

Таким образом, для дальнейшего анализа можно использовать оптимизационную модель вида

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X \subset \mathbb{R}^N} G[a_j, k_j(x), y, t], \quad k_j(x) \in K_D \cup K_{\text{ж}} ;$$

$$h_q(x, y, t) \leq 0, q = \overline{1, Q};$$

где  $y(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_M(t)\}$  – вектор характеристик внешней среды, включающий экономические условия, состояние законодательной базы, характеристики территории (городского района),  $h_q(x, y, t)$  – функции ограничений на параметры объекта,  $x^0$

– оптимальный вариант продукта редевелоперского проекта,  $a_j$  – весовые коэффициенты частных критериев качества.

#### Литература

1. Туфлина О.Э. Варианты финансирования проектов развития нежильной недвижимости // Вестник университета (ГУУ) № 28 М.:ГУУ, 2009.
2. Е.Г. Петров, М.В.Новожилова, І.В.Гребеннік Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах. – К. Техніка, 2003. – 240с.

УДК 005.8:581

## МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО- СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

**И.В. Беленченко**  
Аспирант\*

**М.В. Новожилова**

Доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой\*

\*Кафедра компьютерного моделирования и  
информационных технологий

Харьковский государственный технический университет  
строительства и архитектуры

ул. Сумская, 40, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: 706-20-49

E-mail: novozhilova@kstuca.kharkov.ua

*Розглянуто комплекс моделей урахування екологічної складової при побудові векторного критерію ефективності інвестиційно-будівельного проекту*

*Ключові слова: інвестиційно-будівельний проект, багатокритеріальна задача, ефективність*

*Рассмотрен комплекс моделей учета экологической составляющей при построении векторного критерия эффективности инвестиционно-строительного проекта*

*Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект, многокритериальная задача, эффективность*

*The development project optimization models with vector criteria of efficiency including ecological criterion have been considered*

*Keywords: development project, multicriteria problem, efficiency*

#### Актуальность исследования

Экономический кризис 2008-2009г. особенно сильно сказался на строительной отрасли. За 2009 год по данным Госкомстата Украины [1] отрасль покинуло 100 тыс. квалифицированных работников. Объемы выполненных строительных работ в 2009 г. составили 53 % от уровня 2008г, а в Киевской области – менее 44 %. Незначительность доли государства в инвестировании

строительной отрасли (Киевская область – менее 3% в 2009г.), а также падение интереса иностранных инвесторов (10,5% от общего объема капитальных инвестиций) усугубляет положение.

Вместе с тем постоянно повышаются требования как к объекту строительства – продукту инвестиционно-строительного проекта (ИСП), так и уровню управления строительным проектом, что непосредственно влияет на конкурентоспособность предприятий

строительной отрасли. Залогом интереса инвесторов является соответствие международным стандартам ведения строительного бизнеса, в частности, наличие комплекса инвестиционных альтернатив и сценариев развития внешней среды, а также формальных способов оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта, что в целом составляет модель продукта проекта как целенаправленной системы [2].

Строительство или реконструкция объекта недвижимости влечет развитие городской территории, порождает изменения в окружающей человека среде и затрагивает интересы многих членов общества.

Известно множество способов оценки эффективности инвестиционно-строительных проектов, которое включает традиционные методики ЮНИДО (показатели RVP, NPV, IRR, PI), а также специализированные подходы (метод чувствительности, метод сценариев, метод дерева решений).

Однако на современном этапе развития методологии управления проектами эффективность ИСП – EICP – определяется не только как коммерческий успех проекта. Это векторный показатель, включающий такие частные критерии, как экономическая  $E_p$ , бюджетная  $E_b$ , народнохозяйственная  $E_n$ , социальная  $E_e$ , экологическая  $E_c$  компоненты (под экологической эффективностью  $E_c$  проекта будем понимать минимальное негативное воздействие продукта проекта на внешнюю среду), и характеризующий интересы всех участников проекта, а также его окружения. При этом необходимо учитывать ограниченный объем ресурсов проекта, в первую очередь время, дисконтирование денежных потоков, вероятностный характер влияний внешней среды, соотношение затрат и будущих доходов, фактор ожидаемой выгоды и т. д.

Различные аспекты данной проблемы рассматривались в трудах таких ученых, как Р.Б.Тян, Ф.И.Павлов [3], Э.Г.Петров, А. Г. Шахназаров, В.Д. Шапиро, И.И. Мазур, Г.М. Стерник и других авторов.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных проблеме создания инструментальных средств оценки инвестиционной привлекательности ИСП, показал, что данная задача в полном объеме не решена.

**Целью** данной работы является построение методики определения вектора характеристик  $s^*$  продукта ИСП – объекта недвижимости, доставляющего экстремальное значение векторному критерию эффективности с учетом вероятностных воздействий внешней среды и ограничений на ресурсы проекта.

### Основные результаты исследования

Предлагается следующая обобщенная математическая постановка задачи исследования:

Необходимо определить:

$$(s^*, t) = \arg \operatorname{extr}_{s \in S, t \in W} F_{\text{ICP}}(s, t) \quad (1)$$

где  $EICP(s, t) = F(E_p(s, t), E_b(s, t), E_n(s, t), E_e(s, t), E_c(s, t))$  – векторный функционал качества,  $s^*$  –  $n$ -мерный вектор оптимальных параметров продукта проекта,  $t$  – время выполнения проекта,  $W$  – множество всех возможных вариантов  $s^k, k = \overline{1, K}$  наборов параметров объекта,  $S$  – множество допустимых решений параметров  $s$ .

Область  $S$  формируется геометрическими, финансовыми, нормативными ограничениями на возможные значения параметров  $s$  и имеет дискретную структуру.

Предложена декомпозиция данной задачи в соответствии с фазами жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта: предпроектная стадия, стадия проектирования, стадия строительства, стадия реализации.

Предпроектная стадия в свою очередь, подразумевает такие этапы: анализ рынка недвижимости, в том числе состояние сегментов рынка, формирование концепции проекта, разработка различных сценариев бюджета проекта, инвестиционный анализ.

На стадии проектирования осуществляется, в частности, проектирование архитектурно-планировочных решений и разработка финансовой схемы проекта.

Отметим, что продукт ИСП – сложная открытая организационно-техническая система, существующая в тесной взаимосвязи с внешней средой и изменяющая ее свойства, причем далеко не всегда это означает качественное развитие внешней среды. Строительный объект несет также потенциальную угрозу внешней среде (шум, излучение, загрязнение атмосферы, водного бассейна и земли). В общем случае, спектр потенциальных негативных воздействий велик. Однако анализ частоты возникновения негативных воздействий и величины ущерба позволяет выделить в качестве основного фактора негативного влияния пожароопасность продукта ИСП, загрязнение окружающей среды продуктами горения и тушения пожара.

Рассмотрим первые две стадии ИСП.

Задача (1) на предпроектной фазе (ПрФ) проекта может быть представлена как совокупность двух взаимосвязанных задач:

ПрФ1. Определение множества возможных альтернатив развития конкретной территории ( $j$ -го бытового района, локальной зоны) с учетом экологической составляющей.

Пусть каждый  $j$ -й бытовой район (ячейка, локальная зона) описывается множеством частных свойств  $P$ . Основными группами множества свойств (характеристик)  $P$  примем  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_{17}\}$  – градостроительные особенности;  $T = \{T_1, \dots, T_7\}$  – транспортная инфраструктура;  $S = \{s_1, \dots, s_{11}\}$  – инженерные сети;  $E = \{e_1, \dots, e_{41}\}$  – экологическая обстановка;  $R = \{r_1, \dots, r_{15}\}$  – объекты нового строительства;  $H$  – социальные характеристики, всего  $N$  частных свойств [4]:

$$P = (G, T, S, E, R, H) \quad (2)$$

Свойства  $P$  выделены, исходя из анализа основных закономерностей рынка недвижимости, существующих градостроительных нормативов, а также основных методологических положений отрасли. Количественной оценкой  $n$ -го частного свойства для  $j$ -го бытового района является критерий  $k_{ij}, n = \overline{1, N}$ .

Далее, пусть имеется множество  $A = (A_1, A_2, \dots, A_1, \dots, A_1)$  – возможных альтернатив развития данной территории, соответствующих следующим типам недвижимости:  $A_1$  – торговая,  $A_2$  – офисная,  $A_3$  – жилая многоэтажная,  $A_4$  – жилая малоэтажная,  $A_5$  – гостиничная,  $A_6$  – складская,  $A_7$  – производственная недвижимость,  $I$  – множество индексов альтернатив.

Пусть также экспертным путем определен вектор коэффициентов  $\lambda_i = \{\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{iN}\}, i = 1, I$  весов свойств  $P$  для каждой из альтернатив развития.

В предположении, что используется аддитивная свертка критериев, задачу выбора наиболее перспективного функционального развития для каждого  $j$ -го бытового района с учетом экологической составляющей можно записать в виде:

$$\sum_{n=1}^N \lambda_{in} k_{nj} \rightarrow \max, \quad i \in I. \quad (3)$$

Отметим, что таким способом можно упорядочить множество альтернатив развития для каждой выделенной городской территории.

ПрФ2. Определение оценок спроса  $D = (D_1, D_2, \dots, D_I)$  в исследуемой локальной зоне по сегментам рынка недвижимости, соответствующим альтернативам  $A = (A_1, A_2, \dots, A_I)$ .

Решение задач ПрФ1, ПрФ2 позволяет обосновать наиболее перспективное функциональное назначение будущего продукта проекта с учетом требования минимизации негативного влияния на окружающую среду.

На этапе проектирования задача (1) есть задача определения оптимальной структуры продукта ИСП как сложной технической системы, необходимо содержащей систему пожарной безопасности (СПБ), наличие которой наряду с увеличением инвестиционных затрат повышает стоимость кв. метра полезной площади объекта.

На выбор вектора оптимальных характеристик (структуры) СПБ влияют: внешняя к СПБ среда через множество  $U$  дестабилизирующих факторов [6], инвестор, а также требования государственных строительных норм Украины.

Отметим, что последние можно отнести в ограничения оптимизационной задачи определения оптимального варианта развития ИСП.

В целом векторный критерий качества эффективности ИСП с учетом экологически опасных факторов возможного пожара имеет вид

$$F = (D, Z), \quad D \rightarrow \max_{x \in X}, \quad Z \rightarrow \min_{z \in Z}, \quad (4)$$

где функция чистого дохода  $D = f(a_{cp}, a_{надб}, s, k, \dots)$ , где  $a_{cp}$  – средняя арендная ставка/стоимость кв.м. объектов рассматриваемого класса,  $a_{надб} = h(\Xi, x)$  зависит от матрицы эффективности  $\Xi$  СПБ в целом, вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ ,  $x_i \in \{0, 1\}$ , определяет состав СПБ,  $s$  – площадь склада,  $k$  – дисконтная ставка,  $p$  – количество периодов времени реализации проекта.

Прямые затраты  $Z$  есть аддитивная функция дисконтированной стоимости элементов СПБ.

Данная методика применена при разработке соответствующих стадий инвестиционно-строительного проекта по строительству логистического комплекса класса А (33 тыс. кв. м. складских и 3,6 тыс. кв. м. офисных площадей) компании ДП «ИСТ Вишневе», расположенного в г. Вишневое, ул. Киевская 6-В вблизи окружной дороги г. Киева. Этот объект позиционируется как один из первых в Украине логистических объектов класса А с широким спектром логистических услуг, что подтверждает выполненный анализ рынка складской недвижимости. Основные характеристики: – напольное и стеллажное хранение; механическая и ручная обработка грузов; автономные системы коммуникаций; – несколько режимов температурного контроля хранения груза в обособленных и защищенных боксах; прочие характеристики и виды логистических услуг. На основании предложенной методики был подготовлен эскизный проект СПБ и укрупненная финансовая схема СПБ комплекса.

#### Литература

1. <http://ukrstat.gov.ua> - официальный сайт Госкомитета статистики Украины.
2. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник И.В. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах. – К.: Техніка, 2003. – 240с.
3. Тянь Р.Б., Павлов Ф.И. Выбор варианта инвестирования программ на сетевой структуре // Економікс: проблеми теорії та практики. – Вып. 77. – Днепропетровск: ДНУ, 2001. – С.27-36.
4. Новожилова М.В., Долгова Н.Г., Синельникова О.В. Метод оценки альтернативных вариантов функционального зонирования территории города // АСУ и приборы автоматики. – Вып. 145. – Харьков: ХНУРЭ, 2008. – С. 75-80.
5. Беленченко И.В. Математическое моделирование инвестиционных затрат проекта с учетом различной стоимости ресурсов // Науковий вісник будівництва. Вип. 54. – Харків: ХДТУБА, 2009. – С.244-248.
6. М.В. Новожилова, І.В. Беленченко, М.М. Мурін Урахування впливу можливої пожежі при побудові векторного критерію ефективності проекту логістичного комплексу // Проблеми пожежної безпеки. – Вып. 26. – Харьков: УГЗУ, 2009. – С.114-118.