
УДК 615.85

Н.Г. ДОЛГОВА, М.В. НОВОЖИЛОВА, О.И. СИНЕЛЬНИКОВА

МЕТОД ОЦЕНКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

Предлагается метод оценки альтернативных вариантов развития территорий города, который позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР), провести комплексный анализ населенного пункта, определить ресурсный потенциал и выделить направления его стратегического планирования.

1. Актуальность исследований

В течение последних десятилетий градостроительные и санитарно-гигиенические нормы являлись определяющими при планировании и проектировании городских территорий. Эти нормы определяли в основном требования не к городу как территориально-целостному образованию, а к отдельным его районам, различным по функциям – промышленным зонам, жилым территориям, инженерно-транспортным коридорам и т. д.

На современном этапе развития экономики Украины становится очевидным, что реализация имеющегося потенциала города должна осуществляться на основе его комплексного анализа как единой функциональной системы. При этом уже на этапе планирования необходимо оценить инвестиционную привлекательность городских территорий в целях предотвращения возможного ущерба от их нерационального использования.

Механизм получения такой оценки предполагает разработку соответствующего формального аппарата и инструментальных средств анализа больших объемов слабоформализованной, зачастую неструктурированной информации о городской территории как объекте инвестирования.

2. Теоретическая база исследований

Анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных проблеме создания и обоснования генеральных планов городских территорий, позволил выделить такие основные научные направления. Задачи размещения объектов промышленного, гражданского и жилого строительства в территориальном аспекте рассматриваются в работах Э.Б.Алаева, Н.Н. Барановского, Э.П. Григорьева, Э.Г. Петрова, И.С. Степанова [1,2]. Методические основы оценки инвестиционной привлекательности территорий разработаны в трудах А.Шахназарова, И.Ройзмана, К.Гусевой, Н.Марковой.

Концептуальным вопросам создания программного обеспечения компьютерного проектирования объектов строительства, в том числе компьютерных средств визуализации и поддержки принятия решений, посвящены работы таких ученых как Л.Э.Ванда, А.А.Гусakov, Н.И. Ильин, Э.П. Григорьев [3,4].

Анализ функциональных особенностей существующих программных продуктов, таких как AutoCAD Architecture, AutoCAD Revit Architecture Suite, Autodesk Revit Architecture и ряда других на их основе показал, что возможность оценки экономической целесообразности размещения объектов строительства, а также инвестиционной привлекательности территорий как результата размещения рассматриваемых объектов в них отсутствует.

Таким образом, для повышения эффективности решения задач генерального планирования и проектирования сложных объектов, таких как объекты недвижимости (ОН), характеризующихся существенной неопределенностью предпроектной информации, актуально создание системы поддержки принятия инвестиционных решений (СППИР) [5]. Разработка и внедрение СППИР в деятельность субъектов государственного и муниципального управления иностранных и национальных инвесторов приводит к необходимости применения математических методов и создания математических моделей принятия решений, позволяющих комплексно и всесторонне анализировать проблемные ситуации, характерные для этапа инициации инвестиционного проекта строительства объектов недвижимости (предпроектный этап) [6].

3. Постановка задачи

Пусть задана территория города, разделенная на n районов. В качестве единицы территориального деления в работе принят бытовой район города¹.

Каждый бытовой район может быть описан набором свойств:

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_1, \dots, p_L). \quad (1)$$

Частные свойства p_1 имеют различный функциональный смысл, размерности, интервалы возможных значений, например, среди частных свойств такие: близость к метро, деловой центр города, ставки капитализации для различных типов недвижимости и так далее. Поэтому в рамках данной работы реализован подход, позволяющий получить количественные оценки частных свойств p_1 – критерии k_1 [7].

Пусть k_1^j – количественная оценка 1-го частного свойства для j -го бытового района.

Для решения задачи приведения критериев k_1^j к изоморфному виду в работе использована нормализация и построена функция локальной полезности f_1^j критерия k_1^j вида [8]:

$$f_1^j = \frac{k_1^j - \min_{j \in J} k_1^j}{\max_{j \in J} k_1^j - \min_{j \in J} k_1^j}, \quad 1 = \overline{1, L}, \quad (2)$$

где J – множество индексов, $j \in J$, $|J| = n$.

Полученные оценки j -го бытового района образуют вектор $F_j = (f_1^j, f_2^j, \dots, f_1^j, \dots, f_L^j)$, $j = \overline{1, n}$. Нормализация частных критериев по всему списку бытовых районов необходима еще и для того, чтобы районы были сравнимы между собой в контексте всего города.

Множество F_j построенных количественных оценок свойств района образует систему частных критериев, которые удовлетворяют основным требованиям: полнота, минимальность, операциональность, декомпозируемость, измеримость.

В контексте данной работы свойства $P_j = (p_1^j, p_2^j, \dots, p_1^j, \dots, p_L^j)$ (и, соответственно, частные критерии k_1) условно разделены на группы (тип градостроительной зоны, социально-демографические показатели, экономическая база района, транспортная инфраструктура и уровень развития рынка недвижимости). Пусть M – число рассматриваемых групп свойств.

¹ Бытовой район – селитебная зона города со сложившейся социально-бытовой и транспортной инфраструктурой, включающая прилегающие территории промышленных и рекреационных зон.

Обозначим $\{K_g\}_{g=\overline{1,M}}$ – множество групп критериев. В свою очередь каждая g -я группа состоит из ряда частных критериев k_r^g , $r = \overline{1, m_g}$, где $m_g = |K_g|$, $g = \overline{1, M}$. При этом $L = \sum_{g=1}^M m_g$.

Имеется также множество $A = (A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_N)$ возможных вариантов – альтернатив – функционального развития территорий города. Функциональное развитие территории подразумевает строительство объектов определенного типа недвижимости и/или проведение реконструкции существующей застройки.

Тогда задача сводится к определению для каждого бытового района подмножества альтернатив $A_i^j \subset A$ допустимых, а на подмножестве A_i^j – наиболее эффективных вариантов функционального развития.

Обобщенная оценка y_i^j соответствия свойств j -го бытового района определенной альтернативе A_i имеет вид: $y_i^j = \varphi(W_i, F_j)$, где $W_i = (w_1^i, w_2^i, \dots, w_1^i, \dots, w_L^i)$ – вектор оценок значимости частных критериев для выбора i -й альтернативы; $\varphi(\cdot)$ – некоторая функция свертки [6].

В работе исследовалась аддитивная функция свертки с последующей нормировкой вида:

$$y_i^j = \frac{\sum_{l=1}^L w_l^i f_l^j}{\sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^L w_l^i f_l^j} \quad (3)$$

Таким образом, задачу выбора наиболее перспективного функционального развития для каждого j -го бытового района можно записать следующим образом.

Определить:

$$A_j^* = \{A_{i0} \in A : y_{i0}^j = \max_i y_i^j, i = \overline{1, N}\}, \quad (4)$$

где A_j^* – множество альтернатив для j -го бытового района, соответствующих перспективным вариантам развития, для которых значение оценки y_i^j соответствия свойств j -го бытового района i -й альтернативе максимальное среди оценок для всех альтернатив.

4. Общая схема метода решения задачи

Метод решения задачи выбора (4) для каждого бытового района наиболее перспективных альтернатив развития содержит следующие этапы.

Этап 1. Проводим количественную оценку свойств (1) для каждого j -го бытового района, получаем оценки \tilde{f}_l^j для каждого l -го свойства для j -го бытового района.

Этап 2. Выполняем нормализацию (2) и получаем набор векторов $F_j = (f_1^j, f_2^j, \dots, f_1^j, \dots, f_L^j)$, $j = \overline{1, n}$.

Этап 3. Определяем оценки значимости частных критериев k_l для каждой альтернативы A_i .

Этап 4. Вычисляем оценки степени соответствия бытового района альтернативам y_i^j , $j = \overline{1, n}$, $i = \overline{1, N}$, согласно (3), т.е. для каждого бытового района получаем оценки степени соответствия каждой альтернативе.

Этап 5. Задаем интервал значений оценок y_i^j , в соответствии с которым осуществляем выбор подмножества наиболее перспективных альтернатив для каждого бытового района, что является решением задачи (4).

5. Метод получения оценок значимости частных критериев

Для выполнения этапа 3 в работе адаптирован бальный метод получения оценок $W_i = (w_{11}^i, w_{12}^i, \dots, w_{1r}^i, \dots, w_{1L}^i)$ значимости частных критериев k_l для каждой альтернативы A_i , $i = \overline{1, N}$, которые составляют матрицу $W = \|w_{il}^i\|$, $i = \overline{1, N}$, $l = \overline{1, L}$.

В случае недостатка данных выбор наиболее перспективных вариантов может осуществляться на основании как полной группы критериев, так и отдельных групп, например градостроительные особенности, уровень развития рынка недвижимости и др.

Оценка значимости частных критериев на альтернативы для решения поставленной задачи на основании статистического анализа затруднена, что связано с отсутствием достаточных объемов статистических данных, а особенно ретроспективных данных о рынке недвижимости. Данный факт обуславливает использование методики экспертного оценивания [7].

Результаты опроса экспертов с последующей оценкой степени согласованности и в случае необходимости коррекцией сведены в табл. 1.

Таблица 1
Система критериев оценки альтернатив

Группы критериев	K_1 – градостроительные особенности					...	K_g		...	K_M			
	k_1^1	k_2^1	k_r^1	..	$k_{m_1}^1$..	k_1^g	..	$k_{m_g}^g$..	k_1^M	..	$k_{m_M}^M$
Альтернативы													
A_1	b_{11}	b_{12}											
A_2	b_{21}	b_{22}											
...													
A_i			b_{ir}				b_{il}						
...													
A_N					b_{Nm_1}								b_{NL}

В табл. 1 b_{ir} – экспертная оценка влияния r -го частного критерия на i -ю альтернативу, при этом оценки могут принимать значения от « $-b_{max}$ » до « b_{max} », $b_{max} \in R^+$ (в настоящей работе $b_{max} = 5$).

Метод предполагает анализ значимости групп критериев.

Оценки λ'_{ig} соответствия g -й группы максимальному значению для i -й альтернативы определяются по формуле:

$$\lambda'_{ig} = \frac{\sum_{r=1}^{m_g} |b_{ir}|}{m_g \cdot b_{max}}$$

Нормировка полученных оценок λ'_{ig} выполняется по формуле:

$$\lambda_{ig} = \frac{\lambda'_{ig}}{\sum_{g=1}^M \lambda'_{ig}}$$

Таким образом, получена значимость g -й группы критериев для каждой i -й альтернативы.

Следующий шаг метода – анализ значимости частных критериев внутри каждой группы.

Оценки θ'_{ir} соответствия балла b_{ir} максимальному значению вычисляются по формуле:

$$\theta'_{ir} = \frac{b_{ir}}{b_{\max}}, \quad r = \overline{1, m_g}, \quad g = \overline{1, M}.$$

Нормировка полученных оценок θ'_{ir} внутри каждой g -й группы критериев имеет вид:

$$\theta_{ir} = \frac{\theta'_{ir}}{\sum_{r=1}^{m_g} \theta'_{ir}}, \quad r = \overline{1, m_g}, \quad g = \overline{1, M}.$$

Для каждой g -й группы критериев получаем матрицу оценок значимости всех r -х частных критериев, входящих в g -ю группу, на каждую i -ю альтернативу – $\Theta_g = \|\theta_{ir}\|$, $i = \overline{1, N}$, $g = \overline{1, M}$, $r = \overline{1, m_g}$. Каждую i -ю строку матрицы Θ_g умножаем на соответствующее значение коэффициента значимости g -й группы на i -ю альтернативу – λ'_{ig} , $i = \overline{1, N}$, $g = \overline{1, M}$, получая тем самым подматрицу \tilde{W}_g матрицы $\tilde{W} = \|\tilde{w}_i\|$ оценок значимости частных критериев на альтернативы: $\tilde{W} = (\tilde{W}_1, \tilde{W}_2, \dots, \tilde{W}_g, \dots, \tilde{W}_M)$.

Компоненты важности альтернатив в рамках каждого критерия вычисляются по формуле:

$$w_{il} = \frac{\tilde{w}_{il}}{\sum_{i=1}^N \tilde{w}_{il}}.$$

Таким образом, получена матрица $W = \|w_{il}\|$, $i = \overline{1, N}$, $l = \overline{1, L}$ оценок приоритетности альтернатив с учетом внутренней структуры значимости частных критериев.

6. Анализ научных и практических результатов

Оценка эффективности предложенного подхода проведена на основе анализа развития города Харькова. В качестве альтернатив были выбраны: торговая недвижимость, офисная недвижимость, многоэтажное жилье, малоэтажное жилье, гостиничная недвижимость, промышленная недвижимость и складская недвижимость ($N=7$). По каждому бытовому району города Харькова ($n=58$) были собраны данные соответственно по всем признакам с последующей количественной оценкой и получена система критериев, состоящая из 52 частных критериев ($L=52$, $M=5$ – количество групп).

В результате обработки были получены оценки перспективности развития всех альтернатив для каждого бытового района. В табл. 2 приведены только наиболее привлекательные бытовые районы для каждой альтернативы.

На рис.1 приведены результаты оценки перспективности развития альтернативы – многоэтажное жилье. Наиболее темным цветом отражены районы, где целесообразнее развивать указанную альтернативу.

Представленный подход оценки наиболее перспективного варианта функционального развития бытового района реализован в рамках разработки СППИР «Девелопмент». Общая структура данной информационной системы приведена на рис. 2.

Рассматриваемый метод реализован в виде функционального модуля блока 3.2.2, при этом данные, необходимые для проведения анализа, хранятся в общей базе данных

Таблица 2
Альтернативы развития районов

Альтернатива	Название бытового района
Торговая недвижимость	Лесопарк, Немышля
Офисная недвижимость	Гончаровка, м. Научная
Многоэтажное жилье	Лесопарк, Северная Салтовка
Малоэтажное жилье	Немышля, Шатиловка
Гостиничная недвижимость	Лесопарк, пос. Жуковского
Промышленная недвижимость	Диканевка, Гончаровка
Складская недвижимость	Диканевка, Аэропорт



Рис. 1

– блок 3.1.2, доступ к которым обеспечивается реализацией запросов блока 3.1.1.

Результаты обработки данных предоставляются лицу, принимающему решения (блок 5), в следующих формах: таблица оценок степени соответствия свойств бытового района альтернативам, списки наиболее перспективных альтернатив для каждого района, графическое отображение на карте города результатов оценок для каждой альтернативы.

На рис.3 приведено одно из окон интерфейса функционального блока, реализующего представленный метод анализа перспектив развития. В данном окне можно просматривать результаты оценки степени соответствия признаков бытового района, информация о котором указана в нижней части окна.

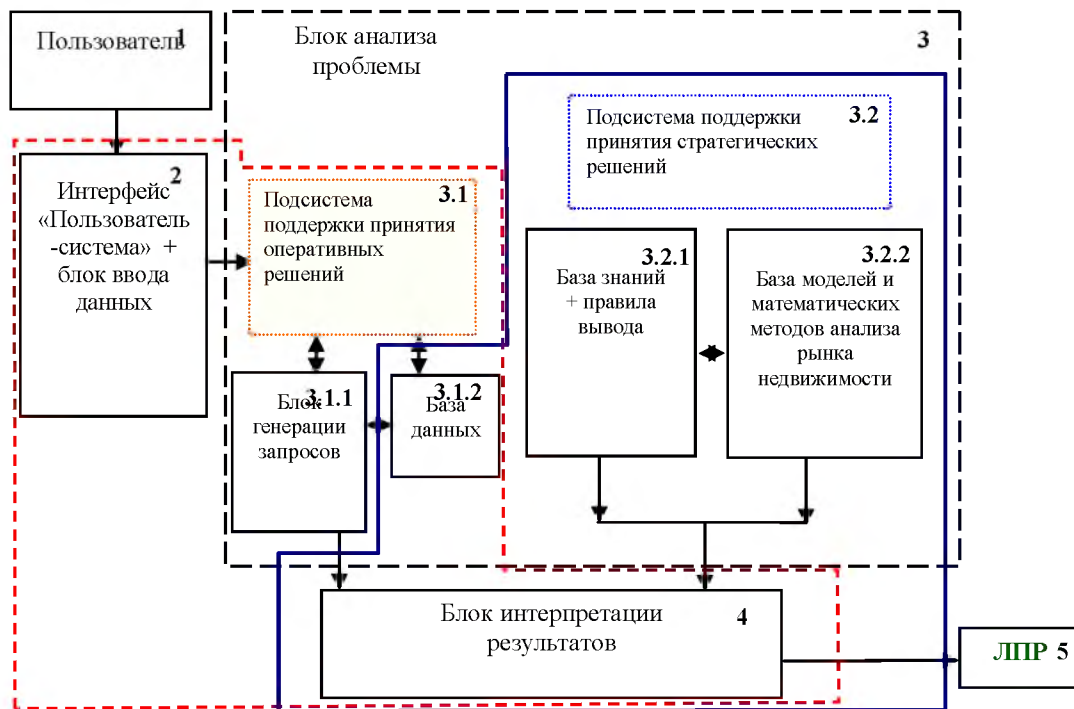


Рис. 2

