

УДК 332.6:528.9:004.925.83(571.12)
DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-3-147-161

РАСЧЕТ ДИАПАЗОНОВ ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ 3D-КАРТ ОЦЕНОЧНОГО ЗОНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТЮМЕНИ)

Екатерина Дмитриевна Подрядчикова

Тюменский индустриальный университет, 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастровой деятельности, e-mail: podryadchikova_ed@mail.ru

Лариса Николаевна Гилёва

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 644008, Россия, г. Омск, Институтская площадь, 1, кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства, e-mail: giljovaln@mail.ru

Алексей Викторович Дубровский

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, зав. кафедрой кадастра и территориального планирования, e-mail: avd5@ssga.ru

В статье в качестве математического аппарата для расчета шага изменения удельного показателя кадастровой стоимости (УПКС) для карт оценочного зонирования предлагается методика построения интервального вариационного ряда с равными интервалами. Дано описание последовательности вычислений, которые включают три этапа: формирование интервального вариационного ряда, расчет показателей центра распределения и расчет относительных показателей вариации интервального вариационного ряда. Полученный интервальный вариационный ряд позволил сгруппировать совокупность данных государственной кадастровой оценки и представить их в виде однородных интервалов, необходимых для выполнения оценочного зонирования. Для визуализации результатов предложено использовать трехмерную геоинформационную модель в виде 3D-карты-призмы, которая позволяет наглядно отображать изменения величины УПКС.

Представленная методика была апробирована при проведении оценочного зонирования территории города Тюмени с использованием результатов государственной кадастровой оценки. Созданная карта оценочного зонирования может быть применена при проведении кадастровой оценки вновь образованных объектов недвижимости, для информационного обеспечения системы территориального планирования, а также для аналитической поддержки инвестиционных программ и проектов по развитию земельно-имущественных комплексов. Карты оценочного зонирования, выполненные с использованием современных геоинформационных технологий, в виде трехмерных цифровых моделей могут являться одним из элементов интеллектуальной модели городской территории, которая позволит не только осуществлять оперативное управление, но и разработать эффективные механизмы, оптимизирующие траекторию пространственного развития населенного пункта.

Ключевые слова: государственная кадастровая оценка, оценочное зонирование, удельный показатель кадастровой стоимости, коэффициент вариации, интервальный вариационный ряд, геоинформационная система, карта-призма, 3D-модель

Введение

Одним из направлений государственной земельной политики, которая призвана обеспечить эффективное использование земельных ресурсов и обоснованное взимание платежей за пользование землей, является оценочная деятельность. Корректность результатов оценки напрямую влияет на уровень дове-

рия к государству со стороны владельцев земельных участков [1]. С 01.11.2017 вступили в законную силу обновленные методические указания о проведении государственной кадастровой оценки, где подробно изложены основные термины, принципы, порядок определения кадастровой стоимости объектов недвижимости, а также даны основные рекомендации по проведению оценочного зониро-

вания [2, 3]. Целью проведения оценочного зонирования является установление ценовых зон и удельных показателей средних рыночных цен на типовую недвижимость в расчете на единицу площади [4–7]. Выполнение оценочного зонирования по результатам государственной кадастровой оценки является частью комплексного подхода к анализу состояния территориальных систем и выработки решений по управлению земельно-имущественным комплексом [8–9]. Одной из задач государственной политики в сфере территориального управления является создание равноценного уровня социально-экономического развития в границах населенных пунктов. Диспропорция в уровне развития социально-бытового, инженерно-технического, рекреационного, дорожно-транспортного обеспечения приводит к появлению территорий, земельные участки которых имеют низкую кадастровую стоимость и не востребованы на рынке. Для визуализации данных, полученных в результате проведения государственной кадастровой оценки, создаются карты оценочного зонирования. Одной из актуальных задач при этом является обоснование величины шага диапазонов для отображения ценовых зон на карте, а также разработка подходов к трехмерной визуализации полученной информации.

Целью нашего исследования является разработка методики по применению статистического анализа при построении интервальных вариационных рядов УПКС, а именно, установление нижней и верхней границы ценовой зоны, шага диапазона и выполнение статистического анализа совокупности методами математической статистики для обоснования правильности выбора диапазонов УПКС ценовых зон при формировании 3D-карт оценочного зонирования.

Элементом научной новизны исследования является предложенный вариант совершенствования методики оценочного зонирования путем использования статистического анализа для формирования математически обоснованной шкалы диапазонов изменения УПКС и создание 3D-карт оценочного зонирования.

Эффективность применения статистического анализа для совершенствования методики оценочного зонирования по результатам государственной кадастровой оценки в статье демонстрируется на конкретном примере: территории городского округа города Тюмени. Полученные результаты исследования, представленные в виде 3D-модели, могут быть использованы для наглядного отражения результатов государственной кадастровой оценки в виде оценочных зон в практике работы бюджетных учреждений по кадастровой оценке, при обосновании программ территориального развития, а также для стратегического планирования и оценки инвестиционной привлекательности территории [10].

Методы и объект исследования

Результаты государственной кадастровой оценки – удельные показатели кадастровой стоимости – с точки зрения применения статистического анализа представляют собой совокупность неструктурированных чисел, являющихся объектом для выявления закономерности их изменения [11]. Алгоритм построения интервального вариационного ряда с равными интервалами по результатам государственной кадастровой оценки с применением статистического анализа представлен на рис. 1.

Формирование вариационной шкалы диапазонов является сложной задачей, решение которой наиболее эффективно осуществлять с применением статистического анализа, а процесс построения интервального вариационного ряда с равными интервалами можно представить в виде последовательно выполняющихся этапов.

1 этап. Формирование интервального вариационного ряда.

Исходные данные подвергаются группировке, в результате которой из совокупности неструктурированных данных УПКС, полученных в результате государственной кадастровой оценки, формируют интервальный вариационный ряд с равными интервалами. Математические формулы, необходимые для расчета и формирования интервального вариационного ряда, представлены в табл. 1.

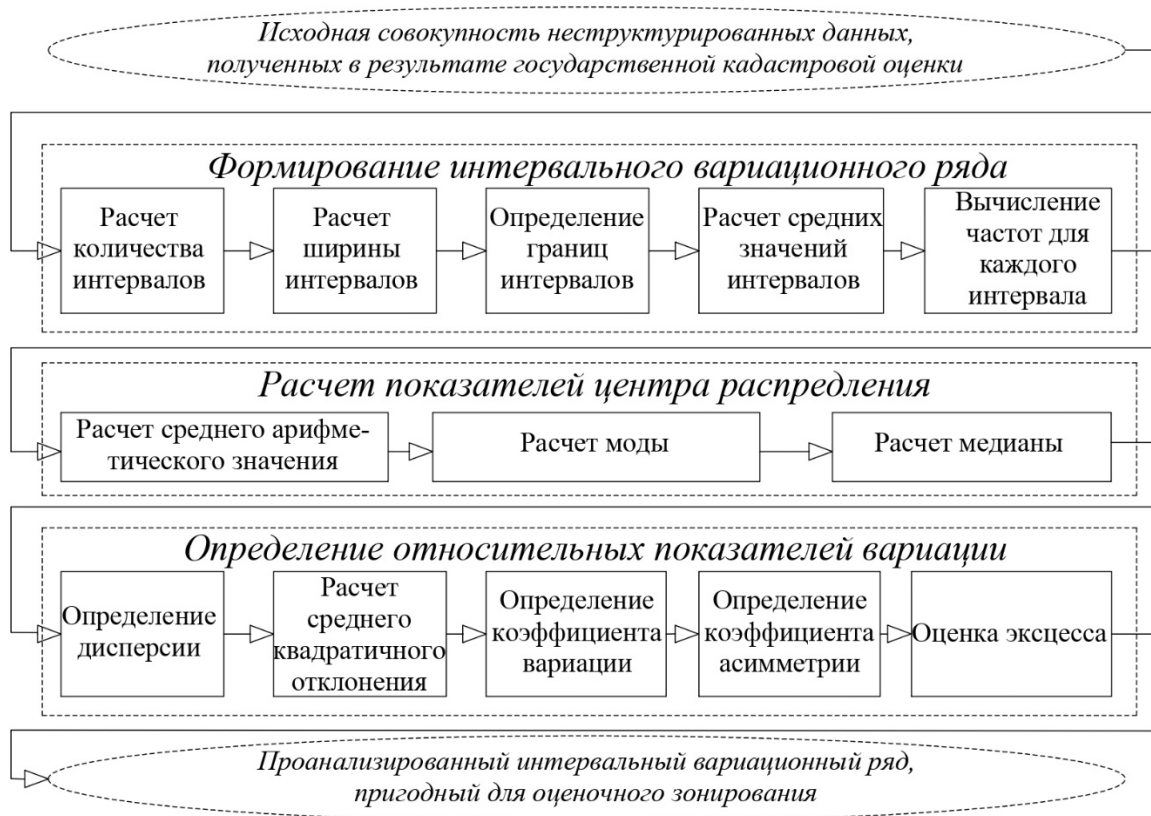


Рис. 1. Алгоритм построения интервального вариационного ряда с применением статистического анализа

Таблица 1

Формирование интервального вариационного ряда

Описание шага	Содержание шага
Расчет количества интервалов	<p>Осуществляется по формуле Стерджесса</p> $m = 1 + 3,322 \times \lg(n), \quad (1)$ <p>где m – число интервалов; n – общее количество элементов в совокупности; $\lg(n)$ – десятичный логарифм от общего количества элементов в совокупности. Рекомендуется полученную величину округлять до целого числа, поскольку количество интервалов не может быть дробным значением; также нужно следить, чтобы число не было больше 15</p>
Расчет ширины интервалов	<p>Определяется по формуле</p> $h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{m}, \quad (2)$ <p>где x_{\max} – максимальное из значений вариационного ряда; x_{\min} – минимальное из значений вариационного ряда; m – число интервалов</p>

Описание шага	Содержание шага
Определение границ интервалов	Минимальное значение всей совокупности будет служить нижней границей первого интервала, при этом верхняя граница первого интервала получается путем прибавления к нижней границе ширины интервала. Нижняя граница каждого следующего интервала принимает значение верхней границы предыдущего интервала; таким образом, одно и то же значение является верхней и нижней границей двух смежных диапазонов. Последующие значения определяются путем последовательного прибавления ширины интервала
Расчет средних значений	Середина интервала вычисляется по формуле $x'_i = \frac{x_i^B + x_i^H}{2}, \quad (3)$ где x'_i – середина i -го интервала; x_i^B – верхняя граница i -го интервала; x_i^H – нижняя граница i -го интервала
Расчет частот	Каждое значение исследуемой совокупности следует отнести только к одному интервалу, и полученное количество значений в каждой совокупности называется частотой и обозначается f_i
Расчет накопленной частоты	Накопленная частота для каждого значения показывает, сколько элементов совокупности имеют значение не больше, чем выбранное. Накопленная частота вычисляется по формуле $S_i = f_i + S_{i-1}, \quad (4)$ где S_i – накопленная частота i -го интервала; f_i – количество частот i -го интервала; S_{i-1} – накопленная частота $(i-1)$ -го интервала
Расчет частностей	Отношение частоты к общему количеству элементов в изучаемой совокупности называют относительной частотой или частностью, которая вычисляется по формуле $\omega_i = \frac{f_i}{\sum f_i}, \quad (5)$ где ω_i – относительная частота; f_i – количество частот i -го интервала; $\sum f_i$ – сумма частот

Для каждого интервала определяются накопленная частота и относительная частота, значения которых позволяют сопоставлять несколько вариационных рядов с разным числом наблюдений.

II этап. Расчет показателей центра распределения.

Показателями центра распределения являются: среднее арифметическое значение, мода и медиана, которые необходимы для определения характера распределения и однородности интервального вариационного ряда.

Математические формулы, необходимые для расчета показателей центра распределения, представлены в табл. 2. Среднее арифметическое значение отражает центральную тен-

денцию распределения. Медиана и мода как меры центральной тенденции характеризуют отсутствие влияния крайних членов вариационного ряда. Именно вычисление меридианы и моды предпочтительно для интервальных вариационных рядов, у которых крайние значения по сравнению с остальной совокупностью могут оказаться чрезмерно большими или малыми [12]. В симметричных рядах распределения значение моды и медианы совпадают со средней величиной и к данному распределению можно применять специальные статистические методы, например, корреляционно-регрессионный анализ, что является актуальным при выполнении государственной кадастровой оценки [13].

Расчет показателей центра распределения

Описание шага	Содержание шага
Расчет среднего арифметического значения	<p>Значение вычисляется по формуле</p> $\bar{x} = \frac{\sum x_i' f_i}{\sum f_i}, \quad (6)$ <p>где \bar{x} – средняя взвешенная или среднее арифметического значение; $\sum x_i' f_i$ – сумма средних значений интервалов, умноженных на количество элементов в каждом интервале; $\sum f_i$ – общее количество элементов</p>
Расчет медианы	<p>Медиана вычисляется по формуле</p> $M_e = x_0 + \frac{h}{f_{me}} \left(\frac{\sum f_i}{2} - S_{me-1} \right), \quad (7)$ <p>где M_e – медиана; x_0 – начало меридианного интервала; h – ширина интервала; f_{me} – частота, соответствующая медианному интервалу; $\sum f_i$ – суммарная частота; S_{me-1} – накопленная частота медианного интервала</p>
Расчет моды	<p>Мода – это наиболее часто встречающееся значение признака у единиц данной совокупности, которое вычисляется по формуле</p> $M_0 = x_0 + h \frac{f_2 - f_1}{(f_2 - f_1) + (f_2 - f_3)}, \quad (8)$ <p>где M_0 – мода; x_0 – начало модального интервала; h – ширина интервала; f_1 – предмодальная частота; f_2 – частота, соответствующая модальному интервалу; f_3 – послемодальная частота</p>

III этап. Расчет относительных показателей вариации интервального вариационного ряда.

Относительными показателями вариации интервального вариационного ряда являются: значение выборочной дисперсии, среднее квадратичное отклонение, коэффициенты вариации, асимметрии и эксцесса, позволяющие определить положение центральной тенденции, характер рассеяния, изменчивости и симметричности распределения значений [14–15].

Математические формулы, необходимые для расчета относительных показателей вариации интервального вариационного ряда, представлены в табл. 3.

Максимально наглядное графическое отображение ценовых зон выполнено в виде 3D-карты-призмы, в которой высота создаваемой призмы для каждой ценовой зоны будет зависеть от значения УПКС. Вариационная шкала диапазонов является основой для градаций цвета призмы, которая получается при оценочном зонировании [16–17].

Максимально наглядное графическое отображение ценовых зон выполнено в виде 3D-карты-призмы, в которой высота создаваемой призмы для каждой ценовой зоны будет зависеть от значения УПКС. Вариационная шкала диапазонов является основой для градаций цвета призмы, которая получается при оценочном зонировании [16–17].

Расчет относительных показателей вариации

Описание шага	Содержание шага
Определение дисперсии	<p>Дисперсия характеризует меру разброса от среднего значения и вычисляется по формуле</p> $D = \frac{\sum (x_i - x'_i)^2 f_i}{\sum f_i}, \quad (9)$ <p>где D – дисперсия; x_i – отдельные значения интервала; x'_i – середина интервала; $\sum f_i$ – суммарная частота</p>
Расчет среднего квадратического отклонения	<p>Рассчитывается по формуле</p> $\delta = \sqrt{D}, \quad (10)$ <p>где δ – среднее квадратическое отклонение; D – дисперсия</p>
Определение коэффициента вариации	<p>Определяется по формуле</p> $v = \frac{\delta}{\bar{x}}, \quad (11)$ <p>где v – коэффициент вариации; δ – среднее квадратическое отклонение; \bar{x} – средняя взвешенная или среднее арифметического значение. Совокупность считается однородной, если коэффициент вариации не превышает 33 %</p>
Определение коэффициента асимметрии	<p>Вычисляется по формуле</p> $A_S = \frac{M_3}{\delta^3}, \quad (12)$ <p>где A_S – коэффициент асимметрии; M_3 – центральный момент третьего порядка; δ – среднее квадратическое отклонение. При этом момент третьего порядка определяется по формуле</p> $M_3 = \frac{\sum (x_i - x'_i)^3 f_i}{\sum f_i}, \quad (13)$ <p>где x_i – отдельные значения интервала; x'_i – середина интервала; $\sum f_i$ – суммарная частота</p>

Описание шага	Содержание шага
Определение эксцесса	<p>Оценивается с помощью формулы</p> $E_x = \frac{M_4}{\delta^4} - 3, \quad (14)$ <p>где E_x – эксцесс; δ – среднее квадратичное отклонение; M_4 – центральный момент четвертого порядка. При этом момент четвертого порядка определяется по формуле</p> $M_4 = \frac{\sum (x_i - x'_i)^4 f_i}{\sum f_i}, \quad (15)$ <p>где x_i – отдельные значения интервала; x'_i – середина интервала; $\sum f_i$ – суммарная частота</p>

В качестве объекта исследования рассматривается совокупность средних значений удельных показателей кадастровой стоимости объектов недвижимости в разрезе всех видов разрешенного использования, располо-

женных в кадастровом районе 72:23 городского округа «Город Тюмень». Средние значения УПКС были определены для каждого кадастрового квартала, полученные результаты графически представлены на рис. 2.

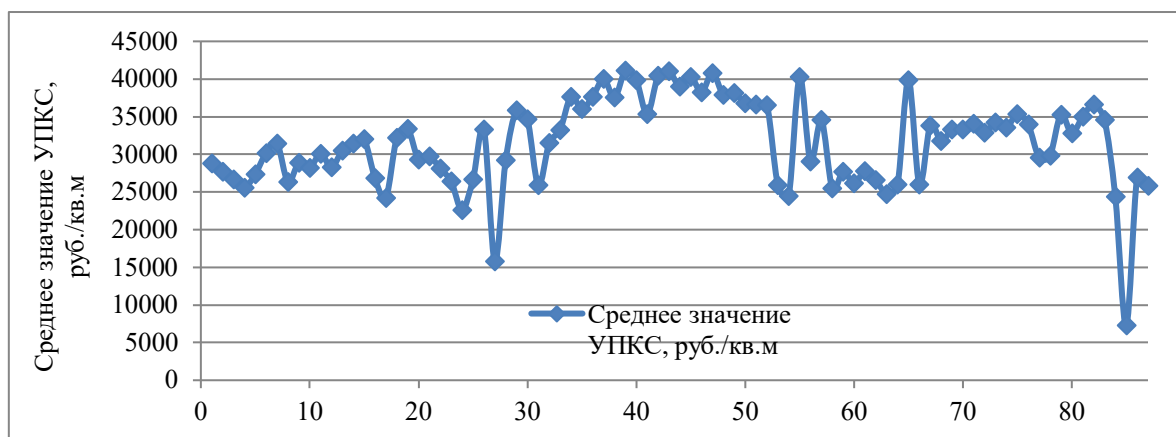


Рис. 2. Среднее значение УПКС по кадастровым кварталам

Общее количество кадастровых кварталов (элементов в исследуемой совокупности) составляет 87, при этом в каждом из них определен УПКС по 17 видам разрешенного использования. Средние значения УПКС городского округа «Город Тюмень» находятся в диапазоне от 7 246,23 руб./кв. м (минимальное значения совокупности) до 41 103,12 руб./кв. м (максимальное значение) [18].

Результаты исследования и их обсуждение

Предлагаемая методика построения вариационных интервальных рядов для обоснования правильности установления диапазонов УПКС ценовых зон демонстрируется на примере создания 3D-карты-призмы оценочного зонирования территории городского округа «Город Тюмень».

На первом этапе для исследуемой совокупности средним значением УПКС рассчитано количество интервалов (число групп) или ценовых зон по формуле Стэрджесса (1)

$$m = 1 + 3,322 \times \lg(n) = 1 + 3,322 \times \lg(87) = 7,21.$$

Ширина интервала вариационного ряда средних значений УПКС кадастрового района 72:23 городского округа «Город Тюмень», рассчитанная по формуле (2), составит 4 836,71 руб./кв. м

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{m} = \frac{41\,103,12 - 7\,246,23}{7} = 4\,836,71.$$

Для каждого интервала определены верхняя и нижняя граница и вычислено среднее значение по формуле (3). Следует отметить, что отдельные элементы совокупности лишаются своих индивидуальных значений и им присваивают одно общее для всего интервала, что, несомненно, усредняет общую совокупность, но при условии однородности исходных данных не имеет существенного влияния.

После установления границ интервалов вычисляется, сколько значений относится к каждому интервалу (частота интервала), а также накопленная и относительная частота по формулам (4) и (5).

Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Расчет границ интервалов

№ п/п	Нижняя граница	Верхняя граница	Порядковый номер элемента	Частота, f_i	Середина интервала	$x_i \times f_i$	Накопленная частота, S	Относительная частота, f_i / f
1	7 246,23	12 082,93	85	1	9 664,58	9 664,58	1	0,011
2	12 082,93	16 919,63	27	1	14 501,28	14 501,28	2	0,011
3	16 919,63	21 756,33	–	–	19 337,98	0	2	0
4	21 756,33	26 593,03	24, 17, 84, 54, 63, 58, 4, 87, 31, 53, 66, 64, 60, 8, 23, 62	16	24 174,68	386 794,88	18	0,18
5	26 593,03	31 429,73	25, 3, 16, 86, 5, 59, 2, 61, 22, 10, 12, 1, 9, 56, 28, 20, 77, 21, 78, 11, 6, 13, 14	23	29 011,38	667 261,74	41	0,26
6	31 429,73	36 266,43	7, 32, 68, 15, 18, 80, 72, 33, 69, 70, 26, 19, 74, 67, 76, 71, 73, 57, 83, 30, 81, 79, 41, 75, 29, 3	26	33 848,08	880 050,08	67	0,29
7	36 266,43	41 103,13	52, 51, 82, 50, 38, 36, 34, 48, 49, 46, 44, 40, 65, 37, 55, 45, 42, 47, 43, 39	20	38 684,78	773 695,60	87	0,23
Итого				87	–	2 731 968,16	–	1

На втором этапе для оценки однородности интервального вариационного ряда найдены и сопоставлены показатели центра распределения: среднее значение, мода, медиана. Для УПКС кадастрового района городского округа «Город Тюмень» среднее значение, вычисленное по формуле (6), составит 31 401,93 руб/кв. м

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i' f_i}{\sum f_i} = \frac{2\,731\,968,16}{87} = 31\,401,93.$$

В качестве медианного и модального интервалов выбраны значения от 31 429,73 до 36 266,43, так как на них приходится наибольшее количество элементов.

Медиана, вычисленная по представленной формуле (7), составляет 31 894,8 руб/кв. м

$$M_e = x_0 + \frac{h}{f_{me}} \left(\frac{\sum f_i}{2} - S_{me-1} \right) = \\ = 31\,429,73 + \frac{4\,836,7}{26} \left(\frac{87}{2} - 41 \right) = 31\,894,8.$$

Согласно формуле моды (8), наиболее часто встречающееся значение ряда – 33 041,96 руб/кв. м

$$M_0 = x_0 + h \frac{f_2 - f_1}{(f_2 - f_1) + (f_2 - f_3)} = \\ = 31\,429,73 + 4\,836,7 \frac{26 - 23}{(26 - 23) + (26 - 20)} = \\ = 33\,041,96.$$

В изучаемом вариационном ряду УПКС кадастрового района 72:23 городского округа «Город Тюмень» среднее значение (31 401,93) примерно равно медиане (31 894,8) и моде (33 041,96), что свидетельствует о нормальном распределении значений в исследуемой совокупности.

На завершающем, третьем, этапе рассмотрены показатели вариации, приведенные в относительных величинах, базой для сравнения которых служит средняя арифметическая величина, рассчитанная ранее.

Дисперсия характеризует меру разброса около ее среднего значения (мера рассеива-

ния, т. е. отклонения от среднего) и вычисляется по формуле (9)

$$D = \frac{\sum (x_i - x_i')^2 f_i}{\sum f_i} = \frac{2\,941\,686\,388,237}{87} = \\ = 33\,812\,487,221.$$

Среднее квадратичное отклонение вариационного ряда представляет собой квадратный корень из дисперсии и рассчитано по формуле (10)

$$\delta = \sqrt{D} = \sqrt{33\,812\,487,221} = 5\,814,85.$$

Можно сделать вывод, что каждое значение вариационного ряда УПКС кадастрового района 72:23 городского округа «Город Тюмень» отличается от среднего значения 31 401,93 в среднем на 5 814,85.

Коэффициент вариации показывает, какую долю от среднего значения составляет средний разброс (среднее квадратическое отклонение) и определяется по формуле (11)

$$v = \frac{\delta}{\bar{x}} = \frac{5\,814,851}{31\,401,93} \times 100\% = 18,52\%.$$

Изучаемая совокупность УПКС кадастрового района 72:23 городского округа «Город Тюмень» является однородной, а вариация слабой, следовательно, полученным результатам можно доверять.

Коэффициент асимметрии рассчитан по представленным ранее формулам (12), (13) и равен – 0,78:

$$M_3 = \frac{-13\,346\,608\,202\,180}{87} = \\ = -153\,409\,289\,680,23; \\ A_s = \frac{-153\,409\,289\,680,23}{5\,814,851^3} = -0,78.$$

В полученном значении для изучаемой совокупности УПКС кадастрового района 72:23 городского округа «Город Тюмень» отрицательный знак свидетельствует о наличии левосторонней асимметрии. Если коэффициент

асимметрии равен нулю, то распределение имеет симметричную форму.

Коэффициент эксцесс рассчитан по представленным ранее формулам (14), (15) и равен 0,88:

$$M_4 = \frac{4,1970163917869E+17}{87} = 4,7693368088487E+15;$$

$$E_x = \frac{4,7693368088487E+15}{5921,429^4} - 3 = 3,8793 - 3 = 0,88.$$

Результаты расчетов показателей вариации, приведенных в относительных величинах, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Расчет показателей вариации, приведенных в относительных величинах

№ п/п	Нижняя граница	Верхняя граница	$ x_i - x_i' f_i$	$(x_i - x_i')^2 f_i$	$(x_i - x_i')^3 f_i$	$(x_i - x_i')^4 f_i$
1	7 246,23	12 082,93	21 737,35	472 512 509,95	-10 271 171 165 952	2,2326807205907E + 17
2	12 082,93	16 919,63	16 900,65	285 632 067,55	-4 827 368 423 266	8,1585678014419E + 16
3	16 919,63	21 756,33	0	0	0	0
4	21 756,33	26 593,03	115 636,04	835 730 945,57	6 040 038 877 931,5	4,3652888336964E + 16
5	26 593,03	31 429,73	54 982,71	131 439 089,95	-314 212 094 178,3	7,5114062464635E + 14
6	31 429,73	36 266,43	63 599,82	155 574 529,86	380 558 189 184,7	9,3090132091615E + 14
7	36 266,43	41 103,13	145 656,94	1 060 797 245,34	7 725 624 169 963,5	5,6264539786149E + 16
Итого			418 513,53	2 941 686 388,23	-13 346 608 202 180	4,0645322014216E + 17

Каждое значение ряда отличается от среднего значения 31 264,84 в среднем на 5 814,85. Среднее значение примерно равно моде и медиане, что свидетельствует о нормальном распределении значений в исследуемой совокупности. Поскольку коэффициент вариации меньше 30 %, то совокупность однородна и полученные результаты можно использовать для установления диапазонов УПКС ценовых зон. Значения A_s и E_x мало отличаются от нуля, поэтому исследуемая совокупность близка к нормальному распределению.

Результат построения вариационного ряда является основой для установления диапазонов УПКС в ценовых зонах. Для городского округа «Город Тюмень» установлено семь ценовых зон с шагом диапазона 4 836,7 руб./кв. м, что обосновано полученным средним значением исследуемых УПКС совокупности объектов недвижимости, которая составила

31 401,93 руб./кв. м, медианой и модой совокупности, составляющими 31 894,8 руб./кв. м и 33 041,96 руб./кв. м соответственно, что свидетельствует о нормальном распределении значений в исследуемой совокупности. Среднее квадратичное отклонение вариационного ряда составило 5 814,85 руб./кв. м, что характеризует исследуемую совокупность как однородную. Рассчитанные коэффициенты вариации и асимметрии составляют 18,52 и 0,78 соответственно, что свидетельствует о слабой вариации, следовательно, достоверность полученных результатов по установлению шага и границ диапазонов обоснована статистическим анализом.

Для визуализации результатов выполненного оценочного зонирования создана 3D-карта-призма. Подобные геоинформационные модели наглядно отображают изменения тематических показателей картографируемых объектов, рис. 3 [19, 20].

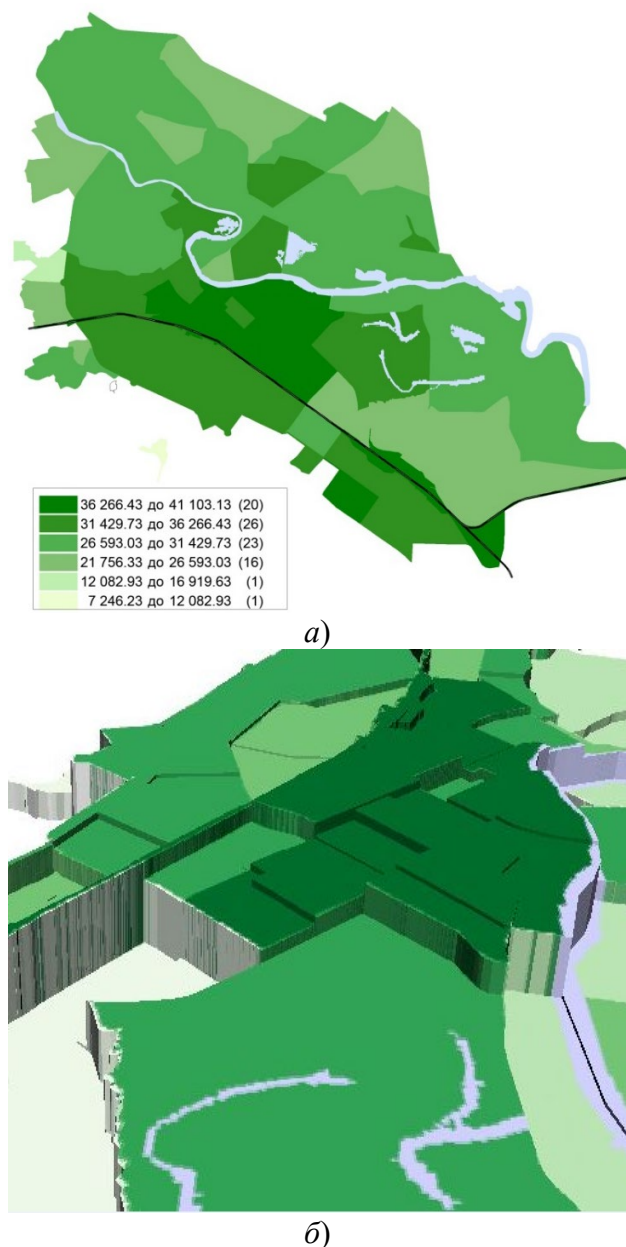


Рис. 3. 3D-карта-призма оценочного зонирования:

а) оценочное зонирование городского округа «Город Тюмень»; б) фрагмент карты оценочного зонирования

Цветовое оформление карты может быть различным. Цвет отображает принадлежность территории кадастрового квартала к определенному ценовому диапазону УПКС, рис. 3, а. Предлагается использовать масштабное трехмерное представление для визуализации карты оценочного зонирования. 3D-карта-призма имеет возможность отображать не только диапазоны изменения

УПКС, но и фактическую величину УПКС внутри одного диапазона.

3D-карта-призма позволяет графически отобразить и обеспечить визуализацию УПКС по каждому его значению в оценочном диапазоне. Оригинальность данного подхода заключается в том, что при изучении карты в трехмерном пространстве можно различить значение УПКС каждого кадастрового квартала и наглядно увидеть отличия кадастровых кварталов внутри одной ценовой зоны, окрашенной одним цветом, но имеющих разные значения УПКС, которые характеризуются высотой призмы 3D-модели. В этом случае появляется возможность визуального представления фактических данных, которые могут быть совмещены, например, с различными когнитивными элементами или объектами дополненной реальности [21, 22]. Перспективным направлением исследования является совмещение карты оценочного зонирования с цифровыми моделями объектов социальной, бытовой, инженерной и транспортной инфраструктур, а также с различными дополнительными виртуальными характеристиками, такими как удаленность от центра города, показателями транспортной доступности, информацией об экологическом состоянии территории и т. п. [23]. В этом случае большая роль принадлежит функциональной совместимости или интероперабельности имеющихся баз данных о территории [24, 25].

Заключение

Таким образом, предлагаемая методика построения вариационных интервальных рядов позволяет определить шаг изменения диапазонов УПКС ценовых зон для построения карт оценочного зонирования. Графическая визуализация оценочного зонирования представлена 3D-картой-призмой, которая может являться элементом динамической геоинформационной системы, отображающей динамику изменения УПКС. Выполненное оценочное зонирование также позволит в дальнейшем устанавливать УПКС для объектов недвижимости, не включенных в перечни для государственной кадастровой оценки.

Карты оценочного зонирования, выполненные с использованием современных геоинформационных технологий, в виде трехмерных цифровых моделей, могут являться одним из элементов интеллектуальной модели город-

ской территории, которая позволит не только осуществлять оперативное управление, но и разработать эффективные механизмы, оптимизирующие траекторию пространственного развития населенного пункта [25].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быкова Е. Н., Сеньковская К. Э., Доценко Я. Н. Некоторые аспекты массовой оценки земель населенных пунктов: проблемы и пути решения // *Успехи современной науки и образования*. – 2017. – Т. 8, № 2. – С. 208–211.
2. Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке [Электронный ресурс] : приказ Министерства экономического развития РФ от 12.05.2017 № 226 (ред. от 09.08.2018). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Дубровский А. В., Подрядчикова Е. Д. К вопросу совершенствования системы оценки недвижимого имущества на основе расчета показателя социальной комфортности // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2014. – № 4. – С. 153–157.
4. Дубровский А. В., Ильиных А. Л., Малыгина О. И., Москвин В. Н., Вишнякова А. В. Анализ ценообразующих факторов, оказывающих влияние на кадастровую стоимость недвижимости // *Вестник СГУГиТ*. – 2019. – Т. 24, № 2. – С.150–169.
5. Иоселиани Н. А. Методические подходы к оценочному зонированию для целей государственной кадастровой оценки // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. – 2018. – № 7 (202). – С. 41–49.
6. Комаров С. И., Антропов Д. В., Иоселиани Н. А. Эффективность зонирования для целей кадастровой оценки в управлении земельными ресурсами // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. – 2018. – № 9 (204). – С. 46–56.
7. Об оценочной деятельности в Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 29.07.1998 № 135-ФЗ (ред. от 03.08.2018). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Байков К. С., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геопропространственный дискурс опережающего и прорывного мышления // *Вестник СГУГиТ*. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 53–67.
9. Беляева А. В. Использование пространственных моделей в массовой оценке стоимости объектов недвижимости // *Компьютерные исследования и моделирование*. – 2012 – Т. 4, № 3. – С. 639–650.
10. Подрядчикова Е. Д. Усовершенствование методики земельно-оценочных работ на основе геоинформационного анализа социально-территориальных взаимосвязей элементов городской инфраструктуры // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2015. – № 5/С. – С. 230–234.
11. Rotimi B., Albert P. C. Improving property valuation accuracy: a comparison of hedonic pricing model and artificial neural network // *Pacific Rim Property Research Journal*. – 2018. – Vol. 24(1). – P. 71–83.
12. Jorge I., Juan C., Favian G. A machine learning approach to big data regression analysis of real estate prices for inferential and predictive purposes // *Journal of Property Research*. – 2019. – Vol. 36. – P. 59–96.
13. Подрядчикова Е. Д., Гилёва Л. Н., Дубровский А. В. Корреляционно-регрессионный анализ кадастровой стоимости объектов недвижимости и ценообразующих факторов (на примере земельных участков города Тюмени, предназначенных для индивидуальной жилой застройки) // *Вестник СГУГиТ*. – 2020. – Т. 25, № 1. – С. 274–286.
14. Кувайскова Ю. Е. Статистические методы прогнозирования : учеб. пособие. – Ульяновск : УлГТУ. – 2019. – 197 с.
15. Ferretti V., Montibeller G. Key challenges and meta-choices in designing and applying multicriteria spatial decision support systems // *Decision Support System*. – 2016. – Vol. 84. – P. 41–52.
16. Варламов А. А., Антропов Д. В., Сеница Ю. С. Зонирование территорий в зарубежных странах // *Московский экономический журнал*. – 2018. – № 4. – С. 117–128.
17. Cellmer R., Befej M., Zrobek S., Urban Land Value Maps // *Methodological Approach. Geodetic* – 2014. – Vol. 58. – P. 535–551.
18. Черных Е. Г., Новиков Ю. А., Щукина В. Н. Особенности определения кадастровой стоимости на примере Тюменской области // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2019. – № 3 (369). – С. 45–47.

19. Лисицкий Д. В., Чернов А. В. Теоретические основы трехмерного кадастра объектов недвижимости // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 153–170.
20. Avrunev E. I., Chernov A. V., Dubrovsky A. V., Komissarov A. V., Pasechnik E. Yu. Technological aspects of constructing 3d model of engineering structures in the cities of the RF arctic region // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2018. – Vol. 329 (7). – P. 131–137.
21. Gonzalez Izard S., Sanchez Torres R., Alonso O., Juanes Mendez J. A., Nextmed F. J. Automatic Imaging Segmentation, 3D Reconstruction, and 3D Model Visualization Platform Using Augmented and Virtual Reality // Sensors and Technological Ecosystems for eHealth. – 2020. – Vol. 20. – P. 256–275.
22. Pettit C. J., Cartwright W., Berry M. Geographical visualization: A participatory planning support tool for imagining landscape futures // Applied GIS. – 2016. – Vol. 2(3). – P. 221–236.
23. Аврунев Е. И., Гатина Н. В., Козина М. В., Попов В. К. Трехмерная визуализация неблагоприятных природных условий для корректировки кадастровой стоимости земель // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 181–190.
24. Julin A., Jaalama K., Virtanen J.-P. Characterizing 3D City Modeling Projects: Towards a Harmonized Interoperable System // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2018. – Vol. 7. – P. 55–64.
25. Mendes M., Almeida J., Mohamed H. Projected Augmented Reality Intelligent Model of a City Area with Path Optimization // Algorithms. – 2019. – Vol. 12. – P. 126–140.

Получено 30.09.2020

© Е. Д. Подрядчикова, Л. Н. Гилёва, А. В. Дубровский, 2021

THE CALCULATION OF THE RANGES OF THE SPECIFIC RATE OF CADASTRAL COST TO BUILD 3D MAPS OF ESTIMATED ZONING (ON THE EXAMPLE OF TYUMEN CITY)

Ekaterina D. Podryadchikova

Tyumen Industrial University, 38, Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russia, Ph.D., Associate Professor, Department of Geodesy and Cadastral Activities, e-mail: podryadchikova_ed@mail.ru

Larisa N. Gilyova

Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 1, Institutskaya Square St., Omsk, 644008, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Land Management, e-mail: giljovaln@mail.ru

Alexey V. Dubrovsky

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Head of the Department of Cadastre and Territorial Planning, e-mail: avd5@ssga.ru

The article proposes a method of constructing an interval variation series with equal intervals as a mathematical tool for calculating the step of changes in the UPCS for the maps of estimated zoning. It describes the sequence of calculations, which includes 3 stages: the formation of the interval variation series, the calculation of the distribution center indicators, and the calculation of the relative variation indicators of the interval variation series. The resulting interval variation series allowed us to group the totality of the state cadastral assessment data and present them in the form of homogeneous intervals necessary for performing the estimated zoning. To visualize the results, it is proposed to use a three-dimensional geoinformation model in the form of a 3D prism map, which allows you to visually display changes in the value of the UPC. The presented methodology was tested during the evaluation zoning of the territory of the city of Tyumen using the results of the state cadastral assessment. The created assessment zoning map can be used for cadastral valuation of newly formed real estate objects, for information support of the territorial planning system, as well as for analytical support of investment programs and projects for the development of land and property complexes. Assessment zoning maps made with the use of modern geoinformation technologies in the form of three-dimensional digital models can be one of the elements of an intelligent model of an urban area, which will allow not only to carry out operational management, but also to develop effective mechanisms that optimize the trajectory of spatial development of a locality.

Keywords: state cadastral valuation, estimated zoning, specific indicator of cadastral value, coefficient of variation, interval variation series, geoinformation system, prism map, 3D model

REFERENCE

1. Bykova, E. N. & Sinkovskaya, K. E. & Dotsenko, Ya. N. (2017). Some aspects of mass assessment of land settlements: problems and solutions. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya [Successes of Modern Science and Education]*, 2(6), 208–211 [in Russian].
2. Order of the Ministry of Economic Development Russian Federation of May 12, 2017 No 226. On approval of methodological instructions on state cadastral valuation. Retrieved from Consultant Plus online database [in Russian].
3. Dubrovsky, A. V. & Podryadchikova, E. D. (2014). On the issue of improving the system for assessing real estate based on the calculation of the indicator of social comfort. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4/S, 153–157 [in Russian].
4. Dubrovsky, A. V., Ilinykh, A. L., Malygina, O. I., Moskvina, V. N., & Vishnyakova, A. V. (2019). Analysis of price-forming factors that influence the cadastral value of real estate. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(2), 150–169 [in Russian].
5. Ioseliani, N. A. (2018). Methodological approaches to valuation zoning for the purposes of state cadastral assessment. *Imushchestvennyye otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii [Property Relations in the Russian Federation]*, 7(202), 41–49 [in Russian].
6. Komarov, S. I., Antropov, D. V., & Ioseliani, N. A. (2018) Efficiency of zoning for the purposes of cadastral assessment in land management. *Imushchestvennyye otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii [Property Relations in the Russian Federation]*, 9(204), 46–56 [in Russian].
7. Federal Law of July 29, 1998 No. 135–FZ. On appraisal activity in the Russian Federation. Retrieved from Consultant Plus online database [in Russian].
8. Karpik, A. P., Lisitsky, D. V., Baykov, K. S., Osipov, A. G., & Savinykh, V. N. (2017). Geospatial discourse of advanced and breakthrough thinking. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(4), 53–67 [in Russian].
9. Belyaeva, A. V. (2012). Use of spatial models in mass valuation of real estate objects. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie [Computer Research and Modeling]*, 4(3), 639–650 [in Russian].
10. Podryadchikova, E. D. (2015). Improvement of land appraisal methods based on geoinformation analysis of socio-territorial relationships of urban infrastructure elements. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 5/S, 230–234 [in Russian].
11. Rotimi, B., & Albert, P. C. (2018). Improving property valuation accuracy: a comparison of hedonic pricing model and artificial neural network. *Pacific Rim Property Research Journal*, 24(1), 71–83.
12. Jorge, I., Juan, C., & Favian, G. (2019). A machine learning approach to big data regression analysis of real estate prices for inferential and predictive purposes. *Journal of Property Research*, 36, 59–96.
13. Podryadchikova, E. D., Gileva, L. N., & Dubrovsky, A. V. (2020). Correlation and regression analysis of the cadastral value of real estate objects and price-forming factors (on the example of land plots of the city of Tyumen intended for individual residential development). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 25(1), 274–286 [in Russian].
14. Kuvaiskova, Yu. E. (2019). *Statisticheskie metody prognozirovaniya [Statistical methods of forecasting]*. Ulyanovsk: USTU Publ., 197 p. [in Russian].
15. Ferretti, V. & Montibeller, G. (2016). Key challenges and meta-choices in designing and applying multicriteria spatial decision support systems. *Decision Support System*, 84, 41–52.
16. Varlamov, A. A., Antropov, D. V., & Sinitsa Yu. S. (2018). Zoning of territories in foreign countries. *Moskovskiy ekonomicheskoy zhurnal [Moscow Economic Journal]*, 4, 117–128 [in Russian].
17. Cellmer, R., Belej, M., & Zrobek, S. (2014). Urban Land Value Maps. *Methodological Approach. Geodetic*, 58, 535–551.
18. Chernykh, E. G., Novikov, Yu. A., & Shchukina, V. N. (2019). Features of determining cadastral value on the example of the Tyumen region. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal [International Agricultural Journal]*, 3(369), 45–47 [in Russian].
19. Lisitsky, D. V., & Chernov, A. V. (2018). Theoretical foundations of three-dimensional cadastre of real estate objects. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(2), 153–170 [in Russian].

20. Avrunev, E. I., Chernov, A. V., Dubrovsky, A. V., Komissarov, A. V., & Pasechnik, E. Yu. (2018). Technological aspects of constructing 3d model of engineering structures in the cities of the RF arctic region. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 329(7), 131–137.
21. Gonzalez IZard, S., Sanchez Torres, R., Alonso, O., Juanes Mendez, J. A., & Nextmed, F. J. (2020). Automatic Imaging Segmentation, 3D Reconstruction, and 3D Model Visualization Platform Using Augmented and Virtual Reality. *Sensors and Technological Ecosystems for eHealth*, 20, 256–275.
22. Pettit, C. J., Cartwright, W., & Berry, M. (2016). Geographical visualization: A participatory planning support tool for imagining landscape futures. *Applied GIS*, 2(3), 221–236.
23. Avrunev, E. I. & Gatina, N. V. & Kozina, M. V. & Popov, V. K. (2019). Three-dimensional visualization of unfavorable natural conditions for adjusting the cadastral value of land *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering]*, 330(1), 181–190.
24. Julin, A., Jaalama, K., & Virtanen, J.-P. (2018). Characterizing 3D City Modeling Projects: Towards a Harmonized Interoperable System. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7, 55–64.
25. Mendes, M., Almeida J., & Mohamed, H. (2019). Projected Augmented Reality Intelligent Model of a City Area with Path Optimization. *Algorithms*, 12, 126–140.

Received 30.09.2020

© E. D. Podryadchikova, L. N. Gilyova, A. V. Dubrovsky, 2021