

DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.10

УДК 339.13.017

С.Г. Стерник^{1,2}

¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия

²Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН, Москва, Россия

МЕТОДОЛОГИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОСТРАНСТВЕННО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЫНКОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Дается формализованное описание процедуры построения широко применяемых дискретных пространственно-параметрических моделей рынка недвижимости в терминах теории множеств – аппарата, специально созданного для описания дискретных пространств. Изложение ведется в сопоставлении с подходами и понятиями смежной методологии – регрессионных моделей массовой оценки объектов недвижимости.

Методология дискретного пространственно-параметрического моделирования рынка недвижимости применяется для мониторинга рынка, построения динамических индексов рынка и массовой оценки объектов недвижимости. Методология основана на статистическом кластерном анализе и позволяет также осуществлять статическое интерполяционное пространственно-параметрическое прогнозирование значений индикаторов рынка в малых кластерах с недостаточным объемом выборки и на узких рынках с малым или отсутствующим объемом предложения. Применение методологии дискретного пространственно-параметрического моделирования рынка недвижимости демонстрируется на примере рынка жилой недвижимости г. Москвы.

Ключевые слова: недвижимость, рынок, рыночная стоимость, кластерный анализ, мониторинг, моделирование, прогнозирование, массовая оценка, динамические индексы, малые выборки.

S.G. Sternik^{1,2}

¹Financial University under Government of Russian Federation,
Moscow, Russian Federation

²Institute of Economic Forecasting of Russian Academy
of Sciences, Moscow, Russian Federation

METHODOLOGY OF DISCRETE SPATIAL-PARAMETRIC REAL ESTATE MARKET MODELLING

This paper gives a formalized description of the procedure for constructing widely used discrete spatial-parametric models of the real estate market in terms of set theory – an apparatus specially created for describing discrete spaces. The presentation is carried out in comparison with the approaches and concepts of a related methodology – regression models of mass appraisal of real estate objects.

The methodology of discrete spatial-parametric modeling of the real estate market is used for market monitoring, for building dynamic market indices and for mass appraisal of real estate objects. The methodology is based on statistical cluster analysis and also allows for static interpolation spatial-parametric forecasting of the values of market indicators in small clusters with insufficient sample size

and in narrow markets with little or no supply. The application of the methodology of discrete spatial-parametric modeling of the real estate market is demonstrated on the example of the residential real estate market in Moscow.

Keywords: real estate property, market, market value, cluster analysis, monitoring, modelling, forecasting, mass valuation, dynamic indices, small sample.

Введение

Методология дискретного пространственно-параметрического моделирования рынка недвижимости (ДППМ) первоначально была разработана и использовалась как средство анализа сегмента рынка [1–3]. В том числе важнейшей задачей стало применение указанной методологии в определении средних рыночных показателей, пригодных для построения системы индексов рынка недвижимости [4]. Затем область ее применения была расширена на задачу массовой оценки объектов [5–10]. В работах [11–13] произведено расширение возможностей применения ДППМ на статическое интерполяционное пространственно-параметрическое прогнозирование значений индикаторов рынка в малых кластерах с недостаточным объемом выборки и на узких рынках с малым или отсутствующим объемом предложения. Одновременно решалась задача углубления формализации процедуры построения ДППМ. Интегрированные результаты данных работ публикуются в настоящей статье. При этом стоит отметить, что методология ДППМ удачно взаимодействует инструментами массовой оценки недвижимости с использованием нейронных сетей [14–19] и является дальнейшим развитием других методов массовой оценки недвижимости (в том числе и регрессионными моделями массовой оценки недвижимости) [20–25].

1. Методы

В данном подразделе изложены теоретические (математические) основы методологии построения дискретных пространственно-параметрических моделей рынка недвижимости. ДППМ – это упорядоченный набор показателей (индикаторов) состояния сегмента рынка, полученный в результате параллельно-последовательного сечения рассматриваемой выборки объектов недвижимости по различным признакам на дискретные подвыборки (кластеры).

Расчленение общей выборки на кластеры повышает однородность выборок в кластерах и уменьшает диапазон разброса показате-

лей, а при достаточном объеме выборок снижает дисперсию, средне-квадратическое (стандартное) отклонение и погрешность в определении среднего значения.

Методология дискретного анализа рынка недвижимости в интересах практиков-аналитиков описывалась на вербальном уровне почти без применения символического изложения. В настоящей работе дается формализованное описание процедуры построения широко применяемых дискретных пространственно-параметрических моделей рынка (с примерами по рынку жилья Москвы) в терминах теории множеств – аппарата, специально созданного для описания дискретных пространств. Изложение ведется в сопоставлении с подходами и понятиями смежной методологии – регрессионных моделей массовой оценки объектов недвижимости.

Пусть $x_i \in X$ – удельная цена i -й квартиры или цена 1 м² в заданном периоде (в последующем временной параметр опускается). Тогда множество значений удельных цен можно записать следующим образом:

$$X = \{x_i\}, i = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Запись (1) представляет собой модель первичной рыночной информации – исходных данных для построения модели рынка.

В общем случае цена квартиры на рынке зависит от ее характеристик $x_i = S(\xi_i)$, где S – оператор связи.

Характеристики могут быть непрерывными и дискретными величинами и выражаться:

- числом (значения размера кухни, высоты потолка, декартовых координат местоположения, расстояния до ближайшей станции метро и т.п.);

- диапазоном чисел (диапазон значений периода строительства, высоты потолков и т.п.);

- количественным признаком (этажность дома, этаж расположения квартиры, число комнат, число санузлов, число балконов и т.п.);

- качественным признаком (материал несущих конструкций, материал наружных ограждений, тип санузла, тип планировки, ориентация окон во двор или на проезжую часть и т.п.);

- бинарным признаком «да/нет» (наличие лифта в доме, наличие телефона в квартире, состояние дома – после реконструкции, капремонта и т.д.).

Разделим все характеристики по трем классификационным основаниям – качеству, местоположению, размеру:

$T = (\xi_{iT})$ – множество характеристик качества (конструктивно-технические характеристики дома и квартиры, характеристики комфортности проживания, от которых зависят предпочтения покупателей и цена);

$M = (\xi_{iM})$ – множество характеристик местоположения дома, от которых зависят предпочтения покупателей и цена;

$R = (\xi_{iR})$ – множество характеристик размера квартиры, от которых зависит ее удельная цена.

С учетом выделенных классификационных оснований множество значений удельных цен принимает вид

$$X \Rightarrow \{x_i(\xi_{iT}, \xi_{iM}, \xi_{iR})\}. \quad (2)$$

Преобразуем числовые значения в дискретные, разбив их на диапазоны. Тогда $X \Rightarrow \{x_i\{\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots\}, \{\xi_{m1}, \xi_{m2}, \dots\}, \{\xi_{r1}, \xi_{r2}, \dots\}\}$.

В теории регрессионного анализа характеристики объекта именуются факторами. На основании рыночной информации строится непрерывно-дискретная модель рынка $X = F(i)$, с помощью статистических критериев определяются уровни значимости факторов. Критериальные значения факторов, по которым принимаются решения, задаются исследователем. Факторы, удовлетворяющие этим критериям, признаются значимыми, остальные – случайными, и регрессионная модель строится как осреднение по факторам, признанным случайными. Обычно при исходных 20–30 факторах значимыми оказываются 5–10. Иногда исследователь переходит к дискретной по каждому отдельному фактору модели, разбивая его диапазон варьирования на поддиапазоны (шаги) по признаку существенного изменения цены на каждом (не обязательно равном) шаге. Общее число диапазонов будет равно сумме чисел диапазонов каждой характеристики-фактора. Например, при десяти характеристиках, значения каждой из которых разбиты на три диапазона, образуется матрица из 30 значений. Далее, полное число перестановок значений диапазонов набора характеристик соответствует теоретически возможному числу сочетаний вариантов описания квартир (на практике при построении регрессионных моделей массовой оценки квартир оно достигает нескольких сотен).

Аналогичные по сути, но несколько иные по форме процедуры используются и при построении дискретных моделей. Начнем их описание с группы характеристик качества объекта.

Изучение существующих в жилищном фонде и на рынке квартир показывает, что большая часть теоретически возможного числа вариантов являются физически нереализуемыми. Например, сочетание «панель – высота потолков от 3 м» или «свободная планировка – кухня площадью менее 6,0 м» и т.п.

Сгруппируем характеристики качества таким образом, чтобы совокупность диапазонов и/или признаков всех значимых характеристик образовывала физически определимое множество, соответствующее подмножеству элементов множества (1):

$$\{x_{it1}\} = \{x_i \mid \xi_i = \{\xi_{i1}\}\};$$

$$\{x_{it2}\} = \{x_i \mid \xi_i = \{\xi_{i2}\}\};$$

.....,

или

$$\cup x_{it} = \cup x_{it1} \cup x_{it2} \dots$$

Назовем подмножество $\{x_{ij}\}$ физически определимых вариантов сочетания характеристик *типом квартиры* T_i :

$$X_{T1} = \{x_{it1}\}, \dots$$

$$X_{T2} = \{x_{it2}\}, \dots$$

.....

Следовательно, множество подмножеств, объединяющих квартиры одного типа, приобретает вид

$$X_T = \{X_{T1}, X_{T2} \dots\}. \tag{3}$$

Аналогично приводятся к дискретным характеристики (координаты) местоположения:

$$\{x_{im1}\} = \{x_i \mid \xi_m = \{\xi_{m1}\}\};$$

$$\{x_{im2}\} = \{x_i \mid \xi_m = \{\xi_{m2}\}\};$$

.....,

или

$$\cup x_{im} = \cup x_{im1} \cup x_{im2} \dots$$

Назовем подмножество $\{\xi_{mi}\}$ зоной (районом) местоположения объекта M_i . Тогда

$$X_{M1} = \{x_{im1}\}, \dots$$

$$X_{M2} = \{x_{im2}\}, \dots$$

.....

Следовательно, множество подмножеств, объединяющих объекты одной зоны, приобретает вид

$$X_M = \{X_{M1}, X_{M2}, \dots\}. \quad (4)$$

Характеристики размера квартиры чаще всего описываются в уравнении (1) дискретным показателем «число комнат». Иногда (например, коттеджи, квартиры свободной планировки) размер задается величиной общей площади и может быть переведен в дискретный вид назначением диапазонов общей площади объекта. В общем случае

$$\{x_{ir1}\} = \{x_i \mid \xi_r = \{\xi_{r1}\}\};$$

$$\{x_{ir2}\} = \{x_i \mid \xi_r = \{\xi_{r2}\}\};$$

.....,

или

$$\cup x_{ir} = \cup x_{ir1} \cup x_{ir2} \dots$$

Назовем подмножество $\{\xi_{ri}\}$ размером квартиры R_i . Тогда

$$X_{R1} = \{x_{ir1}\}, \dots$$

$$X_{R2} = \{x_{ir2}\}, \dots$$

.....

Следовательно, множество подмножеств, объединяющих объекты одного размера, приобретает вид

$$X_R = \{X_{R1}, X_{R2}, \dots\}. \quad (5)$$

Наконец, объединение множеств (3)–(5) приводит к выявлению групп объектов, выделенных по признаку сочетания типа, зоны (района) и размера:

$$X = X_T \cup X_M \cup X_R; \quad (6)$$

$$X_T \cap X_M \cap X_R = \emptyset; \quad (7)$$

$$X = \{\{x_{T1M1R1}\}, \{x_{T2M1R1}\}, \dots\}. \quad (8)$$

Условие (7) означает, что пересечение множеств (3)–(5) есть пустое множество. На практике возможно, что в исходных данных (1) информация о характеристиках квартир неполна и объект не удается приписать ни одному из выбранных типов, или зон, или размеров. Тогда необходимо их выделить в тип (зону, размер) «прочие» для выполнения условия (7).

Выражение (8) в терминах регрессионных моделей массовой оценки называется *спецификацией* модели рынка. Следующий этап – *калибровка* модели, или получение количественных оценок входящих в модель параметров.

В терминах дискретных пространственно-параметрических моделей эта процедура включает статистическую обработку выборок (8) и определение основных параметров выборки – объема n , среднего x_{cp} , размаха варьирования $x_{\text{мин}}$ и $x_{\text{макс}}$, дисперсии D , погрешности в определении среднего δ . В результате образуется исходная дискретная пространственно-параметрическая модель рынка

$$X = \{ \{ (n, x_{\text{cp}}, x_{\text{мин}}, x_{\text{макс}}, D, \delta)_{T1M1R1} \}, \{ (n, x_{\text{cp}}, x_{\text{мин}}, x_{\text{макс}}, D, \delta)_{T2M1R1} \}, \dots \}. \quad (9)$$

Следующей операцией при построении дискретной пространственно-параметрической модели рынка (ДППМ) является ее корректировка и оптимизация (в терминах регрессионных моделей массовой оценки – *настройка*). Корректировка начинается с проверки объема выборок в каждой клетке матрицы.

На практике возможно отсутствие объектов какого-либо типа в жилищном фонде и на рынке данного района. В этом случае из матрицы исключается соответствующая строка.

Возможны случаи слишком малого объема выборки данного типа в конкретном районе (обоснование минимального требуемого объема приведено в работах [24, 25]). В этом случае данная выборка подлежит объединению с выборкой территориально смежного района, параметры объединенной выборки пересчитываются.

Оптимизация модели начинается с проверки размаха выборок и их дисперсий. Условие оптимизации – минимизация размаха каждой выборки при ориентировочном равенстве коэффициентов варьирования v :

$$\begin{aligned} (x_{\max} - x_{\min}) &\rightarrow \min; \\ v_i = \sqrt{D_i/x_{\text{ср}i}} &\approx \text{const.} \end{aligned} \quad (10)$$

Уменьшение размаха выборки можно получить за счет ее разделения на две путем введения дополнительного признака или разбиения диапазона какого-либо признака. Например, если выборка квартир в пятиэтажных панельных домах имеет слишком большой размах варьирования (значительно отличающийся от выборок квартир других типов), то рекомендуется разделить ее на два подтипа, которые включают квартиры на первом/последнем и крайних этажах. Другой пример: разделение совокупности квартир в пятиэтажных панельных домах одного района на квартиры в сериях домов, объявленных к сносу (что может повысить их привлекательность и цену), и в несносимых сериях.

Аналогично могут быть разбиты выборки по признаку местоположения: в заданных границах района выделяются две-три зоны с отличающимся уровнем цен и вместо одной образуется две-три выборки квартир одного типа с изменившимися средними и уменьшившимся размахом варьирования.

Следующая процедура оптимизации модели имеет обратный характер – она направлена на проверку целесообразности объединения выборок. Для этого производится попарная проверка значимости различия выборок по типам, размерам, смежным районам. Она включает проверку различия дисперсий (по критерию Фишера F_p) и средних (по критерию Стьюдента t_p) при заданных критериальных значениях уровня значимости p , выбираемых исследователем. Эта процедура соответствует аналогичной процедуре проверки значимости факторов в терминах регрессионного моделирования.

По результатам проверки выборки с незначимыми различиями объединяются и значения параметров объединенных выборок пересчитываются. На практике возможно применение более простого условия объединения выборок 1 и 2:

$$x_{\text{ср}1} + \delta_1/2 > x_{\text{ср}2} - \delta_2/2 \quad (\text{при } x_{\text{ср}1} < x_{\text{ср}2}). \quad (11)$$

Такое преобразование соответствует по смыслу понижению размерности регрессионной модели, исключению незначимых факторов качества, местоположения и размера.

В результате образуется оптимизированная ДППМ рынка.

Ниже представлены три базовые практические методики применения изложенных теоретических положений ДППМ:

1. «Классическая» ДППМ для анализа и прогнозирования, а также построения динамических индексов рынка недвижимости.
2. Модернизированная методика параллельно-последовательных сечений для индивидуальной и массовой оценок объектов недвижимости.
3. Модернизированная методика статического интерполяционно-го прогнозирования для анализа и оценки на узких рынках.

2. «Классическая» ДППМ: структура и пример построения

Рассмотрим основные структурные элементы ДППМ.

Показатель (индикатор) – статистическая величина, агрегирующая данные в выборке (минимальная, максимальная и средневзвешенная удельная цены (ставка аренды), объем строительства, объем предложения объектов и т.д.).

Признак сечения – фактор, влияющий на уровень показателей (индикаторов) рынка, по которому произведено сечение данных.

Ячейка – место размещения единицы информации (значение на пересечении строки признаков и столбца показателей).

Кластер – строка ДППМ определенного уровня сечения.

Уровень сечения – набор кластеров, образовавшийся вследствие очередного шага параллельно-последовательного сечения исходной выборки данных.

Конечный кластер (ядро) – строка ячеек, содержащих показатели неделимой выборки.

Слой ячеек – набор (столбец) ячеек по одному показателю.

Как уже было представлено выше, построение ДППМ происходит в три этапа.

1. Строится *исходная* ДППМ, в которой зафиксированы все признаки сечения и все показатели, но ячейки не заполнены.

2. В модель вводятся показатели объема выборок и исключаются ячейки (строки) с нулевыми и сверхмалыми (до трех–пяти элементов) объемами выборок – возникает так называемая *предварительная* ДППМ.

3. Аналитик производит расчет всех показателей, проверку значимости различия средних в смежных выборках, объединение выборок с незначимыми различиями либо дополнительное сечение путем кор-

ректировки диапазонов признаков с целью минимизации погрешности до уровня не более 10–15 %, исключение строк с большей погрешностью. В результате образуется *оптимизированная* ДППМ.

В модернизированной для узких рынков методике статического интерполяционного прогнозирования, представленной ниже в данной статье, работа аналитика корректируется: исключается п. 2, в п. 3 не включаются строки с большой погрешностью. В эти ячейки заносятся результаты интерполяционного прогнозирования показателей.

Форма ДППМ при трех признаках дифференциации и трех классификаторах в каждом признаке приведена в табл. 1.

Таблица 1

Форма ДППМ при трех признаках дифференциации, трех классификаторах в каждом признаке и четырех показателях

Уровень расчленения	Номер кластера	Признаки			Показатели			
		1	2	3	1	2	3	4
0	0	По всем признакам M0, K0, P0						
1	1	M1	K0	P0				
1	2	M2	K0	P0				
1	3	M3	K0	P0				
1	4	M0	KA	P0				
1	5	M0	KB	P0				
1	6	M0	KB	P0				
1	7	M0	K0	Pa				
1	8	M0	K0	Pб				
1	9	M0	K0	Pв				
2	10	M1	KA	P0				
2	11	M1	KB	P0				
2	12	M1	KB	P0				
2	13	M1	K0	Pa				
2	14	M1	K0	Pб				
2	15	M1	K0	Pв				
2	16	M2	KA	P0				
2	17	M2	KB	P0				
2	18	M2	KB	P0				
2	19	M2	K0	Pa				
2	20	M2	K0	Pб				
2	21	M2	K0	Pв				
2	22	M3	KA	P0				
2	23	M3	KB	P0				
2	24	M3	KB	P0				
2	25	M3	K0	Pa				
2	26	M3	K0	Pб				
2	27	M3	K0	Pв				

Окончание табл. 1

Уровень расчленения	Номер кластера	Признаки			Показатели			
		1	2	3	1	2	3	4
3	28	М1	КА	Ра				
3	29	М1	КБ	Ра				
3	30	М1	КВ	Ра				
3	31	М1	КА	Рб				
3	32	М1	КБ	Рб				
3	33	М1	КВ	Рб				
3	34	М1	КА	Рв				
3	35	М1	КБ	Рв				
3	36	М1	КВ	Рв				
3	37	М2	КА	Ра				
3	38	М2	КБ	Ра				
3	39	М2	КВ	Ра				
3	40	М2	КА	Рб				
3	41	М2	КБ	Рб				
3	42	М2	КВ	Рб				
3	43	М2	КА	Рв				
3	44	М2	КБ	Рв				
3	45	М2	КВ	Рв				
3	46	М3	КА	Ра				
3	47	М3	КБ	Ра				
3	48	М3	КВ	Ра				
3	49	М3	КА	Рб				
3	50	М3	КБ	Рб				
3	51	М3	КВ	Рб				
3	52	М3	КА	Рв				
3	53	М3	КБ	Рв				
3	54	М3	КВ	Рв				

Примечание: На уровне 0 – один кластер, на уровне 1 – 9 кластеров, на уровне 2 – 18 кластеров, на уровне 3 – 27 кластеров.

Обозначения: М1–М3 – зоны местоположения, КА–КВ – классы качества, Ра–Рв – диапазоны размеров.

3. Методика параллельно-последовательных сечений

При использовании статистического кластерного анализа для расчета среднерыночной удельной цены (ставки аренды) объектов-аналогов в конечном кластере, в соответствии с методологией дискретного пространственно-параметрического моделирования рынка недвижимости (ДППМ), сначала исходная выборка рассекается по первому ценообразующему фактору (например, по местоположению). Пусть i – порядковый номер исследуемой территориальной зоны объекта, характеризуемой средней удельной ценой (ставкой аренды) в кластере \bar{C}_i .

Затем исходная выборка рассекается по второму ценообразующему фактору (например, по классу качества). Пусть j – порядковый номер исследуемого класса качества объекта, характеризующегося средней удельной ценой (ставкой аренды) в кластере \bar{C}_j .

Затем исходная выборка рассекается по третьему ценообразующему фактору (например, по диапазону размеров). Пусть k – порядковый номер исследуемого диапазона размеров объекта, характеризующегося средней удельной ценой (ставкой аренды) в кластере \bar{C}_k .

Так образуется первый уровень кластеров. При трех признаках сечения и трех классификаторах в каждом признаке количество кластеров равно 9.

Затем каждая из полученных подвыборок (кластеров) рассекается по второму или третьему ценообразующему фактору. Например, подвыборки кластеров первого уровня, выделенных по признаку местоположения, рассекаются по признаку класса качества. Образуются кластеры второго уровня сечения, которые характеризуются средней удельной ценой (ставкой аренды) \bar{C}_{ij} .

Аналогично подвыборки кластеров, выделенных по признаку местоположения, рассекаются по признаку размера (диапазона площади) объекта. Образуются кластеры второго уровня сечения, которые характеризуются средней удельной ценой (ставкой аренды) \bar{C}_{ik} .

Наконец, кластеры первого уровня, выделенные по признаку класса качества, расчлняются по признаку размера. Образуются кластеры второго уровня сечения, которые характеризуются средней удельной ценой (ставкой аренды) \bar{C}_{kj} .

Всего на втором уровне при трех признаках сечения и трех классификаторах в каждом признаке образуется 18 кластеров.

Подвыборки второго уровня, в свою очередь, рассекаются по третьему фактору. Например, кластеры, выделенные по признаку «местоположение/качество», рассекаются по диапазону размеров, выделенные по признаку «местоположение/размер» – по признаку качества. Образуются кластеры третьего уровня, характеризующиеся средней удельной ценой (ставкой аренды) \bar{C}_{ijk} . В заданных условиях примера таких кластеров образуется 27.

Далее по целесообразности и технической возможности может происходить еще ряд сечений подвыборок по различным факторам. Например, четвертым фактором сечения для рынка аренды офисных помещений может быть наличие/отсутствие отделки, пятым – срок аренды и т.д.

В результате каждого этапа (цикла) сечений образуются уменьшающиеся по мощности (количеству элементов) подвыборки. Но каждая из последующих подвыборок более однородна с точки зрения входящих в нее объектов, чем предыдущие. Степень однородности подвыборки можно оценивать по величине размаха вариации величин, т.е. разности $C_{\max} - C_{\min}$, или коэффициента вариации v , равного отношению среднеквадратичного отклонения (СКО, S) к средней \bar{C} в данном кластере. Соответственно, от однородности подвыборки в кластере и от числа объектов в подвыборке будет зависеть погрешность в определении средней величины (математического ожидания) данной подвыборки δ .

В идеальном случае в результате последнего сечения образуется подвыборка, состоящая из нескольких объектов-аналогов, обладающих схожими ценообразующими признаками (конечный кластер), с близкими к нулю коэффициентом вариации и погрешностью.

Среднее значение удельной цены (арендной ставки) этого последнего подмножества объектов (математическое ожидание) формально является среднерыночной удельной ценой (арендной ставкой) объектов-аналогов в конечном кластере.

4. Методика статического интерполяционного пространственно-параметрического прогнозирования средней удельной цены (ставки аренды) в нерепрезентативных кластерах: обоснование и пример построения

Если при параллельно-последовательном сечении выборки по трем факторам (местоположение, качество, размер) погрешность δ_{ijk} в определении средней \bar{C}_{ijk} в конечном кластере меньше или равна принятой допустимой величине (10–15 %), то сечение завершено и статистический результат принимается как искомая расчетная удельная цена (ставка аренды) оцениваемого объекта:

$$C = \bar{C}_{ijk}.$$

Нетрудно показать, что от последовательности сечения единой исходной выборки значение и погрешность средней в конечном кластере не меняются:

$$C = \bar{C}_{ijk} = \bar{C}_{ikj} = \bar{C}_{jik} = \bar{C}_{jki} = \bar{C}_{kij} = \bar{C}_{kji} = \bar{C}_{ijk}.$$

Все средние в кластерах рассчитываются как средневзвешенные по площади. Так, в первом сечении для территориального кластера

$$\bar{C}_i = C_{\text{ср.взв.место}} = \frac{\sum (C_i S_i)}{\sum S_i},$$

где S_i – площадь каждого помещения в i -й выборке.

Соответственно, для конечного сечения и, собственно, для оцениваемого объекта

$$C = \bar{C}_{ijk} = C_{\text{ср.взв.класт}} = \frac{\sum (C_{ijk} S_{ijk})}{\sum S_{ijk}}.$$

Если погрешность в определении средней в кластере третьего уровня сечения больше допустимой (выборка нерепрезентативна) или объекты-аналоги в кластере вообще отсутствуют, а в кластере второго уровня сечения погрешность меньше или равна допустимой, то расчет удельной цены (ставки аренды) осуществляется путем применения коэффициентов ценовых поправок второго уровня к среднему значению подвыборки второго уровня:

$$C = \bar{C}_{jk} K_{2\text{место}},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_{ij} K_{2\text{качество}},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_{ki} K_{2\text{размер}}.$$

Применение любой из формул дает один и тот же результат, а выбор одной из них определяется наличием данных верхнего уровня.

$$C = \bar{C}_{ijk} = C_{\text{ср.взв.класт}} = \frac{\sum (C_{ijk} S_{ijk})}{\sum S_{ijk}}.$$

Если погрешность в определении средней в кластере второго уровня сечения больше допустимой или объекты-аналоги в кластере вообще отсутствуют, а в кластере первого уровня сечения погрешность меньше или равна допустимой, то расчет удельной цены (ставки аренды) осуществляется путем применения коэффициентов ценовых поправок первого уровня к среднему значению подвыборки первого уровня:

$$C = \bar{C}_i K_{1\text{место}} K_{1\text{качество}},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_j K_{1\text{место}} K_{1\text{качество}},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_k K_{1\text{место}} K_{1\text{размер}}.$$

Для каждого из кластеров третьего уровня, в котором выборка отсутствует либо нерепрезентативна, ценовая поправка по каждому фактору определяется как отношение среднего значения удельной цены (ставки аренды) в интересующей подвыборке второго уровня сечения к среднему значению в выборке первого уровня сечения:

$$K_{2\text{место}} = \frac{\bar{C}_{ij}}{C_j}, \text{ или } K_{2\text{место}} = \frac{\bar{C}_{ik}}{C_k},$$

где $K_{2\text{место}}$ – коэффициент местоположения; « ij » и « jk » – индексы кластеров исследуемой территориальной зоны с дифференцированием соответственно по размеру или по качеству;

$$K_{2\text{размер}} = \frac{\bar{C}_{ji}}{C_i}, \text{ или } K_{2\text{размер}} = \frac{\bar{C}_{jk}}{C_k},$$

где $K_{2\text{размер}}$ – коэффициент размера; « ji » и « jk » – индексы кластеров исследуемого диапазона площадей с дифференцированием соответственно по местоположению или по качеству;

$$K_{2\text{качество}} = \frac{\bar{C}_{ki}}{C_i}, \text{ или } K_{2\text{качество}} = \frac{\bar{C}_{kj}}{C_j},$$

где $K_{2\text{качество}}$ – коэффициент качества; « ki » и « kj » – индексы кластеров исследуемого класса качества с дифференцированием соответственно по местоположению или по размеру.

Нетрудно показать, что преобразование полученных уравнений приводит к трем простым формулам расчета:

$$C = \bar{C}_i K_{2\text{размер}} K_{2\text{качество}} = \bar{C}_i \frac{\bar{C}_{ji}}{\bar{C}_i} \frac{\bar{C}_{ki}}{\bar{C}_i} = \frac{\bar{C}_{ji} \bar{C}_{ki}}{\bar{C}_i},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_j K_{2\text{место}} K_{2\text{качество}} = \bar{C}_j \frac{\bar{C}_{ij}}{\bar{C}_j} \frac{\bar{C}_{kj}}{\bar{C}_j} = \frac{\bar{C}_{ij} \bar{C}_{kj}}{\bar{C}_j},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_k K_{2\text{место}} K_{2\text{размер}} = \bar{C}_k \frac{\bar{C}_{ik}}{\bar{C}_k} \frac{\bar{C}_{jk}}{\bar{C}_k} = \frac{\bar{C}_{ik} \bar{C}_{jk}}{\bar{C}_k}.$$

Аналогично, если погрешность в определении средней в кластере второго уровня сечения превышает допустимую или объекты-аналоги в кластере вообще отсутствуют, расчет удельной цены (ставки аренды) оцениваемого объекта осуществляется путем применения коэффициентов ценовых поправок первого уровня к среднему значению исходной выборки (нулевого уровня):

$$C = \bar{C}_k K_{1\text{место}} K_{1\text{размер}} K_{1\text{качество}}.$$

Для каждого из факторов определяется ценовая поправка по данному фактору как коэффициент отношения среднего значения удельной ставки аренды в интересующей подвыборке к среднему значению в исходной выборке:

$$K_{1\text{место}} = \frac{\bar{C}_i}{C},$$

где $K_{\text{место}}$ – коэффициент местоположения; « i » – индекс исследуемой территориальной зоны;

$$K_{1\text{размер}} = \frac{\bar{C}_j}{C},$$

где $K_{\text{размер}}$ – коэффициент размера; « j » – индекс диапазона площадей;

$$K_{1\text{качество}} = \frac{\bar{C}_k}{C},$$

где $K_{\text{качество}}$ – коэффициент качества; « k » – индекс класса.

При подстановке формул для коэффициентов в формулы для расчета средней удельной цены (ставки аренды) первого уровня сечения величина среднего значения исходной выборки \bar{C} и любой один из коэффициентов сокращаются, оставляя три варианта конечных уравнений:

$$C = \bar{C}_i K_{1\text{размер}} K_{1\text{качество}},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_j K_{1\text{место}} K_{1\text{качество}},$$

$$\text{или } C = \bar{C}_k K_{1\text{место}} K_{1\text{размер}}.$$

Из изложенного следует, что искомая удельная цена (ставка аренды) для случая трехуровневого сечения может вычисляться семью разными вариантами расчета в зависимости от объема данных:

1. $C = \bar{C}_{ijk}$, если в кластере третьего уровня сечения погрешность меньше или равна допустимой ($\delta \leq 10\text{--}15\%$, для развитых рынков крупных городов).

2. $C = \{\bar{C}_i K_{2\text{размер}} K_{2\text{качество}}, \text{ или } \bar{C}_j K_{2\text{место}} K_{2\text{качество}}, \text{ или } \bar{C}_k K_{2\text{место}} \times K_{2\text{размер}}\}$, если в кластере третьего уровня сечения погрешность больше допустимой и в кластерах второго уровня сечения погрешность меньше допустимой (рынки средних городов).

3. $C = \{\bar{C}_i K_{1\text{размер}} K_{1\text{качество}}, \text{ или } \bar{C}_j K_{1\text{место}} K_{1\text{качество}}, \text{ или } \bar{C}_k K_{1\text{место}} \times K_{1\text{размер}}\}$, если в кластере второго уровня сечения погрешность больше допустимой либо выборка вообще отсутствует и в кластерах первого уровня сечения меньше или равна (рынки малых городов).

В связи с представленной вариантноностью расчетов легко показать, что все варианты дают один и тот же результат, в связи с чем необходимость в многовариантном расчете отпадает.

Таким образом, для каждого объекта искомая среднерыночная удельная цена (арендная ставка) объектов-аналогов конечного кластера

$$C = \bar{C} K_1 K_2 K_3,$$

где \bar{C} – средневзвешенная по площади удельная цена (ставка аренды) выбранного по настоящей методике кластера в локальном сегменте рынка; K_1, K_2, K_3 – рассчитанные по настоящей методике поправочные коэффициенты соответственно местоположения, размера и качества помещения.

5. Пример построения ДППМ

Наиболее важными ценообразующими признаками являются: местоположение (территориальная локация), качество (категория функционального назначения, морфотип, класс качества), размер (диапазон общей площади либо количество комнат в квартире для жилья).

Каждый из признаков может иметь не один, а два-три уровня сечения.

Так, в простейшем случае анализа рынка города в качестве признака местоположения используется зона, которая может представлять собой район в административных границах либо неформальный район, в границах которого средняя удельная цена статистически значимо отличается от смежных районов, а погрешность минимальна. Например, для анализа рынка недвижимости Москвы чаще всего используют 12 зон в виде административных округов (ЦАО, ЗАО, СЗАО, САО, СВАО, ВАО, ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗелАО, ТиНАО*) или 137 муниципальных районов. В отдельных задачах выделяются АО на первом уровне и муниципальные районы на втором. Наконец, выделяют три-четыре «пояса» по удалению от Центра (в пределах Садового кольца, Третьего транспортного кольца, МКАД плюс Замкадье – ТиНАО, ЗелАО и районы вне МКАД), которые потом еще раз расчленяются на районы, находящиеся на этих поясах.

В более сложном случае анализа рынка региона поступают аналогично последнему варианту анализа мегаполиса. Так, территорию Московской области расчленяют на 4–8 секторов (Запад, Север, Восток, Юг или плюс Северо-Запад, Северо-Восток, Юго-Восток, Юго-Запад) и 3–4 пояса (ближнее Подмосковье до Малого кольца, среднее Подмосковье до Большого кольца, дальнее Подмосковье до границ области). Затем на втором уровне каждый образовавшийся сегмент тер-

* ТиНАО – Троицкий и Новомосковский автономные округа.

ритории расчленяется на входящие в него муниципальные районы, на третьем – выделяются города (населенные пункты).

Наконец, в случае анализа рынка РФ выделяются на первом уровне федеральные округа, на втором – регионы, на третьем – города регионов.

В качестве признака качества объектов в простейшем случае анализа жилищного рынка города (рынок квартир в многоквартирных домах) используется показатель морфотипа (например, панельные, кирпичные, монолитные, монолитно-каркасные дома) либо класса качества: экономкласс, комфорт-класс, бизнес-класс, элитный класс или два укрупненных класса – массовый и престижный (повышенной комфортности). Аналогично при анализе рынка офисной недвижимости расчленение идет по классам качества А, В, С и т.д.

В более сложном случае анализа рынка жилой недвижимости, состоящего из сегментов многоквартирных многоэтажных жилых домов, малоэтажных домов, индивидуальных и сблокированных домов, на первом уровне идет расчленение по сегментам, на втором – по классам качества.

Аналогично при анализе рынка коммерческой недвижимости, состоящего из нескольких сегментов (офисная, торговая, складская недвижимость и т.п.), на первом уровне рынок расчленяется по видам функционального назначения, на втором – по классам качества или морфотипам.

В качестве признака размера используется либо количество комнат в квартире (для вторичного рынка жилой недвижимости), либо 3–5 диапазонов общей площади помещений (для первичного рынка жилой недвижимости, рынка коттеджей, офисных помещений), либо несколько диапазонов площади земельных участков.

Наряду с приведенными тремя признаками желательно строить ДППМ с использованием и других ценообразующих признаков. Например, этажность зданий (особенно при анализе рынка незавершенного строительства), расположение квартир на крайних или средних этажах, наличие и качество ремонта (для вторичного рынка жилой недвижимости), наличие и качество отделки (для первичного рынка), категория земель и вид разрешенного использования (для рынка земельных участков).

Пример ДППМ рынка аренды офисных помещений в Москве (при двух признаках дифференциации) приведен в табл. 2.

Таблица 2

Пример ДППМ рынка аренды офисных помещений в Москве с дифференциацией по двум признакам

Зона	Класс	Объем предложения			Ставка аренды, долл./м ² в год				СКО	Погрешность		К-г вариации, %
		шт.	млн долл.	тыс. м ²	Срвзв. по площади	Макс.	Мин.	Ср. арифм.		долл./м ² в год	%	
Всего по Москве	все	8477	1147,9	2654,4	432	1500	100	396	160,7	3,49	0,81	37,15
	A	211	194,4	275,2	706	1500	350	721	188,0	25,95	3,67	26,63
	B	1066	323,0	659,1	490	1441	100	494	176,6	10,82	2,21	36,03
	C	5325	531,3	1431,8	371	1500	100	376	138,8	3,81	1,03	37,41
	D	242	19,0	78,6	242	480	100	219	92,0	11,85	4,89	37,97
	E	1633	80,1	209,7	382	1056	100	379	137,6	6,81	1,78	36,00
ЦАО	все	2487	483,4	822,0	588	1500	120	519	187,2	7,51	1,28	31,83
	A	184	165,3	223,0	741	1500	350	726	191,2	28,27	3,81	25,79
	B	531	137,4	235,5	584	1441	120	551	189,4	16,45	2,82	32,45
	C	1294	149,8	295,7	507	1500	150	501	173,7	9,66	1,91	34,29
	D	35	3,3	10,3	319	450	121	287	106,4	36,51	11,45	33,37
	E	443	27,6	57,5	479	1056	167	468	151,2	14,38	3,00	31,55
ЗАО	все	452	79,2	186,1	426	1200	120	389	151,3	14,25	3,35	35,52
	A	18	24,9	45,9	543	1000	480	707	168,8	81,89	15,07	31,06
	B	29	5,8	14,3	404	1200	120	403	274,5	103,7	25,70	67,99
	C	258	36,8	97,6	376	1077	150	361	110,9	13,83	3,67	29,45
	D	9	1,2	3,9	314	400	121	254	108,4	76,66	24,39	34,49
	E	138	10,6	24,4	433	1000	200	405	128,0	21,87	5,05	29,53
СЗАО	все	330	34,70	108,8	319	900	101	345	109,5	12,08	3,79	34,35
	A	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	B	32	6,2	17,7	352	900	200	371	131,9	47,39	13,48	37,52
	C	205	25,9	83,4	311	900	120	345	111,4	15,59	5,01	35,80
	D	7	0,1	0,7	193	300	121	228	80,1	65,36	33,83	41,43
	E	86	2,4	7,0	343	750	101	345	92,2	20,00	5,84	26,91
САО	все	1068	124,7	353,7	353	815	121	344	101,2	6,20	1,76	28,71
	A	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	B	85	30,2	68,8	439	815	150	438	138,7	30,28	6,89	31,60
	C	756	81,2	240,7	337	800	140	335	77,4	5,64	1,67	22,97
	D	31	4,3	18,3	232	450	121	228	94,0	34,32	14,78	40,48
	E	196	9,1	25,9	351	800	141	358	129,0	18,48	5,27	36,79
СВАО	все	808	102,1	295,6	345	1080	108	337	97,8	6,89	1,99	28,33
	A	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	B	62	23,3	58,1	402	1080	110	413	131,8	33,76	8,41	32,83
	C	591	72,2	215,7	335	800	108	338	78,3	6,45	1,93	23,39
	D	36	1,4	6,1	236	353	110	190	73,2	24,75	10,49	31,02
	E	119	5,1	15,8	324	750	120	334	120,7	22,23	6,86	37,26
ВАО	все	995	63,14	188,5	335	747	100	328	87,8	5,57	1,66	26,21
	A	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	B	37	9,8	22,2	442	747	100	430	179,9	59,96	13,56	40,69

	C	741	44,6	132,3	337	706	144	334	70,6	5,19	1,54	20,94
	D	20	1,7	11,2	155	350	120	203	70,7	32,44	20,95	45,66
	E	195	6,7	22,1	302	714	120	301	97,1	13,95	4,61	32,12

Окончание табл. 2

Зона	Класс	Объем предложения			Ставка аренды, долл./м ² в год				СКО	Погрешность		К-т вариации, %
		шт.	млн долл.	тыс. м ²	Срвзв. по площади	Макс.	Мин.	Ср. арифм.		долл./м ² в год	%	
ЮВАО	все	992	62,97	203,7	309	720	100	301	95,4	6,06	1,96	30,86
	A	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	B	59	12,0	27,1	443	700	120	412	114,8	30,16	6,81	25,92
	C	660	40,4	137,1	294	720	100	296	76,9	5,99	2,04	26,13
	D	66	2,6	12,7	204	400	120	192	69,9	17,33	8,49	34,22
ЮАО	все	963	135,1	337,6	400	850	120	379	131,8	8,50	2,12	32,93
	A	5	1,9	2,5	753	850	690	756	69,9	69,86	9,28	9,28
	B	182	74,5	160,8	463	780	120	473	108,5	16,13	3,48	23,43
	C	620	50,5	147,9	341	822	120	362	125,1	10,06	2,95	36,66
	D	28	3,7	12,7	292	480	121	231	99,1	38,15	13,07	33,96
ЮЗАО	все	291	39,63	90,64	437	750	100	401	132,6	15,57	3,56	30,33
	A	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	B	26	10,5	21,3	494	750	220	468	180,0	72,00	14,56	36,41
	C	136	20,6	48,3	426	750	150	407	140,4	24,17	5,67	32,92
	D	6	0,5	1,5	313	420	100	250	134,5	120,2	38,42	42,95
	E	121	6,1	16,4	374	700	190	385	99,8	18,22	4,87	26,68

Пример статического интерполяционного пространственно-параметрического прогнозирования ставок аренды офисных помещений в Москве. Пример рассчитан по данным, приведенным в табл. 2. Она представляет собой ДППМ с двумя признаками сечения: по местоположению (в качестве зон выбраны административные округа (АО) Москвы) и по качеству (выбраны классы качества А–Е).

В этом примере в обобщенной по Москве выборке погрешность в определении средней не превысила 1 %, а при дифференциации по АО и отдельно по классам (первый уровень сечения) составила максимально около 5 %.

На втором уровне сечения в выборках, дифференцированных по АО и классам, в кластерах ЦАО максимальная погрешность составила 11,5 %, САО – 14,8 %, ЮВАО – 8,5 %, ЮАО – 13,1 %, т.е. во всех этих кластерах средневзвешенные арендные ставки определены с допустимой погрешностью. А вот в некоторых кластерах ЗАО (классы В и D), СЗАО (D), ВАО (D), ЮЗАО (D) и ЗелАО (D) погрешность в определе-

нии средней превышает допустимую, т.е. эти шесть выборок нерепрезентативны. В случае кластера «ЗАО, класс В» это связано с большим собственным разбросом выборки (коэффициент вариации 68 %), в остальных случаях – с малым объемом выборок. Кроме того, имеется шесть кластеров с нулевым объемом выборки: СЗАО (А), САО (А), СВАО (А), ВАО (А), ЮВАО (А), ЮЗАО (А).

Для восполнения данных использована настоящая методика интерполяционного прогнозирования средних ставок аренды в нерепрезентативных кластерах (табл. 3).

Таблица 3

Сопоставление результатов оценки средних арендных ставок в нерепрезентативных выборках с результатами прогнозирования

АО	Класс	Средняя арендная ставка, долл./м ² в год		Отклонение, %
		Оценка по статистическим данным	Прогноз по настоящей методике	
ЗАО	А	543	696	+15,1
ЗАО	В	404	483	+19,6
ЗАО	Д	314	239	-23,9
СЗАО	Д	193	179	-7,3
ВАО	Д	155	188	+21,3
ЮЗАО	Д	313	245	-21,7

Аналогично произведен расчет для кластеров с отсутствующими предложениями (табл. 4).

Таблица 4

Экстраполяционное статическое прогнозирование для кластеров с отсутствующим предложением

АО	Класс	Средняя арендная ставка, долл./м ² в год	
		Оценка по статистическим данным	Прогноз по настоящей методике
СЗАО	А	–	521
САО	А	–	577
СВАО	А	–	564
ВАО	А	–	547
ЮВАО	А	–	505
ЮЗАО	А	–	714

Расчет по методике позволил уточнить значения средневзвешенной ставки аренды офисных помещений в нерепрезентативных выборках, изменив их значения на величину от -23,9 до +21,3 % в пределах

рыночного диапазона ставок. Для кластеров с отсутствующими предложениями (класс А в СЗАО, САО, СВАО, ВАО, ЮВАО, ЮЗАО) рассчитаны средние значения арендных ставок в офисных помещениях, которые могут быть построены в этих округах.

По результатам исследования получено, что для каждого объекта искомая среднерыночная удельная цена (арендная ставка) объектов-аналогов кластера любого уровня сечения, в том числе конечного, рассчитывается по формуле

$$C_m = \bar{C}_{(m-2)} K_{i(m-1)} K_{j(m-1)} K_{k(m-1)},$$

где C_m – искомая средневзвешенная удельная цена (ставка аренды) кластера уровня m ; $\bar{C}_{(m-2)}$ – средневзвешенная удельная цена (ставка аренды) расширенного кластера уровня $m-2$, включающего искомый; $K_{i(m-1)}$, $K_{j(m-1)}$, $K_{k(m-1)}$ – поправочные коэффициенты соответственно для первого признака сечения (например, местоположения), второго (например, качества) и третьего (например, размера) объекта; m – индекс уровня сечения.

Поправочные коэффициенты рассчитываются по формулам:

$$K_{i(m-1)} = \bar{C}_{ij(m-1)} / \bar{C}_{j(m-2)}, \text{ или } K_{i(m-1)} = \bar{C}_{ik(m-1)} / \bar{C}_{i(m-2)};$$

$$K_{j(m-1)} = \bar{C}_{jk(m-1)} / \bar{C}_{k(m-2)}, \text{ или } K_{j(m-1)} = \bar{C}_{ij(m-1)} / \bar{C}_{j(m-2)};$$

$$K_{k(m-1)} = \bar{C}_{ik(m-1)} / \bar{C}_{k(m-2)}, \text{ или } K_{k(m-1)} = \bar{C}_{jk(m-1)} / \bar{C}_{k(m-2)},$$

где $\bar{C}_{i(m-2)}$ – средняя удельная цена (арендная ставка) в кластере уровня $m-2$, выделенном в расширенном кластере по первому признаку; $\bar{C}_{j(m-2)}$ – средняя удельная цена (арендная ставка) в кластере уровня $m-2$, выделенном в расширенном кластере по второму признаку; $\bar{C}_{k(m-2)}$ – средняя удельная цена (арендная ставка) в кластере уровня $m-2$, выделенном в расширенном кластере по третьему признаку; $\bar{C}_{ij(m-1)}$ – средняя удельная цена (арендная ставка) в кластере уровня $m-1$, выделенном в расширенном кластере по сочетанию признаков

первого и второго; $\bar{C}_{ik(m-1)}$ – средняя удельная цена (арендная ставка) в кластере уровня $m-1$, выделенном в расширенном кластере по сочетанию признаков первого и третьего; $\bar{C}_{jk(m-1)}$ – средняя удельная цена (арендная ставка) в кластере уровня $m-1$, выделенном в расширенном кластере по сочетанию признаков второго и третьего.

Таким образом, в настоящей методике алгоритм построения ДППМ, примененный в базовой методологии, переведен в формульный вид функциональной зависимости. Однако необходимо подчеркнуть, что аналитические принципы методики полностью остаются дискретными, система уравнений предназначена только для работы со статистическими кластерами и не является продуктом корреляционно-регрессионного анализа.

Три изложенные направления методологии дискретного пространственно-параметрического моделирования рынка позволили предложить комплексный алгоритм оценки объектов недвижимости с использованием методологии ДППМ. Известно, что методика индивидуальной оценки рыночной стоимости объектов недвижимости, основанная на трех подходах (сравнения продаж, доходного и затратного), не гарантирует высокой точности оценок даже после «согласования» трех полученных оценок. Проведенные исследования показывают, что при массовой оценке методом ДППМ погрешность в определении рыночной стоимости конкретных объектов в большом числе случаев может оказаться более допустимой. При этом регулярный расчет ДППМ для заданной локации (города) проводится в интересах анализа сегмента рынка, и использование этих результатов резко сокращает трудозатраты на оценку. В связи с этим возникла идея объединения методов индивидуальной и массовой оценок в единый алгоритм.

Комплексный алгоритм анализа рынка и оценки объектов недвижимости с использованием методологии ДППМ предложен в работе [4]. В настоящей работе он дополнен использованием методики статического интерполяционного пространственно-параметрического прогнозирования (рисунок).

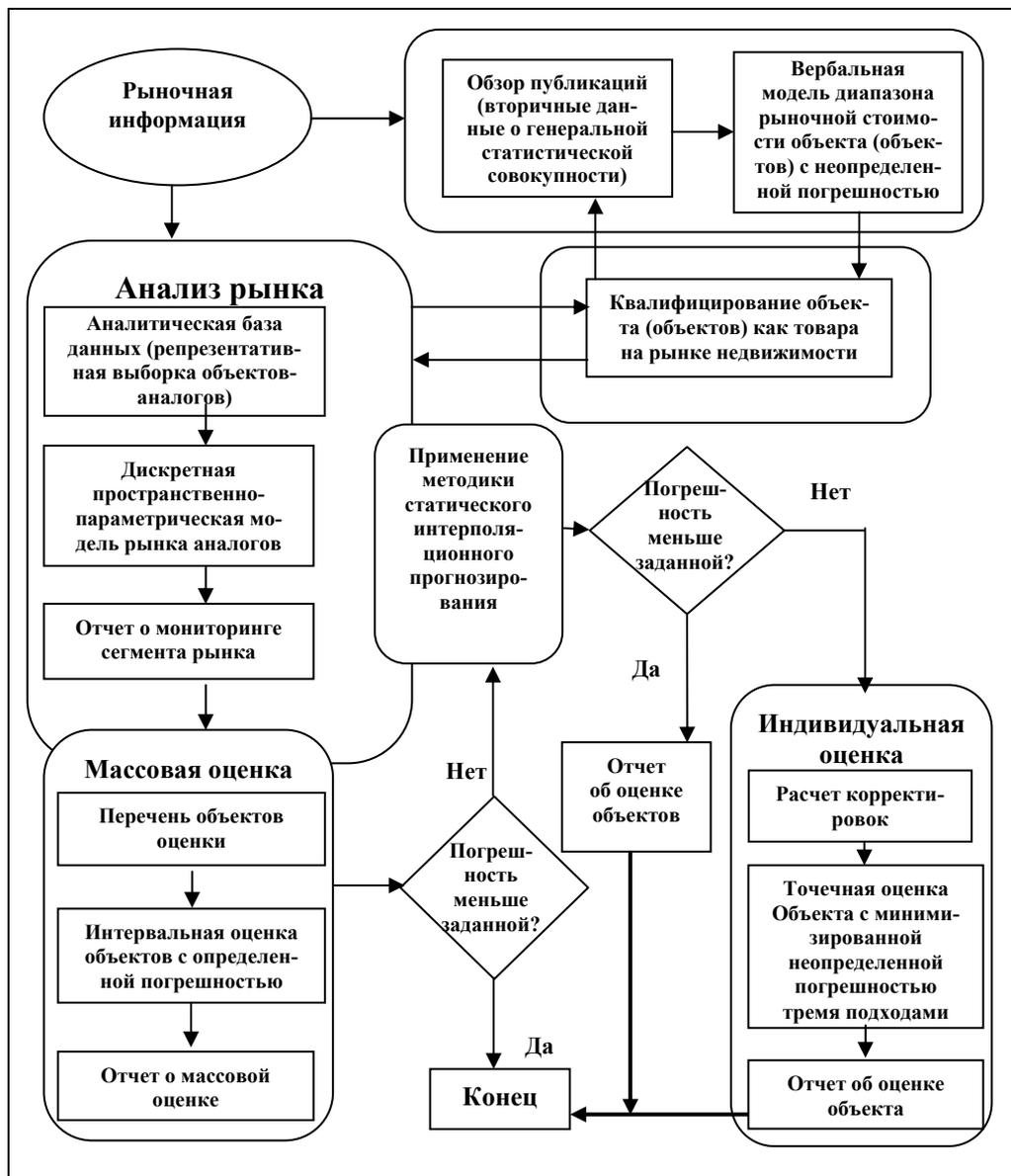


Рис. Место ДППМ и методики статического интерполяционного пространственно-параметрического прогнозирования в комплексном алгоритме анализа рынка и оценки объектов недвижимости

Заключение

Методология ДППМ рынков недвижимости развита и формализована (перешла из категории числовой в категорию расчетной) и обладает системными преимуществами перед регрессионными моделями по достоверности и точности результатов. Разработанная методика статического интерполяционного пространственно-параметрического прогнозирования на основе ДППМ позволяет восполнять недостающие данные в нерепрезентативных кластерах и в кластерах с отсутствующей выборкой, что расширяет возможности комплексного алгоритма анализа рынка и оценки объектов недвижимости.

Список литературы

1. Стерник Г.М. Методические рекомендации по анализу рынка недвижимости. – М.: РГР, 1999. – 60 с.
2. Стерник Г.М. Технология анализа рынка недвижимости. – М.: АК-СВЕЛЛ, 2005. – 203 с.
3. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Анализ рынка недвижимости для профессионалов. – М.: Экономика, 2009. – 606 с.
4. Стерник С.Г. Развитие системы статистических индексов в финансовом анализе инвестиций на рынке недвижимости // Финансы и кредит. – 2009. – № 40 (376). – С. 71–75.
5. Методология массовой оценки квартир для налогообложения / С.В. Грибовский, М.А. Федотова, Г.М. Стерник, Д.Б. Житков // Бюллетень финансовой информации. – 2005. – № 1 (116). – С. 14–29.
6. Экономико-математические модели оценки недвижимости / С.В. Грибовский, М.А. Федотова, Г.М. Стерник, Д.Б. Житков // Финансы и кредит. – 2005. – № 3 (171). – С. 24–43.
7. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Массовая оценка недвижимости для целей налогообложения: проблемы и пути их решения // Статистические методы массовой оценки: материалы III Поволж. науч.-практ. конф., г. Нижний Новгород, 10–11 марта 2010 г. – Н. Новгород, 2010. – С. 68–76.
8. Стерник С.Г. Развитие оценки недвижимости сравнительным подходом на основе методологии дискретного пространственно-параметрического анализа и моделирования рынка // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 5. – С. 130–137.
9. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Оценка недвижимости на основе методологии дискретного пространственно-параметрического моделирования рынка // Регистр оценщиков. – 2010. – № 2. – С. 74–78.
10. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Актуальные проблемы теории и практики массовой оценки недвижимости для целей налогообложения // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2010. – № 10 (109). – С. 47–57.

11. Стерник С.Г., Стерник Г.М., Лапко К.С. Массовая оценка недвижимости для целей налогообложения: проблемы и пути их решения // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2010. – № 12 (36). – С. 2–12.
12. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Оценка ставок аренды коммерческой недвижимости на узких рынках // Финансы: теория и практика. – 2015. – № 5. – С. 73–79.
13. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Методология моделирования и прогнозирования жилищного рынка: монография. – М.: РГ-Пресс, 2018. – 592 с.
14. Ясницкий Л.Н., Ясницкий В.Л. Разработка и применение комплексных нейросетевых моделей массовой оценки и прогнозирования стоимости жилых объектов на примере рынков недвижимости Екатеринбурга и Перми // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2017. – № 3 (186). – С. 168–186.
15. Ясницкий Л.Н., Ясницкий В.Л. Методика создания комплексной экономико-математической модели массовой оценки стоимости объектов недвижимости на примере квартирного рынка города Перми // Вестник Пермского университета. Сер. Экономика = Perm University Herald. ECONOMY. – 2016. – № 2 (29). – С. 54–69. DOI: 10.17072/1994-9960-2016-2-54-69
16. Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L. Technique of design for integrated economic and mathematical model for mass appraisal of real estate property. Study case of Yekaterinburg housing market // Journal of Applied Economic Sciences. – 2016. – No. 11 (8). – P. 1519–1530.
17. Self-adaptive Intelligent System for Mass Evaluation of Real Estate Market in Cities / A.O. Alexeev, I.E. Alexeeva, L.N. Yasnitsky, V.L. Yasnitsky // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – Vol. 850. – P. 81–87. DOI 10.1007/978-3-030-02351-5_11
18. Ясницкий В.Л., Алексеев А.О., Ясницкий Л.Н. Массовая оценка и сценарное прогнозирование рыночной стоимости городской недвижимости на основе технологии нейросетевого моделирования: монография. – М.: РУСАЙНС, 2019. – 112 с.
19. Artificial neural networks and the mass appraisal of real estate / G. Zhou, Y. Ji, X. Chen, F. Zhang // International Journal of Online Engineering. – 2018. – Vol. 4, no. 3. – P. 180–187. DOI: 10.3991/ijoe.v14i03.8420
20. Грибовский С.В. Расчетные модели оценки стоимости недвижимости // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2015. – № 2 (161). – С. 10–22.
21. Грибовский С.В. Уравнение оценки стоимости // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2014. – № 7 (154). – С. 29–41.
22. Теория и практика массовой оценки недвижимости на примере города Санкт-Петербурга. Теоретические аспекты / С.В. Грибовский, Д.Н. Табала, В.С. Мурашов, О.Н. Громкова // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2005. – № 7. – С. 72–95.

23. Анисимова И.Н., Баринов Н.П., Грибовский С.В. Учет разнотипных ценообразующих факторов в многомерных регрессионных моделях оценки недвижимости // Вопросы оценки. – 2004. – № 2. – С. 2–15.

24. Грибовский С.В., Баринов Н.П., Анисимова И.Н. О повышении достоверности оценки рыночной стоимости методом сравнительного анализа // Вопросы оценки. – 2002. – № 1. – С. 2–10.

25. Анисимова И.Н., Баринов Н.П., Грибовский С.В. О требованиях к количеству сопоставимых объектов при оценке недвижимости сравнительным подходом // Вопросы оценки. – 2003. – № 1. – С. 2–7.

References

1. Sternik G.M. Metodicheskie rekomendatsii po analizu rynka nedvizhimosti [Methodological recommendations for real estate market analysis]. Russian Guild of Realtors, 1999. 60 p.

2. Sternik G.M. Tekhnologiiia analiza rynka nedvizhimosti [Real estate market analysis technology]. Moscow, AKSVELL Publ., 2005. 203 p.

3. Sternik G.M., Sternik S.G. Analiz rynka nedvizhimosti dlia professionalov [Real estate market analysis for professionals]. Moscow, Ekonomika Publ., 2009, 606 p.

4. Sternik S.G. Razvitie sistemy statisticheskikh indeksov v finansovom analize investitsii na rynke nedvizhimosti [Development of the statistical indices for financial analysis of real estate investments]. *Finance and credit*, 2009, no. 40 (376). pp. 71-75.

5. Gribovskij S.V., Fedotova M.A., Sternik G.M., Zhitkov D.B. Metodologiia massovoi otsenki kvartir dlia nalogooblozheniia [Mass valuation of apartments for taxation purposes]. *Biulleten' finansovoi informatsii*, 2005, no. 1 (116), pp. 14-29.

6. Gribovskii S.V., Fedotova M.A., Sternik G.M., Zhitkov D.B. Ekonomiko-matematicheskie modeli otsenki nedvizhimosti [Econometric models of real estate valuation]. *Finance and credit*, 2005, no. 3 (171), pp. 24-43.

7. Sternik G.M., Sternik S.G. Massovaia otsenka nedvizhimosti dlia tselei nalogooblozheniia: problemy i puti ikh resheniia [Mass valuation of real estate for taxation purposes: problems and solutions]. Statisticheskie metody massovoi otsenki: materialy III Povolzhskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Proceedings of the III Povolzhye conference “Statistical methods of mass valuation”]. Nizhny Novgorod, 2009, pp. 68-76.

8. Sternik S.G. Razvitie otsenki nedvizhimosti sravnitel'nym podkhodom na osnove metodologii diskretnogo prostranstvenno-parametricheskogo analiza i modelirovaniia rynka [Real-estate estimate development by comparative approach

on the basis of methodology of sampling space-parametric analysis and market modulation]. *Audit and Financial Analysis*, 2009, No. 5. pp. 130-137.

9. Sternik G.M., Sternik S.G. Otsenka nedvizhimosti na osnove metodologii diskretnogo prostranstvenno-parametricheskogo modelirovaniia rynka [Real estate valuation based on discrete spatial-parametric market analysis methodology]. *Registr otsenshchikov*, 2010, no. 2, pp. 74-78.

10. Sternik G.M., Sternik S.G. Aktual'nye problemy teorii i praktiki massovoi otsenki nedvizhimosti dlia tselei nalogooblozheniia [Actual problems of theory and practice of mass valuation of real estate for taxation purposes]. *Imushchestvennye otnosheniia v Rossiiskoi Federatsii*, 2010, no. 10 (109), pp. 47-57.

11. Sternik S.G., Sternik G.M., Lapko K.S. Massovaia otsenka nedvizhimosti dlia tselei nalogooblozheniia: problemy i puti ikh resheniia [Mass valuation of real estate for taxation purposes: problems and solutions]. *Finansovaia analitika: problemy i resheniia*, 2010, no. 12 (36). pp. 2-12.

12. Sternik G.M., Sternik S.G. Otsenka stavok arendy kommercheskoi nedvizhimosti na uzkih rynkakh [Methods of mass appraisal of commercial real estate rental rates in the narrow markets]. *Finance: Theory and Practice*. 2015, no 5, pp. 73-79.

13. Sternik G.M., Sternik S.G. Metodologiya modelirovaniia i prognozirovaniia zhilishchnogo rynka [Residential real estate market modelling and forecasting methodology]. Moscow, RG-Press Publ., 2018, 592 p.

14. Iasnitskii L. N., Iasnitskii V.L. Razrabotka i primenenie kompleksnykh neirosetevykh modelei massovoi otsenki i prognozirovaniia stoimosti zhilykh ob"ektov na primere rynkov nedvizhimosti Ekaterinburga i Permi [Development and application of mass valuation and forecasting models of housing properties, example of Ekaterinburg and Perm' markets], *Imushchestvennye otnosheniia v Rossiiskoi Federatsii*, 2017, no. 3 (186), pp. 168-186.

15. Iasnitskii L.N., Iasnitskii V.L. Metodika sozdaniia kompleksnoi ekonomiko-matematicheskoi modeli massovoi otsenki stoimosti ob"ektov nedvizhimosti na primere kvartirnogo rynka goroda Permi [The methodology of creating a comprehensive economic and mathematical model for mass appraisal of real estate (a case study of the city of Perm)]. *Perm University Herald. ECONOMY*, 2016, no. 2(29), pp. 54-69. DOI: 10.17072/1994-9960-2016-2-54-69.

16. Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L. Technique of design for integrated economic and mathematical model for mass appraisal of real estate property. Study case of Yekaterinburg housing market. *Journal of Applied Economic Sciences*, 2016, no.11(8), pp. 1519-1530.

17. Alexeev A.O., Alexeeva I.E., Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L. Self-adaptive Intelligent System for Mass Evaluation of Real Estate Market in Cities.

Digital Science. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. Vol. 850. pp. 81-87. DOI: 10.1007/978-3-030-02351-5_11

18. Iasnitskii V.L., Alekseev A.O., Iasnitskii L.N. Massovaia otsenka i stsennarnoe prognozirovanie rynochnoi stoimosti gorodskoi nedvizhimosti na osnove tekhnologii neurosetevogo modelirovaniia [Mass valuation and scenario forecasting of market value of city real estate based on neural networks technology]. Moscow, RUSAINS Publ., 2019, 112 p.

19. Zhou G., Ji Y., Chen X., Zhang, F. Artificial neural networks and the mass appraisal of real estate. *International Journal of Online Engineering*. 2018, vol. 4, no. 3, pp.180-187. DOI 10.3991/ijoe.v14i03.8420.

20. Gribovskii S.V. Raschetnye modeli otsenki stoimosti nedvizhimosti [Models of real estate valuation]. *Imushchestvennyye otnosheniia v Rossiiskoi Federatsii*, 2015, no. 2 (161), pp. 10-22.

21. Gribovskii S.V. Uravnenie otsenki stoimosti [Value appraisal equation]. *Imushchestvennyye otnosheniia v Rossiiskoi Federatsii*, 2014, No. 7 (154), pp.29-41.

22. Gribovskii S.V., Tabala D.N., Murashov V.S., Gromkova O.N. Teoriia i praktika massovoi otsenki nedvizhimosti na primere goroda Sankt-Peterburga. Teoreticheskie aspekty [Theory and practice of mass valuation of real estate, example of Saint Petersburg city. Theoretical aspects]. *Imushchestvennyye otnosheniia v Rossiiskoi Federatsii*, 2005, no. 7, pp. 72-95.

23. Anisimova I.N., Barinov N.P., Gribovskii S.V. Uchet raznotipnykh tsenoobrazuiushchikh faktorov v mnogomernykh regressionnykh modeliakh otsenki nedvizhimosti [Consideration of diverse factors in multi-dimensional regression model of real estate valuation]. *Voprosy otsenki*, 2004, no. 2, pp.2-15.

24. Gribovskii S.V., Barinov N.P., Anisimova I.N. O povyshenii dostovernosti otsenki rynochnoi stoimosti metodom sravnitel'nogo analiza [On dependability improvement of real estate valuation comparative approach]. *Voprosy otsenki*, 2002, no. 1, pp. 2-10.

25. Anisimova I.N., Barinov N.P., Gribovskii S.V. Anisimova I.N., Barinov N.P., Gribovskii S.V. O trebovaniikh k kolichestvu sopostavimykh ob"ektov pri otsenke nedvizhimosti sravnitel'nym podkhodom [On requirements for comparables number in comparative valuation approach]. *Voprosy otsenki*, 2003, no. 1, pp. 2-7.

Статья получена: 06.10.2020

Статья принята: 16.11.2020

Сведения об авторе

Стерник Сергей Геннадьевич (Москва, Россия) – доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН, профессор департамента корпоративных финансов и корпоративного управления, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (125993, Москва, Ленинградский пр., 49, e-mail: sergey-sternik@yandex.ru).

About the author

Sergey G. Sternik (Moscow, Russian Federation) – Dr. Habil. in Economics, Professor, Leading Research Associate, Institute of Economic Forecasting of Russian Academy of Sciences; Professor, Department of Corporate Finance and Management, Financial University under Government of Russian Federation (49, Leningradsky av., Moscow, 125993, e-mail: sergey-sternik@yandex.ru).

Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

Стерник, С.Г. Методология дискретного пространственно-параметрического моделирования рынков недвижимости / С.Г. Стерник. – DOI 10.15593/2499-9873/2020.4.10. – Текст: непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2020. – № 4. – С. 155–185.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Стерник С.Г. Методология дискретного пространственно-параметрического моделирования рынков недвижимости // Прикладная математика и вопросы управления. – 2020. – № 4. – С. 155–185. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.10

Цитирование статьи в references и международных изданиях:

Cite this article as:

Sternik S.G. Methodology of discrete spatial-parametric real estate market modeling. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2020, no. 4, pp. 155-185. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.10 (*in Russian*)