

# Матрица расстояний между российскими регионами и её использование в экономическом анализе<sup>1</sup>

Константин Сальников, Александр Филатов

Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, Россия

## Информация о статье

Поступила в редакцию:

17.11.2023

Принята

к опубликованию:

19.12.2023

УДК 332.1, 339.1, 330.4

JEL C31, C81, R11, Y10

## Ключевые слова:

матрица расстояний, пространственная экономика, региональная экономика, гравитационные модели, торговля, миграция, экономика здравоохранения.

## Keywords:

distance matrix, spatial economics, regional economics, gravity models, trade, migration, health economics.

## Аннотация

При решении многих практических задач, формулируемых современной экономической наукой — от анализа торговых и миграционных потоков до исследования динамики региональных цен и распространения эпидемий важную роль играет пространственный фактор. В то же время способ расчёта матрицы расстояний играет очень важную роль. Страны и даже регионы не являются точечными объектами, и экономическая активность в них распределена по всей территории. Расстояние же измеряется между двумя точками. Более того, и расстояние между точками может рассчитываться по прямой (дуге большого круга), автомобильным и железным дорогам или некоторым синтетическим способом. Особую сложность представляют регионы, не имеющие железнодорожного сообщения. В статье рассматриваются ключевые проблемы формирования матрицы расстояний и возможные способы их решения. В качестве результата предлагается матрица, рекомендуемая к использованию всеми специалистами по пространственной экономике.

DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2023-3/67-81>.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2023-0016 “Устойчивое развитие региона: эффективные экономические механизмы организации рынков и предпринимательские компетенции населения в условиях неопределённости (баланс безопасности и риска)”.

## Russian Regional Matrix of Distances: Use in Economic Analysis

Constantine N. Salnikov, Aleksander Yu. Filatov

### Abstract

*The spatial factor plays an important role in solving many practical problems of modern economics — from the analysis of trade and migration to the study of the dynamics of regional prices and the spread of epidemics. At the same time, the method of calculating the distance matrix plays a very important role. Countries and even regions are not point objects, and economic activity in them is distributed all over the territory, but the distance is measured between two points. In addition, the distance between points can be calculated along a straight line (great circle arc), roads and railways, or by some synthetic method. Special attention is paid to the regions without railroad connection. The paper considers the main problems of distance matrix construction and possible ways to solve them. As a result, we recommend a distance matrix that can be used by all specialists in spatial economics.*

### Введение

Во многих разделах современной экономики полноценный теоретический и, особенно, эмпирический анализ невозможен без учёта пространственного фактора. Неоднородность географического пространства и наличие транспортных издержек необходимо принимать во внимание при изучении стратегического взаимодействия компаний на отраслевых рынках, размещения производств, межрегиональной и международной торговли, миграции, динамики макроэкономического развития и многих других важных экономических вопросов.

Важно отметить, что вопреки распространённому мнению в последние десятилетия со значительным снижением транспортных и коммуникационных издержек, а также других барьеров на пути перемещения людей и товаров, роль пространственного фактора не уменьшилась, а, напротив, возросла. Появилась возможность торговать там и теми видами продуктов, где прежде это было невозможно. При этом транспортные издержки, хоть и уменьшились, остались положительными и играют значимую роль. В частности, по оценкам Джеймса Андерсона и Эрика ван Винкупа (Anderson, van Wincoop, 2004) их суммарная величина (сюда включаем также таможенные пошлины и другие расходы, которые несёт производитель, чтобы доставить произведённую продукцию до конечного потребителя) в 1,7 раза превышает предельные издержки производства.

В то же время две основы монополистической конкуренции, любовь потребителей к разнообразию и возрастающая отдача от масштаба (Dixit, Stiglitz, 1977), приводят компании к желанию выходить на большие, в идеале мировые, рынки. И это стимулирует торговлю (Krugman, 1979; Krugman, 1980), уже выросшую за последние 1,5 столетия более, чем в 300 раз, даже сильнее, чем классические её движители — сравнительные преимущества в труде (Ricardo, 1817) или запасах факторов производства (Ohlin, 1968).

В микроэкономическом анализе важная роль пространственного фактора стала отмечаться с 20-х годов прошлого столетия. Сейчас очевидно, что на большинстве рынков не существует продуктов, идентичных с точки зрения потребителей. Даже если физические свойства едва различимы, брендинг, особенности обслуживания и сервиса, размещение точек продажи в разных местах города приводит к тому, что продукты дифференцированы (Belleflamme, Peitz, 2015). Но тогда ещё практически не изучались рынки, находящиеся между идеальной, но малореалистичной картиной совершенной конкуренции и высококонцентрированными структурами олигополии и монополии.

Первой ласточкой оказалась модель пространственной дифференциации товара, предложенная Гарольдом Хотеллингом (Hotelling, 1929). В ней предполагалось, что равномерно распределённые жители линейного города осуществляют выбор места покупки товара, исходя не только из его цены, но и транспортных издержек, которые зависят от расстояния до магазина. Многие исследователи (Graitson, 1982) подвергли сомнению сделанный Хотеллингом вывод о минимальной дифференциации, в соответствии с которым магазины должны концентрироваться в центре. В частности, он не выполняется из-за стремления фирм к рыночной власти и минимизации ценовой конкуренции, которая становится максимальной при кластеризации точек продажи, что показано в работе (d'Aspremont, Gabszewicz, Thisse, 1979).

В то же время не вызывает сомнения тезис Хотеллинга о важной роли пространства и необходимости учёта транспортных издержек. Именно поэтому огромное количество работ в последние десятилетия предлагали различные формализации данной постановки. Среди них отметим модель кругового города Стивена Сэлопа (Salop, 1979) или выход в более реалистичное двумерное пространство Владимира Мазалова и Минору Сакагучи (Mazalov, Sakaguchi, 2003).

Кстати, отметим, что пространство не всегда является географическим. Например, можно изучать кластеризацию потребителей в пространстве вкусов. Такая постановка часто возникает при анализе воздействия на потребителя информирующей (Grossman, Shapiro, 1984) и убеждающей (Bloch, Manceau, 1999) рекламы.

В качестве ещё одного приложения моделей пространственной дифференциации хотеллинговского типа можно привести политическую конкуренцию. В 1957 г. Энтони Даунс предложил модель (Downs, 1957) двух стратегических (т.е. имеющих целью исключительно победу на выборах) партий, ведущих в одномерном политическом пространстве борьбу за голоса “честных” избирателей, голосующих за наиболее близкую им политическую платформу. Многочисленные его последователи развивали данную идеологию, пытаясь путём перехода в многомерное пространство, учёта безразличия и отчуждения избирателей, а также эффекта случайности при выборе, внесения в модель пропаганды и политической рекламы, сделать её более реалистичной и применимой на практике. А в ряде эмпирических статей на данных социологических опросов в разных странах строились модели

множественного выбора, позволявшие прояснить многое про исход голосования. В частности, в работе (Захаров, 2008) такая попытка была сделана для российского политического пространства.

В целом можно сказать, что пространственная неоднородность является одним из наиболее важных аспектов неоднородности в обществе (Филатов, 2013), и её учёт помогает объяснить, как возникают центростремительные силы, ведущие к концентрации экономической деятельности, и центробежные явления, вызывающие рассредоточение экономической деятельности на региональном и городском уровнях (Proost, Thisse, 2019).

### **Измерение расстояний между распределёнными в пространстве кластерами**

В то же время в моделях пространственной экономики имеется очевидная, но нетривиальная проблема. Страны и даже регионы не являются точечными объектами, и экономическая активность в них распределена по всей территории. Расстояние же может быть рассчитано только между двумя точками. И особенно актуальной эта проблема становится для таких больших стран, как Россия.

Даже если предположить однозначность определения расстояния между двумя точками (этой проблемы мы коснёмся чуть позднее), возникает вопрос, какие точки брать во внимание. Чаще всего таковыми являются столицы или крупнейшие центры экономической активности в случае, если, как в некоторых странах (например, Бразилии, Австралии и даже США), столица представляет собой исключительно административный центр с относительно небольшим населением и производством.

Однако — это не всегда хорошее решение. Например, считать расстояние от России до Китая как расстояние от Москвы до Пекина (около 6000 км по прямой и 9000 км по железной дороге) или тем более до Шанхая было бы неверным, особенно учитывая общую границу в 4200 км. С другой стороны, наличие между Россией и США 50 км общей границы в Беринговом проливе, не делает страны экономическими соседями.

Рассмотрим математическую постановку задачи нахождения расстояния между распределёнными в пространстве кластерами и возможные подходы к её решению. Пусть мы имеем два кластера  $S_l$  и  $S_m$  (например, две страны или два региона), состоящих из отдельных объектов (например, городов, районов или просто точек пространства).

Первый подход к нахождению расстояния между ними называется расстоянием по принципу ближнего соседа и сводится к нахождению минимального расстояния между объектами  $X_i$  и  $X_j$ , входящими в состав каждого из кластеров. Расчётная формула принимает вид:

$$\rho_{\min}(S_l, S_m) = \min_{X_i \in S_l, X_j \in S_m} d(X_i, X_j).$$

Это, в частности, означает, что расстояние между соседями — регионами или странами, имеющими общую границу, просто считается нулевым.

Иногда, при наличии протяжённой границы, развитой транспортной инфраструктуры, таможенных постов (при необходимости) и т.д., это имеет определённый смысл. В то же время есть и контрпримеры (включая соседство России и США через Берингов пролив), демонстрирующие факт, что расчёт расстояний по принципу ближнего соседа не всегда адекватен.

Второй, противоположный подход, напротив, связан с анализом наиболее удалённых друг от друга объектов двух кластеров. Расстояние по принципу дальнего соседа вычисляется по формуле:

$$\rho_{\max}(S_l, S_m) = \max_{X_i \in S_l, X_j \in S_m} d(X_i, X_j).$$

В экономике даже для случая больших стран его применение не особенно целесообразно. Вряд ли для анализа торговли России и Китая следует использовать расстояние от Калининграда до китайских южных провинций, а при изучении торговли Соединённых Штатов с Мексикой брать за основу расстояние от Аляски.

Чаще всего в качестве меры удалённости стран или регионов выступает расстояние между столицами, однако можно попытаться внести уточнение. В варианте расстояния по центрам тяжести рассчитываются величины  $\bar{X}(l)$  — средние арифметические из географических координат всех объектов, входящих в каждый кластер. Поскольку объекты могут быть существенно неравнозначными по размеру, рекомендуется их взвешивать с учётом населения или валового продукта. После чего расстояние считается как:

$$\rho(S_l, S_m) = d(\bar{X}(l), \bar{X}(m))$$

Конечно, набор объектов, на основе которых считается центр тяжести, определяется индивидуально — могут учитываться крупнейшие города по населению или по объёмам производства, их число зависит от размера страны или региона, где-то хватит двух-трёх городов, а где-то не обойтись без нескольких десятков центров.

При этом существенной проблемой может стать то, что полученный центр тяжести находится далеко от реальных торговых путей. Например, если в стране есть два экономических центра, западный и восточный, каждый из которых преимущественно экспортирует продукцию на запад и восток соответственно, то использование находящегося посередине центра тяжести вряд ли сделает модель более адекватной.

Последнюю проблему может разрешить использование формулы расстояния по принципу средней связи

$$\rho_{cp}(S_l, S_m) = \frac{1}{n_l n_m} \sum_{X_i \in S_l} \sum_{X_j \in S_m} d(X_i, X_j),$$

или её колмогоровского обобщения

$$\rho_\tau(S_l, S_m) = \left( \frac{1}{n_l n_m} \sum_{X_i \in S_l} \sum_{X_j \in S_m} d^\tau(X_i, X_j) \right)^{1/\tau},$$

которое при  $\tau = 1$  совпадает с приведённым выше, при  $\tau = \pm\infty$  превращается в расстояние по принципу ближнего или дальнего соседа, а при  $\tau = 2, 0, -1$  рассчитывается по формулам среднего квадратического, геометрического и гармонического соответственно. Так же, как и при расчёте центра тяжести, в формулах расстояния по принципу средней связи можно использовать взвешивание с учётом населения городов или их экономического вклада.

Главной проблемой использования данного уточнения является существенное усложнение расчётов, поскольку вместо одного расстояния нужно рассчитывать средневзвешенное из десятков, сотен или даже тысяч значений, которые также предварительно должны быть вычислены. В связи даже в контексте международных исследований метод используется достаточно редко. Лишь в отдельных случаях в стране выделяют несколько (как правило, 2–3) ключевых центров экономической активности, разнесённых в пространстве, и применяют приведённые формулы.

### **Измерение расстояний между точечными объектами**

Для расчёта расстояний между регионами одной страны, как правило, используется расстояние между их столицами. Действительно, регионы, во-первых, гораздо меньше по площади территории, чем целые страны, а во-вторых, редко имеют несколько крупных центров экономической активности, сопоставимых по масштабу со столицей. В частности, во многих российских регионах население столицы превышает совокупное население всех остальных городов. И даже если рассмотреть большие по площади регионы с удалёнными от столиц крупными экономическими центрами (Братск в Иркутской области, Норильск в Красноярском крае и т.д.), торговые потоки, идущие через столицу, доминируют.

Таким образом, использование матрицы расстояний между столицами для анализа межрегиональной торговли (равно как при изучении миграции, исследованиях распространения эпидемий и в целом при использовании моделей пространственной авторегрессии) является вполне адекватным.

Наиболее простым, хоть и не всегда лучшим, способом измерения является расстояние по прямой, т.е. по дуге большого круга. Так

рассчитываются расстояния во многих российских работах. В частности, в статье (Антосик, Ивашина, 2021) подобная “кратчайшая” мера используется при построении гравитационной модели межрегиональной миграции выпускников вузов. Артур Нагапетян с соавторами в серии работ использовал её для учёта пространственной автокорреляции регионов по уровню заболеваемости туберкулёзом (Нагапетян, Петрухина, Рымарева, 2023) и другими болезнями, склонности к совершению преступлений (Нагапетян, Субботовский, Деженина, 2023) и нарушениям налогового законодательства (Нагапетян, Бонячук, Григорьева, 2021).

При исследовании экономической активности более адекватно учитывать расстояния по железнодорожным магистралям или автомобильным дорогам, по которым идёт перемещение людей и товаров. В 2000 г. Александр Абрамов и Константин Глущенко предложили такую матрицу, построенную (Абрамов, Глущенко, 2000) на основе данных из сборника тарифных расстояний между узловыми и транзитными пунктами 1965 г. и дополненную автодорожными, речными и морскими расстояниями для регионов, не имеющих железнодорожного сообщения.

Именно эта матрица позволила существенно улучшить качество оценок пространственных моделей и стала использоваться большинством российских исследователей при анализе конвергенции российских регионов по уровню цен (Филатов, Исмоилов, 2020), заработной платы (Бураншина, Смирных, 2018) и в целом доходов населения (Иванова, 2014), межрегиональной торговли (Filatov, Novikova, 2020), при изучении пространственных эффектов в региональной динамике производительности труда (Буфетова, 2019), распределения прямых иностранных инвестиций (Гладышева, Ратникова, 2014), распространения теневой экономики (Невзорова, Киреенко, Майбуров, 2020) и в целом при изучении пространственного развития России (Коломак и др., 2000).

Несмотря на все преимущества и широкое применение академическим сообществом, данная матрица обладает и определёнными недостатками. Во-первых, в ней встречаются значительные погрешности. Например, ошибочными являются расстояния от Орла до ряда городов Дальневосточного федерального округа (Орёл – Владивосток 518 км, Орёл – Петропавловск-Камчатский 2918 км) и некоторые другие значения.

Весьма неожиданными (и немонотонными в контексте географии) оказываются расстояния от регионов, не имеющих железнодорожного сообщения. Например, расстояние от Анадыря до Магадана составляет 7200 км (при наличии протяжённой общей границы Чукотского автономного округа и Магаданской области), до Петропавловска-Камчатского (с Камчаткой также есть общая граница) — 6900 км, а до гораздо более удалённого Владивостока всего 4500. Конечно, это связано с наличием регулярного морского сообщения между Владивостоком и Анадырем. Однако морские перевозки между Петропавлов-

ском-Камчатским и Анадырем, равно как до Магадана и обратно, также осуществляются. Кроме того, работает малая авиация, что является ещё одним свидетельством о необходимости корректировки матрицы расстояний для городов, не имеющих способа достижения по суше.

Ну и главное, с 1965 г. появились новые автомобильные и железные дороги, и многие другие расстояния в матрице необходимо пере- считать с учётом изменившихся за полвека реалий.

### **Обновлённая матрица расстояний между российскими регионами**

Построим обновлённую матрицу расстояний для всех пар российских регионов. Основу матрицы составляют кратчайшие расстояния между столицами субъектов федерации по автомобильным дорогам, полученные с помощью сервиса Google Maps.

Выбор данного способа передвижения был обусловлен несколькими причинами. Во-первых, автомобильная сеть в России гораздо более плотная, чем железнодорожная. Между многими городами расстояние по автотрассе будет существенно короче аналогичного по железной дороге. Особенно часто это будет наблюдаться между близкими городами в Европейской части. Например, между Майкопом и Краснодаром по автомагистрали всего 131 км, однако если ехать на поезде через Туапсе, расстояние практически удвоится.

Кроме того, в шести регионах страны (среди них Ненецкий автономный округ, Республики Алтай и Тыва, Магаданская область, Камчатка и Чукотка) железнодорожное сообщение полностью отсутствует. При этом в первых трёх наличествует связанная сеть автодорог, следовательно, данные по расстояниям до Нарьян-Мара, Горно-Алтайска и Кызыла можно учитывать без какой-либо дополнительной корректировки.

Также данные Росстата свидетельствуют, что автомобильным транспортом перевозится в 4,5 раза больше грузов, чем железнодорожным (за 2022 г. это составляет 5,5 млрд тонн в сравнении с 1,234 млрд тонн). И именно объём перевозок заложен в показателях межрегиональной торговли, а также косвенно влияет на цены, благосостояние и другие экономические показатели.

Конечно, можно возразить, что по данным того же Росстата грузооборот железнодорожного транспорта в России за 2022 г. значительно (примерно в 9 раз) превышает грузооборот автомобильного, составляя 2637 млрд т-км в сравнении с 291 млрд т-км. В этом нет противоречия. Основная доля грузов на большие расстояния действительно отправляется железной дорогой, в то время как автотранспортом перевозка, как правило, осуществляется между близлежащими или даже соседними регионами. Однако при большой удалённости двух регионов расстояние между ними по железной дороге (чаще всего по Транссибу) и расположенной параллельно автомагистрали практически совпадает.

При этом в дальнейшем можно задуматься об использовании в качестве расстояния линейной комбинации расстояний по автомобильной и железной дороге. Весовые коэффициенты могут зависеть от расстояния. На малых расстояниях можно ориентироваться исключительно на автотранспорт, на больших — только на железнодорожный. И один из исследовательских вопросов будет заключаться в том, влияет ли данная корректировка матрицы на результаты содержательного исследования.

Перед окончательным представлением матрицы расстояний обратим особое внимание на три дальневосточных региона: Чукотский автономный округ, Камчатский край и Магаданскую область, не имеющих ни железнодорожного, ни круглогодичного автомобильного сообщения. О них уже шла речь в контексте обсуждения матрицы Абрамова и Глуценко. Если не считать авиационного сообщения и труднодоступные автозимники, то эти регионы связаны с остальной Россией только морем в соответствии со схемой, изображённой на рисунке.



Схема морского сообщения между городами ДФО от группы FESCO

Регулярным морским сообщением группы FESCO все три удалённых города (Анадырь, Петропавловск-Камчатский и Магадан), а также Южно-Сахалинск, связаны только с Владивостоком. В то же время в летний период существует достаточно устойчивое сообщение и всех этих городов между собой. Поэтому расстояния внутри данного кластера будем рассчитывать напрямую. Однако расстояния до всех остальных городов России возьмём транзитом через Владивосток.

От Анадыря до Петропавловска-Камчатского расстояние составляет примерно 2100 км, до Магадана — 4100 км, до Южно-Сахалинска — 3500 км, а до Владивостока — 4500 км. Расстояние от Петропавловска-Камчатского до Магадана равно 2000 км, до Южно-Сахалинска — 1400 км, а до Владивостока — 2400 км. Расстояние от Магадана до Южно-Сахалинска составляет 1700 км, а до Владивостока — 2700 км. И наконец, от Южно-Сахалинска до Владивостока по морю — около 1000 км.

Ещё одной проблемой является расчёт расстояний до городов федерального значения. В одном случае такой город, Севастополь, не совпадает со столицей Крыма Симферополем и сложностей не создаёт. А Москва и Санкт-Петербург одновременно присутствуют в таблице расстояний и как города и как центры соответствующих областей, между которыми формально оказывается нулевое расстояние. Это, в частности, не позволяет обратить матрицу расстояний, что часто требуется при построении различных индексов пространственной автокорреляции и в целом при использовании моделей пространственной эконометрики.

Данную проблему исследователю рекомендуется решать самостоятельно, исходя из содержательной постановки задачи. Во многих случаях можно просто исключить из модели города федерального значения.

В некоторых случаях, например, при расчёте индекса рыночного потенциала, расстояние между регионом и его столицей часто принимают равным

$$d_{ii} = \frac{2}{3} \sqrt{S_i / \pi}.$$

Здесь  $d_{ii}$  — искомое расстояние, а  $S_i$  — площадь региона. При таком способе используется предположение о том, что жители равномерно распределены по площади, а сам регион имеет форму круга. Это далеко не всегда совпадает с реальностью, но во многих исследованиях (Combes, Mayer, Thisse, 2009) данный вариант признан удовлетворительным.

Ну и наконец, можно решить задачу чисто формально, указав в качестве расстояния формально произвольное небольшое значение, например, единицу, позволяющую обратить матрицу. Именно такое значение мы приведём, ну а дальше, при желании, исследователи смогут его подкорректировать.

Приведём в табл. 1, 2 фрагменты построенных матриц расстояний для Центрального федерального округа с исключением Москвы как отдельного субъекта федерации. Первая матрица содержит расстояния между столицами всех регионов по прямой (дуге большого круга) вне контекста путей сообщения. Вторая — построена на основе соединяющих их автомобильных дорог. Полная версия обеих матриц имеется в свободном доступе по ссылке <https://datalens.yandex/> и предлагается к использованию всем исследователям. На указанную страницу показывает приведённый QR-код.



Таблица 1

## Фрагмент матрицы расстояний по прямой для ЦФО

Город	Белгород	Брянск	Владимир	Воронеж	Иваново	Калуга	Кострома	Курск	Липецк	Москва	Орёл	Рязань	Смоленск	Тамбов	Тверь	Тула	Ярославль
Белгород		332	666	218	769	437	847	129	306	578	267	497	558	411	699	406	812
Брянск	332		505	373	593	189	652	209	359	350	118	385	229	479	415	239	600
Владимир	666	505		504	103	319	185	562	395	179	450	172	549	385	288	279	170
Воронеж	218	373	504		605	374	689	208	109	468	259	332	590	194	617	301	666
Иваново	769	593	103	605		405	86	663	497	249	547	275	610	477	309	377	95
Калуга	437	189	319	374	405		464	310	306	163	172	225	274	397	262	95	414
Кострома	847	652	185	689	86	464		738	581	302	616	357	642	563	319	448	64
Курск	129	209	562	208	663	310	738		253	458	138	400	438	376	571	290	698
Липецк	306	359	395	109	497	306	581	253		373	242	225	554	126	529	220	559
Москва	578	350	179	468	249	163	302	458	373		326	178	370	420	162	174	251
Орёл	267	118	450	259	547	172	616	138	242	326		303	332	362	432	171	571
Рязань	497	385	172	332	275	225	357	400	225	184	303		490	245	338	144	328
Смоленск	558	229	549	590	610	274	642	438	554	370	332	490		658	334	365	578
Тамбов	411	479	385	194	477	397	563	376	126	420	362	245	658		579	301	553
Тверь	699	415	288	617	309	262	319	571	529	162	432	338	334	579		315	253
Тула	406	239	279	301	377	95	448	290	220	174	171	144	365	301	315		407
Ярославль	812	600	170	666	95	414	64	698	559	251	571	328	578	553	253	407	

Таблица 2

## Фрагмент матрицы расстояний по автомобильным дорогам для ЦФО

Город	Белгород	Брянск	Владимир	Воронеж	Иваново	Калуга	Кострома	Курск	Липецк	Москва	Орёл	Рязань	Смоленск	Тамбов	Тверь	Тула	Ярославль
Белгород		391	848	253	967	515	1017	144	376	671	303	677	672	477	849	491	946
Брянск	391		597	441	710	227	741	247	422	387	128	516	250	556	556	332	670
Владимир	848	597		684	116	400	220	713	634	226	552	239	642	479	360	384	236
Воронеж	253	441	684		798	450	860	223	123	519	312	398	692	229	703	344	788
Иваново	967	710	116	798		513	111	826	612	338	664	352	754	592	472	483	118
Калуга	515	227	400	450	513		539	371	397	191	210	289	346	473	356	105	468
Кострома	1017	741	220	860	111	539		878	717	344	717	457	744	696	480	535	83
Курск	144	247	713	223	826	371	878		324	529	161	534	500	446	708	350	805
Липецк	376	422	634	123	612	397	717	324		468	295	266	675	135	652	293	737
Москва	671	387	226	519	338	191	344	529	468		364	199	396	460	179	182	272
Орёл	303	128	552	312	664	210	717	161	295	364		384	381	429	546	189	644
Рязань	677	516	239	398	352	289	457	534	266	199	384		589	291	384	184	474
Смоленск	672	250	642	692	754	346	744	500	675	396	381	589		825	408	452	673
Тамбов	477	556	479	229	592	473	696	446	135	460	429	291	825		647	368	733
Тверь	849	556	360	703	472	356	480	708	652	179	546	384	408	647		364	328
Тула	491	332	384	344	483	105	535	350	293	182	189	184	452	368	364		520
Ярославль	946	670	236	788	118	468	83	805	737	272	644	474	673	733	328	520	

## Заключение

В работе были озвучены ключевые проблемы, возникающие при использовании матрицы расстояний в эконометрических исследованиях, и некоторые способы их решения на примере построения матрицы расстояний между российскими регионами. Главным результатом является обновлённая матрица, представленная в двух вариантах — кратчайших расстояний по прямой и по автомобильным дорогам. Матрица существенно корректирует с учётом новых реалий построенную на основе данных 1965 г. матрицу расстояний Абрамова и Глушенко, которой в настоящее время пользуется большинство российских исследователей.

Можно рекомендовать применять её при анализе размещения производств, исследованиях межрегиональной торговли, миграции, пространственных эффектов в динамике цен, доходов, инвестиций, экономического потенциала регионов, а также распространении болезней, преступности и изучении многих других важных социально-экономических вопросов, которые ставятся в региональной и пространственной экономике.

Конечно, можно и нужно обсуждать возможные уточнения представленной матрицы, как в плане исправления возможных погрешностей (мы призываем всех, кто обнаружит в матрице неточности, сообщать об этом авторам по указанным в статье координатам), так и в плане развития методики учёта расстояний в конкретных исследованиях. В частности, мы затрагивали вопрос использования расстояний по железным дорогам или средневзвешенного расстояния, где весовые коэффициенты изменяются по мере удалённости регионов друг от друга.

Среди других вариантов измерения расстояний можно привести способ, оценивающий среднее время, необходимое для перемещения между изучаемыми населёнными пунктами с учётом качества дорог, возможных пробок и других факторов. В то же время следует отметить, что в данном способе субъективных оценок будет гораздо больше, чем при формализованном измерении расстояния в километрах.

При наличии соответствующей статистики можно уточнять расстояние с учётом данных о маршрутах, по которым перевозится основной объём грузов или основная масса пассажиров. Это может быть важно в случае, когда значительная часть грузоперевозок и пассажиропотока идёт не по кратчайшему маршруту. Однако здесь возникает проблема отсутствия необходимых данных и некоторой их субъективности.

Впрочем, можно высказать гипотезу, что дальнейшее уточнение матрицы расстояний не приведёт к значительным изменениям в выводах большинства содержательных исследований, для проведения которых требуется использование матрицы расстояний. И в любом случае оставим это для будущих исследований.

*Список источников*

1. Абрамов А.В., Глущенко К.П. Матрица кратчайших расстояний между административными центрами российских регионов. — Новосибирск: НГУ, 2000. — URL: <https://gluschenko.nsu.ru/Research/Data/Distances.xls>.
2. Антосик Л.В., Ивашина Н.В. Факторы и направления межрегиональной миграции выпускников вузов в России // Вопросы образования. 2021. № 2. С. 107–125.
3. Буфетова А.Н. Исследование пространственных эффектов в региональной динамике производительности труда // Регион: экономика и социология. 2019. № 2 (102). С. 80–100.
4. Бураншина Н.А., Смирных Л.И. Человеческий капитал мигрантов и конвергенция российских регионов по заработной плате // Вопросы экономики. 2018. Т. 12. С. 121–138.
5. Гладышева А.А., Ратникова Т.А. Роль неоднородности и взаимного влияния регионов России в распределении прямых иностранных инвестиций в пищевую отрасль // Экономический журнал ВШЭ. 2014. Т. 18. № 2. С. 285–327.
6. Захаров А.В. Оценка размежевания электорального пространства и построение математической модели выбора избирателя // Прикладная эконометрика. 2008. № 2 (10). С. 75–90.
7. Иванов В.И. Региональная конвергенция доходов населения: пространственный анализ // Пространственная экономика. 2014. № 4. С. 100–119.
8. Коломак Е.А. и др. Пространственное развитие современной России: тенденции, факторы, механизмы, институты. — Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2020.
9. Нагапетян А.Р., Бонячук М.В., Григорьева В.И. Не платят налоги вокруг, не заплатите и Вы, или пространственно-авторегрессионный анализ склонности к нарушению налогового законодательства // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2021. № 1 (97). С. 109–116.
10. Нагапетян А.Р., Петрухина А.С., Рымарева А.А. Моделирование показателей заболеваемости населения туберкулёзом в регионах РФ на основе семейства моделей пространственной авторегрессии // Теория и практика общественного развития. 2023. № 1 (179). С. 59–67.
11. Нагапетян А.Р., Субботовский Д.А., Деженина Е.А. Как уровень заболеваемости влияет на показатель склонности к совершению преступлений в регионах РФ? // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2023. № 1 (105). С. 32–46.
12. Невзорова Е.Н., Киреенко А.П., Майбуров И.А. Пространственные взаимосвязи и закономерности распространения теневой экономики в России // Экономика региона. 2020. Т. 16. № 2. С. 464–478.
13. Филатов А.Ю. Неоднородность и её учёт при принятии экономических решений. — Иркутск: ИГУ, 2013.
14. Филатов А.Ю., Исмоилов Г.Н. Анализ динамики региональных цен в России // Сибирская финансовая школа. 2020. № 2. С. 67–71.
15. Anderson J., Van Wincoop E. Trade costs // Journal of Economic Literature. 2004. Т. 42. № 3. С. 691–751.
16. d'Aspremont C., Gabszewicz J., Thisse J. On Hotelling's "Stability in competition" // Econometrica. 1979. Т. 47. № 5. С. 1145–1150.
17. Belleflamme P., Peitz M. Industrial organization: markets and strategies. — Cambridge University Press, 2015.

18. Bloch F., Manceau D. Persuasive advertising in Hotelling's model of product differentiation // *International Journal of Industrial Organization*. 1999. Т. 17. № 4. С. 557–574.
19. Combes P., Mayer T., Thisse J.-F. *Economic geography: The integration of regions and nations*. — Princeton University Press, 2009.
20. Dixit A., Stiglitz J. Monopolistic competition and optimum product diversity // *The American Economic Review*. 1977. Т. 67. № 3. С. 297–308.
21. Downs A. An economic theory of political action in a democracy // *Journal of Political Economy*. 1957. Т. 65. № 2. С. 135–150.
22. Filatov A., Novikova A. Modelling of interregional trade in Russia: gravity approach // *Recent Advances of the Russian Operations Research Society*. — Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2020. — С. 151–162.
23. Graitson D. Spatial competition a la Hotelling: a selective survey // *The Journal of Industrial Economics*. 1982. Т. 31. № 1/2. С. 11–25.
24. Grossman G.M., Shapiro C. Informative advertising with differentiated products // *The Review of Economic Studies*. 1984. Т. 51. № 1. С. 63–81.
25. Hotelling H. Stability in competition // *Economic Journal*. 1929. Т. 39. № 153. С. 41–57.
26. Krugman P. Increasing returns, monopolistic competition, and international trade // *Journal of International Economics*. 1979. Т.9. № 4. С. 469–479.
27. Krugman P. Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade // *The American Economic Review*. 1980. Т.70. № 5. С. 950–959.
28. Mazalov V., Sakaguchi M. Location game on the plane // *International Game Theory Review*. 2003. Т. 5. № 1. С. 13–25.
29. Ohlin B. *Interregional and International Trade*. — Cambridge: Harvard University Press, 1968.
30. Proost S., Thisse J. What can be learned from spatial economics? // *Journal of Economic Literature*. 2019. Т. 57. № 3. С. 575–643.
31. Ricardo D. *On the principles of political economy and taxation*. — London: John Murray, 1817.
32. Salop S. Monopolistic competition with outside goods // *The Bell Journal of Economics*. 1979. Т. 10. № 1. С. 141–156.

### Сведения об авторах / About authors

**Сальников Константин Николаевич**, аспирант, Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет. 690022 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, корпус ДВФУ, корпус G. E-mail: [salnikov.kn@dvfu.ru](mailto:salnikov.kn@dvfu.ru).

*Constantine N. Salnikov*, Ph.D. Student, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Building G, FEFU campus, Russky Island, Vladivostok, Russia 690922. E-mail: [salnikov.kn@dvfu.ru](mailto:salnikov.kn@dvfu.ru).

**Филатов Александр Юрьевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий Научно-исследовательской лабораторией моделирования социально-экономических процессов, Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет. 690620 Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, корпус G, каб. G528. ORCID: 0000-0002-0380-5598. E-mail: [filatov.aiu@dvfu.ru](mailto:filatov.aiu@dvfu.ru).

*Alexsander Yu. Filatov*, PhD in Physics and Mathematical Sciences, Associate Professor, Chief of the Research Laboratory of Socio-Economic Modeling Processes, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Office G528, Bld. G, FEFU Campus, Vladivostok, Russia, 690620. ORCID: 0000-0002-0380-5598. E-mail: [filatov.aiu@dvfu.ru](mailto:filatov.aiu@dvfu.ru).

© Сальников К.Н., Филатов А.Ю., 2023

© Salnikov K.N., Filatov A.Yu., 2023

Адрес сайта в сети интернет: <http://jem.dvfu.ru>