

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ

В статье рассматривается комплекс взаимосвязанных математических моделей, предназначенных для управления проектной деятельностью с участием одной из заинтересованных сторон — регулирующих органов. Использование данных моделей направлено на повышение эффективности деятельности регулирующих органов, обеспечивает реализацию ими соответствующих компетенций и достижение поставленных целей при различных условиях осуществления проекта.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** стейкхолдер, математические модели управления проектом, компетенции управления проектом

### ВВЕДЕНИЕ

Данная работа продолжает цикл статей, посвященных построению комплекса взаимосвязанных математических моделей, предназначенных для управления проектной деятельностью с участием разных заинтересованных сторон. В работе «Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон» [1] была сделана попытка структурировать особенности основных заинтересованных сторон (стейкхолдеров) и с их учетом построить комплекс основных моделей проектного управления. Единичные примеры таких моделей были построены для инвестора, заказчика, команды проекта, основных исполнителей, поставщиков и регулирующих органов. Там же мы отмечали, что разные заинтересованные стороны в проекте отличаются ожиданиями, ролями, мерой ответственности и управленческими действиями. Эти различия существенно влияют на постановку задач проекта, используемые методы, инструменты и технологии решения управленческих задач, ориентированных на специфические потребности проекта. В предыдущих



**Воропаев Владимир Иванович** — д. т. н., основатель и почетный президент СОВНЕТ, академик РАЕН и МАИЭС, профессор кафедры управления проектами Международной академии бизнеса, первый международный ассессор IPMA. Автор свыше 250 научных работ. Удостоен в 2005 г. награды IPMA «За выдающийся вклад в развитие мирового УП» (г. Москва)



**Гельруд Яков Давидович** — профессор кафедры предпринимательства и менеджмента Южно-Уральского государственного университета, преподаватель ряда экономических и математических дисциплин. Принимал участие в создании и внедрении более 100 автоматизированных систем управления в различных отраслях промышленности. Автор большого числа публикаций, в том числе монографии «Управление проектами в условиях риска и неопределенности» (г. Челябинск)

наших работах построены более детальные модели для инвестора, заказчика и поставщика [2–4].

Рассматриваемые в настоящей статье математические модели предназначены для выбора наиболее эффективных вариантов проекта с точки зрения одной из заинтересованных сторон — регулирующих органов. Данные модели могут применяться для сложного многоцелевого проекта, реализация которого может осуществляться N вариантами. Каждый вариант имеет свои финансовые показатели, экологические и социальные характеристики. Конкретные примеры подобных проектов будут приведены в следующих статьях цикла.

## 1. КЛЮЧЕВЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ключевые определения заинтересованных сторон содержатся в «Национальных требованиях к компетентности специалистов по управлению проектами» [11] и приведены нами в начальной статье цикла «Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон» [1]. Здесь остановимся подробнее на понятии регулирующих органов.

Регулирующие органы (органы власти) — это сторона, удовлетворяющая свои интересы путем получения налогов от участников проекта, выдвигающая и поддерживающая экологические, социальные и другие общественные и государственные требования, связанные с реализацией проекта. Данные требования обусловлены рядом возможных воздействий проекта на внешнюю среду и служат для нейтрализации или минимизации негативных последствий.

Можно привести несколько примеров различных видов воздействий:

1) экономические: воздействие на макро- и микроуровне, определяемое в терминах экономического роста, конкурентоспособности, изменений в издержках различных групп экономических агентов, воздействие на технологическое развитие и инновационный потенциал, изменения

в инвестиционной активности, изменение рыночных долей, воздействие на цены и др.; конкретными примерами экономического воздействия являются:

- ухудшение условий ловли рыбы на реке в результате работы расположенного выше по течению металлургического завода;

- изменение рыночной стоимости жилых домов или квартир в них в результате строительства в непосредственной близости от них крупного промышленного предприятия, торгового центра или станции метрополитена;

- уменьшение оборотных средств отправителей и/или получателей грузов в результате реализации транспортными организациями проектов, повышающих среднюю скорость движения транспортных средств;

- увеличение доходов сельскохозяйственных предприятий при осуществлении строительства новых автомобильных дорог в сельской местности (такое увеличение достигается, например, за счет снижения потерь завозимых удобрений и вывозимой сельскохозяйственной продукции, а также за счет более быстрого вывоза на элеваторы собранного урожая);

2) социальные: воздействие на человеческий капитал, права человека, гендерное равенство, уровень и качество занятости, социальное и имущественное неравенство, здоровье, безопасность (включая уровень преступности), культуру, перераспределительные эффекты между различными социальными группами и др.;

3) экологические: воздействие на климат, уровень загрязнения воздуха, воды, почвы, биоразнообразие, общественное здоровье и т.п.

Компетенции управления проектами для заинтересованных сторон подразделяются на две группы — базовые и специальные:

- *базовые компетенции* определяют единые для всех заинтересованных сторон требования к составу, содержанию и уровню способностей, знаний, навыков и личных качеств;

- *специальные компетенции* определяют специфические для определенной заинтересованной

стороны проекта требования к составу, содержанию и уровню способностей, знаний, навыков и личных качеств с учетом ее (стороны) роли, интересов и выполняемых функций [11].

Ниже приведены примеры специфических характеристик и параметров управления проектами в интересах регулирующих органов.

*Ожидания* — решение проблем в пределах полномочий и сбор налогов в бюджет.

*Видение проекта* — процесс осуществления разрешительных и фискальных функций, выполнения региональных требований и условий проекта.

*Цель в проекте* — решение вопросов проекта и соблюдение условий его выполнения с максимально возможной выгодой для территории и государства.

*Критерии успеха проекта* — максимизация сбора налогов, оптимизация выгод и потерь для территории.

*Ограничения* — требования законодательных и нормативных актов.

*Стратегия* — активное участие в проекте для оказания содействия в рамках властных полномочий и соблюдения государственных интересов.

*Основные риски* — невыполнение социальных и экологических требований, недополучение налогов, нарушение налоговой дисциплины.

*Основные инструменты УП* — план социально-экономического развития зоны влияния проекта, бюджет, нормативные акты, план налогообложения, санкции.

Все перечисленные характеристики используются при построении математических моделей.

Взаимосвязь математических моделей управления проектами регулирующих органов с другими заинтересованными сторонами представлена на рисунке.

## 2. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

В качестве значимых целей государственного регулирования следует рассматривать:

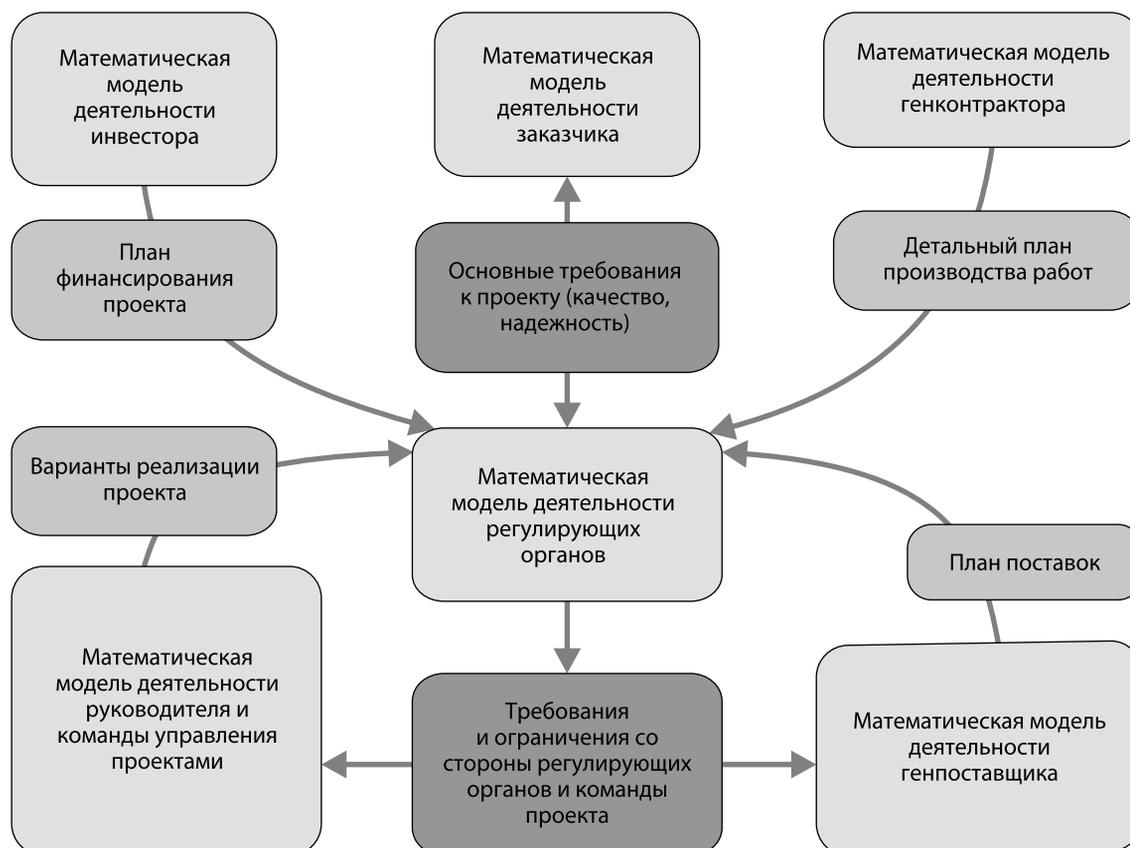
- благосостояние общества, экономическую и социальную стабильность;
- преобразование структуры народного хозяйства и выход на новые технологические рубежи;
- преодоление экономических, социальных и региональных диспропорций, новые траектории развития;
- снижение имущественного неравенства;
- создание благоприятной атмосферы для инвестиционного процесса как условие экономического роста;
- достижение естественного уровня безработицы;
- повышение роли среднего и малого бизнеса в экономическом развитии;
- формирование человеческого потенциала;
- решение проблем демографического характера через удовлетворение потребностей в жилье, дошкольных учреждениях, квалифицированной медицинской помощи;
- создание условий для экономически безопасного проживания населения.

Для достижения указанных целей органы власти в ряде проектов зачастую одновременно выступают в роли заказчика, или инвестора, или поставщика, а также контролера, решая при этом соответствующие задачи, математические модели которых были рассмотрены в наших предыдущих работах [2–4]. При этом функции получения налогов от участников проекта, выдвижение и поддержка экологических, социальных и других общественных и государственных требований, связанных с реализацией проекта, всегда остаются за регулируемыми органами. Многофункциональные роли органы власти выполняют прежде всего в национальных и социально значимых проектах.

Мы не будем в настоящей статье описывать все возможные сочетания вариантов ролей и функций регулирующих органов, но планируем рассмотреть их в дальнейших статьях цикла на конкретных примерах реализованных масштабных проектов.

Регулирующие органы весьма многообразны, их состав и функции подробно описаны в ряде

**Рисунок.** Схема взаимосвязей математических моделей управления регулирующими органами с другими заинтересованными сторонами проекта



публикаций [7, 9]. Реализация целей государственного регулирования осуществляется посредством выдвижения требований, связанных с реализацией проекта, с последующим контролем их соблюдения [6]. В соответствии с возможным воздействием проекта на окружающую среду, описанным выше, выделим три комплекса задач, которые необходимо решать регулирующим органам:

- максимизация сбора налогов;
- оценка экологических рисков и их минимизация;
- повышение качества жизни людей.

Следует отметить огромную важность деятельности регулирующих органов в части экологического менеджмента наряду с анализом и выдвижением требований к очевидным воздействиям проекта (нанесение вреда окружающей среде путем выбросов ядовитых веществ в атмосферу, сбросы жидких отходов в воду, утилизация твердых отходов производства). Зачастую слабая проработка экологической составляющей ведет к значительному превышению стоимости проекта и увеличению его длительности.

Так, например, группа корейских специалистов детально проанализировала ход мегапроекта КТХ

(Korea Train eXpress) по сооружению скоростной железной дороги Сеул — Тегу — Пусан [13]. Общая протяженность дороги составляет 412 км. После того как стоимость проекта возросла с \$5,8 млрд до \$18,4 млрд, а время создания дороги увеличилось с 7 до 12,5 года, правительство под давлением общественности разделило дорогу на два пусковых участка, первый из которых был пущен в 2004 г. Второй участок был завершен в 2010 г. Дорога состоит из 26 секций, из которых критически оказались всего три. Они-то и определили перерасход средств и времени: секция 2-1 длиной 15,5 км, секция 5-1 длиной 9,4 км и секция 8-2 длиной 16,9 км. Все остальные секции были завершены даже раньше запланированного времени.

Наибольший вклад в нарушение сроков внес участок 2-1, составляющий менее 4% общей протяженности линии (задержка на четыре года из общих пяти лет задержки проекта), в связи с неспособностью собственников стратегически планировать сложный проект, частыми изменениями маршрута из-за неудовлетворительного исследования грунтов, а также задержек в получении разрешений и экспертиз на ранних стадиях проектирования. К примеру, проектирование задержалось на два года в связи с обнаружением заброшенной шахты вблизи тоннеля, что привело к изменению маршрута и перепроектированию линии.

Классическим примером превышения сроков и стоимости проектов считается здание Сиднейской оперы: издержки на строительство (свыше \$100 млн) превысили смету (\$7 млн) в 16 раз. Построить здание планировалось за пять лет, но реальный срок его возведения составил более 16 лет. Основной причиной срыва стало неудовлетворительное решение экологических проблем на ранних стадиях проектирования.

Признавая очевидную важность и необходимость деятельности регулирующих органов, нельзя не обратить внимания на вопиющие недостатки их работы в России. Все они за счет проекта пытаются решить государственные или муниципальные проблемы, как то: благоустроить территорию, провести электричество, воду, канализацию,

телефон, проложить или заасфальтировать дороги, переселить жильцов из ветхого жилья и т.д. Кроме того, огромное количество регулирующих организаций выполняет дублирующие и зачастую противоречивые проверки, связанные со значительными затратами времени и средств.

В 2011 г. в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей проведено 3,063 млн контрольно-надзорных мероприятий. По сравнению с 2010 г. общее количество проверок, проведенных федеральными органами исполнительной власти, уменьшилось на 6,5%, в то же время количество контрольно-надзорных мероприятий на региональном уровне в 2011 г. увеличилось на 111%. При этом плановыми являлись лишь 37% проверок, а внеплановыми, соответственно, 63%. Основания для проведения внеплановых проверок органов регионального контроля в 2011 г. не подтвердились в 13 046 случаях.

Следует отметить также увеличение количества затрат трудовых ресурсов на проведение контрольно-надзорных мероприятий. Так, в 2011 г. общая штатная численность сотрудников федеральных органов исполнительной власти по контролю (надзору) увеличилась по сравнению с 2010 г. на 5%, что составило 178 212 единиц, сотрудников региональных контрольных органов — на 31%, что составило 21 799 единиц. Таким образом, всего на федеральном и региональном уровнях в мероприятия по контролю было вовлечено 181 295 сотрудников контрольных органов (по занятым штатным единицам).

Общее время проведения проверок составило 12,493 млн рабочих дней для федеральных органов исполнительной власти и 1,085 млн рабочих дней для региональных контрольных органов, причем если на федеральном уровне время проведения проверок изменилось незначительно, то на региональном увеличилось в три раза по сравнению с 2010 г. Одна проверка обходится бюджету в среднем в 30 тыс. руб. Таким образом, на контроль государство тратит в год около \$3 млрд [5].

Суммарно тяжесть административной нагрузки на предпринимателей оценивается с помощью

рейтинга Doing Business, который составляет Всемирный банк. Россия в нем занимает 112-е место (в 2012 г. — 120-е место) рядом с Сальвадором, Коста-Рикой и Гайаной. На первом месте находится Сингапур, а в список 10 стран с наиболее благоприятными условиями регулирования предпринимательской деятельности вошли САР Гонконг, Китай, Новая Зеландия, США, Дания, Норвегия, Великобритания, Республика Корея, Грузия и Австралия. В 2012 г. Президент России В. Путин поручил Правительству принять меры [10], направленные на существенное улучшение условий осуществления предпринимательской деятельности, которые будут выражены в повышении позиции России в рейтинге Всемирного банка со 120-го места в Doing Business 2012 до 50-го в Doing Business 2015 и 20-го в Doing Business 2018 [12].

В связи с вышеизложенным важнейшей проблемой в настоящее время является оптимизация структуры регулирующих органов, четкое определение их задач и регламентация деятельности. Приведенные ниже математические модели должны послужить необходимым кирпичиком в будущем стройном здании системы регулирования российской экономики.

### 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ ДЛЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ

#### 3.1. Математическая модель оценки экологических рисков и уровня социальной значимости проектов

Оценка экологического риска должна характеризовать как вероятность наступления самого неблагоприятного события, например аварии или выброса вредных (загрязняющих) веществ, так и вероятность негативных последствий этого события, например заболеваний или гибели населения. Следует отметить, что величина ожидаемого числа заболеваний представляет собой относительную оценку вероятности указанных негативных

последствий загрязнения окружающей среды для здоровья и жизни человека, зависящую от определенного уровня концентрации токсичных веществ, который меняется и со временем, и в пространстве. Первым шагом оценки экологического риска является его идентификация.

В качестве исходных данных для идентификации экологических рисков используются:

- 1) карта технологических процессов, оценка используемого оборудования и материалов;
- 2) технологические регламенты и другие документы, содержащие информацию о характеристиках технологического процесса, применяемом оборудовании, сырье и материалах;
- 3) результаты лабораторных исследований и испытаний, производимых в рамках производственного контроля за соблюдением санитарных правил, экологического контроля и т.д.;
- 4) протоколы измерений показателей опасных и вредных производственных факторов, тяжести и напряженности трудового процесса;
- 5) данные санитарно-эпидемиологической оценки, проводимой органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- 6) результаты проверок соблюдения требований промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды, в том числе материалы проверок, проводимых государственными надзорными органами;
- 7) результаты расследований аварий, инцидентов, несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Оценку экологического риска мы предлагаем производить с помощью многомерных экспертных методов. На первом этапе каждый эксперт  $j$  идентифицирует экологические риски каждого варианта проекта ( $i = 1, \dots, N$ ) и по десятибалльной системе заполняет табл. 1.  $a_{ij}^k$  — оценка  $j$ -м экспертом  $i$ -го варианта проекта по  $k$ -му ( $k = 1, \dots, 7$ ) набору исходных данных, приведенных выше, причем значение  $a_{ij}^k = 1$  характеризует минимальный риск,  $a_{ij}^k = 10$  — максимальный.  $\tilde{A}_{ij}$  — взвешенная сумма оценок экологических рисков варианта  $i$ , полученная экспертом  $j$ .  $\lambda_k$  — весовые

коэффициенты, характеризующие степень важности приведенных выше типов исходных данных для идентификации экологических рисков. Проведем нормализацию полученных оценок:

$$A_{ij} = \frac{\tilde{A}_{ij}N}{\max_{i,j} \tilde{A}_{ij}}. \quad (1)$$

На втором этапе вычислим степень согласованности результатов оценивания проектов каждой парой экспертов с помощью модифицированного коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Модификация заключается в том, что в качестве рангов проектов мы берем нормализованные взвешенные суммы оценок экологических рисков, вычисленные по формуле (1). Коэффициент корреляции Спирмена  $R$  будем определять по формуле:

$$R = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{N^3 - N}, \quad (2)$$

где  $N$  — число сравниваемых вариантов проекта;  $d_i = A_{ij_1} - A_{ij_2}$  — разность взвешенных сумм оценок варианта проекта  $i$  двух произвольных экспертов  $j_1$  и  $j_2$ .

Максимальным значением степени согласованности экспертов является +1 (достигается, когда ранги обоих экспертов совпадают), а минимальным значением — -1 (соответствует случаю, когда мнения экспертов противоположны). Таким образом мы вычисляем коэффициенты корреляции

Спирмена для всех пар экспертов, которых в общем случае  $C_N^2$ .

На следующем этапе находим коэффициент конкордации, определяющий согласованность мнений группы экспертов. Для этого в табл. 2 заносим нормализованные взвешенные суммы оценок проектов, полученные  $m$  экспертами. В последнем столбце таблицы суммируются оценки всех экспертов для каждого проекта  $i$ . Переставим строки в порядке возрастания этих сумм. Среднее значение этих сумм обозначим через  $\bar{A}_i$ :

$$\bar{A}_i = \sum_{j=1}^m A_{ij} / m. \quad (3)$$

Затем рассчитываем сумму квадратов отклонений:

$$S = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (A_{ij} - \bar{A}_i)^2. \quad (4)$$

Это значение характеризует степень совпадения мнений всех экспертов. При полностью согласованных мнениях значение  $S$  будет равно нулю или очень мало, поэтому для определения степени согласованности мнений группы экспертов предлагается определять коэффициент конкордации следующим образом:

$$W = \frac{12 \times S}{m^2(N^3 - N)}. \quad (5)$$

Изменение  $W$  от 1 до 0 указывает на увеличение степени согласованности во мнениях экспертов.

Таблица 1. Риски вариантов проекта

Варианты проекта	Идентификация рисков							Взвешенная сумма оценок
	Риск 1	Риск 2	Риск 3	Риск 4	Риск 5	Риск 6	Риск 7	
Вариант проекта 1	$a_{1_1}^1$	$a_{1_1}^2$	$a_{1_1}^3$	$a_{1_1}^4$	$a_{1_1}^5$	$a_{1_1}^6$	$a_{1_1}^7$	$\tilde{A}_{1_1} = \sum_{k=1}^7 \lambda_k a_{1_1}^k$
Вариант проекта 2	$a_{2_1}^1$	$a_{2_1}^2$	$a_{2_1}^3$	$a_{2_1}^4$	$a_{2_1}^5$	$a_{2_1}^6$	$a_{2_1}^7$	$\tilde{A}_{2_1} = \sum_{k=1}^7 \lambda_k a_{2_1}^k$
...								
Вариант проекта $N$	$a_{N_1}^1$	$a_{N_1}^2$	$a_{N_1}^3$	$a_{N_1}^4$	$a_{N_1}^5$	$a_{N_1}^6$	$a_{N_1}^7$	$\tilde{A}_{N_1} = \sum_{k=1}^7 \lambda_k a_{N_1}^k$

Таблица 2. Взвешенные суммы экспертных оценок проектов

Варианты проектов	Эксперты				Сумма оценок
Вариант 1	$A_{11}$	$A_{12}$	...	$A_{1m}$	$\sum_{j=1}^m A_{1j}$
Вариант 2	$A_{21}$	$A_{22}$	...	$A_{2m}$	$\sum_{j=1}^m A_{2j}$
...	...	...	...	...	...
Вариант $N$	$A_{N1}$	$A_{N2}$	...	$A_{Nm}$	$\sum_{j=1}^m A_{Nj}$

Таким образом, работа с группой экспертов по определению оценок экологических рисков проектов производится следующим образом. Сначала вычисляются оценки экологических рисков всех вариантов проекта всеми экспертами. Они нормализуются, затем определяются и анализируются парные коэффициенты корреляции Спирмена, осуществляется работа по выявлению и исключению из группы некомпетентных и коррумпированных экспертов.

Далее по формуле (5) вычисляется коэффициент конкордации, организационная работа с экспертами (их информирование, отсев и последующие перерасчеты) продолжается до тех пор, пока не будет получено значение  $W \leq 0,15$ , что говорит о высокой степени согласованности мнений экспертов. Тогда  $\bar{A}_i$ , вычисленные по формуле (3), будут являться обобщенными оценками экологических рисков проектов. В случае длительной реализации сложного проекта оценки его экологических рисков могут отличаться по годам, тогда вышеописанную процедуру следует проводить по каждому году отдельно, получая оценки  $\bar{A}_i^t$ .

Социальные результаты отражают вклад проекта в улучшение социальной среды и в конечном счете в повышение качества жизни людей. Качество жизни характеризуется оценками следующих аспектов:

1) доходы населения (средняя заработная плата и другие выплаты);

2) обеспеченность населения товарами и услугами потребительского назначения, цены и тарифы на них;

3) обеспеченность жильем, объектами хозяйственно-бытового назначения и коммунальными услугами;

4) занятость населения (количество новых рабочих мест), подготовка кадров;

5) обеспеченность населения объектами образования, культуры и искусства, здравоохранения, спорта, транспортного обслуживания;

6) социальная безопасность (снижение уровня правонарушений и преступности);

7) здоровье и продолжительность жизни (улучшение условий труда, развитие сферы здравоохранения, повышение уровня обслуживания).

Оценку уровня социальной значимости проектов производим по вышеприведенной схеме, получая на первом этапе  $b_{ij}^k$  — оценку  $j$ -м экспертом  $i$ -го варианта проекта по  $k$ -му ( $k = 1, \dots, 7$ ) аспекту качества жизни,  $\bar{B}_{ij}$  — взвешенные суммы оценок качества жизни варианта проекта  $i$ , полученные экспертом  $j$ . После проведения нормализации полученных оценок вычисляем  $V_{ij}$ . Далее аналогично проводим все этапы вычислений и получаем  $\bar{B}_i^t$  — обобщенные оценки уровня социальной значимости проектов.

Качественные суждения и методы экспертных оценок в силу своей субъективности имеют серьезные недостатки. При последующих проверках

оказывалось, что такие данные часто отклоняются в сторону увеличения значимости недавних и часто повторяющихся событий, более впечатляющих эффектов (происходит искажение ожидаемой вероятности события). Все это следует учитывать при использовании метода экспертных оценок.

### 3.2. Экспертный отбор возможных вариантов проекта с использованием принципов попарного сравнения (метод иерархий Саати)

В качестве критериев выбора вариантов проекта предлагаются следующие:

- повышение благосостояния общества, экономической и социальной стабильности в регионе;
- насыщение региона товарами и услугами создаваемого предприятия;
- повышение уровня занятости населения;
- удовлетворение потребностей в жилье, дошкольных учреждениях, квалифицированной медицинской помощи;
- охрана окружающей среды.

Для выбора наиболее значимых вариантов проекта мы предлагаем метод анализа иерархий Саати [8]. Для установления относительной важности элементов иерархии  $v_{ij}$  используется шкала отношений (табл. 3), позволяющая методом попарного сравнения численно оценить степень

преимущества одного сравниваемого объекта перед другим.

Вначале строится матрица попарных сравнений критериев и формируется вектор приоритетов критериев. Каждый проект уникален, уникальны и сравнительные оценки критериев. В табл. 4 приведен пример попарных сравнений критериев для одного из проектов (для анализа взят проект строительства гипермаркета «Родник» в г. Челябинске).

Для формирования вектора приоритетов критериев сначала нормализуем матрицу  $A$  путем деления всех ее элементов на сумму элементов каждого соответствующего столбца.

$$N_A = \begin{pmatrix} 0,40 & 0,62 & 0,29 & 0,16 & 0,31 \\ 0,13 & 0,20 & 0,29 & 0,26 & 0,46 \\ 0,13 & 0,07 & 0,11 & 0,26 & 0,05 \\ 0,13 & 0,04 & 0,02 & 0,06 & 0,03 \\ 0,21 & 0,07 & 0,29 & 0,26 & 0,15 \end{pmatrix}.$$

Компоненты вектора  $W^E$  вычисляются как средние арифметические элементов строки нормализованной матрицы:

$$W^E = (0,356; 0,268; 0,138; 0,056; 0,196). \quad (6)$$

На данном проекте самым приоритетным является критерий «повышение благосостояния» (0,356), затем «насыщение региона товарами» (0,268), потом «охрана окружающей среды»,

Таблица 3. Шкала отношений

Степень значимости $v_{ij}$	Определение
1	Одинаковая значимость
3	Некоторое преобладание значимости одного действия над другими (слабая значимость)
5	Существенная или сильная значимость
7	Очень сильная значимость
9	Абсолютная значимость
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между двумя соседними суждениями
Обратные величины $1 / v_{ij}$	Действию $j$ при сравнении с $i$ приписывается обратное значение

Таблица 4. Матрица А попарных сравнений критериев

Критерии	Повышение благосостояния	Насыщение региона товарами	Повышение уровня занятости	Удовлетворение потребностей в жилье	Охрана окружающей среды
Повышение благосостояния	1	3	3	3	2
Насыщение региона товарами	1/3	1	3	5	3
Повышение уровня занятости	1/3	1/3	1	5	1/3
Удовлетворение потребностей в жилье	1/3	1/5	1/5	1	1/5
Охрана окружающей среды	1/2	1/3	3	5	1

«повышение уровня занятости», и на последнем месте находится «удовлетворение потребностей в жилье».

Затем для каждого критерия строится матрица попарных сравнений вариантов проекта и формируются соответствующие векторы приоритетов. Полученные векторы приоритетов вариантов проекта по каждому критерию умножаются скалярно на вектор приоритетов критериев, и таким образом получается результирующий вектор приоритетов вариантов проекта  $\{A_i\}$ . В случае длительного срока реализации сложного проекта вышеописанную процедуру следует проводить по каждому году отдельно, получая оценки  $A_i^t$ .

### 3.3. Математическая модель деятельности регулирующих органов, максимизирующая объем налогов

Дано:  $N_t$  — план налогообложения. Финансовые этапы ( $V_t^k$  — прибыль от реализации) вариантов реализации проекта разрабатываются руководителем проекта, его командой и генконтрактом. Команда проекта совместно с заказчиком и представителями регулирующих органов составляет перечень положительных и отрицательных аспектов реализации проекта (от его разработки

до последующей эксплуатации) и производит их экспертную оценку для каждого варианта.

К положительным аспектам проекта ( $a_q^+$ ) относятся:

- создание новых рабочих мест (по видам специальностей);
- выпуск конкурентоспособной продукции, более привлекательной для населения территории по качеству и ценам;
- повышение наполняемости бюджета благодаря производству новой продукции;
- участие в решении определенных социальных вопросов;
- решение некоторых транспортных проблем территории.

К отрицательным аспектам ( $a_q^-$ ) относятся:

- невыполнение экологических требований;
- ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки;
- загрязнение ландшафта, включая ухудшение историко-архитектурной ценности местности.

Финансовые результаты этапов реализации вариантов проекта существенным образом влияют на оценку вышеперечисленных аспектов.

Математическая модель деятельности регулирующих органов выглядит следующим образом. Необходимо найти такой вариант реализации проекта  $k_{эф}$ , при котором:

$$n_t V_t^{k_{\text{эф}}} \geq N_t, \quad (7)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{q=1}^5 a_q^+(V_t^{k_{\text{эф}}}) - \sum_{q=1}^3 a_q^-(V_t^{k_{\text{эф}}}) \geq \\ & \geq \sum_{q=1}^5 a_q^+(V_t^k) - \sum_{q=1}^3 a_q^-(V_t^k), \quad \forall k. \end{aligned} \quad (8)$$

Далее осуществляется оптимизация выгод и потерь для территории с точки зрения налогообложения, социальных и экологических требований, т.е. выбирается такой вариант реализации проекта, который при обеспечении плана налогообложения (при годовой ставке  $n_t$ ) обеспечит максимально объективную оценку его положительных и отрицательных аспектов.

#### 3.4. Многокритериальная математическая модель деятельности регулирующих органов (минимизация экологического риска, повышение качества жизни и максимизация налогов)

Пусть известны максимально возможные объемы финансирования проекта  $Q = \sum_{t=0}^T Q^t$  на интервале  $[0, T]$ . Эти средства могут быть использованы для вложения в один из вариантов проекта  $i$  ( $i = 1, \dots, N$ ), требующий в период  $t$  финансирования в объеме  $V_i^t$ . Пусть прибыль от реализации варианта проекта  $i$  на конец периода  $t$  составляет  $PV_i^t$ , оценка уровня социальной значимости проектов —  $\bar{B}_i^t$ , а прогнозируемая оценка экологического риска —  $\bar{A}_i^t$ . Необходимо выбрать такой вариант реализации проекта, который обеспечивал бы максимальный ожидаемый объем налогов для некоторого близкого к минимальному значения экологического риска и высокого уровня социальной значимости проектов.

Проблема выбора варианта реализации проекта может быть сформулирована как следующая трехкритериальная задача целочисленного программирования с булевыми переменными. Найти:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если выбираем вариант проекта } i \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad (9)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^N V_i^t x_i \leq Q^t, \quad \forall t \in [0, T]. \quad (10)$$

Целевые функции:

1) максимизация ожидаемого объема налогов:

$$F_1 = \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^N x_i n_i NPV_i^t \right) (1+d)^{-t} \rightarrow \max; \quad (11)$$

2) минимизация экологического риска:

$$F_2 = \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^N x_i \bar{A}_i^t \right) (1+d)^{-t} \rightarrow \min; \quad (12)$$

3) повышение качества жизни:

$$F_3 = \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^N x_i \bar{B}_i^t \right) (1+d)^{-t} \rightarrow \max. \quad (13)$$

Оценка экологического риска  $\bar{A}_i^t$  варианта проекта  $i$ , реализуемого в период  $t$  в объеме инвестиций  $V_i^t$ , формируется по алгоритму, описанному выше. Далее рассчитываем оценку уровня социальной значимости проектов  $\bar{B}_i^t$ . Эти оценки могут быть заменены на обобщенные оценки  $A_i^t$ . Коэффициент дисконтирования  $d$  примем за минимально желаемый уровень доходности государственных инвестиций. Его можно использовать и для второй целевой функции в качестве меры эквивалентности значений риска, и для третьей целевой функции как меру эквивалентности оценок для уровня социальной значимости проектов в разных временных периодах.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать метод последовательных уступок, который подробно описан нами в работе «Математические модели проектного управления для инвестора» [3].

## ВЫВОДЫ

Предложенные модели реализуют задачи математического программирования с линейными и нелинейными ограничениями и целевыми функциями. В настоящее время существует широкий спектр программных средств для решения подобных задач, достаточно указать входящий в Excel пакет Solver.

В статье были рассмотрены новые научно-практические направления в организационном управлении вообще и в проектном управлении в частности, проанализированы цели и задачи регулирующих органов как участника проекта: их интересы, место, роль и ответственность в проектной деятельности. Как правило, они часто дублируются, избыточны и иногда противоречивы. Предложенные примеры постановки задач для регулирующих органов могут служить основой разработки объективно многовариантной системы УП. При этом приведенные выше математические модели позволяют реализовать многие компетенции регулирующих органов в процессе выполнения проекта. Они могут уже сейчас служить

методологической основой для разработки прикладных пакетов программного обеспечения (автоматизированной системы) для управления проектом на всех стадиях его осуществления. Полученные в моделях 3.1 и 3.2 оценки экологических рисков и уровня социальной значимости проектов, используемые в модели 3.4, можно применить и в ряде других моделей [2–4] в случае выполнения органами власти многофункциональных ролей.

Дальнейшее продвижение проектного управления и повышение его результативности требует более полного описания математических моделей других заинтересованных сторон, не представленных в предыдущих статьях цикла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон // Управление проектами и программами. — 2012. — №4.
2. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для заказчика // Управление проектами и программами. — 2013. — №1.
3. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для инвестора // Управление проектами и программами. — 2013. — №2.
4. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для поставщика // Управление проектами и программами. — 2013. — №3.
5. Доклад об осуществлении государственного контроля (надзора), муниципального контроля в соответствующих сферах деятельности и об эффективности такого контроля (надзора). — [http://mert.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub\\_135036.pdf](http://mert.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_135036.pdf).
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов №ВК 477 от 21 июня 1999 г. — <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=28224>.
7. Никитина В.Г. Взаимодействие государственных и региональных интересов в инвестиционном процессе // Финансы и кредит. — 2007. — №15. — С. 56–65.
8. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 360 с.
9. Товб А.С., Ципес Г.Л. Менеджмент проектов в практике современной компании // Управление проектами. — 2006. — №2.
10. Указ Президента РФ от №596 «О долгосрочной экономической политике» от 7 мая 2012 г. — <http://ivo.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>.
11. Управление проектами: основы профессиональных знаний. Национальные требования к компетентности специалистов по управлению проектами. Версия 3.0 / Под науч. ред. В.И. Воропаева. — М.: Проектная Практика, 2010.
12. *Doing Business 2013. Smarter Regulations for Small and Medium-Size Enterprises*. — <http://www.doingbusiness.org/reports/global-reports/doing-business-2013>.
13. Seung Heon Han (2009). «Analyzing schedule delay of mega project: lessons learned from Korea Train eXpress». *IEEE Transactions on English Management*, Vol. 56, No. 2, May, pp. 243–256.