

## УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004:332 (470.57)

Л. А. ИСМАГИЛОВА

МОДЕЛЬ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ  
ОБЪЕКТОВ СФЕРЫ УСЛУГ

Рассматриваются вопросы построения экономико-математической модели размещения объектов социальной направленности для развития территорий. Для решения задачи предложен метод имитационного моделирования с использованием геоинформационной технологии хранения данных и сравнения объектов. Построена модель размещения объектов профессионального образования на примере данных по республике Башкортостан. *Экономико-математическая модель; имитационное моделирование; профессиональное образование*

Проблема многокритериального экономически обоснованного выбора мест размещения объектов сферы услуг в экономически значимых зонах региона состоит в том, что приходится принимать решения, согласующие интересы территории и населения, с интересами предприятий и организаций, оказывающих услуги. Нужно учитывать объективно существующие особенности территорий, влияющие на развитие самой территории и региона в целом за счет преобразования экономической, финансовой, социальной, образовательной, демографической, экологической среды.

Задача территориального размещения объектов сферы услуг носит во многом общий характер и хорошо настраивается методом имитационного моделирования на учет особенностей предоставляемых услуг населению. Это могут быть услуги транспорта, торговли, финансового и информационного обеспечения, медицинские и образовательные услуги и т. д. Во всех случаях востребованность услуги определяется численностью населения, демографическими, экономическими, географическими, национальными и др. характеристиками, которые необходимо учитывать при решении задачи о размещении предприятий по предоставлению конкретных услуг.

Вид услуги определяет требования к выбору показателей существенных для выделения и ранжирования территорий по приоритетности потребности в услугах. Это обстоятельство формирует понятие «экономически активная зона», используемое в данной статье для согласования противоречивых интересов админист-

рации муниципальных образований, собственно предприятий сферы услуг, населения. Кроме того, необходимо оценивать перспективы развития не только рынка услуг, но и территории с позиций экономического, экологического, социального, демографического, культурного развития.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим модель размещения объектов образовательных услуг в сфере профессиональной подготовки и переподготовки кадров для отраслей народного хозяйства. Объекты образовательных услуг в сфере профессиональной подготовки кадров могут существенно влиять на изменение экономической ситуации в регионе, поскольку ориентированность образовательного учреждения на потребности народного хозяйства обеспечивает экономический рост за счет повышения уровня квалификации кадров. С другой стороны, промышленность обеспечивает экономический рост территории, создает рабочие места и формирует спрос на образовательные услуги. В долгосрочной перспективе результат такого взаимодействия приводит к улучшению социальной и, возможно, демографической среды. Наблюдается эффект «положительной обратной связи».

Поэтому для решения задачи размещения образовательных учреждений, особенно профессионального образования, следует учесть не только характеристики численности и состава населения, его приоритетный спрос на образо-

вательные услуги, но и экономические характеристики территории и региона в целом.

Существенными в этом случае являются факторы:

- отраслевой профильности территории;
- экономической значимости территории;
- демографической ситуации;
- благосостояния населения;
- уровня образовательных предпочтений общества;
- транспортной и социальной инфраструктуры;
- социальной ответственности образовательного учреждения;
- географического и климатического зонирования и др.

Попытка решить методами оптимизации задачу территориального размещения объектов, многозначно влияющих на развитие региона, не приводит к практически значимым результатам потому, что взаимное влияние множества противоречивых факторов не поддается строгому аналитическому описанию и фактическому измерению. В этом случае применяются методы имитационного моделирования, обеспечивающие последовательное улучшение нескольких непротиворечивых критериев путем поэтапного перебора [1].

Территориальное размещение объектов различных по своему назначению и роли в социально-экономической и культурной жизни регионов осуществляется с учетом транспортных, географических, климатических, демографических, экономических и других особенностей региона. В зависимости от типа и назначения объекта совокупность анализируемых факторов меняется. Критерии целесообразности размещения выбираются в соответствии с целями развития региона.

Методы обоснования наилучших точек или зон размещения весьма разнообразны: от строгих математических постановок задач [2] до современных геоинформационных технологий. Наиболее интересным с позиций многокритериального анализа объектов сферы услуг для выбора точки территориального размещения является имитационное моделирование.

В данной статье более подробно рассматриваются вопросы экономического развития сферы образовательных услуг высшего и среднего профессионального образования и переподготовки кадров.

Развитие сферы образования в регионе – сложный многофакторный процесс с исторической предысторией. Как правило, образователь-

ные учреждения высшего и среднего профессионального образования концентрируются в крупных промышленных центрах и крупных населенных пунктах. Такое размещение оправдано также с позиций развития научных исследований, проводимых и при участии предприятий в условиях высокой концентрации интеллектуального потенциала, и государственного финансирования образования, и научных исследований.

С расширением экономических возможностей населения и вузов развивать образовательную деятельность за счет внебюджетного финансирования, картина размещения образовательных учреждений по территории страны резко изменилась. Превалирующим фактором становится платежеспособность населения, определяющая не только количество мест в вузах или их филиалах, но и набор специальностей, которые востребованы в данный период обществом. Это приводит к социально-экономическому перекоосу в структуре развития общества и к девальвации ценностей высшего образования, но эта тенденция объективна, и она влияет на территориальное размещение образовательных структур (новых вузов, филиалов, представительств и др.).

Размещение образовательных учреждений, продиктованное в значительной мере спросом населения, не способствует развитию экономики региона, создает «псевдозанятость», поскольку лишь 34% лиц, получивших высшее профессиональное образование, работают по специальности.

Однако следует отметить существующее противоречие между тенденциями развития общества, формируемыми системой образования. Увеличение числа работников имеющих высшее образование в обществе, свидетельствует о накоплении человеческого капитала, и о росте возможностей развития экономики за счет знаний. Это положительная тенденция. Нежелательной считается тенденция уменьшения числа работников рабочих профессий, снижения их квалификации. Нежелание людей с высшим образованием трудиться в реальном секторе экономики замедляет экономический рост.

Существенную роль в сложившейся ситуации играют органы управления регионального уровня, поскольку разрешительные документы на открытие очередного вуза или филиала выдаются с согласия, в том числе и органов местного самоуправления, что вносит субъективность в обоснование принимаемых решений.

Перед муниципальными администрациями стоят задачи размещения не только образова-

тельных учреждений, но и предприятий сфер производства и услуг, транспортных узлов, финансовых подразделений и др. Большинство перечисленных задач размещения предполагают наличие групп взаимосвязанных целевых функций и критериев их оценки. Задача наилучшего (не обязательно оптимального с математической точки зрения) размещения объектов может быть решена методом имитационного моделирования с использованием геоинформационных систем (ГИС).

ГИС-технологии при решении задач пространственного размещения с картографической привязкой объектов к местности являются эффективным инструментарием группировки объектов, анализа и согласования свойств объектов и территорий и построения сценариев методом моделирования.

ГИС-технологии позволяют организовать хранение данных сложных структур и типов и проводить компьютерные эксперименты, отражающие изменение социально-экономической ситуации и позволяющие подобрать наиболее приемлемый в данной ситуации вариант размещения объектов. Но для решения задач многокритериального отбора требуется разработать специальные оптимизационные модели и алгоритмы. Сочетание этих двух методов компьютерного моделирования в информационной технологии позволяет учитывать большее количество существенных факторов, обеспечивает воспроизводимость расчетов и моделирование различных ситуаций, позволяя тем самым обосновать наилучшее в данной ситуации решение.

## 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Рассмотрим постановку задачи имитационного моделирования размещения объектов по территориальным зонам с различными характеристиками и с разными расстояниями от условного центра.

Пусть имеется регион с произвольным расположением пунктов расселения с числом жителей  $L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_N$ , где  $i = 1, \dots, N$  – номер административного или иного (например, экономического, отраслевого, функционального) территориального подразделения. Всякому выделенному  $i$ -му пункту соответствует некоторая зона востребованности услуги  $R_i$ . Задача состоит в обосновании выбора экономически целесообразного размещения объекта. Если объектом размещения является образовательная структура, то решение должно приниматься с позиций согласования противоречивых интересов терри-

ториальных органов управления и образовательного учреждения. Условно это задача о размещении филиалов вуза.

Предварительная (начальная) точка размещения  $k$  совпадает с одним из пунктов множества зон востребованности  $i = k \in \{R_i\}$ . Для каждого пункта можно выделить показатели, характеризующие деятельность размещаемого объекта. Это либо время обслуживания каждого человека, либо расход горючего на одного жителя, либо доступность обучения как в данном случае. Доступность характеризуется совокупностью показателей социально-экономического уровня обеспеченности населения и демографическими характеристиками конкретной зоны. Доступность  $d_{ij}$ , как платежеспособность населения, численность готовых получить образование  $L_i$ , а также некоторые зональные особенности  $\delta_i$ , определяющие уровень образовательных предпочтений общества, характеризуют частную функцию востребованности  $W_{ij}$ :

$$W_{ij} = L_i d_{ij} \delta_i; \quad i=1, N; \quad j \neq i; \quad j=1, k,$$

где  $k$  – число точек возможного размещения объекта,  $k \leq N$ . При решении задачи размещения образовательных учреждений высшего профессионального образования количество таких точек скорее всего будет совпадать с числом промышленных центров, в которых принципиально существует потребность в подготовке и переподготовке кадров для предприятий.

Для всех частных пунктов региона в целом и некоторой точки размещения можно определить региональную функцию востребованности, которая позволяет оценить общую целесообразность размещения:

$$W_k = \sum_{i=1}^N L_i d_{ij} \delta_i, \quad j \neq i; \quad j=1, k,$$

где  $k$  – одна из возможных точек размещения. Общее число точек размещения может быть больше одной, но не обязательно рассматриваются все зоны региона. Наилучшими для размещения с точки зрения вуза считаются зоны с максимальной доходностью:

$$W_{k^0} = \max_{k^0=k} \{ W_k \} = \max_{k^0=k} \sum_{i=1}^N L_i d_{ik} \delta_i.$$

При таком подходе в регионе следует найти точку размещения, при которой доходы вуза будут максимальны, а расходы снизятся за счет концентрации учебного процесса в одной точке. Этот критерий отражает интересы вуза, поскольку он ориентирован только на платежеспособный спрос населения.

В качестве ограничений формируются соотношение желаемого предпочтения  $\delta_i$  и объективной потребности в трудовых ресурсах данного профиля в рассматриваемом пункте размещения  $\delta_i^{\text{потреб}}$ , которая определяется экономической ситуацией и отраслевой профилем территории. Если  $\delta_i \geq \delta_i^{\text{потреб}}$ , то размещение не производится и рассматривается следующий пункт. Ограничение отражает экономические интересы территории и регулирует развитие системы профессионального образования в регионе.

Анализ данных является достаточно трудоемким и может быть выполнен с использованием ГИС технологий. Для этого формируются базы данных, описывающих территории с позиций разных признаков. Возможны два подхода к выбору структур баз данных: объектный, когда все зоны задаются всеми признаками, и атрибутивный, когда каждая зона может характеризоваться своим набором факторов, значимых именно для этой территории.

Потенциал вуза или филиала, размещаемого в одной «наилучшей» точке  $k^0$ , должен соответствовать контингенту:

$$V_k = \rho \sum_{i=1}^N \Pi_i \delta_i,$$

где  $\rho$  – доля учащихся, способных пройти конкурсный отбор.

Критерий концентрации образовательного учреждения с целью повышения качества образовательного процесса может быть записан в виде максимума по мощности (численности обучаемых) образовательных структур, обслуживающих регион:

$$V_{k^0} = \max_{k^0=k} \{ V_k \} = \max \rho \sum_{i=1}^N \Pi_i \delta_i.$$

Метод решения – направленный перебор, цель которого – пошаговый отбор объектов, обеспечивающих максимальное значение доходности, максимальную концентрацию организации и минимальное расстояние узловых точек от центральной.

Существенным фактором для образовательного учреждения является близость расположения филиала к центру. Это экономит транспортные и временные затраты, связанные с участием в образовательном процессе преподавателей базового вуза. Поэтому третий критерий целесообразного размещения объектов в зонах со значительной востребованностью образования с допустимой наибольшей концентрацией контингента – это минимизация расстояния от цен-

тральной точки  $i = \alpha$  размещения до зональных точек, удовлетворяющих первым двум критериям:

$$S_{k^0} = \min_{k^0=1} \{ S_{i,k^0} \}, \quad k^0 \in \{R_i\},$$

где  $k^0$  – как и в предыдущих критериях оптимизации – «плавающая» нумерация точки размещения образовательного учреждения, удовлетворяющей всем трем критериям.

Приведенная постановка задачи является частным случаем задачи размещения, когда один объект максимально концентрирует все виды деятельности (например, одну специальность или направление) и размещается в самом экономически благополучном регионе. Решение задачи сводится к определению самого благополучного региона из множества возможных и проверки соответствия потребностей региона и возможностей организации.

Технология решения – сочетание направленного перебора с использованием ГИС, цель которого – пошаговый отбор возможных точек размещения образовательной структуры. На каждом шаге моделирования выбираются те пункты, размещение объектов в которых обеспечивает максимальное значение доходности, максимальную концентрацию организации и минимальное расстояние точек от центральной точки, в условиях имеющихся ограничений на востребованность образования данного профиля экономикой региона.

Существование одной или нескольких экономически целесообразных точек размещения всегда возможно, но наилучшая после серии отборов точка не может считаться строго оптимальной, так как процедура последовательного улучшения не формализована и не предполагает строгого математического доказательства.

Предложенный подход к решению задачи экономически обоснованного размещения объектов образования по территории региона отличается от известных методов, например, кластерного анализа тем, что в ходе отбора группировка объектов осуществляется не по статистическим критериям близости, а по социально-экономическим. При этом выбор точки размещения обеспечивает наилучшие показатели не только соответствующей территории, но и всего региона.

При решении задачи обоснованного размещения объектов в наилучшей по некоторым критериям точке, многовариантность расчетов выполняется по точкам возможного размещения. После того как выбрана лучшая точка и один объект размещен, происходит изменение характеристик территории и для выбора сле-

дующей точки необходимо либо исключить данный пункт из рассмотрения (если потребности в услуге полностью удовлетворены это более простой случай), либо внести корректировку. Все критерии размещения, в которых учитывается численность населения, должны быть скорректированы на величину уже обслуженного контингента. Для учреждений образования так же следует учесть временной лаг, связанный с длительностью предоставления образовательной услуги.

Такие корректировки в имитационной модели выполняются при организации дополнительного цикла переборов и позволяют учитывать изменения классификации территориальных образований и региона в целом как социально-экономической системы.

### 3. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Рассмотрим применение разработанного инструментария для экономического обоснования размещения филиалов образовательного учреждения профессионального образования на примере данных по Республике Башкортостан (РБ).

На первом этапе необходимо выявить экономически активные зоны, объединяющие ад-

министративные районы РБ в зависимости от значений демографических, социально-экономических и экономических показателей, описывающих их уровень развития, размещение вуза или филиала в которых наиболее эффективно с точки зрения образовательного учреждения как субъекта экономики.

Проведенное с использованием геоинформационных технологий зонирование позволило выявить экономические зоны, не обязательно совпадающие с административными районами республики, размещение филиалов или новых образовательных учреждений в которых наиболее результативно с точки зрения экономической эффективности их деятельности. По результатам зонирования была построена табл. 1. (Расчеты выполнены Брекоткиной Е. С.).

Проведенное зонирование позволило выявить экономически активные зоны, размещение филиала в которых наиболее результативно, с точки зрения экономической эффективности их деятельности.

После проведенного выделения экономически активных зон вырабатываются рекомендации по размещению. Наиболее вероятными пунктами размещения образовательного учреждения на территории экономически активной зоны являются города и промышленные центры, поскольку в них наибольшая концентрация численности населения.

Таблица 1

Группировка административных районов по экономически активным зонам

Характеристика экономически активной зоны	Перечень районов РБ, вошедших в экономически активную зону	Рекомендации по размещению образовательных учреждений
Высокие социально-экономические показатели в сочетании с ростом демографических показателей	Благовещенский, Ишимбайский, Стерлитамский, Салаватский, Куюргазинский, Уфимский, Чишминский	Высокий уровень платежеспособного спроса населения на образовательные услуги. Целесообразно размещение новых образовательных учреждений.
Средние по РБ экономические и социально-экономические показатели. Демографические показатели выше средних, но прирост населения сокращается	Архангельский, Аскинский, Аургазинский, Туймазинский, Бирский, Благоварский и др. Всего 17 районов	Для размещения новых образовательных учреждений недостаточно демографических ресурсов. Для удовлетворения существующего спроса необходимо развивать существующие.
Низкий уровень социально-экономических показателей. Демографические показатели имеют отрицательную динамику.	Абзелиловский, Альшеевский, Баймакский, Бакалинский, Бижбулякский, Бураевский и др. Всего 30 районов	Число существующих образовательных учреждений рекомендуется пересматривать и уменьшать.

Таблица 2

## Степень концентрации населения по городским и сельским поселениям РБ

Всего поселений	Число поселений	Число жителей (тыс. чел.)	Численность населения(%)	К-во насел. пунктов(%)
	61	2626,6	64	1,3
в том числе:				
городов	21	2399,2	58	0,5
поселков городского типа	40	227,4	6	0,9
сельских населенных пунктов	4586	1477,7	36	98,7
Итого	4647	4104,3	100	100

Таким образом, анализ распределения численности населения по населенным пунктам показывает, что 64% населения РБ проживает в городских поселениях составляющих 1,3% от общей численности поселений, 58% населения проживает непосредственно в городах. Остальные 36% населения проживают в сельских населенных пунктах. При размещении образовательных учреждений профессионального образования одним из важнейших факторов является концентрация населения в пункте размещения. Город Уфа считается центральной точкой и рассматривается пример развития филиальной сети вуза.

Анализ показателя доступности образования  $d_{i,j}$ , численности готовых получить образование  $L_i$ , а также некоторых зональных особенностей  $\delta_i$  территорий, определяющих уро-

вень образовательных предпочтений общества, позволяет определить частную функцию востребованности  $W_{ij}$ , на основе которой рассчитывается региональная функция востребованности.

Для оценки численности потенциальных потребителей образовательных услуг используется численность населения в возрасте 15 – 45 лет (кроме г. Уфы). Данные представлены в табл. 3.

Доступность образования определяется как платежеспособность населения (отношение среднемесячной заработной платы работников предприятий к прожиточному минимуму), скорректированная на удаленность города от предполагаемого пункта размещения.

Таблица 3

## Структура обеспеченности демографическими ресурсами городов РБ

Название города	Численность населения в возрасте 17 – 45 лет, чел.	Структура распределения населения в возрасте 17-45 лет по городам РБ, %
Агидель	10724	1,63
Баймак	8288	1,26
Белебей	30219	4,59
Белорецк	32197	4,89
Бирск	20402	3,10
Благовещенск	16379	2,49
Давлеканово	10622	1,61
Дюртюли	14196	2,16
Ишимбай	33208	5,04
Кумертау	30563	4,64
Мелеуз	32584	4,95
Нефтекамск	62579	9,50
Октябрьский	52068	7,91
Салават	78238	11,88
Сибай	29997	4,56
Стерлитамак	132538	20,13
Туймазы	33190	5,04
Учалы	17618	2,68
Янаул	12801	1,94
Итого	658411	100



Таблица 4

## Результаты расчета региональной функции востребованности

Возможные пункты размещения филиала	Региональная функция востребованности	Нормированные значения расстояний от г. Уфы до пункта размещения	Нормированное значение потенциала обучаемых	Сценарий развития филиалов по экономически активным зонам*
Агидель	0,24	0,21	0,09	15
Баймак	0,18	0,11	0,05	19
Белебей	0,20	0,26	0,31	12
Белорецк	0,13	0,20	0,29	14
Бирск	0,21	0,44	0,18	10
Благовещенск	0,23	1,00	0,11	4
Давлеканово	0,26	0,52	0,08	9
Дюртюли	0,24	0,34	0,12	13
Ишимбай	1,00	0,33	0,25	2
Кумертау	0,34	0,21	0,25	11
Мелеуз	0,44	0,24	0,27	6
Нефтекамск	0,15	0,22	0,49	8
Октябрьский	0,26	0,27	0,36	7
Салават	0,65	0,32	0,45	3
Сибай	0,11	0,11	0,31	16
Стерлитамак	0,41	0,40	1,00	1
Туймазы	0,34	0,29	0,34	5
Учалы	0,12	0,14	0,16	18
Янаул	0,23	0,20	0,09	17

\* предлагаемая последовательность размещения филиалов в городах РБ приведена в порядке убывания экономической целесообразности

При расчетах было принято, что показатели доступности образования, частной и региональной функции востребованности – величины безразмерные и изменяются от 0 до 1. При этом все показатели, использованные в расчетах, нормированы. Результаты расчета региональной функции востребованности приведены в табл. 4.

### ВЫВОДЫ

В результате имитационного моделирования разработан сценарий размещения образовательных учреждений, определяющий порядковый номер пункта по степени целесообразности размещения. Проранжированы города и определены наиболее предпочтительные для размещения филиала вуза с точки зрения доходности вуза, заинтересованности населения и востребованности специалистов экономикой.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кобелев, Н. Б.** Основы имитационного моделирования сложных экономических систем / Н. Б. Кобелев. М.: Дело, 2003. 336 с.
2. **Власов, М. П.** Моделирование экономических процессов / М. П. Власов, П. Д. Шимко. СПб.: СПбГИЭУ, 2006. 388 с.

### ОБ АВТОРЕ



**Исмагилова Лариса Алексеевна**, зав. каф. экономики предпринимательства. Дипл. инженер-экономист (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по автоматизированному управлению производством. Иссл. в обл. экономико-математического моделирования.