

# МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СУБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ

Специальность: Экономика и управление народным хозяйством

Направление: Математические методы в экономике

Автор: А.В. ЖУКОВ, аспирант кафедры экономики Тверского государственного университета

Разработана модель для оценки оптимальной стратегии развития субъекта экономики. Действие данной модели проиллюстрировано на примере оценки эффективности инвестиционных проектов, обеспечивающих устойчивое развитие региона. Для анализа эффективности проектов предполагается комплексное использование методов многокритериальной оптимизации.

The model is developed for estimation of the optimal development strategy of economic subject. Effects of the given model is illustrated by the estimation of efficiency of the investment projects providing steady development of the region. For the analysis of projects efficiency the complex use of multi-criteria optimization methods is supposed.

**Ключевые слова:** Стратегия развития, модель оценки проектов, устойчивое развитие региона, коэффициент инновационности, эффективность инвестиционных проектов, многокритериальная оптимизация, комплексное использование методов многокритериальной оптимизации.

**Keywords:** Strategy of development, estimations model of projects, steady development of region, innovation factor, efficiency of investment projects, multicriterion optimization, complex use of multi-criteria optimization methods.

Регион это хозяйственная система, представляющая собой часть территории с комплексом связей и зависимостей между государственными и коммерческими организациями. Регион является крупным субъектом собственности и экономической деятельности [2].

Региональная политика устойчивого развития квалифицируется как инструмент стабилизации социальной жизни, регулирования взаимоотношений общества со средой, его существования как природной, так и социальной, снятия напряженности и устранения конфликтов в эколого-экономическом и социокультурном отношениях [5].

Активное развитие инновационной деятельности в регионах является тем механизмом, инструментом, рычагом структурных преобразований, с помощью которых можно осуществить ускоренный переход региона к устойчивому развитию [2]. При переходе региона к устойчивому развитию должен быть соблюден баланс основных интересов всех субъектов региональной системы. В первую очередь необходимо определить стратегическую доминанту на всех уровнях управления, что позволит более рационально использовать имеющиеся ресурсы, скоординировать продвижение на различных направлениях деятельности.

Инновационная деятельность региона связана с решениями руководителей региона о принятии или отказе в реализации определённых инновационных проектов. Для анализа и оценки проектов важно использовать такие методы и модели, на основе которых могут быть выработаны рекомендации руководству региона относительно перспективности и целесообразности их реализации на территории региона. При этом необходимо учитывать все обстоятельства, связанные с реализацией принимаемых проектов, и цели (достижимую выгоду) всех участников вновь создаваемого или модернизируемого предприятия (проекта).

Автором статьи предлагается модель, с помощью которой исследователь способен оценить систему показателей проектов с целью выбора оптимальной стратегии развития в пределах рассматриваемой предметной области. Несмотря на существующие разработки в области анализа инвестиционных проектов (модель устойчивого развития Иванова П.М. [3], модель оптимизации инвестиционных проектов Седовой С. В. [4] и др.) на настоящий момент актуальна проблема разработки математического аппарата для выбора проектов, обеспечивающих необходимый результат одновременно по ряду критериев в социальной, экологической, экономической сфере. В связи с этим применение предлагаемой модели, которая облегчает принятие подобного решения, проиллюстрировано на примере оценки эффективности инвестиционных проектов, обеспечивающих устойчивое развитие региона. Пример является частным случаем прикладного характера модели. Её применение в решении задач таких областей, как стратегический менеджмент на уровне предприятия и стратегическое планирование в сфере интернет-маркетинга является предметом дальнейшего развития модели.

Достоинством модели применительно к оценке инвестиционных проектов является простота реализации и возможность использования как руководством региона для выбора проектов, так и инвесторами, решающими задачу максимизации прибыли от реализации проекта с учетом соответствия проекта требованиям устойчивого развития региона.

Объектом исследования статьи являются инвестиционные проекты в регионе. Предметом — методика анализа инвестиционных проектов, обеспечивающих устойчивое развитие региона.

**Построение модели.** В примере рассматривается ситуация, когда объявлен конкурс на создание новых или модернизацию существующих промышленных предприятий на территории региона. Руководство региона выдает предполагаемым инвесторам свои требования по модернизации существующих или созданию новых предприятий. Потенциальные инвесторы представляют проекты, опираясь на собственные средства или предполагая взятие кредита. Перед руководством региона стоит задача выбора для реализации проектов, отобранных инвесторами и представленных на конкурс. Для решения этой задачи необходима всесторонняя оценка проектов: ожидаемого приращения доходов региона, а также сопутствующих внедрению проекта многочисленных факторов, в том числе появления новых рабочих мест, изменения демографической ситуации и ситуации на рынке труда, возможных экологических последствий и др., т.е. оценка обеспечения проектами устойчивого развития региона. Особенно важным является и учет того, насколько предлагаемые проекты предприятий способствуют развитию региона по инновационному пути.

Будем полагать, что большинство показателей в исследуемом примере применения модели можно свести к единицам денежного измерения.

Входными данными в модели являются:

$n$  – количество инвесторов или количество проектов, представленных к рассмотрению руководству региона;

$N_l$  – количество проектов, рассматриваемых  $l$ -ым инвестором,  $l = 1, \dots, n$ ;

$t_i$  — время реализации  $i$ -го проекта, в годах,  $i = 1, \dots, N_l$ ;

$r$  – ставка дисконтирования;

$h$  – величина кредитной ставки;

$\theta$  – коэффициент, корректирующий значение прибыли на суммарную величину федеральных и региональных налогов, требуемых к уплате по  $i$ -му проекту за  $t_i$  лет;

$t_h$  — период выплаты задолженностей по взятому кредиту, в годах,  $h = 1, \dots, N_l$ ;

$q_i$  – единовременные затраты для реализации  $i$ -го проекта на момент начала его реализации, в денежных единицах;

$p_{ij}$  – доходы от реализации  $i$ -го проекта за  $j$ -ый год, в денежных единицах,  $j = 1, \dots, t_i$ ;

$M_l$  – имеющиеся в наличии средства у  $l$ -го инвестора, в денежных единицах;

$\mathcal{E}_l$  – суммарная за  $t_l$  лет величина концентрации загрязнителей в соответствующих загрязняющих средах (масса вещества, например, на 1 кв. метр поверхности земли или 1 куб. метр или воздуха) на общей площади района реализации  $l$ -того проекта, в кг;

$\mathcal{E}$  – предельно допустимый уровень концентрации загрязнителей в соответствующих загрязняющих средах на общей площади района реализации за время реализации проекта, в кг;

$\mu$  – коэффициент, сочетающий ставки основных региональных и местных налогов, требуемых к уплате по  $i$ -му проекту за  $t_i$  лет;

$k$  – принятое предельное значение коэффициента социальной эффективности;

$k_{зпр i}$  – средний уровень зарплаты на  $i$ -ом предприятии, в денежных единицах;

$k_{зр}$  — средний уровень зарплаты в районе реализации проекта, в денежных единицах;

$N_{рmi}$  – число рабочих мест на  $i$ -ом предприятии, чел.;

$N_{рм}$  – число рабочих мест в районе реализации проекта, чел.;

Математическая постановка первого этапа задачи.

$$L_i \rightarrow \max_i, \quad (1)$$

где

$$L_i = \theta \cdot \left( \sum_{j=1}^{t_i} \frac{p_{ij}}{(1+r)^j} - q_i \right) - K_{io}; \quad (2)$$

$$K_{io} = \sum_{j=1}^{t_h} \left( \frac{K_{ib} + K_{ib} \cdot (t_h - j + 1) \cdot h}{t_h \cdot (1+r)^j} \right), \quad (3)$$

при условии:

$$\mathcal{E}_i \leq \mathcal{E}; \quad (4)$$

$$k_i \geq k; \quad (5)$$

$$J_i > 0,4; \quad (6)$$

$$b_i > 0,9; \quad (7)$$

$$q_i \leq M_l + K_{ib}; \quad (8)$$

где

$$k_i = h_1 \cdot \left( \frac{N_{рм} + N_{рmi}}{N_{рм}} \right) + h_2 \cdot \left( \frac{k_{зпр i}}{k_{зр}} \right), \quad (9)$$

$$J_i = \begin{cases} 0, & \text{если проект не является инновационным;} \\ 0,5, & \text{если проект является относительно инновационным;} \\ 1, & \text{если проект является инновационным.} \end{cases} \quad (10)$$

$$b_i = \begin{cases} 1, & \text{если проект одобрен населением;} \\ 0, & \text{если проект не одобрен населением.} \end{cases} \quad (11)$$

Математическая постановка задачи выработки рекомендаций руководству региона относительно целесообразности принятия проекта.

$$\sum_{l=1}^N \alpha_l \cdot V_l \rightarrow \max_l, \quad (12)$$

где

$\alpha_l = 0$ , если руководство региона предложенный проект отвергает,  
 $\alpha_l = 1$ , если руководство региона предложенный проект принимает.

$$V_l = f_3(L_l) + S_l - f_4(\Theta_l); \quad (13)$$

$$f_3(L_l) = \mu \cdot L_l; \quad (14)$$

$$S_l = G \cdot \Theta_l, \text{ где } G = \begin{cases} \text{если } \Theta_l \leq \frac{\Theta}{3}, \text{ то } G = \gamma, \\ \text{если } \frac{\Theta}{3} < \Theta_l \leq \frac{2 \cdot \Theta}{3}, \text{ то } G = 5 \cdot \gamma, \\ \text{если } \Theta_l > \frac{2 \cdot \Theta}{3}, \text{ то } G = 30 \cdot \gamma, \end{cases} \quad (15)$$

$$f_4(\Theta_l) = 15 \cdot \gamma \cdot \Theta_l \quad (16)$$

при условии:

$$\sum_{l=1}^n \alpha_l \cdot \Theta_l \leq \Theta; \quad (17)$$

$$\sum_{l=1}^n \alpha_l \cdot k_l \geq k; \quad (18)$$

$$\sum_{l=1}^n \alpha_l \cdot J_l \geq 0,5 \cdot \sum_{l=1}^n \alpha_l; \quad (19)$$

$$\sum_{l=1}^n \alpha_l \cdot b_l \geq \sum_{l=1}^n \alpha_l; \quad (20)$$

При сравнении конкурирующих проектов руководство региона имеет возможность использовать комплексный критерий:

$$C_l \rightarrow \max_l, \quad (21)$$

где

$$C_l = \beta_{1l} \cdot \frac{V_l}{\max_l \{V_l\}} + \beta_{2l} \cdot T_l, \quad (22)$$

где  $\beta_{1l} + \beta_{2l} = 1$  и  $\beta_{1l}, \beta_{2l} \geq 0$ .

$$T_l = \rho_{1l} \cdot f_5(\Theta_l) + \rho_{2l} \cdot f_6(k_l) + \rho_{3l} \cdot f_7(b_l) + \rho_{4l} \cdot f_8(J_l), \quad (23)$$

где  $\rho_{1l} + \rho_{2l} + \rho_{3l} + \rho_{4l} = 1$  и  $\rho_{1l}, \rho_{2l}, \rho_{3l}, \rho_{4l} \geq 0$

$$f_5(\Theta_l) = 1 - \frac{\Theta_l}{\max_l \{\Theta_l\}} \quad (24)$$

$$f_6(k_l) = \frac{k_l}{\max_l \{k_l\}} \quad (25)$$

$$f_7(b_l) = b_l \quad (26)$$

$$f_8(J_l) = J_l \quad (27)$$

*Выходные параметры модели:*

набор проектов  $(x_1, x_2, \dots, x_g)$ , рекомендуемых к реализации ( $g < n$ );

$L_l$  – значение прибыли от реализации  $l$ -го проекта, в денежных единицах;

$S_l$  – величина штрафов за экологические загрязнения, полученные в результате реализации  $l$ -го проекта, в денежных единицах;

$V_l$  – приращение ВРП в результате реализации  $l$ -го проекта, в денежных единицах;

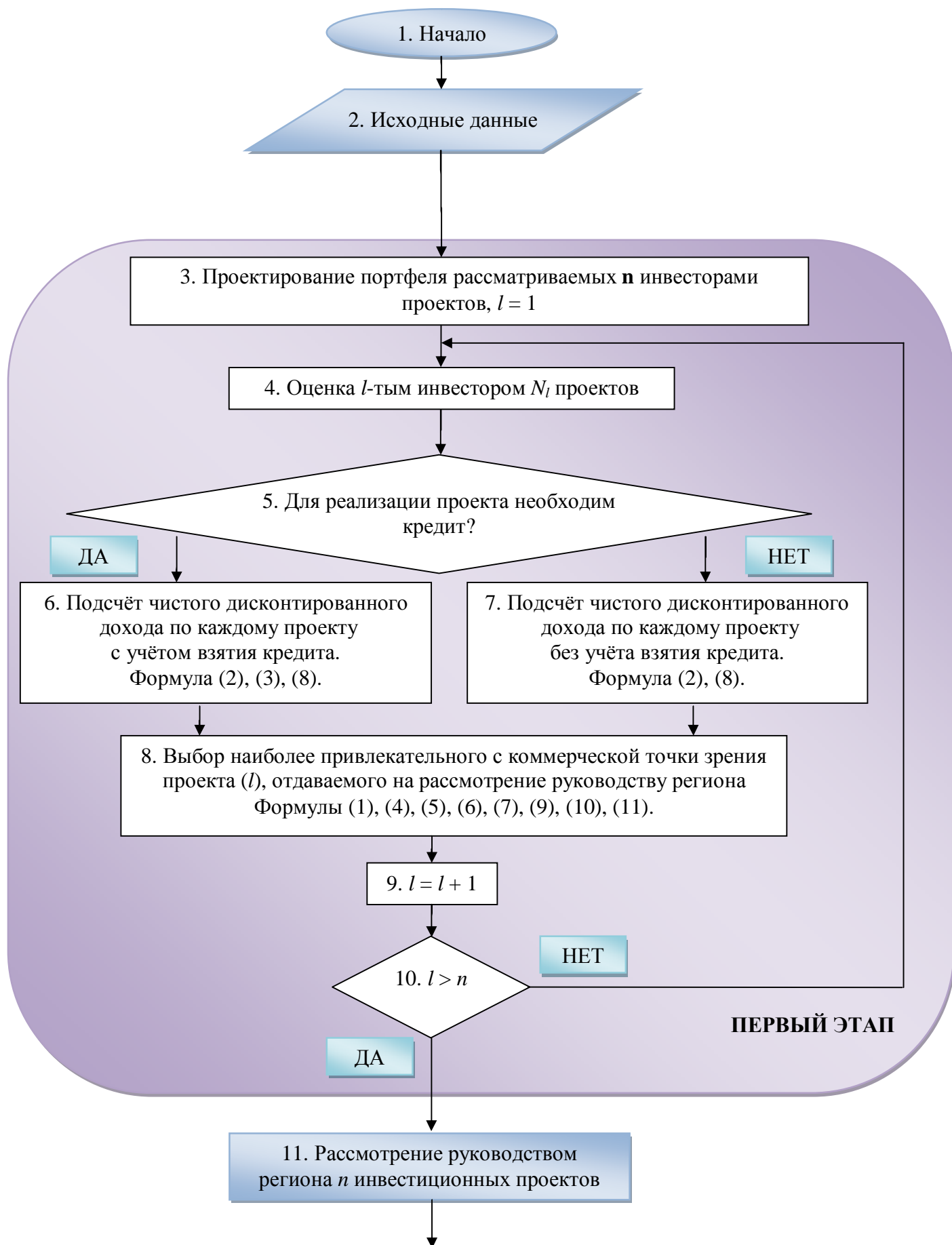
$k_l$  – значение коэффициента социальной эффективности  $l$ -го проекта;

$J_l$  – значение коэффициента «инновационности»  $l$ -го проекта;

$b_l$  – значение коэффициента приемлемости  $l$ -го проекта;

$K_{l\theta}$  – величина взятого кредита на время  $t_R$  для успешной реализации  $l$ -го проекта, в денежных единицах.

В таблице 1 указаны данные, передаваемые между блоками схемы, изображённой на рисунке 1.



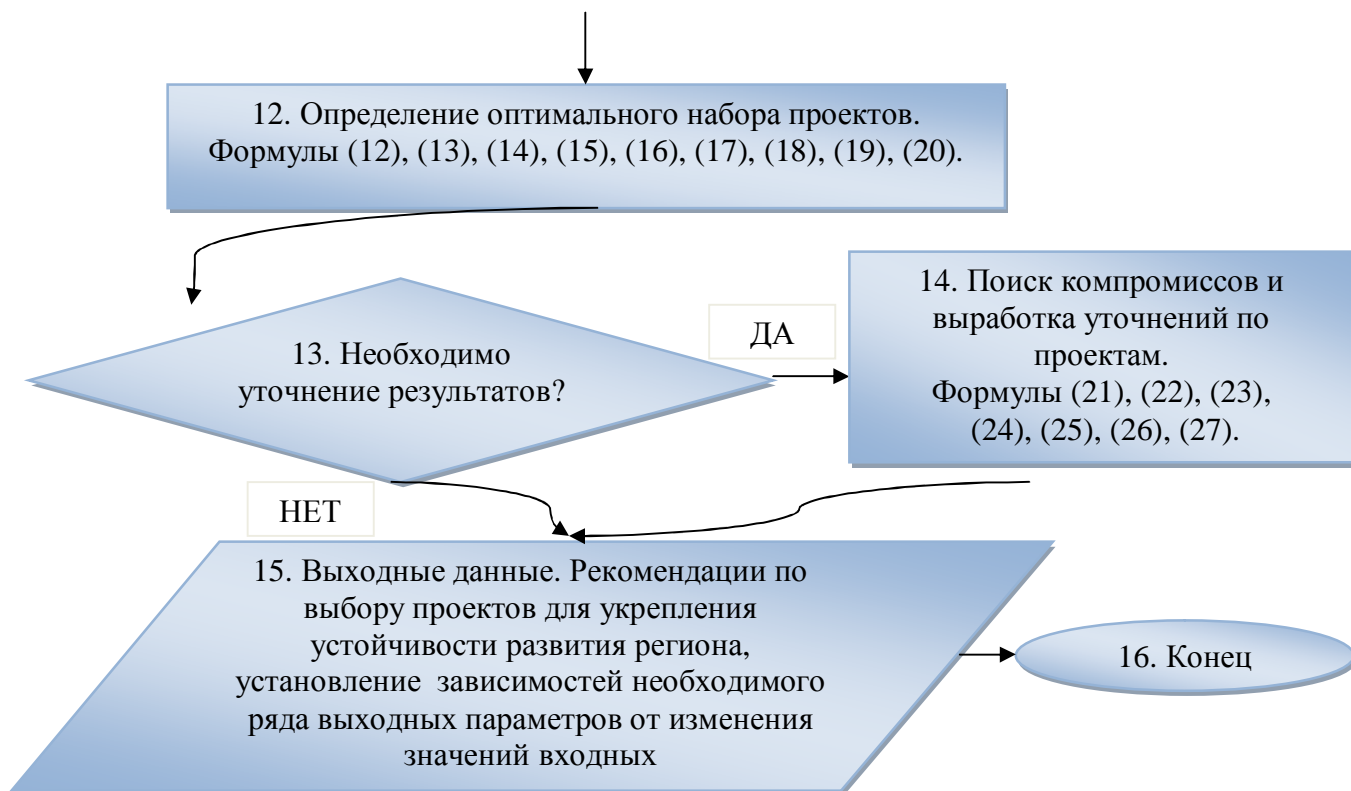


Рисунок 1 – Блок-схема примера применения модели

Таблица 1 – Передаваемая информация между элементами блок-схемы

Блоки	Передаваемая информация
1-2	-
2-3	Входные данные: $t_i, r, q_i, p_{ij}, h, \mu, M_l, \mathcal{E}_i, \mathcal{E}, k, k_{зпр}, k_{рп}, N_{рм}, N_{рм}, J_i, b_i$ .
3-4	Количество рассматриваемых $l$ -ым инвестором $N_l$ проектов.
4-5	Предварительная оценка проектов с учётом ограничений.
5-6	Определение оптимального значения привлечения кредита $K_{io}$ .
6-8	Выбор наилучшего проекта с учётом привлечения дополнительных средств, определение $L_i$ .
7-8	Выбор наилучшего проекта без учёта привлечения дополнительных средств, определение $L_i$ .
8-9	-
9-10	Значение $l$
10-11	Количество рассматриваемых администрацией региона $n$ проектов.
11-12	Данные по всем рассматриваемым $n$ проектам.
12-13	Определение оптимального набора проектов на основе $V_l$ .
13-15	Выходная информация: рекомендуемый набор проектов без учёта уточнений; $L_l, S_b, V_l, k_l, J_b, b_l, K_{l6}$ .
14-15	Выходная информация: рекомендуемый набор проектов с учётом уточнений; $L_l, S_b, V_l, k_l, J_b, b_l, K_{l6}$ .
15-16	-



В предлагаемой модели реализуется задача многокритериальной оптимизации. Структурно в частном случае применения модель состоит из двух ступеней (два этапа функционирования модели). Предполагается, что на первом этапе инвесторы или научные организации региона осуществляют, базируясь на исходных проектных данных, анализ предлагаемых проектов. На основании этого анализа формируется список (перечень) конкурирующих проектов с указанием их экономических, экологических и социальных показателей, а также расходов, требуемых для их реализации. Представленные проекты подвергаются сравнительной оценке на 2-ой ступени модели. Решение о принятии к реализации определенных проектов принимается руководством региона с использованием рекомендаций, полученных в результате 2-го этапа моделирования.

**Второй этап моделирования.** Для удобства изложения рассмотрим вначале 2-ой этап моделирования, который разбит на две фазы.

Основным критерием первой фазы второго этапа модели в рассматриваемом примере является *величина приращения ВРП* региона от реализации проектов при условии, что значения социально-экономических и экологических показателей не должны превышать заданный уровень. Количество всевозможных показателей велико, в модели выделена ограниченная система показателей оценки влияния инвестиционных проектов на развитие региона. В неё входят:

- коэффициент социальной эффективности;
- объём экологических загрязнений;
- коэффициент приемлемости проекта населением;
- коэффициент «инновационности» проекта.

В зависимости от области применения модели система показателей будет меняться.

Будем считать, что предлагаемые инвестиционные проекты являются безрисковыми. Анализ рисков - оценка возможности возникновения в процессе реализации проекта ситуаций, приводящих к потерям (ущербу, убыткам) в экономике, экологии и социальной сфере, — является предметом дальнейшего развития модели.

В исследуемом примере руководством региона рассматривается  $n$  проектов, рекомендованных к реализации инвесторами на первом этапе.

В основу оценки социальной эффективности проекта предлагается положить количество рабочих мест по проекту, скорректированное с учетом ситуации на рынке труда того района области, в котором планируется реализация проекта. В этом случае коэффициент социальной эффективности для  $l$ -того проекта рассчитывается по формуле:

$$k_l = h_1 \cdot \left( \frac{N_{pm} + N_{pml}}{N_{pm}} \right) + h_2 \cdot \left( \frac{k_{znp1}}{k_{zp}} \right),$$

где

$k_{зпрl}$ ,  $k_{зр}$  – средний уровень зарплаты на  $l$ -том предприятии и в районе реализации проекта соответственно;

$N_{рml}$ ,  $N_{рм}$  – число рабочих мест на  $l$ -том предприятии и в районе реализации проекта соответственно;

$h_1$ ,  $h_2$  - веса, определяющие относительную важность соотношения прироста рабочих мест и уровня зарплаты на предприятии и в районе реализации проекта соответственно.

Средний уровень зарплаты и число рабочих мест в районе реализации проекта предлагаются экспертно на основании предварительного анализа.

Руководство региона не выберет те проекты, в которых значения коэффициента социально-экономической эффективности ниже принятого предельного значения  $k$ . В модели предполагается, что указанное предельное значение известно.

В рассматриваемом частном случае модели величина штрафов за экологическое загрязнение рассчитывается как функция от объёма загрязнений с учётом дополнительных ограничений. Под *экологическим ущербом* понимается нанесение вреда путём совокупного выброса загрязнений от реализации проекта в экологическую систему в целом или в отдельные её компоненты (атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу) на протяжении рассматриваемого периода функционирования предприятия.

Пусть:

- $\mathcal{E}_l$  – суммарная за  $t_l$  лет величина концентрации загрязнителей в соответствующих загрязняющих средах (масса вещества, например, на 1 кв. метр поверхности земли или 1 куб. метр или воздуха) на общей площади района реализации  $l$ -того проекта, в кг;

- $\mathcal{E}$  – предельно допустимый уровень концентрации загрязнителей в соответствующих загрязняющих средах на общей площади района реализации за время реализации проекта, в кг;

- $S_l$  – величина штрафа за выброс загрязнений в экологическую среду при реализации  $l$ -того проекта.

Определение вида функции зависимости штрафов от причиняемого ущерба является отдельным направлением исследования вне пределов текущей работы.

Для упрощения процедуры дальнейших расчетов автором статьи предлагается следующей вид зависимости штрафа от причиняемого ущерба:

$$S_l = G \cdot \Delta_l, \text{ где } G = \begin{cases} \text{если } \Delta_l \leq \frac{\Delta}{3}, \text{ то } G = \gamma, \\ \text{если } \frac{\Delta}{3} < \Delta_l \leq \frac{2 \cdot \Delta}{3}, \text{ то } G = 5 \cdot \gamma, \\ \text{если } \Delta_l > \frac{2 \cdot \Delta}{3}, \text{ то } G = 30 \cdot \gamma, \end{cases}$$

где  $\gamma$  - принятая денежная единица.

Экологический эффект также может быть выражен следующими показателями: ресурсоёмкостью, энергоёмкостью, объемами выбросов в окружающую среду, сроками полезного использования, возможностью повторного использования сырьевых ресурсов после истечения их срока годности.

Инвестиционный проект — комплексный план мероприятий, направленных на создание нового или модернизацию действующего производства товаров и/или услуг с целью достижения стратегических целей фирмы, получения экономического и/или социального эффекта. Инновационный проект по большинству своих характеристик и основным этапам совпадает с инвестиционным проектом, если последний связан с подготовкой и производством нового или улучшенного продукта, а также созданием новых или модернизируемых производств. Инновационный проект, в отличие от инвестиционного, практически всегда включает дополнительные НИОКР, обеспечивающие наиболее полноценное преобразование научных достижений в инновации, а также более активно использует дополнительные источники инвестирования в виде венчурного капитала [2]. У инновационного проекта имеется особая нормативно-правовая база и, как правило, наиболее высокая прибыль на единицу затраченных ресурсов за весь период жизненного цикла инвестиции.

Для определения научно-технического эффекта могут быть использованы оценочные показатели, учитывающие новизну, изобретательский уровень и практическую пользу от реализации проекта в регионе.

В модели применительно к рассматриваемому примеру предполагается, что группой экспертов проводится оценка на предмет инноваций всего цикла разработок (с учетом конкретного состояния разработки), включающего фундаментальные и прикладные исследования, опытно-конструкторские разработки, проектирование, внедрение в производство. При этом учитывается готовность предприятия к внедрению разработки. Показатели ресурсоёмкости и энергоёмкости проекта рассматриваются в модели также как составляющие коэффициента «инновационности» проекта.

Для учета научно-технической и косвенной эффективности проекта предлагается ввести коэффициент «инновационности»  $l$ -го проекта –  $J_l$ , вычисляемый по следующему правилу:

$$J_l = \begin{cases} 0, & \text{если проект не является инновационным;} \\ 0,5, & \text{если проект является относительно инновационным;} \\ 1, & \text{если проект является инновационным.} \end{cases}$$

В модели допускается ситуация, при которой коэффициент «инновационности» может оцениваться экспертами индивидуально по принятой ими системе показателей.

Проект считается относительно инновационным, если при его реализации лишь по некоторым направлениям использовались инновационные методики. Проект также считается относительно инновационным, если для данного региона проект является новым, но подобные проекты в конкурирующих регионах уже были реализованы.

Несмотря на положительный экономический эффект, проект может быть не принят, если население региона его не одобряет. Автором публикации в модели введён специальный коэффициент «приемлемости» проекта для населения (одобрения проекта населением)  $b_l$ . Его значение зависит от результатов опроса или референдума, проведенного в регионе.

В случае если проект будет одобрен более 70% населения района, то коэффициент приемлемости  $b_l = 1$ . Такая ситуация возможна, например, если уровень экологических загрязнений в результате функционирования проектируемого предприятия предполагается значительно меньшим заданного предельного значения, если ожидаемая оплата труда на предприятии выше, чем в среднем по региону, и др. В противном случае, если проект не одобряется подавляющим большинством населения района, коэффициент приемлемости  $b_l = 0$ .

В результате анализа руководством региона выбор будет сделан в пользу такого набора проектов, который максимизирует главный критерий успешности развития региона – приращение величины ВРП с учётом выполнения ограничительных условий модели.

Предполагаемое увеличение ВРП за  $t_l$  лет вследствие реализации  $l$ -того проекта предлагается рассчитывать по формуле:

$$V_l = f_3(L_l) + S_l - f_4(\mathcal{E}_l),$$

где

$f_3(L_l)$  - функция, зависящая от прибыльности проекта;

$f_4(\mathcal{E}_l)$  - функция, зависящая от уровня загрязнения окружающей среды в результате реализации проекта.

Вид  $f_3(L_l)$  зависит от конкретного региона, применительно к Тверской области предлагается взять

$$f_3(L_l) = \mu \cdot L_l,$$

где

$L_l$  – прибыль от реализации  $l$ -того проекта,

$\mu$  – коэффициент, учитывающий ставки основных региональных налогов (таких, как налог на имущество организаций, транспортный, земельный и другие налоги).

Функция  $f_4(\mathcal{E}_l)$  предназначена для оценки в денежном выражении тех средств, которые потребуются региону для ликвидации возможного экологического ущерба от реализации проекта, т.е. для восстановления природных ресурсов, внедрения новых систем очистки воды, почвы и пр. На практике соответствующие затраты оказываются почти всегда больше, чем сумма сборов за экологические загрязнения. Это объясняется тем, что на стадии проектирования в полной мере невозможно оценить тот урон, который нанесёт экологии региона предлагаемый к реализации проект. Определение вида функции зависимости средств, которые потребуются региону для ликвидации возможного экологического ущерба от объема этого ущерба является отдельным одним из направлений исследования за пределами данной работы.

Учитывая вышеизложенное допущение, а также с целью упрощения дальнейших расчетов автором статьи предлагается следующий вид функции  $f_4(\mathcal{E}_l)$ :

$$f_4(\mathcal{E}_l) = 15 \cdot \gamma \cdot \mathcal{E}_l$$

Первая фаза второго этапа заключается в поиске альтернативы, доставляющей максимум по одному, наиболее предпочтительному критерию (приращение ВРП) при условии, что значения остальных критериев (бюджетная эффективность, экологические загрязнения, приемлемость проекта и др.) будут не менее некоторых заданных заранее величин  $c_j$ .

$$Q_1(x) \text{ @ } \max; x \in X; Q_j(x) \geq c_j; j = \overline{1, n},$$

где

$Q_1(x)$  - наиболее предпочтительный критерий;

$c_j$  - заданное минимально допустимое значение  $j$ -го критерия.

При наличии нескольких конкурирующих проектов, удовлетворяющих условиям задачи, на второй фазе второго этапа модели решается задача определения наиболее перспективного проекта,

посредством вычисления обобщающего критерия «второстепенных» факторов (факторов, определяющих ограничения, подлежащие выполнению при реализации проекта). То есть, необходимо прибегнуть к некоторому компромиссу и сформулировать принцип оптимальности в следующем виде: лучшей альтернативой (оптимальным решением) считается такая альтернатива, которая хотя и не обеспечивает максимальное значение каждого критерия, но при привлечении дополнительных соображений, в том числе об относительной приоритетности частных критериев, обеспечивает лучшее значение обобщающего критерия [1].

Таким образом, задачу с обобщающим критерием можно сформулировать следующим образом: требуется найти альтернативу  $x^*$  (оптимальное решение  $x^*$ ), удовлетворяющую двум условиям:

1.  $x^* \in X$ , где  $X$  — множество всех возможных альтернатив;
2.  $x^*$  — наилучшее решение согласно принципу оптимальности, учитывающему принятую схему справедливого компромисса между частными целями.

Указанный автором компромисс состоит в последовательном определении:

1. Проектов, удовлетворяющих всем ограничениям многокритериальной задачи по отдельности.
2. Комплексного критерия каждого выбранного проекта посредством метода линейной свертки.
3. Оптимальных наборов проектов согласно принятому критерию оптимальности (с учетом ограничений) с использованием метода Беллмана.

После этого исследователю предлагается суммировать значения комплексных критериев каждого выбранного проекта для полученных наборов проектов. На основании максимального значения полученного показателя выбирается оптимальная стратегия развития.

Критерий, используемый для выбора лучшего среди конкурирующих проектов, имеет вид:

$$T_l = \rho_{1l} \cdot f_5(\Delta_l) + \rho_{2l} \cdot f_6(k_l) + \rho_{3l} \cdot f_7(b_l) + \rho_{4l} \cdot f_8(J_l) \quad ,$$

где

- функции  $f_5, f_6, f_7, f_8$  приводят соответствующие показатели в сопоставимый вид к единой размерности, используя коэффициенты:

$$f_5(\Delta_l) = 1 - \frac{\Delta_l}{\max_l \{\Delta_l\}}$$

$$f_6(k_l) = \frac{k_l}{\max_l \{k_l\}}$$

$$f_7(b_l) = b_l$$

$$f_8(J_l) = J_l$$

Также возможен переход к единому стоимостному показателю. Значение комплексного критерия, полученное при использовании единого стоимостного показателя, не позволит при дальнейших расчетах корректно применять эту количественную оценку, отражающую особенности того или иного проекта. В связи с этим более целесообразным для перехода к единой размерности критериев выглядит использование коэффициентов.

- коэффициенты  $\rho_{1l}, \rho_{2l}, \rho_{3l}, \rho_{4l}$  являются весами каждого фактора,  $\rho_{1l} + \rho_{2l} + \rho_{3l} + \rho_{4l} = 1$  и  $\rho_{1l}, \rho_{2l}, \rho_{3l}, \rho_{4l} \geq 0$

При необходимости для отбора лучшего проекта администрация региона имеет возможность рассчитать и комплексный критерий всего проекта:

$$C_l = \beta_{1l} \cdot \frac{V_l}{\max_l \{V_l\}} + \beta_{2l} \cdot T_l,$$

где коэффициенты  $\beta_{1l}, \beta_{2l}$  являются весами главного критерия (приращения ВРП) и комплексного критерия ограничений проекта,  $\beta_{1l} + \beta_{2l} = 1$  и  $\beta_{1l}, \beta_{2l} \geq 0$ .

С помощью комплексного критерия руководство региона может также дать рекомендации по уточнению отдельных проектов до уровня, позволяющего принять решение об их реализации.

Принцип многокритериальной оптимизации, предлагаемый в частном случае модели для анализа инвестиционных проектов, заключается в том, что руководство региона имеет возможность оценить проекты с учетом выполнения всех возможных ограничений, а при наличии конкурирующих проектов выбрать наилучший, используя введенные комплексные критерии. При этом руководство региона может менять относительную значимость отдельных факторов и критерия оптимальности, изменяя их веса в комплексном критерии. Вследствие этого в предлагаемой модели исследователю предоставляется возможность изменять критерий оптимальности в зависимости от приоритетных целей и получать различные рекомендации и результаты относительно оптимальной стратегии развития.

**Первый этап моделирования.** Критерий 1-го этапа моделирования в исследуемом примере – прибыль от реализации проекта.

На первом этапе инвестор также анализирует значения социально-экономических и экологических показателей проекта аналогично тому, как руководство региона будет в последующем оценивать приемлемость проекта для региона. Выбирается проект, прибыль которого максимальна, и все ограничения выполнены. При рассмотрении проектов инвестор оценивает целесообразность привлечения дополнительных кредитов. В результате оценки инвестор рекомендует к реализации выбранный проект руководству региона. Таким образом, первый этап модели позволяет сделать достаточно обоснованный прогноз о принятии или отклонении проекта  $i$  среди  $N_i$  рассматриваемых инвестиционных проектов.

Финансовые возможности инвестора ограничены величиной имеющихся у него собственных средств ( $M_i$ ) и максимальной величиной кредита, которую может привлечь инвестор. Каждый проект реализуется за  $t_i$  количество времени в годах, причём принимается для  $\forall i t_i \in [3;5]$ ,  $T = \max \{t_i\}$ .

Для упрощения расчетов в рассматриваемом примере применения модели принято решение отделить часть издержек по проекту от его доходной части. В результате величина коммерческого эффекта проекта для инвестора определяется автором как разность между выручкой и затратами, суммой выплат по кредиту с учётом процентов. Данный показатель корректируется с учётом основных налогов и ставки дисконтирования.

$L_i$  – дисконтированная чистая прибыль от реализации  $i$ -го проекта за  $t_i$  лет, в денежных единицах.

$$L_i = \theta \cdot \left( \sum_{j=1}^{t_i} \frac{p_{ij}}{(1+r)^j} - q_i \right) - K_{io};$$

где

- $p_{ij}$  – доход от реализации  $i$ -го проекта за  $j$ -ый год (разность между выручкой и себестоимостью), в денежных единицах. Автором публикации предполагается, что величина  $p_{ij}$  положительна. В реальности значение этого показателя может быть отрицательно, т.к.  $p_{ij}$  показывает разность между доходами и расходами по инвестиционному проекту в конкретный год. Структура операционного денежного потока  $p_{ij}$  рассматривается вне пределов настоящего исследования.
- $r$  – ставка дисконтирования (предлагается экспертно).
- $q_i$  – единовременные затраты на реализацию  $i$ -го проекта, которые вкладывает инвестор для реализации проекта на начальном этапе, в денежных единицах. К затратам на реализацию проекта автором отнесены как имеющиеся у



инвестора средства, так и заемные (величина возможного кредита  $K_{i\theta}$  на время  $t_h$  для успешной реализации  $i$ -го проекта).

- $\theta$  — коэффициент, корректирующий значение прибыли на суммарную величину федеральных и региональных налогов, требуемых к уплате по  $i$ -му проекту за  $t_i$  лет. Рассмотрение налоговых выплат с использованием коэффициента  $\theta$  ограничивается налогом на прибыль, но при необходимости в указанной формуле могут быть учтены и другие виды налогов.

При определенных допущениях вместо указанной выше формулы формирования дисконтированной прибыли возможно применение метода дисконтированных денежных потоков.

Для реализации проекта инвестору могут понадобиться дополнительные финансовые вложения в виде банковских кредитов, займов, процентных ссуд. В модели эти величины обозначаются как кредит ( $K_{i\theta}$ ). Кредит берётся в случае, если проект видится перспективным, но для его реализации необходимы большие средства, чем имеются в наличии, а также выполнены все условия, выставляемые кредитором по отношению к кредитополучателю. Взятие кредита является необязательным условием, т.е. значение данного показателя в модели может быть равно нулю. Кредит выплачивается инвестором с учётом процентов по нему и ставки дисконтирования. Проценты по кредиту начисляются с оставшейся суммы кредита на момент их выплаты.

$$K_{i\theta} = \sum_{j=1}^{t_h} \left( \frac{K_{i\theta} + K_{i\theta} \cdot h \cdot (t_h - j + 1)}{t_h \cdot (1+r)^j} \right),$$

где

$K_{i\theta}$  – суммарная выплаченная сумма по кредитам по  $i$ -му проекту, в денежных единицах;

$K_{i\theta}$  – величина взятого кредита на время  $t_h$  для успешной реализации  $i$ -го проекта, в денежных единицах, где  $j$  – конкретный год,  $j = 1, 2, \dots, t_h$ .

$r$  – ставка дисконтирования (предлагается экспертно).

В первой фазе рассматриваемой модели для сравнения вариантов проекта в качестве главного показателя экономической эффективности принято значение дисконтированной чистой прибыли —  $L$ .

Для определения коммерческой успешности проекта инвестору на первом этапе достаточно вычислить прогнозируемые значения чистой дисконтируемой прибыли. Экономическая эффективность проекта является необходимым, но недостаточным условием эффективности проекта в целом. Как в любой многокритериальной задаче, для этого рассчитываются значения других показателей: в том числе изменения ситуации на рынке труда, возможные экологические последствия, доходность населения и др. Поэтому при анализе проекта на 1-ом этапе инвестору предлагается самостоятельно оценить возможные негативные

последствия предлагаемого решения и подготовить предложения по их устранению. Только после окончательного взвешивания и многокритериальной оценки инвестор принимает решение о целесообразности предложения данного проекта к реализации.

**Иллюстративный пример.** Разработанная модель программно реализована в языковой среде Visual Studio 2005 на языке C#. Основой разрабатываемой в работе модели является метод Беллмана. Метод актуален и применим, так как в исследуемом примере рассматривается относительно небольшое количество факторов и фиксированный период времени (не более 5 лет), что существенно не повлияет на увеличение размерности.

Работоспособность модели иллюстрируется численным примером.

### Исходные данные

Пусть:

$n = 4$ ,  $r = 12\%$ ,  $h = 19\%$ ,  $\mathcal{E} = 90$  денежных единиц,  $k = 1$ .

$M_1 = 300000$  денежных единиц,  $h_1 = 0,7$ ,  $h_2 = 0,3$

$M_2 = 500000$  денежных единиц,  $h_1 = 0,5$ ,  $h_2 = 0,5$

$M_3 = 260000$  денежных единиц,  $h_1 = 0,2$ ,  $h_2 = 0,8$

$M_4 = 320000$  денежных единиц,  $h_1 = 0,4$ ,  $h_2 = 0,6$

$\rho_{11}$  (вес экологического показателя проекта) = 0,33

$\rho_{21}$  (вес социально-экономического показателя проекта) = 0,14

$\rho_{31}$  (вес приемлемости проекта) = 0,2

$\rho_{41}$  (вес «инновационности» проекта) = 0,33

$\beta_{11}$  (вес приращения ВРП по сравнению с другими критериями) = 0,8

$\gamma$  (штраф за загрязнение 1 км<sup>3</sup> воздуха, почвы или литр воды) = 10 денежных единиц.

Характеристики проектов, а также результаты обработки данных представлены в таблицах 2-6.

Таблица 2 – Характеристики проектов, предложенных Инвестору 1

Характеристики	Проект 1	Проект 2	Проект 3	Проект 4	Проект 5
Затраты ( $q_i$ ), д.е. <sup>1</sup>	240000	270000	360000	130000	300000
Доход в 1 год ( $p_{i1}$ ), д.е.	100000	100000	100000	30000	500000
Доход во 2 год ( $p_{i2}$ ), д.е.	200000	140000	290000	100000	60000
Доход в 3 год ( $p_{i3}$ ), д.е.	220000	200000	160000	100000	50000
Доход в 4 год ( $p_{i4}$ ), д.е.	230000			120000	100000
Доход в 5 год ( $p_{i5}$ ), д.е.	290000			140000	
Экологический ущерб ( $\varepsilon_i$ ), д.е.	100	20	80	10	40
Средняя зарплата на предприятии ( $k_{3mi}$ ), д.е.	10	12	10	12	8
Средняя зарплата в районе ( $k_{3n}$ ), д.е.	12	10	7	8	8
Число рабочих мест на предприятии ( $N_{pmi}$ ), чел.	50	500	100	500	30
Число рабочих мест в районе ( $N_{pm}$ ), чел.	20000	20000	100000	10000	10000
Коэффициент инновационности проекта ( $J_i$ )	0,5	0,5	0	1	0,5
Коэффициент приемлемости проекта ( $b_i$ )	1	1	1	1	0

Таблица 3 – Характеристики проектов, предложенных Инвестору 2

Характеристики	Проект 1	Проект 2	Проект 3
Затраты ( $q_i$ ), д.е.	320000	270000	360000
Доход в 1 год ( $p_{i1}$ ), д.е.	210000	100000	100000
Доход во 2 год ( $p_{i2}$ ), д.е.	200000	140000	290000
Доход в 3 год ( $p_{i3}$ ), д.е.	220000	200000	160000
Доход в 4 год ( $p_{i4}$ ), д.е.	230000		
Доход в 5 год ( $p_{i5}$ ), д.е.	290000		
Экологический ущерб ( $\varepsilon_i$ ), д.е.	130	20	40
Средняя зарплата на предприятии ( $k_{3mi}$ ), д.е.	15	12	10
Средняя зарплата в районе ( $k_{3n}$ ), д.е.	12	10	10
Число рабочих мест на предприятии ( $N_{pmi}$ ), чел.	500	35	60
Число рабочих мест в районе ( $N_{pm}$ ), чел.	25000	34000	100000
Коэффициент инновационности проекта ( $J_i$ )	1	1	1
Коэффициент приемлемости проекта ( $b_i$ )	1	0	1

<sup>1</sup> - здесь и далее по тексту: д.е. – денежная единица

Таблица 4 – Характеристики проектов, предложенных Инвестору 3

Характеристики	Проект 1	Проект 2
Затраты ( $q_i$ ), д.е.	300000	270000
Доход в 1 год ( $p_{i1}$ ), д.е.	100000	100000
Доход во 2 год ( $p_{i2}$ ), д.е.	200000	140000
Доход в 3 год ( $p_{i3}$ ), д.е.	220000	200000
Доход в 4 год ( $p_{i4}$ ), д.е.	230000	220000
Доход в 5 год ( $p_{i5}$ ), д.е.	290000	250000
Экологический ущерб ( $\Delta$ ), д.е.	89	20
Средняя зарплата на предприятии ( $k_{зпi}$ ), д.е.	16	12
Средняя зарплата в районе ( $k_{зп}$ ), д.е.	12	10
Число рабочих мест на предприятии ( $N_{рmi}$ ), чел.	300	200
Число рабочих мест в районе ( $N_{рм}$ ), чел.	30000	28000
Коэффициент инновационности проекта ( $J_i$ )	0,5	0,5
Коэффициент приемлемости проекта ( $b_i$ )	1	1

Таблица 5 – Характеристики проектов, предложенных Инвестору 4

Характеристики	Проект 1	Проект 2	Проект 3
Затраты ( $q_i$ ), д.е.	230000	270000	360000
Доход в 1 год ( $p_{i1}$ ), д.е.	120000	100000	100000
Доход во 2 год ( $p_{i2}$ ), д.е.	140000	140000	290000
Доход в 3 год ( $p_{i3}$ ), д.е.	120000	200000	160000
Доход в 4 год ( $p_{i4}$ ), д.е.	120000	140000	200000
Доход в 5 год ( $p_{i5}$ ), д.е.	110000	230000	450000
Экологический ущерб ( $\Delta$ ), д.е.	130	20	40
Средняя зарплата на предприятии ( $k_{зпi}$ ), д.е.	18	12	12
Средняя зарплата в районе ( $k_{зп}$ ), д.е.	12	12	10
Число рабочих мест на предприятии ( $N_{рmi}$ ), чел.	500	35	60
Число рабочих мест в районе ( $N_{рм}$ ), чел.	20000	18000	50000
Коэффициент инновационности проекта ( $J_i$ )	1	1	0,5
Коэффициент приемлемости проекта ( $b_i$ )	0	1	1

Таблица 6 – Основные характеристики инвестиционных проектов

Характеристики	Проект 1 <sup>2</sup>	Проект 2	Проект 3	Проект 4
Приращение ВРП ( $V_i$ ), д.е.	13507,4	2399,5	38684,06	26606,92
Экологический ущерб ( $\mathcal{E}$ ), Д.е.	10	40	89	40
КСЭ ( $k_i$ )	1,18	1	1,07	1,08
Коэффициент инновационности проекта ( $J_i$ )	1	1	1	1
Коэффициент приемлемости проекта ( $b_i$ )	1	1	0,5	0,5
КК ограничений ( $T_i$ )	0,66	0,61	0,33	0,33
КК проекта ( $C_i$ )	0,41	0,17	0,73	0,48

Руководству региона поступит информация о четырёх инновационных проектах. На втором этапе модели администрация региона одобрит реализацию проектов от Инвестора 1 и Инвестора 4. Выбор обусловлен выполнением ограничений всех имеющихся в модели критериев и оптимальным значением приращения ВРП – 40114 денежных единиц.

С учётом принятых степеней значимости критериев по комплексному критерию ограничений (КК ограничений) наилучшим проектом станет проект Инвестора 1.

Расчёт комплексного критерия со степенью значимости ВРП, равной 0,8, с целью нахождения оптимального проекта приведет к выбору проекта от Инвестора 3. Проект имеет наилучший показатель приращения ВРП, равный 38684 денежных единиц. При этом значения других показателей ниже значений аналогичных показателей у проектов от других инвесторов.

На данном этапе рекомендуется пересматривать степени значимости критериев с целью выбора абсолютно приоритетного проекта для региона, обеспечивающего его дальнейшее устойчивое развитие.

**Заключение.** Разработанная модель предназначена для оценки проектов с целью выбора оптимальной стратегии развития. Действие данной модели проиллюстрировано в статье на примере оценки эффективности инвестиционных проектов, обеспечивающих устойчивое развитие региона.

В примере рассматривается ситуация выбора проектов новых или модернизации существующих предприятий, способствующих устойчивому развитию региона. Достоинством модели применительно к исследуемой предметной области является то, что она может быть использована как руководством региона для принятия решения относительно внедрения или

<sup>2</sup> — оптимальный проект, представленный Инвестором 1.

отклонения проектов, так и инвесторами для оценки ожидаемой прибыли от внедрения проекта. Причем инвестор имеет возможность предварительно оценить, насколько проект удовлетворяет требованиям, предъявляемым к проектам руководством региона и использовать модель как инструмент финансового проектирования. Такая универсальность модели получена благодаря единому набору исходных факторов, учитываемых в модели, при разных целевых функциях руководства региона и инвестора.

В рассматриваемом частном случае применения модели предусмотрено получение руководством региона рекомендаций относительно представленных проектов и значений социально-экономических и экологических показателей рассматриваемых проектов для двух вариантов оценок. Когда рассматривается один проект, все ограничения задаются предельными значениями. В случае, когда осуществляется выбор из нескольких конкурирующих проектов, используется комплексный критерий. Веса, с которыми учитываются второстепенные факторы, могут быть объявлены руководством региона заранее и учтены инвесторами и проектирующими организациями для повышения конкурентоспособности проекта.

Модель также может быть использована для анализа зависимостей изменения выходных параметров от изменения входных параметров. Так, например, с помощью модели руководство региона может увеличить привлекательность региона для инвесторов и уменьшить риск ухода инвестора в конкурирующий регион, устанавливая приемлемую величину штрафов за экологические загрязнения, инвесторы могут получить зависимость прибыли предприятия, его платёжеспособности от ставки дисконтирования и величины взятого кредита.

Новизна авторского подхода к отбору проектов с целью выбора оптимальной стратегии развития состоит:

- В нестандартном подходе к постановке задачи выбора стратегии развития, предусматривающем оптимизацию с использованием различных целевых функций на двух уровнях и при необходимости позволяющем изменение этих функций при формировании комплексного критерия проектов.
- В комплексном применении методов решения многокритериальных задач, рассматриваемых в исследовании: метода линейной свертки, метода Беллмана и метода справедливого компромисса.
- В разработке модели оценки проектов, направленных на обеспечение устойчивой стратегии развития, её программной реализации.

Модель программно реализована. Возможности успешного решения на модели поставленных задач подтверждены решением тестовых примеров в разных предметных областях, требующих оценки и выбора оптимальной стратегии развития.

### Список литературы

1. Андронникова Н. Г. и др. Модели и методы оптимизации региональных программ развития. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 60 с.
2. Барсукова Н. Е., Дроздов Н.Д. Введение в инновационную экономику региона. Учебное пособие. – Тверь: Тверской государственный университет, 2008. – 97 с.
3. Иванов П. М. Устойчивое региональное развитие: концепция и модель управления // Экономика и математические методы. — 2006, том 42, № 2. – С. 51-59.
4. Седова С. В. Модель оптимизации инвестиционных проектов и алгоритм её численного анализа // Экономика и математические методы. – 1999, том 35, №1. – С.87-93.
5. Скульмовская Л. Г. Противоречия разнонаправленного развития культуры региона в современных условиях: социологический анализ – диссертация, Екатеринбург, 2005.