

УДК 338.47+330.522.2

С.В. Ильченко

МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ СТРАНЫ

В статье предложен математический многокритериальный инструментарий для определения роли экономического пространства в развитии транспортной системы государства, их взаимосвязи и взаимозависимости в процессе принятия решений, как на уровне фирм, так и резидентов.

Ключевые слова: транспортная система, экономическое пространство, спрос на транспортные услуги, товарный поток.

У статті запропоновано математичний багатокритеріальний інструментарій для визначення ролі економічного простору у розвитку транспортної системи держави, їх взаємозв'язок та взаємозалежність у процесі прийняття рішень як на рівні фірм, так і резидентів.

Ключові слова: транспортна система, економічний простір, попит на транспортні послуги, товарний потік.

In article it is offered mathematical multiple-way toolkit for definition of a economic space role in development of the state transport system, their interrelation and interdependence in decision-making process, as at level of firms, and residents.

Keywords: transport system, spatial economic, demand for transport services, commodity stream.

Постановка проблемы. Транспортные системы разных уровней – национального, регионального, уровня города или отдельного предприятия, представляют собой сетевые образования, взаимосвязывающие средства транспортировки и предо-

ставляемые ими услуги. Следовательно, любые проекты, так или иначе связанные с развитие транспортных систем, необходимо рассматривать с точки зрения двух подходов: первый, и наиболее общий, описывает физические элементы различных транспортных узлов и классифицирует их в функциональные подсистемы, а второй, сфокусирован на рассмотрении национальной транспортной сети в целом.

Более того, транспорт – это межотраслевая система, преобразующая условия жизнедеятельности и хозяйствования, историческое развитие которого во многом предопределяет экономическое и пространственное развитие государства, способствует укреплению его целостности и международному влиянию. Устойчивое развитие транспорта является гарантией единства экономического пространства, свободного перемещения товаров и услуг, конкуренции и свободы экономической деятельности, обеспечения государственной целостности и национальной безопасности, улучшения условий и уровня жизни населения.

Обзор последних исследований и публикаций. Основная концепция построения такой зависимости лежит в теории Кейнса (1936), в которой предложен принцип эффективного спроса, определяемый потреблением. На основании этого принципа Леонтьев (1941) впервые предложил модель, описывающую взаимодействие между секторами экономики с помощью фиксированных технических коэффициентов. За этим последовали теоретические наработки, развивающие идеи пространственного развития экономики – Айзард (1951), Ченери (1953), Мосес (1955) и др. Ими были предложены торговые коэффициенты для внесистемного определения структуры межрегиональной торговли и размещения производств с помощью производственных зон, в то же время, они не предложили ни одной модели для их оценки. Впоследствии были представлены разработки, использующие локационные модели с целью эндогенной оценки торговых коэффициентов. В первую очередь, это торговые коэффициенты, которые оцениваются через энтропийно-гравитационные модели – Леонтьев и Строут (1963), Вильсон (1970).

Однако, после изложения теории случайной полезности (Доменич и МакФадден, 1975) оценка проводится уже с помощью дискретных локационных моделей (де ла Барра, 1989; Эченик и Хант, 1993; Каскетта и др., 1996).

Задачи исследования. Целью данной статьи является моделирование взаимосвязи и взаимозависимости между развитием транспортной системы и экономического пространства страны.

Основной материал исследования. Общепринято, что в экономически слаборазвитых регионах транспортная инфраструктура рассматривается как предпосылка экономического роста и развития. Та же ситуация имеет место и в индустриально развитых странах, так как существующая транспортная инфраструктура постепенно снижает качество предоставляемых услуг из-за удовлетворения растущего спроса на эти услуги, таким образом подогревая интерес к возможным эффектам от использования новой или модернизации уже существующей инфраструктуры. Транспортная инфраструктура – одна из важнейших инфраструктур, обеспечивающих жизнь городов и регионов. За последние десятилетия во многих крупных городах исчерпаны или близки к исчерпанию возможности экстенсивного развития транспортных сетей. Поэтому особую важность приобретает оптимальное планирование сетей, улучшение организации движения, оптимизации системы маршрутов общественного транспорта.

Термин «пространственная организация» наиболее употребителен в немецкой литературе. При этом пространственная организация понимается в первую очередь как естественный порядок (устройство) и уже во вторую очередь – как деятельность по организации (упорядочению) пространства.

Влияние пространственных эффектов на транспорт – тема, которую условно можно разделить на три основных направления:

1) процессы интеграции и глобализации, которые приводят к очевидному пониманию неэффективности международной транспортной системы;

2) сокращению коммуникационных расходов благодаря новейшим информационным технологиям, которые ведут к формированию новых моделей пространственного разделения труда;

3) дерегуляция транспортного сектора как такового, благодаря чему транспортировка товаров и людей улучшается и становится дешевле.

Каково влияние эффекта сокращения транспортных расходов на пространственную структуру экономики?

Один из основоположных трудов по экономике этого направления [4] констатирует, что существуют три фактора, формирующих пространственную структуру экономики:

- 1) агломерационный эффект;
- 2) недвижимое имущество, в общем, и территория в частности;
- 3) операционные издержки на транспортировку товаров, людей и информации.

Агломерационный эффект, т.е. экономическая выгода от территориальной концентрации производств или других экономических объектов в городах и агломерациях, притягивает разного рода деятельность в ограниченное количество крупных городов (центростремительные силы), рассеивая ресурсы в противоположное направление (центробежные силы). Операционные же издержки создают напряжение между этими двумя разнонаправленными процессами, т.к. они выступают препятствием к бесконечной концентрации, порождаемой агломерационным эффектом, и в то же самое время препятствуют окончательному рассеиванию ресурсов в пространстве.

Эффект от сокращения межрегиональных операционных издержек не может быть с легкостью предсказан априори; он неоднозначен – более легкий доступ к ресурсам и рынкам на периферии способствует большей концентрации; с другой сторо-

ны, легкий доступ к крупным и богатым рынкам в агломерациях, способствует перемещению к периферии с преимуществами в более низких издержках там на недвижимое имущество. Таким образом, для анализа пространственного эффекта от изменения величины межрегиональных трансфертных издержек необходим надежный инструмент оценки этих специфических обстоятельств.

Последние исследования, связанные с пространственной экономикой, первоначально начатые еще в рамках теории международной торговли, теории региональной экономики, в качестве основных детерминант в размещении фирм, миграционной политике и формировании региональных доходов рассматривают операционные издержки и, в частности, транспортные расходы.

Транспорт относится к коммуникационной системе. Его функция заключается в соединении факторов производства в процессе воспроизводства и обеспечении их доступа на рынок. Иными словами, транспорт соединяет время и пространство, разделяющие производителей, покупателей и продавцов. В экономическом плане он ослабляет временной и пространственный разрыв между производством и потреблением.

Для функционирования экономического пространства важное значение имеют расстояния между его элементами. «Экономическое расстояние», в отличие от физического, измеряемого километрами, милями и т.п., характеризуется прежде всего транспортными и трансакционными издержками на преодоление физического расстояния. Поэтому экономическое расстояние между одними и теми же географическими точками оказывается неодинаковым для разных перемещаемых товаров, услуг, групп мигрантов.

Несмотря на то, что в разных странах давно разработано и апробировано большое количество многокритериальных математических моделей и теорий структуризации и эффективной организации экономического пространства, которые опираются на функциональные свойства форм пространственной организа-

ции производства и расселения – промышленные и транспортные узлы, агломерации, территориально-производственные комплексы, городские и сельские поселения разного типа, в отечественной науке пока отсутствует обобщающий подход, максимально адаптированный к нашим социально-экономическим и законодательно-правовым условиям.

Развитие исследований в этом направлении и практического использования разработанных моделей осуществляется по двум основным направлениям:

- более полный охват разнообразных аспектов функционирования экономики страны посредством разработки специализированных и интегрированных моделей;
- создание комплексов моделей, ориентированных на применение в практической деятельности органами управления.

Первое направление продолжает эволюцию подходов к построению межотраслевых и эконометрических моделей, а также моделей функционирования экономики страны разных уровней, в первую очередь регионального, в случаи, когда речь идет об отражении и усилении в региональных моделях демографических, социальных, эколого-экономических, финансовых аспектов регионального развития.

Пространственные модели имеют более высокий уровень сложности по сравнению с точечными моделями. Наряду с условиями, описывающими регион в целом, они должны характеризовать размещение природных ресурсов, населения, инфраструктуры, производства; комплексное развитие субрегионов и основных агломераций; внутрирегиональные потоки товаров и услуг, финансовых и трудовых ресурсов (рис.).

Математическая запись пространственной модели весьма громоздка. Она представляет собой сочетание условий точечных моделей региона (например, межотраслевого баланса, модели функционирования) и моделей размещения – в частности, модели транспортировки грузов (классическая – открытая, закрытая транспортные задачи), производственно-транспортные задачи.

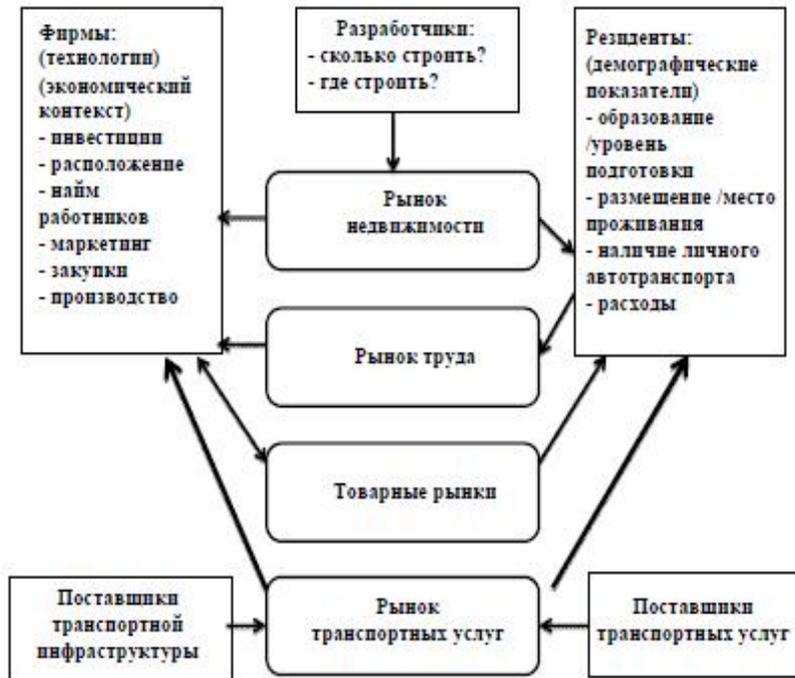


Рис. Основные решения
в контексте пространственного развития экономики

Транспортная компонента играет ключевую роль в процессе принятия решений, как на уровне фирм, так и резидентов. Важно, что пространственная система никогда не бывает статичной и транспорт – один из факторов, который влияет на то, какой она будет. В свою очередь, все возможные решения, принимаемые и резидентами, и фирмами, так или иначе, прямо или опосредованно воздействуют на формирование и функционирование транспортной системы.

Модель взаимодействия составляющих можно представить, исходя из их круговой взаимозависимости, обобщенная формулировка которой представлена уравнениями издержек маршрута через издержки взаимосвязи (1) и траектории потока через связанность потоков (2)

$$g = \Delta^t p(m) \quad (1)$$

$$m = \Delta h, \quad (2)$$

где g – вектор издержек маршрута;
 Δ – маршрут связи инцидентной матрицы;
 p – функциональный вектор издержек взаимосвязи;
 m – вектор взаимосвязи транспортного потока;
 h – вектор траектории потока.

Модель взаимодействия имеет следующий вид:

$$N = t(V, \kappa, x) A Dg(y) + t(V, \kappa, x) Dg(y^e), \quad (3)$$

где y^e – вектор экзогенных факторов спроса;
 $Dg(y)$ – матрица, полученная в результате размещения элементов вектора y вдоль основной диагонали.

$$x = I^t N. \quad (4)$$

В обеих, и в транспортной, и в пространственной экономических моделях наличие физических или регуляторных ограничений приводит к росту рентных плат, что ведет к застопориванию и транспортной, и пространственной экономической систем, запуская механизмы уравнивания спроса с возможным предложением.

Транспортную модель представим в виде взаимозависимостей:

- первая включает такие составляющие как спрос на транспортные услуги, c , транспортный поток, m , и расходы, p , формализованные следующим образом:

$$m^* = \Delta P (\Delta^t p(m)) c, \quad (5)$$

где m^* – вектор равновесного состояния транспортного потока;
 ΔP – функциональная матрица выбора возможного маршрута;

t – торговый коэффициент функциональной матрицы, которая зависит от полезности транспорта, цены продажи товара и цены его производства;

$$t = f(V, \kappa, x), \quad (6)$$

где κ – вектор цены продажи товара;
 x – вектор производства товара.

При $c = const$, предполагающий, что спрос на транспортные услуги не зависит от транспортных расходов.

- вторая зависимость возникает, когда спрос на транспортные услуги, c , эластичен по отношению к расходам на транспортировку в рамках предполагаемой модели, расстояния и выбора маршрута

$$c = f(v (\Delta^t p (m))) \quad (7)$$

$$v = v(u) = v(\Delta^t p (m)) \quad (8)$$

где u – вектор издержек маршрута;

v – вектор полезности транспорта, полученный в результате перегруппировки матрицы полезности.

В этом случае модель спроса на транспортные услуги приобретает вид

$$h = P (\Delta^t p (m)) c (v(\Delta^t p (m))). \quad (9)$$

Подставив уравнения (7) и (9) в уравнения (1) и (2), получим

$$m^* = \Delta P (\Delta^t p (m)) c (v(\Delta^t p (m))). \quad (10)$$

Предложенные модели касаются вопросов определения вида транспортировки товаров и пассажиров, расчета расстояния и выбора пользователем маршрута.

Пространственная экономическая модель представляет взаимозависимость двух уровней:

- первая, демонстрирует связь торгового коэффициента функциональной матрицы, t , цены продажи, κ , и цены закупки, q . При этом, торговый коэффициент матрицы t может зависеть от полезности транспорта, V , и цены продажи, κ

$$t = f(V, \kappa), \quad (11)$$

что $\kappa = f(A, q) \quad (12)$

где A – технический коэффициент функциональной матрицы, и цена закупки, q , выраженная через цену продажи, κ , и технический коэффициент, A

$$q = f(\kappa, t). \quad (13)$$

Взаимозависимость t , κ и q можно формализовать, объединив их в

$$\kappa^* = \kappa (A, q (\kappa, t (V, \kappa, x))). \quad (14)$$

Эта зависимость содержит предположение о неизменности величин полезности транспорта, $V = const$, технических коэффициентов (например, использование постоянных технологий), $A = const$, и неограниченные производственные мощности, $\chi = \in [\infty; 0]$;

- вторая, описывает связь между торговыми коэффициентами, t , торговыми потоками, N , и объемами производства, x . Она возникает в результате ограничения производственных

мощностей в каждой их зон: торговые коэффициенты и объемы производства являются результатом взаимодействия спроса и (ограниченных) производственных ресурсов в каждой зоне. Используя уравнение (3) и (4), появляется возможность формализации взаимосвязи t , N и x

$$x^* = I^t (t (V, \kappa, x) A Dg(y) + t (V, \kappa, x) Dg(y^e)). \quad (15)$$

Зависимость, выраженная в уравнении (13), содержит предположение о неизменных величинах полезности транспорта, $V = const$, цен продажи, $\kappa = const$, и ограниченных производственных мощностях, $\chi \in [0; \bar{\chi}]$, где $\bar{\chi}$ – вектор максимальных объемов производства.

Модель, описывающая взаимосвязь цены продажи, κ , и технических коэффициентов A , учитывая различия отпускных цен в разных исследуемых зонах либо из-за производственных ограничений, либо транспортных расходов, предполагает, что регулирование таких изменений будет осуществляться с помощью технических коэффициентов

$$\kappa^* = f(A(\kappa), q), \quad (16)$$

предполагая неизменные показатели q .

Представленные выше зависимости связывают экономические, демографические и технологические аспекты (показатели технических коэффициентов в матрице A), имея незначительный темп варьирования.

Взаимосвязь пространственной экономической и транспортной моделей.

Транспортная модель представляет полезность транспорта, V для пространственной экономики

$$N = f(V), \quad (17)$$

а пространственная экономическая модель демонстрирует наличие торговых потоков, N , для транспорта

$$V = f(N). \quad (18)$$

Объединив их, получим

$$N^* = f(V(N)). \quad (19)$$

Выводы. Одним из основных понятий современной экономики является экономическое пространство, развивающее исходное представление о территории. Игнорирование экономического пространства лишает экономические теории должной общности и гармоничности, приводит к искажающим упрощениям.

Одно из множества определений экономического пространства – это насыщенная территория, вмещающая множество объектов и связей между ними: населенные пункты, промышленные предприятия, хозяйственно освоенные и рекреационные площади, транспортные и инженерные сети и т.д. Каждый регион имеет свое внутреннее пространство и связи с внешним пространством. Его качество определяется многими характеристиками и параметрами – плотностью (численность населения, объем валового регионального продукта, природные ресурсы, основной капитал и т.д. на единицу площади пространства), размещением (показатели равномерности, дифференциации, концентрации, распределения населения и экономической деятельности), связанностью (интенсивность экономических связей между частями и элементами пространства, условия мобильности товаров, услуг, капитала и людей, определяемые развитием транспортных и коммуникационных сетей). Одним из важнейших условий функционирования экономического пространства является расстояние между его элементами, в значительной мере осуществляемого благодаря связям экономических субъектов, находящихся в различных регионах. Основными формами таких

связей являются обмен товарами и услугами, миграция населения, финансовые потоки, информационный обмен.

Важным качеством многих моделей развития экономики является их способность отражать структуру, взаимосвязи, закономерности процессов, происходящих не только в различных регионах, но и в странах с разным социально-экономическим устройством. Поэтому для анализа тенденций в социально-экономическом положении государства, развитии внутренних экономических связей предложен экономико-математический инструментарий, использование которого даст, во-первых, понимание существа наблюдаемых процессов и роли влияющих на них факторов; во-вторых, выявит важные особенности исследуемых зон, проблемных и критических ситуаций в их развитии, в-третьих, позволит осуществить оценку возможных последствий происходящих процессов, в-четвертых, предложит выработку мер воздействия на эти процессы в нужных направлениях посредством различных средств регулирования.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Russo F. *Multiple equilibrium in spatial economic transport interaction models* [Електронний ресурс] / F. Russo, G. Musolino – Режим доступа к документу: <http://etcproceedings.org/paper/multiple-equilibria-in-spatial-economic-transport-interaction-models>
2. Швецов В.И. *Математическое моделирование транспортных потоков* / В.И. Швецов // *Автоматика и телемеханика*. – № 11. – 2003. – С. 3-46.
3. Bröcker J. *Assessing spatial economic effect of transport by CGE analysis state of the art and possible extensions* / J. Bröcker // *First International ITEM Workshop*. – Montreal, Canada. – 2000. – 84-99 с.
4. Fujita M. *The Spatial Economy: Cities, Regions, and international Trade* / M. Fujita, P. Krugman and A.J. Ve-

nables // MIT-Press, Cambridge, Massachusetts, 1990. – С. 426.

5. Гранберг А.Г. *Основы региональной экономики: Учебник для вузов* / А.Г. Гранберг. – М.: ГУ ВШЭ, 2003. – 495 с.
6. Wardrop. J.G. *Some theoretical aspects of road traffic research* / J.G. Wardrop // *Institution of Civil Engineers*. – Part II. – 1995. – 325-378 с.
7. Pearman A. *Projects, Programs and Policies: Evaluation Needs and Capability* / A. Pearman, P. Mackie & J. Nellthorp. – Ashgate, Aldershot, 2003. – 1-87 с.
8. Bröcker J. *Chamberlinian Spatial Computable General Equilibrium Modelling. A Theoretical Framework* / J. Bröcker // *Economic Systems Research*. – Vol. 7 – 1995. – 137-149 с.
9. Wilson A.G. *Land-use / Transport Interaction Models, Past and Future* / A.G. Wilson // *Journal of Transport Economics and Policy*. – 1998. – Vol. 32. – 3-26 с.

Стаття надійшла до редакції 12.03.2012

Рецензент – доктор економічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу ринку транспортних послуг Інституту проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України **О.М. Котлубай**.