

ANALYSIS OF THE SPATIAL DEPENDENCE OF COVID-19 PREVALUE IN RUSSIA

V.M. Timiryanova¹, A.F. Zimin¹, L.V. Plushcheva²

Bashkir State University, Ufa, Russia

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

E-mail: 79174073127@mail.ru

The materials present the results of assessing the spatial autocorrelation of the number of infected COVID-19 per capita for the regions of the Russian Federation during the period from the beginning of the epidemic to November 2021. The calculation showed the low significance of the assessment of the global Moran's index until November 2020. The strongest spatial dependence was in February-April 2021. Obviously, in conditions of a sharp increase in the number of cases, restrictive measures are introduced that actually reduce the movement of the population, and therefore worsen the estimates of spatial autocorrelation.

Keywords: COVID-19, spatial analysis, Global Moran's Index

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ COVID-19 В РОССИИ

В.М. Тимирьянова¹, А.Ф. Зимин¹, Л.В. Плющева²

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

E-mail: 79174073127@mail.ru

В материалах представлены результаты оценки пространственной автокорреляции числа заразившихся COVID-19 в расчете на душу населения для регионов Российской Федерации в период с начала эпидемии по ноября 2021г. Расчет позволил выявить что значимость оценки глобального индекса Морана до ноября 2020г. низкая. Наиболее сильной пространственная зависимость была в феврале-апреле 2021г. Очевидно, что в условиях резкого роста заболевших вводятся ограничительные меры, которые фактически снижают перемещение населения, а следовательно ухудшают оценки пространственной автокорреляции.

Ключевые слова: COVID-19, пространственный анализ, Глобальный индекс Морана

Практически два года прошло с момента появления COVID-19, год и 8 месяце в с начала официального объявления пандемии. Вирус продолжает распространяться со вспышками в различных регионах. Все это время идут многочисленнее дискуссии о ее распространении, в том числе о пространственных факторах этого процесса. Принимая во внимание то, что «все связано со всем остальным, а мобильность сжимает пространственные вещи» [1], пространственные исследования набирают обороты, так как понимание пространственного распространения COVID-19 имеет решающее значение для прогнозирования распространения вспышек и разработка политики в области здравоохранения.

Одно из важнейших свойств эпидемий, отмечаемое всеми, - это их пространственное распространение. Исследователи отмечают, что оно в основном зависит от механизма эпидемии, мобильности людей и стратегии контроля за его распространением [2]. Одно из первых исследований связано с распространением вируса в Китае, предусматривающие анализ на ранних

стадий эпидемии а материковой части [3]. Результаты этого исследования указали на значительную пространственную автокорреляцию инфекции COVID-19 примерно с 22 января 2020 года. Уже к середине 2020 года было опубликовано значительное количество работ, так или иначе затрагивающих проблемы пространственной автокорреляции коронавирусной инфекции, что позволило проводить их обзоры [4, 5]. В них отмечается что данная вирусная инфекция имеет очевидные пространственные эффекты, а исследования COVID-19 с помощью ГИС могут быть ценными инструментами при принятии решений и, что более важно, для контролирования социальной мобильности и разработки ответных мерах сообщества. В то же время в рассматриваемых обзорах фактически отсутствуют данные по РФ, несмотря на то что отечественными учеными также проводились исследования пространственного распространения Covid-19. Так С.П. Земцов и В.Л. Бабурин в период март-май 2020г. выделили три этапа зарождения, медленного и быстрого распространения вируса, а так же предложили для пространственного анализа распространения фиксируемых случаев COVID-19 использовать с рядом оговорок и ограничений модель диффузии нововведений [6]. Исследование ученых МГУ им. Ломоносова так же посвящено анализу пространственных закономерностей распространения COVID-19 в период с февраля по май 2020 г., так как «именно в этот период фиксируются четкие ареалы и границы региональных различий «расползания» инфекции, связанные с существующими логистическими, социально-экономическими и центр-периферийными факторами» [7]. Исследование Н. А. Кравченко и А. Н. Ивановой посвящено «выявлению характеристик регионов, оказывающих влияние на масштаб распространения заражения коронавирусом на территории Российской Федерации во время второй волны пандемии» [8]. В работе Уральских и Московских ученых на данных о численности заболевших в период апрель-ноябрь 2020г. проведена кластеризация регионов по распространению коронавирусной инфекции, определены три устойчивых пространственных кластера и сформировавшиеся полюса роста, эпицентры распространения инфекции: Москва и Московская область г. СанктПетербург, Свердловская и Нижегородская области) [9]. В целом следует отметить, что только в последней работе применялись инструменты пространственного анализа. Кроме, наблюдается мало работ в которых рассматриваются пространственные зависимости коронавирусной инфекции в длительной перспективе.

С целью анализа пространственной зависимости коронавирусной инфекции в Российской Федерации и ее изменения в динамике нами был рассчитан Глобальный индекс Морана. Он оценивает пространственную автокорреляцию, показывая степень линейной взаимосвязи между вектором значений исследуемого показателя на рассматриваемой территории и вектором пространственно взвешенных значений исследуемого показателя в соседних территориальных единицах:

$$Im_x = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}, \quad (1)$$

где N - число исследуемых территориальных единиц, ед.;

\bar{x} - среднее значение показателя;

w_{ij} - элементы пространственной матрицы.

Значение индекса Морана сравнивается с ожидаемым значением:

$$E(I) = -1/(n - 1) \quad (2)$$

При $Im > E(I)$ имеется положительная пространственная автокорреляция, т. е. в целом значения наблюдений в соседних территориях являются подобными. При $Im < E(I)$ – отрицательная автокорреляция, т. е. в целом значения наблюдений в соседних территориях

отличаются. При $Im = E(I)$ значения наблюдений в соседних территориях расположены случайным образом. То есть распространение коронавирусной инфекции происходит не просто разнонаправленно, а не связано, а, следовательно, непредсказуемо ее появление на одной территории при вспышках у их соседей.

Для определения пространственных связей задается матрица пространственных весов, формализующая допущение, что рассматриваемая территория имеет связь с соседними территориями. В данном материале представлены результаты для матрицы смежности.

В качестве исходных данных для анализа были взяты в детализации по дням сведения за период с начала пандемии по ноябрь 2021 года о числе заразившихся в разрезе регионов Российской Федерации, размещенные в сервисе визуализации и анализа данных Yandex DataLens (<https://datalens.yandex.ru/>). Сервис на момент проведения исследования предоставлялся бесплатно, без ограничений на количество пользователей и запросов. В свою очередь размещенный в Yandex DataLens дашборд был подготовлен с использованием данных Johns Hopkins University, сайта стопкоронавирус.рф и сервисов Яндекса. Значения показателя были пересчитана на душу населения. Результаты расчета глобального индекса Морана для показателя число заразившихся COVID в расчете на душу населения для регионов Российской Федерации в период с начала эпидемии по ноября 2021г. представлены на рисунке 1.

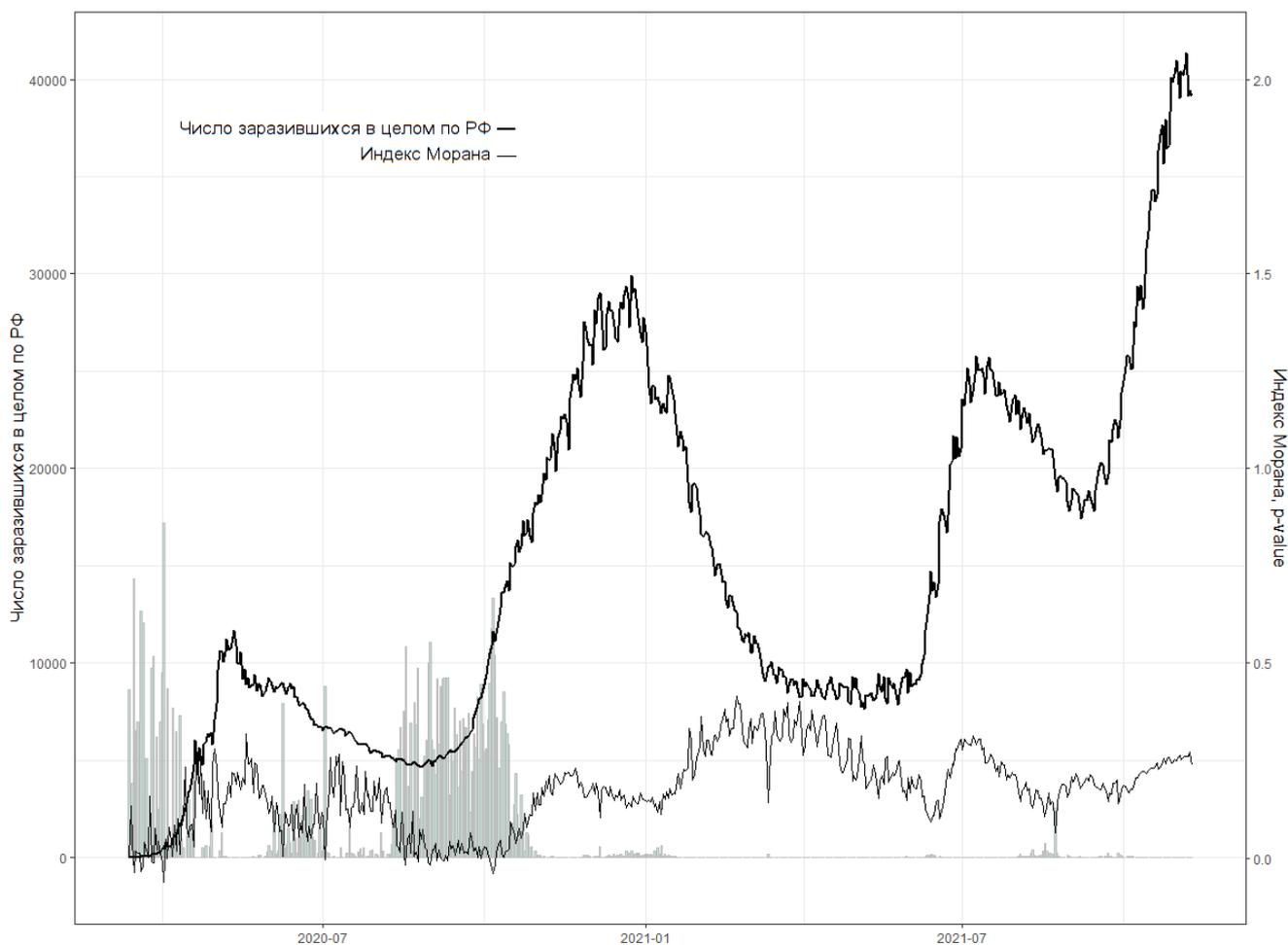


Рис. 1. Значения индекса Морана для числа заразившихся COVID в расчете на душу населения для регионов Российской Федерации в период с начала эпидемии по ноябрю 2021г.

Следует отметить, что фактически для первой волны оценки глобального индекса Морана в период локдаунов статистически не значимы. Значимы на уровне 1% они становятся с 5 мая 2020г. и до начала июня. И далее практически до 1 ноября их значимость сильно колебалась. Мы не поднимаем вопрос в данной работе о том насколько адекватны были эти данные, как они собирались и что фактически в них отражено. Эти вопросы поднимаются научным сообществом и здесь мы согласимся с мнением о том, что «за неимением более достоверной статистики можно считать, что моделируются только наиболее тяжелые формы распространения заболевания, которые привели человека к необходимости сдать анализы и обратиться к специалистам, то есть не учитываются латентные формы» [6]. В последующие периоды значимость оценок несколько раз была менее 10%. Однако следует отметить, что в большинстве случаев оценки были значимы на уровне 1%, в июле 2021 p-value не поднималось выше 0,001. Наиболее сильной пространственной зависимостью была в феврале-апреле 2021г. Корреляция между общим числом заражений и их пространственной связанностью в целом не высокая. При этом на отрезке с 1 ноября 2020г она обратная, в отличие от периода до. На наш взгляд на это в значительной мере влияет факт того, что в условиях резкого роста заболевших вводятся ограничительные меры, которые фактически снижают перемещение населения в пространстве страны.

Проведенный пространственный анализ расширил представления о процессе распространения инфекционных заболеваний в РФ. Последующие исследования важно направить на изучение тенденции заражений, смертей и выздоровлений от COVID-19, в увязке со сложившейся организацией систем здравоохранения, в том числе инфраструктурным состоянием и обеспеченностью медицинским персоналом регионов. Кроме того целесообразно переходить на более низкую, с географической точки зрения, агрегацию данных, по аналогии с исследованиями проводимыми в других странах [10], так как очевидны различия в распространении вируса в густонаселенных городах и слабозаселенных сельских районах. Однако в данном направлении существует существенное препятствие связанное с отсутствием открытых источников данных в необходимой детализации для России.

Благодарность: Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FZWU-2020-0027). Авторы выражают благодарность Яндекс за создание Коронавирус: дашборд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kost G.J. Geospatial hotspots need point-of-care strategies to stop highly infectious outbreaks: Ebola and coronavirus // Archives of Pathology & Laboratory Medicine. <https://doi.org/10.5858/arpa.2020-0172-RA> (In press)
2. Gross B., Zheng Z., Liu S., Chen X., Sela A., Li J., Li D., Havlin S. Spatio-temporal propagation of COVID-19 pandemics. medRxiv, 2020, vol. 9, 6 p. <https://doi.org/10.1101/2020.03.23.20041517>
3. Kang D., Choi, H., Kim, J.-H., & Choi, J. (2020). Spatial epidemic dynamics of the COVID-19 outbreak in China. International Journal of Infectious Diseases. doi:10.1016/j.ijid.2020.03.076
4. Fatima, M.; O'Keefe, K.J.; Wei, W.; Arshad, S.; Gruebner, O. Geospatial analysis of COVID-19: A Scoping Review. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 2336. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052336>
5. Franch-Pardo, I., Napoletano, B. M., Rosete-Verges, F., & Billa, L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. Science of The Total Environment, 739, 140033. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.1400

6. Земцов С.П., Бабурин В.Л. COVID-19: Пространственная динамика и факторы распространения по регионам России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 4. С. 485-505.

7. Панин А.Н., Рьльский И.А., Тикунов В.С. Пространственные закономерности распространения пандемии COVID-19 в России и мире: картографический анализ. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2021;(1):62-77.

8. Кравченко Н.А., Иванова А.И. Распространение коронавируса в России: региональные особенности. – DOI: 10.15372/REG20210204 // Регион: экономика и социология. – 2021. – № 2. – С. 78-99

9. Наумов И. В., Отмахова Ю. С., Красных С. С., Методологический подход к моделированию и прогнозированию воздействия пространственной неоднородности процессов распространения COVID-19 на экономическое развитие регионов России, Компьютерные исследования и моделирование, 2021, том 13, выпуск 3, 629–648 DOI: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2021-13-3-629-648>

10. Andersen, L. M., Harden, S. R., Sugg, M. M., Runkle, J. D., & Lundquist, T. E. (2021). Analyzing the spatial determinants of local Covid-19 transmission in the United States. *Science of The Total Environment*, 754, 142396. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.1423