

Машкин Аркадий Львович

канд. экон. наук, доцент

Гниненко Елизавета Владиславовна

преподаватель

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет

геодезии и картографии»

г. Москва

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

***Аннотация:** транспорт и землепользование влияют друг на друга динамичным и сложным образом [1]. Доступность, обеспечиваемая транспортом, влияет на решения о зональном планировании, а землепользование определяет необходимость пространственного взаимодействия. Транспортная инфраструктура является важным компонентом концепции устойчивого развития территорий [2] из-за ее двойного вклада: с одной стороны, транспортная инфраструктура определяет условия физической доступности землепользования; с другой стороны, организация землепользования определяет потребности в развитии транспортной инфраструктуры. Как транспортная инфраструктура, так и землепользование формируют искусственную и естественную среду. Это двойное взаимодействие имеет особое значение в контексте современных целостных подходов к устойчивому планированию и проектированию, а также в контексте центральной роли транспорта в решении глобальных проблем, таких как изменение климата, рационального землепользования, общественного и социального развития. Кроме того, появление новых решений в области мобильности и внедрение разрушительных транспортных инноваций требуют нового подхода к транспортной инфраструктуре и территориальному развитию [3]. В статье дается представление о структуре взаимодействия землепользования и транспорта, а также взаимосвязи таких подходов к земельному планированию в крупных мегаполисах, или странах, имеющих компактную территорию [4], описанию основных компонентов интегрированных моделей транспортного*

землепользования и фундаментальных концепций, связывающих транспорт и землепользование, таких как мобильность и доступность.

Ключевые слова: *транспортная инфраструктура, модель взаимодействия землепользования и транспорта, дискретное моделирование территорий.*

Взаимосвязь между компонентами пространственной транспортной инфраструктурой и формированием земельной политики постоянно приводят к преобразованиям в городских агломерациях и их транспортных системах [5]. Эти изменения, будь то постепенные или быстрые, заметно влияют на структуру городских пространств, их планировку и то, как используется земля, и какие возможные варианты ее использования могут быть предложены, что в конечном итоге формирует рыночную стоимость того или иного земельного участка [6]. Трансформации концепций часто следуют определенной траектории, концепции, которую можно назвать как «зависимость от пути» [7]. Этот метод предполагает, что после выбора определенного пути или курса развития последующие разработки, как правило, соответствуют этому пути, что затрудняет отклонение от него. Например, доминирование автомобилей в транспортной системе США с 1950-х годов иллюстрирует этот путь. Напротив, такие города, как Шанхай в Китае, полагались на велосипеды для мобильности и поездок на работу до 1980-х годов, когда траектория города сместилась в сторону транспорта, ориентированного на автомобили. То есть необходимость моделирования влияния транспортных планов на землепользование и, соответственно, обратная связь типа «снизу вверх», в ответ на потребности в анализе политики по организации зонального и городского планирования местными органами власти [8], а также современному уровню развития цифровых технологий обработки массивов данных [9].

На рисунке 1 показан цикл, в котором четыре компонента моделирования транспорта и землепользования играют ключевую роль.



Рис. 1. Связь между землепользованием и транспортом [10].

Параметры землепользования, представленные на рисунке 1, имеют решающее значение для информирования о городском планировании, проектировании и дизайне [11]. Плотность населения, особенно в сочетании с более короткими поездками, вероятно, будет способствовать использованию общественного транспорта. Плотность рабочих мест может иметь сложные эффекты на расстояния поездок на работу, что приведет к увеличению расстояний, если рабочие места сосредоточены в небольшом количестве центров. И, наоборот, баланс между жилыми районами и местами работы, особенно с увеличением транспортных расходов, вероятно, приведет к сокращению расстояний поездок на работу [12].

Местная городская форма также играет роль в формировании выбора модальностей, особенно для мягких режимов, таких как пешеходные маршруты и поездки на средствах индивидуальной мобильности (СИМ). Размер города является еще одним фактором, при этом более населенные города связаны с более короткими поездками и более высоким использованием транзита. Общая городская форма и местоположение имеют решающее значение для влияния на схемы транспортировки и выбор модели взаимодействия землепользования и транспорта (LUTI). Первая модель LUTI была реализована Лоури (1964) [13] на основе

теории гравитации. Теория была заимствована из физики и утверждала, что взаимодействие двух регионов пропорционально их размеру (с точки зрения рабочих мест) и обратно пропорционально расстоянию между ними. Мы можем определить модели LUTI как упрощения городской системы для анализа воздействия и оценки политики и планирования в отношении определенных целей, а также расчета рисков при реализации инфраструктурных проектов [14]. Позднее, эти первые модели были заменены эконометрическими моделями в восьмидесятых годах прошлого века [15]. Это группа моделей пространственного вычислительного общего равновесия (Spatial Computational General Equilibrium – SCGE). Они работают с репрезентативными агентами и объясняют взаимодействие регионов на основе рынков, где экономические субъекты принимают свои решения.

Объект, моделируемый с помощью моделей LUTI, – это городская система. Она может быть разделена на подсистемы: природная среда, правовые нормы и инфраструктуры – это базовая основа, на которой экономические субъекты (лица) или группы субъектов (фирмы), а также органы власти, как муниципальные так и региональные, осуществляют свою деятельность [16]. Природная среда включает в себя все элементы, которые также существовали бы без деятельности человека, и которая является основой для экономической деятельности и сама по себе является чрезвычайно сложной подсистемой.

Следующим шагом стало развитие дискретного моделирования и развитие информационных технологий, которые сделали микросимуляцию очень привлекательной [17], что позволило группе исследователей предложить крупномасштабную модель, использующую эту концепцию (HUDS – Harvard Urban Development Simulation) [18]. За HUDS последовали другие проекты, которые стали сочетанием теоретических разработок в области моделирования дискретного выбора, технической осуществимости микросимуляции из-за увеличения вычислительной мощности компьютерных сетей, внедрения цифровых технологий и социальной значимости. Требования к моделям включают все больше эко-

логических показателей, таких как CO₂, потребление земли, рациональное использование не возобновляемых видов энергии и загрязнение окружающей среды.

Развитие систем моделирования взаимодействия землепользования и транспорта (LUTI), несмотря на их многообразие, можно, с точки зрения авторов, свести к следующим базовым направлениям, или концепциям.

Модель доступности. Модель доступности поддерживает шаблон доступности, т.е. это связь между землепользованием и транспортом, где за целевую функцию можно принять время, затрачиваемое на перемещение между зонами проживания и деятельности, а в качестве ограничительных условий можно считать местоположения домохозяйств, показателей занятости, условия вакансий в недвижимости, которые преобразуются в цены на недвижимость.

Модель развития недвижимости или модель инвестора. Решения застройщика, такие как новое строительство, реконструкция существующих структур, а также тип развития моделируются на основе получения максимальной прибыли, что зависит от повышения стоимости всего земельного участка с улучшениями в виде объектов транспортной инфраструктуры, коммерческой и жилой недвижимости. Каждая модель оценивается многовариантно для возможных типов развития, включая альтернативу отсутствия развития. В качестве ограничительных условий тут выступают требования властей разных уровней по развитию социальной инфраструктуры и корреляция с планами долгосрочного развития территорий. можно считать местоположения домохозяйств, показателей

Модель перспективного планирования государством. Данная модель нацелена на очень долгий период развития прилегающей территории, отсутствие доходов с земельных участков, приближенных к территории проекта, но получение выгод с точки зрения долгосрочных инвестиционных или национальных проектов [19]. Такими примерами могут служить два национальных проекта, реализованных в царской России и в СССР – строительство Транссибирской железнодорожной магистрали (Транссиба) 1891 года и строительство Байкало-Амурская

магистрала (БАМа), вторым магистральным железнодорожным выходом России к Тихому океану [20].

Целью данной статьи является оценка современного состояния моделей взаимодействия землепользования и транспорта. Для достижения этой цели мы представили введение в предмет, обзор моделей на основе исторической ретроспективы развития. Более подробное рассмотрение различных транспортных моделей, а также их применимость в агломерациях России будет представлено по итогам наших дальнейших научных исследований.

Список литературы

1. Borzacchiello M.T., Nijkamp P. & Koomen E. (2010). Accessibility and urban development: a grid-based comparative statistical analysis of Dutch cities. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37 (1), 148–169.

2. Машкин А.Л. Эколого-экономические аспекты устойчивого развития / А.Л. Машкин, М.А. Дрейцен, Е.С. Гоголина // *Экономика и бизнес: теория и практика*. – 2022. – №2 (84). – С. 120–125. – DOI 10.24412/2411-0450-2022-284-120-125. – EDN WTEDFD

3. Serbian O., Izmailova D., Mashkin A., Glagoleva S. Assessment of the reliability of the development of infrastructure projects on transport in the Russian Federation. *Transportation Research Procedia. Collection of materials XIII International Conference on Transport Infrastructure: Territory Development and Sustainability*. Krasnoyarsk, 2023. P. 50–59. DOI 10.1016/j.trpro.2023.02.007. EDN OIZPHU

4. Гниненко Е.В. Землеустройство в Болгарии / Е.В. Гниненко, А.П. Сизов // *Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения*. – 2021. – №1. – С. 220–228. – DOI 10.33764/2687-041X-2021-1-220-228. – EDN GDJVUK

5. Гниненко Е.В. Рассмотрение изменений в ФЗ №78 «О землеустройстве» на примере редакции от 2001 года и редакции от 2018 года / Е.В. Гниненко // *Законодательные инициативы, направленные на совершенствование проведения землеустройства и осуществления смежных с ним видов деятельности: сборник*

материалов межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. – М., 2019. – С. 55–59. – EDN FAGIKV

6. Машкина М.А. Экономические методы повышения инвестиционной стоимости территорий / М.А. Машкина, А.Л. Машкин // Национальные и международные финансово-экономические проблемы автомобильного транспорта: сборник научных трудов. – М., 2024. – С. 57–66. – EDN HGQCJT

7. Rodrigue J.-P., Comtois C. and Slack B. (2013). *The Geography of Transport Systems*. Routledge, New York.

8. Березинец И.В. Транспортная система и город: какой должна быть транспортная реформа / И.В. Березинец, Е.В. Соколова // Вестник СПбГУ. Менеджмент. – 2020. – Т. 19. Вып. 3. – С. 362–384. EDN OVBKSL

9. Финансовые стратегии бизнеса в современных условиях / Е.В. Алексеевко, Л.С. Артамонова, Г.И. Арутюнова [и др.]; под ред. И.В. Политковской, Т.А. Шпилькиной, М.А. Жидковой, В.И. Прусковой. – М., 2021.

10. M. Pavlovic [et al.]. *Monitoring the Impact of Large Transport Infrastructure on Land Use and Environment Using Deep Learning and Satellite Imagery*, 2022, *Remote Sens*, 14 (10), p. 3. CC BY 4.0

11. Забаева М.Н. Идентификация роли и места землеустройства и кадастра в современной экономике России / М.Н. Забаева, А.М. Тарарин, С.И. Васютинская // Актуальные проблемы геодезии, кадастра, рационального земле- и природопользования: материалы II Международной научно-практической конференции / под ред. А.М. Олейника, М.А. Подковыровой. – 2019. – С. 128–133. – EDN UWSEJL

12. Ivanova N.A., Chirikanova E.A., Ulitskaya N.M., Dvoryanchikova A.A., *Digital transportation technologies for formation of bus routes in the conditions of a megapolis*. 2021 *Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex*, TIRVED 2021 – Conference Proceedings. 2021. С. 9639129. DOI 10.1109/TIRVED53476.2021.9639129. EDN JPGOPR

13. Iacono M., Levinson D. & El-Geneidy A. (2008). Models of transportation and land use change: A guide to the territory. *Journal of Planning Literature*. 22(4), 323–341.

14. Ulitsky M.P., Gogolina E.S., Mashkin A.L., Glagoleva S.V. Digital technologies for analyzing environmental risks of transport infrastructure. 2021 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2021 – Conference Proceedings. 2021. С. 9639127. DOI 10.1109/TIRVED53476.2021.9639127. EDN DSLQBE

15. Боголюбов С.А. Земельное право: учебник для вузов / С.А. Боголюбов, В.В. Никишин, В.В. Успокова. – М.: Норма, 2003. EDN QVZSZT

16. Тарарин А.М. Цифровая трансформация государственных земельно-информационных систем / А.М. Тарарин, М.Н. Забаева // Культура управления территорией: экономические и социальные аспекты, кадастр и геоинформатика: материалы 9-ой региональной научно-практической конференции / редколл. Е.К. Никольский, Т.П. Винникова, А.С. Коротин, А.С. Ладошкина. – Н. Новгород, 2021. – С. 64–68. – EDN QXHPHS

17. Wegener M. (1994). Operational urban models: State of the art. *Journal of the American Planning Association* 60, 17–29. EDN HJAONV

18. Kain J.F. (1985). *Housing and Neighborhood Dynamics: A Simulation Study*. Harvard University Press.

19. Машкин А.Л. Цифровые технологии инфраструктуры автомобильного транспорта / А.Л. Машкин, Н.В. Казицкая // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник / Институт научной информации по общественным наукам РАН, Отдел научного сотрудничества; отв. ред. В.И. Герасимов. – 2019. – С. 447–448. – EDN YFMAVR

20. Анализ цифровых стратегий регионов Российской Федерации с точки зрения геоинформатики / А.Л. Сеницына, А.Л. Степанченко, М.Н. Забаева, О.А. Кувейкина // Пространственные данные: наука и технологии. – 2023. – Т. 14. №3. – С. 22–39. – DOI 10.30533/scidata-2023-14-08. – EDN NMKUKM