

Концептуальные основы моделирования оценки системной эффективности развития сетевой транспортной инфраструктуры*

Н.И. БЕЛОУСОВА, Е.М. ВАСИЛЬЕВА, В.Н. ЛИВШИЦ, И.А. МИРОНОВА

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

Аннотация. Представлены результаты по развитию концептуальных подходов к моделированию оценки общественной эффективности крупномасштабных сетевых транспортных проектов и к моделированию оценок эффективности сетевых инфраструктурных подсистем как естественных монополий с включением гедонических моделей. Предложена модель оценки общественной эффективности крупномасштабного инвестиционного проекта по критерию реальной общественной прибыли от реализации проекта. Сформированы новые подходы к идентификации естественных монополий с учетом специфики инфраструктурных технологий. Исследованы взаимосвязи информационных потоков моделей диагностики естественно-монопольных свойств сетевых инфраструктурных технологий с моделями оценки эффективности крупномасштабных сетевых транспортных проектов и моделями оптимизации развития транспортных сетей. Разработаны предложения по реализации разрабатываемых концептуальных основ при формировании стратегических решений о развитии сетевых инфраструктурных объектов.

Ключевые слова: системная эффективность, моделирование, сетевая транспортная инфраструктура, крупномасштабные проекты, критерии оценки, внешние эффекты реализации проекта, естественно-монопольная специфика, гедонический подход, информационные взаимосвязи.

DOI: 10.14357/20790279210102

Введение

Актуальность разработки теоретических основ моделирования сетевой транспортной инфраструктуры определяется масштабностью и существенной капиталоемкостью мероприятий, связанных с реализацией транспортной части Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года, утвержденного Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2018 года №2101-р, что позволяет говорить о категории «мегапроектов», требующей особых подходов к оценке их эффективности.

Создаваемые с учетом предложенных концептуальных основ прикладные модели развития сетей различных видов транспорта и оценки общественной эффективности развития сетевых инфраструктурных подсистем реализуют новые подходы к эффективному государственному управлению

функционированием и развитием естественных монополий.

1. Новый концептуальный подход к моделированию оценки общественной эффективности крупномасштабных сетевых транспортных проектов

Суть предлагаемого нового концептуального подхода к моделированию оценки общественной эффективности крупномасштабных сетевых транспортных проектов заключается в конструировании критерия, соответствующего естественно-монопольной природе сетевых инфраструктурных подсистем, уровню влияния мегапроектов на развитие экономики и общества, нестационарному макроэкономическому окружению на современном этапе развития мировой и отечественной экономики.

Российская экономика, как и экономики большинства стран мира на современном этапе, представляет собой типичную нестационарную

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00135.

хозяйственную систему, которой присущи плохо предсказуемые изменения многих макроэкономических показателей, наличие устойчивой неблагоприятной тенденции к заметному трудно поддающемуся формализации изменению существующего состояния, наличие неопределенного будущего и критических значений параметров, управляющих экономическими процессами. Пандемия коронавирусной инфекции многократно усиливает перечисленные негативные факторы [1,2].

К главным рискам экономического развития Российской Федерации в ближайшие годы и в долгосрочном периоде следует отнести ослабление мировой экономики, падение спроса и цен на основных сырьевых рынках, усиление торговой напряженности, экономические санкции и возможность их расширения, дальнейшее сокращение внутренних и внешних частных инвестиций. Эксперты прогнозируют возможность очередной волны финансового кризиса во всем мире, который неминуемо затронет и российский фондовый рынок, существенным образом зависящий от цены на нефть, политической ситуации в стране.

В сложившейся экономической ситуации эффективная реализация государственных инициатив в области развития сетевой инфраструктуры, в том числе транспортной, является одним из реальных направлений экономического роста и выхода из кризиса.

Традиционные модели оценки эффективности инвестиционных проектов и принятые в них критерии (чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности и др.) не соответствуют масштабам рассматриваемых транспортных проектов, с одной стороны, и не приспособлены к современному состоянию и тенденциям развития мировой экономики в целом и российской в частности [3,4].

В основе предлагаемой методологии оценки общественной эффективности крупномасштабных сетевых транспортных проектов лежат следующие исходные положения.

Вводится понятие общественно значимого инфраструктурного проекта – крупномасштабного мероприятия, последствия которого в большей степени отражаются на экономическом положении предприятий, организаций, физических лиц, не имеющих отношения к данному проекту, чем на экономическом положении непосредственных участников проекта.

Природа общественно значимого инфраструктурного проекта определяет необходимость участия в нем государства, в первую очередь, финансового. Потребность страны в качественной

инфраструктуре не может быть покрыта за счет частных инвестиций.

Общественно значимый проект должен приниматься к реализации только по результатам положительной оценки его общественной эффективности независимо от того, кто является инвестором проекта – частная компания (компания) или государство. Инвестором общественно значимого проекта при оценке его общественной эффективности условно считается общество.

Оценка общественной эффективности может быть произведена только для качественных и проработанных инфраструктурных проектов, доведенных до той стадии разработки, когда с приемлемой степенью точности рассчитаны основные экономические, технические, технологические и прочие показатели, необходимые для расчетов эффективности инвестирования, в то время как в настоящее время к реализации в рамках транспортной части Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года предлагается большое количество слабо проработанных проектных инициатив.

В условиях ограниченности всех видов ресурсов и нарастающего дефицита инвестиционных ресурсов в стране отвлечение значительных средств на каждый общественно значимый проект должно быть обосновано, упущенная при этом выгода общества от реализации альтернативных способов использования инвестиций должна быть учтена при расчете общественной эффективности проекта.

Средства, получаемые в ходе реализации проекта, должны рассматриваться как инструмент наращивания общественной прибыли проекта за счет повторного инвестирования в данный или другой проект, в ценные бумаги и т.д.

Критерий общественной эффективности проекта строится, исходя из следующей системы приоритетов:

- приоритета величины реального прироста денежных средств в обществе (реальной общественной прибыли) в конце расчетного периода проекта, составленного из времени его реализации и обоснованно выбранного отрезка времени функционирования созданных основных средств;
- одинаковой значимости всех составляющих денежного потока формируемого проекта (затрат, результатов), независимо от того, относятся ли они к непосредственным участникам проекта или к прочим экономическим субъектам Российской Федерации, не принимающим участия в проекте, но несущим затраты (потери) или полу-

чающим доходы в связи с его реализацией.

Оценка эффективности общественно значимого проекта проводится с учетом объективной неопределенности, неполноты и неточности информации о самом проекте, условиях его реализации и внешней среде, что обуславливает необходимость включения фактора риска в расчет критерия эффективности.

Обобщающая оценка эффективности инвестиционного проекта и отбор лучшего из нескольких альтернативных вариантов проекта должны производиться по одному, основному (критериальному) количественному показателю интегрального эффекта.

Критерий интегрального эффекта должен отражать разность между оценками совокупных результатов и затрат по проекту за весь расчетный период.

Принцип неотрицательности и максимума эффекта является основополагающим в теории оценки эффективности инвестиций (что не мешает в общем случае характеризовать инвестиционные проекты системой показателей эффективности). Проект рассматривается как неэффективный, если интегральный эффект его реализации отрицателен, и как эффективный – в противном случае. Неэффективность проекта не означает убыточности соответствующего производства, а свидетельствует о возможности лучшего применения используемых в проекте ресурсов [3,4].

В соответствии с предлагаемой методологией оценки общественной эффективности крупномасштабных сетевых транспортных проектов в качестве основного критериального показателя предлагается «реальная общественная прибыль проекта (РОП)» в конце расчетного периода, определяемая с учетом оптимального использования получаемых доходов в течение всего периода реализации проекта, и упущенной выгоды, связанной с отвлечением средств на проект [5].

Значение критерия «реальная общественная прибыль» рассчитывается по формулам:

$$РОП_i = \sum_{n=0}^N [(\mathcal{E}_{n+}^{внут} + \mathcal{E}_{n+}^{внеш}) + (\mathcal{E}_{n-}^{внут} + \mathcal{E}_{n-}^{внеш})] \geq 0$$

$$\mathcal{E}_{n+}^{внут} = \varphi_{n+}^{внут} \times (1 + d_n^i)^{t_N - t_n}$$

$$\mathcal{E}_{n+}^{внеш} = \varphi_{n+}^{внеш} \times (1 + d_n^i)^{t_N - t_n}$$

$$\mathcal{E}_{n-}^{внут} = \varphi_{n-}^{внут} \times (1 + E_n)^{t_N - t_n}$$

$$\mathcal{E}_{n-}^{внеш} = \varphi_{n-}^{внеш} \times (1 + E_n)^{t_N - t_n}$$

$$\varphi_{n+}^{внут} = R_n^{внут} - C_n^{внут}$$

$$\varphi_{n+}^{внеш} = R_n^{внеш} - C_n^{внеш}$$

$$\varphi_{n-}^{внут} = C_n^{внут} - R_n^{внут}$$

$$\varphi_{n-}^{внеш} = C_n^{внеш} - R_n^{внеш},$$

где $РОП_i$ – реальная общественная прибыль проекта, рассчитанная при i -ом сценарии использования средств, полученных в ходе реализации проекта;

$\varphi_{n+}^{внут}$, $\varphi_{n-}^{внут}$ – эффекты и затраты (потери), соответственно, непосредственных участников проекта в году n ;

$\varphi_{n+}^{внеш}$, $\varphi_{n-}^{внеш}$ – эффекты и затраты (потери), соответственно, экономических субъектов, не участвующих в проекте, связанные с реализацией проекта (внешние эффекты) в году n ;

$R_n^{внут}$, $C_n^{внут}$ – притоки и оттоки, соответственно, денежных средств участников проекта в году n ;

$R_n^{внеш}$, $C_n^{внеш}$ – притоки и оттоки, соответственно, денежных средств экономических субъектов, не участвующих в проекте, связанные с реализацией проекта в году n ;

N – продолжительность расчетного периода;

d_n^i – доходность обобщенного депозита по i – му сценарию, принимаемая для года n ;

E_n – ставка компаундирования, принимаемая для года n .

Реальная общественная прибыль определяется как алгебраическая сумма наращенного к концу проекта дохода и приведенной к тому же моменту упущенной выгоды от возможного альтернативно вложения инвестиций, выделенных на проект.

Под наращенным доходом проекта понимается сумма средств, которая окажется в распоряжении инвестора к концу проекта не только за счет получения доходов от проекта, но и в результате их инвестирования в другие проекты, ценные бумаги, помещения на банковский вклад. Все предусмотренные проектом способы наращивания средств инвестора, получаемых в ходе реализации проекта, в модели обозначены термином «обобщенный депозит», введенным в теорию эффективности П.Л. Виленским. Отсюда название одного из параметров критерия «реальная общественная прибыль» – доходность обобщенного депозита (d_n^i) [6].

Упущенная выгода от альтернативного вложения инвестируемых в проект денежных средств вычисляется, исходя из наибольшей доходности альтернативных и доступных инвестору направлений реинвестирования. При ее приведении к концу проекта используется ставка компаундирования, отражающая эту доходность (E_n).

Модель, основанная на расчете реальной общественной прибыли, учитывает ограниченность всех видов ресурсов, каждый из которых может быть использован и иным способом. Стоимостная

оценка расходуемого в проекте ресурса отражает выгоду, упущенную из-за невозможности использовать его в иных целях.

Стоимость с учетом упущенной выгоды называется альтернативной стоимостью ресурса. Понятие альтернативной стоимости ресурсов было введено впервые австрийским теоретиком Фридрихом фон Визером (1851-1926) в книгах «Происхождение и основные законы хозяйственной деятельности» и «Естественная ценность». Одна из формулировок его закона следующая: «действительная стоимость (полезность) любой вещи есть недополученные полезности других вещей, которые могли быть произведены с помощью других ресурсов, истраченных на производство данной вещи».

Предлагаемая модель реализует принцип системности в оценке эффективности общественно значимого инвестиционного проекта.

Реальные проекты, как правило, представляют собой сложные системы, нетривиальные совокупности развивающихся объектов, находящихся во взаимодействии. К тому же проекты реализуются в условиях определенного экономического, социального, политического окружения.

Формула расчета реальной общественной прибыли учитывает так называемые внешние эффекты инвестиционного проекта, включая их в расчеты общественной эффективности прямым счетом в виде дополнительных денежных притоков и оттоков.

Внешние эффекты (в отличие от внутренних) – это денежные потоки проекта, не связанные с экономической деятельностью участников проекта и, соответственно, не находящие отражения в их затратах и результатах [7-10].

С точки зрения специфики инфраструктурных проектов особо выделен один из видов внешних эффектов – эффект синергии, присущий многозвенным системам, к которым относится сетевая транспортная инфраструктура. Положительный или отрицательный эффект проекта, реализуемого на одном или нескольких звеньях сети, может быть многократно усилен в результате интеграции отдельных звеньев в единое целое. Это обстоятельство делает актуальным правильное научно обоснованное формирование самих инвестиционных проектов, недопустимость разбиения крупного проекта на множества мелких и их обособленной оценки.

Модель, основанная на расчете реальной общественной прибыли, позволяет с максимальной адекватностью учесть влияние фактора времени при оценке эффективности инвестиционного проекта. Алгоритмы расчета основных параметров

модели – притоков и оттоков денежных средств (доходов, затрат, потерь) непосредственных участников проекта и экономических субъектов, не участвующих в проекте; доходности использования прибыли проекта и доходности альтернативного использования затрат проекта – построены с учетом:

- изменения во времени ключевых характеристик мирового и российского финансового рынка (ставок налогов, ставок по кредитам и депозитам, ключевой ставки, доходности ценных бумаг и т.д.);
- уровня инфляции в России и за рубежом и его динамики в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном периодах;
- уровня цен на основные виды ресурсов и тарифов на продукцию инфраструктурных отраслей и их динамики в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном периодах;
- курсов валют и их динамики в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном периодах.

Выбор переменных по годам ставок доходности капитала отвечает особенностям российского фондового рынка, динамике стоимости ценных бумаг и их доходности. Модель дает возможность учитывать изменение стоимости заимствований, величин реальных и номинальных депозитных и кредитных процентных ставок; условий предоставления и погашения кредитов на фоне инфляционных процессов и действий Центрального банка по установке ключевых процентных ставок.

В силу особенностей рассматриваемых инвестиционных проектов, связанных с их масштабом, сетевым характером объекта развития и рядом других, повышается значение корректного учета факторов риска и неопределенности, с одной стороны, и сокращаются возможности формализации такого учета (в частности, аппарата теории вероятности и др.), с другой.

При расчете критерия общественной эффективности проекта предлагается использовать аксиоматический подход к расчету рисков проекта, актуализированный применительно к крупномасштабным сетевым транспортным проектам.

Под рисками в данном случае понимается возможность недополучения в процессе реализации проекта запланированных доходов в связи с неопределенностью, обусловленной упомянутыми выше обстоятельствами развития мировой и отечественной экономик, а также ограниченностью информации о параметрах самого проекта, связанной с трудно реализуемой на практике возможностью проведения большого объема предварительных проектных изысканий и прогнозирования значе-

ний требуемых технико-экономических параметров, прежде всего, стоимостных, затратных. Не всегда заранее предсказуемы эффекты связности сети, изменчивости потоковой нагрузки и т.д.

Специфика российского финансового рынка ограничивает возможности использования его закономерностей в установлении ставок дисконта и, в частности, делает сомнительной целесообразность отражения риска в ставках дисконта. Поэтому многие составляющие риска в расчете критерия общественной эффективности проекта учитываются непосредственно в притоках и оттоках денег на каждом шаге расчетного периода.

Аксиоматический подход к учету рисков и неопределенности [3] при оценке общественной эффективности крупномасштабного проекта на сетевой инфраструктуре предусматривает построение нескольких сценариев его реализации с варьированием конкретных обстоятельств во времени и соответствующим варьированием конкретных параметров внешней среды и внутренних параметров проекта с последующим построением показателя ожидаемой реальной общественной прибыли. Алгоритм расчета последнего может быть разработан на основании установленных аксиом рационального поведения инвестора, в качестве которого в случае общественно значимого проекта выступает общество в целом.

На различных стадиях разработки и осуществления проекта (обоснование инвестиций, ТЭО, выбор схемы финансирования, экономический мониторинг) его эффективность определяется заново, с различной глубиной проработки и с учетом влияния неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта.

2. Развитие концептуальных подходов к моделированию оценок эффективности сетевых инфраструктурных подсистем как естественных монополий

Развитие концептуальных подходов к моделированию оценок эффективности сетевых инфраструктурных подсистем с включением в анализ естественно-монопольной специфики (в том числе, с учетом аспектов, представленных в [11]) предлагается по следующим направлениям исследования.

1. *Формирование подходов к нормативной и поведенческой идентификации на новом этапе реформирования системы государственного управления в рассматриваемых сферах.* Так, для нового этапа реформирования в сферах отечественных естественных монополий характер-

ны акценты на развитии сетевой составляющей отраслевых инфраструктурных подсистем [12–14], выборе (относительно нормативной идентификации) соответствующих эффективных технологий производства услуг и реализации крупномасштабных сетевых инфраструктурных проектов. В поведенческом аспекте заметно проявление тенденции к унификации подходов к ценовому регулированию в сферах естественных монополий и нивелированию естественно-монопольной специфики [15].

Предлагаемые подходы к нормативной идентификации естественных монополий, напротив, существенным образом исходят из необходимости учета специфики сетевой инфраструктурной технологии, с привлечением инструментария проверки свойства субаддитивности моделируемой многопродуктовой функции совокупных издержек и с использованием ключевых технологических детерминант для оценки эффективности развития сетевой транспортной инфраструктуры [16–18]. При этом детерминанты технологии перевозок по транспортной сети рассматриваются во взаимосвязи с характеристиками сетевого инвестиционного проекта: оценками интегрального эффекта, объемами инвестиций, ставками дисконтирования и т.п. Соответственно, используются модели и методы инвестиционного проектирования [3–10]. Для оценки эффектов целостности сети анализируется возможность исследования характеристик естественно-монопольных свойств, так же как и процессов их исчерпания, в терминах специально моделируемых индикаторов. В анализ включаются оценки с различной степенью нелинейности сетевых затрат и обновления применяемых процедур оптимизации для решения невыпуклых многоэкстремальных задач [19,20], а также – при экзогенном и эндогенном спросе на грузовые и пассажирские перевозки в соответствии с уточнениями понятий корреспонденций, детализирующих общесетевой спрос [11].

2. *Подходы к поведенческой идентификации естественных монополий,* согласно предлагаемой методологии моделирования, в значительной мере исходят из присущей естественным монополиям временной неустойчивости, изменчивости их состояний [16,21]. Способы их измерения связаны с оценкой параметров сетевой инфраструктурной технологии (в системе технологических детерминант), и специальными ценовыми характеристиками (в том числе, ценами доступа к сетевым инфраструктурным объектам), весьма значимыми для субъектов хозяйствования на рынке естественно-монопольных услуг. В практическом плане изменчивость состояний определяет це-

лесообразность регулярного проведения диагностики, по сути дела, налаживания мониторинга и моделирования системы оценок естественно-монопольных свойств сетевых инфраструктурных объектов [22]. Проведение соответствующего мониторинга особенно существенно в новых условиях госрегулирования, интенсивных структурных преобразований в сферах естественных монополий и возникающей настоятельной необходимости обеспечения связности сети на федеральном и региональном уровнях.

В качестве элементов мониторинга целесообразно включение оценок эластичности спроса (с учетом индуцированных значений транспортного потока) по ценам, затратам, времени, типу поездок, уровню комфорта, безопасности, влиянию на занятость, на индикаторы регионального развития и т.п. Оценки взаимосвязи спроса и воздействия на экологию строятся с учетом видов экологического влияния (шума, загрязнения) на элементы природного комплекса: фауну, флору, водные ресурсы, климат, ландшафт. Особую значимость для условий реструктуризации и введения рыночных условий доступа к элементам сети на платной основе имеет построение оценок эластичности объемов транспортного потока от устанавливаемых уровней цен доступа к инфраструктуре. Учитывая масштабы страны, необходимо включение в оценки тенденций изменения связности территории, транспортной доступности. Формирование информационной базы оценки предполагает учет особенностей инфраструктурных проектов различного масштаба и временных горизонтов, относящихся к развитию местной, региональной и/или магистральной транспортной сети и т.п.

3. *Включение в оценки эффективности сетевых инфраструктурных подсистем как естественных монополий характеристик отраслевой технологии с использованием гедонического подхода* [23]. Отраслевая технология представляется через систематизированное описание и оценку способов производства товаров/услуг, наличие определенных ресурсов и оценок эффективности преобразования затрат в результаты. Она может рассматриваться как важнейшая составляющая теоретико-прикладных обоснований эффективных управленческих решений при формировании аналитических и прогнозных оценок. При этом способы модельного описания характеристик сетевых инфраструктурных технологий могут быть достаточно универсальными, и в то же время существенным образом допускать и с необходимостью предусматривать учет естественно-монопольной специфики.

Применительно к сетевым инфраструктурным технологиям и в связи с представлениями о естественных монополиях, как преимущественно сетевых объектах, весьма актуальным направлением исследований является выработка адекватных способов моделирования с включением возможностей применения гедонического подхода и учета сетевых инфраструктурных особенностей.

Относительно используемой терминологии, трактовки подхода, называемого гедоническим, по толкованию концепций гедонизма в разных областях человеческого знания могут быть достаточно широкими. Возможности использования гедонического подхода, имеющего достаточно длинную историю и изначально непосредственно связанные с философскими воззрениями, могут быть ориентированы и на описание специфических инфраструктурных технологий. При этом предполагается, что одни и те же физические объемы выпуска характеризуются рядом дополнительных индикаторов, отражающих значительные вариации по качественным показателям деятельности, а также особенностям выполняемой работы. Это определяет учет неоднородности технологии на множестве рассматриваемых на отраслевом рынке предприятий и сочетание агрегированных и дезагрегированных способов ее описания, что существенно при моделировании параметров сетевых инфраструктурных технологий на основе функций издержек.

Отметим, что изначально разработки по исследованию гедонического подхода, ориентированного на учет особенностей инфраструктурных технологий при моделировании многопродуктовых функций издержек, было выполнено применительно к сфере грузовых автомобильных перевозок [24] – с допущением возможности приложений в других отраслевых сферах, в том числе, с естественно-монопольным компонентом. При построении функции издержек в части характеристик выполняемой работы были введены как данные о грузообороте (в тонно-милях), так и дезагрегированные показатели, отражающие различия фирм – автомобильных грузовых перевозчиков по дальности перевозок, размеру отправок, уровню загрузки автомобилей. Их агрегирование выполнено с помощью производственной функции. В схематичном виде такая модель гедонической функции издержек (по сути дела квази-функции издержек) имеет вид:

$$C = C(\phi(y, q), W),$$

где $\phi(y, q)$ представляет вектор функций, которые измеряют эффективные выпуски и W представляет вектор цен на факторы производства (топливо, труд, оборудование, основной капитал и т.п.).

Тогда $\phi = (\phi^1, \phi^2, \dots, \phi^n)$ и $\phi^i = \phi^i(y_i, q_1^i, q_2^i, \dots, q_h^i)$, где y_i – представляет i -й физический выпуск и q_h^i – h -ю характеристику качества или свойства, ассоциируемого с i -м физическим выпуском. Приведенная спецификация представляет собой сепарабельную по характеристикам качества гедоническую функцию издержек. Возможность раздельного влияния аргументов на результирующие значения функции издержек обеспечивается за счет введения в перечень переменных усредненных значений показателей, моделирования взаимосвязей значений с вектором параметров качества перевозок и использованием производственной функции в качестве агрегатора.

В одной из модификаций базовой модели в рамках гедонического подхода [25] учет сетевой специфики осуществляется за счет введения в модель функции издержек дополнительных переменных для учета сетевых взаимодействий. Дополнительные агрегированные характеристики (типа связности сети, кружности маршрутов и концентрации транспортных потоков¹) непосредственно вводятся в вектор сетевых параметров $N = (N_p, N_z, \dots, N_p)$ функции издержек: $C = C(\phi(y, q), W, N)$.

Для отраслей с естественно-монопольным компонентом определяющим условием эффективного управления целостной и неделимой сетью (например, при транспортировке различных грузов, тепловой и электрической энергии), является совершенствование способов детализации учета сетевых технологических особенностей в рамках госрегулирования.

В предлагаемом расширении гедонического подхода при моделировании сетевых инфраструктурных технологий – на основе использования дальнейших модификаций многопродуктовых функций издержек – существенным образом учитываются возможности оптимизации параметров технологий при обосновании целенаправленных управленческих воздействий на регулируемых сегментах транспортных естественно-монопольных подсистем.

В целях приближения при моделировании к оптимальной инфраструктурной технологии, которая отвечает определению функции издержек, ключевую роль в прикладном аспекте мо-

¹ Связность сети (при заданной ее конфигурации) измеряется соотношением фактически связанных дуг и максимальным их количеством. Кружность маршрутов измеряется в тонно-милях, количество которых определяет превышение агрегированной величины транспортной работы (грузооборота), либо задаваемой регулятором экзогенно, либо формируемой эндогенно в процессе выбора маршрутов перевозчиками. Концентрация транспортных потоков показывает, какая часть общего количества звеньев на сети занята перевозчиками при распределении потоков (занимает ли оно лишь несколько звеньев или «распылено» по всей сети).

жет играть привлечение методов нелинейной сетевой оптимизации. В моделях нелинейной оптимизации транспортных сетей генерируются ненаблюдаемые данные по издержкам для модели технологии, учитывающей детальные характеристики работы сети по ее звеньям, что позволяет обеспечивать приемлемое приближение к формируемой функции издержек. В данном случае переменные выпуска входят в модель в явном виде, а учет сетевых особенностей производится неявно (в вводимом далее в функцию издержек блока NT).

Тогда общий вид функции издержек, обеспечивающей сочетание агрегированного (для сети в целом) и дезагрегированного описания оптимальной технологии, можно схематично представить следующим образом:

$$C = C(\phi, W, NT) = C(Y, W, NT) = C(Y, W, NT(Y, X)),$$

причем $NT(Y, X) = C^+(Y^+, X^+)$,

где блок NT обеспечивает за счет своей конструкции формирование оптимальных или приближенных к ним значений функции издержек $C^+(Y^+, X^+)$ как результат генерации ненаблюдаемых данных, и $Y^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+)$ – вектор детализированных оптимальных загрузок звеньев сети за счет оптимального распределения потоков по сети, а $X^+ = (x_1^+, x_2^+, \dots, x_m^+)$ – вектор детализированных оптимальных объемов расхода ресурсов на развитие звеньев сети, прежде всего инвестиций.

Соответственно, предлагаемые концептуальные подходы определяют возможности расширения гедонического подхода для моделирования транспортных сетевых инфраструктурных технологий с использованием модификации многопродуктовой функции (квази-функции) совокупных издержек, формируемой путем генерации ненаблюдаемых данных о параметрах технологии и их оптимизации на регулируемых сегментах естественно-монопольных рынков.

4. *Предложения по учету естественно-монопольной специфики в рамках формирования стратегических решений о развитии сетевых инфраструктурных объектов* непосредственно следуют из представленных концептуальных подходов к моделированию в рассматриваемых сферах. Учитываются особенности решаемых аналитических и прогнозных задач, их масштаб (федеральный или региональный уровень) и наличие соответствующей ретроспективной и перспективной информации. Это возможно и целесообразно в режиме как апостериорной (по результатам уже проведенных мероприятий), так и априорной оценки.

В стратегическом плане речь идет о формировании базовой системы оценок эластичности (связанных с технологическими детерминантами), включающей широкий их спектр и аккумулирующей опыт разработки. Формируемая система оценок ориентирована на учет условий реализации и обеспечение возможностей корректировки на этапах выполнения стратегии с определенной периодичностью. Необходимо учитывать присущие естественной монополии явления неустойчивости, которые преимущественно обусловлены недостаточными масштабами дополнительных инвестиций, в том числе, связанных с ростом спроса на услуги и внедрением инноваций. Априорный отказ от диагностики естественного-монопольных свойств инфраструктурных сетевых объектов противоречит природе анализируемого объекта.

При этом возможно использование предлагаемых концептуальных подходов в сферах деятельности, технологически близких или сопряженных по многим характеристикам с сетевыми инфраструктурными подсистемами с естественного-монопольным компонентом. Прежде всего – в потенциально стратегически связанных и во многом идентичных направлениях логистической и естественного-монопольной сфер деятельности, требующих для обеспечения эффективного взаимодействия включения управленческих механизмов, в том числе, ориентированных на использование специальных аналитических процедур и оценочных индикаторов. Предлагается – в рамках стратегического взаимодействия логистической и естественного-монопольной сфер деятельности – соотнести подходы к моделированию общих издержек в логистике и функции совокупных издержек, формируемой исходя из представлений теории естественной монополии. При необходимом информационном обеспечении возможна и целесообразна постановка задачи оценки системной эффективности в части определения рациональных схем транспортно-экспедиционного обслуживания и управления цепями поставок.

Заключение

Представленные концептуальные подходы к моделированию оценки системной эффективности формируют основу для уточнения типов и параметров конструируемых теоретических и прикладных моделей применительно к обоснованию управленческих решений по развитию сетевой транспортной инфраструктуры для условий нестационарной российской экономики. Системный подход к моделированию оценок эффективности в

рамках предложенных концептуальных основ направлен на усиление и детализацию информационных взаимосвязей моделей и методов инвестиционного проектирования, нелинейных сетевых транспортных задач, моделей и методов теории естественной монополии.

Сочетание оценки общественной эффективности инвестиционного транспортного проекта и включения гедонического подхода при моделировании транспортных инфраструктурных технологий позволит не только более полно отразить в расчетах специфику крупномасштабных сетевых транспортных проектов с естественного-монопольным компонентом, но и обеспечить – в соответствии с требованиями современных экономических реалий – учет социальной направленности системы обоснований управленческих решений в рассматриваемых сферах.

Литература

1. *Лившиц В.Н., Лившиц С.В.* Системный анализ нестационарной экономики России (1992-2009): рыночные реформы, кризис, инвестиционная политика. М.: Поли Принт Сервис. 2010. 452с.
2. *Костюк В.Н.* Нестационарная экономика. Влияние сложности на экономическое развитие. М.: ЛЕНАНД. 2013.
3. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Поли Принт Сервис. 2015. 1300 с.
4. *Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов.* Официальное издание. Вторая редакция (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21.06.1999 № ВК 477). М.: Экономика. 2000. 439с.
5. *Livchits Veniamin, Mironova Inna, Tischenko Tatiana, Frolova Marina, Shvetsov Aleksandr.* Special Features of Evaluating the Efficiency of Large-scale Infrastructure Network Projects / Proceedings of the 13th International Conference “Management of Large-Scale System Development” (MLSD). Moscow: IEEE, 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9247826>.
6. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н.* Эффективность инвестиционных проектов // Аудит и финансовый анализ. 2000. №3. С.7-138.
7. *Миронова И.А.* Оценка внешних эффектов в расчетах общественной эффективности крупных инвестиционных проектов строительства и реконструкции участков железной дороги // Аудит и финансовый анализ. 2013. №4. С.200-217.

8. *Миронова И.А., Тищенко Т.И.* Системная оценка эффективности проектов развития железнодорожного транспорта // Труды ИСА РАН. 2018. Т. 68. Вып. 3. С.99-108.
9. *Лившиц В.Н., Миронова И. А., Швецов А.Н.* Оценка эффективности инвестиционных проектов в различных условиях // Экономика промышленности. 2019. Т.12 №1. С. 29-43.
10. *Миронова И.А., Тищенко Т.И.* К оценке общественной эффективности железнодорожных высокоскоростных магистралей // Российский экономический журнал. 2019. №2. С.45-61.
11. *Диагностика транспортных сетей как естественных монополий во взаимосвязи с характеристиками сетевого проекта / Н.И. Белоусова, С.П. Бушанский, Е.М. Васильева, В.Б. Васильев // Труды ИСА РАН. 2020. Т.70. Вып.4. С.3-15.*
12. *Белоусова Н.И., Васильева Е.М.* Особенности моделирования инфраструктурных технологий с учетом изменений законодательства по естественным монополиям// Труды ИСА РАН. 2019. Т.69. Вып.3. С.28-41.
13. *Белоусова Н.И., Васильева Е.М.* Диагностика свойств сетевых инфраструктурных технологий в реформируемой системе госрегулирования российских естественных монополий // Российский экономический журнал. 2019. Вып. 3. С.25-35.
14. *Белоусова Н.И., Бушанский С.П., Васильева Е.М.* Оценка параметров инфраструктурных технологий в условиях реформы госрегулирования российских естественных монополий // Экономический анализ: теория и практика. 2020. Т.19. Вып.4. С. 663–682.
15. *Белоусова Н.И.* Об оценке тенденции к унификации в государственном регулировании естественно-монопольных подсистем // Актуальные проблемы экономики и права. 2019. Т.13, №2. С.1251-1260.
16. *Baumol W.L., Panzar J.C., Willig R.D.* Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. N.Y.: HBJ. 1982. 497p.
17. *Белоусова Н.И., Васильева Е.М.* Естественно-монопольные индикаторы деятельности: теоретические и прикладные аспекты анализа // Труды ИСА РАН. 2018. Т.68. Вып.3. С.69-82.
18. *Белоусова Н.И., Васильева Е.М.* Учет оценок естественно-монопольных индикаторов в сетевых транспортных проектах/ Сборник научных трудов XIV Всероссийской с международным участием школы-симпозиума «Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем». – Симферополь-Судак, 14-27 сентября 2020г. – Симферополь: ИП Корниенко А.А. 2020. С.51-55.
19. *Левит Б.Ю., Лившиц В.Н.* Нелинейные сетевые транспортные задачи. М.: Транспорт. 1972. 144с.
20. *Васильева Е.М., Левит Б.Ю., Лившиц В.Н.* Нелинейные транспортные задачи на сетях. М.: Финансы и статистика. 1981. 104с.
21. *Васильева Е.М.* Подходы к моделированию характеристик устойчивости /неустойчивости транспортной сети как естественной монополии. Секция 4. «Стратегическое планирование на мезоэкономическом (региональном и отраслевом) уровне». Сборник докладов участников секционных заседаний XXI Всероссийского симпозиума. Москва, 10–11 ноября 2020 г. С.480-483.
22. *Белоусова Н.И.* Мониторинг оценок эластичности в информационном обеспечении транспортных инфраструктурных проектов / Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Тенденции развития Интернет и цифровой экономики». Симферополь-Алушта, 4-6 июня 2020г. – Симферополь: ИП Зуева Т.В. 2020. С.22-24.
23. *Белоусова Н.И., Васильева Е.М.* Об использовании гедонического подхода при моделировании сетевых инфраструктурных технологий / Сборник научных трудов XIII Всероссийской с международным участием школы-симпозиума «Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем». – Симферополь-Судак, 14-27 сентября 2019г. – Симферополь: ИП Корниенко А.А. 2019. С. 38-42.
24. *Spady R.H., Friedlander A.F.* Hedonic Cost Functions for the Regulated Trucking Industry // Bell Journal of Economics. 1978. 9(1). P.159-179.
25. *Wang Chiang S.J., Friedlander A.F.* Output Aggregation, Network Effects, and the Measuring of Trucking Technology // Review of Economics and Statistics. 1984. 66 (2). P.267-276.

Белюсова Наталия Ивановна. Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Ведущий научный сотрудник. Доктор экономических наук. Количество печатных работ: более 170 (в т.ч. 7 индивидуальных и коллективных монографий и разделов в них). Область научных интересов: естественные монополии, структурное реформирование, межрегиональный анализ, теоретические модели госрегулирования, конкурентоспособные рынки, индикаторы стратегического развития, методология системной оценки. E-mail: natabel.52@mail.ru; belousova@isa.ru

Васильева Елена Михайловна. Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Ведущий научный сотрудник. Доктор экономических наук. Количество печатных работ: более 180 (в т.ч. 10 индивидуальных и коллективных монографий и разделов в них). Область научных интересов: оптимизация транспортной сети, моделирование многопродуктовой функции совокупных издержек, идентификация естественной монополии, оценка динамики инфраструктурных технологических детерминант. E-mail: vas10081946@gmail.com; vasilleva@isa.ru

Лившиц Вениамин Наумович. Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник. Доктор экономических наук, профессор. Количество печатных работ: около 500 (в т.ч. более 50 индивидуальных и коллективных монографий и разделов в них). Область научных интересов: экономика, транспорт, энергетика, математика, инвестиции, анализ и оценка эффективности инвестиционных проектов. E-mail: livchits@isa.ru

Миронова Инна Алексеевна. Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Главный специалист. Кандидат экономических наук. Количество печатных работ: более 40 (в т.ч. 1 монография). Область научных интересов: теория оценки эффективности инвестиционных проектов. E-mail: makbat@mail.ru

Conceptual Foundations of Modeling the Assessment for System Efficiency of Network Transport Infrastructure Development*

N.I. Belousova, E.M. Vasilieva, V.N. Livchits, I.A. Mironova
Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The results of the development of conceptual approaches to modeling the social efficiency assessment of large-scale transportation projects as well as modeling the efficiency assessment for network infrastructure subsystems as natural monopolies with the inclusion of hedonic models are represented. The model for assessing the social effectiveness of a large-scale investment project based on the criterion of real social profit from the project implementation is proposed. The profit appraisal is compounded to the end of the accounting period and is calculated taking into account the optimal use of the income received from the entire period of the project implementation, as well as the lost profit associated with the diversion of funds to the project. Advancement conceptual approaches to identification of natural monopolies taking into account infrastructure technology specific are formed. Extensions of the hedonic approach are proposed for modeling efficiency assessment of the development of network transport infrastructure using a modification of the multiproduct cost function and optimization of technology parameters. Interrelations between information flows of the models have been researched: namely the models of diagnostics of natural monopoly technology qualities, the models of efficiency assessment of large-scale network transportation projects also the models of transport network optimization. The proposals for implementation of the conceptual foundations to formation of strategy decisions on network infrastructural subsystems have been developed.

Keywords: *system efficiency, modeling, network transport infrastructure, large-scale investment projects, assessment criteria, externalities of project implementation, natural monopoly specific, hedonic approach, information interrelations*

DOI: 10.14357/20790279210102

* Funding: The reported study was funded by RFBR, project number 20-010-00135.

References

1. *Livshic V.N., Livshic S.V.* Sistemnyj analiz nestacionarnoj ekonomiki Rossii (1992-2009): rynchnye reformy, krizis, investicionnaya politika. M.: Poli Print Servis, 2010. 452 p.
2. *Kostyuk V.N.* Nestacionarnaya ekonomika. Vliyanie slozhnosti na ekonomicheskoe razvitie. M.: LENAND. 2013.
3. *Vilenskij P.L., Livshic V.N., Smolyak S.A.* Ocenka effektivnosti investicionnyh proektov. Teoriya i praktika. M.: Poli Print Servis, 2015. 1300 p.
4. Metodicheskie rekomendacii po ocenke effektivnosti investicionnyh proektov. Oficial'noe izdanie. Vtoraya redakciya (utv. Minekonomiki RF, Minfinom RF i Gosstroem RF ot 21.06.1999 № VK 477). M.: Ekonomika, 2000. 439 p.
5. *Veniamin Livchits, Inna Mironova, Tatiana Tischenko, Marina Frolova, Aleksandr Shvetsov.* Special Features of Evaluating the Efficiency of Large-scale Infrastructure Network Projects / Proceedings of the 13th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE, 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9247826>.
6. *Vilenskij P.L., Livshic V.N.* Effektivnost' investicionnyh proektov // Audit i finansovyj analiz. 2000. №3. P. 7-138.
7. *Mironova I.A.* Ocenka vneshnih effektivov v raschetah obshchestvennoj effektivnosti krupnyh investicionnyh proektov stroitel'stva i rekonstrukcii uchastkov zheleznoj dorogi. // Audit i finansovyj analiz. 2013. №4. P. 200-217.
8. *Mironova I.A., Tishchenko T.I.* Sistemnaya ocenka effektivnosti proektov razvitiya zheleznodorozhno-go transporta // Trudy Instituta sistemnogo analiza RAN. 2018. T. 68. Vyp. 3. P. 99-108.
9. *Livshic V.N., Mironova I. A., SHvecov A.N.* Ocenka effektivnosti investicionnyh proektov v razlichnyh usloviyah // Ekonomika promyshlennosti. 2019. T.12. №1. P. 29-43.
10. *Mironova I.A., Tishchenko T.I.* K ocenke obshchestvennoj effektivnosti zheleznodorozhnyh vysokoskorostnyh magistralej. // Rossijskij ekonomicheskij zhurnal. 2019. №2. P. 45-61.
11. *Diagnostika transportnyh setej kak estestvennyh monopolij vo vzaimosvyazi s karakteristikami setevogo proekta /* N.I. Belousova, S.P. Bushanskij, E.M. Vasil'eva, V.B. Vasil'ev // Trudy ISA RAN. 2020. T.70. Vyp.4. P. 3-15.
12. *Belousova N.I., Vasil'eva E.M.* Osobennosti modelirovaniya infrastruktury tekhnologij s uchetom izmenenij zakonodatel'stva po estestvennym monopolijam// Trudy ISA RAN. 2019. T.69. Vyp.3. P. 28-41.
13. *Belousova N.I., Vasil'eva E.M.* Diagnostika svojstv setevykh infrastruktury tekhnologij v reformiruemoj sisteme gosregulirovaniya rossijskikh estestvennyh monopolij // Rossijskij ekonomicheskij zhurnal. 2019. Vyp. 3. P. 25-35.
14. *Belousova N.I., Bushanskij S.P., Vasil'eva E.M.* Ocenka parametrov infrastruktury tekhnologij v usloviyah reformy gosregulirovaniya rossijskikh estestvennyh monopolij // Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika. 2020. T.19. Vyp.4. P. 663-682.
15. *Belousova N.I.* Ob ocenke tendencii k unifikacii v gosudarstvennom regulirovanii estestvenno-monopol'nyh podsystem // Aktual'nye problemy ekonomiki i prava. 2019. T.13, №2. P. 1251-1260.
16. *Baumol W.L., Panzar J.C., Willig R.D.* Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. N.Y.: HBJ. 1982. 497 p.
17. *Belousova N.I., Vasil'eva E.M.* Estestvenno-monopol'nye indikatory deyatel'nosti: teoreticheskie i prikladnye aspekty analiza // Trudy ISA RAN.. 2018. T.68. Vyp.3. P. 69-82.
18. *Belousova N.I., Vasil'eva E.M.* Uchet ocenok estestvenno-monopol'nyh indikatorov v setevykh transportnyh proektah/ Sbornik nauchnyh trudov XIV Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem shkoly-simpoziuma «Analiz, modelirovanie, upravlenie, razvitie social'no-ekonomicheskikh sistem». – Simferopol'-Sudak, 14-27 sentyabrya 2020g. – Simferopol': IP Kornienko A.A. 2020. P. 51-55.
19. *Levit B.YU., Livshic V.N.* Nelinejnye setevye transportnye zadachi. M.: Transport, 1972. 144 p.
20. *Vasil'eva E.M., Levit B.YU., Livshic V.N.* Nelinejnye transportnye zadachi na setyah. M.: Finansy i statistika. 1981. 104 p.
21. *Vasil'eva E.M.* Podhody k modelirovaniyu harakteristik ustojchivosti /neustojchivosti transportnoj seti kak estestvennoj monopolii. Sekciya 4. «Strategicheskoe planirovanie na mezoekonomicheskom (regional'nom i otraslevom) urovne». Sbornik dokladov uchastnikov sekcionnyh zasedanij XXI Vserossijskogo simpoziuma. Moskva/ 10-11 noyabrya 2020 g. P.480-483.
22. *Belousova N.I.* Monitoring ocenok elastichnosti v informacionnom obespechenii transportnyh infrastruktury tekhnologij proektov / Trudy III Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferencii «Tendencii razvitiya Internet i cifrovoj ekonomiki». Simferopol'-Alushta, 4-6 iyunya 2020g. – Simferopol': IP Zueva T.V. 2020. P. 22-24.
23. *Belousova N.I., Vasil'eva E.M.* Ob ispol'zovanii gedonicheskogo podhoda pri modelirovanii

- setevyh infrastrukturyh tekhnologij / Sbornik nauchnyh trudov XIII Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem shkoly-simpoziuma «Analiz, modelirovanie, upravlenie, razvitie social'no-ekonomicheskikh sistem». – Simferopol'-Sudak, 14-27 sentyabrya 2019g. – Simferopol': IP Kornienko A.A., 2019. P. 38-42.
24. *Spady R.H., Friedlander A.F.* Hedonic Cost Functions for the Regulated Trucking Industry // *Bell Journal of Economics*. 1978. 9(1). P. 159-179.
25. *Wang Chiang S.J., Friedlander A.F.* Output Aggregation, Network Effects, and the Measuring of Trucking Technology // *Review of Economics and Statistics*. 1984. 66 (2). P. 267-276.

Belousova Nataliya Ivanovna. Leading Researcher, Doctor (Economy), Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. Number of printed works: over 170 (including 7 individual and collective monographs and their sections). Sphere of scientific interest: natural monopolies, structural reforming, interregional analysis, theoretical models of state regulation, contestable markets, strategy development indicators, system assessment methodology. E-mail: natabel.52@mail.ru; belousova@isa.ru

Vasilieva Elena Michailovna. Leading Researcher, Doctor (Economy), Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. Number of printed works: over 180 (including 10 individual and collective monographs and their sections). Sphere of scientific interest: transport network optimization, total multiproduct cost function modeling, natural monopoly identification, dynamic assessment of infrastructure technologic determinants. E-mail: vas10081946@gmail.com; vasilieva@isa.ru

Livchits Veniamin Naumovich. Chief Research Officer, Doctor (Economy), Professor, Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. Number of printed works: about 500 (including over 50 individual and collective monographs and their sections). Sphere of scientific interest: economy, transport, power engineering, mathematics, investment, analysis and efficiency of investment projects. E-mail: livchits@isa.ru

Mironova Inna Alekseevna. Chief Specialist, PhD in Economics, Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. Number of printed works: over 40 (including 1 monograph). Sphere of scientific interest: the theory of efficiency assessment of investment projects. E-mail: makbat@mail.ru