ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 352.071:330.4 /UDC 352.071:330.4

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ СУБЪЕКТАМИ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Ляпунова Г.П.
кандидат экономических наук, доцент,
с.н.с. лаборатории математического моделирования
функционально-пространственного развития городов
института проблем региональной экономики
российской Академии наук (ИПРЭ РАН),

FORMATION OF A COMPLEX OF OPTIMIZATION MODELS OF DISTRIBUTION OF FUNCTIONAL LOAD BETWEEN THE SUBJECTS OF URBAN AGGLOMERATION

Lyapunova G. P.
PhD in Economics,
senior researcher, the Laboratory of Mathematical Modelling
of Functional-Spatial Development of Cities,
Institute for Regional Economic Studies
Academy of Sciences (IRES RAS),
г. Санкт-Петербург
St. Petersburg
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2022.2.100.1685

АННОТАЦИЯ

Развитие экономико-математических методов распределения функциональной нагрузки между субъектами городской агломерации будет способствовать решению большого количества управленческих задач, возникающих при разработке стратегических планов, целевых комплексных программ и проектов, а также созданию механизмов взаимодействия территориальных субъектов, входящих в состав агломерации. В статье обоснована актуальность разработки комплекса моделей, предназначенного для решения задач распределение функциональной нагрузки по территории городской агломерации. Рассмотрены проблемы и особенности формирования глобальных критериев многокритериальных задач, вошедших в состав комплекса. Приведен состав входной информации и даны рекомендации по формированию массива входных данных.

ABSTRACT

The development of economic and mathematical methods for distributing the functional load between the subjects of the urban agglomeration will contribute to the solution of a large number of management problems that arise in the development of strategic plans, targeted complex programs and projects, as well as the creation of mechanisms for the interaction of territorial entities that are part of the agglomeration. The article substantiates the relevance of the development of a set of models designed to solve the problems of distribution of the functional load in the territory of the urban agglomeration. The problems and features of the formation of global criteria for multi-criteria of multi-criteria of tasks that are part of the complex are considered. The composition of the input information is given and recommendations for the formation of an array of input data are given.

Ключевые слова: территориальное образование, инвестиционная привлекательность, многокритериальная задача, распределение функциональной нагрузки.

Key words: territorial education, investment attractiveness, multi-criteria task, distribution of functional load.

В процессе развития городской агломерации происходит изменение состава функций, способов их реализации, возрастание или снижение потребности в их реализации, а также перемещение ряда объектов, в том числе инфраструктурных, в пригородные и периферийные зоны. Изменения, происходящие внутри структурных элементов городской агломерации под воздействием эффектов агломерирования, распространяются от одной пространственной области к другой и приводят к изменению их характеристик обеспеченности социальными и инфраструктурными благами, распространению функций центра на другие структурные элементы, появлению новых функций, изменению содержания или исчезновению старых функций. Несогласованное распределение социальных, административных и хозяйственных функций, несоответствие профильных функций территориальных образований тем функциям, которые являются наиболее эффективными для их местоположения — это типичные проблемы развития, присущие всем городским агломерациям в процессе развития.

Для сбалансированного развития городской агломерации необходимо такое распределение всех

видов функциональной нагрузки между входящими в нее территориальными образованиями, которое бы обеспечивало повышение качества жизни для проживающего там населения. Для достижения этой цели требуется разработка и постоянная актуализация целевых программ территориальных образований, а также разработка дорожных карт по совместной реализации приоритетных инвестиционных проектов, направленных на развитие городской инфраструктуры.

Исходя из вышеизложенного можно утверждать, что рациональное размещение функциональной нагрузки на территории городской агломерации представляет собой одну из актуальных задач ее социально-экономической политики, решение которой позволит уменьшить дисбаланс, неизбежно возникающий в процессе агломерирования в обеспеченности объектами инфраструктуры входящих в ее состав субъектов. Решение этой проблемы осложняется тем обстоятельством, что должно осуществляться не только с учетом особенностей местоположения выделяемых для этих целей пространственных ресурсов и их стоимости, но и с учетом инвестиционной привлекательности территориальных образований для девелоперов, поскольку значительная часть объектов возводится застройщиками в районах жилищного строительства. Наличие многих заинтересованных сторон в результатах распределения функциональной нагрузки (городская агломерация, входящие в нее территориальные образования, потенциальные инвесторы) предполагает принятие решения на конкурентной основе. Причем необходимо не только определить эффективную функциональную нагрузку для каждого территориального образования в зависимости от его обеспеченности и потребностей населения, но и учесть в процессе распределения инвестиционную привлекательность и финансовые возможности территориальных образований.

Очевидно, что разработка инфраструктурных проектов и целевых программ на подготовительном этапе предполагает решение целого ряда распределительных задач, в том числе задачу выбора объектов обслуживания для включения в инвестиционный проект или целевую программу. При этом при формировании портфеля объектов конкретного территориального образования необходимо учитывать уровень обеспеченности не только данного территориального образования, но и других образований в границах городской агломерации.

В состав разработанного нами комплекса задач распределения функциональной нагрузки входят следующие экономико-математические модели:

В [1] представлена математическая модель, позволяющая, в том числе, находить территориальные образования, в которых имеется большое количество необслуженного населения, для потенциального размещения объектов обслуживания.

В [2] предложена модель, в которой распределение функциональной нагрузки осуществляется с учетом существующей обеспеченности территориальных образований. Данная модель представляет собой распределение видов землепользования на территории агломерации. Ее решение позволяет максимизировать суммарный экономический эффект от сплошного распределения функциональной нагрузки по территории агломерации.

В [3] представлена математическая модель (в форме классической кооперативной игры) распределения затрат и результатов (объемов оказываемых услуг) при создании объектов обслуживания несколькими муниципальными образованиями, предполагающими консолидацию ресурсов и привлечение средств инвесторов.

В [4] предлагается модель распределения функциональной нагрузки с учетом финансовых возможностей территориальных образований. В модели для каждой пары «объект обслуживания – территориальное образование» определена экономическая эффективность внедрения объекта и необходимые объемы вложений двух видов: собственные и привлеченные (например, предусмотренные целевой региональной программой). Требуется составить такой план ввода объектов обслуживания, который бы удовлетворял ограничениям на вложения двух типов и обеспечивал максимальный суммарный эффект от всей создаваемой системы объектов обслуживания в территориальных образованиях городской агломерации.

Подходы к выбору критериев оценки экономического эффекта от создания объекта обслуживания рассмотрены нами в статье [2], и там же проанализированы предпосылки, положенные в основу их формирования. Отметим, что к критерию эффективности предъявляются требования учета экономических, социальных и экологических факторов. По нашему мнению, наиболее значимыми являются экономические факторы, оценка эффективности которых осуществляется через соотнесение затрат и результатов. Социальные и экологические факторы оказывают непосредственное влияние на экономические через системы научно-обоснованных нормативов затрат на создание объектов обслуживания и стандартов обеспеченности населения такими объектами.

В моделях распределения функциональной нагрузки используется векторный критерий эффективности, который представляет собой взвешенную сумму критериев эффективности территориальных образований, участвующих в процессе распределения $f_j(X_j) = c_j \sum_{i=1}^{m} p_i x_{ij}$, где j – индекс территориального образования, $j= 1,2,..,n$; i – индекс функциональной нагрузки, $i=1,2,..,m$; c_j –экспертная оценка приоритетности территориального образования j для инвесторов, x_{ij} - искомая величина лимитированной нагрузки i, которая будет предоставлена территориальному образованию j,

$0 \le x_{ij} \le a_{ij}, \quad i = 1,....,m, \quad j = 1,....,n;$ p_i - стоимость единицы лимитированной функциональной нагрузки i.

Аддитивный критерий также формируется и в модели распределения функциональной нагрузки с учетом финансовых возможностей территориальных образований. Однако в этой модели у каждого территориального субъекта может быть свой подход к оценке эффективности, что принципиально отличает данную модель от всех рассмотренных ранее.

Аддитивный метод свертки критериев иногда называют экономическим, так как он наиболее активно используется в различного рода экономических многокритериальных задачах и отличается простотой интерпретации и реализации, сохраняя такие важные свойства исходных критериев как линейность, выпуклость, вогнутость, непрерывность, дифференцируемость и др. Выбор аддитивного метода свертки критериев в моделях распределения функциональной нагрузки объясняется ограниченностью ресурсов, выделяемых на осуществление соответствующих мероприятий в плановом периоде, задающую коррелированность частных критериев и их равноценность для лица принимающего решение. Кроме того, в нашем случае локальные критерии эффективности территориальных образований имеют одинаковую размерность (выражены в денежных единицах), поэтому сконструированный глобальный критерий показывает экономическую эффективность распределения функциональной нагрузки, которая слагается из взвешенной суммы локальных критериев.

С математической точки зрения основным достоинством данной свертки является то, что с ней связаны классические достаточные и необходимые условия оптимальности по Парето (теоремы С. Карлина, Ю. Гермеера), выполнение которых обеспечивает существование оптимального решения. С содержательной позиции у метода аддитивной свертки имеется целый ряд фундаментальных недостатков.

Во-первых, это хорошо известная проблема назначения весовых коэффициентов, которая практически никогда не имеет однозначного решения, поскольку подходы к назначению весов зависят только от предпочтений лица, принимающего решение, которые формируются под влиянием среды принятия решения и, поэтому, подвержены частым изменениям. Например, в модели распределения функциональной нагрузки в качестве весов используются оценки инвестиционной привлекательности территориальных образований, сделанные независимыми экспертами. Такие факторы как смена состава экспертов, изменение условий инвестирования, уход иностранных инвесторов и др., естественно, порождают сомнения в обоснованности применяемых оценок. Кроме того, как известно, даже незначительные изменения весовых коэффициентов приводят к большим изменениям значений целевых функций.

Во-вторых, аддитивный подход к свертке локальных критериев при наличии больших расхождений в их значениях приводит к тому, что полученное оптимальное решение окажется неприемлемым по каким-то локальным критериям. То есть достижение определенного оптимальным распределением функциональной нагрузки уровня экономической эффективности для всей агломерации может привезти к низкой эффективности для одного или нескольких территориальных образований. Соответственно, понадобится вводить дополнительные ограничения, для того чтобы скорректировать решение.

Другим часто используемым методом построения глобального критерия является применение свертки мультипликативного вида, которая построена на принципе справедливой компенсации относительных изменений локальных критериев. В нашем случае (без учета важности критериев), это $\max \prod_j f_j(X_j).$ Если необходима оценка важности локальных критериев, можно ввести в формулу весовые коэффициенты, используя, например, показатели возведения в степень.

Основные ограничения, связанные с конструированием мультипликативного критерия, определяются его элементарными математическими свойствами. В мультипликативной свертке допускается не более одного локального критерия, принимающего отрицательное значение. Кроме того, если хотя бы один из локальных критериев равен 0, то и глобальный критерий будет равен 0. Соответственно, нам потребуется исключить из распределения функциональной нагрузки территориальные образования, не представляющие интерес для инвесторов, что ограничивает возможности применения комплекса моделей распределения функциональной нагрузки.

Еще один подход к построению свертки критериев состоит в минимизации евклидовой метрики в многомерном пространстве до некоторого «эталонного» значения. Математическая сторона построения критерия рассмотрена нами, например, в [5]. Выбранный в соответствии с этим правилом вариант распределения функциональной нагрузки обеспечит наилучшие из возможных значений экономической эффективности для каждого из территориальных образования. Вектор-эталон может быть сформирован путем выбора наилучших достигнутых значений обеспеченности функциональной нагрузкой каждого вида (планирование от достигнутого уровня), либо составлен на основании региональных нормативов обеспеченности. Использование данного подхода к задаче распределения функциональной нагрузки целесообразно при наличии некоторого количества

вариантов распределения в случае, когда необходимо выбрать вариант распределения, обеспечивающий наименьшее отклонение от нормативных или эталонных значений показателей обеспеченности.

Рассмотренные способы свертки локальных критериев создают основу для формирования глобальных критериев агрегированного вида, которые представляют собой их комбинацию. Применение вышеперечисленных способов формирования глобального критерия изменит класс принадлежности моделей, поскольку линейные критерии оптимальности заменятся в данном случае на мульти линейные или нелинейные, что существенно усложнит алгоритмы решения задач комплекса. Избежать проблемы выбора способа свертки локальных критериев также возможно при применении теоретико-игрового подхода к решению многокритериальных задач.

Информационное обеспечение комплекса задач предполагает наличие:

данных, содержащихся в градостроительных планах и программах;

данных территориального функционального баланса;

актуальных данных официальных региональных статистических органов;

данных кадастрового учета; статистических данных территориальных образований; входящих в состав городской агломерации; экспертных оценок.

Состав данных:

Перечень территориальных образований, участников процесса распределения функциональной нагрузки.

Состав планируемой функциональной нагрузки.

Оценки потребности в каждом виде функциональной нагрузки для каждого территориального образования – участника процесса распределения, га.

Площадь свободных функциональных зон, выделяемая агломерацией для распределения функциональной нагрузки, га.

Объем инвестиций, которые каждое территориальное образование направляет на создание объектов функциональной нагрузки.

Оценки стоимости единицы функциональной нагрузки каждого вида, полученные на основании единого согласованного подхода.

Экспертные оценки приоритетности территориальных образований для сторонних инвесторов.

Данные о потребности в объектах обслуживания в разрезе территориальных образований.

Оценка потребности территориальных образований в заемных средствах для создания объектов обслуживания.

Оценка величины прибыли, на которую гарантированно может рассчитывать каждое территориальное образование при создании совместного объекта обслуживания.

Нормативы обеспеченности объектами инфраструктуры городского и сельского населения.

При формировании массива входной информации необходимо учитывать следующие факторы.

Особенности выбора территориальных единиц

Моделирование распределения функциональной нагрузки по территории городской агломерации направлено на нахождение наилучшего варианта распределения для всей территории, представляемой в виде совокупности неких однородных территориальных единиц (транспортный район, муниципальное образование, район, функциональная зона, территориальная зона и пр.).[1] Конкретный вариант территориальной единицы определяется задачами моделирования и типом распределяемой функциональной нагрузки. Например, при распределении объектов социальной инфраструктуры основными факторами, влияющими на величину искомой нагрузки, является численность (прогнозная или фактическая) определенных групп населения проживающих на конкретных территориях, выделяемых в соответствии с принятым административно-территориальным делением, а также фактическая и требуемая обеспеченность населения в расчете на 1000 человек. Выбор местоположения объекта обслуживания, в свою очередь, предполагает более дробное деление территории, позволяющее оценить каждую выделенную территориальную единицу по нескольким параметрам: разрешенное использование, стоимость земельного участка, транспортная доступность и т.п.

2. Информационное обеспечение моделей выбора местоположения объектов обслуживания[2]

Решение опирается на данные функционального баланса агломерации и априорные представления о целесообразности использования каждой выделенной территориальной единицы под конкретный вид использования, что позволяет находить для объектов обслуживания разных видов наиболее

[1] Например, г. Санкт-Петербург, являющейся ядром городской агломерации, разбит на 20 функциональных зон, 224 планировочных квадрата, 246 транспортных районов, 18 районов, включающих 111 внутригородских муниципальных образований и 81 муниципальный округ.

[2] Фундаментальные подходы к решению задач выбора местоположения объектов обслуживания были сформулированы в работах сотрудников СПб ЭМИ РАН под научным руководством В.П. Федорова. В качестве основного подхода к решению задач выбора местоположения объектов обслуживания предлагается использовать разработку моделей, приводящих к постановке и решению специальной задачи выпуклого программирования на поиск максимума критерия энтропийного типа.

пригодные участки территории (территориальные единицы). Здесь в качестве территориальной единица выбран квартал. Поскольку участки территории могут быть заняты или свободны, в модели предусматриваются затраты, связанные с их преобразованиями под другие виды землепользования. Таким образом, информационное обеспечение модели должно включать подробное описание существующей структуры землепользования. Модели формирования структуры землепользования для участков городской территории рассмотрены, например, в статьях [6],[7], [8]. Для решения таких задач может использоваться программный комплекс CITRAF, располагающий модулем массовой оценки территории. В статье [6] подробно рассмотрены вопросы информационного обеспечения предлагаемой модели и даны методические рекомендации по расчету используемых в модели рентных коэффициентов, что существенно повышает ее практическую значимость.

3. Оценка спроса на услуги объектов обслуживания

Оценить спрос на услуги объектов обслуживания, выполняющих различные функции, с учетом их мощностей (пропускной способности) позволяет методология, использованная в [1] для построения модели передвижений к объектам обслуживания. В рассматриваемой модели, спрос на услуги объектов обслуживания соотносится с предложением услуг. Мерой спроса является распределенное по территории население, мерой предложения - объекты системы обслуживания, с учетом их мощностей и местоположения. В качестве территориальной единицы выбран транспортный район. Спрос на объект системы обслуживания обусловлен его «полезностью» и доступностью, но ограничен платежеспособностью потенциальных потребителей. Аналогичный подход использовался ранее и в других работах научного коллектива лаборатории. При построении модели предполагается, что величина платежеспособного спроса на получение услуги конкретного объекта обслуживания зависит от величины затрат на передвижение до этого объекта. С помощью модели возможно установить в каких территориальных образованиях (транспортных районах) нужна дополнительная функциональная нагрузка.

4. Отсутствие стандартизированного подхода к формированию статических данных субъектами агломерации

Отсутствие стандартизированного подхода к формированию статических данных субъектами агломерации связано с тем, что процессы агломерирования в различных регионах России имеют существенные различия, которые влияют на формально-юридическое оформлении агломераций. Отсутствие законодательной основы распределения полномочий между субъектами привело к появлению разных подходов к решению территориальных проблем. Такое положение дел осложняет разработку программ развития городских агломераций, устанавливающих общие для всех муниципальных образований цели и задачи развития, единые стандарты и рамочные нормы осуществления полномочий, исполнения муниципальных функций и предоставления муниципальных услуг в сферах транспорта, культуры, здравоохранения, социального обслуживания, образования, торговли, благоустройства, градостроительства и архитектуры, жилищно-коммунального хозяйства, дорожной деятельности.

Список литературы

1. Булычева Н.В., Ляпунова Г.П. Выявление и оценка бизнес-интересов в локальных центрах полицентричного города//Финансы и бизнес. 2016. № 2. С. 20-27.

2. Ляпунова Г.П. Экономико-математическая модель распределения функций между территориальными образованиями городской агломерации. // «Вестник образования и развития науки РАЕН», № 3. С. 34-41.

3. Ляпунова Г.П. Теоретико-игровая модель организации межмуниципального сотрудничества//Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2020. № 4 (63). С. 112-121.

4. Ляпунова Г.П. О трансформации функциональной структуры территориальных образований городских агломераций// Восточно-европейский научный журнал». 2021.1.76#12(76), 2021 часть 1. С.28-32.

5. Ляпунова Г.П., Корабельников В.М. Системная оценка эффективности предпринимательской деятельности//ВЕСТНИК ИНЖЭКОНА. СЕРИЯ: ЭКОНОМИКА. Санкт-Петербургский государственный экономический университет (Санкт-Петербург). Номер: 5. Год: 2010.С. 122-127.

6. Федоров В.П., Пахомова О.М., Булычева Н.В. Земля в городе и проблема ее массовой рыночной оценки. //Мониторинг социально-экономической ситуации и состояния рынка труда. С-Петербурга. 1997 г. №1. с. 32-40.

7. Федоров В.П., Платонова Е.А., Лисененков А.И. Модель размещения объектов обслуживания на территории города // Первые чтения памяти профессора Б.Л. Овсиевича «Экономико-математические исследования: математические модели и информационные технологии». Материалы Всероссийской конференции 21–23 октября 2013 года. – СПб.: Нестор-История. – С. 208–212.

8. Федоров В.П., Пахомова О.М., Булычева Н.В. Моделирование рыночной стоимости земельного участка методом массовой оценки территории // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2000. № 4. С. 37–42.