

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ МАЯТНИКОВЫХ ТРУДОВЫХ МИГРАНТОВ В ПОДМОСКОВЬЕ МЕТОДАМИ ГИС-АНАЛИЗА

Шитова Ю.Ю., Шитов Ю.А.

В настоящей работе осуществлен анализ пространственных паттернов маятниковой трудовой миграции в Подмоскowie. Предложена авторская методика ГИС-реконструкции маршрутов маятниковых трудовых мигрантов при помощи ГИС-технологий. Проведены количественные расчеты длины, времени и скорости движения мигрантов, построены радиальные и двумерные паттерны их перемещений, а также карта загрузки автодорог. В заключение обсуждаются перспективы дальнейшего развития методики.

DOI: 10.20537/mce2022econ10

Введение. Пространственный анализ трудовой мобильности населения является актуальной задачей региональной экономики, поскольку качество рабочей силы является ключевым фактором экономического процветания. Мониторинг структуры и динамики маятниковой трудовой миграции (МТМ) дает важную информацию для выработки решений о развитии транспортной инфраструктуры, стимулирования и управления точками роста и т.д. Исследования в этой сфере ограничены нехваткой информации, поэтому любые новые и нетрадиционные методики и подходы остаются востребованными.

Если в целом исследование МТМ остается популярным в зарубежной литературе*, то ГИС-подходы к обработке данных используются в считанных работах. В частности, ГИС-технологии были использованы для построения транспортных потоков МТМ в Нью-Йорке и Амстердаме [1]. Геостатистический анализ применялся для оценки корреляции географии бизнеса с уровнями развития территорий и инфраструктуры Индии [2]. Интересным и хорошо проработанным ГИС-исследованием стал анализ экологического влияния на внешнюю среду в зависимости от поездок

* Более 700 ссылок в базе IDEAS (ideas.repec.org) с 2012 года по 27 сентября 2014.

МТМ, транспортных альтернатив моделей и сценариев движения на основании данных специального транспортного исследования фирмы Vodafone, охватившего 1829 респондентов [3].

В настоящей работе предлагается пионерская методика пространственного микроанализа МТМ методами ГИС-технологий, позволяющая получать уникальный охват и детализацию исследования явления, не известную в мировой практике. Особенно отметим нулевую стоимость первичных данных, получение которых в специальных исследованиях типа [3] требует огромных затрат.

Данные и методика их обработки. Настоящее исследование базируется на уникальных микро-данных 2001 г., охватывающих 60% трудоспособного Подмосквья [4]. После ГИС-обработки этих микро-данных на базе платформы Яндекс-карты (см. описание методики в [5]) для почти 0.8 млн маятниковых трудовых мигрантов были реконструированы их маршруты поездок дом-работа с привязкой к транспортной сети региона (см. примеры на рис. 1 в приложении).

Структура полей первичных данных настоящей работы имеет следующий вид:

$MTM(T_{REC}, L_{REC}, C_{HOME}, C_{WORK}, \text{Путь}[C_{HOME}, C_0, C_1, \dots, C_N, C_{WORK}])$

где для каждого маятникового трудового мигранта доступны:

- T_{REC}, L_{REC} — длительность и дальность маршрута дом-работа, реконструированного ГИС-сервером Яндекс-карты;

- C_{HOME}, C_{WORK} — географические координаты дома (начальная точка маршрута) и работы (конечная точка маршрута) МТМ соответственно*;

- $\text{Путь}\{C_i\}$ — маршрут движения дом-работа в виде набора географических координат промежуточных точек маршрута $\{C_i\}$, лежащих на автомобильных дорогах.

При расчетах радиальных распределений в качестве центра столицы была выбрана точка с координатами:

(Долгота, Широта) = (37.6166, 55.7520).

Особо отметим, что использованная нами ГИС-система пока не имеет возможности прокладки маршрута общественным транспортом. Прежде всего, это означает, что мы не можем учесть передвижения МТМ на электричках, составляющую существенную долю (до 60% по некоторым оценкам). Безусловно, это ограничение текущего метода,

* Все координаты представлены в стандартном виде пары значений (долгота, широта), что позволяет работать с ними в ГИС-приложениях.

которое может быть исправлено в дальнейшем. Последствия такого ограничения обсуждаются далее в тех местах, где это имеет значение.

В следующем разделе изложены результаты анализа обсуждаемых данных.

Результаты. Далее представлены результаты основных параметров поездок МТМ в рамках пространственного подхода.

Скорость передвижения МТМ. Скорость поездок МТМ является ключевым фактором, определяющим мобильность трудовых ресурсов. Соответствие между длиной и абсолютным временем маршрутом МТМ показано на рис. 1. Время по данным Яндекс-карты в феврале-марте 2012 г. (когда делалась реконструкция маршрутов МТМ). Поскольку способ расчета времени неизвестен, а пробки не учитывались, то разброс по времени на разных расстояниях связан с разной пропускной способностью различных дорог. Как видно из рис. 2 (слева), чем больше расстояние, тем больше временной разброс, особенно это заметно на расстояниях более 90 км, где даже заметно образование кластеров отдельно от основной группы. На наш взгляд то говорит о существенных пространственных различиях транспортной инфраструктуры в Подмосковье. Профиль средних показателей времени перемещения (рис. 2, справа) сохраняет линейность до расстояний 100 км.

Средняя скорость движения МТМ получается при делении длины маршрута на время его прохождения. Данный удельный показатель является еще более важным и интересным показателем, характеризующим передвижение МТМ (см. рис. 3). Как видно из рис.3а, паттерн скорости перемещения МТМ также весьма сложный, подтверждающий пространственную неоднородность качества транспортной инфраструктуры. С другой стороны, профиль средней скорости по длине пути (рис. 3б) удовлетворительно аппроксимируется классической функцией:

$$V(L) = V_{MAX} - \exp(a + b \cdot L) = 57.09 \text{ (км/ч)} - \exp(3.38 - 0.03 \cdot L)$$

Таким образом, максимальная средняя скорость перемещения МТМ Подмосковья автомобильным транспортом составляет всего 57 км/ч. А для коротких маршрутов до 40 км, составляющих большинство поездок, средняя скорость лежит в диапазоне 30–45 км/ч, что является очень малым показателем.

Длина МТМ поездок. В настоящей работе путь между домом и работой L_{REC} определялся с помощи ГИС-маршрутизации, однако, процедура такого расчета требует времени и затрат на техническую реализа-

цию. Гораздо проще расчет расстояний по прямой* между домом и работой L_{DIR} , однако этот метод вносит систематическую погрешность, поскольку реальный маршрут всегда длиннее. Простейший способ поправки на нелинейность маршрутов — использование корректирующего множителя C_L :

$$L_{REC} \approx C_L \cdot L_{DIR}$$
$$C_L = 1.3.$$

В частности, для оценок длины поездок внутри муниципалитетов Парижа по прямому расстоянию между точками использовался поправочный коэффициент $C_L = 1.3$ [6]. Отношение длины реконструированных маршрутов к прямым расстояниям между жильем и работой МТМ Подмосковья показано на рис. 4.

Из него видно, что среднее значение данного показателя по всей выборке составляет 1.4, что близко к величине 1.3. Однако, в более точном приближении мы видим, что корректирующий коэффициент сильно завит от длины поездки. Для длинных маршрутов более 100 км его величина относительно постоянна и стремится в величине 1.24 в пределах 200 км. Однако в области коротких маршрутов (<60), совершаемых большинством МТМ, наблюдается как заметное увеличение коэффициента, так и его вариация. Поэтому к использованию методологии оценки длины маршрута МТМ по прямому расстоянию между конечными точками маршрута необходимо подходить с осторожностью.

Радиальные распределения мест работы и проживания. Радиальные распределения мест работы и проживания показаны на рис. 5, из него видно, что основной поток МТМ (по местам проживания) идет из зоны МКАД, находящейся на 15–25 км от центра. Далее наблюдается ровное и плотное распределение в зоне 30–50 км, далее — пики на 70, 85, 100–110 км. Эти пики соответствуют крупным Подмосковным городам, характеризующимся большим исходом МТМ.

* Точнее, по дуге земного шара, однако этот эффект мал на шкале исследуемых расстояний.

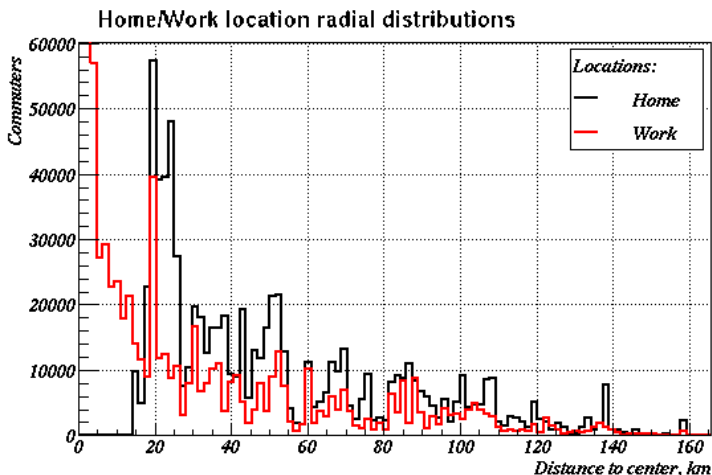


Рис. 5. Радиальные распределения мест проживания и работы МТМ Подмосковья.

В отношении мест работы МТМ видно, что подавляющее их большинство расположено в пределах 5 км от центра Москвы при относительно малом их количестве (по сравнению с центральной частью) в зоне 10–15 км. Пики притяжения МТМ вне Москвы находятся на расстояниях 50, 85, 100 км, что совпадает с местами проживания МТМ в средней и дальней периферии. Это подтверждает тот факт, что в крупных городах Подмосковья наблюдается следующая картина. В то время, как местные жители стремятся уехать на работу в Москву (исходящий поток мигрантов), рабочие места в их городе замещаются жителями из дальних районов, для которых поездки в Москву и ближайшее Подмосковье являются запретительно затратными по стоимости и времени проезда. Более детально этот вопрос можно изучить, анализируя двумерные паттерны МТМ-потоков, представленные в следующих параграфах.

География мест проживания и работы МТМ. Распределения мест проживания и работы МТМ в привязке к карте Московской области показаны на рис. 6 и рис. 7 соответственно.

Места проживания МТМ плотно и равномерно рассредоточены по всей сельской местности. Отметим двойственную функцию средних и крупных городов (Коломна, Воскресенск, Подольск, Серпухов, Можайск и др.). С одной стороны, они поставляют МТМ преимущественно

в Москву и ближнее Подмосковье. С другой стороны, являются центрами притяжения МТМ из ближних к ним районов. Более подробно эту динамику можно проследить, изучая отдельно выборки МТМ, работающих в Москве и **межрайонную маятниковую трудовую миграцию (ММТМ)** — маятниковых трудовых мигрантов, работающих в иных городах Подмосковья.

Транспортная карта перемещений МТМ. Наложив на карту точки маршрута реконструированных поездок по всем МТМ, можно получить пространственную интенсивность их перемещений, и, соответственно, карту загрузки дорог Подмосковья (поскольку реконструкция осуществляется в привязке к транспортной сети), показанную на рис. 8.

Наиболее интенсивно загружены южное (Серпухов, Кашира) и юго-западное (Коломна) направления. Не на много отстают от них северное (Дубна, Дмитров) и северо-западное (Сергиев Посад, Пушкино, Щелково).

Обсуждение результатов. Пространственный анализ маршрутов перемещения МТМ Подмосковья позволил получить ряд интересных результатов.

Скорость и время поездок МТМ. Количественные оценки времени и скорости перемещений МТМ в зависимости от длины поездки представляют научный интерес для моделирования мобильности трудовых ресурсов. Несмотря на большую вариативность показателей, общая картина явления вырисовывается вполне однозначно. Средняя скорость перемещения мигрантов автомобильным транспортом на дальние расстояния не превышает 60 км/ч. И падает экспоненциальным образом при уменьшении длины маршрута. Для поездок на 10–40 км, совершаемых большинством МТМ в пределах Москвы и ближайших пригородов, средняя скорость передвижения МТМ составляет 30–45 км/ч, что нельзя признать удовлетворительным. Для МТМ, пользующихся пригородными электропоездами, ситуация практически аналогичная. Средняя скорость движения электропоездов может быть легко рассчитана из их расписания. По нашим оценкам она колеблется в тех же пределах 30–40 км/ч и не меняется в течении многих лет, поскольку в рамках существующей инфраструктуры РЖД это практически невозможно. Тем самым, следует констатировать тот факт, что имеющаяся инфраструктура не справляется с нагрузкой.

Длина поездок МТМ. Имеющиеся данные позволили исследовать важный методологический вопрос взаимосвязи длины реальных марш-

рутов МТМ с оценкой прямого расстояния между концами маршрута. Как оказалось, среднее отношение между реальной длиной маршрута и прямым расстоянием между конечными точками оказалось равным 1.4, что сравнимо с величиной 1.3, используемой в литературе. Вместе с тем, данное отношение сильно зависит от длины маршрута, и нами был построено двумерное распределение и эмпирический профиль этой величины. Оказалось, что для большинства МТМ, путешествующих на 10–40 км, колебания и разброс показателя наиболее велики, поэтому использование линейной аппроксимации тут не оправдано, при моделировании необходимо использовать более сложные модели, учитывающие реальное распределение.

Радиальные паттерны перемещений МТМ. Радиальные зависимости мест работы и проживания МТМ показывают определенные особенности характеристики процесса МТМ в Подмосковье. Однако, в целом следует сказать, что характер обоих распределений (позиций пиков в них, отвечающих крупным и средним подмосковным городам) близок друг другу. Это отражает двоякую сущность вовлечения в МТМ жителей подмосковных городов, каскадный характер процесса. С одной стороны, существенная доля жителей этих городов отправляется на работу в Москву, давая пики в графике мест проживания. С другой стороны, жители окрестных и дальних от центра территорий приезжают на работу в данные города, формируя пики в графике мест работы. Следует отметить, что одномерные радиальные графики, хотя и показывают определенные закономерности, в целом, недостаточно информативны по сравнению с двумерным анализом.

Территориальные паттерны МТМ. Двумерные карты географии мест жилья и работы, использования транспортной системы, дают наиболее полную информацию о масштабе и характере процесса, позволяют подробно анализировать степень вовлечения любого субъекта на территории региона. В настоящей работе нет возможности подробно описывать характер МТМ в привязке к конкретным подмосковным районам и городам. Нашей целью была демонстрация возможности методики, примененной ко всей области и данным в целом.

Транспортная карта перемещений МТМ. Демонстрирует прямую ежедневную загрузку транспортной сети Подмосковья за счет поездок МТМ. Детальный анализ данного паттерна важен с точки зрения проектирования новой инфраструктуры Подмосковья.

Заключение. В настоящем исследовании на микро-данных 2001 г. проведен пространственный анализ поездок МТМ Подмосковья. Предложенная методика ГИС-анализа позволила получить ряд интересных результатов по времени, скорости и длине маршрутов МТМ, а также пространственному распределению мест жилья и работы МТМ, построить загрузку транспортных магистралей Подмосковья со стороны МТМ. Установленные эмпирические закономерности в отношении характеристик поездок МТМ представляют методический интерес для моделирования МТМ.

Кроме того, полученные результаты актуальны в прикладном плане, поскольку дают важные входные данные для анализа действующей транспортной инфраструктуры региона. Такие данные могут быть детально просчитаны для любого административного образования – города, района и даже произвольно заданной территории на карте региона.

Главной проблемой остается недоступность более свежих исходных данных. И это при том, что такие данные имеются в наличии у государства, и могут быть предоставлены для научных целей с соблюдением всех формальностей (соблюдения конфиденциальности и пр.). По разным каналам, в различной форме мы неоднократно обращались в правительство Московской области и Москвы с просьбой получить доступ к исходным данным, однако пока не смогли его получить.

Предложенная методика имеет большие перспективы дальнейшего использования. В настоящей работе был сделан чистый пространственный (географический) анализ перемещений МТМ, на основании которого уже удалось получить ряд представленных в данной работе интересных результатов. Следующим этапом станет пространственный анализ с учетом привязки пространственной информации к социально-экономическим переменным – данным по работнику (пол, возраст, доход) и работодателю (отрасль, размер предприятия и др.). Анализ перемещений отдельных групп МТМ, отобранных по различным признакам, позволит получить новые, более глубокие знания об исследуемом феномене маятниковой трудовой миграции.

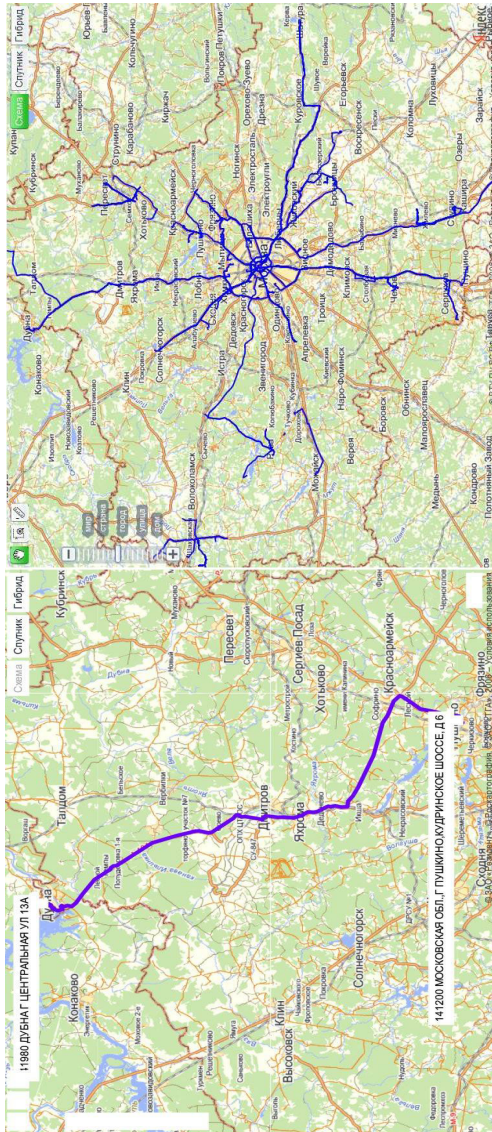
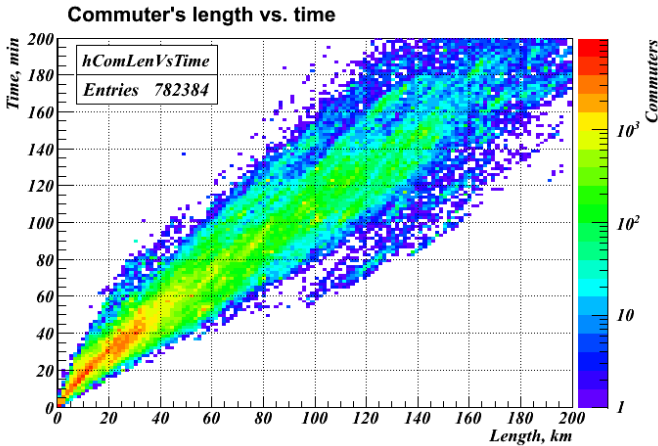
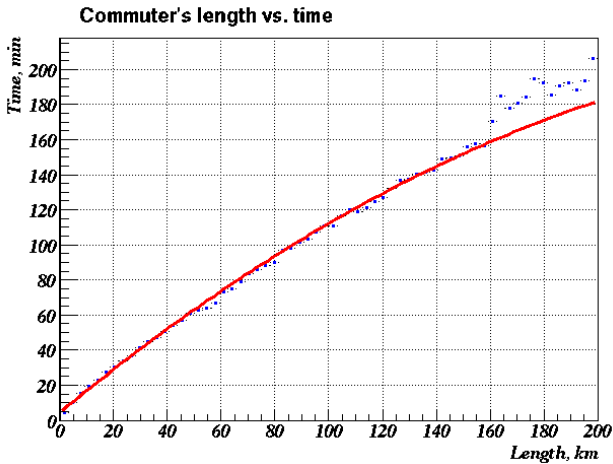


Рис. 1. Реконструкция одного (слева) и нескольких маршрутов (справа) по адресам жительства и работы МТМ из разных районов (платформа Яндекс-карты).

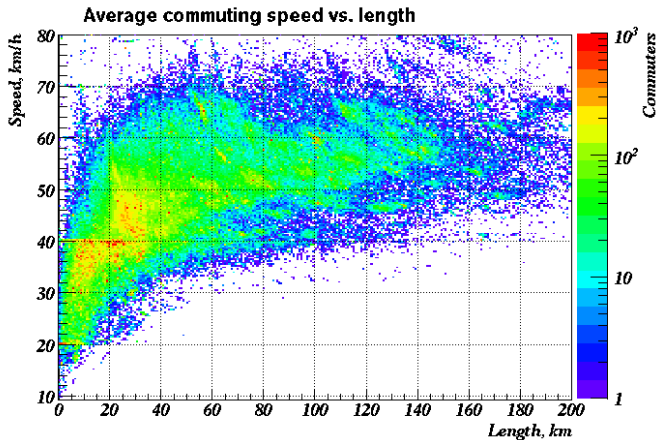


а)

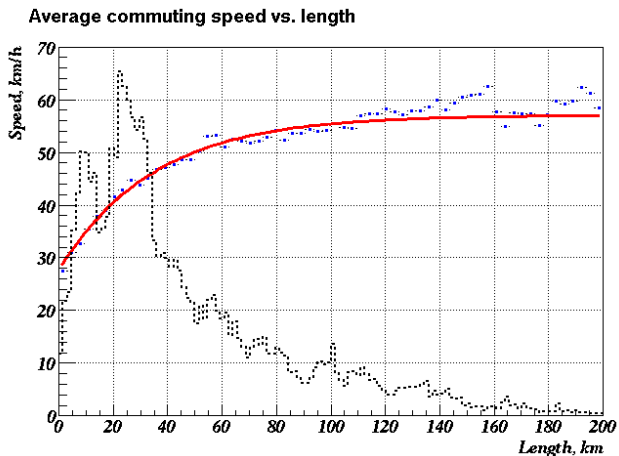


б)

Рис. 2. Зависимость между временем и длиной поездок: двумерное распределение (а) и профиль (б).

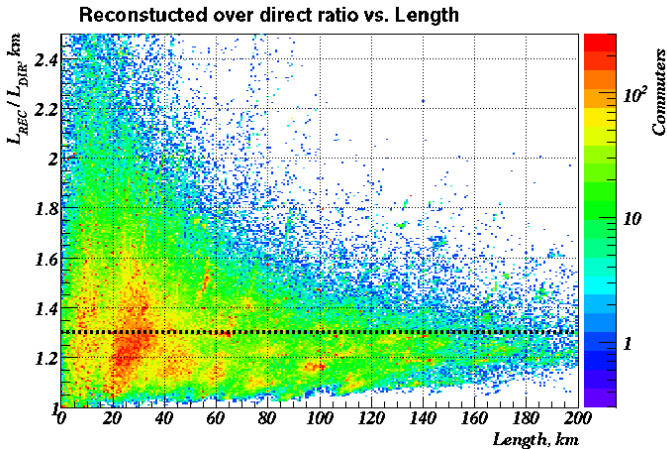


a)

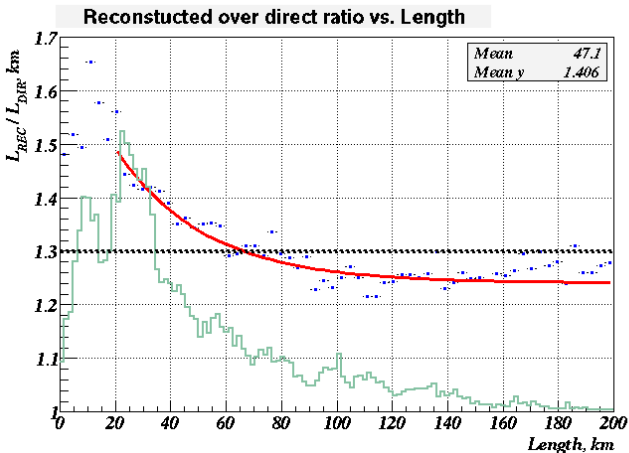


б)

Рис. 3. Зависимость между средней скоростью и длиной поездок МТМ: двумерное распределение (а) и профиль (б). Пунктирной линией показано распределение МТМ по длине поездок.



a)



б)

Рис. 4. Отношения длины реконструированного маршрута МТМ к прямому расстоянию между домом и работой: двумерное распределение (слева) и профиль. Пунктирная линия — коррекция, использовавшаяся в [6]. Серой линией показано распределение МТМ по длине поездов.

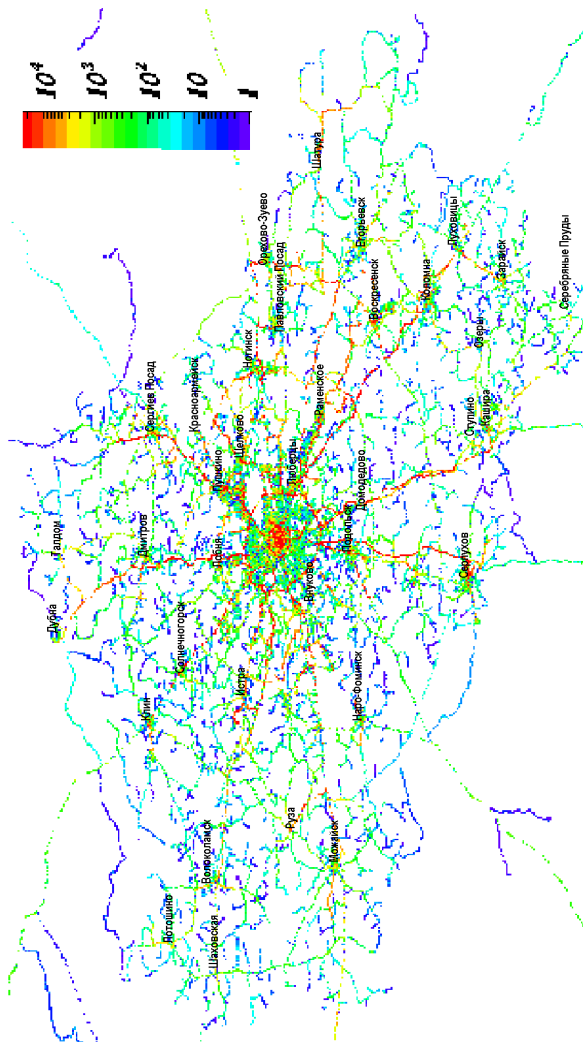


Рис. 8. Карта перемещений МТМ. ГрадIENTная шкала показывает ежедневное количество МТМ, пересекающих отмеченные цветом точки дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Arribas-Bel D., Gerritse M.* Featured graphic. Monocentricity? Commuting flows visually // *Environment and Planning, A44* (2012), P. 2041-2042.
2. *Vaz E.* Spatial Business Landscape of India, IDEAS working paper, <http://ideas.repec.org/a/ris/jspord/0016.html>.
3. *Wood G.* Modelling the ecological footprint of green travel plans using GIS and network analysis: from metaphor to management tool? // *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2003. Vol.30, P. 523-540. URL: <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=b12995>.
4. *Шитова Ю.Ю., Шитов Ю.А.* ГИС-анализ пространственной структуры и потоков маятниковой трудовой миграции в регионе на примере Московской агломерации / *Материалы XIII Международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, ВШЭ. Книга 3. Отв. ред. Е. Ясин. М.: НИУ ВШЭ, 2012, стр. 385-396. URL: http://www.hse.ru/data/2013/01/28/1304832698/book3.pdf*.
5. *Шитова Ю.Ю., Шитов Ю.А.* Микроанализ маятниковой трудовой миграции в Московской области // *Регион: экономика и социология*, 2008, №4, с.119-137.
6. *Aguilera A.* Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille // *Urban Studies (Routledge)*, 2005. Vol.42, P. 1537.

SPATIAL MONITORING OF MIGRANT WORKERS' COMMUTER DISTANCES IN MOSCOW REGION USING GIS-ANALYSIS

Shitova Yu.Yu., Shitov Yu.A.

The paper presents the analysis of spatial patterns of commuting labor migration in Moscow region. We proposed the proprietary methodology for GIS-reconstruction of commuting distances for labor migrants using GIS technology. The results include calculations of distances, travel time and velocity of commuters, radial and two-dimensional travelling patterns as far as the picture of road load. The prospects for future development of methodology are discussed.