

## **ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЦЕНУ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ г.МИНСКА**

**М. А. Алиева**

кафедра почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики  
Белорусского государственного университета, г. Минск, m.alieva5030@gmail.com

**Н. В. Жуковская**

к.г.н., доцент кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии  
и геоинформатики Белорусского государственного университета

Настоящая работа посвящена моделированию и оценке влияния пространственных факторов на цену жилой недвижимости г.Минска. Исходными данными послужили цены предложений квартир в г.Минске за 2017 год по данным портала realt.by. В качестве пространственных факторов рассматривались абсолютные значения доступности – расстояния до центра города, линий метрополитена, промышленных и рекреационных зон, медицинских учреждений, школ, остановок наземного общественного транспорта, основных автомагистралей (проспектов) города. С помощью географически взвешенной регрессии построена модель, позволяющая оценить влияние пространственных факторов на цену жилой недвижимости и проанализировать пространственное варьирование выявленных зависимостей.

**Ключевые слова:** оценка недвижимости; регрессионный анализ; географически-взвешенная регрессия; пространственная автокорреляция; пространственная экономика.

Факторы пространственной среды являются исходным условием существования и базисной характеристикой любого объекта недвижимости. Следовательно, корректный учет пространственных факторов является необходимым условием экономического анализа, в том числе, такого его конкретного вида, каким является оценка недвижимости. В настоящее время специализированные методы и подходы, реализованные в геоинформационных системах (ГИС), позволяют выполнить эффективный анализ факторов пространственной среды.

Важность учета фактора местоположения при разработке моделей оценки недвижимости была отмечена Дж. К. Эккертом [1]. Предложенная им методология основана на выделении в пространстве центров локального влияния и сводится к построению регрессионных моделей. В соответствии с данным подходом в настоящее время проводится оценка стоимости объектов недвижимости в Америке, Канаде и других странах.

Целью настоящей работы является моделирование и оценка пространственных факторов, влияющих на стоимость жилой недвижимости г. Минска.

Город Минск – самый крупный город Беларуси по площади (348 км<sup>2</sup>) и по населению (концентрирует пятую часть населения страны). Главные пространственные характеристики города – это местоположение в центральной части

страны и радиально-кольцевая структура, четко разделяющая город на центральную, полупериферийную и периферийную части.

В качестве исходных данных использовались цены предложений квартир в г.Минске за 2017 год. Источник данных: портал realt.by [2]. Объем выборки составил 5 000 объектов.

В 2017 году средняя цена квадратного метра составила 1 246 \$ изменяясь от 741 \$ до 2400 \$. Распределение цен за метр квадратный значимо от нормального не отличается – по тесту Колмогорова-Смирнова р-уровень значимости превышает 0,05.

Распределение цен предложений в пределах г. Минска характеризуется неоднородностью (рисунок 1). Подавляющее количество квартир характеризуется ценой за м<sup>2</sup> в пределах  $-1,5-0,5$  стандартных отклонения ( $\sigma$ ) от средней по выборке. Объекты с максимальной ценой (при данной классификации квартиры с стандартным отклонением  $+1,5 \sigma$  от средней цены) приурочены к центральной части города, отдельные повышения цены объектов недвижимости наблюдаются вблизи линий метрополитена. Размещение квартир с минимальной стоимостью за м<sup>2</sup> носит разрозненный характер на территории г.Минска.

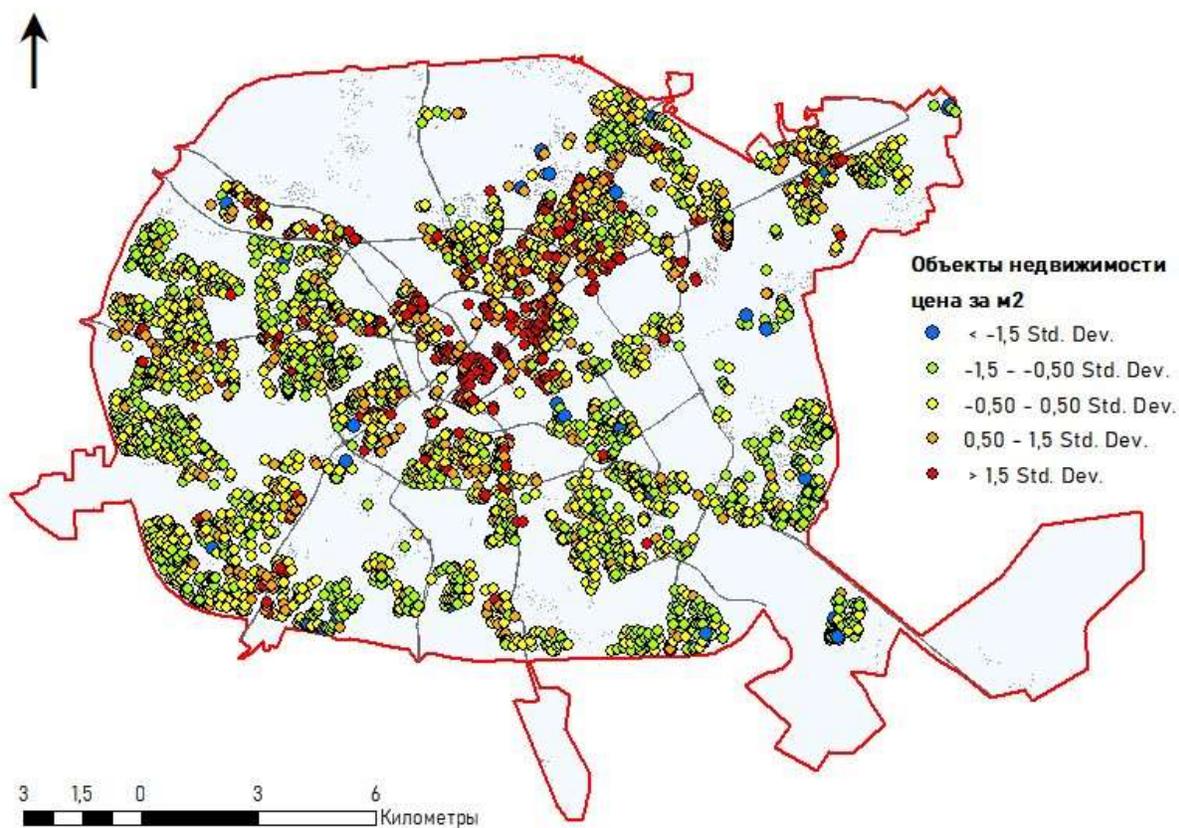


Рисунок 1 – Цена метра квадратного квартир на вторичном рынке недвижимости г. Минска, 2017 год (Std. Dev. – стандартное отклонение)

Оценка пространственной автокорреляции с помощью индекса I Морана выявила статистически значимую пространственную зависимость цены м<sup>2</sup> квартир на вторичном рынке недвижимости г.Минска (таблица 1.).

Таблица 1 – Оценка пространственной автокорреляции цены м<sup>2</sup> квартир на вторичном рынке недвижимости г.Минска

Показатель	Значение
Индекс I Морана	0,4468
Ожидаемый индекс	-0,0002
Дисперсия	0,0003
z-оценка	24,4799
p-значение	< 0,001

На основе локального индекса I Морана были выделены статистически значимые кластеры [3]. Кластеры высоких значений цены выделяются в пределах северо-восточной части центрального Минска, ограниченного первым кольцом, а также на периферии – в районе метро Малиновка (проспект Дзержинского) и в районе метро Уручье (проспект Независимости) в противоположной части города (рисунок 2). Кластеры низких цен за метр квадратный квартир наиболее широко представлены на периферии города – в жилых районах Каменная Горка, Одоевского, Сухарево, Малиновка, Юго-Запад, Малиновка, Брилевичи, Серова, Чижовка, Серебрянка, Шабаны, Ангарская, Тракторный завод и Зеленый Луг (рисунок 2).

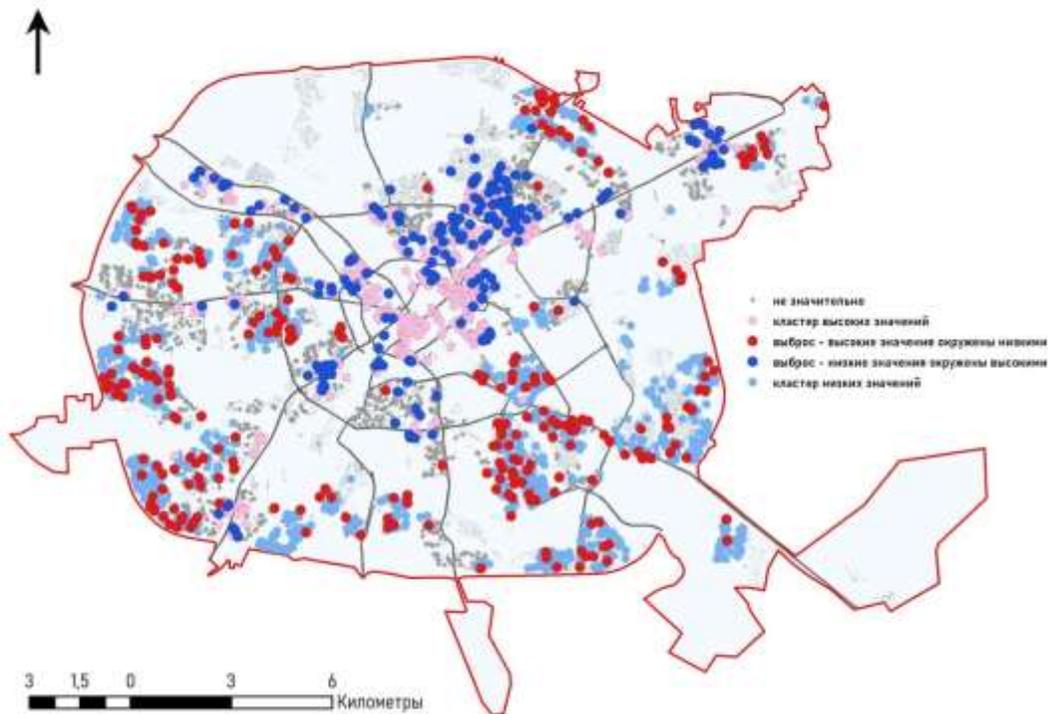


Рисунок 2 – Пространственные кластеры и выбросы (локальный индекс I Морана) на вторичном рынке недвижимости г. Минска, 2017 г., цена за м<sup>2</sup> квартир

В качестве пространственных факторов, влияющих на цену жилой недвижимости, рассматривались абсолютные значения доступности – расстояния до центра города, линий метрополитена, промышленных и рекреационных зон, медицинских учреждений, школ, остановок наземного общественного транспорта, основных автомагистралей (проспектов) города. Модели пространственных данных были построены в ГИС ArcGIS на основе данных OSM (рисунок 3–4).

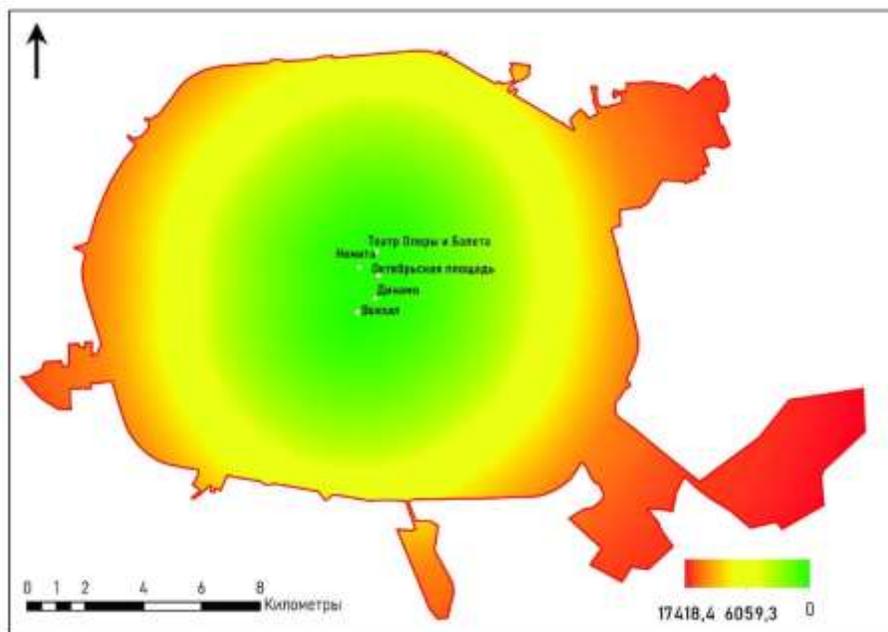


Рисунок 3 – Доступность центра г. Минска, м  
(пять точек – стадион Динамо, Немига, Октябрьская площадь, Вокзал и Театр Оперы)

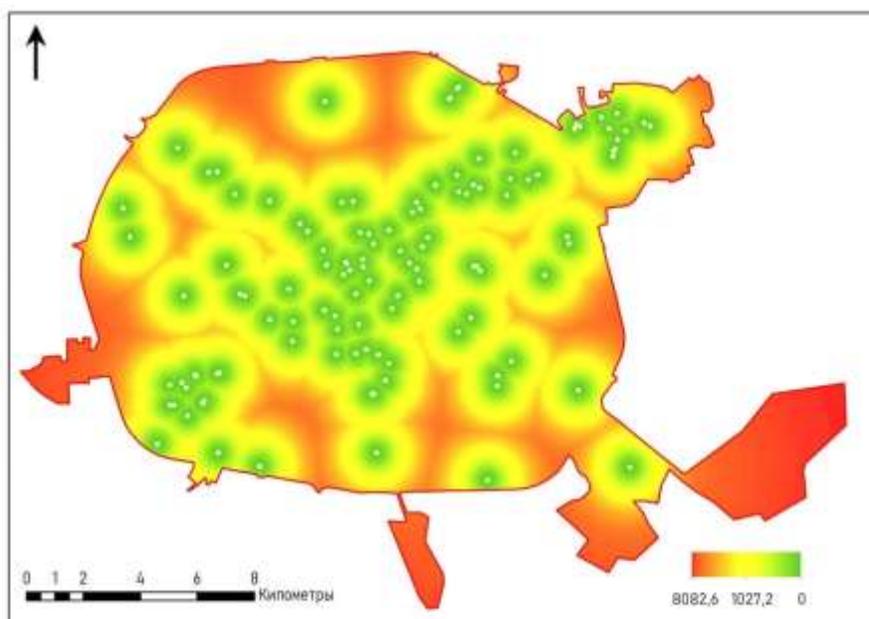


Рисунок 4 – Доступность учреждений общего среднего образования, м

Условием применения регрессии является наличие связи между переменными. Для выявления тесноты связи между показателем цены за м<sup>2</sup> квартиры и факторами ценообразования посчитаны значения ранговой корреляции Спирмена (таблица 2), статистическая значимость коэффициентов оценивалась при помощи t-критерия. У всех факторов, кроме фактора материала стен выявлена статистически значимая корреляционная связь.

Таблица 2 – Коэффициент корреляции Спирмена между зависимой (цена за м<sup>2</sup>) и независимыми переменными (факторы ценообразования)

<b>Переменная</b>	<b>r-Спирмена</b>
Этажность	0,161
Количество комнат	-0,266
Возраст дома	-0,140
Материал стен	0,011
Общая площадь квартиры	-0,124
Плотность	0,065
Близость к паркам и лесопаркам	-0,059
Близость к метро	-0,273
Близость к медицинским учреждениям	-0,213
Близость к центру	-0,283
Близость к школам	-0,197
Близость к автомагистралям	-0,296
Близость к автобусным остановкам	-0,049
Близость к индустриальным зонам	-0,159

Регрессионный анализ является базовым инструментом для моделирования отношений между зависимой (описываемой) переменной и одним или более независимыми (описывающими) элементами. Классические регрессионные модели, используемые в анализе рынка недвижимости, не учитывают возможные взаимодействия (пространственные автокорреляции) как феномен пространства, предполагая, что процесс ценообразования в географическом пространстве постоянен [4]. Для оценки влияния пространственных факторов на цену жилой недвижимости г. Минска использовался метод географически взвешенной регрессии (ГВР). Последняя может интерпретироваться как частный случай регрессионных моделей с переменной структурой при предположении, что коэффициенты модели не являются постоянными, а плавно изменяются по территории [5].

Зависимой переменной выступает цена за м<sup>2</sup>. В качестве независимых переменных рассматриваются как внутренние факторы ценообразования – общая площадь квартиры (м<sup>2</sup>), количество комнат, материал стен, возраст дома, этажность дома, расчётное количество жителей в доме, так и внешние – рассчитанные значения доступности – расстояния до центра города, метро, промышленных и рекреационных зон, медицинских учреждений, школ, остановок общественного транспорта, основных автомагистралей (проспектов).

Предварительно была проведена исследовательская регрессия. Последняя оценивает все возможные комбинации входных независимых переменных, выполняя поиск моделей МНК (метод наименьших квадратов), которые наилучшим образом описывают зависимую переменную. На основе полученных результатов можно сделать вывод о степени влияния факторов на зависимую переменную, в данном случае – цену в долларах за 1 м<sup>2</sup> объектов жилой недвижимости. Наиболее значимыми факторами оказались: этажность, количество комнат, а также близость к паркам и лесопаркам, метро, медицинским учреждениям, центру, школам и автомагистралям города – их значимость равна 100%.

Таблица 3 – Оценка значимости независимых переменных (Исследовательская регрессия)

Переменная	Значимость, %
Этажность	100
Количество комнат	100
Возраст дома	92,26
Материал стен	83,12
Общая площадь квартиры	65,72
Плотность	53,78
Близость к паркам и лесопаркам	100
Близость к метро	100
Близость к медицинским учреждениям	100
Близость к центру	100
Близость к школам	100
Близость к автомагистралям	99,66
Близость к автобусным остановкам	92,86
Близость к индустриальным зонам	66,80

Независимые переменные, характеризующиеся значимостью менее 85 % по результатам исследовательской регрессии, не учитывались при проведении географически взвешенной регрессии (общая площадь квартиры, расчетная плотность жителей в доме, фактор близости к индустриальным зонам). ГВР запускалась с фиксированной ядерной функцией с шириной полосы 900 м. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) модели составил 60,7 %, информационный критерий Акаике (AIC) – 4553,15 (таблица 4).

Таблица 4 – Параметры модели географически взвешенной регрессии

Ширина ядра, м	900
Эффективное число соседей	41,30
Стандартное отклонение	224,97
AICc	4553,15
$R^2$	0,61
Скорректированный $R^2$	0,55

В результате моделирования стоимости м<sup>2</sup> жилой недвижимости г. Минска методом ГВР были получены коэффициенты регрессии (таблица 5) и значения нормированных остатков (рисунок 5) для каждого объекта недвижимости. Отметим, что наибольший размах имеют значения коэффициентов этажности, количества комнат и возраста дома (таблица 5). Невязки модели ГВР имеют распределение близкое к нормальному (p-value = 0,07).

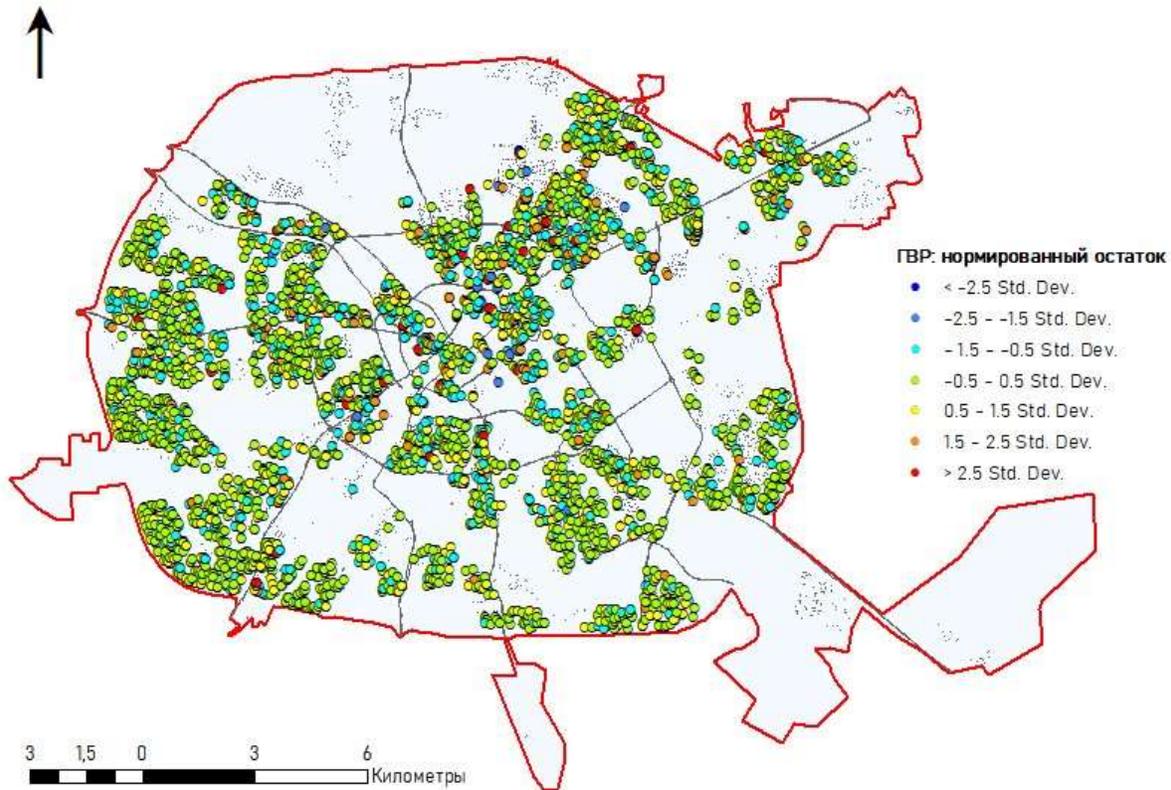


Рисунок 5 – Классы объектов географически взвешенной регрессии с отображением невязок (Std. Dev. – стандартное отклонение)

Таблица 5 – Значения коэффициентов регрессии независимых переменных модели ГВР

Переменная	Min	х	Max
Свободный член уравнения	-2407,798	1765,606	3232,537
Этажность	-34,926	3,220	38,663
Количество комнат	-127,305	-62,224	59,024
Возраст дома	-16,652	-4,360	6,356
Близость к паркам и лесопаркам	-1,390	-0,061	0,673
Близость к метро	-0,477	-0,039	0,616
Близость к медицинским учреждениям	-0,765	-0,002	0,430
Близость к центру	-0,480	-0,058	0,420
Близость к школам	-0,642	0,009	0,503
Близость к автомагистралям	-1,138	-0,050	0,441
Близость к автобусным остановкам	-1,276	-0,051	0,906

Min – минимальное значение, х – среднее арифметическое, max – максимальное значение

Для визуализации и анализа пространственной изменчивости влияния независимых переменных на целевую были построены модели распределения локальных коэффициентов географически взвешенной регрессии (рисунок 6–7). Значения коэффициентов близкие к нулю детерминируют зоны наименьшего влияния фактора на ценообразование [6].

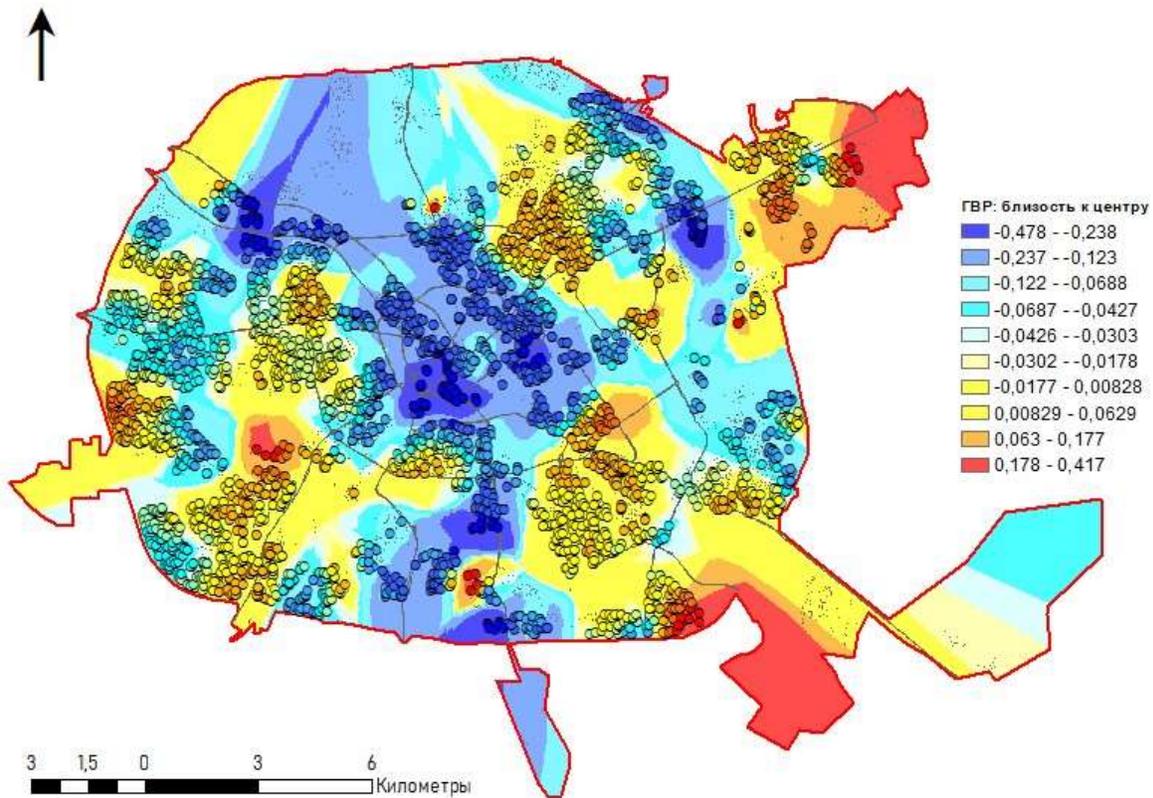


Рисунок 6 – Пространственное варьирование коэффициента регрессии при переменной «Доступность центра»

Таким образом, в настоящей работе проанализировано пространственное варьирование цены м<sup>2</sup> квартир на вторичном рынке недвижимости г.Минска. Выявлены пространственные факторы влияющие на стоимость жилой недвижимости, среди которых абсолютные значения доступности – расстояния до центра города, линий метрополитена, рекреационных зон, медицинских учреждений, школ, остановок наземного общественного транспорта, основных автомагистралей (проспектов) города. С помощью метода географически взвешенной регрессии выполнена оценка пространственных факторов влияющих на стоимость жилой недвижимости г. Минска. Проанализировано пространственное варьирование зависимости выделенных факторов и цены жилой недвижимости.

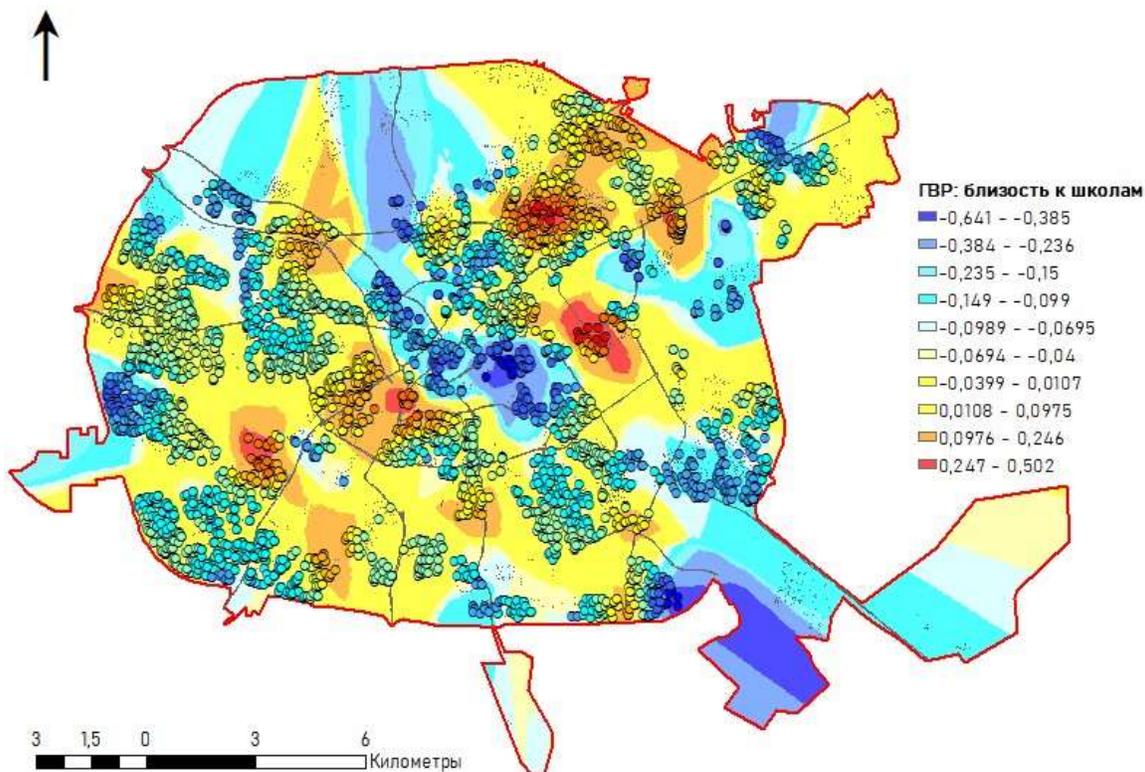


Рисунок 7 – Пространственное варьирование коэффициента регрессии при переменной «Доступность школ»

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИ ССЫЛКИ

1. Эккерт Дж., Глаудеманс Р.Дж., Олми Р.Р. Организация оценки и налогообложения недвижимости: в 2 т. М. : Рос. об-во оценщиков, 1997. Т. 1–2.
2. REALT.BY: Недвижимость, Коммерческая недвижимости в Минске и Беларуси [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://realt.by/>.
3. Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1988. 284 p.
4. Cellmer R. The Use of the Geographically Weighted Regression for the Real Estate Market Analysis //Folia Oeconomica Stetinensia. Volume 11. Issue 1. 2012. P.19–32.
5. Fotheringham A.S., Brunsdon C., Charlton M. Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships. Chichester: Wiley, 2002. 269 p.
6. Shen Y., Karimi K. The economic value of streets: mix-scale spatio-functional interaction and housing price patterns // Applied Geography. 2017. Volume 79. P.187–202.