается совершенно по-другому. Оно измеряется степенью, с которой событие $x = u$ (например, только что происшедшее) принадлежит к некоторому множеству событий A . С этой точки зрения понятие нечеткости относится не только к прошлому, как это имеет место в случае вероятности, но также к настоящему и к будущему.

Следует отметить, что вероятность может быть определена как нечеткое значение, особенно тогда, когда оно оценивается приближенно, а не точным способом. Поэтому можно сказать, что вероятность наступления определенного события составляет, например, «около 0,7», поскольку переменная «около 0,7» является лингвистической. Если же нечеткое понятие относится к будущему, ему можно приписать некоторую вероятность.

Пример. Пусть есть фактор риска x , природа появления которого носит случайный характер. Будем определять величину этого фактора при помощи игральной кости, при этом определим, что лингвистическая переменная «величина фактора риска x » может принимать значения «низкая», «средняя», «большая». Пусть функции принадлежности к нечетким множествам «низкая», «средняя», «большая» имеют вид, изображенный на рис. 1.1.

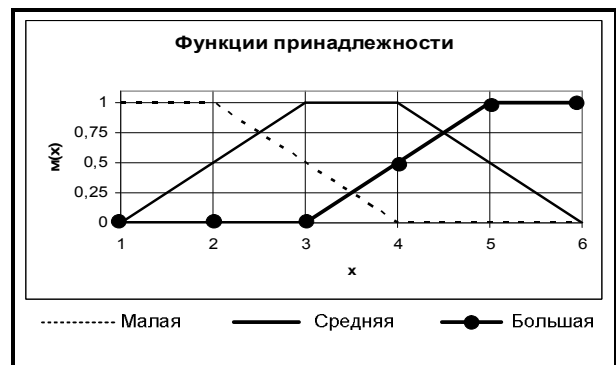


Рис. 1.1. Функции принадлежности

Вероятность $p(x)$ наступления нечеткого события, что x – малая, средняя или большая величина, определяется по формуле:

$$p(x) = \sum_{i=1}^6 \mu(x_i) p(x_i), \text{ где } p(x_i) \text{ обозначает вероятность}$$

выпадения определенного числа из $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. Если допустить равномерное распределение вероятности выпадения каждого числа (где $p(x_i) = 1/6$), получим:

$$p(x = \text{«малая»}) = 1/6(1+1+0, 5+0+0+0) = 5/12 \approx 0,4;$$

$$p(x = \text{«средняя»}) = 1/6(0+0, 5+1+1+0, 5+0) = 0,5;$$

$$p(x = \text{«большая»}) = 1/6(0+0+0+0, 5+1+1) = 5/12 \approx 0,4.$$

В приведенном результате учитывается понятие нечеткости лингвистической переменной: «малая величина», «средняя величина», «большая величина», а каждому событию приписывается вероятность его наступления.

1.12. Нечеткие правила вывода

Базовое правило вывода типа «если – то» называется также нечеткой импликацией, принимающей форму: если x – это A , то y – это B , где A и B – это лингвистические значения, идентифицированные нечетким способом через соответствующие функции принадлежности для переменных x и y . Часть « x это A » называется условием (предпосылкой), а « y это B » – следствием (заключением). Импликацию можно записать в сокращенном виде $A \rightarrow B$.

Нечеткое рассуждение – это процедура, которая позволяет определить заключение, вытекающее из множества импликаций. Такое множество при n переменных x_i может принять вид:

$$\text{если } x_1 \text{ – это } A_1 \text{ и } x_2 \text{ – это } A_2 \text{ и } \dots \text{ и } x_n, \\ \text{то } y \text{ – это } B. \quad (1.2)$$

Переменные $x_1, x_2, \dots, x_n$ образуют n -мерный входной вектор x , составляющий аргумент условия, в котором $A_1, A_2, \dots, A_n$ и B обозначают величины соответствующего коэффициента принадлежности $\mu_A(x_i)$ и $\mu_B(y)$. Необходимо обратить внимание, что здесь присутствуют индивидуальные функции принадлежности для каждой переменной x_i и отдельно для y . Случайное значение функции принадлежности $\mu_A(x)$, где $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ – вектор, относящееся к условию импликации (уровень активации правила), должно в последующем интерпретироваться с использованием введенных ранее нечетких операций. Возможна интерпретация в форме логического произведения множеств либо в форме алгебраического произведения:

- интерпретация в форме логического произведения:
$$\mu_A(x) = \min_{i=1, \dots, n} (\mu_{A_i}(x_i));$$

- интерпретация в форме алгебраического произведения:

$$\mu_A(x) = \prod_{i=1}^n \mu_{A_i}(x_i).$$

Приписывание единственного значения функции принадлежности, описывающей многомерное условие, называется агрегированием предпосылки. Каждой импликации $A \rightarrow B$, определенной выражением (1.2), можно приписать также единственное значение функции принадлежности $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$. Наиболее популярные интерпретации этой функции также имеют форму логического или алгебраического произведения:

- форма логического произведения:
$$\mu_{A \rightarrow B} = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(y) \};$$
- форма алгебраического произведения:
$$\mu_{A \rightarrow B} = \mu_A(x) \mu_B(y).$$

Приписывание единственного значения функции принадлежности всей импликации есть процедура агрегирования на уровне импликации.

1.13. Понятие лингвистической переменной

Появление аппарата лингвистической переменной стало логичным продолжением развития теории нечет-

ких множеств. Лингвистическая переменная отличается от числовой переменной тем, что ее значениями являются не числа, а слова или предложения в естественном или формальном языке. Поскольку слова в общем менее точны, чем числа, понятие лингвистической переменной дает возможность приближенно описывать явления, которые настолько сложны, что не поддаются описанию в общепринятых количественных терминах. В частности, нечеткое множество, представляющее собой ограничение, связанное со значениями лингвистической переменной, можно рассматривать как совокупную характеристику различных подклассов элементов универсального множества. В этом смысле роль нечетких множеств аналогична той роли, которую играют слова и предложения в естественном языке. Например, прилагательное «рискованный» отражает комплекс характеристик инвестиционного проекта. С этой точки зрения термины «очень рискованный», «нерискованный», «чрезвычайно рискованный», «вполне рискованный» и т.д. – названия нечетких множеств, образованных путем действия модификаторов «очень», «не», «чрезвычайно», «вполне» и т.п. на нечеткое множество рискованный. В сущности эти нечеткие множества вместе с нечетким множеством «рискованный» играют роль значений лингвистической переменной проект.

Важным аспектом понятия лингвистической переменной является то, что эта переменная более высокого порядка, чем нечеткая переменная, в том смысле, что значениями лингвистической переменной являются нечеткие переменные. Если X – название нечеткой переменной, то ограничение, обусловленное этим названием, можно интерпретировать как смысл нечеткой переменной X .

Другой важный аспект понятия лингвистической переменной состоит в том, что лингвистической переменной соответствуют два правила [41]:

- синтаксическое правило, которое может быть задано в форме грамматики, порождающей названия значений переменной;
- семантическое правило, которое определяет алгоритмическую процедуру для вычисления смысла каждого значения, и именно семантическое правило в первую очередь отличает лингвистическую переменную от понятия синтаксической переменной. Эти правила составляют существенную часть описания структуры лингвистической переменной.

Определение. Лингвистическая переменная характеризуется набором $(x, T(x), U, G, M)$, в котором x – название переменной; $T(x)$ (или просто T) обозначает терм-множество переменной x , то есть множество названий лингвистических значений переменной x , причем каждое из таких значений является нечеткой переменной X со значениями из универсального множества U с базовой переменной u ; G – синтаксическое правило (имеющее обычно форму грамматики), порождающее названия X переменной x , а M – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной X ее смысл $M(X)$, то есть нечеткое подмножество $M(X)$ универсального множества U . Конкретное название X , порожденное синтаксическим правилом G , называется термом. Терм, состоящий из одного слова или нескольких слов, всегда фигурирующих вместе друг с другом, называется атомарным термом. Терм, состоящий из одного или более атомарных термов, называется составным термом. Конкатенация (то есть результат приписывания друг к другу цепочек-компонент

составного термина) некоторых компонент составного термина является подтермом. Если $X_1, X_2, \dots$ – термины в T , то T можно представить в виде объединения $T = X_1 + X_2 + \dots$. Чтобы явно указать на то, что T был порожден грамматикой G , пишут $T(G)$ [41].

Смысл $M(X)$ термина X определяется [41] как ограничение $R(X)$ на базовую переменную u , обусловленное нечеткой переменной X : $M(X) \triangleq R(X)$, имея в виду, что

$R(X)$ и, следовательно, $M(X)$ можно рассматривать как нечеткое подмножество множества U , имеющее название X . Связь между x , ее лингвистическим значением и базовой переменной иллюстрируется на рис. 1.2.

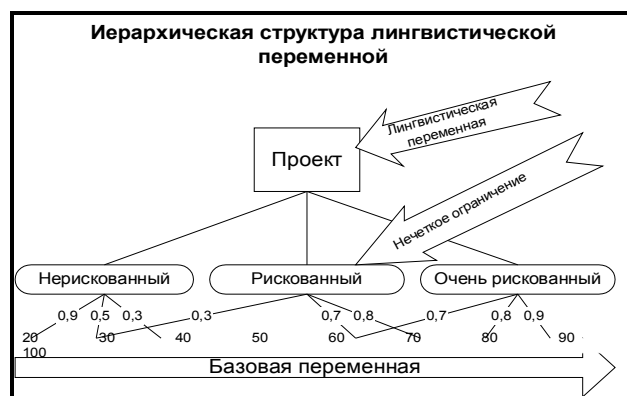


Рис. 1.2. Иерархическая структура лингвистической переменной

1.14. Методы построения функции принадлежности

Основные группы методов

Для теории нечетких множеств основополагающим понятием является понятие нечеткого множества, которое характеризуется функцией принадлежности. Посредством нечетких множеств можно строго описывать присущие для языка человека расплывчатые элементы. Но основной трудностью, мешающей интенсивному применению теории нечетких множеств при решении практических задач, является то, что функция принадлежности должна быть задана вне самой теории и, следовательно, ее адекватность не может быть проверена непосредственно средствами теории.

Л. Заде предложил [14, 23, 41] оценивать степень принадлежности числами из интервала $[0; 1]$. Фиксирование конкретных значений при этом носит субъективный характер. С одной стороны, для экспертных методов важным является характер измерений (первичный или производный) и тип шкалы [72], в которой получают информацию от эксперта и которая определяет допустимый вид операций, применяемых к экспертной информации. С другой стороны, имеется два типа свойств: те, которые можно непосредственно измерить, и те, которые являются качественными и требуют попарного сравнения объектов, обладающих рассматриваемым свойством, чтобы определить их относительное место по отношению к рассматриваемому понятию.

Существует ряд методов построения по экспертным оценкам функции принадлежности нечеткого множества. Можно выделить две группы методов: прямые и косвенные методы [72].

Прямые методы определяются тем, что эксперт непосредственно задает правила определения значений функции принадлежности μ_A , характеризующей понятие A . Эти значения согласуются с его предпочтениями на множестве объектов U следующим образом:

- для любых $u_1, u_2 \in U$ $\mu_A(u_1) < \mu_A(u_2)$ тогда и только тогда, когда u_2 предпочтительнее u_1 , то есть в большей степени характеризуется понятием A ;
- для любых $u_1, u_2 \in U$ $\mu_A(u_1) = \mu_A(u_2)$ тогда и только тогда, когда u_1 и u_2 безразличны относительно понятия A .

В прямых методах функция принадлежности обычно непосредственно задается таблицей или формулой, что можно обосновать тем, что по своей природе оценка является приближением, и во многих случаях достаточно весьма приближенная характеристика набора данных, поскольку в большинстве основных задач, решаемых человеком, не требуется высокая точность. Человеческий мозг использует допустимость такой неточности, кодируя информацию, достаточную для задачи (или достаточную для решения), элементами нечетких множеств, которые приближенно описывают исходные данные. Поток информации, поступающий в мозг, суживается таким образом в тонкую струйку информации, необходимой для решения поставленной задачи с минимальной степенью точности.

В косвенных методах значения функции принадлежности выбираются таким образом, чтобы удовлетворить заранее сформулированным условиям. Экспертные данные являются лишь исходной информацией для дальнейшей обработки. Дополнительные условия могут налагаться как на вид получаемой информации, так и на процедуру обработки.

Как правило, прямые методы используются для описания понятий, которые характеризуются измеримыми свойствами, такими, как высота, рост, вес, объем. В этом случае удобно непосредственное задание значений степени принадлежности. К прямым методам можно отнести методы, основанные на вероятностной трактовке функции принадлежности $\mu_A(u) = P(A|u)$, то есть вероятность того, что объект $u \in U$ будет отнесен к множеству, которое характеризует понятие A .

Если гарантируется, что люди далеки от случайных ошибок, то можно спрашивать их непосредственно о значениях принадлежности. Однако имеются искажения [8, 11], например, субъективная тенденция сдвигать оценки объектов в направлении концов оценочной шкалы. Следовательно, прямые измерения, основанные на непосредственном определении принадлежности, должны использоваться только в том случае, когда такие ошибки незначительны или маловероятны.

Косвенные методы основаны на более слабых предположениях о людях как «измерительных приборах». Некоторые понятия являются сложными настолько, что не существует универсальных элементарных измерительных свойств, через которые можно было бы эти понятия определить. В таких случаях используются только ранговые измерения при попарном сравнении объектов.

Однако функция принадлежности может отражать как мнение группы экспертов, так и мнение одного (уникального) эксперта, следовательно, возможны, по крайней мере, четыре группы методов: прямые и косвенные для одного эксперта, прямые и косвенные для группы экспертов. Кроме этого, необходимо рассмотреть методы построения функций принадлежности терм-множеств. Классификация методов построения функции принадлежности приведена на рис. 1.3.

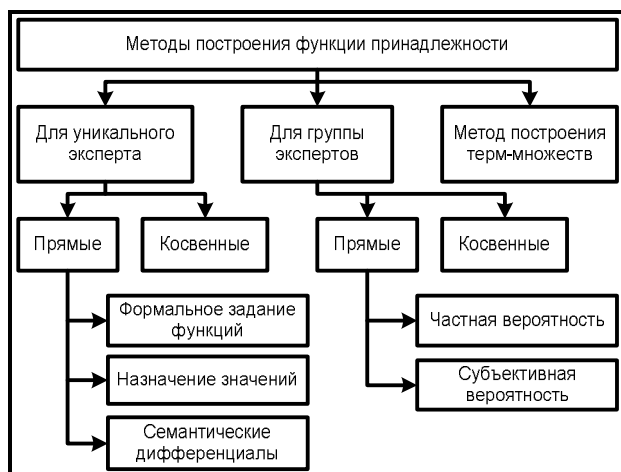


Рис. 1.3. Классификация методов построения функции

Прямые методы для одного эксперта

Прямые методы для одного (уникального) эксперта состоят в непосредственном назначении степени принадлежности для исследуемых объектов или непосредственном назначении функции (правила), позволяющей вычислять значения. Пример назначения степени принадлежности приводится в [6]: рассматривается множество рукописных объектов, которые похожи на цифру пять. Здесь также понятие «пять» можно рассматривать как нечеткое множество на множестве изображений цифры 5. Каждое конкретное изображение некоторые читатели могут воспринять как «шесть», в то время как другие – «пять». В этом случае принадлежность определяется индивидуальным восприятием.

Осгудом [5] был предложен метод семантических дифференциалов. Практически в любой области можно получить множество шкал оценок, используя следующую процедуру:

- определить список свойств, по которым оценивается понятие (объект);
- найти в этом списке полярные свойства и сформировать полярную шкалу;
- для каждой пары полюсов понятие оценить на то, как сильно оно обладает положительным свойством (например, в интервале от 0 до 100%).

Совокупность оценок по шкалам была названа профилем понятия. Следовательно, вектор с координатами, изменяющимися от 0 до 1, также называется профилем. Профиль есть нечеткое подмножество положительного списка свойств или шкал.

Пример. В задаче оценки проектов можно выделить следующие шкалы, характеризующие окружение осуществляемого проекта (см. табл 1.1):

Таблица 1.1

ЗАДАЧА ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ

Наименование шкалы	Полярные значения
x_1 – инфляция	Низкая – высокая
x_2 – стабильность политической системы	Стабильная – нестабильная
x_3 – % на заемные средства	Низкий – высокий
x_4 – срок окупаемости проекта	малый – большой
x_5 – доступность необходимых ресурсов	Доступны – недоступны
x_6 – ожидаемый спрос на предлагаемый товар	Высокий – низкий

Проект, осуществляемый в среде, характеризующейся низкой инфляцией, стабильной политической системой, низкой процентной ставкой на заемные средства, малым сроком окупаемости, доступностью всех необходимых для осуществления проекта ресурсов и высоким спросом на предлагаемый товар, может быть определен как нечеткое множество $\{1|x_1, \dots, 1|x_6\}$ или вектор 111 111. Проект, соответствующий вектору 000 000, полярно противоположен.

Предлагается следующий способ вычисления частичной принадлежности друг другу строгих множеств, называемой степенью принадлежности [6]. Пусть покрытием K обычного множества U является любая совокупность обычных подмножеств $\{A_1, \dots, A_k\}$ множества U : $A_i \neq \emptyset$; $A_1 \cup \dots \cup A_k = U$. В крайнем случае, когда для любых $i, j, i \neq j, A_i \cap A_j = \emptyset$, имеет место разбиение U . Предположим, что имеется $B \subseteq U$, тогда B может рассматриваться как нечеткое подмножество K с функцией

$$\text{принадлежности } \mu_B(A_i) = \frac{|A_i \cap B|}{|A_i \cup B|}, \text{ где } |A| - \text{число эле-}$$

ментов в A .

В [6] любое решение задачи многоцелевой оптимизации рассматривается как нечеткое подмножество значений целевых функций следующим образом. Пусть $f_1, \dots, f_r$ – целевые функции, где $f: R^n \rightarrow R$, и пусть требуется решить задачу $f_i \rightarrow \max$ для всех i . Пусть $f_i^* < \infty$ – максимальное значение функции f_i (независимо от других функций) и $C = \{f_1, \dots, f_r\}$ – множество целевых функций, тогда любое значение x в области определения $f_i(x) \leq f_i^*$ можно рассматривать как нечеткое множество на C с вектором значений принадлежности $\mu_x = (\mu_1, \dots, \mu_r)$, $\mu_i = (f_i^* - f_i(x)) / f_i^*$.

Косвенные методы для одного эксперта

В [72] приводится следующий способ вычисления функции принадлежности. В практике часто имеют место случаи, когда не существует элементарных измеримых свойств, признаков, через которые определяются интересующие нас понятия, например, «красота». Трудно в таких случаях проранжировать степень проявления свойства у рассматриваемых элементов. Так как степени принадлежности рассматриваются на данном реальном множестве, а не в абсолютном смысле, то интенсивность принадлежности можно определить, исходя из попарных сравнений рассматриваемых элементов. Если бы значения степени принадлежности были известны, например, $\mu_S(u_i) = \omega_i (i = 1, \dots, n)$, то попарные сравнения можно было бы представить матрицей отношений $A = ((a_{ij}))$, $a_{ij} = \omega_i / \omega_j$. Если отношения точны, то получается соотношение $A\omega = n\omega$, $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_n)$, где n – собственное значение матрицы A , по которому можно восстановить вектор ω (с учетом нормализации $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$).

Так как отношения сравнения a_{ij} в реальном случае неточны из-за того, что они получены эмпирическим способом, то мы должны вычислить оценки для ω . Для улучшения согласованности оценок предполагается, что $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$, $a_{ij} = \omega_i / \omega_j$, откуда для диагональных элементов $a_{ii} = 1$ и для элементов, симметричных относительно диагонали, $a_{ji} = 1/a_{ij}$. Грубо говоря, если элемент оценивается в α раз сильнее, чем другой, то второй только в $1/\alpha$ раз сильнее, чем первый. Если имеется

полная согласованность в рассуждениях эксперта (согласованность по транзитивности), то ранг матрицы A есть 1, и чтобы решить поставленную задачу, достаточно знать элементы только по одну сторону диагонали A .

В этом случае $\sum_{j=1}^n a_{ij} \omega_j / \omega_i = n$ ($i = 1, \dots, n$), где n – наибольшее собственное значение A , а другие собственные значения λ нулевые, так как $\Sigma \lambda_i = \Sigma a_{ij} = n$. В общем случае эмпирическая шкала $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_n)$ должна удовлетворять задаче на поиск собственного значения на $A\omega = \lambda_{\max}$, где $\lambda_{\max}$ – наибольшее собственное значение. Из теории матриц известно, что собственные значения матрицы являются непрерывными функциями коэффициентов. Следовательно, задача сводится к поиску вектора ω , который удовлетворяет уравнению $A\omega = \lambda_{\max}\omega$. Чем ближе $\lambda_{\max}$ к числу n , тем более верным является результат. Отклонение $\lambda_{\max}$ от n используется как мера полезности (правильности) результата. В процедуре решения задачи формируется матрица сравнений рассматриваемого множества элементов. Элементы такой матрицы – это значения, показывающие, во сколько раз один элемент лучше другого. Так как известно, что задача $A\omega = \lambda_{\max}\omega$ имеет единственное решение, то значения координат собственного вектора, соответствующего максимальному собственному значению, деленные на их сумму, будут искомыми степенями принадлежности. Обычно при формировании оценок попарных сравнений эксперта просят отразить ощущения или опыт следующим образом:

- установить, какой из двух предлагаемых элементов, по его мнению, более важен;
- оценить восприятие интенсивности различия в виде ранга важности по определенной ранговой шкале.

Далее в табл. 1.2 приводятся качественные оценки и соответствующие им численные значения, используемые в [72].

Предполагается, что элемент с нулевой оценкой не рассматривается при попарном сравнении. При анализе сложных свойств, которые представляются как иерархическая система, предлагается [72] использовать описанный подход при сравнении составляющих свойств на удовлетворение (соответствие) сложному свойству.

Для иерархического случая доказана следующая теорема [72].

Теорема Саати. Пусть H – полная иерархия с наибольшим элементом b (уровень 0) и h уровнями. Пусть B_k – матрица приоритетов k -го уровня $k = 1, \dots, h$. Если ω' – вектор приоритетов p -го уровня по отношению к некоторому элементу z в $(p-1)$ -уровне, тогда вектор приоритетов ω q -го уровня ($p < q$) по отношению к z есть: $\omega = B_q B_{q-1} \dots B_{p+1} \omega'$. Таким образом, вектор приоритетов низшего уровня по отношению к элементу b есть $\omega = B_1 \dots B_h \omega'$.

В [72] также предлагается процедура построения функции принадлежности, в которой используются парные сравнения объектов и допускается матрица парных сравнений с неполной информацией (некоторые элементы отсутствуют). Рассматривается понятие «класс S », которое описывается функцией принадлежности на множестве объектов $A = \{a^0, \dots, a^{n-1}\}$. В A имеется только два объекта a^0 и a^1 , о которых можно сказать, что a^1 – идеальный представитель тех объектов, которые принадлежат S , и что a^0 – идеальный представитель тех объектов, которые не принадлежат понятию «класс S », то есть $\mu_S(a^0) = 0$ и $\mu_S(a^1) = 1$. Экс-

перту предлагается проранжировать степень различия объектов в каждой паре объектов в смысле принадлежности понятия классу S . В результате формируется матрица попарных сравнений, которая задает порядок пар объектов по степени различия в парах. Далее посредством метода неметрического шкалирования вычисляются в факторном (метрическом) пространстве X^m координаты n точек $x' = \{x'_1, \dots, x'_n\}$, порядок расстояний $d_{ij} = d(x'_i, x'_j)$ между которыми совпадает или максимально близок к порядку элементов матрицы попарных сравнений. Для полученных расстояний имеют место следующие утверждения: если объекты a^i и a^j неразличимы, то $d_{ij} = 0$, если степень различия объектов a^i, a^j больше, чем степень различия объектов a^i, a^k , то $d_{ij} > d_{ik}$; если степень различия объектов a^i, a^j совпадает со степенью различия объектов a^i, a^k , то $d_{ij} = d_{ik}$.

Таблица 1.2

КАЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ИМ ЧИСЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Интенсивность важности	Качественная оценка	Объяснения
0	Несравнимость	Нет смысла сравнивать элементы
1	Одинаковая значимость	Элементы равны по значимости
3	Слабо значимее	Существуют показания о предпочтении одного элемента над другим, но показания не убедительные
5	Существенно или сильно значимее	Существуют хорошие доказательства и логические критерии, которые могут показать, что элемент более важен
7	Очевидно значимее	Существуют убедительные доказательства большей значимости одного элемента над другим
9	Абсолютно значимее	Максимально подтверждается осознание предпочтения одного элемента над другим
2, 4, 6, 8	Промежуточные оценки	Когда необходим компромисс
Обратные значения ненулевых значений	Если оценка a_{ij} имеет ненулевое значение, приписанное на основании сравнения элемента i с элементом j , то a_{ji} имеет обратное значение $1/a_{ij}$	-
Нормирование	Нормирование возникает из описанной шкалы	-

Дальнейшие выводы основываются на следующих предположениях.

1. Понятие S характеризуется несколькими одномерными признаками, которые определяются при помощи методов неметрического шкалирования.

Согласно предположению, объекты формально описываются точками в пространстве признаков. Наличие нескольких признаков позволяет объяснить, например, нетранзитивность в парных сравнениях. Из процедуры получения формального описания объектов следует, что максимальное расстояние на множестве объектов будет между объектами a^0 и a^1 , так как их различие в смысле принадлежности понятию S будет максимально

возможным. Следовательно, чем дальше объект a^i от объекта a^j в пространстве признаков, тем в меньшей степени он характеризуется принадлежностью к S .

2. Степень различия двух объектов a^i и a^j из A по отношению к понятию «класс S » пропорциональна разности расстояний в пространстве признаков от a^i и a^j до объекта a^j , который с максимально возможной степенью принадлежит S .

Из предположения следует, что степень различия двух объектов a^i и a^j по отношению к понятию S будет пропорциональна разности значений функций принадлежности на этих объектах, то есть $c|d_{1i} - d_{1j}| = |\mu_S(a^i) - \mu_S(a^j)|$, где c – некоторая константа. Если в качестве объекта a^j рассматривать a^0 , затем a^j , то будут иметь место следующие соотношения:

$$c(d_{10} - d_{1j}) = \mu_S(a^j), \quad cd_{1j} = 1 - \mu_S(a^j).$$

Из этих уравнений следует, что

$$\mu_S(a^j) = (d_{10} - d_{1j})/d_{10} = 1 - d_{1j}/d_{10}.$$

Таким образом, функция принадлежности на множестве объектов A , характеризующая понятие S , определяется по расстояниям в пространстве признаков X^m согласно полученному соотношению.

Прямые методы для группы экспертов

В [72] анализируется возможность трактовать степень принадлежности как субъективную вероятность. Утверждается, что степенью принадлежности $\mu_S(u)$ является вероятность того, что лицо, принимающее решения (ЛПР), отнесет элемент $u \in U$ к множеству S в случае, когда S – некоторое понятие естественного языка, U – экстенционал понятия S , а $\mu_S(u)$ есть вероятность того, что ЛПР использует понятие S в качестве имени объекта $u \in U$.

В работе [69] разработана следующая методика оценки функции принадлежности. Первоначально определяется то максимальное количество классов, которое может быть описано данным набором параметров. Для каждого элемента u значение функции принадлежности класса S_1 дополняет до единицы значения функции принадлежности класса S_2 (в случае двух классов). Таким образом, система классов должна состоять из классов, представляющих противоположные события. Сумма значений функций принадлежности произвольного элемента u к системе таких классов будет равна единице. Если число классов и их состав четко не определены, то необходимо вводить условный класс, включающий те классы, которые не выявлены. Далее эксперты оценивают в процентах в данном состоянии u степень проявления каждого класса из названного перечня.

Однако в некоторых случаях мнение эксперта очень трудно выразить в процентах, поэтому более приемлемым способом оценки функции принадлежности будет метод опроса, который состоит в следующем. Оцениваемое состояние предъявляется большому числу экспертов. Каждый эксперт имеет один голос. Он должен однозначно отдать предпочтение одному из классов заранее известного перечня. Значение функции принадлежности вычисляется по формуле $\mu_S(u) = n_S/n$, где n – число экспертов, участвовавших в эксперименте, n_S – число экспертов, проголосовавших за класс S . Возможно дополнительно ввести веса, соответствующие степени компетентности экспертов. Тогда значение функции принадлежности вычисляется по формуле: $\mu_S(u) = \sum_i k_i / \sum_{j=1}^n k_j$, где в числителе сум-

мирование ведется по всем экспертам, проголосовавшим за класс S .

Пример. Пусть было исследовано в общей сложности p проектов, имеющих примерно одинаковую потенциальную прибыль около 50 условных единиц, причем для каждого из проектов вычислена дисперсия прибыли в качестве меры риска. Полученное множество значений U дисперсии лежит в интервале от 0 до 100. Пусть $y(u)$ – число проектов, имеющих дисперсию прибыли u , про которые эксперты утверждают, что они являются рискованными. Пусть $n(u)$ – действительное число проектов, имеющих дисперсию прибыли u , тогда можно считать, что понятие «рискованные» описывается нечетким множеством на U с функцией принадлежности $\mu_S(u) = y(u)/n(u)$. Очевидно, что для малых значений дисперсии число $y(u)$ должно быть очень маленьким, значит $\mu_S(u) \approx 0$, а для $u = 50$ $y(u)$ должно быть близко к $n(u)$, следовательно, $\mu_S(u) \approx 1$. Однако не всеми экспертами проекты $n(35)$ считаются рискованными, следовательно, $y(35) < n(35)$.

Косвенные методы для группы экспертов

В [72] предлагается способ определения функции принадлежности на основе интервальных оценок. Пусть интервал $[x_{ij}, x'_{ji}]$ отражает мнение i -го эксперта, $m > 1$ ($i = 1, \dots, m$) о значении j -го ($j = 1, \dots, n$) признака оцениваемого понятия S . Тогда полным описанием этого понятия i -м экспертом является гиперпараллелепипед $\theta_i = [x_{1i}, x_{1i}] \times \dots \times [x_{ni}, x_{ni}]$. Приводится процедура, позволяющая вычислять коэффициенты компетентности экспертов, а также сводить исходную «размытую» функцию (усредненные экспертные оценки) к характеристической функции неразмытого, четкого множества. Алгоритм следующий.

1. Рассматривая для каждого признака j все интервалы, предложенные экспертами, находим связанное покрытие их объединения, состоящее из непересекающихся интервалов, концами которых являются только концы исходных интервалов:
 $[x_{jk}, x_{jk}]$ ($j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m_j - 1$).
2. Образует на основе полученных покрытий непересекающиеся гиперпараллелепипеды:
 $T_k = [x_{1k}, x_{1k}] \times \dots \times [x_{nk}, x_{nk}]$, $k = 1, \dots, m'$.
3. Вычисляем для $x \in T_k$:

$$\varphi_i(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } T_k \cap \theta_i \neq \emptyset, \\ 0, & \text{если } T_k \cap \theta_i = \emptyset. \end{cases}$$
4. Полагаем номер итерации $l = 1$.
5. Вводим коэффициенты компетентности
 $\{\lambda_i^l\}_{i=1}^m = \{1/m\}_{i=1}^m$.
6. Вычисляем приближение функции принадлежности при нормированных λ_i :

$$\sum \lambda_i^l = 1, \quad f^l(x) = \sum_{i=1}^m \varphi_i(x) \lambda_i^l, \quad x \in T_k, \quad k = 1, \dots, m'.$$
7. Вычисляем функционал рассогласования мнения i -го эксперта с мнением экспертного совета на l -й итерации:

$$\delta_i^l = \sum_{\substack{x \in T_k \\ k=1, \dots, m'}} [f^l(x) - \varphi_i(x)]^2, \quad i = 1, \dots, m.$$
8. Вычисляем $\Delta = \sum_{i=1}^m 1/\delta_i^l$.
9. Присваиваем $l = l + 1$.

10. Вычисляем $\lambda_i^j = \Delta / \delta_i^{j-1}$.

11. Если величина $\max |\lambda_i^{j-1} - \lambda_i^j|$ близка к нулю, то вычисления прекращаем и приближением функции принадлежности считаем $f(x) = \mu_S(x)$, в противном случае возвращаемся к шагу 6.

В [72] предложен еще один косвенный метод. Пусть U – универсальное множество, S – понятие, общее название элементов (концепт). Задача определения нечеткого подмножества U , описывающего понятие S , решается путем опроса экспертов. Каждый эксперт $\mathcal{E}_i (i = 1, \dots, m)$ выделяет из U множество элементов Q_i , по его мнению, соответствующих понятию S . Ранжируя все элементы множества $Q = \bigcup_{i=1}^m Q_i$ по предпочтению в смысле соответствия понятию S , каждый эксперт упорядочивает Q , используя отношения порядка $\succ$, или $\succeq$, или $\sim$. Отношение $\sim$ указывает на одинаковую степень предпочтения между любыми элементами $q_\alpha, q_\beta \in Q$. Предполагается, что эксперты могут поставить коэффициенты степени предпочтения γ перед элементами в упорядоченной последовательности, усиливая или ослабляя отношение предпочтения. Вводится расстояние между элементами указанной последовательности $q_\alpha^i, q_\beta^j \in Q$:

$$\rho(q_\alpha^i, q_\beta^j) = \frac{1}{\gamma} \sum_{j=\alpha}^{\beta-1} \gamma_{j+1} \rho(q_j^i, q_{j+1}^i),$$

где

$$\rho(q_i, q_{i+1}) = \begin{cases} 1, & \text{если } q_i \succ q_{i+1}; \\ 1/2, & \text{если } q_i \succeq q_{i+1}; \\ 0, & \text{если } q_i \sim q_{i+1}. \end{cases}$$

Здесь α, β – порядковые номера элементов в упорядочении. Расстояние вычисляется через первый в упорядочении элемент:

$$\rho(q_\alpha^i, q_\beta^j) = \rho(q_1^i, q_\beta^j) - \rho(q_1^i, q_\alpha^i) = \rho_\beta^j - \rho_\alpha^i.$$

Эта разность показывает, насколько предпочтительнее q_α^i по сравнению с q_β^j . При решении задачи взвешивания предпочтительности элементов множества Q предполагается, что разность между весами $\varphi(q_\alpha^i) - \varphi(q_\beta^j)$ пропорциональна разности $\rho_\beta^j - \rho_\alpha^i$: $\varphi(q_{\beta+v}^j) - \varphi(q_\beta^j) = c(\rho_{\beta+v}^j - \rho_\beta^j)$. Когда $v = 1$, формула превращается в рекуррентную формулу, и задача сводится к определению веса первого элемента. При использовании рекуррентных формул вес последнего элемента должен отличаться от нуля. Например, в качестве $\varphi(q_1^i)$ можно брать $\max_\alpha \rho_\alpha^i + \rho_0$. На основании всех $\varphi(q_\alpha^i) (i = 1, \dots, m)$

для q_α определяется значение $\varphi(q_\alpha) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \varphi(q_\alpha^i)$, что и есть степень принадлежности элемента $u \in U$ нечеткому множеству с общим названием S .

В [11] предлагается метод, комбинирующий преимущества косвенных методов в их простоте и стойкости по отношению к искажениям ответов экспертов и преимущества прямых методов, позволяющих получать непосредственно значения степени принадлежности. Выборку объектов необходимо брать такой, чтобы достаточно равномерно представить степень принадлежности от 0 до 1 по отношению к рассматриваемому нечеткому мно-

жеству. Эта выборка должна удовлетворять условию безоговорочного экстремума, то есть должна содержать, по крайней мере, два объекта, значения функции принадлежности на которых с определенностью 0 и 1 (все эксперты приписывают эти числа экстремумам). Далее, когда множество подходящих объектов отобрано, эксперты опрашиваются о степенях принадлежности в процентной шкале. Оценка позиции по шкале каждого объекта определяется посредством медианы из распределений значений принадлежности. В качестве процедуры шкалирования используется метод, основанный на законе Терстона измерения категорий. Процедура, требующая отсортировки n стимулов (объектов) в $(k+1)$ категорий на некотором континууме свойств n экспертами, дает распределение частоты для каждого стимула по категориям. Средние значения границ категорий, полученные методом наименьших квадратов, позволяют разделить значения оценок стимулов на шкале.

Методы построения терм-множеств

Как уже отмечалось в разделе 1.13, появление концепции лингвистической переменной связано с развитием теории нечетких множеств. В [72] утверждается, что для практических задач достаточно наличия нечеткого языка с фиксированным, конечным словарем. Это ограничение не слишком сильное с точки зрения практического использования. Лингвистическая переменная L , используемая при формализации задач принятия решений, на практике, как правило, имеет базовое терм-множество $T = \{T_i\}$, состоящее из 2-10 термов. Каждый терм описывается нечетким подмножеством множества значений U некоторой базовой переменной u и рассматривается как лингвистическое значение L . Предполагается, что объединение всех элементов терм-множества покрывает полностью U . Это гарантирует то, что любой элемент $u \in U$ описывается некоторым $T_i \in T$. На практике для представления нечетких отношений в матричном виде определяют нечеткое отображение терм-множества в дискретный (целочисленный) универсум U' . Отображение $U \rightarrow U'$ определяется множителем [72] $C_E = (n_k - 1)/(u_{\max} - u_{\min})$, где n_k – число элементов в U' , то есть $n_k = |U'|$.

Для определения нечетких множеств из T , описывающих некоторый элемент u из U , вычисляется индекс $k = C_E(u_{\min} - u_{\min}) + 1$, где $u_{\min} = \max\{u_{\min}, \min\{u_{\max}, u\}\}$. В практических задачах значения на входе, например, для нечеткого управляющего устройства, часто зашумлены (шум в общем случае характеризуется функцией распределения вероятности), поэтому функции принадлежности должны выбираться достаточно широкими, чтобы шум не давал ощутимого эффекта.

Правила для выбора терм-множества сведены в табл.1.3.

В [72] перенумеровываются все термы $T_i \in T = \{T_j\}_1^n$ на множестве действительных чисел $u \in R'$, так что терм, имеющий левее расположенный носитель, имеет меньший номер, вводятся более строгие условия:

$$\mu_{T_1}(u_{\min}) = 1, \mu_{T_n}(u_{\max}) = 1;$$

$$\text{для любых } i, i+1 \leq n, 0 < \max_{u \in U} \mu_{T_i \cap T_{i+1}}(u) < 1;$$

$$\text{для любого } i \text{ существует } u \in U: \mu_{T_i}(u) = 1;$$

$$\text{для любого } i \text{ и } U \sum_{u \in U} \mu_{T_i}(u) > 1.$$

Таблица 1.3

ПРАВИЛА ДЛЯ ВЫБОРА ТЕРМ-МНОЖЕСТВА

Определяемые величины	Критерий	Типичные значения
$ \Pi $	Выбирается в результате компромисса между сложностью и простотой	2-10
n_k для U'	Выбирается так, чтобы хорошо приблизить T_i из T	5-30
$u_{\max}, u_{\min}$	Для измеримых переменных на основании априорных знаний определяют допустимую область значений базовой переменной	-
ω_i	Должны быть достаточно широки, чтобы избежать чрезмерного влияния шума при переходе от базовой переменной к лингвистической переменной	$\omega_i > 5\delta_n$

В [72] приведен также способ построения частотных оценок $S = \{\text{«редко»}, \text{«часто»}, \text{«иногда»}, \dots\}$, который основан на предположении о том, что слово s_i употребляется человеком не для обозначения зарегистрированной частоты появления факта, а для обозначения относительного числа событий в прошлой деятельности человека, когда рассматривалась такая же частота. Каждому s_i ставится в соответствие нечеткое подмножество интервала $[0;1]$. Функции принадлежности $\mu_{s_i}(u)$ получают на основании психологического эксперимента следующим образом: группе испытуемых предъявляется набор стимулов (оценок частоты) и шкала из k категорий, упорядоченных по степени интенсивности частоты от наименьшей (1) до наибольшей (k); испытуемым предлагается разбить стимулы на k классов согласно интенсивности частоты, независимо оценивая каждый стимул и помещая в любую категорию любое число стимулов. Каждому числу u_j из $[0;1]$, $u_j = (j-1)/(k-1)$, ставится в соответствие степени употребления группой испытуемых слова s_i для обозначения категорий. Значения функции принадлежности определяются в результате нормирования: $\mu_{s_i}(u) : [0;1] \rightarrow [0;1]$.

Предложенная методика оправдывается следующим: выбор обозначения категорий не влияет сколько-нибудь значительно на результаты эксперимента; число категорий (делений шкалы) не влияет кардинально на результаты эксперимента, в котором производится шкалирование субъективных ощущений; шкала из k категорий является шкалой равнокажущихся интервалов, поскольку предполагается, что ее деления отстоят на психологическом континууме на равные интервалы.

Естественным шагом при построении функций принадлежности элементов терм-множества лингвистической переменной является построение одновременно всех функций принадлежности этого терм-множества, сгруппированных в так называемое отношение моделирования R [14, 23, 41]. Процесс построения состоит в заполнении таблицы, где, например, для лингвистической переменной «расстояние» столбцы индексированы расстояниями в метрах, а строки – элементами терм-множества «очень близко», «близко», ..., «далеко», «очень далеко». На пересечении соответствующей строки и столбца стоит степень сходства для испытуемого данных понятий между собой в данной семантической ситуации, например, насколько сходны понятия «близко» и величина 5 метров в ситуации перебега

улицы перед быстро идущим транспортом. Расстояние берется от пешехода до машины и в данном случае является синонимом опасности. Вообще говоря, каждую клеточку таблицы можно заполнять отдельно, а потом, переставляя строки и столбцы, постараться сделать строки и столбцы унимодальными. Если это удастся, то исходное терм-множество может быть использовано для построения нечеткой шкалы измерений, точками отсчета которой являются сами элементы терм-множества. Перевод в эту шкалу будет осуществляться с помощью минимаксного умножения строки, задающей исходную лингвистическую переменную в шкале метров, на отношение моделирования. Отношение сходства между элементами терм-множества $R \bullet R'$, полученное с помощью умножения матрицы R на транспонированную, задает набор функций принадлежности элементов лингвистической шкалы в самой шкале, а отношение $R \bullet R'$ задает набор функций принадлежности расстояний в метрах в метрической шкале.

1.15. Системы нечеткого вывода

Элементы теории нечетких множеств, правила импликации и нечетких рассуждений образуют систему нечеткого вывода. В ней можно выделить множество используемых в системе нечетких правил, базу данных, содержащую описание функций принадлежности, а также механизм вывода и агрегирования, который формируется применяемыми правилами импликации. Следует упомянуть, что в случае технической реализации в качестве входных и выходных сигналов выступают измеряемые величины, однозначно сопоставляющие входным значениям соответствующие выходные значения. Для обеспечения взаимодействия множеств этих двух видов вводится нечеткая система с так называемым фаззификатором (преобразователем множества входных данных в нечеткое множество) на входе и дефаззификатором (преобразователем нечетких множеств в конкретное значение выходной переменной) на выходе [12, 76]. Структура такой системы представлена на рис 1.4.

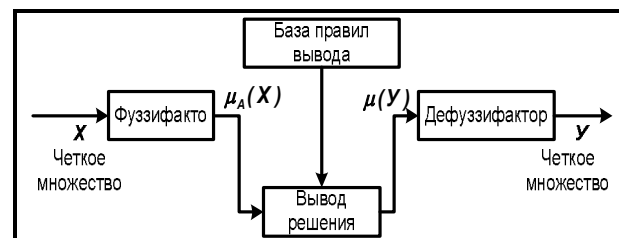


Рис 1.4. Система нечеткого вывода

Фаззификатор преобразует множество входных данных в нечеткое множество, определяемое с помощью значений функции принадлежности, тогда как дефаззификатор решает обратную задачу – он формирует однозначное решение относительно значения выходной переменной на основании многих нечетких выводов, вырабатываемых исполнительным модулем нечеткой системы. Выходной сигнал этого модуля может иметь вид M нечетких множеств, определяющих диапазон изменения выходной переменной. Дефаззификатор преобразует этот диапазон в одно конкретное значение, принимаемое в качестве выходного сигнала всей системы.

Необходимо отметить, что также существуют системы нечеткого вывода, в которых исполнительный ме-

ханизм непосредственно генерирует четкие значения, которые уже не требуются подвергать дефаззификации (например, система Такаги-Сугено-Канга [9, 76]).

Обобщенная функциональная структура системы, приведенная на рис. 1.4, может быть представлена в расширенной форме, которая в явном виде демонстрирует правила нечеткого вывода так, как это изображено на рис. 1.5. Поскольку допускается применение множества нечетких правил, в ней также предусмотрен блок агрегирования, чаще всего реализуемый в виде логического сумматора (оператор Max). Описываемая система вывода называется [76] системой Мамдани-Заде. Как правило, в модели Мамдани-Заде присутствуют следующие операторы:

- оператор логического или арифметического произведения для определения результирующего уровня активации, в котором учитываются все компоненты вектора x условия;
- оператор логического или арифметического произведения для определения значения функции принадлежности для всей импликации $A \rightarrow B$;
- оператор логической суммы как агрегатор равнозначных результатов импликации многих правил;
- оператор дефаззификации, трансформирующий нечеткий результат $\mu(y)$ в четкое значение выходной переменной y .

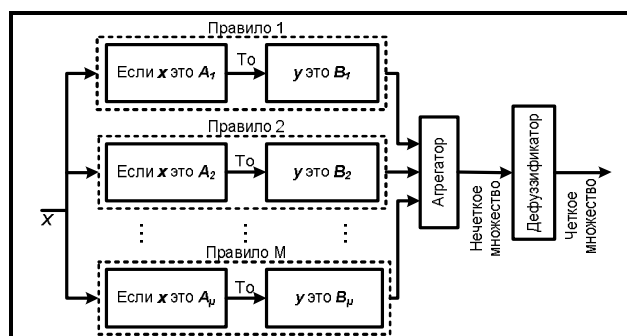


Рис. 1.5. Алгоритмический блок дефаззификатора

Фаззификатор

Фаззификатор преобразует N -мерный входной вектор $x = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$ в нечеткое множество A , характеризующее функцией принадлежности $\mu_A(x)$ с четкими переменными. Несмотря на то, что нечеткие системы могут иметь функции принадлежности произвольной структуры, с практической точки зрения наибольшей популярностью пользуются функции гауссовского типа, а также треугольные и трапецеидальные функции.

Общая форма гауссовской функции для переменной x с центром c и вариацией σ для множества F имеет вид:

$$\mu_A(x) = \exp \left[- \left(\frac{x-c}{\sigma} \right)^2 \right]. \quad (1.3)$$

Далее на рис. 1.6 представлена форма типовых гауссовских функций при различных параметрах c и σ , причем на рисунке а) показано влияние размещения центра c при неизменном значении σ , а на рисунке б) – влияние значения σ при фиксированном положении c . Параметр c обозначает центр нечеткого множества, а его изменение соответствует смещению функции принадлежности по горизонтальной оси. Параметр σ , иногда называемый коэффициентом широты, отвечает за форму функции. Чем меньше его значение, тем больше крутизна функции. Следует отметить, что при соот-

ветствующем смещении центра гауссовская функция может реализовать и сигмоидальную функцию (чаще всего при смещении вправо с $c = 4$).

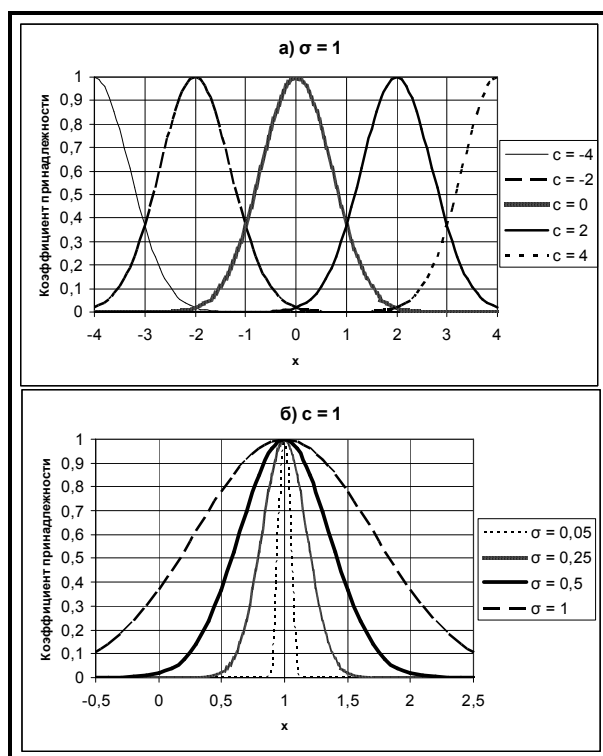


Рис. 1.6. Иллюстрация влияния параметров гауссовской функции на ее форму: а) влияние размещения центра c при $\sigma = 1$; б) влияние значения σ при постоянном значении $c = 1$

В нечетких сетях также применяется обобщенная гауссовская функция, которая определяется формулой:

$$\mu_A(x) = \exp \left[- \left(\frac{x-c}{\sigma} \right)^{2b} \right]. \quad (1.4)$$

Она оперирует тремя параметрами: c , σ и b . Значение параметра b существенным образом влияет на форму кривой, что демонстрируется на иллюстрации (см. рис. 1.7).

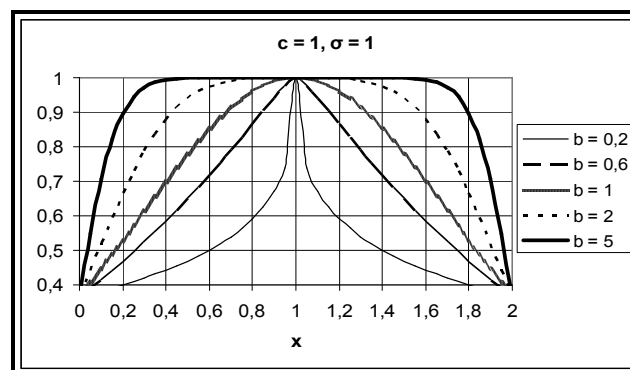


Рис. 1.7. Иллюстрация влияния параметра b на форму гауссовской функции: функция принадлежности для $c = 1$, $\sigma = 1$ и различных значений b

На нем видно, что при соответствующем подборе показателя степени b она может определять (3.2) как

функцию Гаусса, так и треугольную или трапецидальную функцию. Значение $b = 1$, очевидно, соответствует стандартной гауссовской функции. Обобщенная гауссовская функция также может быть представлена в рациональной форме:

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^{2b}}, \quad (1.5)$$

которая аналогична описываемой выражением (3.2).

Помимо гауссовской функции принадлежности, на практике часто применяется симметричная треугольная функция, которую можно записать в виде:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 - \frac{|x-c|}{d} & \text{для } x \in [c-d, c+d]; \\ 0 & \text{для остальных.} \end{cases} \quad (1.6)$$

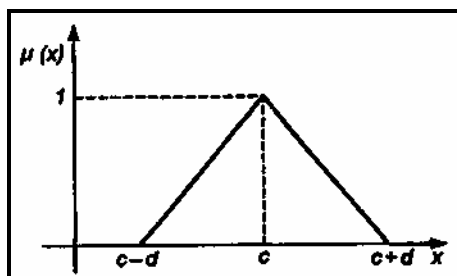


Рис. 1.8. Треугольная форма функции принадлежности

Интерпретация центральной точки c и ширины d для треугольной функции представлена на рис. 1.8. Эта функция тоже нормирована и принимает единичное значение в центральной точке c .

Обобщением треугольной функции является трапецидальная функция принадлежности, форма и обозначения которой показаны на рис. 1.9.

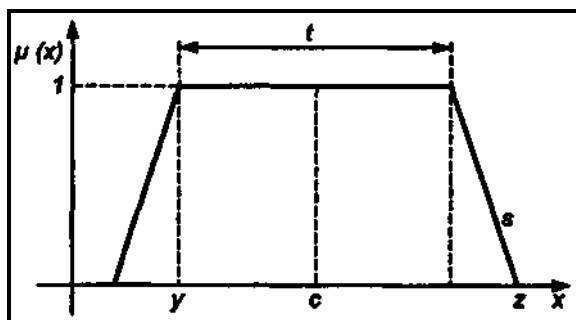


Рис. 1.9. Трапецидальная форма функции принадлежности

Если определить $y = c - \frac{t}{2} - \frac{1}{s}$, $z = c + \frac{t}{2} + \frac{1}{s}$, где s обозначает угол наклона, то трапецидальная функция описывается зависимостью:

$$\mu_{A(i)}(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{для } x > z \text{ или } x < y; \\ 1 & \text{для } c - \frac{t}{2} \leq x \leq c + \frac{t}{2}; \\ s(z-x) & \text{для } c + \frac{t}{2} \leq x \leq z; \\ s(z-y) & \text{для } y \leq x \leq c - \frac{t}{2}. \end{cases} \quad (17)$$

Выбор значения $t = 0$ редуцирует трапецидальную функцию до треугольной формы.

Дефаззификатор

Дефаззификатор трансформирует нечеткое множество в полностью детерминированное точечное решение y . Нечеткое множество представляет зависимость $\mu(y) = \mu_{A \rightarrow B}(y)$ как функцию от выходной переменной y . Преобразование этого множества в единственное точечное решение возможно многими способами. Наиболее известны среди них:

- дефаззификация относительно центра области (англ.: center of area):

$$y_c = \frac{\int \mu(y) y dy}{\int \mu(y) dy}; \quad (1.8a)$$

- либо в дискретной форме:

$$y_c = \frac{\sum \mu(y_i) y_i}{\sum \mu(y_i)}; \quad (1.8b)$$

- дефаззификация относительно среднего центра (англ. center average):

$$y_c = \frac{\sum \mu(y_{ci}) y_{ci}}{\sum \mu(y_{ci})}, \quad (1.9)$$

где

y_{ci} обозначает центр i -го нечеткого правила, $\mu(y_{ci})$ – значение функции принадлежности, соответствующей этому правилу;

- дефаззификация относительно среднего максимума (англ.: mean of maxima)

$$y_m = \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{m}, \quad (1.10)$$

где m обозначает количество точек переменной y , в которых $\mu(y_{ci})$ достигает максимального значения (заметим, что для нормальной нечеткой переменной значение максимума $\mu(y_{ci}) = 1$). Если функция $\mu(y)$ имеет максимальное значение только в одной точке y_{max} , то $y_m = y_{max}$. Если $\mu(y)$ достигает своих максимальных значений на отрезке от y_l до y_p , то $y_m = 0,5(y_l + y_p)$;

- в форме выбора минимального из максимальных значений y :

y_s – наименьшее значение y , для которого $\{\mu(y) = \max\}$;

- дефаззификация в форме выбора максимального из максимальных значений y :

y_l – наибольшее значение y , для которого $\{\mu(y) = \max\}$.

На практике чаще всего применяется дефаззификация относительно среднего центра.

Модель Мамдани-Заде как универсальный аппроксиматор

Результат, интересный с точки зрения его применения в нечетких сетях, может быть получен при использовании в качестве агрегатора оператора алгебраического произведения с последующей дефаззификацией относительно среднего центра. Следует отметить, что $\mu(y)$ состоит из суммы нечетких функций для импликаций всех M правил, образующих систему нечеткого

вывода. В модели Мамдани-Заде каждое из этих M правил определяется уровнем активации условия, $\mu(y_i) = \prod_{j=1}^N \mu_{A_j}(x_j)$, тогда как y_i – это значение y , при ко-

тором величина $\mu(y)$ становится максимальной (либо принимает среднее из максимальных значений). Пусть величина y_i обозначает центр c_i нечеткого множества заключения i -го правила вывода. Тогда дефаззификация относительно среднего центра ведет к модели Менделя-Ванга [42], в соответствии с которой

$$y = \frac{\sum_{i=1}^M c_i \left[\prod_{j=1}^N \mu_{A_j}(x_j) \right]}{\sum_{i=1}^M \left[\prod_{j=1}^N \mu_{A_j}(x_j) \right]}. \quad (1.11)$$

Допустим, что существует нечеткая система, описываемая зависимостью, на вход которой подается последовательность векторов $x = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$. При использовании фаззификатора в виде обобщенной гауссовской функции $\mu_A(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^{2b}\right]$ выходной

сигнал y этой системы определяется по формуле:

$$y = f(x) = \frac{\sum_{i=1}^M c_i \left[\prod_{j=1}^N \exp\left[-\left(\frac{x_j - c_j^{(i)}}{\sigma_j^{(i)}}\right)^{2b_j^{(i)}}\right] \right]}{\sum_{i=1}^M \left[\prod_{j=1}^N \exp\left[-\left(\frac{x_j - c_j^{(i)}}{\sigma_j^{(i)}}\right)^{2b_j^{(i)}}\right] \right]}, \quad (1.12)$$

в которой $c_j^{(i)}$, $\sigma_j^{(i)}$, $b_j^{(i)}$ обозначают параметры центра, ширины и формы (условия) j -го компонента вектора x для i -го нечеткого правила вывода. Выражение (1.12) определяет непрерывную функцию, которая может использоваться для аппроксимации произвольно заданной непрерывной функции $g(x)$ от многих переменных x_i , образующих вектор x . В [12, 76] было доказано, что при соответствующем подборе параметров условия ($c_j^{(i)}$, $\sigma_j^{(i)}$, $b_j^{(i)}$) и заключения (c_i) функция (1.12) может аппроксимировать заданную функцию $g(x)$ с произвольной точностью ε . Способность нечеткой системы, характеризующейся рядом нелинейных функций от одной переменной, к аппроксимации нелинейной функции от многих переменных свидетельствует о возможностях практического применения нечетких систем. Формула (1.12) может быть представлена в виде многослойной сети с j -структурой, подобной структуре нейронной сети, которая называется нечеткой нейронной сетью [76].

Модель вывода Такаги-Сугено-Канга

Наибольшую популярность среди нечетких систем адаптивного типа приобрела модель вывода Такаги-Сугено-Канга (TSK) [9]. В этой модели функция заключения определяется нечетким, но точечным образом. Благодаря этому дефаззификатор на выходе системы не требуется, а модель вывода значительно упрощается. Общая форма модели TSK может быть представлена в виде:

$$\text{если } x_1 - \text{это } A_1 \text{ } x_2 - \text{это } A_2 \dots x_N - \text{это } A_N, \text{ то } y = f^*(x_1, x_2, \dots, x_N). \quad (1.13)$$

В векторной записи ее можно записать еще проще: если x это A , то $y = f(x)$, (1.14)

где $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ – четкая функция.

В этой зависимости часть, относящаяся к условию, точно такая же, как и в модели Мамдани-Заде. Принципиальное отличие касается заключения, которое представляется в форме функциональной зависимости, чаще всего – в виде полиномиальной функции нескольких переменных. Классическое представление этой функции, чаще всего используемое на практике, – это полином первого порядка

$$y = f(x) = p_0 + \sum_{i=1}^N p_i x_i, \quad (1.15)$$

в котором коэффициенты $p_0, p_1, \dots, p_N$, – это цифровые веса, подбираемые в процессе адаптации (обучения). Еще более простая модель вывода TSK получается, если применять функцию $f(x)$ в виде полинома первого порядка, в котором

$$y = f(x) = p_0. \quad (1.16)$$

В этом случае значение p_0 можно отождествить с центром заключения c_i модели Мамдани-Заде, присутствующим в формуле (1.12).

Если в модели вывода TSK используется несколько (M) правил, то выход системы определяется как их средневзвешенное. Приписывая каждому правилу вес w_i , получим выходной сигнал, представленный в виде:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^M w_i y_i}{\sum_{i=1}^M w_i}, \quad (1.17)$$

или

$$y = \sum_{i=1}^M \frac{w_i}{\sum_{i=1}^M w_i} y_i = \sum_{i=1}^M w'_i y_i. \quad (1.18)$$

Необходимо отметить, что в выражении (1.18) веса w_i отвечают условию нормализации:

$$\sum_{i=1}^M \frac{w_i}{\sum_{i=1}^M w_i} = 1. \quad (1.19)$$

Если для каждого i -го правила (где $i = 1, 2, \dots, M$) реализуется функция TSK первого порядка

$$y_i = p_{i0} + \sum_{j=1}^N p_{ij} x_j,$$

то можно получить описание выходной функции модели TSK в форме:

$$y = \sum_{i=1}^M \frac{w_i}{\sum_{i=1}^M w_i} \left(p_{i0} + \sum_{j=1}^N p_{ij} x_j \right), \quad (1.20)$$

которая линейна относительно всех входных переменных системы x_j для $j = 1, 2, \dots, N$.

Веса w_i , присутствующие в формуле (1.20), являются нелинейными параметрами функции y . В адаптивных системах они подвергаются обучению для достижения наилучшей приспособленности модели к заданным значениям, тогда как в неадаптивных системах они уточняются для определения уровня активации условия в правиле вывода непосредственно в процессе анализа данных. Подбор этих уровней – это результат агрегирования правил, соответствующих конкретным компонентам вектора x условия; он выполняется с использованием логического или алгебраического произведения так же, как это имело место в модели Мамдани-Заде.

1.16. Использование аппарата нечеткой математики в задаче оценки эффективности инвестиций

В настоящей работе инвестиционный проект рассматривается как модель фирмы, которая, в свою очередь, является подсистемой комплексной экономической системы народного хозяйства в целом. Предположим, что существует модель, описывающая зависимость выходных параметров проекта от его входных параметров. Использование статистических методов для оценки рисков инвестиционного проекта затрудняется причинами, связанными с отсутствием статистических данных или малым размером выборки по некоторым из параметров, обусловленными уникальностью каждого инвестиционного проекта. Кроме того, с помощью этих методов нельзя предсказать изменение параметров, вызванное изменением внешних условий, так как предпосылкой использования статистических методов является неизменность внешних условий.

Экономико-математические модели в настоящее время еще не могут обеспечить точность, существенно превышающую точность метода экспертных оценок, но их применение требует, по сравнению с экспертными методами, дополнительных материальных, технических, людских ресурсов на алгоритмизацию и проведение расчетов, связанных с моделированием; то есть, построение экономико-математических моделей при точности результирующих выводов, сопоставимых с оценками, полученными экспертными методами, обходится, как правило, дороже последних.

1. Пригодность использования того или иного математического аппарата к решению проблемы оценки инвестиций можно оценить на основе следующих критериев [36].
2. Применение данного аппарата должно предполагать минимальное количество априорных предположений, жестко заложенных в данной модели и не зависящих от оценок эксперта.
3. Аппарат должен позволять «извлечь» из эксперта максимум информации, которой тот обладает на сознательном и подсознательном уровне.
4. Процедура получения информации от эксперта должна быть максимально простой и понятной для опрашиваемого.
5. Математический аппарат должен позволять алгоритмизовать и производить компьютерные расчеты без существенных трудозатрат.
6. Математический аппарат должен позволять учитывать как можно большее число сценариев развития ситуации.

Метод экспертных оценок обычно используется на основе теории вероятностей, базирующейся на системе аксиом, которые неадекватны поставленной задаче. Если внешние условия постоянно изменяются, а эксперимент проводится однократно, данный подход сталкивается с существенными затруднениями. Поэтому просьба, чтобы эксперт оценил вероятность события, вообще говоря, некорректна. Другая проблема заключается в том, что в целях упрощения расчетов в теории вероятностей предполагается, что случайные величины распределены по некоторому «хорошему» распределению. Такое предположение в экономике совершенно необоснованно. Следовательно, указанный подход не удовлетворяет по крайней мере трем критериям, принятым за основу оценки: минимума априорной информации, полного использования информации, имеющейся у эксперта, и простоты и понятности процедуры оценки.

Подход, основанный на использовании нечеткой математики, предполагает, что эксперту необходимо

формализовать свои представления о возможных значениях оцениваемой величины в терминах задания характеристической функции множества значений, которые она может принимать. При этом от него требуется указать множество тех значений, которые, по его мнению, оцениваемая величина не может принять (для них характеристическая функция равна 0), а затем просто проранжировать множество возможных значений по степени возможности.

Благодаря особенностям нечеткой математики в рамках данного подхода практически не используется априорная информация, не зависящая от мнения эксперта. С другой стороны, процедура получения информации от эксперта достаточно проста и позволяет использовать весь объем информации, которым он располагает. С точки зрения компьютерных расчетов изложенный подход обладает замечательным свойством: сложность вычислений слабо зависит от конкретного вида распределений, что позволяет отказаться от намеренного упрощения реальности.

Таким образом, в настоящей главе проанализированы основные подходы, используемые для учета неопределенности в проектном анализе: основные методы, основанные на теории вероятностей, а также понятия и определения, теории нечетких множеств. Показано, что применение нечеткой математики на практике возможно в случае, когда вероятностные подходы использовать затруднительно или невозможно. Приведены также и базовые определения аппарата лингвистической переменной; проанализированы методы построения функции принадлежности и терм-множеств, дана классификация этих методов. Концептуально изложены свойства, которыми должен обладать аппарат нечеткой математики при решении на практике задач оценки эффективности инвестиций.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТТОКА РЕАЛЬНЫХ ДЕНЕГ (РАСХОДОВ) ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В настоящей главе изложены методики оценки стоимости реализации инвестиционного проекта (предлагается способ построения модели оттока реальных денег (расходов) инвестиционного проекта), анализа рискованности инвестиционного проекта, а также способ, позволяющий учесть взаимосвязь рискованности и стоимости инвестиционного проекта, разработанные автором настоящей работы.

2.1. Суть методики моделирования притока и оттока реальных денег (денежных поступлений и расходов) проектной деятельности предприятия в условиях неопределенности

Разработанная автором методика состоит из трех основных этапов.

На первом этапе производится анализ рисков инвестиционного проекта, оценивается стоимость инвестиционного проекта с учетом проведенного анализа рисков, оценивается продолжительность реализации инвестиционного проекта и рассчитывается отток реальных денег (расходов) инвестиционного проекта на весь период реализации.

На втором этапе производится планирование продаж продукта реализации инвестиционного проекта, разрабатывается стратегия ценообразования.

Построенные в рамках рассмотрения на первых двух этапах денежные потоки позволяют сформулировать и решить задачу нахождения оптимального момента начала продаж, обеспечивающего максимизацию *NPV* инвестиционного проекта.

2.2. Оценка затрат проекта

В настоящей работе построение приближенных расчетов для определения стоимости инвестиционного проекта $E_{общ}$ в условиях неопределенности на основании сведений о понесенных расходах по уже реализованным проектам предлагается проводить следующим образом. В данных о расходах по осуществленным проектам следует выделить постоянную составляющую расходов $E_{пост.}$, а затем исследовать зависимость переменной составляющей затрат $E_{перем.}$ от изменения параметров выхода готового результата проекта (то есть количество продукта, предназначенного к реализации, произведенного в ходе осуществления проекта) по отношению к базовой величине, определяемой из анализа реализованных проектов.

Поскольку проект осуществляется в условиях неопределенности, под влиянием множества факторов, способных оказать негативное влияние на результаты проекта, автором обоснован учет неопределенности расходов в виде непредвиденных расходов $E_{непр.}$, методика расчета которых приведена ниже.

В случае, когда результатом проекта является единственный предназначенный к реализации продукт, формула для приближенной оценки стоимости проекта $E_{общ}$ примет вид:

$$E_{общ} = E_{пост.} + E_{перем. баз.} * k_{пер} * Q_{вых} + E_{непр.} + E_{доп.}, \quad (2.1)$$

где $Q_{вых}$ – количество выхода готового результата анализируемого проекта;

$E_{перем. баз.}$ – базовая величина переменных затрат;

$k_{пер}$ – характеристика изменения переменных затрат при изменении выхода готового результата проекта;

$E_{доп.}$ – дополнительные расходы на осуществление проекта, связанные с его особенностями.

Следует иметь в виду, что при моделировании оттока реальных денег (расходов) проекта во времени следует дополнительно учесть $E_{проед.}$ – расходы, связанные с продвижением продаж готового результата проекта.

2.3. Распределение расходов проекта во времени

Целесообразно разбить процесс реализации проекта на отдельные укрупненные этапы, для каждого из которых можно достаточно точно определить момент окончания очередного этапа и начала следующего этапа. На основании исследования группы однотипных проектов автор вводит разбиение общих расходов проекта, определенных в соответствии с (2.1), по этапам; при этом на каждый этап (этап 1, этап 2, ..., этап N) приходится определенная доля ($e_1, e_2, \dots, e_N$) от общей величины расходов $E_{общ.}$. При продолжительностях $T_1, T_2, \dots, T_N$, соответственно, этапа 1, этапа 2, ..., этапа N распределение оттока реальных денег (расходов) проекта во времени (в предложенной автором модели время – дискретное) выглядит следующим образом:

$$E_t = \begin{cases} e_1 * E_{общ} / T_1 + E_{проед.}, t=1, 2, \dots, T_1; \\ e_2 * E_{общ} / T_2 + E_{проед.}, t=T_1+1, T_1+2, \dots, T_1+T_2; \\ \dots \\ e_N * E_{общ} / (T_N - T_{N-1}) + E_{проед.}, t=\sum_{i=1}^{N-1} T_i + 1, \dots, \sum_{i=1}^N T_i. \end{cases} \quad (2.2)$$

Используемое в (2.4) допущение о равномерном распределении расходов внутри этапа является разумным компромиссом между стремлением исполнителей по отдельным работам получить предоплату и желанием инициатора проекта произвести оплату лишь по завершении всех работ.

2.4. Оценка рискованности инвестиций

Лингвистический подход к определению риска

Рассмотрим лингвистическую переменную проект, то есть x = Проект, и пусть $U = [0; 100]$. Лингвистическим значением переменной Проект может быть, например, рискованный, причем значение «рискованный» является атомарным термом. Другим значением может быть «очень рискованный», то есть составной терм, в котором «рискованный – атомарный терм, а «очень» и «рискованный» – подтермы. Терм-множество переменной Проект можно записать следующим образом:

T (Проект) = рискованный + очень рискованный + нерискованный + более или менее рискованный + вполне нерискованный + не очень рискованный и не очень нерискованный + ...

Здесь каждый терм является названием нечеткой переменной в универсальном множестве $U = [0; 100]$. Ограничение, обусловленное термом, скажем R («рискованный»), есть смысл лингвистического значения «рискованный».

Уравнение назначения в случае лингвистической переменной принимает вид [41] $X = \text{терм в } T(x) = \text{название}$, порожденное грамматикой G , откуда следует, что смысл, назначенный терму X , выражается равенством $M(X) = R(\text{терм в } T(x))$. Другими словами, смысл термина X получается путем применения семантического правила M к значению термина X , назначенному согласно правой части уравнения назначения. Более того, из определения следует, что $M(X)$ идентично ограничению, обусловленному термом X . Часто уравнение назначения записывают в упрощенном виде: $x = \text{названия в } T(x)$. Например, если x = Проект, а рискованный – терм в $T(x)$, можно написать Проект = рискованный, понимая это так, что рискованный – ограничение на значения базовой переменной u , – назначается лингвистической переменной Проект. Важно отметить, что знак равенства в данном случае не обозначает симметричного отношения, как в случае арифметического равенства; обратная запись – бессмысленна.

В более общем случае число элементов в $T(x)$ может быть бесконечным, и тогда как для порождения элементов множества $T(x)$, так и для вычисления их смысла необходимо применять алгоритм, а не просто процедуру просмотра элементов терм-множества.

Говорят [41], что лингвистическая переменная x структурирована, если ее терм-множество $T(x)$ и функцию M , которая ставит в соответствие каждому элементу терм-множества его смысл, можно задать

алгоритмически. Из этих соображений синтаксическое и семантическое правила, связанные со структурированной лингвистической переменной, можно рассматривать как алгоритмические процедуры для порождения элементов множества $T(x)$ и вычисления смысла каждого термина в $T(x)$ соответственно.

Проиллюстрируем роль синтаксического и семантического правил в случае структурированной лингвистической переменной на примере переменной Проект, элементами терм-множества которой являются термы типа «рискованный», «очень рискованный», «очень очень рискованный», «очень очень очень рискованный» и т.п. Таким образом, терм-множество переменной Проект можно записать в виде:

$$T(\text{Проект}) = \text{рискованный} + \text{очень рискованный} + \text{очень очень рискованный} + \dots$$

В этом случае каждый терм множества T (Проект) имеет вид рискованный или очень... очень рискованный.

Выведем это правило в более общем виде. Пусть xu обозначает конкатенацию символьных цепочек x и y , например, $x = \text{очень}$, $y = \text{рискованный}$, $xu = \text{очень рискованный}$. Если A и B – множества цепочек, например:

$$A = x_1 + x_2 + \dots;$$

$$B = y_1 + y_2 + \dots.$$

где x_i и y_j – символьные цепочки, то конкатенация A и B обозначается AB и определяется как множество цепочек вида:

$$AB = (x_1 + x_2 + \dots)(y_1 + y_2 + \dots) = \sum_{i,j} x_i y_j.$$

Например, если $A = \text{очень}$ и $B = \text{рискованный} + \text{очень рискованный}$, то $AB = (\text{рискованный} + \text{очень рискованный}) = \text{очень рискованный} + \text{очень очень рискованный}$.

Используя эти обозначения, данное представление для T (Проект) можно рассматривать как решение уравнения

$$T = \text{рискованный} + \text{очень } T, \quad (2.3)$$

которое означает, что множество T состоит из термина «рискованный» и термов, состоящих из слова «очень» и некоторого термина из T . Это уравнение можно решать итеративным способом, используя рекуррентное соотношение:

$$T^{i+1} = \text{рискованный} + \text{очень } T^i, \quad i = 0, 1, 2, \dots,$$

и взяв пустое множество $\emptyset$ в качестве начального значения T^0 . Тогда

$$T^0 = \emptyset;$$

$$T^1 = \text{рискованный};$$

$$T^2 = \text{рискованный} + \text{очень рискованный};$$

$$T^3 = \text{рискованный} + \text{очень рискованный} + \text{очень очень рискованный}$$

.....

и решение уравнения имеет вид:

$$T = T^\infty = \text{рискованный} + \text{очень рискованный} + \text{очень очень рискованный} + \text{очень очень очень рискованный} + \dots \quad (2.4)$$

Для рассматриваемого примера синтаксическое правило выражается уравнением (2.3) и его решением (2.4). Возвращаясь к семантическому правилу для переменной Проект, отметим, что для вычисления смысла такого термина, как «очень... очень рискованный» требуется знать смысл термина «рискованный» и модификато-

ра «очень». Терм «рискованный» играет роль первичного термина, то есть термина, смысл которого должен быть задан заранее с тем, чтобы можно было вычислять смысл составных термов в T . Что касается модификатора очень, то он действует как лингвистическая неопределенность, то есть как модификатор смысла следующего за ним термина. Если в качестве простого приближения мы предположим, что модификатор «очень» действует как оператор концентрирования, то

$$\text{Очень рискованный} = \text{CON}(\text{рискованный}) = \text{рискованный}^2.$$

Следовательно, семантическое правило для переменной Проект можно записать в виде:

$$M(\text{очень... очень рискованный}) = \text{рискованный}^{2^n},$$

где

n – число вхождений слова «очень» в терм «очень... очень рискованный»;

M («очень... очень рискованный») – смысл термина очень... очень рискованный.

Рассмотренная лингвистическая переменная является частным случаем булевой лингвистической переменной. Такой переменной соответствует конечное число первичных термов, конечное число неопределенностей, союзы «и» и «или» и отрицание «не».

Определение. Булевой лингвистической переменной называется такая лингвистическая переменная, термы X которой являются булевыми выражениями в переменных вида X_p , hX_p , X или hX , где h – лингвистическая неопределенность, X_p – первичный терм и hX – название нечеткого множества, являющегося результатом действия h на X [41].

Булевы лингвистические переменные особенно удобны, поскольку многое из нашего опыта в обращении с булевыми выражениями можно перенести на переменные этого типа. Если отождествить союз «и» с операцией пересечения, «или» – с операцией объединения, отрицание «не» – с операцией взятия дополнения и модификатор «очень» – с операцией концентрирования, то можно выписать смысл типичного значения переменной Проект. Например:

$$M(\text{не безрисковый}) = \neg \text{безрисковый}; \quad (2.5)$$

$$M(\text{не очень безрисковый}) = \neg (\text{безрисковый}^2); \quad (2.6)$$

$$M(\text{не очень безрисковый и не очень рискованный}) = \neg (\text{безрисковый}^2) \cap \neg (\text{рискованный}^2); \quad (2.7)$$

$$M(\text{безрисковый или рискованный}) = \text{безрисковый} \cup \text{рискованный}. \quad (2.8)$$

Эти уравнения выражают, по сути дела, смысл составного термина как функцию смысла составляющих его первичных термов.

Отбор наиболее существенных рисков

Для получения списка основных рисков экспертов просят назвать наиболее существенные, на их взгляд, обстоятельства, риски, способные повлиять на реализацию проекта. Получившийся список факторов для дальнейшего анализа можно разбить на группы (например, финансовые факторы; технико-технологические факторы; юридические факторы; маркетинговые факторы и т.д.), с тем, чтобы дальнейшие оценки эксперты могли давать для тех групп рисков, которые попадают в сферу их компетенции. Отбор основных рисков из на-

званного экспертами списка (с учетом проведенной группировки и сферы специализации экспертов) проводится согласно следующей процедуре (эта процедура выполняется всеми экспертами независимо, а полученные оценки для каждого фактора усредняются [36, 37]):

1. Каждый из названных рисков оценивается по двум параметрам:
 - (I) – возможность появления (по шкале от 0 до 100, где меньшие значения соответствуют меньшей возможности проявления данного события, большие значения – соответственно, большей возможности (возможность появления события есть субъективная вероятность, то есть мера уверенности некоторого эксперта в том, что данное событие в действительности будет иметь место);
 - (II) – степень воздействия на проект (по шкале от 0 до 100, где меньшие значения соответствуют меньшему влиянию, меньшему «вредному» воздействию данного риска на проект в целом, а большие значения, соответственно, большему).
2. Полученные оценки (I) и (II) для каждого риска перемножаются. Получившаяся при этом величина может принимать значения от 0 до 10 000, и из общего списка отбираются только те риски, значение произведения оценок для которых превышает наперед заданную величину.

Величина оценки, при превышении которой риск может рассматриваться как существенный, часто выбирается следующим образом:

- максимальная оценка отбрасывается;
- допустимая максимальная величина риска устанавливается равной 0,7 от максимальной оценки оставшихся рисков.

Сформированный таким образом список существенных факторов повторно предъявляется экспертам для построения профиля инвестиционного проекта методом семантических дифференциалов, изложенном в следующем подразделе.

Применение метода семантических дифференциалов в задаче оценки рискованности проекта

Техника семантического дифференциала (от греч. *semantikos* – «обозначающий» и лат. *differentia* – «разность»), разработанная группой американских психологов во главе с Ч. Осгудом (Osgood, Charles Egerton) [5], стала одним из способов исследования смысловых образований массового сознания и получила широкое применение в исследованиях, связанных с поведением человека и его восприятием различных социальных явлений, с анализом социальных установок и личностных смыслов. Метод семантического дифференциала является комбинацией метода контролируемых ассоциаций и процедур шкалирования; при этом измеряемые объекты (понятия, изображения, персонажи и т. д.) оцениваются по ряду биполярных градуальных (трех-, пяти-, семибалльных) шкал, полюса которых обычно задаются вербально. Наряду с вербальными разработаны невербальные семантические дифференциалы, где в качестве полюсов шкал используются графические оппозиции, живописные картины, фотопортреты.

Технику семантического дифференциала (СД) можно рассматривать как разновидность проективных тестов. Проективные процедуры позволяют учесть тот факт, что стимулирующая ситуация приобретает смысл не только в силу ее объективного содержания, но и по причинам, связанным с субъективными наклонностями и влечениями испытуемого, другими словами, вследствие субъективированного, личностного значения, придаваемого ситуации испытуемым. Испытуемый как бы

проецирует свои свойства в ситуацию [19]. Как полагает сам Осгуд [5], метод СД позволяет измерять так называемое коннотативное значение, то есть то состояние, которое следует за восприятием символа-раздражителя и необходимо предшествует осмысленным операциям с ним. Коннотативное значение связано с личностным смыслом, социальными установками, стереотипами и другими эмоционально насыщенными, слабо структурированными и мало осознанными формами общения.

Суть метода СД состоит в том, что измеряемые объекты (понятия, изображения) оцениваются по ряду биполярных градуированных (трех-, пяти-, семибалльных и т.д.) шкал, полюса которых заданы с помощью вербальных антонимов. Оценки понятий по разным шкалам, вообще говоря, могут коррелировать друг с другом, и с помощью факторного анализа иногда удается выделить пучки таких высококоррелирующих шкал, сгруппировать их в факторы. Психологическим механизмом, объясняющим взаимосвязь и группировку шкал в факторы, является синестезия [5].

Синестезия – психологический феномен, состоящий в возникновении ощущения одной модальности под воздействием раздражителя другой модальности, как, например, переживание цветового образа в ответ на музыкальную фразу в цветомузыке. Механизмы синестезии признаются основой метафорических переносов в высказываниях типа «бархатный голос», «кислая физиономия» и т.п.

Переход от признаков, заданных шкалами, к факторам фактически является построением семантического пространства. Фактор можно рассматривать как смысловой инвариант содержания входящих в него шкал, и в этом смысле факторы являются формой обобщения прилагательных-антонимов, на базе которых строится СД, а его факторная структура отражает структуру антонимии в лексике. Группировка шкал в факторы позволяет перейти от описания объектов с помощью признаков, заданных шкалами, к более емкому описанию с помощью меньшего набора категорий-факторов, представив содержание объекта в виде совокупности факторов (многотен) с различными коэффициентами веса.

Семантическое пространство является своеобразным метаязыком описания значений, позволяющим путем разложения их содержания в фиксированном алфавите категорий-факторов проводить семантический анализ этих значений, выносить суждения об их сходстве и различии путем вычисления расстояний между соответствующими значениям координатными точками в пространстве.

Построение СД на базе оценок отдельных понятийных классов – частных семантических пространств – продемонстрировало возможность трансформации семантического пространства, появление новых факторов, специфичных именно для этих классов понятий. Так, методики, берущие за основу семантические дифференциалы, использовались в политических, литературоведческих исследованиях и даже в искусствоведении [5]. Зависимость факторной структуры семантического пространства от круга шкалируемых понятий объясняется [75] тем, что между понятиями и шкалами существует взаимодействие в процессе вынесения суждения (оценки). Другими словами, каждое понятие или понятийный класс имеют тенденцию производить поворот шкал в семантическом пространстве к своим собственным характеристическим свойствам. Так, для

понятия «проект» шкала «хороший-плохой» должна стремиться к возрастающей корреляции со шкалой «прибыльный-убыточный» и к уменьшению корреляции со шкалой «рискованный-нерискованный».

Подводя итог всему сказанному, можно отметить, что применение метода семантического дифференциала в социологическом исследовании позволит получать информацию о категориальной структуре массового сознания, его смысловой неоднозначности, многофакторности. Данная техника может применяться:

- в качестве пилотажа для определения смысловой наполненности ключевых понятий, используемых в исследовании (взаимодополнение полученной факторной смысловой структуры и теоретической схемы изучаемого явления поможет преодолеть разрыв между теоретическим и эмпирическим планом исследования);
- в качестве основного документа при изучении общественного мнения, если факторная структура СД уже отработана в предварительных исследованиях.

Необходимо отметить, что применение СД имеет и свои ограничения. Однако они связаны не с математическим аппаратом, а с множественностью ассоциаций, вызываемых знаком, понятием, параметрами социальных явлений и процессов в сознании и психике человека.

Как уже отмечалось в разделе 1.14, возможность использования метода семантических дифференциалов в теории нечетких множеств была показана достаточно давно [72]. В настоящей работе для определения списка свойств (факторов), по которым оценивается понятие (объект), автор предлагает использовать методику, описанная в разделе 2.1. Полярные шкалы для выбранных свойств задаются из общих соображений. При оценке понятия о том, как сильно оно обладает положительным свойством, для каждой пары полюсов автор предлагает использовать непрерывную шкалу (например, в интервале от 0 до 100%).

Совокупность оценок по шкалам есть профиль понятия [72]. Следовательно, вектор с координатами, изменяющимися от 0 до 1, также называется профилем. Профиль есть нечеткое подмножество положительно-го списка свойств или шкал.

Методу семантических дифференциалов при использовании в проектном анализе присущи следующие недостатки:

- Осгуд предлагает использовать лишь одного эксперта;
- не учитывается тот факт, что различные факторы могут иметь разную важность;
- не приводится трактовка составленного профиля для решения экономических задач.

Автор настоящей работы исследовал возможность применения факторного анализа и метода попарных сравнений, обычно используемых при обработке результатов, полученных при помощи метода семантических дифференциалов, в проектном анализе. Факторный анализ множества аналогичных векторов, полученных в ходе оценки множеством экспертов одного понятия (объекта) с целью выявления каких-либо закономерностей в полученных оценках, не показал приемлемых с точки зрения практического применения результатов при анализе проектных рисков. Метод попарных сравнений при числе исследуемых шкал больше, чем три (то есть при четырех и большем количестве принимаемых в рассмотрение факторов риска инвестиционного проекта) также не дает результатов, которые могли бы быть однозначно истолкованы: метод попарных сравнений применим, скорее, для ранжирования полученных профилей в случае изуче-

ния нескольких однотипных проектов, либо для выявления взаимосвязей между отдельными парами рассматриваемых факторов, анализируемых при рассмотрении проекта.

Автором разработана следующая процедура, позволяющая избавить метод семантических дифференциалов от упомянутых недостатков [50].

- Во-первых, предполагается привлечение произвольного числа экспертов с последующим усреднением полученных оценок.
- Во-вторых, предлагается процедура определения важности каждого из факторов, то есть вычисление соответствующего фактору веса, и, в-третьих, вводится понятие взвешенного значения профиля проекта в качестве обобщенной характеристики рискованности инвестиционного проекта. Ниже изложен алгоритм использования метода семантических дифференциалов с предложенными автором усовершенствованиями.

Эксперты оценивают соответствующие факторы, выставляя оценки $x_{1k}, \dots, x_{nk}$, за окончательную оценку фактора берется средняя экспертная оценка:

$$x_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x_{ik},$$

где

$i = 1, 2, \dots, n$;

m – число экспертов;

n – количество факторов.

Замечание 1. В случае, если увеличение оценки фактора соответствует увеличению рискованности проекта, в профиль войдет непосредственная оценка фактора x_i . В противном случае, то есть когда увеличение значения фактора соответствует уменьшению риска проекта, в профиль войдет величина $1 - x_i$ (это следует из антонимического способа задания шкал).

В этом случае полярными проектами будут $Z_0 = \{0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, то есть проект, характеризующийся отсутствием задержек начала строительства, сроков строительства, ввода в эксплуатацию, наличием у компании огромного опыта реализации подобных проектов, правильно оцененной в самом начале стоимости проекта, высоким спросом на площади в строящемся объекте, отсутствием текучести кадров и $Z_1 = \{1, 1, 1, 1, 1, 1\}$, то есть проект, характеризующийся максимально возможными задержками сроков начала строительства, непосредственно строительства, ввода в эксплуатацию, существенным удорожанием проекта в ходе реализации, существенными изменениями самого проекта, низким спросом на предлагаемые площади, высокой текучестью кадров. Будем считать, что проект, обладающий профилем Z_0 , является безрисковым, а проект, обладающий профилем Z_1 – рискованным.

Для оценки рискованности проекта с профилем, отличным как от Z_0 , так и от Z_1 , воспользуемся следующей процедурой.

Шаг 1. Оценим значимость факторов (далее «важность фактора» и «значимость фактора» используются как синонимы) $x_1, \dots, x_n$, в результате получим веса $q_1, \dots, q_n$, причем $\sum_{i=1}^n q_i = 1$ (здесь и далее в этом разделе $i =$

$= 1, 2, \dots, n$ – порядковый номер фактора, $k = 1, 2, \dots, m$ – порядковый номер эксперта; процедуры оценки значимости факторов для получения весов описаны ниже).

Шаг 2. Найдем следующую величину (которая, по сути, является выпуклой комбинацией оценок факторов и соответствующих факторам весов):

$$S_n = \sum_{i=1}^n q_i x_i, \quad (2.9)$$

которая и будет характеризовать меру соответствия проекта множеству рискованных проектов. Назовем эту величину взвешенным значением профиля проекта.

Веса можно определять, например, следующим образом.

1. Пусть есть N факторов, m экспертов.
2. Предложим экспертам упорядочить факторы по значимости, то есть каждый эксперт присваивает каждому фактору порядковый номер t_i (t_{ik} – порядковый номер i -го фактора, присвоенного k -м экспертом). Процедура упорядочивания может проводиться путем попарных сравнений, с использованием метода простых вставок или метода пузырька. Алгоритмы методов, адаптированные автором для упорядочивания множества факторов по значимости, описаны в приложении 1.
3. Вес соответствующего фактора будет определяться выражением:

$$q_i = \frac{n \cdot m - \sum_{k=1}^m t_{ik}}{(n-1) \cdot n \cdot m / 2}. \quad (2.10)$$

Методика предварительной оценки рискованности инвестиционных проектов, изложенная выше, может применяться там, где стандартная оценка финансовых показателей проекта существенно затруднена либо даже лишена смысла: в приведенных примерах финансовые факторы как таковые не оцениваются. Но эта методика может использоваться как в качестве самостоятельного исследования, предваряющего более тщательное рассмотрение, так и в дополнение к нему. Так, в случае получения высокой степени соответствия анализируемого проекта множеству рискованных проектов может быть принято решение о нецелесообразности более глубокого анализа такого проекта. Далее в настоящей главе показана возможность содержательной интерпретации полученной в соответствии с вышеизложенной методикой оценки рискованности в качестве характеристики, влияющей на ожидаемую величину затрат на реализацию инвестиционного проекта.

В качестве примера области, где предложенная автором методика может использоваться как самостоятельное исследование, можно указать анализ проектов, имеющих социальную направленность (благоустройство дворовых территорий, предоставление льгот и т.д.). В таких проектах рассчитать экономический эффект от их внедрения, как правило, невозможно; при этом предложенная автором методика позволит упорядочить, ранжировать множество анализируемых проектов социальной направленности по степени их рискованности. Проранжированное множество таких проектов можно осуществлять в порядке от проектов, степень соответствия которым множеству рискованных проектов наименьшая, к проектам с большей степенью соответствия множеству рискованных проектов.

Среди достоинств предложенного метода можно выделить следующие.

1. Предварительная оценка особенно эффективна при рассмотрении таких проектов, где анализ финансовых показателей затруднен либо лишен смысла.
2. Предварительная оценка может быть получена очень быстро, она не требует применения сложных математических расчетов.
3. Для изложенного метода число экспертов, участвующих в исследовании, не играет сколько-нибудь важной роли.

4. Метод может применяться даже ЛПР, имеющими смутное представление о математике и экономике, и давать вполне осмысленные результаты.
5. Возможно сравнение проектов, характеризующихся сходными наборами факторов.
6. Метод легко алгоритмизируется, что позволяет легко создавать компьютерные программные продукты, реализующие предложенную методику, либо проводить вычисления с помощью программ для работы с электронными таблицами (такими, как Microsoft Excel, IBM Lotus 1-2-3, Corel Quattro Pro и другими).

К недостаткам предложенного метода можно отнести следующие.

1. Предварительная оценка редко дает окончательный ответ на вопрос о привлекательности проекта.
2. Для анализа факторов риска недостаточно знать лишь окончательный результат (степень соответствия проекта множеству рискованных проектов); требуются также знание (и понимание) значений и весов каждого из факторов.
3. Не существует универсального набора факторов, поэтому данная методика должна отдельно адаптироваться к каждому проекту.

Несмотря на указанные недостатки, возможность быстрого получения результатов без проведения громоздких вычислений позволила ряду коммерческих фирм и банков принять на вооружение описанную методику.

Обобщение лингвистического подхода к оценке рискованности инвестиций

Автором настоящей работы предложено обобщение аппарата лингвистической переменной, изложенного в этом параграфе, в применении к оценке проектов на примере рассмотрения новых проектов Компанией. В рамках приведенного в разделе 1.13 определения, мы имеем лингвистическую переменную Проект, то есть $x = \text{Проект}$.

Как и ранее, в качестве базовой переменной мы рассмотрим величину взвешенного значения профиля проекта S_n , вычисляемую по формуле (2.36), а соответствующее универсальное множество $U = [0; 1]$.

Лингвистическим значением переменной Проект может быть, например, «рискованный», причем значение рискованный является атомарным термом. Другим значением может быть «очень рискованный», то есть составной терм, в котором «рискованный» – атомарный терм, а «очень рискованный» – подтерм.

Более того, лингвистическая переменная Проект является булевой лингвистической переменной, также определенной в разделе 2.1. При этом терм «рискованный» является первичным атомарным термом X_p , а модификатор очень играет роль лингвистической неопределенности h .

Терм-множество переменной Проект можно записать следующим образом:

$$T(\text{Проект}) = \text{рискованный} + \text{очень рискованный} + \text{не-рискованный} + \text{очень не-рискованный}.$$

Здесь каждый терм является названием нечеткой переменной в универсальном множестве $U = [0; 1]$.

Отождествим отрицание «не» - с операцией взятия дополнения, а модификатор «очень» – с операцией концентрации (определение операции концентрации приводится выше), то есть грамматику лингвистической переменной Проект можно, по аналогии с выражениями (2.5), (2.6), (2.7), (2.8) задать следующим образом.

$$M(\text{не-рискованный}) = \neg \text{рискованный}; \quad (2.11)$$

$$M(\text{очень рискованный}) = (\text{рискованный})^2; \quad (2.12)$$

$$M(\text{очень не-рискованный}) = (\int \text{рискованный})^2. (2.13)$$

Ограничение, обусловленное термом R («рискованный»), есть смысл лингвистического значения «рискованный». Таким образом, если R («рискованный») определяется, например, формулой:

$$R(\text{рискованный}) = \int_0^1 S/u, \quad u \in U, \quad (2.14)$$

то смысл лингвистического значения «рискованный» определяется выражением:

$$M(\text{рискованный}) = \int_0^1 S/u. \quad (2.15)$$

Смысл такого лингвистического выражения, как «очень рискованный», используя (2.12) и (2.15), можно выразить так:

$$M(\text{очень рискованный}) = \int_0^1 S^2/u. \quad (2.16)$$

Смысл лингвистического значения «не-рискованный», в соответствии с (2.11) и (2.15), определяется выражением:

$$M(\text{не-рискованный}) = \int_0^1 (1-S)/u, \quad (2.17)$$

а смысл значение очень «не-рискованный», по формулам (2.12) и (2.15), – выражением:

$$M(\text{очень не-рискованный}) = \int_0^1 (1-S)^2/u. \quad (2.18)$$

Влияние рисков проекта на стоимость проекта

В данной статье предлагается следующая методика оценки взаимосвязи рискованности и ожидаемой стоимости инвестиционного проекта. Для выдачи окончательной оценки возьмем только те терм-множества, степень соответствия которым превышает точку перехода $\mu_s = 1/2$. Легко понять, что для любого проекта степень соответствия может превышать точку перехода лишь для двух из рассмотренных терм-множеств, которые в дальнейшем будут связаны оператором «или». При этом возможны следующие сочетания значений лингвистической переменной Проект:

- рискованный или очень рискованный;
- рискованный;
- не-рискованный;
- не-рискованный или очень не-рискованный.

Будем считать, что увеличение риска связано с увеличением ожидаемых расходов на реализацию проекта. Для выявления связи между значением переменной «Проект» и величиной непредвиденных расходов на его реализацию следует прибегнуть к следующей методике:

- на основании данных по уже реализованным проектам сравнить первоначально планировавшиеся затраты с фактическими затратами на реализацию для каждого проекта, вычислить величину превышения фактических расходов над планировавшимися (замечу, что термин «превышение» использован условно, ведь фактические расходы могут оказаться и ниже планировавшихся – в этом случае величина «превышения» будет отрицательной);
- провести вычисление значения «проект» в соответствии с вышеописанной методикой для каждого из проектов;
- исследовать взаимосвязь между значением переменной «Проект» и величиной превышения фактических затрат над первоначально планировавшимися.

В предложенном методе есть недостаток, а именно: по завершению проекта, временная продолжительность которого может составлять несколько лет, быва-

ет сложно воспроизвести представление о начальной ситуации, сложившейся в окружении проекта в момент его анализа, то есть проведенная post-factum оценка факторов, влияющих на проект, может быть выполнена лишь с некоторой долей условности.

В случае отсутствия данных по ранее проведенным проектам, либо в случае невозможности вычисления значения переменной «Проект» после его завершения, можно воспользоваться табл. 2.1, составленной на основании рекомендаций по оценке рисков, приведенных в литературе [28, 37]:

Таблица 2.1

ЗАВИСИМОСТЬ НЕПРЕДВИДЕННЫХ РАСХОДОВ ОТ РИСКОВАННОСТИ ПРОЕКТА

Значение лингвистической переменной T (Проект)	Величина непредвиденных расходов пр, в % от сметной стоимости
Рискованный или очень рискованный	30
Рискованный	20
Не-рискованный	10%
Не-рискованный или очень не-рискованный	0

2.5. Практическое использование методики на примере оценки стоимости строительства

В этом параграфе предлагается методика, позволяющая лицам, не имеющим специального строительного образования и навыков составления смет, быстро получать приблизительную оценку расходов на проекты строительства жилых домов. Методика выведена путем анализа многочисленных смет реально построенных объектов (приложение 2), и подкреплена консультациями с экспертами в строительной области компаний, занимающих заметные позиции среди застройщиков Москвы.

Иллюстрация применимости предложенного подхода к моделированию проектной деятельности в условиях неопределенности будет рассмотрена на примере реализации строительных проектов. Инвестиционные проекты, связанные со строительством, являются хорошей базой для проверки работоспособности той или иной теории проектного анализа. Подобные проекты идеально вписываются в каноны проектного анализа: любой строительный проект имеет четко выраженное начало (принятие решения о строительстве), окончание (введение объекта строительства в эксплуатацию), на реализацию проектов выделяются ограниченные ресурсы.

Следует отметить, что методика ориентирована именно на оценку проектов строительства жилья в Москве, поскольку состав затрат в других регионах может существенно различаться из-за различных цен на строительные материалы, транспортных тарифов, стоимости земли, цены участия в инвестиционных конкурсах.

Используемые термины

- Постоянные затраты – составляющая затрат на строительно-монтажные работы, не зависящая от изменения площади готового объекта и объема выполняемых работ.
- Переменные затраты – составляющая затрат на строительно-монтажные работы, изменяющаяся пропорционально изменению площади готового объекта и объема выполняемых работ.

- Непредвиденные расходы – фактическое изменение затрат на выполнение строительно-сметных работ по сравнению с первоначально планировавшейся величиной.
- Накладные расходы – расходы, связанные с выполнением строительно-сметных работ и содержанием заказчика строительства (содержание офиса и т.п.).
- Расходы на продвижение – расходы на рекламу и прочие расходы, призванные стимулировать продажи объекта.
- СМР – строительно-монтажные работы.
- Общая площадь объекта – сумма площадей (полезных, общего пользования, инженерного назначения) всех этажей (в том числе технического, подвального и чердачного, измеряемая по внутренним поверхностям стен).
- Общая жилая площадь объекта – общая площадь жилых квартир (жилищный фонд).
- Общая нежилая площадь объекта – общая площадь нежилых помещений, в том числе площадь полезная, площадь общего пользования (лестничные клетки, площадки, лифты и т.п.), площадь помещений инженерного назначения, площади встроенно-пристроенных гаражей – стоянок, подвальных помещений, чердаков, площади встроенно-пристроенных помещений.
- Общая полезная площадь объекта, или общая площадь, предназначенная к реализации, – совокупная площадь помещений объекта, предназначенных к реализации (сумма общей жилой площади объекта, площадь встроенно-пристроенных гаражей-стоянок, встроенно-пристроенных помещений).
- Городская конкурсная комиссия – Городская конкурсная комиссия по инвестированию строительства и реконструкции жилых объектов, созданная в соответствии с постановлением Правительства Москвы от 19.09.2000 № 749 «О мерах по выполнению распоряжения Мэра от 18.08.2000 №894-РМ «О порядке реализации строительных жилищных программ в г.Москве».

Участники инвестиционного проекта

Укрупненно схема взаимодействия участников инвестиционного проекта строительства представлена на рисунке рис. 2.1. Поясню основные элементы взаимодействия.

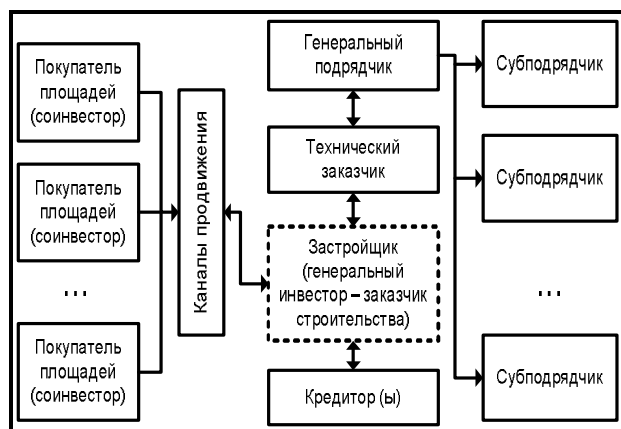


Рис. 2.1. Схема взаимодействия участников инвестиционного проекта строительства

Центральная фигура на рисунке, обозначенная как генеральный инвестор – заказчик строительства, есть, в терминах действующего законодательства [35], застройщик, то есть физическое или юридическое лицо, обеспечивающее на принадлежащем ему земельном участке строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, а также выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации для их строительства, реконструкции, капитального ремонта. Название «Генеральный инвестор» означает, что этому физическому или юридическому лицу (далее в тексте обозначается как «Застройщик», «Заказчик», «Компания») предоставлено исключительное право на реализацию инвестиционного проекта, на финансирование его за счет собственных или привлеченных средств, а также, на определенных условиях, конечный результат проекта – построенный объект.

Для того чтобы застройщик мог осуществлять взаимодействие с различными государственными органами в рамках подготовки проектной документации, ему необходимо иметь лицензию на выполнение функций заказчика строительства; в противном случае застройщик обязан заключить договор на выполнение функций технического заказчика с организацией или физическим лицом, имеющим такую лицензию. В дальнейшем предполагается, что функции заказчика осуществляются застройщиком самостоятельно.

Для осуществления строительства объекта заказчик заключает договоры подряда на выполнение работ, в частности, договор генерального подряда с организацией, имеющей лицензию на выполнение таких работ (на рисунке – генподрядчик), который, в свою очередь, может привлекать к выполнению отдельных работ субподрядчиков. Контроль за выполнением работ также осуществляется заказчиком. Выбор генподрядчика обычно осуществляется в ходе проведения тендера, условия которого (перечень работ, календарный график проведения работ, стоимость работ) фиксируются в договоре между генподрядчиком и заказчиком.

В случае нехватки собственных средств, необходимых на реализацию инвестиционного проекта, Застройщик может привлекать кредитные ресурсы. Однако стоимость кредитных ресурсов при реализации инвестиционных проектов строительства достаточно высока, поэтому большинство застройщиков предпочитает привлекать средства соинвесторов (на рисунке обозначены как покупатели площадей – соинвесторы), предоставляя им взамен право требования части площадей готового объекта после его ввода в эксплуатацию. Продажа площадей осуществляется, как правило, сразу после окончательного согласования с государственными органами исходно-разрешительной и проектной документации. Юридически клиенты становятся пайщиками (простое товарищество) либо соинвесторами строительства, а застройщик выражает их интересы.

Подобная схема выгодна для клиентов по следующим причинам:

- стоимость площадей в объектах, находящихся на нулевом цикле строительства, в среднем ниже стоимости площадей в готовых объектах;
- сроки строительства редко превышают 12-18 месяцев, что позволяет говорить о приобретении площадей на стадии «нулевого цикла» как о выгодном вложении капитала, ведь к концу строительства площади будут стоить на 20-40% больше уплаченной суммы, в то время как процент по банковским вкладам в валюте не превышает 9-10% годовых;

- как правило, организация-застройщик предоставляет рассрочку платежа на период строительства, причем оформление рассрочки не требует выполнения клиентом многочисленных формальностей и сбора различных документов, необходимых для оформления кредита в банке.

Схема паевого строительства выгодна и организации-застройщику:

- заключая договоры с клиентами, компания получает оборотные средства, необходимые на этапе строительства, что позволяет ей обойтись без привлечения заемных средств;
- оплата договоров в рассрочку увеличивает доходы компании.

Под «каналами продвижения» на рисунке понимаются все возможные способы информирования потенциальных клиентов о возможности приобретения прав на площади строящегося объекта (рекламные мероприятия, привлечение посредников (риэлторов) и т.д.), финансируемые застройщиком.

Практическое использование схемы паевого строительства сопряжено с рядом трудностей.

1. В целях увеличения притока денежных средств на начальном, наиболее капиталоемком этапе строительства, компании очень часто начинают продажи площадей по ценам ниже себестоимости. Это приводит к тому, что наиболее привлекательные с точки зрения рыночного спроса площади будут быстро распроданы на невыгодных условиях, что в дальнейшем потребует от компании дополнительных усилий по реализации менее ликвидных площадей объекта.
2. Строительство требует постоянного, равномерного финансирования. Спрос же на недвижимость сложно предсказать, и, кроме того, подвержен сезонным факторам.
3. Чтобы повысить привлекательность предлагаемых к продаже объектов строительства в глазах клиентов, многие компании называют заведомо нереальные сроки ввода зданий в эксплуатацию, впоследствии объясняя задержки различными объективными и не очень объективными причинами. Кроме того, в строительстве велики риски увеличения сроков строительства и по не зависящим от компании причинам. Задержка сдачи домов вызывает недовольство клиентов, что может привести к расторжению заключенных договоров и даже к судебным искам.

В связи с указанными выше трудностями для успешной реализации инвестиционного проекта с использованием схемы паевого строительства необходимо соблюдение ряда условий. Одно из ключевых условий эффективной работы компании на рынке долевого строительства – построение четкой системы планирования затрат и продаж, формирование политики ценообразования таким образом, чтобы не только обеспечить необходимый приток средств на весь период строительства, но и максимизировать прибыль.

Таким образом, в соответствии со схемой взаимодействия участников инвестиционного проекта строительства приведенного на рис. 2.1, можно выделить следующие виды взаимодействий и их результатов (см. табл. 2.2).

Дополнительно к указанным на рис. 2.1 и перечисленным в табл. 2.2 видам взаимодействия следует указать процесс подготовки (разработки и согласования) проектной и рабочей документации. Этот процесс организуется техническим заказчиком, а выполняется генеральным проектировщиком (физическим или юридическим лицом, имеющим лицензию на выполнение работ по проектированию соответствующих объектов).

В настоящей работе рассматривается функционирование только центральной фигуры (рис. 2.1), то есть застройщика. При этом в ходе реализации инвестиционного проекта отток реальных денег проекта есть расходы застройщика; приток реальных денег проекта есть

доходы застройщика. Вопросы использования средств подрядчиками, источников средств соинвесторов и кредиторов, использования законченных строительством объектов являются темами отдельного изучения, выходящего за рамки данного исследования.

Таблица 2.2

ВИДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

№	Сторона 1	Сторона 2	Вид взаимодействия
1	Застройщик: • отдает площади объекта; • получает средства от соинвесторов	Соинвестор (через каналы распределения): • получает свою долю площадей объекта; • отдает свой вклад	Продажа площадей
2	Застройщик: • получает оборотные средства; • платит за использование средств кредитора	Кредитор: • предоставляет средства; • получает доход за пользование предоставленными средствами	Кредитование
3	Застройщик: • оплачивает услуги; • получает объект	Технический заказчик: • организует процесс проектирования и строительства объекта; • получает плату за свои услуги	Выполнение функций заказчика
4	Технический заказчик: • оплачивает услуги; • получает объект	Генподрядчик: • осуществляет строительство объекта; • получает плату за свои услуги	Договор генподряда
5	Генподрядчик: • оплачивает услуги; • получает выполненные работы	Субподрядчик: • выполняет работы; • получает плату за свои услуги	Субподряд

Оценка площади готового объекта

Очень часто конечная общая площадь готового объекта, его общая жилая площадь, площадь встроенно-пристроенных помещений и гаражей-стоянок приводится в исходных данных, доступных на предварительном этапе проработки инвестиционного проекта. Если это так, то соответствующие величины и используются в расчетах.

При этом следует иметь в виду, что изначально планирующиеся размеры объекта в ходе проработки проекта могут измениться: большинство инвесторов руководствуется соображением «чем больше объект – тем больше прибыль». Как правило, изменение площадей в пределах 10% требует минимального количества согласований. Поэтому в качестве анализа сценариев можно взять два дополнительных сценария:

- изначально известные площади увеличены на 5%;
- изначально известные площади увеличены на 10%.

В случае, если соответствующие величины отсутствуют в исходных данных, экспертная оценка показывает, что площадь готового объекта можно оценить, исходя из возможного выхода жилых площадей в зависимости от площади земельного участка, предназначенного под застройку: 1 Га = 31 250 кв. м общей площади, то есть выход площадей с участка $S_{общ}$ оценивается как:

$$S_{общ} = 31\,250 \text{ кв.м} * S_{уч} / (1 \text{ Га}); \quad (2.19)$$

$S_{уч}$ – площадь участка, выделенного под строительство (в Га). Полезная (то есть предназначенная к реализации) площадь составляет:

$$S_{пол} = k_{пол} * S_{общ} \quad (2.20)$$

где $k_{пол}$ – коэффициент использования полезной площади, который рассчитывается как отношение совокупной площади здания, предназначенной к реализации, то есть сумма общей жилой площади и общей площади предназначенных к реализации нежилых помещений (офисы, торговые помещения, площадь машиномест), к общей площади здания.

В ряде случаев коэффициент может принимать значения (для жилых зданий с подземной автостоянкой и встроено-пристроенными нежилыми помещениями) от 0,65 (для элитных объектов) до 0,93 (для панельных домов типовых серий, например, П-44, И-101 и пр.). В качестве среднего значения можно считать этот коэффициент равным 0,8 (типичное значение для неэлитного дома, строящегося по индивидуальному проекту). В анализе проекта следует использовать значение $k_{пол}$, соответствующее классу планируемого к возведению объекта (то есть 0,65...0,75 для элитного дома, 0,75...0,85 для неэлитного дома по индивидуальному проекту, 0,85...0,93 для панельного дома по типовому проекту).

Расчет расходов

За основу расчета СМР приняты данные расчета стоимости строительства объектов, сделанные экспертами за последние несколько лет. Согласно этим расчетам, СМР для дома общей площадью 13 700 кв. м составляет около 6 300 000; дома общей площадью 13 300 кв.м – около 600 000 долларов США.

Анализ исходных данных и консультации с экспертами позволили получить следующую формулу для приблизительной оценки стоимости строительно-монтажных работ $E_{СМР}$ (включая стоимость материалов) для монолитного здания эконом-класса (а также для панельного строительства типового жилья):

$$E_{СМР} = 1\,700\,000 + k_{пер} * 460 * S_{общ} \quad (2.21)$$

В выражении (2.21) $k_{пер}$ – показатель размера переменных затрат в СМР для проектов строительства жилья. Автором установлено, что значение $k_{пер} \approx 0,73$.

Для дома бизнес-класса полученная согласно (2.21) величина $E_{СМР}$ умножается на коэффициент $k_{БК} = 1,3$, для объекта элитного класса – на коэффициент $k_3 = 2,0$, то есть стоимость СМР для дома бизнес-класса $E_{СМР-БК}$:

$$E_{СМР-БК} = k_{БК} * E_{СМР} \quad (2.22)$$

а для вычисления стоимости СМР для дома элитного класса $E_{СМР-3}$ автором получено соотношение:

$$E_{СМР-3} = k_3 * E_{СМР} \quad (2.23)$$

Оценка величины накладных расходов

Оценка величины накладных расходов (то есть расходов на содержание организаций, реализующих проект) определяется из опыта работы компании, и в общем случае является величиной постоянной. Эта величина мало зависит от количества одновременно реализуемых объектов, но, при разбивке накладных расходов по проектам, чем больше объектов реализует компания одновременно – тем меньше доля накладных расходов, приходящихся на каждый из них.

Автор предлагает считать накладные расходы, приходящиеся на долю анализируемого проекта, пропорционально стоимости СМР этого проекта в совокупной стоимости СМР по всем проектам, реализуемым компанией

одновременно. Автор установил, что накладные расходы $E_{накл}$ в среднем составляют 8% от стоимости СМР:

$$E_{накл} = 8\% * E_{СМР} \quad (2.24)$$

Оценка величины непредвиденных расходов

Оценка величины непредвиденных расходов описана в разделе 2.1 в подразделе, посвященном оценке проектных рисков, при этом величина пр выбирается согласно табл. 2.9:

$$E_{непр} = пр * E_{СМР} \quad (2.25)$$

Оценка величины расходов на продвижение

Данные маркетологов позволяют оценить величину средних расходов на продвижение в виде отчисления доли $e_{adv\ t}$ от объема продаж в период t (обычно $e_{adv\ t} = 5\%$, то есть считается постоянной величиной). Расходы на продвижение в период t составляют:

$$E_{продв\ t} = e_{adv\ t} * TR_t \quad (2.26)$$

где TR_t – объем продаж в период t , определяемый согласно (3.25).

Расходы на участие в конкурсе включают в себя оплату конкурсной документации, оплату услуг посредников и прочие расходы, связанные с получением рассматриваемого земельного участка.

Компенсация доли города

Если в предложении указана сумма компенсации доли города, то эта величина закладывается в расчет. В соответствии с [86], сумма денежной компенсации инвестором городу за социальную, инженерную и транспортную инфраструктуры (C) определяется по формуле:

$$C = S_{жил} * N_{жил} - Q_{обр} \quad (2.27)$$

где

$S_{жил}$ – общая (проектируемая) жилая площадь квартир в рассматриваемом объекте в кв. м;

$N_{жил}$ – удельный показатель среднего размера компенсации по жилью в долл. США на 1 кв. м. общей жилой площади квартир в рассматриваемом объекте;

$Q_{обр}$ – сумма всех дополнительных, согласованных с городом обременений инвестора по рассматриваемому объекту, включая передаваемое городу жилье и гаражи в натуральном выражении (по рыночной стоимости).

Несмотря на то, что действующее законодательство требует выплату доли города «живыми деньгами» [86], до сих пор заключаются инвестиционные контракты, в соответствии с которыми городу передается часть площадей готового объекта. Однако впоследствии передаваемые городу площади по соглашению сторон заменяются денежными выплатами, которые могут быть рассчитаны (отдельно по жилым помещениям, по нежилым помещениям, по машиноместам¹) по формуле:

$$E_{гор} = S_{гор} * S_{общ} * \rho_{компл} \quad (2.28)$$

где

$S_{гор}$ – доля города;

$S_{общ}$ – общая площадь готового объекта;

$\rho_{компл}$ – стоимость единицы для расчета компенсации.

Суммарная компенсация городу $E_{компл}$ складывается из компенсаций по жилым помещениям $E_{гор\ (жп)}$, по нежилым помещениям $E_{гор\ (нжп)}$ и по машиноместам $E_{гор\ (мм)}$:

¹ При расчетах, связанных с машиноместами, за единицу измерения берется не площадь, а количество машиномест.

$$E_{\text{комп}} = E_{\text{гор}}(\text{жп}) + E_{\text{гор}}(\text{нжп}) + E_{\text{гор}}(\text{мм}), \quad (2.29)$$

где величины $E_{\text{гор}}(\text{жп})$, $E_{\text{гор}}(\text{нжп})$ и $E_{\text{гор}}(\text{мм})$ рассчитываются в соответствии с (2.28).

Расходы на переселение

В Москве активно реализуется программа реконструкции ветхого жилого фонда. Эта программа осуществляется путем сноса ветхих зданий (например, пятиэтажек) и последующего строительства на месте снесенных строений новых домов. При этом жители из сносимых домов, естественно, должны быть отселены. Как правило, жилье жителям предоставляет город, но расходы по переселению возлагаются на компанию-застройщика. Можно оценить расходы на переселение из расчета 400 долл. на одну квартиру. Аналогично рассчитываются расходы на вывод арендаторов нежилых помещений (400 долл. на вывод одного арендатора). Если принять количество переселяемых квартир за $N_{\text{квп}}$, а количество выводимых арендаторов за $N_{\text{ва}}$, то расходы на переселения $E_{\text{сел}}$ можно рассчитать по формуле:

$$E_{\text{сел}} = 400 * (N_{\text{квп}} + N_{\text{ва}}). \quad (2.30)$$

Общая величина расходов

Общая величина расходов $E_{\text{общ}}$ есть арифметическая сумма отдельных категорий расходов:

$$E_{\text{общ}} = E_{\text{смп}} + E_{\text{накл}} + E_{\text{непр}} + E_{\text{конк}} + E_{\text{сел}} + E_{\text{комп}}, \quad (2.31)$$

где

$E_{\text{конк}}$ – расходы на участие в конкурсе.

Определение срока реализации проекта

Реализацию строительного проекта автор предлагает разбить на пять основных этапов.

- Этап 1. Проектно-изыскательные работы, подготовка ИРД и рабочей документации.

На этом этапе осуществляется поиск новой строительной площадки, выбор из существующих вариантов наиболее приемлемого с точки зрения затраты / прибыль. По конкретной площадке осуществляется подготовка договора с владельцем земельного участка (в рамках конкурса или инвестиционного контракта) и его подписание (выигрыш конкурса). Затем, если нет исходной разрешительной документации, осуществляется ее разработка, экспертиза и утверждение.

Продаж нет, имеют место вложения в покупку прав долгосрочной аренды, арендная плата за землю, другие расходы, соответствующие стадиям этапа.

- Этап 2. Подготовительные работы на площадке.

Этот этап характеризуется началом активной рекламной кампании, целью которой является «раскрутка» площадки. Начинаются реальные продажи строящейся жилой площади. Время до окончательной сдачи объекта максимально, в наличии есть вся жилая площадь, риски пайщиков наиболее велики. Строительные работы – начиная с выхода строителей на площадку (установлен забор) и до осуществления весомой части работ нулевого цикла. Осуществляются продажи с целью выхода проекта на самофинансирование. Круг покупателей характеризуется наиболее низкой платежеспособностью в сравнении с их запросами, характерен высокий уровень экспериментаторства и мобильности (пайщики продолжают отслеживать ценовую политику инвестора и ситуацию на рынке).

- Этап 3. Возведение конструктива здания.

Рекламная кампания активизируется, одной из ее задач является широкое привлечение клиентов путем рекламы относительно низких текущих цен при уменьшении рисков. Реальные продажи продолжают-ся. Время до окончательной сдачи объекта уменьшается, но качественного изменения в его оценке не происходит. В наличии есть почти вся жилая площадь, риски пайщиков снижаются, но они рассматривают альтернативные предложения. Строительство доходит до возведения коробки здания (построено 1-2 этажа). Продажи осуществляются с целью самофинансирования строительства. Качественный состав покупателей не меняется.

- Этап 4. Завершение СМР объекта.

Осуществляется активная рекламная кампания, реклама направлена на поддержание интереса к площадке, информирование заинтересованных о сроках окончания строительства и о росте цен, который стимулирует продажи, удержание высоких объемов продаж. Время до окончательной сдачи объекта сокращается до качественного изменения отношения потребителей к степени риска и времени ожидания. В течение всего этапа количество продаваемой жилой площади сильно уменьшается. Риски пайщиков становятся минимальными (связанными, в основном, с общими рисками рынка). Пайщики рассматривают предложения жилья на вторичном рынке, так как контрактная цена 1 кв. м. квартиры примерно на 5-15% ниже при наличии времени ожидания квартиры. На этом этапе вероятность расторжения контрактов с пайщиками наиболее велика из-за большого количества заключенных договоров. К окончанию этапа продается ~80-90% жилой площади. Этап зрелости характеризуется крупными инвестициями в строительство, активное ведение которого является наилучшей рекламой для дополнительного привлечения клиентов, возводится каркас здания. Состав покупателей изменяется в сторону увеличения общей платежеспособности и адекватности своим запросам. Продажи осуществляются с целью максимизации прибыли и оборота.

- Этап 5. Сдача объекта Госкомиссии.

Проведение «поддерживающей» рекламы, затраты на нее по возможности сводятся к минимуму путем выбора наиболее эффективных ее видов. Происходит снижение реальных продаж. Время до окончательной сдачи объекта минимально, заключение договоров носит, скорее, характер покупки квартиры с отсрочкой заселения, нежели долевого участия в строительстве. В наличии осталось мало жилой площади, выбор существенно ограничен, что в первую очередь определяет снижение оборотов продаж. Покупатели рассматривают предложения на вторичном рынке, совершают покупку из-за преимуществ нового жилья. Увеличивается процент неликвида по сравнению с ликвидной жилой площадью, риски пайщиков минимальны. Цена 1 кв. м. квартиры по новым контрактам либо несколько ниже, либо несколько выше, чем цены на готовое жилье, в зависимости от сравнительной привлекательности объекта. На этом этапе вероятность расторжения контрактов с пайщиками при условии соблюдения сроков строительства минимальна из-за ожидания скорого окончания строительства. К концу этапа жилой площади не остается. Продажи осуществляются с целью недопущения перехода отдельных квартир в разряд вторичного жилья после сдачи дома. Инвестиции в строительство уже в основ-

ном завершены, ведется благоустройство территории и озеленение, оформляется документация для передачи жилья в собственность.

Существуют определенные методики, позволяющие вычислить нормативный срок строительства. ЛПР при оценке временной продолжительности проведения СМР, начиная с момента выхода на площадку и до сдачи объекта Госкомиссии по первому этапу, следует руководствоваться следующими соображениями.

1. Подготовительные работы на площадке, включая закладку фундамента, составляют 6 месяцев (для зданий общей площадью свыше 40 000 кв. м – до 9 месяцев, для зданий общей площадью менее 6 000 кв. м – менее 6 месяцев).
2. При строительстве панельного дома один этаж возводится за неделю (то есть четыре этажа за календарный месяц).
3. При строительстве монолитных домов скорость возведения монолитных конструкций составляет 3 этажа за 2 месяца.
4. После окончания работ по возведению здания следует добавить дополнительно 3 месяца на окончание отделочных работ.
5. Сдача Госкомиссии по второму этапу осуществляется через 1-3 месяца с даты сдачи объекта по первому этапу.

Следует иметь в виду, что прежде чем выйти на стройплощадку, необходимо завершить комплекс проектно-изыскательных работ, включающий в себя подготовку проектной документации и оформление исходно-разрешительной документации. Продолжительность этого этапа составляет не менее 6 месяцев, но может растянуться на неопределенно долгий срок в зависимости от сложности проекта, взаимоотношений компании-застройщика с регулирующими органами, квалификации проектировщиков и т.д.

Продолжительность T_1 , T_2 , T_4 этапов 1, 2, 4 определяются экспертами; продолжительность T_5 этапа 5 можно считать постоянной величиной, равной $T_5 = 2$ месяца, а продолжительность T_3 этапа 3 для здания высотой H этажей определяется выражением:

$$T_3 = \begin{cases} H / 4 \text{ месяца} - \text{для панельного здания;} \\ H / 3 * 2 \text{ месяца} - \text{для монолитного здания.} \end{cases} \quad (2.32)$$

При этом общая продолжительность проекта $LT_{\text{общ}}$ составит:

$$LT_{\text{общ}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \text{ месяцев.} \quad (2.33)$$

Распределение затрат во времени

Исследования автора показали, что затраты распределяются по этапам следующим образом (см. табл. 2.3)

Таблица 2.3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ ПО ЭТАПАМ

Наименование этапа	Доля е от общих затрат на СМР
Этап 1. Проектно-изыскательные работы, подготовка ИРД	$e_1 = 5\%$
Этап 2. Подготовительные работы на площадке	$e_2 = 10\%$
Этап 3. Возведение конструктива здания	$e_3 = 60\%$
Этап 4. Завершение СМР объекта	$e_4 = 20\%$
Этап 5. Сдача объекта Госкомиссии	$e_5 = 5\%$

Внутри каждого этапа затраты распределяются по месяцам равномерно, что не является упрощением, поскольку при нормальной организации строительного процесса работы на этапе постоянно идут с одинаковой интенсивностью. Допущение о равномерном распределении расходов внутри этапа является разумным компромиссом между стремлением исполнителей

по отдельным работам получить предоплату и желанием инициатора проекта произвести оплату лишь по завершении всех работ.

Таким образом, затраты на реализацию строительного проекта E_t в соответствии с (2.19)-(2.31) и табл. 2.3, составят для периода t ($t = 1, 2, \dots, LT_{\text{общ}}$):

$$E_t = \begin{cases} e_1 * E_{\text{общ}} / T_1 + E_{\text{проект}}, & t = 1, 2, \dots, T_1; \\ e_2 * E_{\text{общ}} / T_2 + E_{\text{проект}}, & t = T_1 + 1, T_1 + 2, \dots, T_1 + T_2; \\ e_3 * E_{\text{общ}} / T_3 + E_{\text{проект}}, & t = T_1 + T_2 + 1, \dots, T_1 + T_2 + T_3; \\ e_4 * E_{\text{общ}} / T_4 + E_{\text{проект}}, & t = T_1 + T_2 + T_3 + 1, \dots, T_1 + T_2 + T_3 + T_4; \\ e_5 * E_{\text{общ}} / T_5 + E_{\text{проект}}, & t = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + 1, \dots, LT_{\text{общ}} \end{cases} \quad (2.34)$$

Описание возможных рисков на примере строительного проекта

Результаты опроса экспертов относительно рисков, связанных с реализацией строительных проектов, приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОСА ЭКСПЕРТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ФАКТОРОВ РИСКА, СВЯЗАННЫХ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Наименование риска	(I) Возможность появления (0...100)	(II) Степень влияния на проект (0...100)	Оценка (I) * (II)	Знак
Задержка начала строительства	50	60	3 000	*
Задержка сроков строительства	50	70	3 500	*
Задержка ввода в эксплуатацию	35	80	2 800	*
Удорожание в ходе реализации проекта	50	80	4 000	*
Хищения на строительной площадке	60	30	1 800	
Маркетинговые ошибки	40	70	2 800	*
Текучесть кадров	60	50	3 000	*
Форс-мажорные обстоятельства (стихийные бедствия, войны и т.д.)	10	100	1 000	
Распоряжение государственных органов о передаче прав на реализацию проекта другому инвестору	20	90	1 800	

Пороговое значение для такого набора, исходя из приведенного в предыдущих абзацах определения, равно 2 450. Таким образом, в приведенном примере из дальнейшего рассмотрения можно исключить факторы, не обозначенные знаком «*» в последнем столбце таблицы.

В данном разделе приведено общее описание основных рисков, сопутствующих строительному проекту.

Задержка начала строительства

С момента инициирования проекта, то есть принятия решения о реализации проекта, до выхода на стройплощадку может пройти немало времени. Разумеется, принятие решения о реализации проекта предусматривает определенный срок на разработку и согласование всей необходимой документации, оформление разрешения на строительство. Тем не менее, по самым разным причинам возможны задержки начала строитель-

ства по отношению к планировавшемуся сроку выхода на стройплощадку.

Одним из наиболее существенных факторов, оказывающих влияние на отсрочку начала строительства, являются более длительные по сравнению с изначально планировавшимися сроки оформления и согласования исходно-разрешительной и проектной документации. Такая задержка, как правило, является следствием одной или нескольких из нижеперечисленных причин:

- сложный характер земельного участка, выделенного под строительство (трудный рельеф местности, близость грунтовых вод, проложенные через участок коммуникации, необходимость согласования вырубki деревьев и т.д.);
- действия, или, скорее, бездействие государственных органов, согласующих различного рода разрешения;
- противодействие жителей выходу на площадку (выражающееся в многочисленных собраниях, пикетах, блоках, жалобах во все возможные инстанции);
- отсутствие необходимых на момент начала строительства ресурсов;
- недостаточная активность самой компании в преодолении возникающих препон, отсутствие у компании необходимого опыта.

Часто задержка выхода на площадку бывает связана с необходимостью оформления документов на землю, что может быть сопряжено с различными трудностями по расторжению договоров с предыдущими арендаторами, переселением жильцов и выводом организаций из сносимых строений и т.д.

Оценить заранее точную дату реального выхода на площадку затруднительно: задержка по отношению к изначально планировавшейся дате может составлять от нескольких дней до нескольких лет. Поскольку у любой строительной компании из оперирующих ныне на строительном рынке опыт работы редко превышает 10 лет, а число введенных в эксплуатацию объектов, как правило, составляет несколько десятков, индивидуальные особенности каждого проекта не позволяют вывести какую-либо характерную среднюю величину задержки начала строительства.

Отсутствие опыта

В строительстве возможно огромное разнообразие направлений деятельности, например, строительство жилья, строительство нежилых помещений, промышленное строительство, военное строительство, строительство инженерных сооружений, строительство коммуникаций. Каждое направление может иметь дополнительную специализацию, как, например, представлено в табл. 2.5. В каждой специализации возможно разделение по виду возводимых объектов строительства. Более того, для каждого вида объектов возможно как новое строительство, так и проведение реконструкции и ремонта существующего объекта. Отдельную группу составляют ремонтные и отделочные работы, которые сильно разнятся даже для аналогичных объектов не только разного класса, но и одного класса (например, вполне естественно, что отделка элитной и обыкновенной квартиры будут различны, но даже отделка двух рядом расположенных квартир одного класса может быть существенно разной, требующей от выполняющей ее организации различного опыта проведения работ).

Кроме функционального деления, возможно и деление по географическому принципу: строительство в Москве, в ближнем Подмосковье, в дальнем Подмосковье, в городах-миллионерах, в областных центрах и т.д. Каждый регион имеет свои особенности, существенно

влияющие как на величину расходов на строительство, так и на спрос на возводимые объекты.

Приведенная в табл. 2.5 классификация не претендует на полноту, а лишь служит иллюстрацией многообразия строительной деятельности. Поэтому далеко не всегда верно, что организация, имеющая огромный опыт строительства торговых центров, сможет так же успешно реализовать проект строительства офисного центра; организация с обширным опытом возведения различных коммуникаций успешно выйдет на рынок строительства промышленных объектов, а организация, успешно построившая множество панельных домов в Подмосковье, успешно возведет элитный дом в центре Москвы.

Таблица 2.5

ОСОБЕННОСТИ, СУЩЕСТВЕННО ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЕЛИЧИНУ РАСХОДОВ НА СТРОИТЕЛЬСТВО И НА СПРОС ВОЗВОДИМЫХ ОБЪЕКТОВ

Направление	Специализация	Вид объекта строительства
Строительство жилья	Многоэтажное элитное жилье; многоэтажное жилье бизнес-класса; многоэтажное жилье эконом-класса; малоэтажное строительство элитного жилья; малоэтажное строительство жилья эконом-класса; гостиницы	Монолитный многоэтажный дом; панельный многоэтажный дом; кирпичный многоэтажный дом; каменный коттедж; деревянный коттедж
Строительство нежилых помещений	Офисы; торговые помещения; склады	Встроенно-пристроенные помещения; отдельно стоящие здания; многофункциональные комплексы
Промышленное строительство	Помещения производственного назначения	Заводы и фабрики; предприятия сферы общественного питания; предприятия сферы бытового обслуживания
Военное строительство	Объекты гражданской обороны; объекты военного назначения	Защитные сооружения ГО; военные базы
Строительство инженерных сооружений	Мосты; туннели; эстакады;	Понтонные мосты; подвесные мосты; туннели; эстакады; транспортные развязки
Строительство коммуникаций	Дороги; Железные дороги; нефте-газопроводы; канализация; Водопровод; электрические сети; сети теплоснабжения	-

Увеличение сроков строительства

Не секрет, что многие и даже очень многие строящиеся объекты вводятся в эксплуатацию с задержкой по отношению к планировавшимся срокам сдачи, которая может составить до нескольких лет.

Основные возможные причины увеличения сроков строительства перечислены ниже:

- недофинансирование строительства в отдельные периоды;
- задержки по вине подрядчиков и поставщиков;
- действия государственных органов.

Часто увеличение сроков строительства бывает вызвано отсутствием у компании опыта реализации подобных проектов, а также изменением проекта в ходе реализации. В последнее время участились случаи активного противодействия жителей близлежащих к строительной площадке домов, что также не приводит к ускорению строительства.

Задержка ввода в эксплуатацию

Вкратце, процесс ввода в эксплуатацию выглядит следующим образом.

1. Государственная комиссия проверяет объект (I-й этап), и передает компании-застройщику список выявленных недоделок.
2. Компания-застройщик устраняет выявленные недоделки в течении трех месяцев с момента сдачи объекта по первому этапу.
3. Госкомиссия проверяет объект (II-й этап), и, в случае, если существенных недоделок не выявлено, подписывается соответствующий акт.
4. Выходит распоряжение местных властей о вводе в эксплуатацию законченным строительством объекта.

Следует заметить, что под «недоделками» подразумеваются отклонения готового результата – то есть построенного объекта – от рабочей документации. Вообще, выявленные недоделки по работам, выполняющимися подрядчиками, должны быть устранены за их счет, поэтому сметный расчет проекта не предусматривает выделенной статьи расходов на устранение недоделок. Для минимизации числа возможных недоделок заказчиком строительства на регулярной основе осуществляется технический контроль за объемом и качеством выполнения строительных работ. Тем не менее, как и во всякой человеческой деятельности, брак (которым, по сути, и являются недоделки) в строительстве встречается.

Задержка ввода в эксплуатацию, как правило, связана с увеличением сроков строительства, но может происходить и по другим причинам:

- комиссия переносится по каким-либо причинам, не связанным с задержкой строительства, на более поздний срок;
- компании-застройщику на устранение недоделок, выявленных в ходе первого этапа комиссии не хватило трех месяцев (что, скорее всего, связано либо с некачественным строительством, либо с хроническим недофинансированием объекта);
- в ходе проведения второго этапа комиссии обнаружились неустраненные либо новые недоделки;
- местные власти задерживают выход соответствующего распорядительного документа.

Задержка с вводом объектов в эксплуатацию редко превышает девять месяцев с момента проведения первого этапа комиссии.

Удорожание проекта в ходе реализации

В любую строительную смету закладывается некоторое увеличение стоимости выполнения работ и / или стоимости строительных материалов за время реализации проекта. Но, как показывает практика, многие проекты выполняются с существенным превышением первоначально запланированных по смете расходов, что может быть вызвано следующими причинами:

- изменение курса пересчета из одной валюты в другую;
- неконтролируемое увеличение стоимости строительных материалов;
- изменение объема необходимых работ, связанное с недостатками в предпроектных исследованиях;
- изменение графика строительства, повлекшее дополнительное выполнение дополнительных работ;

- изменения тарифов на энергоносители, стоимости транспортных перевозок;
- изменение самого проекта;
- недооценка стоимости отдельных этапов работ вследствие незнания рынка и / или отсутствия опыта;
- хищения.

Как правило, сметный расчет, на основании которого строятся договорные отношения между заказчиком строительства и генеральным подрядчиком, предусматривает 2-4% увеличение стоимости в ходе реализации проекта, но, как показывает практика, реальное увеличение стоимости строительно-монтажных работ может составить до 100% от первоначально планировавшихся затрат. В большинстве случаев реальное увеличение стоимости проекта ложится на заказчика строительства, вынужденного дополнительно финансировать работы на строящемся объекте.

Изменение проекта в ходе строительства

Как правило, изменение проекта (здесь под проектом имеется в виду комплект проектной документации) в ходе строительства связано либо с недостаточной предпроектной подготовкой, когда оказывается, что, к примеру, при проектировании не учтены коммуникации, пролегающие через выделенный под строительство участок, не проработано расположение дома на участке и т.п., либо с недобросовестностью компании-застройщика, приступившей к выполнению работ до получения всех необходимых разрешений и согласований от государственных органов, а те в качестве условия согласования указывают на исправление несоответствий проекта каким-либо нормативным актам, регулирующим требования к возводимым объектам.

Поскольку срок реализации строительного проекта может составлять до нескольких лет, весьма возможна ситуация, когда требования рынка в отношении объектов аналогичного типа или класса и потребительские предпочтения изменяются за время строительства. Постоянный мониторинг ситуации на рынке позволяет учесть не принципиальные изменения с наименьшими затратами (например, изменения в цветовом оформлении объекта, предпочтения относительно используемых для финишной отделки материалов); в то же время может потребоваться внесение в проект существенных изменений, связанных с перedelкой и повторным согласованием проектной документации, что, естественно, влечет за собой дополнительные издержки.

Гораздо реже встречаются случаи, когда в ходе реализации проекта изменяются нормы и правила, регулирующие строительство, и компания бывает вынуждена в спешном порядке адаптировать существующий проект под изменившиеся правила игры.

Риск неверной оценки спроса

Этот риск представляется весьма существенным. Рынок можно сегментировать по географическому признаку, по типу объекта, по классу объекта и т.д. Каждый рыночный сегмент имеет свои особенности, и ошибка в проектировании и последующем позиционировании объекта может стоить компании очень дорого.

Маркетинговые ошибки приводят к задержкам в реализации площадей в возводимых объектах, образованию неликвидных площадей вследствие неверной оценки потребностей потенциальных потребителей, даже к полной невозможности реализовать возведенный объект по планировавшимся ценам.

Отклонения в оценке спроса могут происходить как в меньшую, так и в большую сторону – в обоих случаях компания несет ощутимые потери.

В случае недооценки спроса на начальном этапе продается большее по отношению к запланированному количество квартир. Поскольку цены на начальном этапе продаж ниже, чем на завершающей стадии (продажи, как правило, начинаются на «нулевом цикле» строительства, когда даже фундамент будущего здания не готов и, соответственно, более низкая цена соответствует премии за риск, уплачиваемой застройщиком покупателю за принятие на себя риска незавершения проекта), это означает недополучение дохода в будущие периоды.

В случае переоценки спроса поступлений от продаж площадей (прав требования на площади) строящегося объекта недостаточно, чтобы финансировать строительство в полном объеме, что ведет к задержкам строительства, а также дополнительным издержкам, связанным как с задержками строительства, так и с дополнительными расходами на продвижение продажи площадей объекта, не пользующихся ожидаемым спросом.

Текучесть кадров

Большая текучесть кадров означает постоянные издержки на поиски новых работников, а также возможные задержки в ходе строительства из-за отсутствия в нужный момент необходимых специалистов. Автор вводит коэффициент текучести кадров $K_{тк}$, которым и будет характеризоваться текучесть кадров.

В практической деятельности текучесть кадров принято характеризовать следующими показателями [116]: коэффициентом текучести кадров по всем причинам $K_{тo} = (N_{ув} + N_{пр})/N_{срсл}$ и коэффициентом текучести кадров по предотвратимым причинам

$$K_{т.пр.} = (N_{сж} + N_{н.д.})/N_{срсл}$$

где

$N_{срсл}$ – среднесписочная численность сотрудников в рассматриваемом периоде;

$N_{ув}$ – число сотрудников, уволившихся за этот период времени;

$N_{пр}$ – число сотрудников, принятых на работу за тот же период;

$N_{сж}$ – число сотрудников, уволившихся по собственному желанию;

$N_{н.д.}$ – число сотрудников, уволенных за нарушение трудовой дисциплины.

Область значений первого коэффициента неограниченна сверху, что создает определенные неудобства в практическом применении этого коэффициента, максимальное значение которого не определено. Второй коэффициент малоприменим на практике, так как в реальности $N_{н.д.} = 0$ (в большинстве случаев работники и работодатели договариваются об увольнении с формулировкой «по собственному желанию»).

Для характеристики текучести кадров я предлагаю использовать коэффициент текучести кадров $K_{тк}$, который примем равным

$$K_{тк} = \frac{N_{срсл} - N_{ув}}{N_{срсл} + N_{пр}} \quad (2.35)$$

В таком виде коэффициент текучести кадров может принимать значения от близких к единице (полное отсутствие текучести кадров, $N_{ув}$ и $N_{пр}$ – малы, то есть

$\max(N_{ув}, N_{пр}) \ll N_{срсл}$), до значений, близких к нулю (большая текучесть, когда число уволившихся сотрудников $N_{ув}$ близко к среднесписочной численности сотрудников $N_{срсл}$).

Оценка рискованности строительного проекта

В задаче оценки рискованности реализации строительного проекта, согласно описанной выше модели, можно выделить следующие шкалы, характеризующие окружение осуществляемого проекта (см табл 2.6).

Составим профиль Z оцениваемого проекта следующим образом:

$$Z = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, 1 - x_7\}. \quad (2.36)$$

Таблица 2.6

ШКАЛЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ОКРУЖЕНИЕ ОСУЩЕСТВЛЯЕМОГО ПРОЕКТА

Обозначение	Фактор (свойство), характеризующий проект	Полярная шкала (0%...100%)
x_1	Задержка начала строительства	Не ожидается... Ожидается
x_2	Отсутствие опыта реализации подобных проектов	У компании нет опыта реализации подобных проектов... У компании огромный опыт реализации подобных проектов
x_3	Увеличение сроков строительства	Не ожидается... Ожидается
x_4	Задержка ввода в эксплуатацию	Не ожидается... Ожидается
x_5	Удорожание проекта в ходе реализации	Не ожидается... Ожидается
x_6	Изменение проекта в ходе строительства	Не ожидается... Ожидается
x_7	Спрос на предлагаемые квартиры	Низкий... Высокий

Рассмотрим несколько примеров, иллюстрирующих применение данной методики.

Пример 1

Строительство гостиничного комплекса на окраине Москвы.

Количество туристов, посещающих Москву, мало в сравнении с количеством туристов, посещающих такие центры туризма, как Париж, Рим, Лондон и другие европейские города. Для привлечения туристов необходимо увеличение предложения на рынке возможностей размещения – ощущается нехватка качественных и сравнительно недорогих гостиниц. Поскольку земельные участки в центре столицы стоят крайне дорого, появление подобных гостиниц в центральной части города маловероятно. Руководство компании принимает решение о строительстве гостиничного комплекса уровня 3* в одном из окраинных районов.

Эксперты компании полагают, что факторы, влияющие на решение об инвестировании, имеют следующие значения и соответствующие им веса (см. табл. 2.7). Заметим, что значения факторов, оцениваемые экспертами в процентах, путем деления на 100% приведены к величинам из интервала [0; 1].

Высокое значение фактора x_2 связано с отсутствием у компании опыта строительства гостиничных комплексов – до этого компания строила жилье. Высокое значение фактора x_6 является в некотором роде следствием неопытности компании на рынке строительства гостиниц – руководство опасается, что необходимые детали, касающиеся особенностей строительства гостинично-туристических комплексов, проявятся лишь в процессе строительства.

По формуле (2.36) получим профиль инвестиционно-го проекта: $Z_p = \{0.3; 0.7; 0.2; 0.1; 0; 1; 0.8; 0.4\}$. По формуле (2.9) вычислим величину $S_n = 0.30 \cdot 0.20 + 0.70 \cdot 0.30 + 0.20 \cdot 0.10 + 0.80 \cdot 0.10 + 0.10 \cdot 0.15 + 0.10 \cdot 0.10 + 0.40 \cdot 0.05 = 0.41$. Таким образом, методом семантических дифференциалов для данного случая можно установить, что величина взвешенного значения профиля инвестиционного проекта строительства гостиничного комплекса на окраине Москвы $S_n = 0.41$ (возможность содержательной интерпретации этой оценки показана ниже).

Таблица 2.7

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РЕШЕНИЕ ОБ ИНВЕСТИРОВАНИИ, И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ИМ ВЕСА

Обозначение	Фактор (свойство), характеризующий проект	Значение фактора	Вес фактора
x_1	Задержка начала строительства	0.30	0.20
x_2	Отсутствие опыта реализации подобных проектов	0.70	0.30
x_3	Увеличение сроков строительства	0.20	0.10
x_4	Задержка ввода в эксплуатацию	0.10	0.10
x_5	Удорожание проекта в ходе реализации	0.10	0.15
x_6	Изменение проекта в ходе строительства	0.80	0.10
x_7	Спрос на предлагаемые квартиры	0.60	0.05

Пример 2

Строительство многоэтажного жилого дома в престижном районе.

Руководство компании рассматривает возможность участия в инвестиционном конкурсе на право застройки пустующего земельного участка в престижном районе за пределами Садового кольца.

Эксперты компании полагают, что факторы, влияющие на решение об инвестировании, имеют следующие значения и соответствующие им веса (см. табл. 2.8). Заметим, что значения факторов, оцениваемые экспертами в процентах, путем деления на 100% приведены к величинам из интервала [0;1].

Таблица 2.8

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РЕШЕНИЕ ОБ ИНВЕСТИРОВАНИИ

Обозначение	Фактор (свойство), характеризующий проект	Значение фактора	Вес фактора
x_1	Задержка начала строительства	0.50	0.20
x_2	Отсутствие опыта реализации подобных проектов	0.10	0.00
x_3	Увеличение сроков строительства	0.80	0.25
x_4	Задержка ввода в эксплуатацию	0.60	0.10
x_5	Удорожание проекта в ходе реализации	0.40	0.10
x_6	Изменение проекта в ходе строительства	0.20	0.10
x_7	Спрос на предлагаемые квартиры	0.30	0.25

По формуле (2.36) получим профиль инвестиционного проекта: $Z_p = \{0.5; 0.1; 0.8; 0.6; 0.4; 0.2; 0.7\}$.

Низкое значение фактора x_7 , характеризующего спрос на оказываемые услуги, объясняется тем, что в данном районе реализуется множество аналогичных проектов, и, несмотря на привлекательность отведенного под застройку места, ожидается высокая конкуренция среди застройщиков, предлагающих потребителям, по сути, одинаковые квартиры в похожих домах. Низкое значение и нулевой вес фактора x_2 объясняются наличием у Компании обширного опыта строительства жилья повышенной

комфортности, в том числе и в рассматриваемом районе. Высокое значение фактора x_1 и x_3 связаны с тем, что процесс оформления исходно-разрешительной документации находится лишь в начальной стадии, а увеличение сроков строительства весьма вероятно, поскольку предлагаемый участок имеет сложную геоподоснову.

Вычисленная по формуле (2.9) характеристика меры соответствия (взвешенное значение профиля) данного проекта множеству рискованных проектов составит $S_n = 0.60$ (возможность содержательной интерпретации этой оценки показана ниже).

Значения функций соответствия для проектов, рассмотренных в примерах 1 (Проект 1) и 2 (Проект 2) в разделе 2.1, приведены в табл. 2.9. Соответствующие величины рассчитаны по форм. (2.16), (2.17), (2.18). Графически функции совместимости показаны на рис. 2.2.

Таблица 2.9

ЗНАЧЕНИЯ ФУНКЦИЙ СООТВЕТСТВИЯ ДЛЯ ПРОЕКТОВ

Смысл значения	Проект 1: $S_n = 0.41$	Проект 2: $S_n = 0.60$
Рискованный	0.41	0.60
Не-рискованный	0.59	0.40
Очень рискованный	0.17	0.36
Очень не-рискованный	0.35	0.16

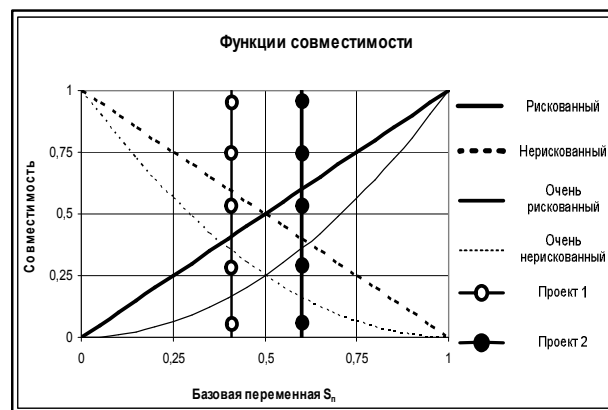


Рис. 2.2. Значение функций соответствия для проектов 1 и 2

Итак, в качестве примеров были взяты два проекта, один из которых связан с выходом Компании на новый для нее рынок (пример 1), а другой направлен на развитие положения на уже освоенном Компанией рынке (пример 2). Автор предлагает следующую содержательную интерпретацию полученных оценок.

На основании данных табл. 2.9 и рис. 2.2, можно охарактеризовать проект 2 (строительство гостиничного комплекса) как более рискованный, чем проект 1 (строительство многоэтажного жилого дома). Полученные оценки говорят о том, что проект из примера 2 имеет большую степень соответствия рискованным проектам, чем проект из примера 1, то есть предварительная оценка показывает, что этот проект является более рискованным, то есть при прочих равных условиях проект из примера 1 более предпочтителен для реализации.

Анализ инвестиционных проектов строительства, проведенный автором (при этом сравнивалась величина фактически понесенных затрат с первоначально составленными сметами, а также выполнялась оценка рисков путем вычисления взвешенного значения профиля проекта (2.9), с вычислением значения переменной Проект),

показал, что значения лингвистической переменной Проект следует отождествить с величиной непредвиденных расходов, связанных с осуществлением строительно-монтажных работ (СМР) по проекту, при этом для проектов строительства в г.Москве автором выявлена следующая закономерность (см. табл. 2.10).

Таблица 2.10

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ДЛЯ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В Г. МОСКВЕ

Значение лингвистической переменной Т (Проект)	Величина непредвиденных расходов пр, в % от сметной стоимости СМР
Рискованный или очень рискованный	30
Рискованный	20
Не-рискованный	10
Не-рискованный или очень не-рискованный	0

Возвращаясь к примеру, получим, что

Т (Проект 1) = не-рискованный/0.59, непредвиденные расходы составят 10% от стоимости СМР;

Т (Проект 2) = рискованный/0.6, непредвиденные расходы составят 20% от стоимости СМР.

Расчет величины СМР приведена в следующем параграфе.

Пример расчета

В качестве примера выбрана площадка из примера 2, рассмотренного выше. Расчет проведен исходя из того, что возводимый объект будет соответствовать элитному классу жилья (см. табл. 2.11 и 2.12).

Таблица 2.11

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Название	Величина
Общая площадь объекта	8 000
Количество этажей (включая подземные)	9
Тип конструкций	Монолит
Жилая площадь	6 100
Количество машиномест	46
Цена 1 кв. м жилой площади	3 000
Цена 1 машиноместа	25 000

Таблица 2.12

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ

Название	Расчет	Величина, долл.США
СМР	$6\,300\,000 * ((0,27) + (0,28) * (8000) / 13\,700) * 2$	8 755 000
Накладные расходы	$8\% * \text{СМР}$	700 000
Непредвиденные расходы	$20\% * \text{СМР}$	1 751 000
ИТОГО расходов по СМР	$\text{СМР} + (\text{Накладные расходы}) + (\text{Непредвиденные расходы}) + (\text{Расходы на продвижение})$	11 206 000
Расходы на продвижение	$5\% * (\text{Доход от продажи жилья})$	973 000
ИТОГО расходов по проекту	-	12 179 000

Строительство жилого дома с указанными характеристиками будет состоять из пяти этапов, сроки которых указаны в табл. 2.13.

Таблица 2.13

ПЯТЬ ЭТАПОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛОГО ДОМА

Этап	Наименование этапа	Продолжительность этапа
1	Проектно-изыскательные работы, подготовка ИРД	12
2	Подготовительные работы на площадке	6
3	Возведение конструктива здания	6
4	Завершение СМР объекта	3
5	Сдача объекта Госкомиссии	2
ИТОГО		29

*Срок строительства = 12 месяцев + 6 месяцев + (9/3)*2 месяца + 3 месяца + 2 месяца = 29 месяцев.*

Таблица 2.13

РАСХОДЫ ПО ПЕРИОДАМ НА ВЕСЬ СРОК РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

№ квартала	№ месяца	№ этапа	Сумма расходов
1	1	1	46 692
1	2	1	46 692
1	3	1	46 692
2	4	1	46 692
2	5	1	46 692
2	6	1	46 692
3	7	1	46 692
3	8	1	46 692
3	9	1	46 692
4	10	1	46 692
4	11	1	46 692
4	12	1	46 692
5	13	2	186 767
5	14	2	186 767
5	15	2	186 767
6	16	2	186 767
6	17	2	186 767
6	18	2	186 767
7	19	3	1 120 600
7	20	3	1 120 600
7	21	3	1 120 600
8	22	3	1 120 600
8	23	3	1 120 600
8	24	3	1 120 600
9	25	4	747 067
9	26	4	747 067
9	27	4	747 067
10	28	5	280 150
10	29	5	280 150
ИТОГО			11 206 000

Распределение расходов по кварталам

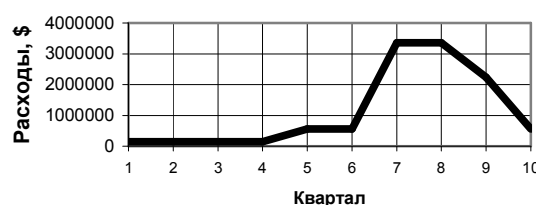


Рис. 2.3 Распределение расходов по кварталам

График, характеризующий распределение работ по периодам в рассмотренном примере, изображен на рис. 2.3.

Таким образом, в данной главе этой статьи изложен подход к оценке рисков инвестиционного проекта, разработанный автором, основанный на использовании аппарата лингвистической переменной. Излагается метод расчета оттока реальных денег (расходов) инвестиционного проекта строительства жилья в Москве, указан способ, позволяющий учесть взаимосвязь рискованности и стоимости инвестиционного проекта, также разработанные автором. Применимость авторских разработок иллюстрируется примером расчета реального инвестиционного проекта.

Возможности снижения рисков

Выше были указаны основные виды рисков, которые следует учитывать ЛПР при принятии решения о вложении средств в строительные проекты (здесь, как уже указывалось раньше, термин «проект» используется в значении комплекса действий (работ, услуг, приобретений, управленческих операций и решений), направленных на достижение сформулированной цели [66]. Наиболее действенные пути снижения строительных рисков – это тщательная проработка будущего проекта на предварительном этапе, адекватное рыночным реалиям планирование, а также жесткий контроль за ходом реализации проекта и целевым использованием выделяемых на проект ресурсов.

В первую очередь проводится юридическая экспертиза, необходимая для понимания временных затрат на оформление всех необходимых для реализации проекта юридических документов, как то: инвестиционный контракт, договор аренды на земельный участок.

Анализ проекта стоит начать с исследования рынка. Необходимо понять, объект какого типа и какого класса будет пользоваться спросом в период, когда планируется осуществлять продажи (замечу, что на начальном этапе анализа проекта известны только ориентировочные параметры планируемого к возведению объекта; тип планируемого к возведению объекта, его основные характеристики можно изменить и уточнить в ходе проработки проектной документации). Необходимо оценить емкость рынка, текущие цены на аналогичные предложения конкурентов, динамику изменения спроса, предложения, цен, потребительские предпочтения. Методы проведения рыночных исследований подробно рассмотрены в специализированной литературе [55, 115]. Предварительный маркетинговый анализ необходим хотя бы потому, что спрос и предложение на рынке недвижимости являются наименее прогнозируемыми величинами из всех характеристик проекта.

На предпроектном этапе (то есть на стадии подготовки и согласования комплекта исходно-разрешительной документации) необходимо проработать, в первую очередь, расположение объекта на участке, его площадь, этажность. Необходимо сформировать архитектурную концепцию – крайне желательно, чтобы в возводимом объекте учитывались не только потребности потребителей в объекте подобного класса, но и окружение объекта – органично вписавшийся в окружающий ландшафт объект благоприятно воспринимается как потенциальными покупателями, так и различными согласующими органами.

С учетом расположения объекта, архитектурной концепции, а также данных маркетингового анализа для

разработки архитектурного проекта необходимо сформировать детальное технико-технологическое описание объекта. Необходимо четко определить, какие технологии будут использоваться при возведении объекта, какие материалы потребуются для проведения отделки, каково будет инженерное оснащение объекта. Эти особенности необходимо учесть до начала продаж площадей объекта.

Тщательно проработанные проекты испытывают минимальные затруднения при получении согласований государственных органов, а соответствующие разрешения оформляются в кратчайшие сроки. Детально проработанная концепция проекта (то есть описание всех особенностей проекта в виде, понятном и инвестору-заказчику, и разработчику проектной документации) способствует также минимизации затрат на продвижение объекта.

Крайне важно, чтобы непосредственно строительные работы на площадке начинались не после оформления всех юридических формальностей, а лишь после получения всех необходимых согласований и разрешений государственных органов.

Осуществление строительно-монтажных работ требует постоянного контроля за объемом выполнения работ и целевым использованием выделяемых на строительство ресурсов (как финансовых, так и трудовых). Крайне полезно составление сетевого графика с выделением и последующим более тщательным контролированием работ, составляющих критический путь [37].

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА РЕАЛЬНЫХ ДЕНЕГ (ДЕНЕЖНЫХ ПОСТУПЛЕНИЙ) В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Планирование является важной составляющей деятельности организации. Правильное планирование позволяет организовать производство, складские запасы, финансовые потоки таким образом, что использование ресурсов организации будет оптимальным, что, в свою очередь, способствует максимизации прибыли. Одним из наиболее существенных аспектов планирования является планирование продаж. Планирование продаж осложняется множеством факторов, оказывающих влияние на спрос: сезонность, изменение потребительских предпочтений, конкуренция, – действуя по отдельности и в различных сочетаниях, эти и другие факторы превращают прогнозирование в некое подобие лотереи с соответствующей вероятностью угадывания конечного результата. Можно получить экспертные оценки объемов продаж в виде: «Полагаю, что в указанный промежуток времени объем продаж будет не ниже минимума, не больше максимума, а скорее всего, будет близок к наиболее реалистичному значению». Получение экспертных оценок обычно затруднено отсутствием необходимого количества квалифицированных экспертов.

В данной главе предлагается способ получения прогнозов продаж на основании накопленной статистики о продажах в предыдущие периоды. Для этого предлагается модель динамических коэффициентов для планирования продаж товаров, спрос на который имеет явный сезонный характер. Модель базируется на аппарате систем нечеткого вывода, рассмотренных вкратце в главе 1.

3.1. Модель планирования продаж

В этой главе предлагается модель планирования продаж, использующая в качестве основы систему нечеткого вывода Мамдани-Заде.

Пусть организация продает N товаров. Обозначив через q_{i-k-l} объем продаж i -го товара в l -ом месяце k -го года (в данном разделе используются следующие обозначения: $i = 1, 2, \dots, N$ – порядковый номер товара; $k = 1, \dots, K$ – порядковый номер года; $l = 1, 2, \dots, 12$ – порядковый номер месяца), составим следующую табл. 3.2.

Таблица 3.1

**ЧЕТКОЕ МНОЖЕСТВО АБСОЛЮТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ
ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ ТОВАРОВ**

Период	Товар1	Товар2	...	ТоварN
Год1Месяц1	q_{1-1-1}	q_{2-1-1}	...	q_{N-1-1}
Год1Месяц2	q_{1-1-2}	q_{2-1-2}	...	q_{N-1-2}
...	...	...	...	...
Год1Месяц12	q_{1-1-12}	q_{2-1-12}	...	q_{N-1-12}
Год2Месяц1	q_{1-2-1}	q_{2-2-1}	...	q_{N-2-1}
...	-	-	...	-
ГодKМесяцL	q_{1-K-L}	q_{2-K-L}	...	q_{N-K-L}

Табл. 3.1 представляет собой четкое множество объемов продаж товаров из предлагаемого компанией ассортимента за время наблюдения. Для случая продажи площадей в i -м строящемся доме в качестве товара выступает количество предназначенной к реализации площади.

Следует заметить, что таблица не является матрицей: так как продажи некоторых из n товаров могли начаться позже первого месяца первого года, а закончится ранее L -го месяца K -го года, отдельные элементы q_{i-k-l} попросту отсутствуют. Обозначим такие элементы как $\emptyset$.

В системе нечеткого вывода важную роль играет процедура фаззификации, то есть преобразования входных векторов данных в нечеткое множество. Описанная ниже процедура позволяет преобразовать поток входных данных в множество нечетких чисел с треугольной функцией принадлежности (то есть нечетких треугольных чисел).

На основе данных таблицы рассчитаем следующие значения:

$$Emin_{k-l} = \underset{i}{\text{minimum}} (q_{i-k-l}, i = 1, 2, \dots, N, q_{i-k-l} \neq \emptyset),$$

$$k = 1, \dots, K; l = 1, 2, \dots, 12. \quad (3.1)$$

Это значение соответствует минимальной величине продаж одного товара в l -м месяце k -го года из всего доступного в тот период ассортимента.

$$Eav_{k-l} = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q q_{i-k-l}, k = 1, \dots, K;$$

$$l = 1, 2, \dots, 12; Q \leq N, \quad (3.2)$$

где

Q – количество товаров, которые реально продавались в l -м месяце k -го года (то есть для которых выполняется условие $q_{i-k-l} \neq \emptyset$).

Это значение соответствует средней величине продаж по всей группе товаров в l -ом месяце k -го года из всего доступного в тот период ассортимента:

$$Emax_{k-l} = \underset{i}{\text{maximum}} (q_{i-k-l}, i = 1, 2, \dots, N, q_{i-k-l} \neq \emptyset),$$

$$k = 1, \dots, K; l = 1, 2, \dots, 12. \quad (3.3)$$

Это значение соответствует максимальной величине продаж одного товара в l -ом месяце k -го года из всего доступного в тот период ассортимента.

Следует заметить, что рассматриваемые товары должны быть однородными, то есть представлять собой сходные продукты, иначе сопоставление объемов продаж разнородной продукции лишено какого-либо смысла.

Проведя вычисления по формулам (3.1), (3.2), (3.3), на основе исходных данных табл. 3.1 получим следующую таблицу табл. 3.2:

Таблица 3.2

**МНОЖЕСТВО ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ ПОСЛЕ
ФАЗЗИФИКАЦИИ: ПЛАНИРОВАНИЕ В
АБСОЛЮТНЫХ ВЕЛИЧИНАХ**

Период	Минимум	Среднее значение	Максимум
Год1Месяц1	$Emin_{1-1}$	Eav_{1-1}	$Emax_{1-1}$
Год1Месяц2	$Emin_{1-2}$	Eav_{1-2}	$Emax_{1-2}$
...	...	...	...
ГодKМесяцL	$Emin_{K-L}$	Eav_{K-L}	$Emax_{K-L}$

По сути, тройки ($Emin_{k-l}$, Eav_{k-l} , $Emax_{k-l}$) можно рассматривать как нечеткие треугольные числа.

Усреднив полученные числа [1, 17, 111], получим оценки объемов продаж по месяцам (обозначим их как $V_l = (Vmin_l, Vav_l, Vmax_l)$):

$$V_l = (Vmin_l = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K Emin_{j-l}, Vav_l = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K Eav_{j-l},$$

$$Vmax_l = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K Emax_{j-l}); l = 1, 2, \dots, 12. \quad (3.4)$$

Полученные в результате величины V_l по своему виду похожи на экспертную оценку вида: «объем продаж в l -ом месяце составит не менее $Vmin_l$, не более $Vmax_l$, а, скорее всего, будет близок к Vav_l ». Получение подобной оценки, разумеется, не гарантирует того, что фактические продажи не выйдут за пределы полученного интервала. Однако, в отличие от экспертных оценок, на основании которых делаются прогнозы методом Дельфи, использование в прогнозировании полученных в выражении (3.4) оценок V_l согласно исследованиям автора, дают более высокую точность прогнозирования объемов продаж площадей при планировании продаж жилья. Процедура (3.1)-(3.4) есть, по сути, фаззификация исходных четких данных об объемах продаж в предыдущие периоды.

Следует заметить, что величины $Vmin_l$, Vav_l , $Vmax_l$ не являются постоянными: по мере накопления статистики, то есть появления новых данных о продажах за очередной период, эти величины пересчитываются, и поэтому являются динамическими.

3.2. Планирование продаж заданного объема товаров

В случае, если количество товара определенного вида известно заранее, в планировании продаж удобнее использовать не количества продаваемого товара, а доли от общего количества товара, продаваемые в рассматриваемых периодах. Аналогично предыдущему пункту, построим систему фаззификации для входящего массива данных об объемах продаж.

Пусть $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$ – общий объем продаж соответственно 1-го, 2-го, ..., n -го товара. Для долей товаров (см. табл. 3.1) примет следующий вид.

Таблица 3.3

**ЧЕТКОЕ МНОЖЕСТВО ОТНОСИТЕЛЬНЫХ
ЗНАЧЕНИЙ ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ ТОВАРОВ**

Сроки	Товар1	Товар2	...	ТоварN
Год1Месяц1	q_{1-1-1}/Q_1	q_{2-1-1}/Q_2	...	q_{N-1-1}/Q_N
Год1Месяц2	q_{1-1-2}/Q_1	q_{2-1-2}/Q_2	...	q_{N-1-2}/Q_N
...	...	...	...	...
Год1Месяц12	q_{1-1-12}/Q_1	q_{2-1-12}/Q_2	...	q_{N-1-12}/Q_N
Год2Месяц1	q_{1-2-1}/Q_1	q_{2-2-1}/Q_2	...	q_{N-2-1}/Q_N
...	...	...	...	...
ГодKМесяцL	q_{1-K-L}/Q_1	q_{2-K-L}/Q_2	...	q_{N-K-L}/Q_N

Аналогично выражениям (3.1), (3.2), (3.3), рассчитаем:

$$Dmin_{k-l} = \underset{i}{\text{minimum}} (q_{i-k-l}/Q_i, i = 1, 2, \dots, N, q_{i-k-l} \neq \emptyset),$$

$$k = 1, \dots, K; l = 1, 2, \dots, 12; \quad (3.5)$$

$$Dav_{k-l} = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q q_{i-k-l}/Q_i, k = 1, \dots, K;$$

$$l = 1, 2, \dots, 12; Q \leq N; \quad (3.6)$$

$$Dmax_{k-l} = \underset{i}{\text{maximum}} (q_{i-k-l}/Q_i, i = 1, 2, \dots, N, q_{i-k-l} \neq \emptyset),$$

$$k = 1, \dots, K; l = 1, 2, \dots, 12, \quad (3.7)$$

где

Q – количество товаров, которые реально продавались в l -ом месяце k -го года (то есть для которых выполняется условие $q_{i-k-l} \neq \emptyset$).

Проведя вычисления по формулам (3.5), (3.6), (3.7), на основе исходных данных табл. 3.3 получим следующую табл. 3.4.

Таблица 3.4

**МНОЖЕСТВО ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ ПОСЛЕ
ФАЗЗИФИКАЦИИ: ПЛАНИРОВАНИЕ В
ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИНАХ**

Сроки	Минимум	Среднее значение	Максимум
Год1Месяц1	$Dmin_{1-1}$	Dav_{1-1}	$Dmax_{1-1}$
Год1Месяц2	$Dmin_{1-2}$	Dav_{1-2}	$Dmax_{1-2}$
...	...	...	...
ГодKМесяцL	$Dmin_{k-l}$	Dav_{k-l}	$Dmax_{k-l}$

Усреднив полученные числа, получим оценки объемов продаж по месяцам в долях от общего объема продаж товара (обозначим их как $DV_i = (DVmin_i, DVav_i, DVmax_i)$):

$$DV_i = (DVmin_i = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K Dmin_{j-l}, DVav_i = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K Dav_{j-l},$$

$$DVmax_i = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K Dmax_{j-l}); l = 1, 2, \dots, 12. \quad (3.8)$$

Полученные в результате величины DV_i соответствуют экспертной оценке вида: «объем продаж в l -м месяце составит не менее $DVmin_i$, от общего количества товара, не более $DVmax_i$, от общего количества товара, а, скорее всего, будет близок к $DVav_i$ от общего количества товара».

Следует заметить, что величины $DVmin_i, DVav_i, DVmax_i$, как и объемы продаж, рассмотренные в предыдущем параграфе, не являются постоянными: по мере накопления статистики, то есть появления новых данных о продажах за очередной период, эти величины пересчитываются, и поэтому также являются динамическими.

Следует также заметить, что приведенная модель указывает лишь диапазон значений, поэтому при составлении планов продаж для отдельных товаров или

групп товаров следует разработать свою алгоритмическую процедуру, дающую на выходе значение из интервала V_i , которая и будет планируемой величиной объема продаж.

Для составления плана продаж в простейшем случае можно принять, что $Vmin_i$ и $DVmin_i$ соответствуют пессимистической экспертной оценке $Vmax_i$ и $DVmax_i$, соответствуют оптимистичной оценке, а Vav_i и $DVav_i$ – наиболее вероятной экспертной оценке объема продаж и доли товара, продаваемого в l -м месяце ($l = 1, 2, \dots, 12$). Приняв эти допущения, можно запланировать три возможных сценария: пессимистический, реалистичный и оптимистический. Более строгая процедура выбора значения из найденного интервала рассмотрена в следующем параграфе.

3.3. Планирование совокупного объема продаж нескольких товаров

Пусть требуется спланировать совокупный объем продаж компании, предлагающей ассортимент из нескольких товаров. Обозначим количество товарных позиций в ассортименте как B . Запланируем продажи каждого из товаров, по (3.18) или (3.22) получим оценки продаж каждого из товаров в l -ом месяце:

$$V_{b_l} = (Vmin_{b_l}, Vav_{b_l}, Vmax_{b_l}), b = 1, 2, \dots, B.$$

Правило вывода для нечеткого множества оценок продаж товаров в l -ом месяце будет выглядеть следующим образом:

Правило 1 Если продажи товара 1 в l -м месяце это V_{1l} , то совокупный объем продаж будет не меньше V_{1l} ;

Правило 2 Если продажи товара 2 в l -м месяце это V_{2l} , то совокупный объем продаж будет не меньше V_{2l} ;

Правило B Если продажи товара B в l -м месяце это V_{Bl} , то совокупный объем продаж всех товаров будет не меньше V_{Bl} .

Для агрегирования правил вывода используем оператор арифметической суммы, что будет эквивалентно правилу

Если продажи товара 1 в l -м месяце это V_{1l} и продажи товара 2 в l -м месяце это V_{2l} и ... продажи товара B в l -м месяце это V_{Bl} , то совокупный объем продаж всех товаров будет равен

$$Vall_l = \sum_{i=1}^B V_{il}. \quad (3.9)$$

3.4. Получение взвешенной оценки объема продаж

Результатом процедуры применения правил вывода и последующего агрегирования над нечетким множеством прогнозов продаж отдельных товаров стала оценка V_l (3.9), которая есть не что иное, как нечеткое треугольное число $V_l = (Vmin_l, Vav_l, Vmax_l)$. Заметим, что эту оценку можно рассматривать как нечеткое множество. Графически это множество и соответствующая функция принадлежности изображены на рис. 3.1.

Для трансформации нечеткого множества в полностью детерминированное точечное решение, используются различные процедуры дефаззификации. Исследования автора показали, что при планировании

объемов продаж жилья наиболее точные прогнозы дает дефаззифицирование оценок, полученных в соответствии с выражениями (3.4) и (3.8), (3.9), путем взвешивания относительно центра области со стандартными весами, принятыми в теории управления проектами [37, 91]:

$$V_{real_i} = \frac{1}{6} (V_{max_i} + 4 V_{av_i} + V_{min_i}); \quad (3.10)$$

$$DV_{real_i} = \frac{1}{6} (DV_{max_i} + 4 DV_{av_i} + DV_{min_i}); \quad (3.11)$$

$$V_{all_i} = \frac{1}{6} (V_{all_{max_i}} + 4 V_{all_{av_i}} + V_{all_{min_i}}). \quad (3.12)$$

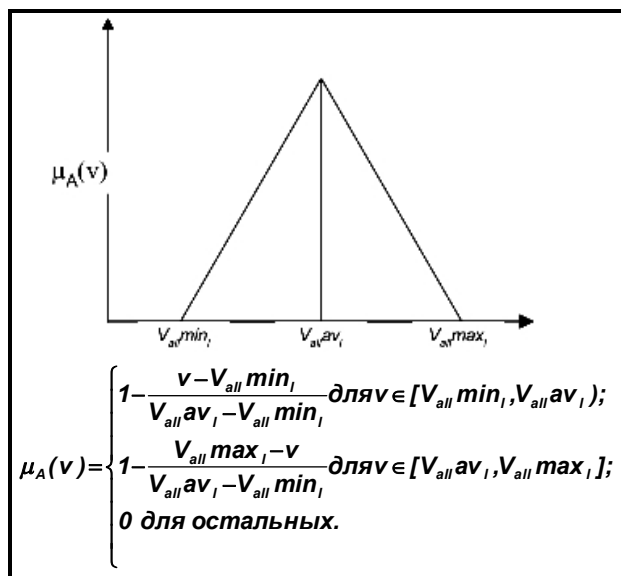


Рис. 3.1. Функция принадлежности для нечеткого треугольного числа, характеризующего объем продаж

В соответствии с (3.10)–(3.12) объем продаж i -го товара в I -м месяце будет равен:

$$Q_{ii} = \begin{cases} V_{real_{ii}}, & \text{если планирование ведётся в абсолютных величинах;} \\ DV_{real_{ii}} * Q_i, & \text{если планирование ведётся в долях от общего количества товара } Q_i, \end{cases} \quad (3.13)$$

а общий объем продаж в I -м месяце определяется следующим выражением:

$$Q_I = \sum_{i=1}^N Q_{ii} \quad (3.14)$$

Замечание. Все сказанное относится к продаже жилых площадей дома. Однако, в большинстве домов, помимо жилой, есть еще предназначенные к продаже машиноместа (то есть площади встроенно-пристроенных гаражей-стоянок), а также предназначенные к реализации встроенно-пристроенные нежилые помещения.

Будем считать, что продажи площадей машиномест пропорциональны продажам жилой площади. Обозначим общую площадь квартир как $S_{кв}$, а общую площадь продаваемых машиномест – как $S_{мм}$.

Тогда площадь машиномест, планируемая к продаже в период I , будет вычисляться по формуле:

$$S_{ммI} = \frac{q_{II}}{\sum_{I=1}^{L_{тобщ}} q_{II}} S_{мм}, \quad (3.15)$$

где q_{II} – определяемый в соответствии с (3.13) объем продаж жилой площади объекта в период I .

Будем считать, что все площади встроенно-пристроенных помещений (то есть предназначенная к реализации нежилая площадь объекта) продаются равномерно между моментом сдачи объекта Госкомиссии по первому этапу и моментом ввода дома в эксплуатацию, то есть:

$$S_{нжI} = \frac{S_{нж}}{T_5}. \quad (3.16)$$

3.5. Применение модели динамических коэффициентов

Рассмотрим применение модели на примере строительной компании, составляющей долгосрочный план продаж квартир в возводимых домах.

Рынок недвижимости далек от совершенного по многим позициям, что и определяет особенности его исследования. С одной стороны, аналитики сталкиваются с трудностями, а порой и невозможностью корректной и однозначной формализации экономических взаимосвязей на рынке недвижимости. С другой стороны, очевидна бесперспективность переноса на рынок недвижимости в чистом виде технологий анализа, применяемых на других рынках, так как эти технологии адаптированы для применения в другой рыночной среде.

В силу вышесказанного, качественная аналитическая работа на рынке недвижимости представляется в высшей степени сложным предметом, требующим, помимо глубоких теоретических знаний экономики недвижимости, постоянной практики и творческого поиска в исследованиях, формирующих профессиональную интуицию.

Изучая почти вековую историю функционирования рынков недвижимости в развитых странах мира, можно прийти к выводу о том, что недостаточное внимание, уделяемое качеству аналитической работы, является одной из главных причин большинства крупных кризисов на рынках недвижимости. Характерным примером является кризис на рынке недвижимости США в конце 1980-х и начале 1990-х годов. Как отмечают специалисты, чрезмерное и беспорядочное инвестирование в новое строительство привело к перенасыщению рынка и, соответственно, невостребованности рынком большого количества проектов, под которые были выданы кредиты. В основе сложившейся ситуации лежали нереальные рыночные ожидания, происходящие из неправильной структуры стимулов при анализе, слабой методологии анализа и неполного объема данных, характеризующих текущие условия.

Использование слабой методологии анализа, выражающейся в неадекватных допущениях и процедурах, во взаимодействии с недостаточно качественными данными местных рынков, как правило, имело результатом появление необоснованных рыночных исследований и, соответственно, базирующихся на них инвестиционных решений. Анализ рынка недвижимости должен базироваться на некоторых общих принципах, необходимых (но не достаточных!) для получения точных выводов и результатов.

Следует заметить, что понятие «анализ рынка недвижимости» в его повседневном использовании является достаточно общим и объединяет в себе, по крайней мере, две процедуры:

- мониторинговое исследование рынка недвижимости для целей выявления общих и частных тенденций;
- исследование рынка недвижимости и его окружения для целей обоснования конкретного инвестиционного решения.

Можно долго дискутировать по поводу того, что первично, а что вторично, и где заканчивается одна процедура и начинается другая. На мой взгляд, это два самодостаточных типа исследования, имеющих много общих позиций.

Но все же в данной работе я исходил из того, что мониторинг должен отслеживать в основном те параметры, которые необходимы при обосновании принятия конкретных инвестиционных решений.

Логика исследования рынка недвижимости

Конечной целью любого исследования рассматриваемого типа является измерение соотношения спроса и предложения на конкретный вид товара на рынке недвижимости в конкретный (как правило, будущий) момент времени.

Особые характеристики недвижимости как товара, наряду с особым местом недвижимости в рыночной экономике, формируют достаточно широкий спектр социально-экономической информации, необходимый для позиционирования данного товара на рынке. Текущие и ретроспективные макроэкономические характеристики национальной и региональной экономики, социально-демографические показатели регионального и местного рынков, параметры регионального и местного рынков недвижимости – вот только общие направления, в которых необходимо проводить исследование.

- Принцип 1. Для анализа следует отбирать только ту информацию, которая действительно может определять будущую продуктивность недвижимости.

При следовании данному принципу основной трудностью является отсутствие стандартных правил или однозначных рекомендаций, по которым следует формировать исходную информацию. Именно здесь закладывается основа состоятельности исследования в целом.

- Принцип 2. Все текущие и перспективные данные, на основе которых строится исследование, должны быть использованы в количественной оценке эффективности рассматриваемого проекта инвестиций в недвижимость.
- Принцип 3. Все отдельные блоки информации, отобранные для обоснования инвестиционного решения, должны быть связаны между собой четкой логической схемой, завершающейся прогнозированием будущих рыночных условий, и соответствующей эффективностью рассматриваемого проекта. Описание логической схемы должно быть представлено в явном виде.
- Принцип 4. Содержание рыночного анализа должно сводиться к обсуждению факторов, составляющих основные соотношения для определения производительности объекта коммерческой недвижимости.

В соответствии с данным принципом, в ходе исследования рынка должны быть сформулированы основные соотношения, определяющие производительность коммерческого объекта, после чего следует выявить иерархию параметров-аргументов, функциями которых являются входящие в основное выражение для производительности факторы.

Принципы формирования информационных массивов.

- Принцип 5. Объем и степень детализации информации должны быть адекватны задачам мониторинга.
- В информационный массив следует включать только «рабочую», то есть минимально необходимую и достаточную для целей мониторинга рынка недвижимости информацию.
- Принцип 6. Информационный массив должен быть структурирован таким образом, чтобы обеспечивать поддержку широкого спектра аналитических функций.
- Принцип 7. Информационный массив должен быть структурирован по типу недвижимости, составу передаваемых прав, степени достоверности информации.
- Принцип 8. Информационный массив должен быть структурирован таким образом, чтобы имелась возможность адекватно и однозначно идентифицировать объекты мониторинга, а также выполнять его сегментирование по любому элементу структуры.
- Принцип 9. Информационный массив должен постоянно обновляться.

Можно выделить несколько общих принципов, следование которым может обеспечить достаточно всестороннее и целостное представление о текущем состоянии и тенденциях локального рынка недвижимости. Для большей наглядности будем подразумевать рынок недвижимости уровня города с несколькими районами, хотя сопоставляться могут города, области и даже регионы (при условии реализации Принципа 8 в соответствующих масштабах)

- Принцип 10. На первом этапе анализа следует выявить общие характеристики активности местного рынка недвижимости.

К общим характеристикам активности рынка можно отнести общие объемы сделок или предложений в целом по анализируемому региону, в том числе с разделением:

- по составу передаваемых прав собственности;
- по функциональному назначению (типу) недвижимости.

Привлекая информацию об общем количественном и функциональном составе имеющейся недвижимости, можно получить для сопоставления с аналогами некоторые удельные показатели, например, объем сделок и предложения на душу населения, обеспеченность населения недвижимостью определенного типа на душу населения или на одно рабочее место и т.д. Также можно сделать определенные выводы о предпочтениях участников рынка относительно состава передаваемых прав собственности, о влиянии на эти предпочтения правительственных мер и показателей активности экономики страны и региона.

- Принцип 11. На втором этапе анализа следует выявить общие характеристики местного рынка недвижимости на основных функциональных сегментах.

Каждый функциональный сегмент для целей анализа необходимо разделять по основным видам недвижимости (участки земли, отдельно стоящие строения, встроенные помещения и т.п.). К общим позициям анализа следует отнести:

- объемы сделок и предложений на основных функциональных сегментах в целом по городу и по районам города, в том числе по составу передаваемых прав;
- распределение сделок и предложений по диапазонам площадей, в том числе по составу передаваемых прав;

- распределение сделок и предложений по физическим характеристикам объектов (техническое состояние, этажность расположения, характеристики зданий и т.д.), в том числе по составу передаваемых прав;
- распределение сделок и предложений по диапазонам цен, в том числе по составу передаваемых прав.
- Принцип 12. На третьем этапе анализа следует выявить целевые характеристики местного рынка недвижимости на узких мини-сегментах.
- Принцип 13. Для достижения качественного результата исследования необходимо комплексно применять различные методы анализа.

Получение обоснованных выводов при выполнении трех этапов исследования возможно только при комплексном использовании различных методов анализа. К обязательно применяемым следует отнести структурный и динамический анализ характеристик, в том числе на сопоставительной основе. При этом сопоставление может быть построено на географической, временной, ценовой и других характеристиках, в том числе физических и правовых.

Для выявления общих тенденций рынка недвижимости следует применять индексный анализ, включающий индивидуальное и обобщенное индексирование.

Достоверность показателей эффективности инвестиционных проектов, рассчитываемых в соответствии со стандартными методиками проектного анализа, целиком зависит от обоснованности рыночных исследований, результаты которых используются в формулах. Другими словами, наиболее весомым и значимым показателем состоятельности инвестиционного проекта на рынке недвижимости является состоятельность рыночного исследования, на основе которого принимается решение о реализации данного инвестиционного проекта.

В нашем случае товаром являются отдельные дома, а за единицу измерения товара примем квадратный метр площади квартиры. На основании накопленной статистики были получены следующие значения для оценок объемов продаж и долей от общего объема площадей в доме по месяцам (3.4), (3.8):

Таблица 3.5

ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНОК ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ И ДОЛЕЙ ОТ ОБЩЕГО ОБЪЕМА ПЛОЩАДЕЙ

Ме- сяц I	Средний максимум V_{max_i}	Средний минимум V_{min_i}	Среднее среднее V_{av_i}	Средняя макс доля DV_{max_i}	Средняя мин доля DV_{min_i}	Средняя доля DV_{av_i}
1	1152	128	467	7, 10%	1, 88%	3, 93%
2	1521	79	602	10, 74%	0, 82%	4, 91%
3	1148	83	478	15, 17%	0, 82%	5, 49%
4	1187	94	568	15, 90%	1, 25%	8, 08%
5	1185	359	690	15, 80%	1, 75%	9, 08%
6	1317	129	501	8, 94%	1, 23%	4, 10%
7	1178	97	408	7, 16%	0, 81%	2, 94%
8	699	113	329	6, 46%	1, 18%	3, 01%
9	1612	214	615	8, 49%	1, 14%	3, 49%
10	1816	168	709	9, 67%	1, 26%	4, 88%
11	2257	104	758	13, 09%	1, 07%	5, 11%
12	1153	246	523	7, 24%	2, 04%	4, 24%
Всего	16224	1816	6648	125, 77%	15, 25%	59, 26%

На рисунках графически показаны значения для V_{max_i} , V_{av_i} и V_{min_i} (см. рис. 3.1), также для долей DV_{max_i} , DV_{av_i} и DV_{min_i} (см.рис. 3.2).

На основании полученных данных табл. 3.5, по формулам (3.10), (3.11) были рассчитаны следующие взвешенные реалистичные оценки (см табл. 3.6).



Рис. 3.1. Графическое отображение абсолютных значений V_{max_i} , V_{av_i} и V_{min_i}

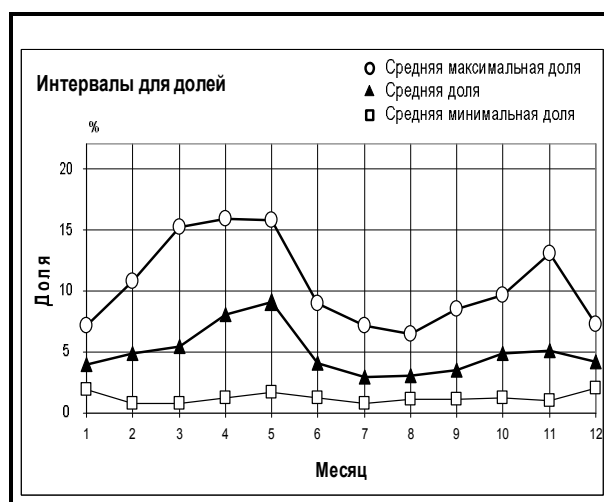


Рис. 3.2. Графическое отображение относительных значений DV_{max_i} , DV_{av_i} и DV_{min_i}

Таблица 3.6

ВЗВЕШЕННЫЕ РЕАЛИСТИЧНЫЕ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ

Месяц I	Взвешенное количество V_{real_i}	Взвешенная доля DV_{real_i}
1	525	4, 12%
2	668	5, 20%
3	524	6, 32%
4	592	8, 24%
5	717	8, 98%
6	575	4, 43%
7	484	3, 29%
8	355	3, 28%
9	714	3, 93%
10	804	5, 08%
11	899	5, 77%
12	582	4, 37%
Всего	7439	63, 01%

В приложении 5 приведены примеры использования модели динамических коэффициентов, показывающие более высокую точность прогнозирования объемов продаж по сравнению с экспертными методами.

3.6. Концепция ценообразования

Постановка задачи ценообразования

Не секрет, что вложение средств в недвижимость во всем мире считается надежным размещением капитала: цены на недвижимость стабильно растут из года в год.

Рынок недвижимости в Москве является капиталоемким и динамично развивающимся. То, что все социальные структуры и процессы в России организованы центростремительным образом, влечет существенно более высокие цены на объекты недвижимости как на первичном, так и на вторичном рынке Москвы по сравнению со всей остальной территорией России, не исключая и ближнее Подмосковье. Однако, высокая доходность операций с недвижимостью в Москве является причиной высокого уровня конкуренции, и, как следствие, – происходит активная многоплановая конкурентная борьба.

В этом аспекте для фирм-девелоперов и риэлтеров весьма актуальной является проблема ценообразования, рассматриваемая ими как экономический инструмент обеспечения доходности и стимуляции сбыта.

В практике рыночного ценообразования применяются различные методики ценообразования, но каждая из них, являясь самым большим секретом фирмы-разработчика, так или иначе базируется на основе одного или комбинации трех методов формирования окончательной цены товара.

Первый из них носит название затратного и базируется на формировании цены как функции двух факторов – себестоимости и желаемой (приемлемой) для фирмы доли прибыли в цене товара. Этот метод удобен своей простотой и позволяет обходиться без сложных и дорогостоящих исследований рыночной ситуации. Однако он имеет существенный недостаток, который заключается в том, что не учитываются факторы конкуренции и всегда имеется либо риск вытеснения с рынка конкурентами, либо риск недополучения прибыли.

Еще один метод ценообразования, носящий название конъюнктурного, базируется на установлении цены на уровне (в некоторых случаях намеренно выше или ниже) цен на аналогичный товар у конкурентов. Логика такого решения определяется стремлением «вписаться» в ценовой ряд по данному продукту при качестве товара, близкого к качеству товаров-конкурентов, или выделить достоинства товара, производимого только этой фирмой. Недостатком этого метода является:

- невозможность разработки самостоятельной коммерческой стратегии;
- запаздывание или невозможность вовремя диверсифицировать деятельность в случае значительного снижения цен на аналогичные товары у конкурентов;
- низкая информированность о появляющихся новых возможностях и тенденциях рынка.

И наконец, современный – маркетинговый метод. Он сочетает в себе анализ себестоимости и формирование цен с учетом маркетинговой стратегии. При его использовании, окончательная цена товара не является результатом строгих вычислений, а определяется на основании изучения рынка (как совокупности потребителей), изучения конкурентной среды, ситуационного внутрифирменного анализа. Далее, с учетом общей стратегии фирмы вырабатывается конечный набор возможных сценариев поведения цены. Достоинствами метода является:

- возможность планирования цены в течение всего жизненного цикла товара;
- стабилизация доходов и расходов компании в течение длительного промежутка времени;
- высокое информационное обеспечение принятия управленческих решений.

В настоящей работе рассматривается ценообразование на основе маркетингового подхода. При этом стратегия и тактика ценообразования определяется прежде всего целями фирмы, которые она планирует достичь. В соответствии с этим сформулируем цели, которые необходимо достичь при реализации настоящей концепции:

- максимизация прибыли от деятельности на первичном рынке жилья;
- обеспечение скорости поступления денежных средств от реализации объекта таким образом, чтобы с начала строительных работ финансирование объекта велось за счет средств, поступающих от реализации площадей в строящемся объекте;
- полная компенсация текущих издержек фирмы, включая издержки по сбыту жилой площади.

Очевидно, что данные цели фирмы могут быть достигнуты в долгосрочном плане при условии, что окончательная цена 1 кв. м квартиры (с учетом объемов и сроков строительства, действующей системы скидок и наценок, схем финансирования пайщиками строительства) должна полностью обеспечивать издержки фирмы, включая затраты по инвестиционной деятельности. С другой стороны, окончательная цена 1 кв. м. квартиры должна находиться в рамках диапазона цен, приемлемых для поддержания рационального (в рамках изложенных в трех предыдущих абзацах критериев) спроса на жилье, предлагаемое застройщиком.

$$\frac{[\Sigma U(t) + \Sigma K(t) + \Sigma D(t) + \Sigma R(t)] / V(t) < P^*(t) \in \{P_{min}(t) \dots P_{max}(t)\}}, \quad (3.17)$$

где:

t – период времени, в течение которого действует окончательная цена;

$\Sigma U(t)$ – полные текущие затраты по коммерческой деятельности фирмы в течение периода времени t ;

$\Sigma K(t)$ – инвестиции в рамках основной деятельности фирмы в течение периода времени t ;

$\Sigma D(t)$ – издержки, связанные со сбытом жилой площади за период t ;

$\Sigma R(t)$ – дополнительные отчисления в резервный фонд фирмы за период времени t ;

$V(t)$ – объем продаж (кв. м жилой площади) в течение периода времени t ;

$P^*(t)$ – окончательная цена 1 кв. м квартиры, действующая в период времени t ;

$\{P_{min}(t) \dots P_{max}(t)\}$ – диапазон прогнозных цен на 1 кв. м в аналогичных квартирах, действующий в течение периода времени t .

Диапазон прогнозных цен $\{P_{min}(t) \dots P_{max}(t)\}$ определяется периодически в течение периода времени $(t-1)$, на основе мониторинга цен предложения (публикуемых в специализированных изданиях) на вторичном рынке жилья и на первичном рынке.

Также перед очередным запланированным значительным изменением $P^*(t)$ в течение периода времени $(t-1)$ проводится дополнительный мониторинг издержек фирмы.

Периодический анализ результатов мониторинга цен и издержек фирмы позволяет оценить их абсолютные значения и динамику и на этой основе прогнозировать

динамику издержек и цен, что обеспечивает оптимальное ценообразование в долгосрочном плане.

Наряду с проблемами долгосрочного и среднесрочного планирования цены имеют место задачи тактического характера, связанные с текущим ценообразованием по конкретной площадке (площадкам), которые сводятся к решению проблемы – где именно в допустимом диапазоне значений, должна находиться наша цена в период времени t , как она должна быть дифференцирована в зависимости от рыночных характеристик жилой площади, какие должны быть установлены наценки и скидки с цены, какова оптимальная схема обслуживания этой цены (схема рассрочки для пайщиков), позволяющая без потери привлекательности, максимизировать прибыль в заданные сроки.

Определение состава рыночных характеристик, влияющих на цену жилья и их классификация

Обеспечивая в долгосрочном и в краткосрочном плане цели компании, окончательная цена 1 кв. м квартиры должна объективно отражать качество жилья и быть адекватной сложившейся конъюнктурной ситуации. Понятие «качество жилья» включает в себя уникальную совокупность потребительских свойств, за которые клиент платит деньги, отличающих конкретную квартиру от других.

Следовательно, рассматривая квартиру с точки зрения ее качества, необходимо определение состава рыночных характеристик жилья, обладающих комплексом потребительских свойств, которые учитываются клиентом в процессе принятия решения о покупке квартиры.

Анализ объявлений о продаже, обмене, аренде квартир в изданиях, специализирующихся на недвижимости, показывает, что существует всего две большие группы характеристик цены – это «место» и «квартира» (знак «+» в выражении (3.18) используется не как операция арифметического сложения, а как объединение двух групп указанных факторов).

$$P^*(t) = P_{\text{место}}(t) + P_{\text{квартира}}(t), \quad (3.18)$$

где:

$P_{\text{место}}(t)$ – составляющая цены на жилье, определяемая относительной выгодой расположения дома;

$P_{\text{квартира}}(t)$ – составляющая цены на жилье, определяемая типом, метражом и расположением конкретной квартиры в доме.

«Место» – группа характеристик цены, привлекающая клиента относительно выгодным с его точки зрения расположением дома по отношению к важным функционально-планировочным элементам города, района, квартала, участка. Выгодность места определяется клиентом как на эмоционально-подсознательном (нравится – не нравится), так и на формально-аналитическом уровне, исходя из стоимости аналогичных квартир в районе, времени, затрачиваемом на то, чтобы доехать до работы, дачи, магазина. В общем, для клиента «место» характеризует меру удобства или выгоды (как материальной, так и эмоциональной) от использования данной площадки под жилье, по сравнению с удобством или выгодой от использования другого земельного участка.

С другой стороны, моделируя поведение клиента по выбору места для жилья, Компания оценивает его еще и с точки зрения доступности того или иного участка для строительства (наличия пакета конкретных предложений от префектур или арендаторов), приемлемо-

сти финансовых условий инвестиционного контракта с собственником земли, капитальными затратами, связанными с освоением участка. Более подробно расчет затрат на реализацию проекта рассмотрен в главе 2.

На рис. 3.3 представлена группа характеристик цены «Место», определяющих как выбор клиентов, так и выбор Компании.

Группа инфраструктурных характеристик определяет расходы, которые будет вынужден нести человек (семья), при условии проживания в конкретном месте, связанные с затратами времени и средств на необходимые перемещения, покупки, получение социальных услуг, культурный отдых, по отношению к другим, альтернативным вариантам а следовательно, спрос и величину рыночных цен на квартиры в данном месте.

Группы правовых и локализационных характеристик определяют наличие дополнительных расходов или коммерческих рисков компании, связанных с приобретением конкретной площадки.

Группы престиж и репутация, экологические определяют комфортность места, возможность жить в относительно чистом районе с развитой, уже устоявшейся инфраструктурой, что тоже значительно влияет на спрос.

Оценивая состав характеристик, определяющих привлекательность того или иного места жительства для покупателя квартиры, можно сделать вывод о том, что они во многом совпадают (или должны совпадать) с критериями выбора строительной площадки для застройщика.

«Квартира» – группа характеристик цены, привлекающая клиента реализацией инженерных решений, определяющих удобство и комфорт проживания в конкретной квартире. Выгодность квартиры определяется клиентом как на эмоционально-подсознательном (нравится – не нравится), так и на формально-аналитическом уровне, путем сравнения однотипных квартир в различных домах и выработки собственного представления о том, что конкретно ему нужно. В общем, для клиента «квартира» характеризует меру удобства или выгоды (как материальной, так и эмоциональной) от ее занятия по сравнению с удобством или выгодой от занятия другой однотипной квартиры. Ниже перечислены рыночные характеристики цены «квартира» для всех их типов (однокомнатных, двухкомнатных, трехкомнатных, четырехкомнатных и т.д.).

1. Планировка квартиры – размер (в метрах квадратных и по периметру) и относительное расположение комнат, кухни, санузла (санузлов), холла, балконов (лоджий) и др., позволяющие оценить удобство будущего проживания в квартире.
2. Этаж – характеристика квартиры, определяющая ее расположение в доме относительно уровня земли. Многие покупатели оперируют определениями «низко», «высоко», «люблю высокие или низкие этажи». Из-за многочисленности доводов «за» и «против», трудно определить, какой этаж лучше, однако опыт продаж показывает, что квартиры расположенные на первом и последнем этажах домов типовых серий, пользуются меньшим спросом, чем квартиры, находящиеся на средних этажах.
3. Расположение квартиры на этаже. Эта характеристика включает в себя вид из окон, расположение относительно сторон света, близость к лифтовым шахтам, наличие или отсутствие общей для нескольких квартир прихожей, отделенной от лестничной клетки общей дверью, наличие «холодных» наружных стен в квартире. Для многокомнатных квартир имеет значение расположение отдельных комнат относительно фасадов здания. Наибольшим предпочтением пользуются так называемые «распашонки» – окна комнат которых выходят на различные стороны дома.

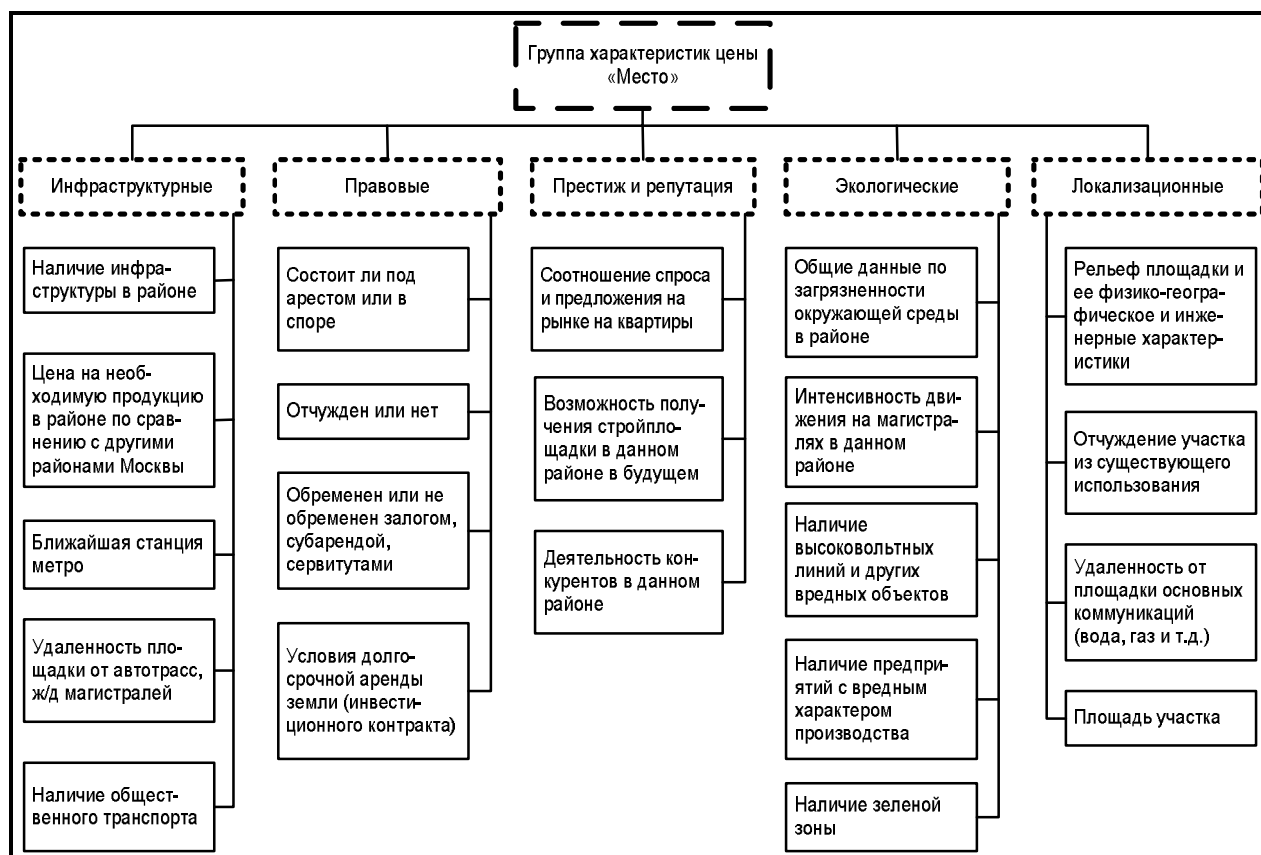


Рис. 3.3. Группа характеристик цены «Место»

4. Отделка квартиры – большинство фирм, работающих на первичном рынке жилья, продают квартиры без отделки, что снижает их себестоимость и, следовательно, цену. Это освобождает клиента от лишних затрат на покупку и затем на переделку квартиры, однако это удобно не для всех клиентов, некоторые предпочитают брать квартиру с отделкой.

В соответствии с изложенной выше концепцией жизненного цикла площадки необходимо уже на стадии ее поиска принимать долгосрочные ценовые решения с целью определения эффективности будущих вложений.

Разработка ценовой политики в течение жизненного цикла объекта

Процесс торговли в нашем случае имеет особенность в двойственном понимании товара. С одной стороны, товаром является квартира в строящемся доме, с другой стороны, собственно строящийся дом составляет весомую часть товарных характеристик и ассоциируется у покупателей с предметом покупки. Второй особенностью является длительность процесса взаимоотношений с контрагентами. Третьей особенностью является существование у объекта строительства (как товара) памяти, т.е. результат любого действия по продвижению зависит от существующей предыстории.

По этим причинам особое внимание уделяется движению цены в течение жизненного цикла площадки. Основными задачами и критериями при разработке плана движения цены, являются:

- обеспечение реализации 100% квартир к моменту сдачи дома в эксплуатацию;
- максимизация итоговой прибыли;
- обеспечение притока средств от реализации, таким образом, чтобы с начала активных строительных работ сумма

привлеченных средств превышала итоговое финансирование объекта строительства застройщиком;

- обеспечение стимуляции сбыта;
- обеспечение стабильности притока средств от реализации.

Разработка ценовой политики состоит из следующих задач:

1. Ситуационный анализ рынка, прогноз динамики его развития на период строительства объекта и определение цены реализации на момент окончания строительства.
2. Разработка плана движения цены.
3. Разработка сетки ликвидности квартир и дифференцирования цены.
4. Разработка схем оплаты вкладов.
5. Разработка системы скидок/наценок и сценариев их применения.

Необходимость решения этих задач возникает в условиях ресурсных ограничений, наличия альтернативных предложений от собственников земли, возможности выбора типа и этажности дома, который предполагается построить на данной площадке, и при расчете вариантов распределения жилой площади при долевом участии в строительстве. Конечной целью в этом случае является определение уровня рентабельности предлагаемой площадки.

Основной интерес представляют: прогнозная базовая цена, рассчитанная на текущий момент при условии окончания строительства, и прогнозная базовая цена на момент реального окончания строительства. Алгоритм расчета прогнозной базовой цены состоит из нескольких этапов, сущность которых описывается ниже.

Ежеквартально (ежемесячно) проводится мониторинг ценовой структуры предложений по районам г. Москвы по материалам из специализированных изданий, баз

данных и рекламы конкурентов. Организация мониторинга предполагает введение единого порядка территориального деления районов г. Москвы. В ходе мониторинга для каждого из районов города определяется средняя цена предложения на первичном и вторичном рынках и объем предложения по типам домов и типам квартир. Проведя несколько мониторингов за различные периоды времени, можно составить представление о характере цен в абсолютном выражении и об их динамике по районам, типам домов и типам квартир. На этой основе, вся территория города может быть поделена на зоны, в которые входят различные районы, обладающие близкими ценовыми и территориальными характеристиками, в рамках которых формируется порог безразличия спроса, то есть покупателю квартиры будет в принципе все равно (при отсутствии особых предпочтений), в каком районе, входящем в одну и ту же зону, брать квартиру. Для анализа цен это важно, так как увеличивается объем выборки и точность прогноза.

С целью сокращения трудоемкости работ по мониторингу, можно с использованием описанной схемы районирования начать исследовать только те районы, где есть предложения площадок, реально конкурирующих с рассматриваемым объектом. Возможно также использование публикуемых материалов независимых аналитиков, рассчитывающих динамику цен на рынке.

После определения $P_{min}(t)$, $P_{max}(t)$ для районов предполагаемой застройки подробно описывается группа характеристик «место» для данной площадки (см. рис. 3.3). Данная работа проводится для уточнения того, в какой ценовой нише (дом эконом-класса, бизнес-класса или элитный дом) будет позиционироваться объект и какова будет его сравнительная привлекательность.

По результатам ситуационного анализа, площадки ранжируются по критериям: текущие цены, история и тенденции их изменений, объем предложения вторичного жилья в местах предполагаемого строительства, уровень и тип конкуренции на первичном рынке. После чего выбираются типы домов, наиболее оптимальные для строительства в данном районе.

На основании полученных данных определяется ценовая ниша, средняя цена и разброс цен в ней на жилье вторичного рынка, сравнимого с рассматриваемым объектом (далее – «цена вторичного рынка»).

Проводится качественный и количественный анализ конкуренции в интересующем нас районе (определенном на этапе выбора площадки). Выясняется количество строящихся домов, этапы строительства, процент не реализованных квартир, ценовые политики застройщиков.

Анализируя полученные данные, производится определение средней базовой цены нашего объекта на текущий момент при условии завершенности строительства (далее – условная базовая цена), которое заключается в позиционировании относительно цены вторичного рынка. Позиционирование осуществляется следующим образом.

1. При высоком уровне конкуренции – на основании конъюнктурных соображений,
2. При низком уровне или отсутствии конкуренции – на основании совокупности следующих показателей:
 - предполагаемое соотношение долей клиентов типа «место» и «цена»;
 - степень заинтересованности потребителей в преимуществах нового жилья;

- текущая стоимость доведения нового жилья до пригодности к проживанию;
- наличие среди ближайшего окружения вторичного жилья с параметрами, приближающимися к строящемуся жилью.

На основании существующей динамики цен на вторичном рынке, с учетом фактора сезонности, а также на основании прогнозов изменения макроэкономической и социальной ситуации и предстоящих политических событий делается прогноз изменения цен на вторичном рынке аналогичной по типу недвижимости Москвы вообще и, в частности, в данном районе. Полученный прогноз цены на вторичную недвижимость в данном районе корректируется для занимаемой анализируемым объектом ценовой и товарной ниши.

Далее предполагается (если нет особых причин полагать иначе), что на прогнозируемый момент времени позиционирование условной базовой цены относительно цены вторичного рынка будет тем же, что и на текущий момент. Таким образом, получается прогнозируемый график движения условной базовой цены на квартиры в нашем доме.

Мотивация клиентов в долевом участии в строительстве заключается в следующем:

- экономии средств (возможность приобрести квартиру, выплатив сумму меньшую, чем за такую же, но на вторичном рынке);
- возможности получить рассрочку платежа, с целью избежать больших единовременных выплат.

Заинтересованность инвестора в привлечении средств пайщиков заключается в том, чтобы раньше возместить все предыдущие расходы по строительству объекта и дальнейшее строительство вести без привлечения собственных средств, с целью уменьшения финансовой нагрузки на застройщика. Кроме того, появляется возможность ценовой игры для стимуляции сбыта.

Этапы движения цены совпадают с этапами жизненного цикла объекта строительства. На каждом из этапов средняя цена реализации определяется величиной дисконта от текущей условной базовой цены.

Заметим, что в рамках настоящей работы рассматривается лишь определение средней цены квадратного метра предназначенной к реализации площади. Разумеется, всегда существует дифференциация цены на различные квартиры в одном объекте. Дифференцирование цен на отдельные квартиры производится относительно рассчитанной средней цены, при этом рассмотрение ценообразования на отдельные квартиры остается вне рамок настоящей работы.

Для каждого месяца реализации определяется средняя величина дисконта от текущей условной базовой цены и составляется помесечный план движения цены.

Основные характеристики, описывающие движение цены, следующие.

1. T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 – продолжительность (в месяцах) соответствующего этапа жизненного цикла проекта, описанного выше, определяемая по методике, также изложенной выше. Соответственно, общая продолжительность проекта $LT_{общ}$ определяется выражением (2.34).
2. Базовая цена на момент начала продаж P_{B_0} .
3. Темп прироста базовой цены pb (определяется как средняя величина ежемесячного прироста цены). Величина pb – относительная, выраженная в процентах.
4. Текущая цена реализации, определяемая как базовая цена на текущий момент за вычетом дисконта на текущий момент. Величина дисконта – относительная, выраженная в процентах.

Будем считать, что на начало продаж величина дисконта составляет величину D_0 , линейно уменьшается до нулевой отметки по состоянию на момент ввода объекта в эксплуатацию.

За точку отсчета, то есть момент времени $t = 0$, будем считать момент принятия решения о реализации проекта.

Таким образом, дисконт в текущем периоде будет определяться следующим образом:

$$D = \begin{cases} D_0, t < T_1; \\ D_0 - \frac{D_0}{LT} t, T_1 \leq t \leq LT_{\text{общ}}; \\ 0, t > LT_{\text{общ}}. \end{cases} \quad (3.19)$$

Базовая цена линейно растет с темпом pb , определяемым экспертно на основании анализа динамики цен спроса и предложения на рынке:

$$PB = PB_0 + pb * t. \quad (3.20)$$

Цена реализации на текущий момент определяется следующим образом:

$$PT = PB * (1 - D), \quad (3.21)$$

что с учетом выражений (3.19) и (3.20) дает нам следующую формулу для вычисления текущей средней цены реализации PT_t в период t :

$$PT_t = \begin{cases} (PB_0 + pb * t)(1 - D_0), t < T_1; \\ (PB_0 + pb * t)(1 - D_0 + \frac{D_0}{LT} t), T_1 \leq t < LT_{\text{общ}}; \\ PB_0 + pb * t, t \geq LT_{\text{общ}}. \end{cases} \quad (3.22)$$

В выражениях (3.19), (3.20), (3.21), (3.22) время – дискретное, обозначает количество месяцев, прошедшее с момента $t = 0$.

Объемы реализации прогнозируются в соответствии с моделью динамических коэффициентов, описанной выше в настоящей главе.

3.7. Приток реальных денег

После того как спрогнозированы объемы продаж и рассчитаны цены реализации на весь период реализации, величина денежных средств TR_{kv} , поступающих за период от продажи жилой площади, определяется по формуле:

$$TR_t = PT_t * q_{it};$$

Здесь количество продаваемого товара q_{it} определяется в соответствии с выражением (3.13), $t = 1, 2, \dots, LT_{\text{общ}}$ – количество месяцев, прошедших с момента начала реализации проекта (напомним, что за момент начала реализации проекта $t = 0$ положен момент принятия решения о реализации проекта).

PT_t – определяемая по формуле (3.22) средняя цена продажи площадей в i -й период.

Помимо этого, существует денежный поток от реализуемых машиномест, вычисляемый как произведение реализованных площадей машиномест (3.15) и цены единицы площади машиноместа. Будем полагать, что цена машиноместа p_{mm} остается неизменной во весь период реализации. Таким образом, денежный поток от продажи машиномест в i -й период равен

$$TR_{mm_i} = S_{mm_{iш}} * p_{mm}, \quad (3.23)$$

где $S_{mm_{iш}}$ – реализуемая за i -й период площадь машиномест, определяемая в соответствии с (3.15).

В период между сдачей объекта Госкомиссии по первому этапу и вводом объекта в эксплуатацию существует также поток от реализуемых в этот промежуток времени нежилых площадей $TR_{нж}$, который равномерно распределен по всему этому промежутку. Цена единицы площади нежилых помещений $p_{нж}$ не изменяется. Таким образом,

$$TR_{нж_t} = \frac{S_{нж}}{T_5} p_{нж_t}, T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \leq t \leq LT_{\text{общ}}. \quad (3.24)$$

где время продаж составляет промежуток между моментами сдачи объекта Госкомиссии по первому и по второму этапу (то есть их разность определяет количество периодов T_5 , разделяющих эти два события). Заметим, что в общем случае цена продажи нежилых помещений $p_{нж_t}$ зависит от времени. Однако на практике интервал T_5 невелик (в пределах 2-3 месяцев), и за столь короткий срок цена продажи нежилых помещений не изменяется, фактически являясь постоянной величиной.

Совокупный входящий денежный поток проекта в период t :

$$TR_t = TR_{kv_t} + TR_{mm_t} + TR_{нж_t}. \quad (3.25)$$

3.8. Оптимизация денежного потока

Как уже отмечалось выше, продажа площадей в строящемся объекте должна позволять застройщику решать следующие задачи.

1. Обеспечение реализации как можно большего числа квартир к моменту сдачи дома в эксплуатацию.
2. Максимизация итоговой прибыли.
3. Обеспечение притока средств от реализации, таким образом, чтобы с начала активных строительных работ сумма привлеченных средств превышала итоговое финансирование объекта строительства застройщиком.

Начинать продавать площади в строящемся в Москве доме можно только после оформления полного комплекта исходно-разрешительной документации. Таким образом, самый ранний срок начала продаж соответствует моменту выхода на площадку.

Необходимость реализации как можно большего числа квартир к моменту сдачи дома в эксплуатацию обусловлена особенностями действующего налогового законодательства, а именно, уплаты налога на добавленную стоимость (НДС). После ввода дома в эксплуатацию застройщик при продаже готовой квартиры не может предъявить НДС к зачету, следовательно, с каждой проданной после этого момента квартиры придется уплачивать НДС (в настоящий момент – 18%).

В соответствии с изложенной в главах 2, 3 концепцией планирования входящего и исходящего денежных потоков оптимизация будет заключаться в определении момента начала продаж, обеспечивающего максимизацию доходности проекта. Будем считать, что до начала продаж, а также в случае образования кассовых разрывов (то есть когда средств, поступающих от реализации, недостаточно для финансирования строительства) используются заемные средства, привлекаемые по годовой процентной ставке q .

Определение момента начала продаж сводится к решению оптимизационной задачи (например, методом линейного программирования):

$$NPV \rightarrow \max; \quad (3.26)$$

$$S_{ож}, S_{mm}, S_{нж}; \\ T_1, T_2, T_3, T_4, T_5; \\ Q;$$

PT_i ;

q_n .

Пример. В качестве примера выбрана площадка из примера 2, рассмотренного выше.

Компания приступает к реализации нового строительного проекта. Расположение земельного участка, его окружение позволяют возвести объект, который можно будет позиционировать как элитный.

В табл. 3.7 приведены исходные характеристики объекта.

Таблица 3.7

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРОЕКТА

Название	Величина
Общая площадь объекта, кв.м	8 000
Количество этажей (включая подземные)	9
Тип конструкций	Монолит
Жилая площадь, кв.м	6 100
Количество машиномест	50
Площадь машиномест (1 машиноместо = 3м × 6м = 18 кв. м), кв. м	900
Площадь предназначенных к реализации нежилых помещений, кв.м	500
Цена 1 кв. м жилой площади P_{B_0}	3 000
Цена машиноместа	36 000
Цена 1 кв. м площади машиноместа (= (цена машиноместа) / 18 кв. м)	2 000
Начальный дисконт цены площадей D_0	30%
Годовой темп роста базовой цены	18%
Цена 1 кв.м площади предназначенных к реализации нежилых помещений	5 000
Годовая процентная ставка по привлеченным средствам (она же – ставка дисконтирования)	15%
Начало реализации проекта	Январь года 1

Таблица 3.8

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ПРОЕКТА

Название	Расчет	Величина, \$
СМР	$6\,300\,000 * ((0, 27) + (0, 28) * (8000) / 13\,700) * 2$	8 755 000
Накладные расходы	$8\% * \text{СМР}$	700 000
Непредвиденные расходы	$20\% * \text{СМР}$	1 751 000
Итого расходов по СМР	$\text{СМР} + (\text{Накладные расходы}) + (\text{Непредвиденные расходы}) + (\text{Расходы на продвижение})$	11 206 000
Расходы на продвижение	$5\% * (\text{Доход от продажи жилья})$	973 000
ИТОГО расходов по проекту		12 179 000

Строительство жилого дома с характеристиками будет состоять из пяти этапов, сроки которых указаны в табл. 3.9.

Таблица 3.9

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ ПРОЕКТА

Месяцев		
Этап	Наименование этапа	Продолжительность этапа
1	Проектно-изыскательные работы, подготовка ИРД	12
2	Подготовительные работы на площадке	6
3	Возведение конструктива здания	6
4	Завершение СМР объекта	3
5	Сдача объекта Госкомиссии	2
ИТОГО		29

Срок строительства = 12 месяцев + 6 месяцев + (9/3)*2 месяца + 3 месяца + 2 месяца = 29 месяцев.

Расходы распределяются по времени в соответствии с моделью, изложенной в главе 2. Продажи рассчитываются в соответствии с моделью динамических коэффициентов. Параметры расчетов приведены в таблице. Все денежные величины рассчитываются в долларах США.

Методика расчета показателей, приведенных в таблицах 3.8 и 3.9 приведена в табл. 3.10.

Таблица 3.10

СПОСОБ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТА

№ строки	Наименование	Пояснение	Способ расчета
1	Период	Порядковый номер периода t	1, 2, ..., LT
2	№ года	Номер года с момента начала проекта	1, 2, ...
3	№ месяца	Порядковый номер месяца текущего года	1, 2, ..., 12
4	№ этапа	Порядковый номер этапа строительства	1, 2, 3, 4, 5 (\$2.5)
5	Продажи в соответствии с моделью	Объем продаж в текущем месяце в соответствии с моделью динамических коэффициентов	В соответствии с (3.13)
6	Базовая цена	Базовая цена в текущем месяце	В соответствии с (3.20)
7	Дисконт	Дисконт от базовой цены в текущем месяце	В соответствии с (3.19)
8	Расчетная цена продаж	Цена продаж жилой площади в текущем периоде	В соответствии с (3.22)
9	Планируемые продажи	План продаж на текущий период	В соответствии с (3.14)
10	Продажа машиномест	План продаж площадей машиномест на текущий период	В соответствии с (3.15)
11	Продажа нежилых помещений	План продаж нежилых площадей на текущий период	В соответствии с (3.16)
12	Продажа квартир	Поступления от продажи квартир в текущем периоде	Строка 9*строка 8
13	Продажа машиномест	Поступления от продажи машиномест в текущем периоде	Строка 10*2000
14	Продажа нежилых помещений	Поступления от продажи нежилых помещений в текущем периоде	Строка 11*5000
15	ВСЕГО	Сумма поступлений в текущем периоде	Строка 12+строка13+строка14
16	СМР	Расходы на строительномонтажные работы в текущем периоде	В соответствии с (2.34)
17	Продвижение объекта	Расходы на продвижение объекта	5% от строки 15
18	НДС	Налог на добавленную стоимость (в случаях, когда соответствующий налог подлежит уплате)	1/6 от строки 15
19	ВСЕГО	Сумма расходов в текущем периоде	Строка 16+строка17+строка18
20	Задолженность по кредиту	Величина задолженности по привлеченным кредитным ресурсам	Равна разнице между доходами и расходами в текущем периоде в случае, если эта разница отрицательна

№ строки	Наименование	Пояснение	Способ расчета
21	В т.ч. % к уплате	Проценты за пользование кредитными ресурсами, подлежащие уплате в текущем периоде	1/12*(годовая ставка)*(задолженность по кредиту в предыдущем периоде)
22	ИТОГО, денежный поток	Денежный поток с учетом выплат процентов по кредитам	Строка 15-строка19-строка21
23	ИТОГО, денежный поток нарастающим итогом	Итоговый денежный поток нарастающим итогом	Строка 22 нарастающим итогом
24	Дисконтированный денежный поток	Дисконтированный денежный поток текущего периода	-
25	NPV	Чистый приведенный доход в текущем периоде	Строка 24 нарастающим итогом
26	IRR	Внутренняя норма рентабельности проекта	Дисконт, при котором NPV = 0
27	PBP	Период возврата инвестиций	Период, в котором NPV = 0

Изначально компания планирует начать продажи одновременно с выходом на площадку, то есть в нашем примере – в двенадцатом месяце начиная с момента начала проекта.

Общая сумма поступлений от реализации квартир, машиномест и нежилых площадей составляет 25 697 367 долл. Общие расходы на осуществление проекта составляют 12 537 577 долл., и включают в себя расходы на СМР, расходы на продвижение объекта, расходы на уплату процентов по привлеченному кредиту. Заметим, что сумма уплаченного НДС составляет 0 долл., так как все площади оказываются реализованными до ввода дома в эксплуатацию. Для осуществления проекта на начальном этапе необходимо привлечь кредитную линию в сумме до 520 000 долл. сроком на 12 месяцев.

Расчеты показывают, что чистый денежный поток при этом составляет 13 159 790 долл., дисконтированный поток (**NPV**) при этом равен 10 027 158 долл., а внутренняя норма рентабельности равна 338%.

Решим оптимизационную задачу (3.26) относительно периода, в который следует начинать продажи. Оказывается, что **NPV** проекта максимален в случае, если продажи начинаются в 14-м периоде с начала реализации проекта.

В этом случае общая сумма поступлений от реализации квартир, машиномест и нежилых площадей составляет 26 662 586 долл. Общие расходы на осуществление проекта составляют 12 926 958 долл. и включают в себя расходы на СМР, расходы на продвижение объекта, расходы на уплату процентов по привлеченному кредиту. Заметим, что сумма уплаченного НДС составляет уже не 0, а 387 822 долл., так как не все площади оказываются реализованными до ввода дома в эксплуатацию. Для осуществления проекта на начальном этапе необходимо привлечь кредитную линию в сумме до 755 000 долл. сроком на 14 месяцев.

Расчеты показывают, что чистый денежный поток при этом составляет 13 669 092 долл., дисконтирован-

ный поток (**NPV**) при этом равен 10 141 557 долл., а внутренняя норма рентабельности равна 283%.

Сводные характеристики для обоих случаев приведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Долл. США

Параметр	Продажи начиная с 12-го месяца	Продажи начиная с 14-го месяца	Изменение
Затраты на проект (TC)	12 537 577	12 926 958	389 381
Выручка от проекта (TR)	25 697 367	26 662 586	965 219
Чистый денежный поток (TR-TC)	13 159 790	13 669 092	509 302
Чистый приведенный доход (NPV)	10 027 158	10 141 557	114 399
Внутренняя норма рентабельности (IRR)	338%	283%	-55%
Период возврата инвестиций (PBP)	12 месяцев	15 месяцев	+3 месяца
Сумма необходимых заемных средств	520 000	755 000	235 000

Таким образом, в приведенном примере оптимизация по срокам начала продаж площадей объекта позволила увеличить чистый денежный поток на 509 тысяч долларов, чистый приведенный доход на 114 тысяч долларов. При этом необходимая величина заемных средств увеличивается на 235 тысяч долларов, сокращается внутренняя норма рентабельности (**IRR**) и увеличивается период возврата инвестиций (**PBP**).

Таким образом, в настоящей главе исследовано моделирование притока реальных денег (денежных поступлений) инвестиционного проекта. Рассматривается разработанная автором методика планирования продаж в условиях неопределенности, базирующаяся на концепции системы нечеткого вывода (модель динамических коэффициентов). Рассмотрены основные вопросы исследования рынка, политики ценообразования. Сформулирована задача оптимизации денежного потока. Продемонстрирована возможность практического применения разработанной модели, приведен пример решения задачи оптимизации денежного потока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подытоживая все вышесказанное, можно утверждать, что достигнута основная цель данной работы – показать возможность применения теории нечетких множеств и аппарата лингвистической переменной к решению реальных экономических задач, в частности, в моделировании различных аспектов проектной деятельности предприятия в условиях неопределенности.

Данная статья объединяет в себе элементы традиционных подходов к инвестиционному проектированию с собственными разработками автора, являющимися как совершенно самостоятельными методами и моделями, так и усовершенствованиями и модификациями существующих методов. Автором продемонстрированы новые возможности эффективного получения результатов в ходе анализа и принятия решений в инвестиционном проектировании.

Среди основных результатов работы можно назвать следующие:

- показана возможность применения теории нечетких множеств и аппарата лингвистической переменной в проектном анализе, что позволило разработать модель оценки риска инвестиционного проекта в условиях неопределенности ме-

тодом семантических дифференциалов с предложенными автором усовершенствованиями; в качестве обобщенной характеристики рискованности проекта предложено понятие взвешенного значения профиля проекта, с указанием способа получения и интерпретации этой величины;

- разработана методика определения стоимости инвестиционного проекта в условиях неопределенности, предложена модель распределения оттока реальных денег (расходов) проекта во времени;
- предложена модель взаимосвязи рискованности инвестиционного проекта и стоимости его реализации в условиях неопределенности;
- разработана модель планирования продаж в условиях неопределенности для товара, спрос на который носит сезонный характер;
- разработана методика моделирования и оптимизации денежных потоков инвестиционного проекта в условиях неопределенности, приведены рекомендации по ее практическому использованию.

В настоящей работе впервые предложены методы и модели анализа денежных поступлений и расходов для инвестиционных проектов строительства, основанные на теории нечетких множеств и концепции лингвистической переменной. Разработанные методы и модели проиллюстрированы примерами использования в анализе инвестиционного проекта строительства жилого дома в г.Москве.

Аппарат теории нечетких множеств, лингвистической переменной весьма гибок, хорошо приспособлен к анализу сложных процессов, численная оценка которых представляется проблематичной. В последнее время возможности применения этих теорий находятся под пристальным вниманием ведущих экономистов, открывая перед вдумчивым исследователем широкие возможности.

Автор уверен, что в реалиях современного бизнеса круг задач, решаемых с применением теории нечетких множеств и аппарата лингвистической переменной, будет постоянно расширяться. Подтверждением тому служит факт использования предложенных в настоящей работе методик в ряде коммерческих фирм и банков.

Литература

1. Bojadziev G., Bojadziev M. Fuzzy logic for business, finance and management. World Scientific, 1997.
2. Cox D.E. Fuzzy logic for business and industry. Rockland, Massachusetts; Charles River Media Inc.
3. Dubois D., Prade H. Fuzzy sets and systems. N.Y.; Academic Press, 1980.
4. Dubois D., Prade H. Operations on Fuzzy Numbers. Journal System Sciences, 1978, vol.9, №6.
5. Osgood C.E., Suci G.J., Tannenbaum P.H. The measurement of meaning. University of Illinois Press, 1957.
6. Ragade R.K., Gupta M.M. Fuzzy sets theory: introduction. Amsterdam; 1977.
7. Schmucker Kurt J. Fuzzy sets, natural language computations, and risk analysis. Computer science press, U.S.A., 1984.
8. Sugeno M. Fuzzy Decision Making Problems. //Transactions of the Society of Instruments and Control Engineers, Tokyo. 1975, vol.11, №6.
9. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control. IEEE Trans. SMC, 1985.
10. Terano T., Asai K., Sugeno M. Fuzzy Systems Theory and its Applications. Boston; Academic Press, 1992.
11. Thole U., Zimmermann H.J., Zysno P. On the suitability of minimum and products operators for the intersection of fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems, 1979, v.2.
12. Verbruggen H.B., Babuska R. Constructing fuzzy models by product space clustering. //Fuzzy model identification, Berlin; Springer, 1998.
13. Yager R.R. Fuzzy decision making including unequal objectives. // Fuzzy Sets and Systems, 1978, vol.1.
14. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control, 1965, Vol. 8.
15. Zimmermann H.J. Fuzzy set theory and its applications. Boston; Kluwer, 1985.
16. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.; ЮНИТИ, 1998.
17. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.; Финансы и статистика, 2001.
18. Ардзинов В. Д. Ценообразование и сметное дело в строительстве. СПб, Питер, 2004 г.
19. Артемова Л.В. Инвестиции и инновации. Словарь-справочник от А до Я. М.; ДиС, 1998.
20. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. М.; Финансы и статистика, 1999.
21. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент. М.; Финансы и статистика, 1996.
22. Басовский Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка. М.; Инфра-М, 2004.
23. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. М.; Мир, 1976.
24. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем. М.; Финансы и статистика, 2003.
25. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Рига; Зинатне, 1990.
26. Бороненкова С.А. Управленческий анализ. М.; Финансы и статистика, 2002.
27. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике. СПб; Наука, 2001.
28. Бриггем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент. СПб; Экономическая школа, 2000.
29. Буянов В.П., Кирсанов К.А., Михайлов Л.А. Рискология. Управление рисками. М.; Экзамен, 2002.
30. Варфоломеев В.И., Воробьев С.Н. Принятие управленческих решений. М.; КУДИЦ-ОБРАЗ, 2001.
31. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М.; Финансы и статистика, 2002.
32. Верещагин Н.К., Шень А. Начала теории множеств. М.; МЦНМО, 2002
33. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. М.; Дело, 2001.
34. Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ: продвинутый курс. М.; Инфра-М, 2004.
35. Градостроительный кодекс российской федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (принят ГД ФС РФ 22.12.2004)
36. Грачева М.В. Анализ проектных рисков. М.; Финстатинформ, 1999.
37. Грей К.Ф., Ларсон Э.У. Управление проектами. М.; ДиС, 2003.
38. Дик В.В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. М.; Финансы и статистика, 2001.
39. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталева Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. М.; Финансы и статистика, 2000.
40. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. М.; Радио и связь, 1990.
41. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.; Мир, 1976.
42. Зинева Л.А. Справочник инженера-строителя. Расход материалов на общестроительные и отделочные работы. М.; ООО «РЦЭС», 2003
43. Ильин А.И. Планирование на предприятии. Минск, ООО «Новое знание», 2004.
44. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.; Айрис пресс, 2002.
45. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. М.; Мир, 1964.
46. Кобринский Н.Е., Кузьмин В.И. Точность экономикоматематических моделей. М.; Финансы и статистика, 1981.
47. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.; Финансы и статистика, 2000.
48. Ковалев В.В., Уланов В.А. Курс финансовых вычислений. М.; Финансы и статистика, 1999.
49. Колтынюк Б.А. Инвестиционные проекты. СПб; Издательство Михайлова, 1999.

50. Копытин К.В. Анализ рисков в инвестиционных проектах (лингвистический подход). В сборнике студенческих работ программы «Математические методы анализа экономики». М.; ТЕИС, 2003.
51. Копытин К.В. Использование метода семантических дифференциалов в оценке рисков инвестиционного проекта в условиях неопределенности. В сборнике тезисов международной конференции, стр. 208-210. М.; ТЕИС, 2004
52. Копытин К.В. Моделирование оттока реальных денег (расходов) на реализацию строительного проекта. В сборнике «Корпоративные финансы. Перспективы и реальность». Под ред. Т.В. Тепловой. Стр. 106-112. М.; Издательский дом ГУ ВШЭ, 2004.
53. Копытин К.В. Планирование продаж в условиях неопределенности. В сборнике тезисов международной конференции «Ломоносов-2003». М.; ТЕИС, 2003.
54. Копытин К.В. Планирование продаж в условиях неопределенности. В сборнике «Актуальные вопросы экономикоматематического моделирования». Под ред. М.В. Грачевой. Стр. 123-139. М.; ТЕИС, 2004.
55. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. СПб; Питер, 2003.
56. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.; Радио и связь, 1982.
57. Кочович Е. Финансовая математика. М.; Финансы и статистика, 1994.
58. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты. СПб; Питер, 2001.
59. Крылов Э.И., Власова В.В., Журавкова И.В. Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности предприятия. М.; Финансы и статистика, 2003.
60. Куценко В.В. Девелопмент. Современная концепция развития недвижимости. М.; Норма, 2004.
61. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. М.; Дело, 1998.
62. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Олдерогге Н.Г. Девелопмент. М.; Экономика, 2004.
63. Максимов С.Н. Основы предпринимательской деятельности на рынке недвижимости. СПб; Питер, 2000.
64. Математические вопросы анализа данных. Новосибирск; НЭТИ, 1980.
65. Математические методы принятия решений в экономике. Под ред. Колемаева В.А. М.; Финстатинформ, 1999.
66. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.; Экономика, 2000.
67. Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве (МДС 81-33.2004), утвержденные постановлением Госстроя России от 12 января 2004 г. №6.
68. Многокритериальные задачи принятия решений. Под ред. Д.М. Гвишиани, С.В. Емельянова. М.; Машиностроение, 1978.
69. Модели выбора альтернатив в нечеткой среде. Рига; РПИ, 1980.
70. Моррис У. Наука об управлении. Байесовский подход. М.; Мир, 1971.
71. Нанасов П.С., Варезкин В.А. Управление проектно-сметным процессом. М.; Мастерство, 2002.
72. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. Под ред. Поспелова Д.А. М.; Наука, 1986.
73. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. Под ред. Р.Р. Ягера. М.; Радио и связь, 1986.
74. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.; Наука, 1981.
75. Осгуд Ч., Суси Дж., Танненбаум П. Приложение методики семантического дифференциала к исследованиям по эстетике и смежным проблемам // Семиотика и искусствоведение. М.; Мир, 1972.
76. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.; Финансы и статистика, 2002.
77. Оценка бизнеса. Под ред. Грязновой А.Г., Федотовой М.А. М.; Финансы и статистика
78. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством. М.; Наука, 1975.
79. Петренко В.Ф. Введение в экспериментальную психосемантику: исследование форм репрезентации в обыденном сознании. М.; 1983.
80. Петренко В.Ф. Психосемантика сознания. М.; Изд-во МГУ, 1988.
81. Письмо Госстроя России от 20 апреля 2004 г. № СК-2419/10.
82. Письмо Госстроя РФ от 29.12.1993 № 12-349 (ред. От 25.04.1996) «О порядке определения стоимости строительства и свободных (договорных) цен на строительную продукцию в условиях развития рыночных отношений»
83. Постановление Госстроя РФ от 05.03.2004 № 15/1 «Об утверждении и введении в действие методики определения стоимости строительной продукции на территории российской федерации» (вместе с «Методикой... МДС 81-35.2004»)
84. Постановление Правительства Москвы от 02.07.2002 № 494-ПП (ред. От 31.03.2005) «Об утверждении программы жилищного строительства по городскому заказу до 2005 года и о заданиях по жилищному строительству на период до 2010 года» (вместе с «Концепцией жилищного строительства по городскому заказу в г. Москве», «Регламентом формирования и порядком финансирования программ жилищного строительства по городскому заказу»)
85. Постановление Правительства Москвы от 19.08.2003 № 698-ПП (ред. от 06.07.2004) «Об утверждении методики определения размера компенсации инвесторами городу за социальную и инженерную инфраструктуру при строительстве и реконструкции жилых объектов»
86. Постановление Правительства Москвы от 19.08.2003 № 698-ПП (ред. от 06.07.2004) «Об утверждении методики определения размера компенсации инвесторами городу за социальную и инженерную инфраструктуру при строительстве и реконструкции жилых объектов»
87. Постановление Правительства Москвы от 27.04.2004 № 255-ПП (ред. от 25.01.2005) «О порядке проведения конкурсов и аукционов по подбору инвесторов на реализацию инвестиционных проектов»
88. Прогнозирование и планирование экономики. Под общ. ред. В.И. Борисевича, Г.А. Кандауровой. Минск; ИП «Экоперспектива», 2000.
89. Райфа Г. Анализ решений. М.; Наука, 1977.
90. Распоряжение Мэра от 11.04.2000 № 378-РМ (ред. от 07.12.2004) «О положении о едином порядке предпроектной и проектной подготовки строительства в г. москве»
91. Риск-анализ инвестиционного проекта. Под ред. М.В. Грачевой. М.; Юнити, 2001.
92. Родионова Н.В. Семантический дифференциал (обзор литературы). Социология: 4М. № 7. С. 161-183 (Ноябрь 1996)
93. Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике. М.; Высшая школа, 2002.
94. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.; Горячая линия-Телеком, 2004.
95. Смирнова Г.Н., Сорокин А.А., Тельнов Ю.Ф. Проектирование экономических информационных систем. М.; Финансы и статистика, 2002.
96. Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности. М.; Наука, 2002.
97. Соколов Г.К. Технология и организация строительства. М.; АCADEMA, 2004.
98. Старик Д.Э. Как рассчитать эффективность инвестиций. М.; Финстатинформ, 1996.
99. Стерник Г.М. Математические основы методологии построения дискретных пространственно-параметрических моделей рынка жилья. М.; 2004. http://www.realtymarket.ru/docs/lib_44.htm
100. Стерник Г.М. Математические основы методологии построения дискретных пространственно-параметрических моделей рынка жилья. http://www.realtymarket.ru/docs/anl_03.htm.
101. Стерник Г.М. Мировая политическая и экономическая ситуация и ее влияние на рынок недвижимости. М.; 2003. http://www.realtymarket.ru/docs/anl_37.htm.
102. Стерник Г.М. Рынок жилья России на рубеже 2002-2003 годов. М.; 2003. http://www.realtymarket.ru/docs/anl_36.htm.

- 103.Стерник Г.М. Статистический подход к прогнозированию цен на жилье. М.; Журнал «Экономика и математические методы», 1998, том 34 вып.1, с. 85-90.
- 104.Стерник Г.М. Эконометрический анализ и прогноз цен на жилье в городах России. Доклад на конференции по эконометрии жилищного рынка Европейской сети исследователей жилищного рынка, Вена, 1997.
- 105.Стратегии бизнеса: аналитический справочник. Под общей ред. Клейнера Г.Б. М.; «КОНСЭКО», 1998
- 106.Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лапидус А.А. Технологии строительных процессов. Части I, II. М.; Высшая школа, 2005.
- 107.Указания по применению государственных элементных сметных норм на строительные и специальные строительные работы (ГЭСН-2001). МДС 81-28.2001. М.; Госстрой России, 2001
- 108.Фомин Г.П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности. М.; Финансы и статистика, 2001.
- 109.Фридман Д., Ордуэй Н. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости. М; Дело Лтд, 1995.
- 110.Хан Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга.
- 111.Хил Лафуренте А.М. Финансовый анализ в условиях неопределенности. Минск; Тэхналогія, 1998.
- 112.Хохлов Н.В. Управление риском. М; Юнити, 1999.
- 113.Ценообразование. Под ред. Г.А. Тактарова. М.; Финансы и статистика, 2003.
- 114.Чернов В.А. Анализ коммерческого риска. М; Финансы и статистика, 1998.
- 115.Черчилль Г.А. Маркетинговые исследования. СПб; Питер, 2000.
- 116.Чистов Л.М. Экономика строительства. СПб, Питер, 2002.
- 117.Чуканов С.Н. Интеллектуальные информационные системы: системы с нечеткой логикой. Омск, издательство ОГУ, 2002.
- 118.Шарп У.Ф., Александер Г.Дж., Бэйли Д.В. Инвестиции. М; ИНФРА-М, 1999.
- 119.Ядов В.А. Стратегия социологического исследования. М.; Институт социологии РАН, Добросвет, 2003.

Приложение 1

Методы упорядочивания массивов

Методы упорядочивания массивов основаны на попарных сравнениях входящих в массивы элементов. Наиболее распространенными методами сортировки являются метод простых вставок, метод пузырька, а также различные модификации этих методов. Для случая упорядочивания факторов по значимости в массивы будут входить не числа, а обозначения факторов (назовем такой массив последовательностью факторов), при этом для любой пары факторов выполняется одно из следующих утверждений:

- $x_a > x_b$ – фактор x_a более предпочтителен, чем фактор x_b , то есть для порядковых номеров факторов, определенных данным (k -м) экспертом, выполняется соотношение: $t_{ak} < t_{bk}$;
- $x_a \sim x_b$ – факторы x_a и x_b для данного эксперта равнозначимы.

Выполняются следующие правила:

если $x_a > x_b$, и $x_b > x_c$, то $x_a > x_c$;

если $(x_a \sim x_b, \text{ и } x_b > x_c)$, или $(x_a > x_b, \text{ и } x_b \sim x_c)$, то $x_a > x_c$.

Будем считать упорядоченной по значимости для данного эксперта (критерии значимости определяются экспертом самостоятельно) такую последовательность факторов, для которой справедливо одно из следующих соотношений относительно любых двух соседних элементов:

- $x_i > x_{i+1}$, при этом их порядковые номера в последовательности различаются на единицу: $t_{i+1} = t_i + 1$.
- $x_i \sim x_{i+1}$, при этом каждому фактору присваивается порядковый номер, равный среднему арифметическому значений порядковых номеров факторов: $t_i = t_{i+1} = \frac{1}{2} (t_{ik} + t_{i+1k})$

Метод простых вставок

Суть метода состоит в последовательном просмотре упорядоченной совокупности элементов с попарным сравнением нового элемента с каждым из элементов упорядоченной совокупности для определения подходящего для него места. Алгоритм метода следующий:

- Шаг 1. Выбираем фактор x_1 (очевидно, что совокупность, состоящая из одного элемента, является упорядоченной).
- Шаг 2. Проводим сравнение факторов x_1 и x_2 . Если $x_2 > x_1$, то расположим его слева от фактора x_1 , в противном случае расположим его справа от фактора x_1 .
- Шаг 3. Для каждого следующего фактора выполняем последовательно процедуру попарного сравнения этого нового фактора с уже упорядоченными, определяя тем самым его расположение в последовательности.
- Шаг 4. Присваиваем порядковые номера упорядоченной по значимости для данного эксперта последовательности факторов, при этом первому элементу присваиваем порядковый номер 1, второму элементу – порядковый номер 2 и т.д. (соседним элементам, равнозначимым для данного эксперта, присваивается порядковый номер, равный среднему арифметическому их порядковых номеров).

Метод пузырька

Суть метода состоит в том, что при последовательном просмотре последовательности факторов $x_1, \dots, x_n$ находим наименьшее i такое, что $x_i > x_{i+1}$. Поменяв x_i и x_{i+1} местами, возобновляем просмотр с элемента x_{i+1} и т.д. Тем самым наиболее значимый фактор передвигается на последнее место. Следующие просмотры начинать опять сначала, уменьшая на единицу количество просматриваемых элементов. Последовательность будет упорядочена после просмотра, в котором участвовали только первый и второй элементы.

Присваиваем порядковые номера упорядоченной по значимости для данного эксперта последовательности факторов, при этом n -му элементу присваиваем порядковый номер 1, $n-1$ -му элементу – порядковый номер 2 и т.д. (соседним элементам, равнозначимым для данного эксперта, присваивается порядковый номер, равный среднему арифметическому их порядковых номеров).

Приложение 2

ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ, ПО КОТОРЫМ ПРОВОДИЛОСЬ ИССЛЕДОВАНИЕ

№	Положение	Класс	Тип	Общая площадь	Площадь квартир	Площадь офисов	Количество машиномест	Этажность
Объект 1	ЮЗАО	Элитный	Монолит	34 100	21 435	0	125	16
Объект 2	ЮЗАО	Эконом	Панель	11 124	10 012	0	0	21
Объект 3	ВАО	Эконом	Монолит	13 281	10 625	0	0	25
Объект 4	ЦАО	Бизнес	Монолит	8 908	7 126	0	0	17
Объект 5	ЦАО	Бизнес	Монолит	7 190	5 752	0	0	12
Объект 6	ЮВАО	Эконом	Панель	9 653	5 556	0	0	16
Объект 7	ЮВАО	Эконом	Панель	9 653	5 556	0	0	16
Объект 8	СЗАО	Эконом	Панель	23 970	15 685	0	0	22
Объект 9	ЗАО	Эконом	Панель	63 068	28 434	0	0	22
Объект 10	ЮЗАО	Эконом	Монолит	96 500	42 500	4 400	440	29
Объект 11	ЮЗАО	Эконом	Монолит	117 000	51 500	4 900	560	29
Объект 12	ЗАО	Бизнес	Монолит	42 186	25 307	1 970	58	21
Объект 13	ЗАО	Бизнес	Панель	33 985	21 120	1 225	174	21
Объект 14	ЮЗАО	Бизнес	Монолит	27 961	15 221	676	112	24
Объект 15	ЦАО	Элитный	Монолит	8 571	4 206	573	47	6
Объект 16	ЦАО	Элитный	Монолит	23 420	11 680	1 500	115	12
Объект 17	ЦАО	Элитный	Монолит	6 200	3 357	570	35	4
Объект 18	ЗАО	Эконом	Панель	22 953	20 658	0	0	22
Объект 19	СВАО	Эконом	Панель	10 920	9 381	447	0	22
Объект 20	СВАО	Эконом	Панель	5 477	4 929	0	0	14
Объект 21	ВАО	Эконом	Монолит	10 590	8 472	0	0	25
Объект 22	ВАО	Эконом	Монолит	10 707	8 566	0	0	25
Объект 23	СВАО	Эконом	Монолит	7 733	6 186	0	0	14
Объект 24	ВАО	Эконом	Монолит	32 186	25 748	0	0	17
Объект 25	САО	Бизнес	Монолит	30 782	22 126	2 000	0	25
Объект 26	СВАО	Эконом	Монолит	10 650	8 520	0	0	25
Объект 27	ЦАО	Элитный	Монолит	8 000	6 100	0	46	9
Объект 28	ЗАО	Бизнес	Монолит	25 000	12 768	537	120	24
Объект 29	ЦАО	Элитный	Монолит	16 985	7 942	1 260	77	12
Объект 30	Подмосковье	Эконом	Монолит	34 538	21 120	3 147	0	14

Приложение 3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРА Π ДЛЯ ЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ T (ПРОЕКТ) = РИСКОВАННЫЙ ИЛИ ОЧЕНЬ РИСКОВАННЫЙ

№	Сметная стоимость	Фактическая стоимость	Увеличение стоимости СМР, в % от сметной стоимости	Площадь объекта	Класс	Значение переменной «Проект»
Объект 4	7 000 000	8 100 000	16%	8 908	Бизнес	Рискованный или Очень рискованный
Объект 12	33 400 000	27 200 000	-19%	42 186	Бизнес	Рискованный или Очень рискованный
Объект 13	26 900 000	23 500 000	-13%	33 985	Бизнес	Рискованный или Очень рискованный
Объект 15	11 800 000	12 200 000	3%	8 571	Элитный	Рискованный или Очень рискованный
Объект 17	12 100 000	11 700 000	-3%	6 200	Элитный	Рискованный или Очень рискованный
Объект 24	10 300 000	18 600 000	81%	32 186	Эконом	Рискованный или Очень рискованный
Объект 25	12 300 000	22 400 000	82%	30 782	Бизнес	Рискованный или Очень рискованный
Объект 26	4 500 000	7 900 000	76%	10 650	Эконом	Рискованный или Очень рискованный
Объект 30	10 960 000	17 100 000	56%	34 538	Эконом	Рискованный или Очень рискованный
ИТОГО:	129 260 000	148 700 000	15%	208 006	-	-

Среднее относительное изменение стоимости СМР: 31%.

Относительное увеличение стоимости СМР по всем объектам: 15%.

Значение Π : 30%.

T (Проект) = Рискованный или Очень рискованный.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРА ΠP ДЛЯ ЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ T (ПРОЕКТ) = РИСКОВАННЫЙ

№	Сметная стоимость	Фактическая стоимость	Увеличение стоимости СМР, в % от сметной стоимости	Площадь объекта	Класс	Значение переменной «Проект»
Объект 1	28 300 000	32 300 000	14%	34 100	Элитный	Рискованный
Объект 10	33 400 000	39 600 000	19%	23 420	Элитный	Рискованный
Объект 14	15 100 000	17 000 000	13%	27 961	Бизнес	Рискованный
Объект 16	20 300 000	22 700 000	12%	23 420	Элитный	Рискованный
Объект 21	5 300 000	6 000 000	13%	10 590	Эконом	Рискованный
Объект 22	5 400 000	6 500 000	20%	10 707	Эконом	Рискованный
Объект 23	3 900 000	4 800 000	23%	7 733	Эконом	Рискованный
Объект 29	13 800 000	18 000 000	30%	16 985	Элитный	Рискованный
ИТОГО:	125 500 000	146 900 000	17%	154 916	-	-

Среднее относительное изменение стоимости СМР: 18%

Относительное увеличение стоимости СМР по всем объектам: 17%

Значение ΠP : 20%

T (Проект) = Рискованный.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРА ΠP ДЛЯ ЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ T (ПРОЕКТ) = НЕ-РИСКОВАННЫЙ

№	Сметная стоимость	Фактическая стоимость	Увеличение стоимости СМР, в % от сметной стоимости	Площадь объекта	Класс	Значение переменной «Проект»
Объект 6	4 300 000	4 400 000	2%	9 653	Эконом	Не-рискованный
Объект 7	4 300 000	4 500 000	5%	9 653	Эконом	Не-рискованный
Объект 8	10 800 000	10 800 000	0%	23 970	Эконом	Не-рискованный
Объект 11	41 100 000	44 400 000	8%	117 000	Эконом	Не-рискованный
Объект 18	8 000 000	10 300 000	29%	22 953	Эконом	Не-рискованный
Объект 19	4 400 000	5 500 000	25%	10 920	Эконом	Не-рискованный
Объект 20	3 000 000	3 000 000	0%	5 477	Эконом	Не-рискованный
ИТОГО:	75 900 000	82 900 000	9%	199 626	-	-

Среднее относительное изменение стоимости СМР: 10%

Относительное увеличение стоимости СМР по всем объектам: 9%

Значение ΠP : 10%

Данные расчетов стоимости СМР, фактической стоимости

T (Проект) = Не-рискованный.

Приложение 4

СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ВЕЛИЧИНЫ СМР С ФАКТИЧЕСКИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ

№ ²	Сметная стоимость	Фактическая стоимость	Увеличение стоимости СМР, в % от сметной стоимости	Площадь объекта	Класс	СМР, рассчитанная в соответствии с (2.21-2.23)	Значение переменной «Проект»	Непредвиденные расходы согласно §2.5	Общая стоимость СМР
Объект 1	28 300 000	32 300 000	14%	34 100	Элитный	26 200 000	Рискованный	20%	31 440 000
Объект 2	5 800 000	6 500 000	12%	11 124	Эконом	5 400 000	Рискованный	20%	6 480 000
Объект 3	6 900 000	7 200 000	4%	13 281	Эконом	6 200 000	Рискованный	20%	7 440 000
Объект 4	7 000 000	8 100 000	16%	8 908	Бизнес	6 110 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	7 943 000
Объект 5	6 800 000	6 800 000	0%	7 190	Бизнес	5 330 000	Рискованный	20%	6 396 000
Объект 6	4 300 000	4 400 000	2%	9 653	Эконом	4 900 000	Не-рискованный	10%	5 390 000
Объект 7	4 300 000	4 500 000	5%	9 653	Эконом	4 900 000	Не-рискованный	10%	5 390 000
Объект 8	10 800 000	10 800 000	0%	23 970	Эконом	9 700 000	Не-рискованный	10%	10 670 000
Объект 9	28 400 000	28 000 000	-1%	63 068	Эконом	22 900 000	Рискованный	20%	27 480 000
Объект 10	33 400 000	39 600 000	19%	96 500	Эконом	34 100 000	Рискованный	20%	40 920 000
Объект 11	41 100 000	44 400 000	8%	117 000	Эконом	41 000 000	Не-рискованный	10%	45 100 000
Объект 12	33 400 000	27 200 000	-19%	42 186	Бизнес	20 670 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	26 871 000

² По объектам, выделенным курсивом, изначально выполнялись расчеты в соответствии с разработанной автором методикой.

№ ²	Сметная стоимость	Фактическая стоимость	Увеличение стоимости СМР, в % от сметной стоимости	Площадь объекта	Класс	СМР, рассчитанная в соответствии с (2.21-2.23)	Значение переменной «Проект»	Непредвиденные расходы согласно §2.5	Общая стоимость СМР
Объект 13	26 900 000	23 500 000	-13%	33 985	Бизнес	17 030 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	22 139 000
Объект 14	15 100 000	17 000 000	13%	27 961	Бизнес	14 430 000	Рискованный	20%	17 316 000
Объект 15	11 800 000	12 200 000	3%	8 571	Элитный	9 200 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	11 960 000
Объект 16	20 300 000	22 700 000	12%	23 420	Элитный	19 200 000	Рискованный	20%	23 040 000
Объект 17	12 100 000	11 700 000	-3%	6 200	Элитный	7 600 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	9 880 000
Объект 18	8 000 000	10 300 000	29%	22 953	Эконом	9 400 000	Не-рискованный	10%	10 340 000
Объект 19	4 400 000	5 500 000	25%	10 920	Эконом	5 400 000	Не-рискованный	10%	5 940 000
Объект 20	3 000 000	3 000 000	0%	5 477	Эконом	3 500 000	Не-рискованный	10%	3 850 000
Объект 21	5 300 000	6 000 000	13%	10 590	Эконом	5 300 000	Рискованный	20%	6 360 000
Объект 22	5 400 000	6 500 000	20%	10 707	Эконом	5 300 000	Рискованный	20%	6 360 000
Объект 23	3 900 000	4 800 000	23%	7 733	Эконом	4 300 000	Рискованный	20%	5 160 000
Объект 24	10 300 000	18 600 000	81%	32 186	Эконом	12 500 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	16 250 000
Объект 25	12 300 000	22 400 000	82%	30 782	Бизнес	15 600 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	20 280 000
Объект 26	4 500 000	7 900 000	76%	10 650	Эконом	5 300 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	6 890 000
Объект 27	9 186 000	11 300 000	23%	8 000	Элитный	8 800 000	Рискованный	20%	10 560 000
Объект 28	16 700 000	17 200 000	3%	25 000	Бизнес	13 130 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	17 069 000
Объект 29	13 800 000	18 000 000	30%	16 985	Элитный	14 800 000	Рискованный	20%	17 760 000
Объект 30	10 960 000	17 100 000	56%	34 538	Эконом	13 300 000	Рискованный или Очень рискованный	30%	17 290 000

ОТКЛОНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОТ ДАННЫХ СМЕТНОГО РАСЧЕТА И ФАКТИЧЕСКОЙ СТОИМОСТИ СМР

№	Отклонение фактических расходов от сметы	Отклонение (2.25) от сметной стоимости	Отклонение (2.25) от фактической стоимости	Отклонение СМР от сметной стоимости	Отклонение СМР от фактической стоимости
Объект 1	14%	-7%	-19%	11%	-3%
Объект 2	12%	-7%	-17%	12%	0%
Объект 3	4%	-10%	-14%	8%	3%
Объект 4	16%	-13%	-25%	13%	-2%
Объект 5	0%	-22%	-22%	-6%	-6%
Объект 6	2%	14%	11%	25%	23%
Объект 7	5%	14%	9%	25%	20%
Объект 8	0%	-10%	-10%	-1%	-1%
Объект 9	-1%	-19%	-18%	-3%	-2%
Объект 10	19%	2%	-14%	23%	3%
Объект 11	8%	0%	-8%	10%	2%
Объект 12	-19%	-38%	-24%	-20%	-1%
Объект 13	-13%	-37%	-28%	-18%	-6%
Объект 14	13%	-4%	-15%	15%	2%
Объект 15	3%	-22%	-25%	1%	-2%
Объект 16	12%	-5%	-15%	13%	1%
Объект 17	-3%	-37%	-35%	-18%	-16%
Объект 18	29%	18%	-9%	29%	0%
Объект 19	25%	23%	-2%	35%	8%
Объект 20	0%	17%	17%	28%	28%
Объект 21	13%	0%	-12%	20%	6%

№	Отклонение фактических расходов от сметы	Отклонение (2.25) от сметной стоимости	Отклонение (2.25) от фактической стоимости	Отклонение СМР от сметной стоимости	Отклонение СМР от фактической стоимости
Объект 22	20%	-2%	-18%	18%	-2%
Объект 23	23%	10%	-10%	32%	8%
Объект 24	81%	21%	-33%	58%	-13%
Объект 25	82%	27%	-30%	65%	-9%
Объект 26	76%	18%	-33%	53%	-13%
Объект 27	23%	-4%	-22%	15%	-7%
Объект 28	3%	-21%	-24%	2%	-1%
Объект 29	30%	7%	-18%	29%	-1%
Объект 30	56%	21%	-22%	58%	1%

СРЕДНЕЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ

Отклонение фактических расходов от сметы	Отклонение (2.25) от сметной стоимости	Отклонение (2.25) от фактической стоимости	Отклонение СМР от сметной стоимости	Отклонение СМР от фактической стоимости
18%	-2%	-16%	18%	1%

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ПО СОВОКУПНОСТИ ВСЕХ ОБЪЕКТОВ

Отклонение фактических расходов от сметы	Отклонение (2.25) от сметной стоимости	Отклонение (2.25) от фактической стоимости	Отклонение СМР от сметной стоимости	Отклонение СМР от фактической стоимости
13%	-8%	-18%	11%	-1%

Приложение 5

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОДАЖ (ПРИМЕР 1: ОБЪЕКТ 25)

Месяц	DVreal _i	Поправочный коэффициент ³	План	План, нарастающим итогом	Фактический объем продаж	Выполнение плана	Всего (нарастающим итогом)	% от плана	Экспертный план	Выполнение экспертного плана	Экспертный план, нарастающим итогом	Выполнение долгосрочного экспертного плана
9	3, 93%	1, 5	1 304	1 304	1 600	123%	1 600	123%	2 500	64%	2 500	64%
10	5, 08%	1, 2	1 348	2 652	1 650	123%	3 250	123%	3 320	50%	5 820	56%
11	5, 77%	1	1 276	3 928	1 590	125%	4 840	123%	2 213	72%	8 033	60%
12	4, 37%	1	968	4 896	1 180	123%	6 020	123%	2 213	53%	10 246	59%
1	4, 12%	1	912	5 807	1 150	126%	7 170	123%	1 106	104%	11 352	63%
2	5, 20%	1	1 151	6 958	1 000	88%	8 170	117%	1 106	90%	12 458	66%
3	6, 32%	1	1 399	8 357	1 400	101%	9 570	115%	1 106	127%	13 564	71%
4	8, 24%	1	1 824	10 181	1 420	78%	10 990	108%	1 106	128%	14 670	75%
5	8, 98%	1	1 987	12 168	1 250	63%	12 240	101%	1 106	113%	15 776	78%
6	4, 43%	1	980	13 148	930	96%	13 170	100%	1 106	84%	16 882	78%
7	3, 29%	1	727	13 875	680	94%	13 850	100%	1 106	61%	17 988	77%
8	3, 28%	1	726	14 600	600	83%	14 450	99%	1 106	54%	19 094	76%
9	4, 32%	1	956	15 557	1 090	115%	15 540	100%	1 106	99%	20 200	77%
10	5, 58%	1	1 235	16 792	1 120	91%	16 660	99%	443	253%	20 643	81%
11	6, 34%	1	1 403	18 196	1 090	78%	17 750	98%	443	246%	21 086	84%
12	4, 81%	1	1 065	19 260	1 250	118%	19 000	99%	443	282%	21 529	88%
1	4, 53%	1	1 003	20 263	1 210	121%	20 210	100%	443	273%	21 972	92%
2	4, 94%	1	1 093	21 356	940	87%	21 150	99%	154	610%	22 126	96%
3	Остаток	1	770	22 126	976	110%	22 126	100%	-	-	-	-
ИТОГО:			22 126	-	22 126	-	-	-	22 126	-	-	-
Среднее значение			-	-	-	102%	-	108%	-	154%	-	74%
Стандартное отклонение			-	-	-	19%	-	10%	-	135%	-	11%

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОДАЖ (ПРИМЕР 2: ОБЪЕКТ 26)

Месяц	DVreal _i	Поправочный коэффициент ^{4*}	План	План, нарастающим итогом	Фактический объем продаж	Выполнение плана	Всего (нарастающим итогом)	% от плана	Экспертный план	Выполнение экспертного плана	Экспертный план, нарастающим итогом	Выполнение долгосрочного экспертного плана
10	5, 08%	1, 5	649	649	810	125%	810	125%	1 039	78%	1 039	78%
11	5, 77%	1, 3	639	1288	760	119%	1570	122%	1 226	62%	2 265	69%
12	4, 37%	1	373	1661	420	113%	1990	120%	1 828	23%	4 093	49%

³ Пример 1. Объект 25.⁴ Пример 2. Объект 26.

Месяц	DVreal _i	Поправочный коэффициент ^{4*}	План	План, нарастающим итогом	Фактический объем продаж	Выполнение плана	Всего (нарастающим итогом)	% от плана	Экспертный план	Выполнение экспертного плана	Экспертный план, нарастающим итогом	Выполнение долгосрочного экспертного плана
1	4, 12%	1	351	2 012	401	114%	2 391	119%	1 160	35%	5 253	46%
2	5, 20%	1	443	2 455	381	86%	2 772	113%	864	44%	6 117	45%
3	6, 32%	1	539	2 994	472	88%	3 244	108%	560	84%	6 677	49%
4	8, 24%	1	702	3 696	686	98%	3 930	106%	250	274%	6 927	57%
5	8, 98%	1	765	4 461	804	105%	4 734	106%	49	1 641%	6 976	68%
6	4, 43%	1	377	4 838	502	133%	5 236	108%	196	256%	7 172	73%
7	3, 29%	1	280	5 118	214	76%	5 450	106%	76	282%	7 248	75%
8	3, 28%	1	279	5 397	276	99%	5 726	106%	76	363%	7 324	78%
9	3, 93%	1	335	5 732	276	82%	6 002	105%	99	279%	7 423	81%
10	5, 08%	1	432	6 164	397	92%	6 399	104%	148	268%	7 571	85%
11	5, 77%	1	491	6 655	438	89%	6 837	103%	219	200%	7 790	88%
12	4, 37%	1	373	7 028	291	78%	7 128	101%	289	101%	8 079	88%
1	4, 12%	1	351	7 379	292	83%	7 419	101%	289	101%	8 368	89%
2	5, 20%	1	443	7 822	390	88%	7 809	100%	152	257%	8 520	92%
3	6, 32%	1	539	8 361	410	76%	8 219	98%	-	-	-	-
4	Остаток	1	159	8 520	301	189%	8 520	100%	-	-	-	-
ИТОГО:			8 520	-	8 520	-	-	-	8 520	-	-	-
Среднее значение			-	-	-	102%	-	108%	-	256%	-	71%
Стандартное отклонение			-	-	-	26%	-	8%	-	362%	-	16%

Копытин Кирилл Вячеславович

ОТЗЫВ

Инвестиционная деятельность является важной функцией в работе, практически любого современного предприятия. Она осуществляется в форме разработки и реализации инвестиционных проектов. Эффективность этой деятельности во многом зависит от возможностей и умения разрабатывать реалистичные проекты, рассчитывать затраты инвестиционных ресурсов и достоверные результаты их использования. На языке инвестиционного проектирования это определяется как построение модели входящих и выходящих денежных потоков.

Общей целью рассматриваемой статьи является разработка эффективных инструментов моделирования динамики этих потоков в условиях неопределенности исходных данных для их расчетов. Несмотря на то, что в последние 6-7 лет этой проблеме уделяется усиленное внимание в исследованиях видных отечественных экономистов, сегодня еще нельзя говорить о достаточности разработанных прикладных экономикоматематических инструментов, обеспечивающих получение приемлемых инвестиционных решений по довольно широкому классу проектов. В частности, это относится к проектам жилищного строительства, которым свойственна неопределенность значительной части характеристик денежных потоков на этапах их реализации.

Данное положение объясняется тем, что практическое применение наиболее развитых математических методов инвестиционного проектирования, основанных на теории вероятностей и математической статистике, часто бывает невозможно из-за отсутствия представительных массивов фактических данных, позволяющих получать достоверные вероятностные оценки и законы их распределения. Сегодняшняя

тенденция стагнации рынка инвестиционных проектов отодвигает сроки появления такой информации за пределы ближайших 10 лет. Это обстоятельство вызывает необходимость применения альтернативных методов формирования прогнозных показателей денежных притоков и оттоков в бизнес-планах проектов.

Исследования последних лет демонстрируют позитивные примеры компенсаций отсутствующей представительной статистической базы аппаратом нечетких (размытых) множеств и лингвистической переменной при анализе и прогнозировании динамики ключевых параметров инвестиционных проектов. К разряду таких примеров, можно отнести приемы количественного описания рисков областей реализации проектов и оценок инвестиционных рисков, ранжирования проектов по степени рисков и т.п.

К заслуге автора статьи нужно отнести оправданную смелость, с которой он «вторгся» с указанным нетривиальным аппаратом в новые области инвестиционного проектирования: построения денежных потоков, оценки стоимости проектов, планирования продаж и т.д. Помимо этого, в статье разработаны оригинальные математические методы, углубляющие и дополняющие результаты применения теории нечетких множеств его предшественниками. В частности, при решении задачи оптимизации накопленного чистого денежного потока. Это сви-

детельствует не только об актуальности статьи К.В. Копытина, но и о высоком уровне новизны ее результатов.

Важным достоинством статьи является логическая последовательность и завершенность исследования, что выражается в доведении авторских методик до практической реализации на примерах из строительства жилых домов в г. Москве, подтверждающих достоверность теоретических результатов.

Заключая сказанное можно отметить, что результаты статьи К.В. Копытина обладают необходимой новизной и актуальностью, а выводы, предложения и рекомендации - достаточной степенью обоснованности. То есть она обладает всеми признаками научного исследования кандидатского уровня.

Вместе с тем, статья К.В. Копытина не свободна от отдельных недостатков, свойственных подобного рода исследованиям с высоким уровнем новизны. К их числу можно отнести ограниченность сферы применения предложенного автором подхода, хотя, судя по целям и задачам исследования, он претендует на универсальность.

При таком подходе адекватная сфера приложения предлагаемых инструментов инвестиционного проектирования существенно сужается: коммерческими объектами социальной сферы и инфраструктуры; гаражами, жилищами и т.п., в которых потоки затрат и доходов от реализации готовой продукции, формируются до момента начала их эксплуатации.

В целом статья Копытина Кирилла Вячеславовича представляет собой завершенное, самостоятельное научное исследование по актуальной теме, содержащее ряд новых и практически значимых результатов. Основные положения и выводы статьи в достаточной мере отражены в публикациях автора и автореферате.

На этом основании ее можно квалифицировать как научно обоснованную экономическую разработку, обеспечивающую решение важных прикладных задач развития инвестиционно-проектной деятельности в России.

Турмачев С.Е., д.э.н., директор Центра исследований инвестиционного рынка при Минэкономразвития России

ОТЗЫВ

Автор в своей статье затрагивает важную тему модельного описания проектов. Проект имеет множество преломлений для анализа: оценка эффективности, управление, анализ рисков. В данной работе представлен взгляд на проект с точки зрения моделирования денежных потоков, что является важным аспектом проектного анализа и, в частности, делает возможным оценку эффективности инвестиционного проекта. В качестве инструмента моделирования используется теория нечетких множеств. Комплексный подход автора к поставленной цели исследования определил логику и структуру работы.

Проверку теоретических предположений на практике автор реализует на деятельности строительной компании. Модель строительного проекта в представленной интерпретации состоит из двух частей – модель инвестирования капитала и модель поступления денежных средств в результате реализации построенного жилья. Вторая глава работы по-

священа моделированию оттока капитала. Автор подробно описывает этапы деятельности строительной организации, в работе детально представлены отдельные элементы деятельности, что говорит о компетентности автора в данной области экономической деятельности. Существенная часть этого раздела сопряжена с оценкой рисков проекта: приведено описание основных видов риска, произведена оценка стоимости строительства с учетом факторов риска. Автором разработана оригинальная методика оценки рисков инвестиционного проекта в условиях, когда численное моделирование факторов риска и расчет их влияния на результаты проекта затруднены в силу недостаточности исходных данных. В таких условиях автор предлагает использовать лингвистический подход, который автор основывает на методе семантических дифференциалов. В качестве обобщенной характеристики рискованности проекта К.В. Копытин вводит понятие «взвешенной величины профиля проекта», при этом в работе обосновывается связь между лингвистическим значением степени рискованности проекта и величиной дополнительных расходов, связанных с его реализацией.

Последняя часть работы описывает модель притока денежных средств. При разработке модели автор учитывает такие факторы как сезонность, особенности ценообразования в отрасли. Для определения величины притока денежных средств автор вводит две модели. Первая модель позволяет построить прогноз величины продаж товара. В своей модели автор подробно описывает весь комплекс преобразований, при этом приводятся результаты, подтверждающие более высокую точность прогнозирования объемов продаж с использованием модели динамических коэффициентов по сравнению с экспертными методами. Вторая модель, описанная автором в этом разделе, представляет собой описание поведения цены продажи квадратных метров жилья во времени с учетом этапов работ. Соединение прогноза продаж и прогноза движения цены позволило автору построить модель притока средств инвестиционного проекта. Отдельный параграф работы посвящен представлению оптимизационной модели инвестиционного проекта, что описано в концептуальном виде.

Наряду с указанными достоинствами, в работе встречается ряд недостатков. Наиболее существенным, на мой взгляд, является представление деятельности строительной организации как одной компании. В реальности, отдельные этапы работ могут выполняться разными организациями: существует заказчик строительства, генеральный подрядчик и множество субподрядчиков, выполняющих отдельные этапы. Автор предпринял упрощение реальности, которое может внести существенные коррективы в отражение деятельности.

Представленные в тексте работы и в приложениях исходные данные и результаты расчета имеют сравнительно незначительный объем, что позволяет сделать предположение об условности приведенных примеров.

Практическая значимость работы представлена методикой оценки проектов строительства. Одновременно, отмечается, что методика применима только для оценки проектов строительства жилья в Москве при существующих на момент написания статьи ценах строительных материалов, транспортных тарифов, стоимости земли и т.д. – формулы оценки включают жесткие коэффициенты. Это существенно ограничивает применимость методики. Более универсальный вариант исполнения предлагаемой методики повысил бы ее ценность, одновременно, это не помешало бы опробовать ее на конкретных данных.

Липунцов Ю.П., к.э.н., доцент кафедры экономической информатики экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

РЕЦЕНЗИЯ

Динамика технологического роста является наиболее важной характеристикой производительных сил экономики страны, определяющей ее текущее состояние и потенциальные возможности развития. В значительной мере эта динамика определяется степенью воспроизводственной активности предприятий, которая за годы реформ заметно ослабла вместе со снижением интереса к стратегическим методам управления и, особенно к инвестиционным элементам стратегий. В то же время понятно, что потенциал отдельного предприятия, равно как и потенциал экономики в целом во многом зависят от того, насколько предприятия в своей деятельности учитывают отдаленные стратегические перспективы развития своего потенциала, текущее и будущее состояние и динамику обновления основных фондов. Наиболее тесно стратегия обновления основных фондов связана с инвестиционной активностью предприятий, а последняя, как известно, воплощается в проектных формах деятельности.

Проектная деятельность предприятия, имеющая – в отличие от процессной – вполне конкретные сроки завершения, ориентирована, как правило, на реализацию инвестиционных проектов, которые должны обеспечивать рост потенциала предприятия и расширение его экономических возможностей. В то же время инвестиционные проекты реализуются в условиях объективно существующей неопределенности, обусловленной неоднозначностью протекания экономических процессов, многообразием превращения возможностей в действительность, взаимодействием большого числа разнородных экономических объектов и субъектов и т.п. Учет неопределенности в реальной проектной деятельности экономических систем остается до сих пор, несмотря на обилие публикаций в этой области экономического знания, проблемой далекой от своего разрешения.

К достоинствам работы К.В. Копытина можно отнести и то, что в ней применяются разнообразные, в том числе и весьма современные методы исследований: дифференциальное и вариационное исчисление, эконометрические и статистические методы, аппарат теории нечетких множеств и лингвистических переменных. Несомненное практическое значение полученных в данной работе методических результатов состоит в том, что разработанные модели сравнительно легко алгоритмируются, и поэтому допускают эффективное использование современных вычислительных средств.

Результаты и выводы работы могут быть применены для последующих исследований проблем инвестиционного проектирования в условиях неопределенности, а также применяться при подготовке вузовских курсов по проектному анализу, инвестиционному проектированию и управлению рисками. Основные результаты работы в целом отражены в автореферате и опубликованных работах Копытина К.В.

Качалов Р.М., д.э.н., заведующий лабораторией Центрального экономико-математического института РАН

3.9. MODELLING OF DESIGN ACTIVITY OF THE FACTORY IN THE CONDITIONS OF INDETERMINATE FORM

K.V. Kopytin, Candidate of Science (Economic)

Moscow State University of M.V. Lomonosova

Investment projects modeling in a fuzzy environment
by Kirill Kopytin

The article justifies the use of fuzzy-sets theory to make a prediction of the cash-flow of an investment project when there is not enough information available to clearly describe the project, and when the probability distributions of the variables that characterise the project are unknown. The author shows that fuzzy-sets theory and linguistic variables may be effectively used in such a case.

The author uses the fuzzy-sets theory and linguistic variables to improve existing and to propose new methods of project analysis to model incomes and expenses of an investment project. This approach broadens the variety of problems in the economy which may be solved with mathematical models.

The author demonstrates the possibility of using his methods (particularly the risk-analysis method and the sales planning model) not only in the analysis of real property development, but also in identifying priorities of non-commercial projects by medical institutes and governmental agencies.

Models of risk-analysis, cost calculations for real property development, and sales planning in fuzzy environment are used by number of corporations and banks.

The results described in the paper may be used by research institutes and government bodies both to analyze various projects and to approximate the descriptions (by means of expert opinions) of a wide range of objects, notions, and events which certain models of estimation are difficult or even impossible to fulfill for some reason.

The following conclusions and statements describe the novelty of the work on fuzzy logic and on economic theory:

- it develops a method of cash-flow (incomes and expenses) modelling of investment project in fuzzy environments; proposes cash-flow optimization by determining the optimal moment to start sales;
- it demonstrates the use of fuzzy-sets theory and linguistic variables in project analyses that develop a risk-analysis model which uses semantic differentials to describe uncertainty. The author develops a weighted value of project profile as a universal measure of project risk and describes how to calculate and interpret this value.
- it develops a model of approximate calculation of the project expenses in a fuzzy environment, proposes a method to distribute the costs (expenses) over time; it also introduces a model of interconnection of risk and planned costs of the project
- it develops a "model of dynamic coefficients" to forecast sales in a fuzzy environment, both in terms of absolute values (units of goods) and in terms of shares of whole amount of goods
- demonstrates examples of the use of results applied to the analysis of real property development projects in Moscow, Russia.