

УДК 004.42:338:519.85

А.В. Медведев, И.А. Пимонов, П.Н. Победаш, А.В. Смольянинов

УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛЬНЫМИ ИНВЕСТИЦИЯМИ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

Реальные инвестиции – это вложения капитала в основные фонды и на прирост материально-производственных запасов. Практическим воплощением реальных инвестиций являются капитальные вложения. В начале 2008 года общий уровень износа основных фондов в коммерческих организациях, по данным Росстата [1], достигал почти 44%. Поэтому на предприятиях инвестиционная деятельность сводится преимущественно к операциям реального инвестирования. Приобретаются целостные имущественные комплексы, ведется реконструкция и техническое перевооружение, новое строительство, модернизация действующего оборудования. Для обоснования целесообразности и направления осуществления реальных инвестиций в той или иной форме составляется инвестиционный проект (ИП). В связи с вышеприведенными обстоятельствами остро стоит задача разработки и совершенствования методов и инструментов оценки и анализа эффективности развития крупных социально-экономических систем (КСЭС) на уровне предприятия, отрасли, региона и всего государства в целом. Используемые для такой оценки пакеты экономического и финансового анализа, такие как БЭСТ-Офис, ИНЭК-Аналитик, Альт-Инвест, Галактика, Project Expert и другие, на сегодняшний день позволяют получать показатели производственной, инвестиционной и финансовой деятельности предприятий в широком диапазоне параметров, в том числе рассматривать динамику их развития при заданных в каждый момент характеристиках движения. Это устраивает финансовых аналитиков, о чем говорит широкое использование названных программных продуктов в практической деятельности планово-аналитических служб предприятий. Вместе с тем в указанных пакетах практически отсутствуют возможности непосредственного получения *оптимальных значений* показателей экономического развития во временной динамике, что не позволяет относительно быстро выйти на оптимальные или субоптимальные траектории развития экономических агентов. Кроме того, существующие программные решения либо не позволяют менять алгоритмы расчётов, либо для этого нужны специальные знания в области программирования или наличие навыков и опыта работы со специфическими инструментами. В связи с этим и был разработан комплекс программ управления реальными инвестициями на основе решения многокритериальных задач экономической динамики. Математически реализованный подход опирается на решение задачи оптимального управления, что

позволяет использовать созданный комплекс программ в широком кругу практических приложений, не привязывая его только к одной конкретной области экономического анализа.

Согласно источникам [2-5], посвященным моделированию инвестиционных процессов, методы оценки привлекательности проекта можно разделить на четыре группы:

1) использующие набор финансово-экономических показателей ИП;

2) методы статистического моделирования, использующие математический аппарат теории вероятностей и математической статистики (например, регрессионные модели Альтмана, Бивера, имитационные модели и т.п.);

3) эвристические и экспертные, использующие неформальные интерактивные процедуры, основанные на интуиции и опыте лица, принимающего решение;

4) оптимизационные, сводящиеся к решению одно- и многокритериальных задач, которые, в свою очередь, делятся на статические и динамические.

В общем случае для адекватной оценки эффективности проекта необходимо использовать комбинацию всех четырех перечисленных групп методов, учитывающих динамику инвестиционного процесса. При этом оптимизационная постановка задачи позволяет автоматически учитывать содержательные ограничения и цель инвестора и находить наилучший вариант реализации ИП. Кроме того, нет необходимости рассматривать какие-либо нормативные ограничения на те или иные финансово-экономические показатели деятельности предприятия. В частности математическая постановка задачи оптимизации реальных инвестиций адекватно описывается в классе многошаговых задач линейного программирования (МЗЛП) с фиксированным левым концом, что определяет и методы ее решения.

К наиболее распространенным на сегодняшний день пакетам, используемым для экономического анализа, относятся отечественные продукты Project Expert (PRO-INVEST Consulting), «Альт-Инвест» («Альт») и их зарубежный аналог Comfar. Project Expert, также как и Comfar, является закрытым программным продуктом, «Альт-Инвест» – открытая программа, реализованная в виде рабочей книги пакета прикладных программ MS Excel, что дает возможность пользователю изменять алгоритмы выполняемых расчетов. Какой вариант программы предпочтительнее, сказать сложно, поскольку как закрытые, так и открытые

программы имеют свои преимущества и недостатки.

Открытые программные продукты позволяют пользователю подстраивать алгоритмы расчетов под конкретные задачи, но это в то же время требует более высокого уровня квалификации, а в некоторых случаях и знаний в области программирования, поэтому корректное изменение алгоритмов расчетов для многих пользователей может оказаться невыполнимой задачей. К тому же недостаток опыта может привести к некорректным изменениям в программе и, следовательно, к ошибкам в результатах. Преимуществом такого подхода является гибкость, но недостатки более значительны и очевидны – высокие квалификационные требования к пользователю. В данном случае пользователь должен быть готовым к большим временным затратам на конструирование и отладку модели. В то же время необходимо отметить следующие преимущества открытых пакетов прикладных программ: гибкость, прозрачность, очевидность алгоритмов и методов расчетов.

В отличие от рассмотренных существующих программных продуктов в созданном комплексе был использован наиболее гибкий и в то же время максимально удобный подход – визуальное конструирование моделей. Конструктор позволяет создавать пользовательские модели в полностью визуальном режиме, то есть редактировать векторно-матричную информацию, имея перед глазами образ матрицы, а также добавлять модельные параметры. Кроме того, в пакете также имеется отладчик, позволяющий обнаруживать ошибки или противоречия во вводимых параметрах модели. Таким образом, данный подход позволяет пользователю управлять алгоритмами расчетов, не требуя от него при этом специальных знаний и навыков.

Анализ функционирования КСЭС позволил выявить их основные особенности:

- 1) динамический характер;
- 2) дискретность;
- 3) наличие фиксированного начального состояния;
- 4) наличие нескольких лиц, принимающих решение (ЛПР);
- 5) взаимосвязанность и наличие временных лагов экономических процессов;
- 6) наличие многочисленных рисков проекта.

Для учета указанных особенностей при математическом моделировании региональных экономических процессов предлагается использовать следующие основные принципы и методы:

- 1) сбалансированность по уровню детализации и агрегирования;
- 2) гарантированность результата;
- 3) усреднение;
- 4) дисконтирование;
- 5) многошаговость;
- 6) линейность;

7) многокритериальность.

Линейную дискретную задачу оптимального управления, используемую в созданном пакете программ в качестве математической модели, которая с достаточной для практики точностью и адекватностью позволяет описывать функционирование производственных экономических систем и прогнозировать стратегию их развития, можно записать следующим образом:

уравнения движения:

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t) - s(t); \quad x(0) = a; \quad (1)$$

ограничения:

$$C(t)x(t) + D(t)u(t) \leq h(t);$$

$$u(t) \geq 0 \quad (t = 0, \dots, T^0 - 1); \quad (2)$$

целевая функция:

$$J_i = \sum_{t=0}^{T^0-1} [(a_i(t), x(t)) + (b_i(t), u(t))] + (a_i(T^0), x(T^0)) \rightarrow \max \quad (3)$$

где N – количество критериев;

$x(t)$ – вектор неуправляемых параметров;

$u(t)$ – вектор управляемых параметров;

$A(t), B(t), C(t), D(t)$ – матрицы коэффициентов уравнений движения и ограничений;

$a_i(t), b_i(t)$ – векторы коэффициентов целевой функции;

$s(t), h(t)$ – векторы уравнений движения и ограничений;

T^0 – горизонт планирования проекта.

Отметим, что линейность многошаговой задачи позволяет разрабатывать эффективные алгоритмы ее решения и дополнять содержательную постановку новыми блоками, не меняя вычислительную и алгоритмическую трудность решаемой задачи. При реализации многошаговой задачи линейного программирования (1)-(3) важным является вопрос ввода, представления и хранения информации векторно-матричного вида. В связи с этим в описываемом пакете есть возможности визуализации и эффективного ввода информации такого характера.

В результате проведенных исследований создана система поддержки и принятия решений для предварительной оценки инвестиционных проектов, состоящая из системы математических моделей, алгоритмов их анализа и комплекса программ «КАРМА» [6], который можно использовать для решения следующих задач управления реальными инвестициями:

1) определение оптимального количества основных производственных фондов и режима их закупки;

2) расчет оптимального объема инвестиционных вложений и определение режима их расходования;

3) оценка и анализ экономической эффективности инвестиционного проекта.

Необходимо отметить, что программный комплекс изначально разрабатывался для применения на региональном уровне, в частности для управления промышленной политикой региона. Но существуют модификации данной программы, которые делают возможным ее использование на микроуровне. Главным достоинством комплекса программ является то, что в его основе заложена оптимизационная модель денежных потоков, в отличие от широко применяемых на сегодняшний день прикладных программ, в которых реализованы методы имитационного моделирования. Предлагаемый подход вносит ограничения на детализацию некоторых параметров, но при этом необходимо учитывать, что сохраняется оптимизационный характер используемой модели.

Отсутствие необходимого уровня детализации накладывает ограничения на использование данной программы в качестве инструмента разработки полноценного бизнес-плана, но оптимизационный характер, в свою очередь, превращает ее в эффективный инструмент оценки и анализа экономической эффективности на этапе предварительного рассмотрения инвестиционных проектов. С этой точки зрения программа является удобной не столько для предприятия, разрабатывающего инвестиционный проект, сколько для инвестора, которому необходимо быстро и эффективно определить и оценить перспективы проекта. Поэтому данный программный комплекс можно рассматривать как систему поддержки принятия решений при оценке и анализе экономической эффективности инвестиционного процесса.

С позиции предприятия данный программный продукт можно использовать в качестве инструмента стратегического планирования, а для тактического планирования деятельности предприятия целесообразно применять программные продукты, основанные на имитационных моделях. Кроме

того, реализованный в составе программного комплекса визуальный конструктор моделей позволяет создавать модели, учитывающие особенности функционирования конкретной экономической системы пользователя.

Ключевыми преимуществами программного комплекса являются:

- 1) оптимизационная модель денежных потоков;
- 2) полностью визуальный конструктор моделей;
- 3) широкий набор инструментов для анализа полученных данных;

В комплексе программ «КАРМА» реализованы два режима работы:

- 1) конструктор моделей, позволяющий строить модели с максимальным учетом требований аналитика в полностью визуальном режиме;
- 2) автоматизированное рабочее место (АРМ) аналитика, позволяющее аналитику в удобном виде вводить исходные данные, получать оптимальное решение задач управления реальными инвестициями, визуализировать любую из полученных зависимостей.

К основным возможностям и особенностям программного комплекса «КАРМА» можно отнести следующие:

- 1) создание математических моделей в полностью визуальном режиме;
- 2) мощная подсистема визуализации полученных результатов;
- 3) уникальный визуальный редактор матриц, заданных в виде блоков формул;
- 4) возможность защиты данных модели от несанкционированного доступа на основе систем шифрования Blowfish и TripleDes;
- 5) поддержка динамически загружаемых математических ядер, что позволяет пользователю выбрать способ решения;

Таблица 1 – Значения входных параметров

N	n	T	I_0	r	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	δ_7	δ_8
2	8	5	500	0,1	0,39	5,18	0,21	0,43	41,63	14,03	4,53	1,41

Таблица 2 – Спрос на продукцию

Время t (год)	2	3	4	5	6	7
Спрос $q_1(t)$ на 1-й вид продукции	27	27	27	27	27	27
Спрос $q_2(t)$ на 2-й вид продукции	43	43	43	43	43	43
Спрос $q_3(t)$ на 3-й вид продукции	50	50	50	50	50	50
Спрос $q_4(t)$ на 4-й вид продукции	25	25	25	25	25	25
Спрос $q_5(t)$ на 5-й вид продукции	100	100	100	100	100	100
Спрос $q_6(t)$ на 6-й вид продукции	100	100	100	100	100	100
Спрос $q_7(t)$ на 7-й вид продукции	100	100	100	100	100	100
Спрос $q_8(t)$ на 8-й вид продукции	100	100	100	100	100	100

6) максимально полное разделение работы различных специалистов (моделировщика, программиста и инвестиционного аналитика);

7) система компиляции математических выражений, обеспечивающая высокую скорость расчетов;

8) гибкая система хранения данных на основе xml;

9) возможность обмена информацией с MS Excel.

Для проверки работоспособности комплекса программ была рассмотрена следующая задача управления региональной промышленной политикой. Необходимо найти такие распределения по периодам инвестиций для приобретения основных производственных фондов (ОПФ), а также выручку от реализации продукции 8 видов экономической деятельности Красноярского края, чтобы эффективность инвестиционного проекта по развитию указанных видов деятельности была максимальной по критериям инвестора и регионального управляющего центра. Виды экономической деятельности перечислены ниже:

- 1) добыча полезных ископаемых;
- 2) обрабатывающие производства;
- 3) производство и распределение электроэнергии, газа и воды;
- 4) строительство;
- 5) торговля;
- 6) гостиничный бизнес;
- 7) транспорт;
- 8) недвижимость.

I. Сальдированный финансовый результат [7, стр. 109-110] за январь-ноябрь 2006 года в миллионах рублей: 1) 12137,7; 2) 141120,2; 3) 331; 4) 285,3; 5) 782,6; 6) 82,8; 7) 2346,1; 8) 276,8.

II. Структура финансовых вложений (инвестиции) организаций [7, стр. 79] (по крупным и средним организациям, в миллионах рублей): 1) 31495,4; 2) 27259,8; 3) 1606,7; 4) 662,1; 5) 18,8; 6) 5,9; 7) 518,5; 8) 197,3;

Отношение статистических данных, приведенных в пунктах I и II, можно трактовать как среднюю эффективность работы организаций (максимальную фондоотдачу) по этим видам экономической деятельности.

Таблица 3 – Оптимальные значения управляющих переменных

	$u(0)$	$u(1)$	$u(2)$	$u(3)$	$u(4)$	Комментарий
1	0,00	0,00	0,00	70129,87	0,00	Стоимость ОПФ1
2	0,00	0,00	83059,69	0,00	0,00	Стоимость ОПФ2
3	0,00	0,00	0,00	242718,45	0,00	Стоимость ОПФ3
4	0,00	0,00	0,00	58004,64	0,00	Стоимость ОПФ4
5	500,00	15021,31	8500,98	0,00	0,00	Стоимость ОПФ5
6	0,00	0,00	71260,60	0,00	0,00	Стоимость ОПФ6
7	0,00	0,00	220994,48	0,00	0,00	Стоимость ОПФ7
8	0,00	0,00	78307,32	629907,98	0,00	Стоимость ОПФ8
9		0,00	0,00	0,00	27000	Выручка 1
10		0,00	0,00	430000,00	430000	Выручка 2
11		0,00	0,00	0,00	50000	Выручка 3
12		0,00	0,00	0,00	25000	Выручка 4
13		20814,00	646121,01	1000000	1000000	Выручка 5
14		0,00	0,00	1000000	1000000	Выручка 6
15		0,00	0,00	1000000	1000000	Выручка 7
16		0,00	0,00	110569,9	1000000	Выручка 8

Таблица 4 – Оптимальные значения фазовых переменных

$x(0)$	$x(1)$	$x(2)$	$x(3)$	$x(4)$	$x(5)$
$x(1,0)=0,00$	$x(1,1)=0,000$	$x(1,2)=0,000$	$x(1,3)=0,000$	$x(1,4)=70129,8$	$x(1,5)=70129,8$
$x(2,0)=0,00$	$x(2,1)=0,000$	$x(2,2)=0,000$	$x(2,3)=83059,6$	$x(2,4)=83059,6$	$x(2,5)=83059,6$
$x(3,0)=0,00$	$x(3,1)=0,000$	$x(3,2)=0,000$	$x(3,3)=0,000$	$x(3,4)=242718$	$x(3,5)=242718$
$x(4,0)=0,00$	$x(4,1)=0,000$	$x(4,2)=0,000$	$x(4,3)=0,000$	$x(4,4)=58004,6$	$x(4,5)=58004,6$
$x(5,0)=0,00$	$x(5,1)=500,00$	$x(5,2)=15521,3$	$x(5,3)=24022,2$	$x(5,4)=24022,2$	$x(5,5)=24022,2$
$x(6,0)=0,00$	$x(6,1)=0,000$	$x(6,2)=0,000$	$x(6,3)=71260,60$	$x(6,4)=71260,6$	$x(6,5)=71260,6$
$x(7,0)=0,00$	$x(7,1)=0,000$	$x(7,2)=0,000$	$x(7,3)=220994$	$x(7,4)=220994$	$x(7,5)=220994$
$x(8,0)=0,00$	$x(8,1)=0,000$	$x(8,2)=0,000$	$x(8,3)=78307,32$	$x(8,4)=708215$	$x(8,5)=708215$
$x(9,0)=0,00$	$x(9,1)=500,00$	$x(9,2)=15516,3$	$x(9,3)=477484,1$	$x(9,4)=1473468$	$x(9,5)=145868$
$x(10,0)=0,00$	$x(10,1)=0,000$	$x(10,2)=0,000$	$x(10,3)=4177,70$	$x(10,4)=1553596$	$x(10,5)=480685$
$x(11,0)=0,00$	$x(11,1)=500,0$	$x(11,2)=500,00$	$x(11,3)=500,000$	$x(11,4)=500,000$	$x(11,5)=500,00$

Кроме того, по первым четырем из указанных видов деятельности в [7, стр. 11, 13, 26] приведены сводные статистические данные по объему отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по видам экономической деятельности (в миллионах рублей, в действующих ценах, без НДС, акцизов и других аналогичных платежей), которые можно трактовать как задающие нижнюю границу спроса на продукцию соответствующих видов деятельности: 1) 28046,6 (27000); 2) 438878,5 (430000); 3) 45833,4 (50000); 4) 24616,6 (25000). В скобках приведены округленные значения соответствующих показателей, которые выбирались при проведении расчетов в данной работе для упрощения анализа получаемых результатов. Так как для отраслей №5-8 данные по объему отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг в [7] отсутствуют, то будем предполагать, что спрос по ним не известен, и рассматривать его как очень большой.

Расчеты производились по модели с входными параметрами, приведенными в табл. 1, где T – горизонт планирования (период ИП);

N – количество критериев;

n – количество ОПФ;

I_0 – максимальная сумма внешних инвестиций;

r – ставка доходности проекта;

δ_i – максимальная фондоотдача i -го вида ОПФ.

Годовой спрос (в миллиардах рублей) на продукцию указанных видов экономической деятельности приведен в табл. 2.

Построение динамической модели было произведено в режиме конструктора моделей. Результаты соответствующих расчетов на основе динамической модели получены в режиме инвестиционного анализа и приведены в таблицах 3 и 4.

Чистая приведенная стоимость собственных средств производителя $J_1^*(\mu)$ и управляющего центра $J_2^*(\mu)$ при $\mu=0$ и при $\mu=1$ соответственно равны: $J_1^*(0)=4182383,33$ и $J_2^*(\mu)=1358109,12$; $J_1^*(1)=4193672,45$ и $J_2^*(1)=1346820,01$.

Помимо результатов приведенных расчетов, с помощью программного комплекса «КАРМА»

ЛПР могут получать зависимости оптимальных стоимостей собственных средств участников ИП от различных параметров модели: налоговых ставок, уровня затрат на оплату труда, ставки доходности ИП, горизонта планирования, количества отраслей, спроса на продукцию, максимального объема внешних инвестиций и других.

Кроме того, с помощью комплекса программ «КАРМА» было проведено параметрическое исследование на основе z -модели, которое позволило выявить влияние различных параметров на эффективность проекта. Была выявлена закономерность, что при достижении определенной пороговой величины внешних инвестиций эффективность проекта перестает возрастать. Это позволяет обосновывать перед инвестором необходимую сумму инвестиций. При значениях ставки дисконтирования, меньших значения 0.42, в рассматриваемом ИП более заинтересован производитель, в противном случае – региональный центр. В первом случае для повышения общей эффективности ИП имеет смысл отдавать приоритет интересам производителя, во втором – регионального центра. Эти рекомендации помогают максимально ускорить согласование контракта при соблюдении баланса интересов всех участников инвестиционного проекта.

В настоящее время разработанный программный комплекс используется при расчете ряда инвестиционных проектов стратегического планирования, купли-продажи и реструктуризации бизнеса, развития конкурентоспособных отраслей региональной экономики. Учитывая всё вышесказанное, можно сделать вывод, что созданный комплекс программ является эффективным инструментом анализа задач оптимального управления и позволяет решать следующие задачи:

1) оценивать эффективность инвестиционных проектов КЭС как микро-, так и макроэкономического уровня – отдельного предприятия, региона, отрасли и государства в целом;

2) управлять стратегией развития КЭС путем согласования различных направлений экономической политики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шухгальтер, Майя. Состояние основных фондов тормозит развитие // Экономика бизнеса. Приложение к номеру 09 (9275) за 13.03.2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eg-online.ru/archive/item.php?ITEM_ID=46499, свободный.
2. Инвестиции / Под редакцией В.В. Ковалева, В.В. Иванова, В.А. Ляпина, издание 2-е, перераб. – М.: Проспект, 2008. – 584 с.
3. Ковалев, В.В. Финансовый анализ. – М.: Финансы и статистика. – 1998. – 512 с.
4. Экономика предприятия / Под ред. В.М. Семенова. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2001. – 360 с.
5. Медведев, А.В. Модели и методы принятия решений при многокритериальной оценке эффективности регионального экономического развития: Дис. докт. физ.-мат. наук. – Красноярск, СибГАУ, 2008. – 378 с.
6. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2008614387. Конструктор и решатель дискретных задач оптимального управления («КАРМА») / А.В. Медведев, П.Н. Победаш, А.В.

Смолянинов, М.А. Горбунов. – М.: Роспатент. – №2008613376; Заяв. 21.07.2008; Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11.09.2008.

7. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю (Красноярскстат): Социально-экономическое положение Красноярского края в 2006 году (доклад, № 1-1). – Красноярск, 2007. – 163 с.

□ Авторы статьи:

Медведев
Алексей Викторович
– докт. физ.-мат. наук,
проф. каф. высшей математики
КемГУ,
alexm_62@mail.ru.

Пимонов
Игорь Александрович
– аспирант Института экономики
и организации промышленного
производства СО РАН,
pimigor@mail.ru.

Победаш
Павел Николаевич
– канд. физ.-мат. наук, доц.
каф. высшей математики
КемГУ,
тел. (8-384-2)58-39-12,
vm2112@kemsu.ru.

Смолянинов
Андрей Владимирович
– выпускник КузГТУ
(группа ПИ-041),
smoly87@mail.ru