

Об оценке социально-экономических эффектов городской железной дороги

Д.Е. Намиот, З.М. Кутузманов, Е.А. Федоров, О.Н. Покусаев

Аннотация— Городским железным дорогам в последнее время уделяется много внимания в задачах, связанных с мобильностью в Умных Городах. Города изменяют свои взгляды на автомобильное движение, и все альтернативные транспортные решения приобретают особую значимость. Проекты, связанные с железнодорожным движением в городе, как дорогие и долговременные, требуют, естественно, полного обоснования. В статье рассматриваются вопросы, связанные с оценкой социально-экономических эффектов городских железных дорог. В работе рассматривается классификация таких эффектов, которые могут быть сгруппированы, например, по таким разделам, как экономика, социальная сфера и окружающая среда. Также речь идет о подходах к практическому вычислению предложенных параметров оценки, о поиске и использовании подходящих наборов данных. Рассмотрение сопровождается примерами оценки проекта организации железнодорожных диаметров в Москве.

Ключевые слова—городская железная дорога; Умный Город; мобильность.

I. ВВЕДЕНИЕ

Оценка социально-экономических эффектов при реализации городских железных дорог (Urban Rail) представляет собой важную тему, которая рассматривается во многих исследованиях. Причины этого достаточно очевидны. Железные дороги (городские железные дороги) есть дорогие и долговременные проекты, которые, естественно, нуждаются в полном обосновании. И социально-экономические эффекты есть важная (если не важнейшая) часть такого обоснования.

Вот, например, данные обследований результатов запуска железных дорог в городах, относящиеся еще к концу 90-х – началу 2000-х годов (именно эта статистика использовалась для обоснования последующих проектов): “6 городов отметили развитие торгового бизнеса в районах, примыкающих к построенной железной дороге, 5 городов отметили рост

строительства в данных районах, 4 города отметили рост занятости в прилегающих районах” [1]

При планировании новых линий городских железных дорог типичные заявления (ожидания) о планах включали в себя развитие жилищного строительства (20 городов), рост занятости (14 городов), развитие ритейла в прилегающих районах (14 городов) [2].

Общий консенсус заключается в том, что железная дорога создает новые дома, офисы и магазины. Отмечается, что городская железная дорога часто изменяет старые индустриальные районы. Они становятся привлекательными для создания центров отдыха и другой активности.

Говоря о новых пассажирах, которых привлекут создаваемые линии, статистические исследования показывают, что 10%-25% из них будут те, кто до этого использовал автомобиль. Количество “бывших” пешеходов (велосипедистов) обычно незначительно. В основном, новые пассажиры – это те, кто и так уже использовал общественный транспорт. Просто теперь они будут совершать больше поездок. И опять-таки, по статистике, многие из этих новых поездок (большинство из них) будут совершаться в центральные районы города, которые ассоциируются с торговыми центрами. Иными словами, эти “новые” поездки чаще всего связаны именно с поездками за покупками [2]. Что, естественно, также дает экономический эффект от железной дороги.

В данной работе мы и хотели бы привести обзор характеристик и методов их оценки, используемых при расчетах социально-экономических эффектов. При этом в качестве примеров того, как могли бы выглядеть такие расчеты, мы использовали так называемый проект железнодорожных диаметров в Москве (рис.1)

Отметим, что работ на русском языке, посвященных данной тематике совсем немного. В частности, мы можем указать диссертацию [4], более ранние работы [5, 6].

Краткий анализ методик оценки социально-экономического эффекта транспорта приводится в работе [7]. В силу краткости, этот анализ интересен только историческими экскурсами типа работы И.С. Блюха “Влияние железных дорог на экономическое состояние России”, изданной еще в 1878 году. Есть достаточно давно изданная работа [8], которая посвящена как раз железнодорожным диаметрам. Приводимые в ней преимущества диаметральных

Статья получена 20 декабря 2017.

Д.Е. Намиот - МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: dnamiot@gmail.com)

З.М. Кутузманов – Российский университет транспорта (МИИТ) (email: zkutuzmanov@mir-initiative.com)

Е.А. Федоров - Российский университет транспорта (МИИТ) (email: efedorov@mir-initiative.com),

О.Н. Покусаев - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: oleg@pokusaev.com)

маршрутов как раз и отмечают социально-экономические эффекты. Например, обеспечение доставки пассажиров в центральные районы города без пересадок, что экономит время, снижает транспортную усталость (повышает лояльность пассажиров в современной терминологии); разгрузка городских видов транспорта, что опять-таки повышает комфортность; сокращение затрат времени пассажиров, что прямо переводится в экономию денежных средств и т.д.

Другая тема, упоминаемая в отечественной литературе – это транспортная усталость пассажиров [9], которая влияет на производительность труда и которая может быть снижена после введения новых транспортных решений.

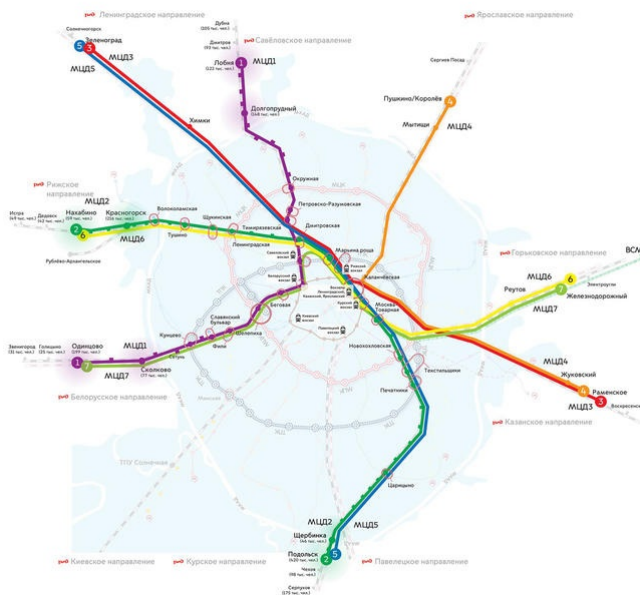


Рис. 1. Московские центральные диаметры [3]

Оставшаяся часть статьи структурирована следующим образом. В разделе 2 описываются подходы к выбору критериев оценки. Раздел 3 посвящен собственно подходам к вычислениям выбранных показателей.

II. ПОДХОДЫ К КРИТЕРИЯМ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Говоря о методике оценки социально-экономических эффектов, можно привести работу [10]. Здесь в наиболее четкой форме представлена градация, повторяющаяся во многих других работах (рис. 2).

На верхнем уровне – 3 группы:

- экономика,
- социальная сфера,
- окружающая среда.

Каждый из этих пунктов, в свою очередь, делится на 3-4 подпункта. Сокращение времени на проезд – есть первый, но не единственный пункт экономического раздела. Соответственно, по каждому из подпунктов должны быть свои модели расчетов указанных показателей.

Например, в части анализа (оценки) сокращения времени на поездки нередко используется понятие достижимости (доступности) [11]. Доступность определяется, главным образом, характером использования территории и характером транспортной системы. По существу, доступность означает легкость, с которой определенное место может быть достигнуто с помощью конкретной транспортной системы [12]. Обычно это измеряется с точки зрения поездки: расстояние, время или стоимость. Чем меньше времени и средств потрачено на поездку, тем больше действий, которые могут быть достигнуты в заданном интервале времени и в пределах определенного бюджета и большей доступности. Любая мера доступности должна включать не менее двух элементов: элемент активности, характеризующийся пространственным распределением и привлечением различных видов деятельности (например, офисный район), и транспортный элемент, который описывается расстоянием, временем или стоимостью поездки для достижения элемента активности.

Мера доступности обычно описывается в терминах набора точек назначения, представляющих собой элементы активности и набора источников, представляющих потенциальных пользователей (посетителей, потребителей) для элементов активности. Индивидуальные пункты назначения могут быть взвешены по их привлекательности. Для торгового центра, например, его привлекательность может быть определена сочетанием таких факторов, как площадь и парковочные места. В случае школы, привлекательность может измеряться в терминах максимального числа учеников, а также диапазона и качества предоставляемых школьных услуг. Источники (потенциальные посетители, пользователи и т.д.) также могут быть взвешены по социально-экономическим факторам, таким как количество жителей, социальные и возрастные классы. Эти факторы отражают уровень потенциала спроса на конкретные виды деятельности.

Sub-objectives	Nr.	Criteria	Indicators
A. Economic Benefits	A.1.	Reduction of travel time	Total travel time saved by the project in both, public and private transport, between the scenarios
	A.2.	Economic efficiency	Fare revenues-Operation costs
	A.3.	Employment generation	Additional Regional Employment
	A.4.	Economic growth	Economic Development Effect
B. Social Benefits	B.1.	Social Equity	Quantified questionnaire responses
	B.2.	Increase in the use of PT	Increase in public transport trips per day
	B.3.	Urban regeneration	Urban regeneration in the vicinity of PT.
C. Environmental Improvements	C.1.	Air Pollution	Reduction of pollutant emissions (Tons/year of CO, SO ₂ , NO _x , lead, PM)
	C.2.	Noise	Percentage of persons that are less affected by noise.
	C.3.	Greenhouse effect	Reduction of emission of CO ₂ (tons/year)
	C.4.	Safety improvements	Reduction of accident costs per year (Euro/car-km.)

Рис.2. Критерии оценки социально-экономических эффектов [10]

Большая мера доступности предполагают, что доступность между источником и элементом активности

(пунктом назначения) прямо пропорциональна спросу и привлекательности, и обратно пропорционально расстоянию, времени или стоимости поездки между ними. Обзор методов оценки доступности можно найти, например, в работах [12, 13, 14]. Используемый инструмент, как правило, GIS-системы. Отметим, что простейшая мера доступности – это количество направлений (пунктов назначения), которые доступны в пределах определенного расстояния (времени в пути, стоимости поездки) от источника. Пример расчета доступности есть в работе [13]. В работе рассчитывалась достижимость выбранной центральной точки из различных районов Сингапура до и после введения нового транспортного маршрута. Ввод нового маршрута на 6% увеличил численность населения, которое живет в 15 минутах езды от центральной станции, на 9% увеличилось количество тех, кто может добраться за 25 минут, и на 10% выросло количество тех, кому достаточно 30 минут.

По сути, речь здесь идет о некоем анализе изохронных линий [15, 16]. Изохронные линии представляют собой нанесенные на карту с определенным интервалом линии, которые означают, сколько времени человеку нужно, чтобы добраться до места, то есть представляют собой зависимость времени и расстояния. Этот подход довольно широко используется, например, при планировании размещения мест торговой активности. Магазины шаговой доступности, которые посещаются несколько раз в неделю по пути домой или на работу (с работы) должны быть в 3 - 5 минут от дома, универсальный (в том числе продуктовый) магазин, который посещается раз в неделю, часто супермаркет – в 10-15 минутах и т.д. Тип магазина важно знать для расчета примерной посещаемости магазина, исходя из его расположения и плотности населения в прилегающих, согласно изохронным линиям, районах.

В работе [17] есть пример изохронных линий для новой транспортной системы Екатеринбурга. На рисунке 3 изохроны показывают зоны доступности района железнодорожного вокзала «Свердловск-Пассажирский».

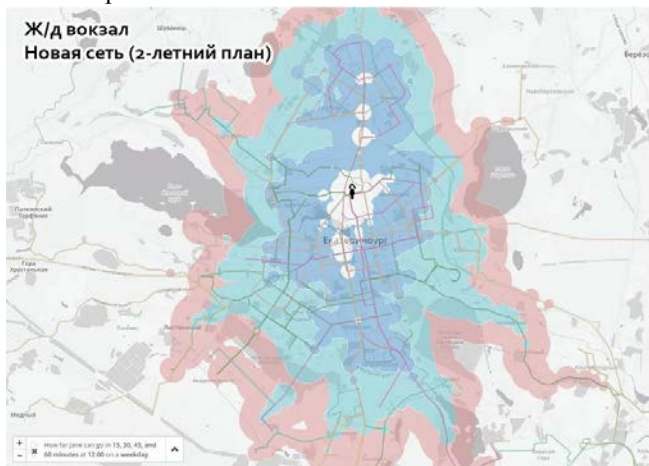


Рис. 3. Изохроны для ЖД вокзала в Екатеринбурге [17]

Это важное место в городе и точка пересадки на поезда дальнего следования до других городов, поэтому

здесь пересекается множество маршрутов, как в существующей, так и в новой сети. Визуально зоны доступности покрывают, например, значительно большую территорию в районе Уралмаша, а также на западе от центра города. В пределах 30 минут от выбранной точки, если добираться на общественном транспорте, в новой маршрутной сети находятся на 13 % или на 77 000 жителей больше, чем в прежней.

На рисунке 4 изображены такого же рода изохроны из Московского проекта общественного транспорта Магистраль

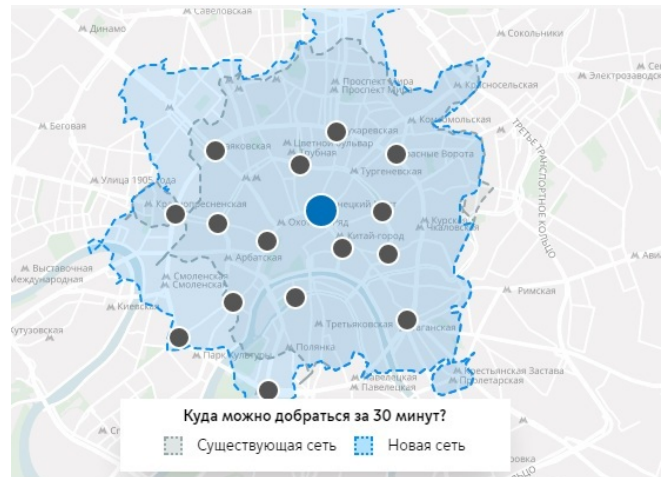


Рис. 4. Изохроны для проекта Магистраль. Источник: <https://www.mos.ru/city/projects/magistral/>

Отметим также, что для разных городов вклад разных критериев, указанных на рисунке 2, также будет разным. Это различие для городов и типов железнодорожного транспорта проиллюстрировано на рисунке 5.

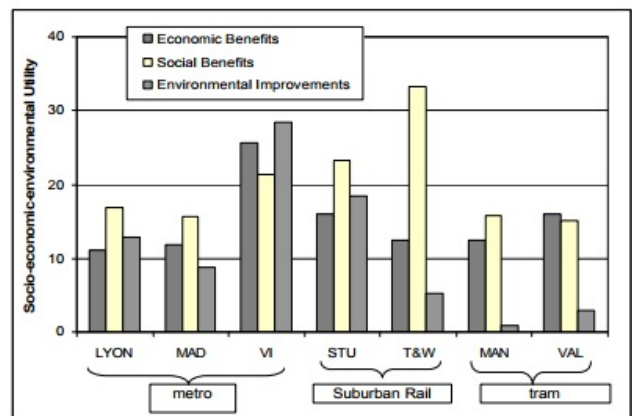


Рис. 5. Сравнительный вклад критериев для разных городов [10].

Отметим, что группа В в классификации на рисунке 2 (Социальные преимущества) сравнима (а зачастую и превышает ее) с экономической группой.

Из явно не указанных на рисунке 2 критериев можно, пожалуй, отметить еще увеличение надежности городской транспортной системы. В условиях развитой транспортной системы города, новая линия городской железной дороги будет, неизбежно, дублировать на некоторых участках существующий транспорт

(например, метро). Это повышает надежность транспортной системы и также разгружает существующие маршруты, что повышает качество (удобство) для пассажиров. Например, для указанной выше модели диаметальной железной дороги в Москве внутри города (Савеловская – Белорусская) она дублирует существующие линии метро, повышая их надежность и разгружая к удобству пассажиров. Примеры расчетов для оценки увеличения надежности есть в работе [18]. Естественно, что самым очевидным эффектом от диаметального маршрута является повышение связности для противоположных (по отношению к центру города) пригородных районов.

Другие критерии, которые встречаются в литературе, перечислены ниже:

- повышение интенсивности использования транспорта гражданами с ограниченными возможностями (это бывает легче обеспечить именно на железной дороге. В частности, поддержка маломобильных пассажиров есть на МЦК)
- повышение качества жизни в связи с более высоким уровнем доступности инфраструктуры
- оптимизация маршрутной сети наземного транспорта
- повышение качества жизни за счет высвобождения пространства от автомобилей
- рост лояльности пользователей общественного

транспорта [19]

- рост туристической привлекательности
- повышение производительности труда [20]

Другим интересным источником классификации (оценки) социально-экономических эффектов городских железных дорог является подробный отчет [21]. Здесь описаны требования (подходы) американской The Federal Transit Authority (FTA). Это основной источник финансирования пассажирских железнодорожных проектов в США. Соответственно, для получения финансирования требуется всесторонняя оценка проекта.

Здесь в критериях (особенно в их расшифровке) есть отличия от тех, которые указаны на рисунке 2. На верхнем уровне критериями развития проекта являются:

- Улучшение мобильности
- Влияние на окружающую среду
- Стоимостные преимущества
- Операционные преимущества
- Поддержка, как существующей политики землепользования, так и будущих моделей
- Другие факторы

Раскрытие этих показателей проиллюстрировано на рисунке 6.

Impact Category	Impact	Measure
Transportation	Cost Effectiveness	Cost per hour of user benefit
Transportation	Travel Time Savings	User benefits per passenger mile
Social	Meet Needs of Transit Dependent	Number of transit dependent individuals using project
Social	Meet Needs of Transit Dependent	Transit dependent benefit per passenger mile
Social	Equity	Share of user benefits received by transit dependents compared to share of transit dependents in the region
Social	Environmental	Non-attainment status of region
Developmental	Supportive Land Use	Existing land use and pedestrian environment
Developmental	Supportive Land Use	Supportive development is occurring in corridor
Developmental	Supportive Policies	Presence of growth management/land conservation plan
Developmental	Supportive Policies	Presence of supportive land use plan
Developmental	Supportive Policies	Presence of supportive zoning
Developmental	Supportive Policies	Tools in place to support public-private partnerships in station area development

Рис. 6. Критерии FTA [21]

В целом, критерии могут быть просуммированы так:

- Железнодорожный проект должен экономить время – как существующим, так и новым пассажирам
- Железнодорожный проект должен обслуживать как транзитные, так и не-транзитные рынки
- Проект железной дороги должен быть расположен в коридорах, где уже осуществляется (планируется) какой-то проект землепользования, определено зонирование и есть модель развития территорий.

Интересно при этом, что все выгоды от транспортировки привязаны только к пользователям системы железных дорог. Иными словами, возможное воздействие железной дороги, например, на автомобилистов в виде уменьшения пробок на дорогах не рассматривается.

Это, пожалуй, самый подробный источник именно с конкретными предложениями. Видимо, он может быть взят за основу в отсутствии отечественных стандартов.

Довольно подробный обзор социально-экономических эффектов для городских железных дорог (включая библиографию) содержится в работе [22]. Выделяемые преимущества:

- более дешевое (в плане строительства) по сравнению с метро
- большая вместительность по сравнению с автобусами, более высокая скорость, более долгое “время жизни” (работы без замены).
- многократно подтвержденная способность привлекать пользователей автомобилей. По статистике, автомобилисты охотнее пересаживаются на городской железнодорожный транспорт, чем на метро или автобусы. Соответственно, городские железные дороги в большей степени, чем другой общественный транспорт, способны к разгрузке дорог от автомобилей
- в загруженных центральных районах города железнодорожный транспорт движется быстрее автобусов

Экономические эффекты внедрения определены UK's Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment (SACTRA) в 1999:

1. Транспортное разблокирование ранее труднодоступных районов города

Impacts of light rail systems on property prices and rents.

Sources: Crocker et al. (2000), Hass-Klau et al. (2004) and Mohammad et al (2013).

% value change	Type	Measure	Location	Source
91 to 71.9	Commercial	n.k	San Diego, USA ^a	Cervero (2003) ^c
50 to -42	Residential	Purchase	Tyne & Wear, UK	Du and Mulley (2007)
46 to -12	Residential	Purchase	San Diego, USA ^a	Cervero (2003) ^c
29.7 & 4.6	Retail	Purchase	Dallas, USA	Weinstein and Clower (1999) ^c
23	Commercial	Purchase	Santa Clara, USA	Cervero and Duncan (2002)
22.7 & 10.1	Office	n.k.	Dallas, USA	Weinstein and Clower (1999) ^c
>20	Residential	Purchase	Newcastle, UK	Hass-Klau et al (2004)
18.2 & 7.2	Residential	Purchase	Dallas, USA	Clower and Weinstein (2002) ^c
16.6 & 5.7	Residential	Purchase	San Diego, USA	Duncan (2008) ^c
10.6	Residential	Purchase	Portland, USA	Al-Mosaind et al. (1993) ^c
10.5	Residential	Purchase	Portland, USA	Chen et al. (1997) ^c
>10	Residential	Purchase	Greater Manchester, UK	Hass-Klau et al (2004)
>10	Residential	Purchase & rent	Rouen, France	Hass-Klau et al (2004)
>10	Residential	Purchase	Portland, USA	Hass-Klau et al (2004)
10 to 7	Office	Rent	Santa Clara, USA	Weinberger (2001)
7.7 to -5.2	Residential	Purchase	Dallas, USA	Weinstein and Clower (1999) ^c
>7	Residential	Rent	Strasbourg, France	Hass-Klau et al (2004)
6.5	Residential	Purchase	Portland, USA	Dueker and Bianco (1999)
>5	Residential	Rent	Portland Gresham, USA	Hass-Klau et al (2004)
>5	Residential	Rent	Hannover, Germany	Hass-Klau et al (2004)
>3	Residential	Rent	Freiburg, Germany	Hass-Klau et al (2004)
2.6 to 0.13	Residential	Purchase	Seoul, South Korea	Bae et al. (2003) ^c
Small increase	Residential	n.k.	Nantes, France	Hass-Klau et al (2004)
0 ^b	Residential	n.k.	Orleans, France	Hass-Klau et al (2004)
0 ^b	Residential	n.k.	Saarbrücken, Germany	Hass-Klau et al (2004)
0 to -7	Residential	Purchase	Sheffield, UK	Crocker et al. (2000)
-7	Office	Rent	Atlanta, USA	Bollinger et al. (1998) ^c

Рис. 7. Статистика по изменению цен на недвижимость после запуска городской железной дороги [22].

III ПОДХОДЫ К ВЫЧИСЛЕНИЯМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Если говорить, например, об оценках достижимости для потенциальных диаметральных линий в Москве, то введение регулярного движения на Смоленско-Савеловском диаметре (при сохранении текущей скорости движения) повышает доступность кольцевой линии Московского метро, например, для района Долгопрудного. Сейчас время движения по маршруту Долгопрудный – Белорусская (рис. 8) – 34 минуты. При

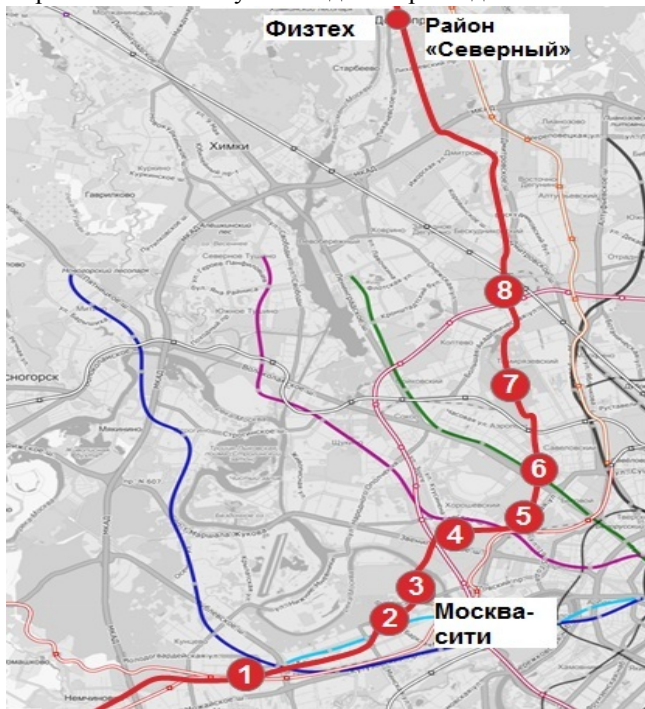
2. Активизация нового роста за счет устранения существенных транспортных ограничений
3. Стимулирование внутренних инвестиций
4. Географическое расширение рынка труда (новые рабочие места в ранее транспортно-недоступных районах, лучшая мобильность для работников из ранее транспортно-недоступных районов)
5. Реорганизация или рационализация производства, распределения и использования земель.
6. Увеличение стоимости земли и имущества.

Относительно последнего пункта, во всех работах отмечается, что цена недвижимости, в принципе, может меняться в обе стороны. Непосредственно поблизости от новых железнодорожных станций она может даже падать, в пешей достижимости от новой транспортной линии – расти. Рисунок 7 демонстрирует пример собранной статистики по изменению цен (первый столбец):

этом в расписании (<https://www.tutu.ru/rasp.php?st1=29404&st2=101>) есть перерывы по 3 часа и интервалы между поездами в 25-40 минут. Регулярное движение с интервалом, например, в 5 минут гарантированно дает возможность жителям Долгопрудного (Физтех-парк и т.д. – более 100 000 человек населения - <https://riamo.ru/article/35397/chislennost-naseleniya-dolgoprudnogo-k-2017-g-mozhet-prevysit-100-tysyach.xl>) достичь центра города за 40 минут. По отношению к Белорусской точно такая же транспортная доступность сейчас - это районы Жулебино-Выхино или Пражская (по данным Яндекс.Метро).

При этом для конечных точек (кусков) диаметра больше 60% населения ездит в центр города. Это

следует из исследования маятниковой миграции КБ Стрелка. Конечные участки диаметра выделены зеленым цветом на рис. 11.



Станция ж/д	Пересадка на станции метро	Время пересадки (н)
1 Кунцево	Кунцевская (ФЛ) Кунцевская (АПЛ) Можайская (ТПК)	5
2 Фили	Фили (ФЛ)	1
3 Тестовская	Шелепиха (МЦК) Международная (ФЛ) Шелепиха (ТПК)	10
4 Беговая	Беговая (ТКЛ)	1 (теп контур)
5 Белорусский вокзал	Белорусская (ЗЛ) Белорусская (Кольцо)	2
6 Савёловский вокзал	Савёловская (СТЛ) Савёловская (Кольцо) Нижняя Масловка (ТПК)	1 (теп контур)
7 Тимирязевка	Тимирязевская (СТЛ)	1 (теп контур)
8 Окружная	Окружная (МЦК) Окружная (ЛДЛ)	3

Рис. 8. Движение по маршруту Долгопрудный – Белорусская. Источник: презентация Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы

Другая оценка достижимости приведена на рисунке 9. Керамический проезд, пешеходная доступность для

станции Бескудниково. Время движения на электричке до станции Белорусская – 23 минуты (это по текущему расписанию). Но при этом мы имеем большое время ожидания и перерывы - см. выше). Альтернативные маршруты (доступные сейчас и их время) как раз и представлены на рисунке 9.

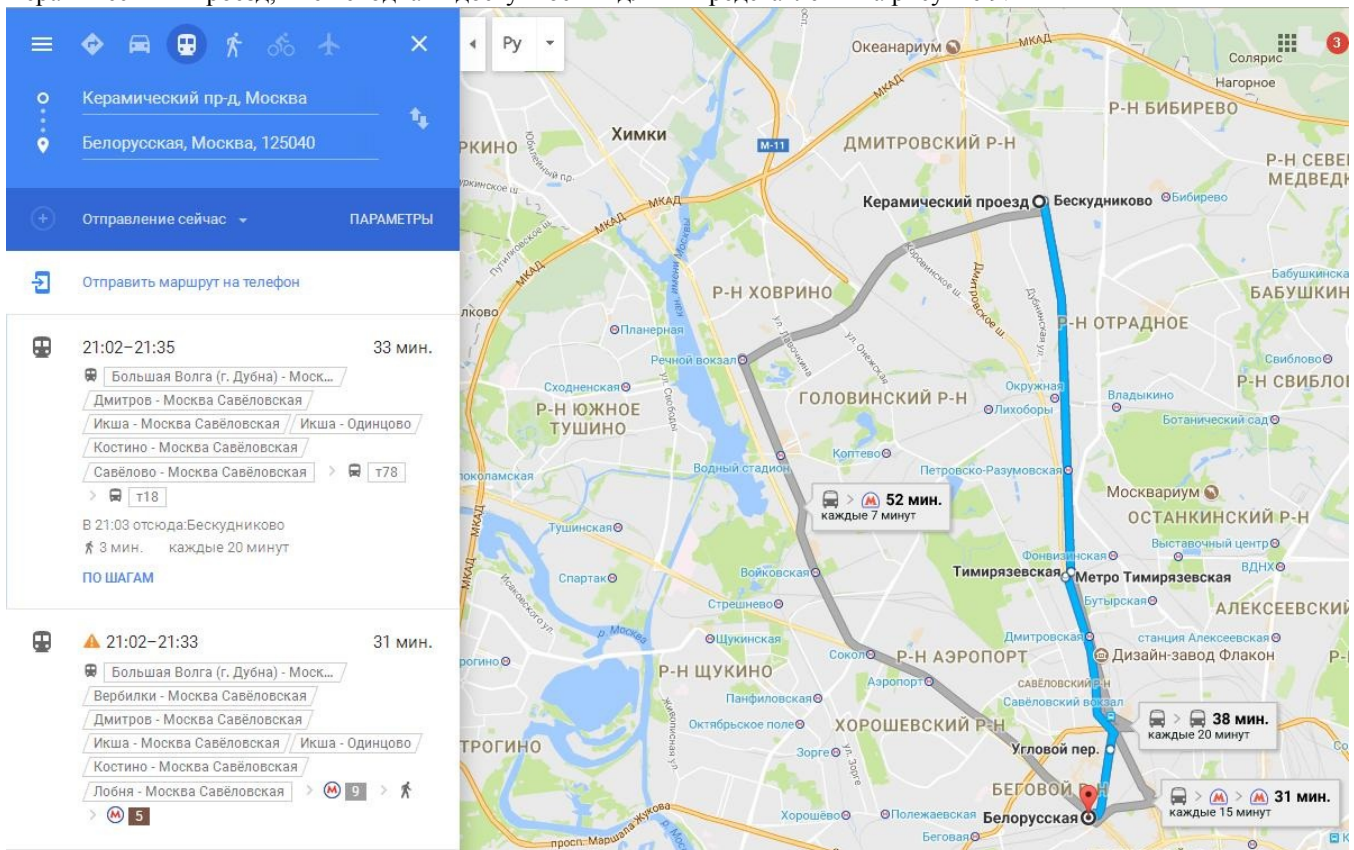


Рис. 9. Существующая транспортная доступность района Керамический проезд.

Экономия времени при введении диаметра: 8+ минут. Плюс – это будет один вид транспорта, что более

комфортно для пассажиров (снижение транспортной усталости). Одним из следствий увеличения достижимости является увеличение возможного количества маршрутов.

Другая иллюстрация достижимости (и подхода к расчетам) приведена на рисунке 10. Здесь рассматривается достижимость московского метрополитена за 30 минут от станции Новодачная (МФТИ).

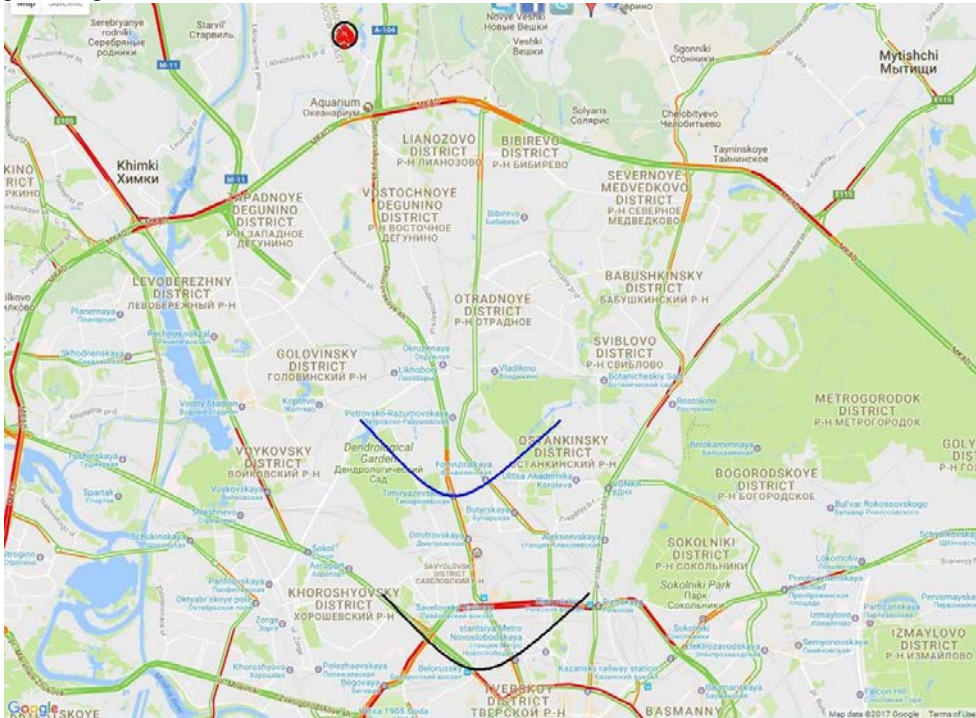


Рис. 10. От Новодачной до метро

До введения железнодорожного диаметра за 30 минут можно добраться от платформы Новодачная до станции метро Тимирязевская, после запуска диаметра – до станции метро Белорусская. Соответственно, можно подсчитать выигрыш по времени. Согласно данным Яндекс.Метро перемещение от станции Тимирязевская до кольцевой линии занимает 10 минут (это 1/3 пути до Тимирязевской), от Тимирязевской до Белорусской (зеленая линия) - 15 минут (1/2 пути до Тимирязевской).

Сокращение времени поездок обычно пересчитывается в денежный формат, для получения величины экономического эффекта. Наиболее очевидным и простым с точки зрения измеримости в денежном эквиваленте является вариант, при котором пользователь транспортной сети потратит высвобождаемое от поездки время на работу. Соответственно, в этом случае эффект от высвобождения дополнительного времени будет равен потенциальному дополнительному доходу пользователей железной дороги. Для оценки суточного эффекта можно использовать следующую формулу:

$$E = (T_1 - T_0) * R * W \quad (1)$$

Где:

T_1 - среднее время поездки до введения железнодорожного движения (в часах)

T_0 - среднее время поездки после введения железнодорожного движения (в часах);

R - количество поездок в сутки

W - стоимость часа (например, средняя почасовая зарплата)

В предположении, что скорость движения у нас не изменилась, выигрыш для пассажиров будет состоять в

изменении времени ожидания. Текущее расписание, например, для движения Белорусская – Лобня опубликовано и доступно (например, здесь: <https://www.tutu.ru/rasp.php?st1=101&st2=29804>). Если мы разобьем весь интервал с 5 до 23 часов на 5-минутные интервалы и предположим, что пассажиры у нас прибывают на станцию равномерно, то с помощью простого имитационного моделирования можно определить, что среднее время ожидания для пассажира – 41 минута. Если не учитывать перерывы в движении (в модели, пассажир, которому выпадало ждать более 60 минут, просто не учитывался) – то 19 минут. Взяв среднюю почасовую зарплату в Москве (эти данные также публикуются) можно перевести эти сэкономленные минуты в рубли на поездку. В данном случае речь идет о существующих пассажирах, и их количество может быть оценено по матрицам корреспонденции для станций диаметра. Более точные данные могут быть получены, если как-то более точно моделировать время появления пассажиров (очевидно, что на практике оно не является равномерным, существуют пиковые периоды утром и вечером). В принципе, данные о распределении времени прихода есть у железнодорожников.

Расчеты выше относились к существующим пассажирам. Для оценки возможного количества новых поездок можно попробовать оценить количество поездок (некоторый коэффициент мобильности) на человека в прилегающих районах (см. ниже про маятниковую миграцию) и взять соответствующую долю жителей прилегающих районов. Именно такой подход предлагался в упоминавшейся работе [8]. Из более свежих отечественных работ можно упомянуть [23, 24] и диссертацию [25].

Отметим, что время написания этих работ относится к

тому периоду, когда еще не использовались данные мобильных операторов для оценки миграции городского населения. А именно эта информация есть наиболее доступный источник данных о перемещениях между районами.

Можно также попробовать оценить эти коэффициенты мобильности по данным загрузки Московского кольца (существующий пример городской железной дороги). На МЦК следующие станции: «Коптево», «Белокаменная», «Песчаная», «Николаевская» и «Соколиная гора» открыты в районах, где не было доступного метро. И это сложившиеся жилые районы. Пассажиры этих станций – это в какой-

то степени “новые” пассажиры для транспорта. Было бы интересно оценить входящий трафик на этих станциях в процентах к жителям в пешеходной доступности. Этот процент можно было использовать в применимости к жителям районов, где диаметр заменяет метро.

На рисунке 11 отображается так называемая маятниковая миграция. Более яркий цвет соответствует большему количеству поездок жителей районов в центр мегаполиса. Эта информация рассчитывается по данным сотовых операторов. Зеленые прямоугольники выделяют области, расположенные вокруг предполагаемого маршрута диаметра. Это зоны высокой маятниковой миграции.

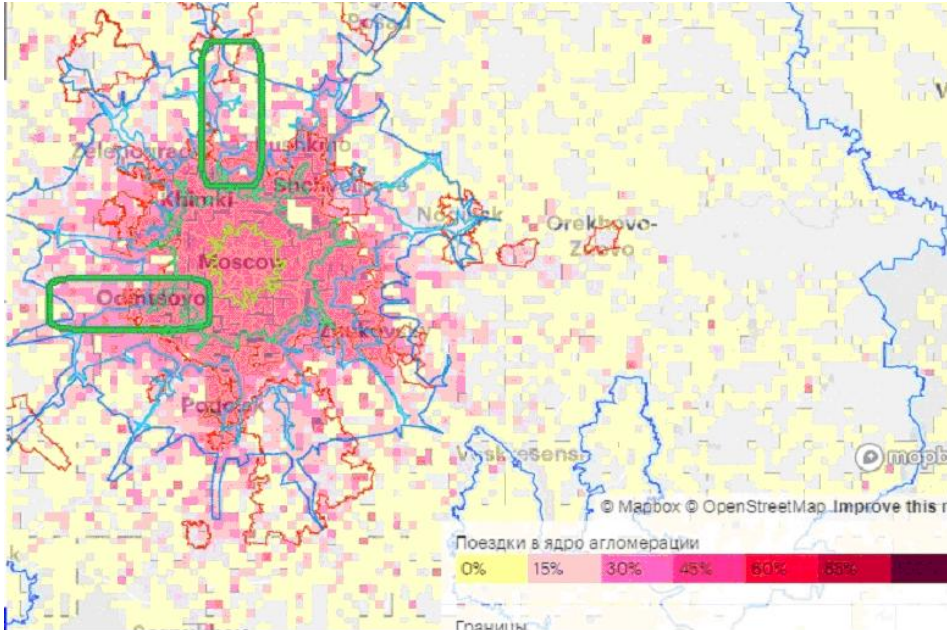


Рис. 11. Маятниковая миграция на участках диаметра.
Источник: <https://agglomeration.ru>

рабочее время, то она подтверждает данные рисунка 11 для интересующих нас районов Долгопрудного и Одинцово. Это районы доноры. Жители выезжают оттуда на работу ближе к центру (рис. 12)

Если отдельно рассматривать карту плотности в

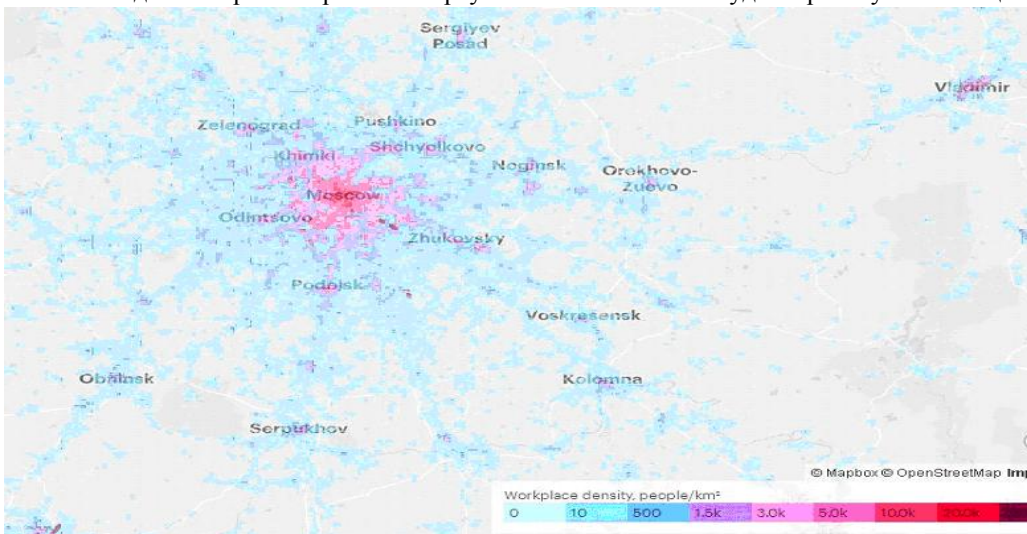


Рис. 12. Плотность населения в рабочее время.
Источник: <http://agglomerations.ru>

Отметим, что в проекте реорганизации общественного транспорта Москвы Магистраль также использовались данные мобильных операторов для оценки миграции.

Это следует из презентации проекта <https://www.mos.ru/city/projects/magistral/>: “то, сколько и как люди ездят по Москве, было главным критерием, по которому мы ориентировались” - см. информацию о плотности жителей и работников по данным сотовых операторов. На глобальном уровне такого рода

информацию собирает, например, программа Google Urban Mobility [26]. Также в этой связи можно упомянуть проект SideWalk (городская лаборатория Google) Flow [27].

Для оценки “появления” новых пассажиров на железнодорожном диаметре можно воспользоваться простым предположением. Допустим, диаметр запущен. Можно исходить из того, что все существующие (существовавшие на момент запуска диаметра) пассажиры общественного транспорта, для кого диаметр обеспечит сокращение времени поездки, переключатся на него. Это позволит пересчитать матрицы корреспонденции и, соответственно, уточнить цифру экономии времени (и, естественно, соответствующую стоимость).

Отдельный вопрос – это оценка количества автомобилистов, которые оставят свои машины и переседадут на железнодорожный транспорт. Этот вопрос обсуждается ниже.

Также предлагаются различные математические модели для оценки социально-экономических эффектов. Как пример можно привести работу [28]. Как правило, модели тяготеют к макроэкономическим показателям и требуют довольно больших наборов исходных данных. Например, в указанной выше работе в качестве исходных параметров модели требуются данные о количестве поездок на железной дороге и в автомобилях, количество происшествий, рост занятости, средняя длина поездки и т.д. [28]. Как программы моделирования используются приложения от Vensim [29].

В части оценок экологических эффектов от внедрения городской железной дороги в большинстве случаев также используют расчеты с помощью GIS- систем. Например, в работе [30] приводится расчетный пример сравнения выбросов до и после внедрения городской железной дороги.

Работа [31] является практическим примером расчетов изменения стоимости жилья, связанного с введением в строй городской железной дороги. В этой части измерений существует разброс в результатах. Авторы в [32] отмечают изменений в характере использования территорий, прилегающих к железной дороге после ее введения в эксплуатацию. В работе [31] и ее довольно обширном обзоре литературы говорится, скорее, о косвенном эффекте. Например, для Китая наличие и качество школ играет важную роль в стоимости жилья (жилье в “школьном” округе стоит дороже). Городская железная дорога облегчает “достижимость” школ.

На макро-уровне есть работы, описывающие как разрезать город радиальными линиями железной дороги [33]. В случае московского диаметра рассматривается использование уже существующей дороги (после модификаций), но мы можем проанализировать условия, использованные в модели. Тут, на наш взгляд, необходимо выделить два момента. Во-первых, основа спроса – это плотность населения. В данной модели – между двумя радиальными линиями, в нашем случае –

около одной линии диаметра. Во-вторых, модели исходят из предположения поездок с окраин в центральный район (CBD – Central Business District в статье). В случае же московского диаметра, не в центре, а на его концах есть две мощных точки притяжения – Физтех (Физтехпарк) и Сколково. Для них есть прогноз (бизнес-план) загрузки (заселения). Соответственно – это бизнес-план по новым пассажирам диаметра.

Если говорить о ценах на жилье, то можно отметить, что данные по Москве после запуска МКЖД подтверждают выводы работы [22]: “Цены на квартиры рядом с Малым кольцом Московской железной дороги будут меняться в зависимости от района и типа жилья” [34]. Вместе с тем, во всех работах отмечается, что на самом деле тяжело (невозможно) выделить эффект только от железной дороги. Другим моментом является то, что большинство оценок (кроме достижимости районов) – это пост-вычисления. Иными словами, это сравнение некоторых данных до запуска городской железной дороги с такими же данными после запуска, а никак не предсказательная модель.

Типичный пример – исследование [35], которое подтверждает, что те, кто проживает в пешеходной доступности от новой линии городской железной дороги в Лос-Анжелесе, проезжают на машине в день на 10 миль меньше, чем их соседи. А цифры эти были получены на контрольной группе жителей, которым были выданы устройства для записи перемещений. При этом транспортное поведение такой выбранной группы отслеживается 7 дней ежегодно, начиная с 2012 года. Исследование [36] о предпочтениях пассажиров в выборе автобуса или городской железной дороги (чем более плотное население – тем более предпочтительна железная дорога, из-за отсутствия пробок) основано на опросах. Отметим, что в данном случае, по критерию преодоления пробок, городские железные дороги в Москве будут явно вне конкуренции. Цифровые оценки возможной зависимости от автомобилей (необходимости использовать автомобиль для ежедневных поездок) проводятся путем детального выделения на микро-уровне возможных мест работы (точек притяжения) и определения их достижимости за определенное время (30 минут) [37]. Вместе с тем, необходимо отметить, что в целом ряде исследований представлена и противоположная картина. Городские железные дороги сами по себе не заставляют отказаться от поездок на автомобиле [38]. Более того, после некоторой начальной разгрузки дорог может вступить в действие скрытый спрос на поездки. Люди не ездили из-за пробок. Как только пробки несколько уменьшатся, то новые водители выедут на дорогу. В схожем по заключениям обзоре [39] отмечалось, что реальное улучшение ситуации было отмечено (Стокгольм) только тогда, когда с водителей стала взиматься плата за стояние в пробках при наличии альтернативы в виде городской железной дороги. В [40] это отмечается как общая проблема, когда строительство новых дорог наоборот увеличивает число водителей. Вместе с тем, совершенно точно, что железная дорога привлекает

пассажиры автобусов. И вот автобусное движение может уменьшиться. В более общем плане – это свидетельство о том, что городам нужны целые программы по изменению модальности жителей в плане выбора транспорта. Примером довольно подробного разбора таких программ служит работа [41]. На рисунке 13 из этой статьи изображены предпочтения жителей по выбору транспорта. В приоритетах: простота использования и частота/надежность.



Рис. 13. Требования к общественному транспорту [41].

Отметим, что рост лояльности пассажиров и повышение производительности труда также связаны с сокращением времени на поездки (ожидания) и пересадки.

Все исследования отмечают, что водители пересаживаются на железнодорожный транспорт. По крайней мере, в альтернативе автобус – железная дорога большинство отказывающихся от автомобилей выбирают именно городскую железную дорогу (автобус – это те же пробки, только с меньшим комфортом).

Исследование Яндекса [42] показывает, например, постоянную утреннюю загруженность автомагистралей в районе рассматриваемого диаметра (рисунок 14).

40 От МКАД до Садового кольца, мин
33 От МКАД до ТТК, мин

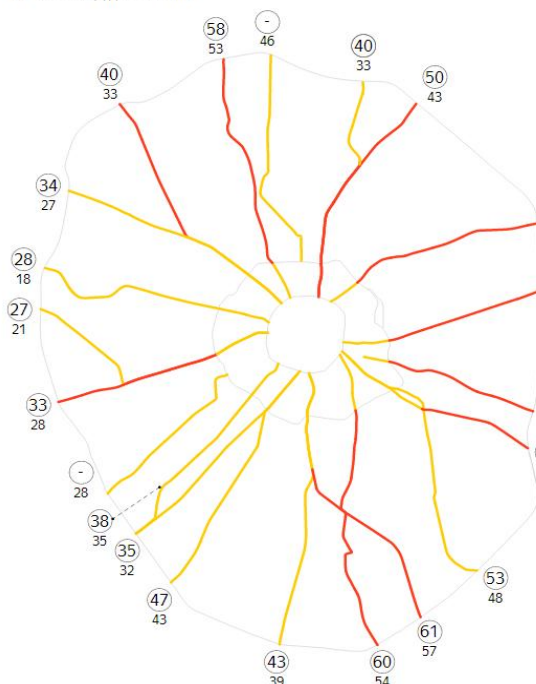


Рис. 14. Загруженность автомагистралей [42]

Соответственно, железная дорога на рассматриваемом

диаметре – это прямая экономия времени. Оценка, которая встречалась в нескольких работах – это 25% новых пользователей городской железной дороги, которые переседают из автомобилей. При денежной оценке экономии времени для таких пассажиров иногда используют более высокое значение средней стоимости часа.

Отметим также, что в плане получения более точной оценки возможных переходов автомобилистов в пассажиры железной дороги необходимо сначала оценить количество пользователей, перемещающихся вдоль линий диаметра на автомобиле. Теоретически здесь также может помочь информация о миграции. Миграция (по данным операторов) показывает перемещение всех пользователей. Соответственно за вычетом данных о пассажирах общественного транспорта (по валидаторам), можно получить оценку для количества автомобилистов.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Hue R. Light Rail, the City and its People //The Effects of Light Rail on City Environments and the Modal Split between Public and Private Transport (UITP, International Light Rail Commission). – 1997.
- [2] Crampton G. Economic development impacts of urban rail transport. – 2003.
- [3] Московские центральные диаметры. Каким будет новое наземное метро. <https://www.m24.ru/articles/stroitelstvo/16112017/151562> Retrieved: Dec, 2017
- [4] Гольская Ю. Н. Оценка влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие региона //автореф... канд. экон. наук. – 2013. – Т. 8.
- [5] Гольская Ю. Н., Кузнецова И. А. Оценка влияния транспорта на социально-экономическое развитие регионов //Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2010. – №. 5.
- [6] Арбузов К. Ю. Методические подходы к оценке потерь народного хозяйства из-за недостаточного развития транспортной инфраструктуры //Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала СО Макарова. – 2013. – №. 1 (17).
- [7] Аргамонов Р. Е. и др. Оценка социально-экономического эффекта публикации открытых данных на примере данных общественного транспорта Москвы; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», Центр анализа деятельности органов исполнительной власти. – 2015.
- [8] Бещева Н. И. Железнодорожные диаметры в больших городах //М.: Трансжелдориздат. – 1961.
- [9] Дмитриев А. В. и др. Повышение эффективности и качества доставки пассажиров в городских условиях //Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2010. – Т. 10. – №. 3.
- [10] Cascajo R. Socio-Environmental benefits of rail urban projects: An European Benchmarking //Proceedings of the European Transport Conference. – 2004. – Т. 46.
- [11] Zhu X., Liu S. Analysis of the impact of the MRT system on accessibility in Singapore using an integrated GIS tool //Journal of Transport Geography. – 2004. – Т. 12. – №. 2. – С. 89-101.
- [12] Morris J. M., Dumble P. L., Wigan M. R. Accessibility indicators for transport planning //Transportation Research Part A: General. – 1979. – Т. 13. – №. 2. – С. 91-109.
- [13] Liu S., Zhu X. An integrated GIS approach to accessibility analysis //Transactions in GIS. – 2004. – Т. 8. – №. 1. – С. 45-62.
- [14] Gutiérrez J., Condeço-Melhorado A., Martín J. C. Using accessibility indicators and GIS to assess spatial spillovers of transport infrastructure investment //Journal of transport geography. – 2010. – Т. 18. – №. 1. – С. 141-152.
- [15] O'Sullivan D., Morrison A., Shearer J. Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: an isochrone

- approach //International Journal of Geographical Information Science. – 2000. – Т. 14. – №. 1. – С. 85-104.
- [16] Zeng W. et al. Visualizing mobility of public transportation system //IEEE transactions on visualization and computer graphics. – 2014. – Т. 20. – №. 12. – С. 1833-1842.
- [17] Новая сеть маршрутов общественного транспорта Екатеринбурга <http://www.ekatransit.ru/isochrones/> Retrieved: Dec, 2017
- [18] Kato H., Kaneko Y., Soyama Y. Economic benefits of urban rail projects that improve travel-time reliability: Evidence from Tokyo, Japan //Transport policy. – 2014. – Т. 35. – С. 202-210.
- [19] Shifan Y., Barlach Y., Shefer D. Measuring passenger loyalty to public transport modes //Journal of Public Transportation. – 2015. – Т. 18. – №. 1. – С. 7.
- [20] Angel S., Blei A. M. The productivity of American cities: How densification, relocation, and greater mobility sustain the productive advantage of larger US metropolitan labor markets //Cities. – 2016. – Т. 51. – С. 36-51.
- [21] Arndt J. C. et al. Transportation, Social and Economic Impacts of Light and Commuter Rail //Texas Transportation Institute Technical Report prepared for the Texas Department of Transportation. – 2009
- [22] Knowles R. D., Ferbrache F. Evaluation of wider economic impacts of light rail investment on cities //Journal of Transport Geography. – 2016. – Т. 54. – С. 430-439.
- [23] Персианов В. А. и др. Проект «Городские железные дороги России» //Вестник транспорта. – 2014. – №. 5. – С. 2-10.
- [24] Беднякова Е. Б., Глухов А. К., Пивоваров А. Д. Проблемные вопросы развития городского пассажирского транспорта //Вестник транспорта. – 2012. – №. 7. – С. 2-7.
- [25] Беднякова Е. Б. Повышение эффективности использования железнодорожного транспорта для обслуживания населения крупных городов и пригородных зон: дис. – Елизавета Борисовна Беднякова.—М.: Государственный университет управления, 2000.
- [26] Google Urban Mobility <https://europe.googleblog.com/2015/11/tackling-urban-mobility-with-technology.html> Retrieved: Dec, 2017
- [27] SideWalk Flow <http://www.flowmobility.io/> Retrieved: Dec, 2017
- [28] Yang Y., Zhang P., Ni S. Assessment of the Impacts of Urban Rail Transit on Metropolitan Regions Using System Dynamics Model //Transportation Research Procedia. – 2014. – Т. 4. – С. 521-534.
- [29] 13. Industrial strength simulation software for improving the performance of real systems <http://vensim.com/free-download/> Retrieved: Dec, 2017
- [30] Environmental & Socio-Economic Impacts of Mass Rapid Transit Using GIS http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc15/papers/1119_585.pdf Retrieved: Dec, 2017
- [31] Zhang X. et al. Do Urban Rail Transit Facilities Affect Housing Prices? Evidence from China //Sustainability. – 2016. – Т. 8. – №. 4. – С. 380.
- [32] Hurst N. B., West S. E. Public transit and urban redevelopment: The effect of light rail transit on land use in Minneapolis, Minnesota //Regional Science and Urban Economics. – 2014. – Т. 46. – С. 57-72.
- [33] 30. Saidi S., Wirasinghe S. C., Kattan L. Long-term planning for ring-radial urban rail transit networks //Transportation Research Part B: Methodological. – 2016. – Т. 86. – С. 128-146.
- [34] Городская электричка: как Малое кольцо изменит цены на жилье в Москве <https://realty.rbc.ru/news/577d20399a7947a78ce90f49> Retrieved: Dec, 2017
- [35] Spears S., Boarnet M. G., Houston D. Driving reduction after the introduction of light rail transit: Evidence from an experimental-control group evaluation of the Los Angeles Expo Line //Urban Studies. – 2017. – Т. 54. – №. 12. – С. 2780-2799.
- [36] Shirgaokar M. Riding LRT or taking the Bus? Examining Variation in Social Equity within the Transit Market across a City Geography 2. – 2017. – №. 17-04992.
- [37] Wiersma J., Bertolini L., Straatemeier T. Adapting spatial conditions to reduce car dependency in mid-sized 'post growth' European city regions: The case of South Limburg, Netherlands //Transport policy. – 2017. – Т. 55. – С. 62-69.
- [38] Does Light Rail Really Encourage People to Stop Driving? <https://www.citylab.com/transportation/2013/02/does-light-rail-encourage-people-stop-driving/4800/> Retrieved: Oct, 2017
- [39] Do light-rail systems help cut down on traffic? Perhaps not. <https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2013/02/27/do-light-rail-systems-help-cut-down-on-traffic-perhaps-not/> Retrieved: Dec, 2017
- [40] DOES TRANSIT REALLY REDUCE CONGESTION? Despite what you may think, bus and rail may not do much to ease gridlock <http://www.sightline.org/2011/02/25/can-better-transit-reduce-congestion/> Retrieved: Dec, 2017
- [41] Batty P., Palacin R., González-Gil A. Challenges and opportunities in developing urban modal shift //Travel Behaviour and Society. – 2015. – Т. 2. – №. 2. – С. 109-123.
- [42] Пробки в Москве 2013 – 2017 https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow_traffic_2017 Retrieved: Dec, 2017

On the assessment of socio-economic effects of the city railway

Dmitry Namiot, Zagit Kutuzmanov, Egor Fedorov, Oleg Pokusaev

Abstract— Urban railways have recently received a lot of attention in the tasks related to mobility in Smart Cities. Cities change their views on automobile traffic, and all alternative transport solutions become particularly important. Projects related to railway traffic in the city are both expensive and long-term. So, they require, of course, a full justification. The article deals with issues related to the assessment of socio-economic effects of urban railways. The paper considers the classification of such effects, which can be grouped, for example, into such sections as the economy, the social sphere, and the environment. We are also talking about approaches to the practical calculation of the proposed evaluation parameters, the search for and use of suitable data sets. The examination is accompanied by examples of the evaluation of the project of the organization of railway diameters in Moscow.

Keywords—Urban railways; Smart City; mobility.