

УДК 69.003+365.42+332.2+338.49

Д.Н. Кривоги́на, К.С. Коскова, М.А. Найданова, А.В. Харитонова

D.N. Krivogina, K.S. Koskova, M.A. Naidanova, A.V. Kharitonova

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

ОЦЕНКА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ

ASSESSMENT OF THE URBAN DEVELOPMENT TERRITORY WORTH

Предлагается на основе учета факторов инфраструктуры, влияющих на качество жизни людей, оценивать привлекательность застройки конкретных земельных участков. В основе данных методик лежат механизмы комплексного оценивания: линейные и матричные свертки. Первый подход предполагает получение комплексной усредненной оценки на основе удаленности объектов инфраструктуры от исследуемого земельного участка. Второй учитывает количество объектов, расположенных в радиусе шаговой доступности по времени корреспонденции, равному $(15 \pm 2,5)$ мин. В результате применения данных методик получено, что земельные участки в микрорайоне «Зеленое хозяйство» г. Перми имеют комплексные оценки, интерпретируемые как «средняя привлекательность».

Ключевые слова: градостроительная ценность, земельный участок, комплексное оценивание, шаговая доступность, застройщик, потребитель.

The article presents the development and study of methods for finding the optimal solution for choosing a construction site, which allow assessing the attractiveness of building specific land plots on the basis of taking into account infrastructure factors affecting the quality of life of people. These techniques are based on the mechanisms of complex estimation: linear and matrix convolutions. The first approach involves obtaining an integrated averaged estimate of the distance of infrastructure facilities from the land plot under study. The second allows you to estimate the number of objects located within walking distance within walking distance from correspondence time, equal to 15 min ± 2.5 . As a result of the application of these methods, we received that the land plots in the Permian "Green economy" microdistrict have comprehensive assessments interpreted as "average attractiveness".

Keywords: the urban development territory worth, land, aggregation, walking distance, developer, consumer.

Одной из главных социально-экономических проблем России является проблема развития жилищного строительства в городах. Спрос на жилую недвижимость с каждым годом растет, особенно заметна эта тенденция в крупных городах. Это приводит к увеличению цен на жилищном рынке и низкому качеству жилья, которое не удовлетворяет потребностям населения [1].

При существующей хаотичной застройке крупных городов застройщики при выборе места строительства объекта жилой недвижимости сталкиваются с необходимостью учета таких факторов, как место района в рейтинге пре-

стижности, насыщенность района объектами социальной инфраструктуры, качество существующих инженерных сетей, удобство транспортного сообщения с центром города и другими районами и т.д. Данные факторы оказывают значительное влияние на предпочтения потребителя при выборе квартиры [2]. Из вышесказанного вытекает необходимость разработки и исследования методик оценки градостроительной ценности земельного участка под строительство, позволяющих на основе учета факторов инфраструктуры, влияющих на качество жизни людей, оценивать привлекательность застройки конкретных земельных участков.

Описание механизма комплексного оценивания. Оценку градостроительной ценности объектов (земельных участков) предлагается проводить на основе применения механизмов комплексного оценивания, позволяющих оценить и спрогнозировать результаты в области инвестирования в строительство. Это даст возможность сформировать эффективную модель использования территории, в частности под жилищное строительство.

Каждый потребитель интуитивно формирует личное представление относительно качества объекта недвижимости. Известно, что человек не способен достаточно обоснованно решать сложные по параметрам многоальтернативности и многофакторности задачи выбора на интуитивном уровне, т.е. без инструментальной поддержки. Непринятие во внимание этого фактора приводит к ложной уверенности в правильности выбора или возможности манипулирования результатами со стороны внешней среды [3]. Решение данной проблемы возможно за счет применения матричных механизмов комплексного оценивания (МКО), позволяющих формализовать индивидуальное отношение человека к факторам, оказывающим влияние на выбор и принятие решения, в виде составных правил вывода «если..., то...». Непрерывность данных механизмов достигается благодаря нечеткой процедуре комплексного оценивания, использующей аддитивно-мультипликативный подход к операциям объединения и пересечения нечетких множеств, соответственно, обеспечивающий кусочную гладкость функции свертки [4, 5]. Матричная процедура комплексного оценивания основана на приведении всех существенных характеристик, которые необходимо учитывать при выборе оптимального управленческого решения, к единой качественной (критериальной) шкале 1–4, где: 1 – непривлекательно, 2 – малая привлекательность, 3 – средняя привлекательность и 4 – высокая привлекательность [6]. В критериальном пространстве разнородные характеристики могут быть сравнены на качественном уровне. Свертка качественных критериев выполняется путем формирования бинарных матриц свертки, описывающих отношение носителя предпочтений к паре сворачиваемых параметров. Стоит отметить, что бинарная структура деревьев критериев и матриц свертки обусловлена сложностью определения параметров модели при количестве сворачиваемых параметров более чем два.

В таком случае полная свертка, описывающая функциональную связь между комплексной оценкой и набором входных критериев, описывается композицией бинарных сверток. Матрица свертки, описывающая отношение носителя предпочтений к параметрам, должна быть неубывающей, т.е. непротиворечивой, в модели предпочтений потребителя [7].

Выделим основные компоненты модели, в совокупности определяющие градостроительную ценность земельного участка: социальная инфраструктура, дорожная инфраструктура, транспортная инфраструктура, общественная безопасность, престижность района. Компоненты модели, в свою очередь, подразделяются на подкомпоненты, например компонент модели «Социальная инфраструктура» включает в себя такие подкомпоненты, как учебные заведения, объекты социально-культурного назначения, объекты спорта. На рис. 1 представим их в виде композиции бинарных сверток, где $M_{1-1} \dots M_i$ – оценка, полученная при сворачивании пары факторов на основании их критериев оценки; M – комплексная оценка градостроительной ценности земельного участка под застройку, полученная в результате применения МКО.

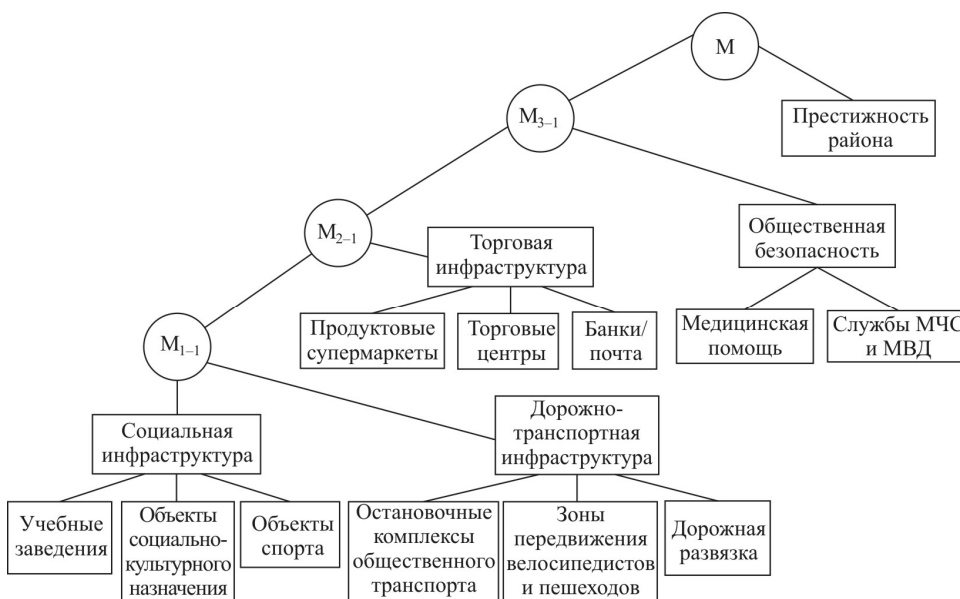


Рис. 1. Структура модели, определяющей градостроительную ценность района города

В качестве примера рассмотрим решение задачи оценки градостроительной ценности территории для строительства объекта жилой недвижимости в районе г. Перми при помощи применения двух подходов к оценке градостроительной ценности территории, разработанных на кафедре «Строительный инжиниринг и материаловедение» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Подход к оценке градостроительной ценности № 1. В соответствии с методикой оценки градостроительной ценности № 1 (метод 1), необходимо построить функции приведения и поочередно найти комплексные оценки всех компонентов модели. Функции приведения строятся застройщиком на основе усредненной оценки привлекательности факторов потребителями. Оценка ведется в стандартной шкале комплексного оценивания [7], где полагается, что 30 мин пути от земельного участка до объекта назначения – это неудовлетворительное состояние, менее 5 мин – отличное расположение территории. Функции приведения для оценки земельного участка, расположенного в районе города Перми, предлагаем строить по формуле

$$T = \frac{-3}{25}(t - 30) + 1,$$

где T – это интегральная оценка обеспеченности территории объектами инфраструктуры; t – это среднее время ходьбы от оцениваемой территории до объекта назначения.

В соответствии с методом 1 среднее время ходьбы t определяется следующим образом: на территории района выделяются все объекты, относящиеся к компонентам представленной градостроительной системы (модели) (табл. 1), и при помощи электронных карт определяется время ходьбы от земельного участка (ЗУ) до конкретного объекта.

Таблица 1

Время ходьбы от земельного участка до конкретного объекта назначения

Адрес земельного участка	Объекты назначения			
	N_1	N_2	...	N_n
ЗУ № 1	t_1	t_n	...	t_n

Затем данные расстояния суммируются, и вычисляется их среднее арифметическое значение:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{t_n} t_i}{N},$$

где N – количество объектов назначения; t_i – расстояние до i -го объекта от исследуемого земельного участка.

Затем при помощи применения механизма линейной свертки [7] определяются интегральные значения комплексных оценок (КО). Механизм КО, основанный на линейной свертке, применим в том случае, когда на практике

возникают ситуации, когда трудно даже проранжировать локальные критерии. Это может быть из-за того, что локальные критерии объективно равнозначны, или потому, что субъект выбора (иногда объективно, а иногда и в силу некомпетентности) не может определить главный критерий. В этих случаях используется линейная свертка.

Например, для оценки подкомпонента градостроительной системы «Учебные заведения» математическая модель КО, основанная на линейной свертке, будет иметь следующий вид:

$$КО_{\text{вз}} = K_1 T_{\text{л/с}} + K_2 T_{\text{ш}} + K_3 T_{\text{вз}}, \quad (1)$$

где K_1, K_2, K_3 – взвешенные коэффициенты, определяемые субъектом на основе его предпочтений при условии $\sum_{k=1}^3 K = 1$; $T_{\text{л/с}}, T_{\text{ш}}, T_{\text{вз}}$ – интегральные комплексные оценки шаговой доступности объектов территории.

Такой подход предполагает получение усредненной оценки удаленности объектов инфраструктуры от исследуемого земельного участка.

Подход к оценке градостроительной ценности № 2

Рассмотрим второй, альтернативный подход (метод 2), который подразумевает не оценку удаленности объектов от выбранного земельного участка, а количество объектов, расположенных в радиусе шаговой доступности. Радиус был определен следующим образом: искомый объем выборки

$$N = (g^2 \cdot z^2) / d^2, \quad (2)$$

где g – ожидаемое среднее отклонение получаемых результатов от ожидаемого среднего значения; z – коэффициент уровня достоверности (2 – для 0,95, 3 – для 0,99); d – уровень точности.

При изучении инфраструктуры микрорайона необходимо определить среднее время его пересечения. Предположим, что оно может составлять 20–40 мин, тогда среднее отклонение g – 20 мин. В ходе замеров среднее значение определялось с точностью d до 5 мин при уровне достоверности 0,95 ($z = 2$). Подставляем значения в формулу (2) и получаем, что $N = 64$ ($20^2 \cdot 2^2 / 5^2$).

Исходя из того, что для обеспечения требуемой достоверности необходимо 64 замера, возьмем 32 микрорайона и выполним по два замера в каждом из них (с юга на север и с востока на запад). Город Пермь делится на 7 административных районов, включающих 88 микрорайонов, которые образуют его генеральную совокупность.

Таким образом, в исследовании был измерен почти каждый третий микрорайон города Перми (табл. 2).

Таблица 2

Результаты замеров времени на пересечение микрорайона

№ п/п	Район	Микрорайон	Измерение С-Ю, мин	Измерение З-В, мин
1	Мотовилихинский	Городские Горки	59	33
2		Садовый	30	17
3		Вышка-1	32	14
4		Вышка-2	43	34
5		Висим	50	31
6	Орджоникидзевский	Кислотные Дачи	26	30
7		Январский	16	26
8		Гайва	63	65
9		Левшино	25	23
10		Домостроительный	10	27
11	Кировский	Закамск	46	82
12		Новые Водники	29	23
13		Октябрьский	23	22
14		Судозавод	30	18
15	Свердловский	Владимирский	31	24
16		Крохалева	42	35
17		Громовский	19	20
18		Островский	37	25
19		Зеленое хозяйство	7	14
20	Индустриальный	Балатово	34	63
21		Нагорный	20	39
22		Новоплосский	10	23
23		Авиагородок	17	18
24		Новые Ераничи	8	6
25	Ленинский	Центр	47	48
26		Разгуляй	26	16
27		Комплекс ПНИПУ	25	31
28	Дзержинский	Заимка	14	57
29		Заостровка	37	62
30		Железнодорожный	32	25
31		Парковый	15	37
32		Светлый	19	19

Среднее время на пересечение микрорайонов города Перми составило 30,14 мин. Стандартное отклонение сформированной выборки значений составило 16 мин, а выборка формировалась в предположении, что это значение будет составлять 20 мин. Таким образом, при среднем отклонении 16 мин выборка, обеспечивающая требуемую нами точность и достоверность, могла

содержать 41 замер ($16^2 \cdot 2^2 / 5^2 \approx 41$). Таким образом, можно сделать вывод, что выполненное исследование содержит даже избыточные сведения.

Проверим устойчивость полученного решения путем случайного исключения из выборки замеров. Проведя серию вычислительных экспериментов, обнаружим, что расчетные значения времени, требуемого на пересечение микрорайона, оставались в диапазоне 26–32 мин (табл. 3).

Таблица 3

Фрагмент анализа устойчивости среднего времени
на пересечение микрорайона

№ п/п	Среднее время	№ п/п	Среднее время	№ п/п	Среднее время
1	26,55	16	28,95	31	32,74
2	30,65	17	28,80	32	30,16
3	30,71	18	27,40	33	27,83
4	30,7	19	33,19	34	28,81
5	27,3	20	30,10	35	32,62
6	32,03	21	30,36	36	26,17
7	31,15	22	30,83	37	26,50
8	29,34	23	29,10	38	28,94
9	28,09	24	28,18	39	26,04
10	30,8	25	30,96	40	32,40
11	27,3	26	26,06	41	28,77
12	30,8	27	27,20	42	29,21
13	26,27	28	28,89	43	28,89
14	29,9	29	31,35	44	31,26
15	30,67	30	29,87	45	29,92

Поскольку выборка формировалась исходя из требования к точности ± 5 мин и анализ чувствительности показал, что решение удовлетворяет этому требованию, то средним временем на пересечение микрорайона будем считать 30 мин. Тогда радиус пешеходной доступности будем определять по времени корреспонденции, равному $(15 \pm 2,5)$ мин.

Интегральное значение комплексных оценок оснащенности объектами назначения в шаговой доступности от земельного участка определим по формуле

$$КО = n - 1,$$

где n – количество объектов назначения, $n \geq 4$ – отличное оснащение, $n = 3$ – хорошее, $n = 2$ – удовлетворительное, $n \leq 1$ – неудовлетворительное.

Затем в соответствии с формулой (1) осуществим процедуру КО компонента системы.

Модельный пример оценки градостроительной ценности земельных участков микрорайона Зеленое хозяйство г. Перми. В качестве примера оценим градостроительную ценность территории по подкомпоненту «учебные заведения» компонента социальной инфраструктуры жилого микрорайона Зеленое хозяйство, расположенного в Свердловском районе г. Перми, поочередно применив оба подхода.

На начальном этапе выделим все учебные заведения, расположенные на территории данного района, и определим шаговую доступность в минутах до каждого из них от выбранных под застройку земельных участков. В качестве примера представим выборку шаговой доступности от выбранных участков до детских садов. В соответствии с методом 1 необходимо учитывать все объекты назначения, расположенные в микрорайоне исследования. Однако метод 2 предполагает учет только тех объектов, расстояние до которых не превышает 17 мин ходьбы. Поэтому в табл. 2 напротив объектов, не удовлетворяющих данным требованиям, ставим «-».

Таблица 4

Выборка шаговой доступности от выбранных участков до детских садов, мин

Адрес земельного участка	Подходы: метод 1 (M1)/ метод 2 (M2)	Номер детского сада					
		№ 92	№ 312	№ 291	№ 269	№ 50	№ 251
25 Октября, 77	M1	13	40	31	31	34	11
	M2		-	-	-	-	
25 Октября, 106	M1	8	31	21	21	24	7
	M2		-	-	-	-	
Героев Хасана, 3а	M1	16	17	9	9	12	16
	M2		-	-	-	-	
Героев Хасана, 24	M1	20	10	4	4	3	22
	M2	-					-
Чкалова, 12	M1	29	5	9	9	10	31
	M2	-					-
Чкалова, 10а	M1	30	2	10	10	11	32
	M2	-					-
Островского, 72	M1	9	33	24	24	27	10
	M2		-	-	-	-	
Островского, 93д	M1	11	35	26	26	28	9
	M2		-	-	-	-	
Чернышевского, 25	M1	9	23	14	14	17	11
	M2		-				
Чернышевского, 15б	M1	4	25	16	16	19	10
	M2		-			-	
Льва Шатрова, 22	M1	30	1	11	11	12	33
	M2	-					-
Льва Шатрова, 4	M1	24	5	5	5	5	26
	M2	-					-
Красные казармы, 8	M1	8	35	26	26	28	20
	M2		-	-	-	-	
Красные казармы, 9	M1	7	37	28	28	30	22
	M2		-	-	-	-	

Далее аналогичным образом определим количество школ и высших учебных заведений и найдем T для всех учебных заведений исследуемого микрорайона. Расчет шаговой доступности до учебных заведений был оценен с помощью замеров среднего времени ходьбы до детских садов, школ, высших учебных заведений и представлен данными табл. 5.

Таблица 5

Комплексное оценивание шаговой доступности объектов методом 1 и 2

Объекты назначения	T , мин	Интегральные КО шаговой доступности объектов назначения
M1		
Детские сады	18,4	2,39
Школы	17,7	2,47
Высшие учебные заведения	16,1	2,69
M2		
Детские сады	10,3	2,5
Школы	11,6	2,7
Высшие учебные заведения	8,4	3,0

Затем, при помощи механизма линейной свертки, представленного формулой (1), определим итоговое значение комплексных оценок:

$$УЗ = K_1 T_{д/с} + K_2 T_{ш} + K_3 T_{вuz},$$

где K_1 , K_2 , K_3 – взвешенные коэффициенты, определяемые субъектом на

основе его предпочтений при условии $\sum_{k=1}^3 K = 1$, $K_1 = 0,34$, $K_2 = 0,33$,

$K_3 = 0,33$; $T_{д/с}$, $T_{ш}$, $T_{вuz}$ – интегральные комплексные оценки шаговой доступности объектов территории.

В соответствии с представленным примером итоговое значение оценки, характеризующее удобство расположения исследуемого объекта до учебных заведений, равно 2,52 в случае с первым подходом и 2,73 – со вторым.

Аналогичным образом проводится оценка всех компонентов системы, в результате которой определяется уровень привлекательности застройки земельного участка, расположенного на территории исследуемого микрорайона. В результате проведения процедуры оценивания земельного участка получили, что в соответствии с методом 1 его КО равна 3,13, в соответствии с методом 2 – 3,21, в обоих случаях данные комплексные оценки интерпретируются как средняя привлекательность застройки.

Представленные методики позволяют на основе учета факторов инфраструктуры, влияющих на качество жизни людей, оценивать привлекательность застройки конкретных земельных участков, тем самым позволяя застройщикам избежать рисков отсутствия спроса на жилье, а потребителям – рисков некомфортного проживания в микрорайоне с неразвитой инфраструктурой.

Список литературы

1. Социальное жилищное строительство в России: реалии и перспективы развития / Л.Г. Селютина [и др.] // Научное обозрение. – 2015. – № 21. – С. 218–220.

2. Алексеев А.О., Коскова К.С., Галиаскаров Э.Р. Интеллектуальные технологии обоснования девелоперских решений в жилищном строительстве // Прикладная математика и вопросы управления. – 2018. – № 2. – С. 109–119.

3. Квантификация предпочтений хозяйствующих субъектов управления в задачах цифровой экономики: монография / В.А. Харитонов [и др.]; под ред. проф., д-ра техн. наук В.А. Харитонова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. иссл.-политехн. ун-та, 2018. – 172 с.

4. Алексеев А.О. Исследование альтернативных подходов к теоретико-множественным операциям над нечеткими множествами в процедуре нечеткого комплексного оценивания // Прикладная математика и вопросы управления. – 2015. – № 1. – С. 60–72.

5. Алексеев А.О. Аддитивно-мультипликативный матричный механизм нечеткого комплексного оценивания и эквивалентный ему непрерывный механизм // Современные сложные системы управления: материалы XII междунар. науч.-практ. конф., г. Липецк, 25–26 окт. 2017 г. Т. 1. / Липец. гос. техн. ун-т, Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова РАН. – Липецк: Липец. гос. техн. ун-т, 2017. – С. 15–20.

6. Харитонов В.А., Алексеев А.О. Концепция субъектно-ориентированного управления в социальных и экономических системах [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2015. – Т. 109, № 5. – С. 690–706. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf> (дата обращения: 28.02.2019).

7. Алексеев А.О., Алексеева И.Е. Математическое моделирование предпочтений экономических субъектов (агентов) // Управление экономическими системами: электрон. науч. журн. – 2015. – № 4 (76). – С. 20. – URL: <http://www.uecs.ru/instrumentalni-metody-ekonomiki/item/3441-2015-04-14-13-53-46> (дата обращения: 04.03.2018).

8. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений: монография / В.А. Харитонов [и др.]; под ред. В.А. Харитонova. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 342 с.

Получено 9.09.2019

Кривоги́на Дарья Николаевна – аспирант кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: darya.krivogina@gmail.com.

Коскова Кристина Сергеевна – аспирант кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: krisgaid@gmail.com.

Найданова Мария Андреевна – магистрант, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mashaaprel94@gmail.com.

Харитонova Алла Валерьевна – кандидат педагогических наук, преподаватель, гимназия № 17, Пермь.