

Гнатюк А.Б. Модели пространственного влияния как основа информационно-аналитического инструментария систем принятия решений по структуризации и организации экономического пространства производственных комплексов [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 2014. – № 3(19). Режим доступа http://iea.gostinfo.ru/files/2014_03/2014_03_03.pdf

УДК 681.3.06

**МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВЛИЯНИЯ КАК ОСНОВА
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ
СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО СТРУКТУРИЗАЦИИ И
ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Гнатюк А.Б., ФГБОУВПО «Ивановский филиал Владимирского
юридического института ФСИН России», Иваново, Россия

***Аннотация.** Рассматривается концепция построения системы оценки свойств территории с помощью моделей пространственного влияния объектов, принадлежащих этой территории. За счет этого снимаются ограничения по степени детализации учитываемых объектов и факторов, что повышает корректность экономического анализа пространства на микро- и мезоуровнях. Рассмотренные модели и методы представляют необходимую и достаточную теоретическую базу для создания инструментальных средств анализа взаимодействия предприятий, внешней среды и инфраструктуры. Представлена структура информационно-аналитической системы поддержки принятия решений, состоящая из инструментальной ГИС и модуля пространственного моделирования.*

Ключевые слова: пространственная экономика, модели пространственного влияния объектов, анализ на микро- и мезоуровнях, система поддержки принятия решений, инструментальная ГИС, пространственное моделирование.

UDC 681.3.06

**MODEL OF THE SPATIAL IMPACT AS THE BASIS OF INFORMATION-
ANALYTICAL TOOLS FOR DECISION SUPPORT SYSTEMS OF
ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF ECONOMIC SPACE OF
INDUSTRIAL COMPLEXES**

Gnatyuk A.B.: Ivanovo Branch of Vladimir Juridical Institute, Ivanovo, Russian
Federation

Abstract. *The concept of building a system of territory properties evaluation by means of modeling the spatial influence of objects belonging to this territory is considered. Due to this method no limit on the detail level of objects and the factors taken into account, which improves the correctness of the territory economic analysis at the micro and meso levels. These models and methods are necessary and sufficient theoretical basis for the creation of tools of analysis of interaction between enterprises, the environment and infrastructure. The structure of the information-analytical decision support system consisting of a tool GIS and spatial modeling module.*

Keywords: spatial economics, models of spatial influence of objects, analysis of micro- and mezo levels, decision support system, GIS, spatial modeling.

Учет территориального или пространственного фактора является необходимым условием для комплексного и всестороннего анализа состояния и прогнозирования развития экономики различных по масштабам производственных комплексов. Потребность в этом обусловило развитие двух взаимосвязанных направлений: экономической географии [1] и региональной или пространственной экономики [2]. Объектом исследования этих научных направлений, как правило, являются большие территории и регионы, имеющие определенные социально-экономические и природные особенности или представляющие собой административные образования. Поэтому в основном решаются макроэкономические задачи [3]. При этом используются такие обобщенные показатели, как средняя плотность населения, усредненные показатели инфраструктурной обеспеченности, природно-климатические условия и т.д. На уровне элементов пространства используются такие организации хозяйства и населения, как: локалитет – местность с каким-либо объектом, промышленный узел, транспортный узел, территориально-производственный комплекс, агломерация, городской или сельский населенный пункт. В тоже время актуальным является учет свойств территории или пространства на микро- и мезоуровнях.

Существующие системы экономического управления предприятиями и производственными комплексами в основном рассматривают логистические связи поставок сырья и сбыта продукции и учитывают пространственный

(территориальный) фактор лишь косвенно. Но в связи с ужесточившимися требованиями к экономике предприятия, удорожанием ресурсов, ростом стоимости инфраструктурно обустроенной земли все более актуальным становится учет пространственного или территориального фактора, особенно для предприятий ресурсоемких отраслей, таких как объекты энергетики и стройиндустрии. Сложность таких задач заключается в очевидном противоречии. С одной стороны, производственные комплексы необходимо размещать вблизи потребителей и поставщиков, источников трудовых ресурсов, объектов городской инфраструктуры, а с другой – деятельность предприятий ухудшает экологическую обстановку, его объекты занимают участки земли с высокой стоимостью, возникают сложности с подъездными путями и т.д. К задачам, связанным с организацией экономического пространства предприятий, относятся, например, такие как вынос предприятия за черту города в связи с удорожанием земельного участка; реорганизация производства для уменьшения воздействий на экологию; оперативная оптимизация взаимодействия с партнерами-поставщиками и другие. Актуальность этих проблем особенно остро проявляется в крупных городах. Подобные проблемы возникают также при определении рационального территориального расположения вновь создаваемых промышленных производств, в частности, при оценке перспектив промышленного освоения местных ресурсов.

Пространственно-территориальные отношения являются структурообразующей основой производственной системы, они определяют связи и характер взаимодействия ее элементов. Процесс функционирования самой системы является достаточно сложным, поэтому территориальная хозяйственная система впоследствии расчленяется на ряд подсистем, которые связаны между собой горизонтальными и вертикальными связями по подчиненности. Характер территориального образования как системы, представляющей единый территориальный комплекс, можно определить в зависимости от того, какая совокупность объектов рассматривается на

данной территории, и как они взаимосвязаны между собой, применительно к общественному производству.

Рассматриваемая проблема включает в себя два типа задач: задачи анализа, когда рассматривается состояние территорий, на которой уже расположены предприятия, и задачи принятия решений по наиболее рациональному территориальному размещению вновь создаваемых или передислоцируемых предприятий. В наиболее общем виде данные задачи решаются на основе общей теории открытых систем, взаимодействующих с внешней средой путем обмена материальными, энергетическими и информационными потоками с учетом закономерности энтропийного баланса.

В подавляющем большинстве работ рассмотрение территориального влияния отдельного предприятия или производственного комплекса касается в основном экологических аспектов. Однако количество факторов, определяющих территориальное влияние, нахождение или размещение производства представляет совокупность пространственных неравнозначных условий и ресурсов, рациональное использование которых обеспечивает наилучшие результаты при управлении территорией или при размещении производственных объектов.

Данные факторы можно представить в виде кортежа множеств:

$$\Phi: = \langle I, M, T, \text{Эн}, П, \text{Эк}, В, З, С, Тр, Об \rangle,$$

где *I* – инфраструктурные; *M* – материально-технические; *T* – технико-экономические; *Эн* – энергетические; *П* – природные; *Эк* – экологические; *В* – водные; *З* – земельные; *С* – сырьевые; *Тр* – трудовые факторы; *Об* – особенности общественно-исторического развития.

Основными оценочными факторами, очевидно, являются технические (инфраструктурные составляющие, удаленность, транспортная доступность и т.д.) и природно-ландшафтные (экологические показатели, географические характеристики, наличие месторождений и т.п.). Социальные и

экономические характеристики выступают в этом случае как показатели значимости технических и природных факторов.

В основе рассматриваемой концепции лежит тот очевидный факт, что свойства территории определяются в основном теми объектами, которые находятся на самой этой территории или поблизости от нее. Таким образом, исходными элементами информационно-аналитической системы оценки свойств территории являются объекты, принадлежащие этой территории, и их модели пространственного влияния. Задача общей оценки свойств территории в наиболее простом случае заключается в том, чтобы просуммировать в каждой точке величины влияния каждого из объектов этой территории. Данная методика позволяет учесть «в индивидуальном порядке» все значимые для решаемой задачи объекты, используя единую технологию. Таким образом, снимаются методологические и технологические проблемы и ограничения по степени детализации учитываемых объектов и факторов и, наоборот, по их агрегации и интеграции влияния. За счет этого в значительной мере повышается корректность и точность экономического анализа пространства на микро- и мезоуровнях [4].

Исходя из концепции построения моделей пространственного влияния объектов (МПВО) на прилегающую территорию, они должны формироваться на основе следующего кортежа множеств:

$$МПВО = \langle O, V, D, F_V \rangle ,$$

где O – топологические свойства объекта, V – множество координат, определяющих геометрический вид объекта, D – множество атрибутивных данных (параметров), определяющих свойства объекта как элемента промышленного комплекса, F – функция, определяющая влияние объекта на прилегающую территорию.

Это выражение представляется в виде функциональных зависимостей:

$$S_{ij} = S_i(O, V, D, t) * F_V(P, C, R_i, r_{ij}, t),$$

где S_{ij} – величина влияния i -того объекта в j -той точке или экспериментальном участке w_i пространства (территории); S_i – оценочная величина значимости (веса фактора) свойства i -того объекта в границах его пространственного положения; F_V – функция территориального влияния (распространения влияния); * – операция свертки.

В свою очередь влияние объекта S_i зависит от его топологических свойств O , географического типа объекта V , множества атрибутивных данных D и времени t для нестационарных объектов.

Функция территориального влияния или распространения F_V в общем случае зависит от параметров этой функции P ; множества свойств территории C ; диапазона влияния R_i , на котором проявляется действие i -го объекта; расстояния r_{ij} между i -тым объектом и j -той точкой территории.

Примером определения свойства территории через влияние на эту территорию объектов служит широко известная «гравитационная» модель поля расселения (демографического потенциала). В соответствии с данной моделью сила взаимодействия двух населенных пунктов (она может выражаться в обмене пассажиропотоками, товарами, информацией и т.д.) описывается выражением:

$$S_{1,2} = \frac{P_1 P_2}{r_{1,2}^2},$$

где P_1 и P_2 – число жителей населенных пунктов, $r_{1,2}$ – расстояние между населенными пунктами.

Отсюда степень взаимодействия (территориального влияния) любой точки территории (i) со всеми населенными пунктами (j) определяется следующим образом:

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^n \frac{P_j}{r_{ij}}.$$

Для построения рассмотренных моделей необходимо наличие информации о точном местоположении объектов, их взаимном расположении и территориальном взаимодействии. В связи с этим для построения системы поддержки принятия решений необходимо использование картографических представлений исследуемой территории, что требует применения геоинформационных технологий.

Исходя из вида элементарных объектов, принятых в геомоделировании, все множество объектов разделено на три класса: точечные, линейные и полигональные. Базовый класс образуют точечные объекты.

МПВО отражают как физическую, так и социально-экономическую природу влияния объектов.

Наиболее эффективными являются модели, задаваемые аналитическими функциями. Сюда входят линейная функция:

$$S_{ij} = S_j - k_j r_{ij},$$

где обозначено: S_j – максимальное значение влияния объекта (коэффициента веса) при $r_i=0$, то есть в самой точке положения объекта; k_j – параметрический коэффициент, отражающий определенные свойства объекта; r_{ij} – расстояние от i -той точки до j -того объекта;

параболическая функция:

$$S_{ij} = S_j - k_j r_{ij}^2;$$

функция в виде нормального распределения:

$$S_{ij} = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(r_{ij} - \mu_j)^2}{2\sigma_j^2}},$$

где σ_j , μ_j – соответственно, среднеквадратичное отклонение и величина математического ожидания. Или в канонической форме:

$$S_{ij} = S_j e^{-k_j r_{ij}^2}.$$

Приведенные аналитические выражения далеко не исчерпывают всего многообразия функций влияния, и их список пополняется по мере решения пространственных задач в виде специализированной библиотеки. Однако,

область применения МПВО, определяемая точными аналитическими зависимостями, является довольно ограниченной. Задача по исследованию системы пространственного взаимодействия промышленных объектов и территориальной инфраструктуры является слишком сложной и многофакторной для того, чтобы использовать только хорошо определенные модели. Компромиссом является применение экспертных оценок, которые, как правило, носят размытый, нечеткий характер. Для этого используется методика перехода от нестрогих, приблизительных экспертных оценок влияния объектов на прилегающую территорию к аналитической форме представления этих оценок на основе использования нечетких (размытых) множеств. Определение параметров моделей влияния объектов распадается на две самостоятельные задачи: определение величины значимости (веса фактора) объекта в границах его пространственного положения – S_i и определение вида и параметров функции пространственного влияния или распространения влияния – F_V

При определении величины влияния объекта в границах его пространственного положения использование нечетких множеств заключается в нахождении функции принадлежности как функции полезности для оценки веса факторов, определяющих влияние. Возрастающая функция полезности представляется следующим выражением:

$$f(x) = \frac{a}{b + e^{-c(x-d)}},$$

где a , b , c и d – варьируемые коэффициенты, определяемые экспертно, x – численное значение фактора, полезность которого определяется.

Убывающая функция полезности отличается сменой знака степени в знаменателе. Для функции полезности, имеющей максимум, используется зависимость гауссовского типа:

$$f(x) = a \exp \left[- \left(\frac{x-c}{b} \right)^2 \right]$$

Аналогично определяется функция полезности, имеющая выраженный минимум:

$$f(x) = 1 - a \exp \left[- \left(\frac{x - c}{b} \right)^2 \right]$$

В случае, если мнения экспертов представлены в лингвистических переменных, преобразование их в нечеткое числовое множество или функцию производится с помощью базового правила вывода типа «если – то», называемого нечеткой импликацией [5].

Исследования показали, что для определения функций пространственного влияния F_V экспертным путем наибольшей универсальностью обладает обобщенная функция Гаусса:

$$\mu(r_{ij}) = \exp \left[- \left(\frac{r_{ij}}{\sigma} \right)^{2b} \right]$$

Она содержит варьируемые параметры: параметр b характеризует ширину зоны неопределённости; параметр σ – радиус функции принадлежности. Эти параметры определяются на основе экспертных оценок. В зависимости от расстояния r_{ij} для двух точек территории экспертно определяются значения функции принадлежности влияния данного объекта в этих точках, и из системы уравнений вычисляются конкретные величины параметров b и σ .

Применение информационно-аналитической системы для определения свойств территории с помощью моделей пространственного влияния объектов состоит из трех этапов: построение МПВ отдельных объектов; построение результирующей МПВ однотипных объектов и объединение результирующих МПВО в интегрированную модель свойств рассматриваемой территории или пространства.

Построение результирующей МПВ однотипных объектов заключается в том, чтобы просуммировать в каждой точке величины влияния от каждого

из объектов на этой территории: $S_i = \sum_{j=1}^N S_{ij}$, где N – число объектов. Такое суммирование допустимо, т.к. величина S_{ij} имеет одинаковую размерность.

При построении интегрированной модели свойств рассматриваемой территории для приведения оценки к единому показателю используется скалярная свертка $S_i = \sum_{j=1}^N k_j S_{ij}$, где k_j – размерный коэффициент значимости влияния j -того объекта. Функция объединения может включать логические операции. В общем случае эта функция является нелинейной в зависимости от величины влияния отдельных объектов.

При использовании предлагаемой технологии моделирования может быть определено не только общее состояние территории, но и вклад в него отдельных составляющих: энергообеспечение, транспортное развитие, степень урбанизации. Это позволяет получить решение как по рациональному размещению предприятия, так и определить направления развития инфраструктуры.

Рассмотренные модели и методы представляют необходимую и достаточную теоретическую базу создания инструментальных средств анализа взаимодействия предприятий, внешней среды и инфраструктуры на основе использования моделей пространственного влияния. Для создания информационно-аналитической системы поддержки принятия решений разработан дополнительный модуль, расширяющий возможности инструментальной ГИС. Функции модуля пространственного моделирования (МПМ) заключаются в следующем:

- получение из ГИС пространственной и необходимой атрибутивной информации об объектах, определяющих свойства рассматриваемой территории;
- получение из различных внешних источников информации о функциях и параметрах пространственного влияния объектов;
- формирование моделей влияния отдельных объектов;

- расчет пространственного влияния, как от отдельных объектов, так и от совокупности этих объектов с заданной точностью;
- координатно-локализованное графическое представление результатов моделирования;
- передача модели пространственного влияния в ГИС для совместного использования с цифровой картой территории.

Задача перераспределения функций между ГИС, стандартной СУБД и модулем МПМ имеет множество вариантов своего решения. Это зависит от открытости самой ГИС, от сложности описания моделей влияния объектов и обеспечения технологичности интерактивного режима в процессе моделирования. Наибольшая разгрузка МПМ достигается при более тесной интеграции его с ГИС за счет использования общего интерфейса пользователя и обработки информации средствами самой ГИС. При этом модуль осуществляет процесс моделирования в интерактивном режиме в виде активного диалога.

Практическое применение разработанная СППР на основе ГИС для анализа энергообеспеченности территории, для оценки целесообразности применения возобновляемых источников энергии и ряда других проектов показали эффективность и наглядность моделирования перспектив развития экономики исследуемой территории, что значительно рационализирует процесс принятия управленческих решений.

Список использованных источников и литературы

1. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - 405 с.
2. Попков Ю. С. Макросистемные модели пространственной экономики. - М.: КомКнига, 2008. - 240 с.
3. Гранберг А.Г. О программе фундаментальных исследований пространственного развития России // Регион: экономика и социология. - 2009. - №2. - С. 166-178.

4. Гнатюк А.Б. Оценка загрязнения воздушного бассейна в окрестности промышленных предприятий методами геомоделирования // Экологические системы и приборы – 2010.- № 8.- С. 53-57.

5. Гнатюк А.Б., Кутузова О.А. Моделирование взаимовлияния территориальной инфраструктуры и производственных комплексов для целей управления // Промышленные АСУ и контроллеры. - 2011.- № 7.- С.46-48.

© Гнатюк А.Б.