

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт экономики и организации промышленного производства  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИЭОПП СО РАН)**

*На правах рукописи*

**ЛОПАТКИНА Анна Евгеньевна**

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНОЙ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы  
экономики

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

**Научный руководитель: к.э.н. Воронов Ю.П.**

**Новосибирск – 2014**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Размещение объектов социальной инфраструктуры: методики и критерии оптимизации.....	13
1.1 Модели размещения в экономической теории: этапы становления.....	13
1.2 Методики оптимизации пространственного размещения объектов социальной инфраструктуры: зарубежный опыт .....	22
1.3 Российская практика пространственного размещения учреждений социальной инфраструктуры .....	29
1.4 Критерии пространственной оптимизации объектов социальной инфраструктуры .....	36
2 Математический аппарат оптимального размещения объектов социальной инфраструктуры .....	43
2.1 Невзвешенные диаграммы Вороного: теоретические основы и возможности применения на практике .....	43
2.2 Введение веса в диаграммы Вороного: анализ территориального расположения различных объектов .....	52
2.3 Пространственная оптимизация объектов социальной инфраструктуры с использованием инструментария взвешенных диаграмм Вороного.....	61
2.4 Многокритериальная оптимизация в пространственном размещении объектов социальной инфраструктуры.....	70
3 Пространственная оптимизация учреждений социальной сферы села с использованием экспертной системы .....	78
3.1 Планирование социальной инфраструктуры села в условиях сокращения численности населения .....	78

3.2	Пространственная организация учреждений социальной инфраструктуры с точки зрения перевозки потребителей .....	83
3.3	Размещение учреждений социальной инфраструктуры с учетом износа зданий и инвестиций в новое строительство .....	92
3.4	Экспертная система для оптимизации размещения учреждений социальной инфраструктуры в сельской местности .....	100
	Заключение .....	106
	Список использованных источников .....	111
	Приложение .....	125

## Введение

Особенности расселения в регионах с низкой плотностью населения (в сельской местности, в первую очередь) изначально не позволяют создавать адекватную сеть объектов социальной инфраструктуры. Платежеспособный спрос на ее дополнительные, более качественные услуги незначителен. Учреждения, способные предоставлять более сложные услуги, размещены в более крупных населенных пунктах. Рассредоточение объектов по обширной территории формирует трудности в обслуживании и ремонте, контроле и управлении.

Существенно ограничены возможности государственных капитальных вложений, нацеленных на расширение сети учреждений социальной инфраструктуры. В результате передачи некоторых функций с федерального на местный уровень, а также дефицита территориальных бюджетов инвестиционная деятельность, направленная на образовательные и медицинские объекты на селе, резко сократилась. Уже и без того пониженный потенциал отраслей социальной сферы в сельской местности стал находиться под угрозой.

Исторический фактор также внес определенную лепту в сложившуюся ситуацию. Наличие объектов самых разных форм собственности в составе структуры социальной сферы приводило к ее неоднородности уже в дореформенный период. Крупные инфраструктурные сооружения находились в ведении отдельных федеральных министерств и ведомств. За объекты школьного и дошкольного образования, а также физкультуры и спорта – отвечали муниципалитеты. Некоторые лечебно-оздоровительные учреждения и различные лагеря относились к общественной собственности.

Кроме того, соотношение затрат на социальную инфраструктуру и количества трудовых ресурсов, задействованных в ней, долгое время оставалось неудовлетворительным. Так, по оценкам Всемирной организации здравоохранения, для организации необходимого уровня медицинского обслуживания нужно иметь 28 врачей на 10 тысяч человек населения. В СССР в

1985 году значение этого показателя составляло 42 [79]. При всем этом уровень расходов на социальную сферу в значении ВВП был существенно ниже, чем у стран с развитой рыночной экономикой. Это также стало характерной особенностью развития социальной сферы в нашей стране.

С течением времени в модели управления различными отраслями социальной сферы произошли существенные изменения. Она все больше уходила от своей социалистической формы, приближаясь к рыночной. Это отражалось на проводимых реформах в сфере образования, культуры, здравоохранения, жилищного хозяйства, а также пенсионного обеспечения.

В управленческом плане это вылилось в переход на модели, которые использовались в соответствующих отраслях за рубежом. Причем в основном это касалось новейших моделей финансирования социальной сферы, которые в это время активно обсуждались и уже начинали использоваться в Западной Европе. В российскую социальную сферу постепенно внедрялись такие значимые и существенные нововведения, как: система обязательного медицинского страхования, накопительная система пенсионного обеспечения, различные негосударственные фонды и т.д.

В различных отраслях социальной сферы в течение последних 20 лет наблюдалось интенсивное развитие негосударственного сектора, а также рост рыночного предложения таких социальных услуг, как образование, медицина, культура и т.д. В то же время со стороны государственного участия в этих отраслях (в первую очередь, в плане финансирования) каких-либо кардинальных изменений не произошло. Социальные гарантии, обещанные гражданам в российском законодательстве, не были пересмотрены. Это привело к тому, что образовался определенный дисбаланс между обязательствами государства в социальной сфере, а также существующими возможностями для их финансирования.

Все указанные особенности развития социальной инфраструктуры в нашей стране привели к следующему. Размещение учреждений образования, здравоохранения и оказания населению других социальных услуг не

соответствовало сложившимся потребностям в них со стороны жителей того или иного населенного пункта, а также другим факторам, в частности – развитию транспортной сети. Все это происходило на фоне снижающейся возможности финансирования этих учреждений со стороны федерального и местных бюджетов. В результате это привело к необходимости обеспечения населения всем необходимым спектром социальных услуг за счет собственных средств.

На сегодняшний день пространственный фактор отражается в основном в показателе доступности учреждений от мест проживания населения и рассматривается лишь косвенно: в результате учета средней численности населения на определенную территорию. Топология пространственной структуры, а также система расселения в целом не учитываются. Эти недостатки особенно стали мешать развитию социальной сферы после внедрения принципа подушевого финансирования.

Ситуация, сложившаяся в России с недоукомплектованными или полностью не используемыми сельскими учреждениями социальной сферы, предполагает два основных пути ее улучшения. Первым является процесс, наиболее типичный для современной российской практики. Он называется «комплексированием» и сводится к частным предложениям по закрытию школ, клубов и других элементов социальной инфраструктуры. Второй же подразумевает поиск путей более эффективного использования средств.

Это также касается использования на практике негативных демографических прогнозов, сделанных по общепризнанным методикам. Есть два варианта стратегических решений. Первый – согласие со сложившимся трендом сокращения численности населения и, как следствие, планирование свертывания социальной сферы. Второй – разработка инвестиционных проектов, обеспечивающих увеличение числа рабочих мест. Из этого варианта вытекают необходимость сохранения (резервирования) объектов и модернизация социальной сферы. Развитие учреждений и предприятий социальной инфраструктуры заключается еще и в рациональном размещении ее объектов в пределах рассматриваемой административной единицы.

Идея повышения качества жизни сельского населения на основе развития социальной инфраструктуры и оптимального размещения ее объектов требует продуманности и научной обоснованности действий, что подчеркивает актуальность исследований в данном направлении.

**Цель диссертационного исследования** состоит в научном обосновании нового подхода к пространственной оптимизации размещения объектов социальной инфраструктуры в сельской местности на основе анализа сложившейся ситуации и бюджетных ограничений.

Достижение цели исследования предполагает решение следующих основных задач:

- провести сравнительный анализ методик размещения объектов социальной инфраструктуры, выделить в них имеющиеся достоинства и недостатки;
- определить и ранжировать критерии для задачи пространственной дискретной оптимизации учреждений социальной сферы;
- найти допустимое решение задачи оптимизации размещения учреждений социальной сферы в сельском районе на примере одного их типа;
- разработать модельно-программный комплекс для повышения эффективности экспертного анализа в сфере принятия решений о социальной инфраструктуре села.

**Объектом исследования** является пространственное размещение объектов социальной инфраструктуры в сельском районе.

**Предметом исследования** являются методы оптимизации пространственного размещения объектов социальной инфраструктуры сельского района.

**Теоретической и методологической основой исследования** являются концептуальные положения фундаментальных и прикладных научных работ ведущих отечественных и зарубежных ученых в области математических методов в экономике, социально-экономического прогнозирования и программирования, региональной и пространственной экономики.

Развитая в работе методология исследования с использованием конкретного инструментария (диаграмм Вороного и методов ситуационного анализа) позволила получить эффективные средства оптимизации пространственного размещения объектов социальной инфраструктуры, которые и были апробированы на примере выбранного для анализа сельского района.

**Научная новизна** диссертационного исследования состоит в следующем:

- поиск решения, наиболее близкого к оптимальному, осуществляется на основе анализа возможных отклонений от сложившегося пространственного размещения объектов;

- для анализа существующего положения, а также поиска оптимального решения по размещению объектов социальной сферы на определенной территории использованы специальные математические методы (построение диаграмм Вороного и методы многокритериальной оптимизации);

- введен ранее не применявшийся показатель «коэффициент доступности», отражающий сложившееся соотношение затрат на содержание учреждения и на перевозку пользователей услуг;

- разработан модельно-программный комплекс для проведения экспериментальных расчетов в рамках ситуационного анализа, используемого для повышения эффективности в сфере принятия экспертных решений о социальной инфраструктуре села.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в продвижении в области разработки схем экономико-математического моделирования. Сформулированные положения развивают и дополняют теорию математических методов в экономике, а также пространственной экономики как научных дисциплин, а также могут составлять теоретическую базу стратегического планирования развития пространственных систем.

В ходе работы над диссертационным исследованием была расширена методологическая база размещения объектов различной социальной направленности на определенной территории, предложены критерии для их пространственной оптимизации.



Определение потребности в социальных объектах для сельского населения в России должно осуществляться с учетом конкретных условий, влияющих на организацию социальных услуг населению (плотность населения, состояние дорог, транспорта, климатические условия и т.д.). Установление единых для всей страны нормативов на федеральном уровне не учитывает новых экономических отношений.

В исследовании предлагается механизм оптимизации, применимый к социальной сфере села, который строится на основе анализа сложившейся ситуации и бюджетных ограничений.

**Практическая значимость исследования** состоит в том, что основные выводы и рекомендации, содержащиеся в работе, могут быть использованы в качестве основы для разработки документов по планированию размещения учреждений социальной инфраструктуры в сельских районах. При разработке отчета по научно-методическому сопровождению мероприятий по подготовке долгосрочной целевой программы государственной поддержки модернизации и пространственной оптимизации сети муниципальных объектов социальной инфраструктуры на территории Новосибирской области на 2011-2015 годы [16] были сделаны рекомендации относительно представленного перечня объектов социальной сферы в сельских районах. В результате чего первоначальные предложения по разрабатываемым муниципалитетами программам были существенно скорректированы.

Предложенный в диссертационной работе методический инструментарий оптимизации сети подобных учреждений позволяет принимать решения относительно каждого конкретного объекта социальной инфраструктуры.

Решения, полученные в ходе исследования, касаются как уже имеющихся, так и только планируемых к вводу учреждений. Они принимают во внимание показатели ветхости и аварийности зданий, малую численность обучающихся при существенно большей вместимости школ, а также затраты, с этим связанные. Варианты закрытия этого учреждения или объединения с ним другого в существующем здании также позволяют снизить затраты. При очевидной

необходимости открытия учреждения нужно оценить число его потенциальных нынешних и будущих клиентов, а также объемы финансовых вложений, которые необходимо будет направить на строительство и дальнейшее обслуживание здания.

Результаты данной работы могут использоваться при обосновании стратегических планов и программ социально-экономического развития, комплексных целевых программ развития социальной инфраструктуры в сельских районах, программ межмуниципального сотрудничества органами власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления.

Основные теоретические положения работы могут применяться при подготовке специалистов, бакалавров и магистров по специальности (направлению) «Государственное и муниципальное управление» при преподавании дисциплин «Система государственного и муниципального управления», «Муниципальный менеджмент», «Теория управления», «Стратегическое управление», «Экономика общественного сектора». Материалы диссертации могут быть полезны специалистам, занимающимся проблемами учреждений социальной сферы, связанными с их размещением.

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1) Нормативный подход к планированию социальной сферы не является универсальным, и в некоторых случаях его применение приводит к негативным результатам. В таких ситуациях он должен быть заменен аналитическим исследованием фактического распределения учреждений социальной сферы и рекомендациями по улучшению сложившейся ситуации.

2) Принципиально новой и полезной характеристикой качества размещения учреждений социальной инфраструктуры является оценка степени близости фактической и расчетной диаграмм Вороного, построенных по численности населения и обеспеченности учреждениями социальной сферы.

3) Задачу пространственного размещения учреждений социальной сферы можно рассматривать как задачу многокритериальной оптимизации. Отправным

моментом для ее решения является определение и ранжирование критериев оптимальности.

4) Введенный в работе принципиально новый показатель – фактический коэффициент доступности – эффективно отражает реально сложившееся соотношение затрат на содержание учреждения и на перевозку пользователей. Он пригоден для оценки сложившегося территориального распределения и сопоставления сложившихся территориальных распределений на разных территориях.

5) Расчетный коэффициент доступности (при котором решение оптимальной задачи не совпадает с фактически сложившимся территориальным распределением) может служить индикатором, отражающим результаты регулирования социальной сферы. Более низкий коэффициент доступности означает потребность строительства нового учреждения, более высокий – необходимость закрытия старого. При увеличении финансирования социальной сферы коэффициент доступности может быть понижен, при более строгих бюджетных ограничениях коэффициент доступности вынужденно повышается.

6) Решение серии оптимальных задач при разных значениях коэффициента доступности дает характеристику поля вариантов возможных решений относительно территориального распределения учреждений социальной сферы. Для выбора наилучшего решения с точки зрения различных критериев оптимальности предлагается использовать разработанный модельно-программный комплекс для повышения эффективности экспертного анализа в сфере принятия решений о социальной инфраструктуре села.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и выводы диссертационной работы изложены, обсуждены и получили одобрение на международных, всероссийских, региональных научно-практических и научно-методических конференциях:

- Международная научно-практическая конференция «Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы», Тамбов, 2011 год;

- Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции в науке: новый взгляд», Тамбов, 2011 год;
- 50-й юбилейная Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс», Новосибирск, 2012 год;
- VIII Осенняя конференция молодых ученых в новосибирском Академгородке: актуальные вопросы экономики и социологии, Новосибирск, 2012 год;
- Международная научно-практическая конференция «География, история и геоэкология на службе инновационного образования», Красноярск, 2012 год;
- Международная научно-практическая Интернет-конференция «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте», Одесса, 2012 год.

Основные положения и рекомендации диссертации были использованы в научно-методическом сопровождении мероприятий по подготовке долгосрочной целевой программы государственной поддержки модернизации и пространственной оптимизации муниципальной сети объектов социальной инфраструктуры на территории Новосибирской области на 2011-2015 годы [56], используются сейчас в работах по территориальному планированию, разрабатываемых ООО «Корпус» для регионов Сибири и Дальнего Востока. Кроме того, промежуточные и итоговые результаты исследования регулярно представлялись на семинарах лаборатории моделирования и анализа экономических процессов ИЭОПП СО РАН.

**Публикации.** Основные положения диссертационного исследования отражены в 12 публикациях, в том числе в четырех статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК России для опубликования материалов по кандидатским и докторским диссертациям.

**Объем и структура диссертации** определяются целями и требованиями, предъявляемыми к ней. Состоит из введения, заключения, трех глав основного содержания (из 12 пунктов), списка использованных источников и приложения. Работа содержит 128 страниц, 3 таблицы, 29 рисунков и 44 формулы.

# **1 Размещение объектов социальной инфраструктуры: методики и критерии оптимизации**

## **1.1 Модели размещения в экономической теории: этапы становления**

Впервые проблема размещения учреждений социальной сферы в контексте размещения трудовых ресурсов была рассмотрена немецким экономистом А. Вебером. Его основной труд «О размещении промышленности: чистая теория штандорта» был опубликован в 1909 году. В нем автор ввел новые факторы размещения производства: транспортный, трудовой и агломерационный, выделяя соответствующие ориентации в размещении, и поставил более общую оптимизационную задачу – минимизацию производственных издержек. Введенное им понятие «агломерационный эффект» подразумевало снижение удельных затрат на строительство и эксплуатацию общих инфраструктурных сооружений при размещении предприятий на компактной территории [81].

В диссертации В. Кристаллера «Центральные места Южной Германии» 1933 года была выдвинута гипотеза о зоне обслуживания центрального места как территории, где проживало население, целями которого являлись минимизация транспортных расходов и максимизация количества и качества потребляемых услуг.

Сумма населенных пунктов для обслуживания была обозначена параметром  $k$ . Их сеть получалась с помощью расширения и вращения ячеек в форме правильных шестиугольников. С помощью группировки последних можно было получить центральные места более высокого порядка [44]. Число уровней иерархии было неограниченным из-за фиксации оценок вышеуказанного параметра. Пропорция между населением в зонах влияния ячеек разного размера и ячеек, принадлежащих смежным уровням иерархии, выражается уравнением Бекманна-Парра:

$$\frac{P(m)}{P(m+1)} = \frac{K-k}{1-k} \quad (1)$$

где  $P(m)$  – население центральных мест уровня иерархии  $m$  (уровни нумеруются сверху),

$P(m+1)$  – то же для следующего, нижележащего уровня  $m+1$ ;

$k$  – доля центрального места в населении обслуживаемой им зоны,

$K$  – избранный вариант системы центральных мест (3, 4 или 7).

$m$  – число иерархических уровней в системе центральных мест,

$c$  – число отсутствующих уровней иерархии (если таковых нет, то  $c = 0$ ).

Модели пространственного размещения в виде подобных решеток достаточно популярны за рубежом, особенно это относится к таким видам услуг, как: торговля, медицина и образование, различные виды финансовой деятельности и т.д. Например, Финляндия административно разделена на пять губерний, в составе правления которых работают объединенные отделы социального обеспечения и здравоохранения. В каждом из 450 муниципальных образований, входящих в состав этих губерний, главной частью во всей системе организации оказания гражданам медицинских услуг является т.н. «Центр здоровья». Общее число таких центров по стране составляет 265 единиц [9].

Центральным органом управления в национальной системе здравоохранения Великобритании является Департамент, работающий со всеми стадиями принятия нормативно-правовых актов, регламентирующих деятельность медицинской отрасли. На локальном уровне этим занимаются местные подразделения. Связующими звеньями в структурах, которых по стране насчитывается 28 единиц, служат Стратегические управления здравоохранения [8].

Руководители всех государственных учреждений здравоохранения во Франции назначаются только Министерством здравоохранения. В Германии

работают академии, готовящие врачей общей практики именно для тех районов, в которых располагаются сами учебные заведения [7].

В российской практике управления также можно встретить некоторые элементы модели центральных мест Кристаллера. На более высоком уровне системы образования функционируют более крупные учреждения, обслуживая большее число получателей услуг. В областном центре обычно есть одно-два высших учебных заведения, где учатся преимущественно жители данной области. Широкий выбор среди средних учебных заведений имеется у школьников в районных центрах. В деревнях же работают только средние или начальные школы.

Еще до теории центральных мест, в 1879 году Кольбом была представлена т.н. «модель правильного распределения гнезд», суть которой состоит в оптимальности размещения населенных пунктов в виде «сгустков». Это означает, что крупный город в системе расселения должен занимать центральное положение, вблизи границы его влияния – располагаться малые города, а на периферии их зон сбыта – группироваться деревни.

Этап «экстенсивного развития» теории размещения ознаменовали работы А. Пределя и Т. Паландера, вышедшие в первой четверти XX века. Первый показал множественность оптимального размещения производства, второй ввел в теорию размещения новые факторы (спрос, дифференциация цен на ресурсы).

В 1940 г. вышла работа А. Леша «Географическое размещение хозяйства». В ней автор показал, как предприятия принимают решения о размещении в пространстве, используя информацию об окружающей их среде. В результате для формализации отношений между критериями транспортных издержек, экономии от масштаба и пространственного расположения предприятий сельского хозяйства экономическая наука пополнилась новыми терминами. Схематичные изображения ценовой воронки и конуса спроса представлены на следующем рисунке [43].

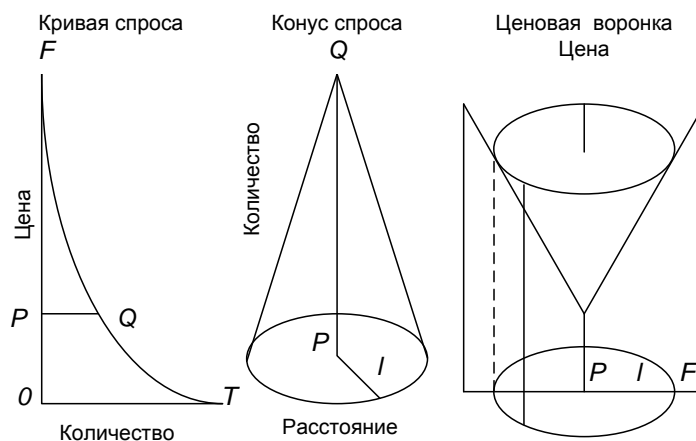


Рисунок 1 – Ценовые воронки и конусы спроса

Предполагается, что население распределено равномерно по имеющейся территории, а люди имеют одинаковые предпочтения. На рисунке представлена кривая индивидуального спроса на пиво  $FT$ . Если цена на пиво в месте  $P$  равна  $OP$ , то количество бутылок, которое жители будут иметь возможность купить, составляет  $PQ$ . По мере удаления от места  $P$  цена пива возрастает на размер транспортных издержек, а объем спроса – уменьшается. Если вращать треугольник  $PQF$  вокруг  $PQ$ , то объем полученного конуса будет равен объему сбыта продукции. Крутизна ценовой воронки вокруг расположенного в  $P$  завода растет с увеличением удельных транспортных затрат.

Пока такой товар, как пиво, будет массово продаваться, строить новые и расширять старые заводы будет весьма и весьма выгодно. Рано или поздно это приведет к тому, что сбытовые ареалы изменят свою форму с круга на правильный шестиугольник. При наличии неосвоенных территорий этот процесс будет продолжаться [44].

Основным из привнесенных Лешем в научные исследования предположений является то, что для всех населенных пунктов, расположенных на отдельно взятой территории, имеется общее центральное место. Сетки распределения с  $K=3,4,7$  вращаются вокруг общего центрального места, чтобы добиться совпадения максимально возможного числа центров при различных



значениях  $K$ . Это приводит к одновременной оптимизации рыночной, транспортной и административной структур.

Модель «центр-периферия» в классическом виде была представлена Джоном Фридманом в 1966 году в книге «Политика регионального развития: опыт Венесуэлы». С 1980-х годов такой подход ассоциируется, прежде всего, с именами И. Валлерстайна и Дж. Модельски. В исходной ситуации в традиционной модели неравенство начинает сокращаться, и возникает функционально интегрированная система пространства.

На первом этапе (см. Рисунок 2) существуют поселения с локализованными системами экономики. Во время переходного этапа происходит концентрация экономики за счет накопления капитала и роста промышленного производства. В рамках промышленного этапа появляются другие центры роста в связи с ростом издержек производства в центральном районе. Постиндустриальный этап характеризуется полной включенностью городской системы и значительным сокращением неравенства.

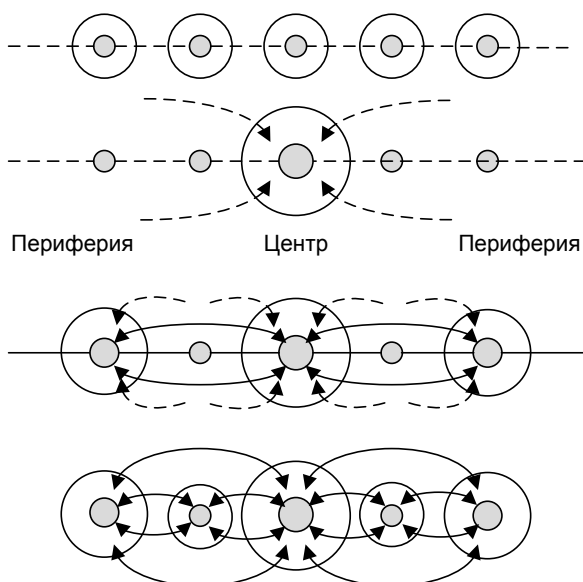


Рисунок 2 – Стадии развития территории в соответствии с моделью «центр – периферия» Дж. Фридмана

Концепция «центр – периферия» легла в основу типологии экономических районов. Исследователями были выделены районы-ядра, растущие районы, районы нового освоения, а также депрессивные районы. Отрасли, которые уже не могут соответствовать статусу центрального района, сначала перемещаются на ближнюю, а затем и на дальнюю периферию. У этого процесса есть и обратная сторона, т.к. развитие полупериферии влечет за собой развитие более отстающих районов и еще больше стимулирует развитие более преуспевающих районов [22].

Со стороны социологических, математических и других наук толчок к развитию теории пространственного размещения дали следующие исследования.

В 1913 году социолог Ф. Ауэрбах обнаружил, что численность населения любого города (более 1000 человек) равна численности жителей крупнейшего города, деленного на порядковый (в ранжированном списке городов) номер первого. Затем такая закономерность была отмечена социологом Дж. Ципфом, по имени которого она сейчас и известна как правило Ципфа «ранг-размер». Согласно ему на территории целостного экономического пространства население  $n$ -го по размеру города составляет  $1/n$  числа жителей самого крупного города:

$$N_r = N1/r \quad (2)$$

где  $r$  - ранг данного города;

$N_r$  - численность населения города ранга  $r$ ;

$N1$  - численность населения самого крупного города.

Основные закономерности гравитационной модели, представленной А. Шеффле, выражаются в следующем соотношении. Притяжение рынков  $M_{ij}$  двух городов  $A_i$  и  $A_j$  прямо пропорционально численности населения этих городов  $N_i$ ,  $N_j$  и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними  $l_{ij}$ :

$$M_{ij} = k \frac{H_i H_j}{l_{ij}^2} \quad (3)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий транспортные особенности территории.

В 1931 году эта модель была усовершенствована У. Рейли, который представил города в качестве рыночных центров разного размера. Исходя из закона гравитации розничной торговли, он показал, что интенсивность товарных потоков из двух крупных городов ( $A_i$  и  $A_j$ ) в малый город  $A_m$  ( $F_{im}$  и  $F_{jm}$ ) прямо пропорциональны численности населения городов-поставщиков товаров ( $H_i$  и  $H_j$ ) и обратно пропорционально квадрату расстояния от каждого крупного до малого города ( $l_{im}$  и  $l_{jm}$ ) соответственно:

$$F_{im} = k \frac{H_i H_m}{l_{im}^2}; F_{jm} = k \frac{H_j H_m}{l_{jm}^2} \quad (4)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий транспортные особенности территории [21].

Граница, разделяющая рыночные зоны городов  $A_i$  и  $A_j$ , конкурирующих в привлечении покупателей, определяется как геометрическое место точек, для которого выполняется следующее соотношение:

$$\frac{H_i}{l_{xi}^2} = \frac{H_j}{l_{xj}^2} \quad (5)$$

где  $l_{xi}$  и  $l_{xj}$  - расстояния от городов  $i$  и  $j$  соответственно до точки  $x$  на границе.

Численное значение степени близости расстояния может быть оценено с помощью эконометрических методов и является постоянным для отдельной местности в конкретный период ее развития [24].

Чтобы определить границы зон рынка между двумя городами, П. Конверс переформулировал модель У. Рейли следующим образом:

$$R_i = \frac{l_{ij}}{1 + \sqrt{\frac{S_j}{S_i}}} \quad (6)$$

где  $S_i$ ,  $S_j$  - площади городов – рыночных центров (в кв. км);

$l_{ij}$  - расстояние между городами  $A_i$  и  $A_j$ ;

$R_i$  - расстояние от центра города  $A_i$  до крайней точки границы его рыночной зоны.

С. Харрис предложил рассчитывать рыночный потенциал региона как сумму потенциалов, создаваемых как «массой» данного региона, так и «массами» других регионов, с которыми у первого имеется рыночное взаимодействие в форме товарного обмена:

$$W_i = \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{C_{ij}} \quad (7)$$

где  $W_i$  - рыночный потенциал территории  $i$ ;

$V_j$  - объем розничной торговли территории  $j$ ;

$C_{ij}$  - транспортные издержки на доставку товаров с территории  $i$  на территорию  $j$ .

Д. Рэй предложил расширенный вариант модели пространственного взаимодействия рыночных потенциалов с учетом влияния финансового капитала, основываясь на модели С. Харриса. Согласно ей, рыночный потенциал территории представляет собой интегральный показатель, который показывает степень экономического взаимодействия территории с рассматриваемыми региональными рынками [21].

В 80-90-х годах XX века эта теория получила развитие в работах М. Биркина, Ф. Фоулджера, Х. Уильямса и др., где внимание уделялось прогнозированию региональных рынков товаров и услуг на основе моделей пространственного взаимодействия.

С. Понсар и Б. Фюстье в своих работах описали экономическое пространство с помощью математических методов. Первый ввел понятие «нечеткий регион» и провел исследование иерархии городов и теории центральных мест, учитывая принцип т.н. неабсолютного влияния полюса. Второй рассматривал торговую привлекательность нечетко очерченных территорий, используя теорию нечетких множеств.

М. Портер для выявления причин неравномерного экономического развития регионов внутри стран применял кластерный подход [62].

Перечисленные теоретические подходы могут быть применены и в реальной жизни, если принять экономику государства за множество территориальных подсистем. Нельзя не обращать внимания на пространственный компонент экономического развития, т.к. любые сложные национальные экономики являются пространственно организованными.

Учеными подчеркивается, что «не случайно именно в странах Западной Европы (Германии, Нидерландах, Великобритании, Франции, Италии) идеи пространственного развития и механизмы государственного управления региональным развитием получили столь динамичное развитие» [51].

Однако их работы, в том числе и современные, мало переводятся на русский язык, что затрудняет ввод в отечественный научный оборот оригинальных авторских методик. Далее будут рассмотрены некоторые методики

оптимизации размещения объектов социальной инфраструктуры, предлагаемые зарубежными исследователями.

## **1.2 Методики оптимизации пространственного размещения объектов социальной инфраструктуры: зарубежный опыт**

В обзоре С. Калогироу и Р. Фоли [101] показано, что исследования предоставления услуг в социальной сфере разделяются в зарубежных научных работах на две большие группы: отображающие процесс предоставления услуг на карте и моделирование доступности пользования различными услугами.

Далее будут представлены основные положения этих, а также некоторых других исследований в рамках данной тематики, часть которых была описана в соответствующей статье автора диссертационного исследования [45].

Дискуссии вокруг значения термина «доступность» не утихают до сих пор. Отдельные исследователи определяют ее как «способность обеспечить заданный набор услуг на заданном уровне качества, с учетом заданного уровня максимального личного неудобства и затрат, в то время как в распоряжении имеется определенное количество информации» [98].

При изучении этого показателя должен соблюдаться принцип равного доступа к услугам. Так, равный доступ к медицинской помощи для тех, кто в одинаковой степени в ней нуждается, описан А. Оливером и Е. Моссиалосом в работе 2004 года [118].

Среди наиболее используемых моделей размещения медицинских учреждений можно выделить следующие:

- П-медианная модель;
- модель обычного и максимального покрытия (с использованием FCA (flow catchment area) –метода «площади водосбора потока»);
- иерархическая модель местоположения и распределения;
- пространственные модели взаимодействия [133].

П-медианная модель была впервые предложена С. Хакими в 1964 году. Она утверждает, что учреждения социальной сферы должны располагаться таким образом, чтобы сумма всех расстояний от точек спроса до точки предложения социальной услуги П была минимальной [99].



Рисунок 3 – Распределение точек спроса вокруг точки предложения медицинской услуги

При изучении сферы услуг выяснилось, что зоны обслуживания, построенные по модели и реально существующие (информация по которым была получена путем проведения полевых исследований), существенно отличаются своими формами.

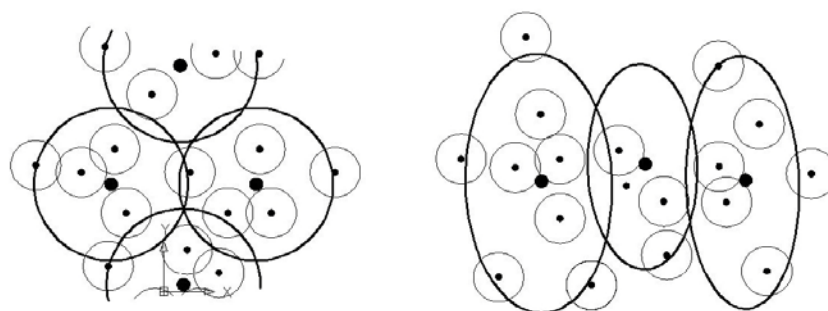


Рисунок 4 – Зоны обслуживания по П-медианной модели и на практике

В результате этого стандартная П-медианная модель была модифицирована с помощью введения коэффициента  $k$ , который формируется под действием четырех факторов: транспортного, весового, социального и политического.

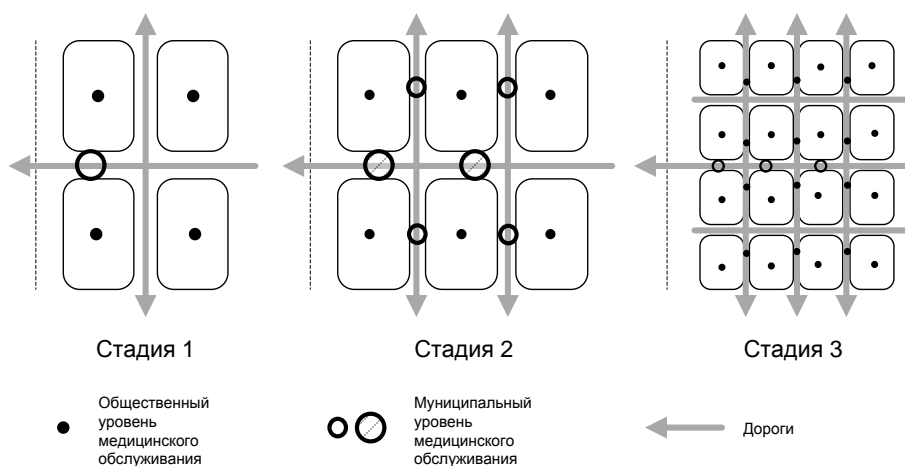


Рисунок 5 – Стратегия размещения медицинских учреждений

Доступность объектов социальной сферы для их потенциальных потребителей измеряется следующим образом. Если производственной мощности объекта хватает, то вопрос доступности состоит только в расстоянии до него, а также времени, затрачиваемом на его достижение. Если объемов оказываемой услуги не хватает, то необходимо, учитывая соотношение спрос-предложение, рассчитывать недостающий объем предоставляемой услуги. Кроме того, нужно учитывать влияние расстояния, дорожной сети, транспортного обеспечения [131].

Методы FCA (площади водосбора потока) развивались в экономической науке следующим образом. Сначала рассматривалось соотношение «спрос-предложение» в рамках одной геополитической единицы [89]. Затем стали развиваться методы FCA с радиусом с улучшенными единицами измерения [120].

Впоследствии в методах FCA с временными диапазонами стало учитываться, что время на достижение объекта не должно превышать установленный порог, а доступность объектов социальной сферы не всегда одинаковая [132].

Самым новым в этой сфере по праву считается двухшаговый (двухступенчатый) FCA метод, в котором рассматривается шкала доступности по существующим объектам социальной сферы, а при сложении объемов доступных



предложений вокруг существующего спроса не применяется метод двойного счета [107, 122]. Рассмотрим этот метод подробнее.

Первый шаг вычисляет доступность (отношение спрос-предложение) для каждого месторасположения врача. Второй шаг показывает зоны обслуживания врачей в перекрывающихся областях, а также подводит итог отношения спрос-предложение, потому что жители могут иметь доступ к нескольким месторасположениям врачей.

Для каждого расположения врача  $j$  выбираются все расположения резидентов  $k$ , которые находятся в разумной доступности (по времени) из  $j$  (площадь водосбора  $C_j$ ) (см. Рисунок 6). Рассчитывается численность врачей для численности населения внутри  $C_j$ :

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in C_j} P_k} \quad (8)$$

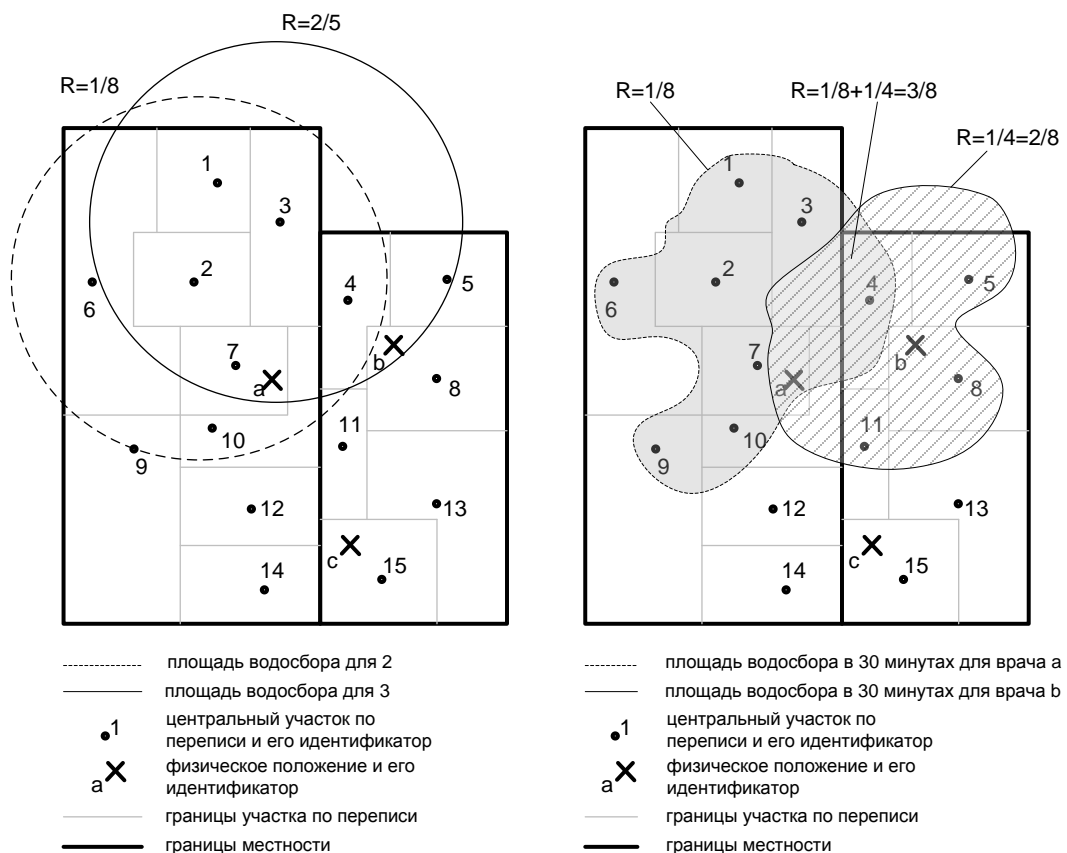


Рисунок 6 – Переход от одношагового к двухшаговому FCA методу

Для каждого резидента местности  $i$  ищутся все расположения врачей  $j$  в пределах временной доступности из  $i$  (площадь водосбора  $Z_i$ ). Суммируем врачей по численности населения в их врачебных округах:

$$A_i = \sum_{j \in Z} R_j = \sum_{j \in Z} \left( \frac{S_j}{\sum_{k \in C_j} P_k} \right) \quad (9)$$

В исследованиях, использующих гравитационную модель [100, 126], доступность врача для конкретного больного определяется по формуле:

$$A_j = \sum_{i=1}^n \frac{S_j d_{ij}^{-\beta}}{V_j} \quad (10)$$

$d_{ij}$  - время в пути между расположением потребителя медицинских услуг  $i$  и расположением врача  $j$ .

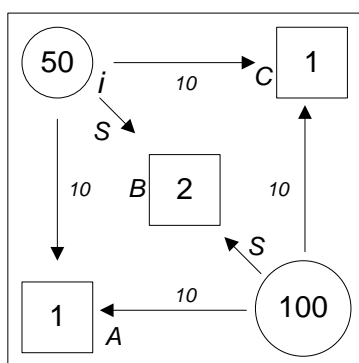
$V_j = \sum_{k=1}^m P_k d_{kj}^{-\beta}$  - интенсивность конкуренции за врачебную помощь в расположении врача  $j$ .

В модели утверждается следующее. Врач, находящийся ближе к пациенту, является более доступным, чем удаленный от него. Состояние доступности (или недоступности) непрерывное. Врач, находящийся в окружении большего количества населения, является менее доступным для потенциальных пациентов. Средневзвешенная величина  $A_i$  ( $w_i = P_i$ ) равна всей численности врачей в расчете на всю численность населения на всей территории исследования.

В качестве непространственных факторов, влияющих на доступность врачебного обслуживания необходимо отметить: демографические факторы, социально-экономический статус, лингвистические барьеры, транспортную доступность и т.д.

В рассматриваемом примере использован показатель времени в пути. Для его значения, меньше либо равного 10 минутам, никакого разложения расстояния не применяется. Для времени в пути от 10 минут до двух часов применяется разложение, пропорциональное времени в пути. Если время в пути до врача превышает два часа, условно принимается, что это место недоступно для пациента [123].

Рисунок, представленный ниже, иллюстрирует три примера гравитационной модели. Цифры в кругах и квадратах представляют количество населения и врачей, которые могут оказать первую медицинскую помощь, соответственно. Время, необходимое для достижения определенной цели, указано на стрелках.



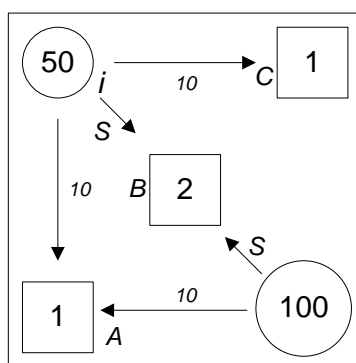
**Простая ситуация**

$$D_A=50+100=150$$

$$D_B=50+100=150$$

$$D_C=50+100=150$$

$$A_f=1/150+2/150+1/150=4/150=0.027$$



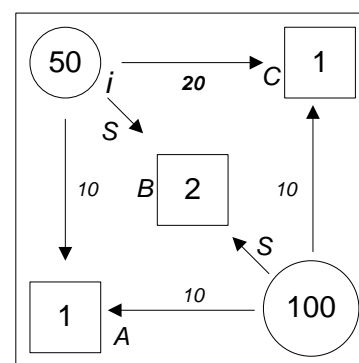
**Растущая конкуренция населения за доступ к первой мед. помощи**

$$D_A=50+100=150$$

$$D_B=50+100=150$$

$$D_C=50$$

$$A_f=1/150+2/150+1/50=6/150=0.04$$



**Увеличивающееся расстояние до расположения первой мед. помощи**

$$D_A=50+100=150$$

$$D_B=50+100=150$$

$$D_C=50/2+100=125$$

$$A_f=1/150+2/150+1/(125*2)=6/250=0.024$$

**Рисунок 7 – Гравитационная модель**

Первый случай является наиболее простым. Объекты, где пятидесяти пациентам могут оказать первую медицинскую помощь, находятся в пределах десяти минут, поэтому разложение расстояния не применяется. Сто других пациентов также находятся в десяти минутах от этих трех точек. Показатель доступа равен общему предложению, деленному на общий спрос (150 человек).

Второй случай показывает влияние конкурирующего населения на доступ к объекту социальной сферы. Здесь, центр тяжести (100 потенциальных пациентов) не имеет доступа к объекту  $C$ . Это приводит к уменьшению спроса на объект  $C$ , а, следовательно, увеличивает доступ к медицинской помощи в  $i$ .

Третий случай наглядно показывает эффект сопротивления во времени. То, что объект  $C$  находится в 20 минутах езды от  $i$ , приводит к уменьшению спроса на объект  $C$ , а также к снижению возможности доступа  $i$  к объекту  $C$ , что является выгодным для других объектов. Кроме того, это снижает и общий показатель доступности [122].

Отдельные исследователи показали, что большое расстояние между пациентами и больницами последовательно снижает вероятность того, что выбор будет сделан в пользу именно этой больницы. В свою очередь, прямолинейное расстояние и время в пути тесно связаны в большинстве моделей при выборе больницы, за исключением случаев, когда речь идет о конкретных специализированных больницах, и исследований в условиях плотной городской среды, где пробки могут существенно ограничить доступ к медицинской помощи [106, 121].

Для выбора наилучшего распределения потоков ресурсов через систему учеными применяется сетевой анализ [130]. Выбор маршрута осуществляется через пользовательские характеристики мест отправления или назначения, остановок (узлов) на сети. Узлы используются для обозначения перекрестков или участков дороги, где происходит изменение в ее типе (например, негрунтовой на грунтовую) или классе (например, числе полос).

Стоит заметить, что большинство исследований, с которыми ознакомился автор диссертации, пытаются решить задачи пространственного размещения именно медицинских учреждений. Образовательным и другим организациям социальной инфраструктуры уделяется существенно меньше внимания. Но прежде чем перейти к попытке это исправить, рассмотрим сложившуюся российскую практику по этому вопросу.

### **1.3 Российская практика пространственного размещения учреждений социальной инфраструктуры**

Многими авторами отмечается, что рынки социальных услуг в России сформированы далеко не полностью [см., например, 18, 29, 66, 76]. Лишь со сравнительно недавнего времени в нашей стране стала развиваться конкурентная среда, что отразилось на росте числа автономных или частично автономных учреждений, проектной культуры, а также переходе к преимущественно рыночной форме финансирования организаций социальной сферы.

Модернизация государственного управления социальными услугами в самом общем виде реализовалась в администрировании с ясными целями, способами их достижения, ориентацией на высокую эффективность, механизмами прозрачной оценки достигнутых результатов. Сами социальные услуги постепенно развивались, их инфраструктура, под которой обычно понимается совокупность различных составляющих, удовлетворяющих человеческие потребности [78], расширялась, административные издержки начали снижаться, стали разрабатываться различные социальные стандарты [48, 67, 83].

Однако для нашей страны это был достаточно длительный процесс. Первый этап пришелся примерно на начало 1990-х годов. Менялись принципы финансирования социальной сферы, а социальные реформы практически не проводились, оставляя в образовании и здравоохранении пережитки советской системы. Второй этап начался примерно с 1996 года, когда стало очевидно, что экономический рост не возможен без решения проблем в демографии, социальных процессах и др. [13, 48].

Сегодня в российской социальной инфраструктуре по-прежнему сохраняется спектр определенных проблем. Среди них основными являются: сильная разветвленность сети учреждений, несоответствие объемов оказываемых услуг потребностям населения, а также стремительное сокращение числа организаций, их предоставляющих. Материально-техническая база устаревает все

больше, объемов финансирования все также не хватает. С учетом этого анализ и планирование учреждений социальной сферы приобретает еще большее значение.

Согласно методике определения нормативной потребности субъектов Российской Федерации в объектах социальной инфраструктуры, необходимо анализировать непосредственно саму сеть учреждений, их плановую и фактическую загрузки, оценивая обеспеченность населения региона необходимыми социальными услугами [50]. Расчет должен проводиться с учетом прогноза численности населения, а также данных о социальных нормах и нормативах [65]. Остановимся на них подробнее.

Мощность участковой больницы или врачебной амбулатории зависит от радиуса обслуживания, численности и плотности населения, расстояния от центральной районной больницы, наличия промышленных предприятий. Кроме того, в расчет также принимаются различные условия местного характера. Фельдшерско-акушерский пункт (ФАП), являясь первичным звеном здравоохранения в сельской местности, открывается в достаточно далеко расположенных населенных пунктах с численностью 700 человек, если в радиусе свыше 2 км нет других лечебно-профилактических учреждений. Если населенный пункт находится на расстоянии свыше 4 км, то ФАП в нем может быть организован уже при 300 жителях (если свыше 6 км – и при меньшей численности населения) [53]. Общий норматив обеспеченности больничными учреждениями составляет 134,7 коек в расчете на 10 тысяч населения [65].

В образовательных учреждениях с точки зрения использования нормативов складывается похожая ситуация. Норматив числа мест в детских дошкольных учреждениях определяется на основе величины и числа жилых поселений и жилых комплексов (60 мест на 100 детей в городе и 40 мест на 100 детей в сельской местности). Для общеобразовательных учреждений эти показатели равны 85 и 40 мест на 100 детей соответственно [50].

Радиус пешеходной доступности для обучающихся первой ступени должен составлять не более 2 км, для учащихся второй или третьей ступеней – не более 4 км. Касательно транспортного обслуживания, которому подлежат учащиеся

сельских общеобразовательных учреждений, проживающие на расстоянии свыше 1 км от него, имеются следующие нормы. Радиус транспортной доступности (в одну сторону) должен составлять не более 15 минут в первом случае и не более 30 минут во втором [12].

Что касается дополнительного образования, то по нормативам детские школы искусств и школы эстетического образования размещаются в населенных пунктах с числом жителей от 3 тыс. до 10 тыс. человек в расчете одной школы на населенный пункт. В населенных пунктах с числом жителей свыше 10 тыс. человек при расчете количества школ используется численность учащихся на расчетный период 1-8 классов общеобразовательных школ, сетевой показатель определяется, исходя из расчета охвата 12 процентов учащихся [50].

При определении нормативной потребности субъектов Российской Федерации в объектах физической культуры и спорта используются усредненные нормы. Исходя из свода правил по планировке и застройке городских и сельских поселений, на 1000 человек должно приходиться 80 посетительских мест в клубах [70]. Населенные пункты с числом жителей от 500 до 3000 человек должны иметь не менее одной библиотеки.

Информация, содержащаяся в нормативах, не является полной характеристикой пространственного размещения учреждений социальной сферы, существует множество других факторов, которые необходимо учитывать при планировании. Применение только лишь нормативного подхода зачастую отрицательно влияет на экономическое и социальное развитие территории. Вот с чем это связано.

С 1992 года социальная сфера села была лишена государственной поддержки и доступных кредитов, резко сократилось инвестирование социальной сферы сельскохозяйственными предприятиями, несмотря на то, что в 2002 году была принята Федеральная целевая программа «Социальное развитие села до 2010 года». Ее декларированная цель – преобразование села и формирование основ для устойчивого развития сельских территорий путем развития социальной

сферы и инженерной инфраструктуры. Но программа не была комплексной и не охватывала в целом проблемы устойчивого развития сельских территорий.

В сельской местности, где возможности финансирования различных объектов со стороны государственной власти гораздо ниже, чем в городах, а местные бюджеты почти всегда дефицитные, уровень инвестиций в социальную инфраструктуру постоянно снижался. Перенесение из плановой экономики в рыночную нормативного подхода при закрытии или открытии учреждений социальной сферы привело к следующему парадоксу. Если нормативы не выполняются, то это объясняется отсутствием финансирования. Если же учреждения уже существуют, но нормативам они не соответствуют из-за убыли населения, то работники соответствующих органов власти рискуют быть привлеченными к ответственности за несоблюдение нормативов. Т.е. система бюджетного планирования социальной сферы села оказалась не готова к ситуации, когда население сокращается.

Сохранение системы нормативов приводит к тому, что из средства повышения уровня жизни сельского населения сформировался регулятор понижения этого уровня. Дело не в самом наличии нормативов как таковых, а в том, что они в условиях плановой экономики представляли собой органичный элемент структуры управления, а в условиях разделения компетенций различных уровней управления и рыночной экономики они стали выполнять фактически противоположные функции.

Сказанное можно подкрепить примером из производственной сферы. Советская система сельскохозяйственного производства опиралась, в частности, на сеть принадлежащих государству элеваторов, куда колхозы и совхозы сдавали зерно каждого урожая. При этом цены на зерно были стабильными. Но когда зерно стали выращивать независимые производители, они все чаще стали и сами сушить и обеззараживать зерно, и хранить его в собственных зернохранилищах, дожидаясь более выгодных цен. Оказалось, что элеваторы стоят пустыми, и одновременно появился спрос на мобильные зерносушилки, а они в стране практически не производятся до сих пор. Так произошло и с социальной сферой



села. Когда за невыполнение норматива был строгий спрос по государственной и партийной линии, они работали. Когда появилась возможность сослаться на отсутствие финансирования, государство фактически сняло с себя ответственность за соблюдение этих нормативов. А, следовательно, как инструмент развития социальной сферы они уже не работают.

Система бюджетного планирования социальной сферы села также оказалась не готова к ситуации, когда сокращается население. А это происходит, и происходит уже давно.

Согласно данным, приведенным в Постановлении Правительства РФ от 15 июля 2013 г. № 598 «О федеральной целевой программе «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года», интегральный эффект от негативного социально-экономического развития сельских территорий выражается в сокращении в 2010 году количества сельских населенных пунктов по сравнению с 1989 годом на 9,2 тысячи сел и деревень. Количество сельских населенных пунктов без проживающего населения увеличилось с 9,4 тысячи в 1989 году до 19,4 тысячи в 2010 году. Населенные пункты с населением до 10 человек в 2010 году составили 23,7 процента.

Одновременно со снижением численности населения в сельской местности произошло снижение доступности учреждений социальной сферы. Сегодня по всей России более 100 тыс. сельских школьников обучаются в помещениях, которые находятся в ветхом и аварийном состоянии. Доступность медицинских услуг на селе составляет 49,4% [61].

Видно, что из обязательств государства нормативы превратились в ограничение на расходование бюджетных средств. В советское время использование изначально предполагало, что есть гарантированные статьи бюджета одного уровня, по которым финансируются учреждения социальной сферы в сельской местности. При разделении бюджета по трем уровням (федеральный, региональный, муниципальный) использование нормативов теряет изначально вложенный в них смысл. Если в условиях плановой экономики нормативы были органичным элементом системы хозяйствования, то в условиях

рыночной экономики сложилась парадоксальная ситуация. Федеральный уровень не несет ответственности за неисполнение своих обязательств, по этой причине нормативы перестают действовать как средство контроля за действиями исполнительной власти на высшем уровне.

Когда на уровне субъекта Российской Федерации принимаются решения о финансировании тех или иных объектов или программ, нормативы в этом случае выступают лишь некоторым препятствием для этого. В советское время в нашей стране определяющим фактором планирования развития социальной инфраструктуры являлся производственный. Если бы размещение различных объектов социальной сферы было бы первоочередным по отношению к вопросу размещения производственных сил, то сам смысл введения нормативов был бы совершенно иным.

Если населения меньше, то учреждения социальной сферы, согласно нормативам, нужно закрывать. К тому же муниципальный бюджет, как правило, не в состоянии их содержать, вследствие чего органы власти вынуждены ходатайствовать о финансировании перед бюджетами более высокого уровня, а на тех уровнях ссылаются на нормативы и отказывают.

В результате принимаются решения о «комплексировании», то есть о сокращении числа объектов социальной сферы на селе со ссылкой на нормативы обеспеченности. Вместо того чтобы препятствовать сокращению населения, использование нормативов его стимулирует: закрытие школ и других элементов социальной сферы усиливает его отток.

Сегодня отсутствует и методика обоснования открытия новых объектов социальной сферы в том случае, если население увеличивается, но численность его не «дотягивает» до норматива. Возможно, его жители и хотят, чтобы открыли новую школу, но существующая система нормативов не позволяет им добиться результата.

Использование нормативного подхода самого по себе является существенным тормозом развития для социальной инфраструктуры, а у сельских населенных пунктов против нормативов контраргументов нет.

Определение потребности в социальных объектах для сельского населения в России должно осуществляться с учетом конкретных условий, влияющих на организацию социальных услуг населению (плотность населения, состояние дорог, транспорта, климатические условия и т.д.). Установление единых для всей страны нормативов на федеральном уровне не учитывает новых экономических отношений.

Следует шире привлекать само население к формированию решений относительно необходимости строительства и дальнейшего финансирования определенных объектов инфраструктуры, как это было организовано ранее в Сибири [72]. В дореволюционное время проблемы социальной сферы села решались совместно государственным и местным (обычно волостным) бюджетами. В частности, строительство школы было компетенцией сельского схода, то есть школа строилась на средства населения. Желают крестьяне, чтобы в их селе была школа, они решают этот вопрос самообложением, если же они отказываются собирать деньги на строительство школы, то школы в этом селе не будет. Далее частно-государственное партнерство в России формировалось следующим образом: община отвечала за содержание школы, отопление ее здания, а также домов учителей, а государство платило преподавателям заработную плату.

В отличие от нашей страны, за рубежом возможность влиять на решения в социальной сфере является узаконенной практикой. Например, в Великобритании на протяжении последних 20 лет на местном уровне создаются советы здравоохранения местных общин, имеющие своей целью защиту интересов граждан в области здравоохранения. Одной из последних инициатив является создание новых органов и консорциумов, контролирующих финансирование медицинской помощи в интересах населения [8].

Итак, нормативный подход к планированию социальной сферы не является универсальным, и в некоторых случаях его применение приводит к негативным результатам. С методиками анализа ситуации и подходом к решению задач в условиях активного снижения численности населения исследователи

сталкиваются редко, а актуальность рассматриваемых вопросов подталкивает их к необходимости решения этой проблемы тем или иным путем.

Поэтому в диссертационном исследовании предлагается комплексный метод для принятия управленческих решений, применимый к социальной сфере села, основанный не на единых для всей страны нормативах, а на рекомендациях по изменению сложившейся ситуации и бюджетных ограничений. Критерии для решения этой оптимизационной задачи будут рассмотрены далее.

#### **1.4 Критерии пространственной оптимизации объектов социальной инфраструктуры**

Особенности расселения зачастую не позволяют создавать дифференцированную по потребностям различных категорий граждан сеть объектов социальной инфраструктуры, например, элитных школ, медицинских учреждений и др. видов платных услуг. Так, в сельской местности из-за низкой плотности населения, а также некоторого отставания по уровню жизни, платежеспособный спрос на дополнительные, более качественные услуги социальной инфраструктуры незначителен. Возможности капитальных вложений, нацеленных на расширение сети учреждений и предприятий социальной инфраструктуры, ограничены.

Как показывают отдельные исследования, подтверждая актуальность темы диссертационного исследования, сокращение конечной сети и снижение числа медицинских кадров, недостаточность материально-технической базы большинства сельских учреждений здравоохранения обострило проблему малодоступности специализированной и скорой помощи на селе. Снижение количества малокомплектных школ и ДДУ повлекло за собой сокращение численности учащихся и воспитанников в них [27].

С этими трендами можно соглашаться, что обычно влечет за собой свертывание социальной сферы села, или нет, что подразумевает под собой предложение инвестиционных проектов, обеспечивающих увеличение числа

рабочих мест, сохранение (резервирование) объектов и модернизацию социальной сферы.

С экономической точки зрения наиболее важным является четкое и рациональное распределение средств и ресурсов для дальнейшего их использования. С точки зрения социального аспекта, необходимо обеспечить доступность населению всех потребляемых им услуг. Принятие в таких случаях адекватных и сбалансированных управленческих решений требует учета целого ряда факторов, а инструменты анализа решений должны позволить рассматривать несколько альтернативных вариантов и стратегий развития [105].

Одним из таких инструментов могут стать методы пространственной оптимизации, которая понимается в диссертационном исследовании как процесс получения возможных решений по наилучшему с точки зрения определенных критериев расположению организаций социальной сферы на отдельно взятой территории. Этот процесс включает в себя решение двух важных задач. Во-первых, требуется пространственно организовать учреждения, а во-вторых, распределить финансовые и человеческие ресурсы между географическими единицами. Кроме того, необходимо выбрать такое решение, которое будет приемлемым для всех заинтересованных сторон: пользователей услуг, работников учреждений и т.д.

Отправным моментом решения задачи, направленной на оптимизацию размещения объектов социальной сферы, является выбор критериев оптимальности и функции цели. Рассмотрим некоторые из них.

Численность населения является, пожалуй, самым очевидным критерием. Перенесенный из нормативно-правовых актов, он относится как к населению всего муниципального образования, так и к определенным группам обслуживаемого населения. Так, в населенном пункте в случае проживания в нем большого количества детей дошкольного возраста школа закрываться не должна, так как через определенное время они станут ее учениками. Кроме того, в качестве критерия можно учитывать отношение числа детей этой группы к числу

школьников. Это позволит определить, развивается населенный пункт или в скором времени прекратит свое существование.

Также должен учитываться тот факт, что учреждения социальной инфраструктуры обычно строятся с некоторым резервом мощностей. При снижении численности населения эти резервы могут оказаться не нужными, или, как это достаточно часто бывает, происходит некоторое снижение спроса.

Именно поэтому важно уделять внимание прогнозированию развития социальной сферы на отдельно взятой территории с учетом различных факторов, и на этой основе в дальнейшем определять оптимальность размещаемых объектов инфраструктуры. Этот процесс представляет собой учет существующих возможностей учреждений для реализации мер, направленных на достижение экономических и социальных ориентиров на определенной территории. По мнению ряда исследователей, именно такой подход позволяет получить представление о решении социальных проблем, спроектировать развитие социальной сферы, определив цели такого развития и найдя для него ресурсы [10, 39]. Несмотря на сложность этого процесса, ученые считают его частью объективной реальности, которая должна изучаться и оцениваться вне зависимости от того, что конечные итоги функционирования социальной инфраструктуры достаточно трудно поддаются точному количественному выражению [33].

Следующим важным критерием оптимизации является износ существующих зданий, в которых находятся ее объекты. Например, если в здании уже много лет не проводился ремонт, и в силу нехватки средств его произвести не могут, существует большая вероятность закрытия этого учреждения. Хотя, возможно, это не является лучшим решением. Закрытие школ в малых населенных пунктах влечет за собой отток населения в более крупные. Как следствие, подобные населенные пункты прекращают свое существование в течение короткого периода времени.

Вариант закрытия школы в другом, более мелком, населенном пункте, учеников из которого можно возить к месту обучения на школьном автобусе,

обычно не рассматривается, несмотря на то, что при этом можно значительно увеличить материальную базу большой школы.

Централизация бюджетных потоков предполагает, что денежные средства распределяются по населенным пунктам и учреждениям, в них расположенным, по каким-либо критериям, в которых учитывается лишь отсутствие средств на это в конкретных поселениях. Необходимо, однако, выделять и другие критерии, в соответствии с которыми будут приниматься решения о пространственном размещении учреждений социальной сферы.

В то же время их состав нельзя унифицировать из-за большого количества внешних условий. Каждый раз необходимо решать задачу независимо от множества рассматриваемых целевых функций, которые должны вписываться в проблему интеграции.

При привлечении экспертов каждый из них принимает решение, основываясь на множестве факторов. Кроме того, он может иметь в виду целевые функции, о которых другие не имеют представления в силу сложности проблемы.

Примером того, что минимум суммарных времени и средств, затрачиваемых на получение услуг, также является существенным критерием оптимизации, может служить ситуация, когда людям, чтобы получить образовательные или медицинские услуги в сельском районе, необходимо добираться в другой населенный пункт. Тогда следует рассматривать временные или денежные затраты на достижение этих учреждений. Кроме того, в сумму к ним могут быть добавлены потери учреждений социальной сферы от их слабой посещаемости, далее в ходе решения задачи эта сумма должна быть минимизирована.

Особенностью сельской социальной сферы является то, что объекты рассредоточены по всей территории района, что создает определенные трудности в обслуживании, ремонте, контроле, управлении. Учреждения, способные предоставить более сложные услуги, размещены в более крупных населенных пунктах. В сельской местности наблюдается более высокий уровень затрат на услуги сопоставимого качества в зависимости от плотности расселения сельского населения [78].

В связи с этим на первый план выходит такой критерий пространственной оптимизации, как наличие разветвленной сети автомобильных дорог. Это связано в первую очередь с погодными условиями в определенные сезоны. Например, транспортные расходы в сельской местности существенно увеличиваются в периоды весенней распутицы и осенне-зимних осадков.

Здесь же следует учитывать такие критерии, как длина маршрута и суммарное расстояние перевозок по району в целом. Первый имеет значение в виду нормативов, установленных законодательством и уже описанных выше. Относительно второго необходимо заметить, что после возможного закрытия учреждения потребителям придется преодолевать расстояние до места получения услуги и обратно. Время, проводимое в пути, напрямую зависит от расстояния между двумя этими населенными пунктами. С этой точки зрения, оптимальным является то решение, в котором суммарное расстояние перевозок по району в целом увеличится на минимальное значение.

Отметим, что при существовании множества критериев и внешних условий, которые проблематично учесть в полном объеме, сформулированные с их учетом оптимизационные задачи будут иметь различные решения. Для принятия окончательного решения по рассматриваемому вопросу предлагается использовать экспертный анализ, о котором более подробно будет сказано в следующих главах диссертационного исследования.

Эффект от оптимизации проявляется не сразу, а на протяжении ряда экономических циклов и отражается на показателях следующих лет [28]. Это связано с тем, что применяющаяся длительное время в нашей стране система планирования и учета в принципе не позволяет в полном объеме определить результаты функционирования объектов социальной сферы. Движение материальных и финансовых ресурсов внутри национального хозяйства традиционно рассматривается в соответствии с теорией баланса народного хозяйства. Основная часть результатов функционирования социальной инфраструктуры изучается на макроуровне, а это, в свою очередь, затрудняет определение вклада в развитие общественного производства. Кроме того, не



всегда удается адекватно выразить процессы, происходящие вне сферы материального производства [40]. Более полно удается учесть результаты деятельности социальной сферы на базе системы национальных счетов. Однако и в этом случае существует определенный недоучет вследствие асимметричности информации [64, 82].

Очевидно, что развитие социальной сферы является результатом смены общественно-экономического строя страны и отличается от этого процесса в зарубежных странах. В условиях перехода национальной экономики к рыночной учреждения социальной сферы испытывали в своем развитии существенное влияние факторов внутренней и внешней сред, связанных с изменениями конъюнктуры рынка.

Сегодня сложившаяся ситуация усугубляется еще и тем, что экономические интересы руководящих административных органов, организаций, функционирующих на этой территории и, собственно, самого населения не совпадают. Именно в результате этого, по мнению некоторых авторов, в сельской местности снижаются объемы производства услуг, падает их качество, увеличиваются затраты на поддержание функционирования социальной сферы [23].

Принимаемые меры по изменению хозяйственного механизма, эффективность которых снижается из-за отсутствия системного подхода, продолжают носить ярко выраженный затратный характер. Сама идея повышения качества жизни сельского населения на основе развития социальной инфраструктуры и оптимального размещения ее объектов требует для своей реализации огромных ресурсов.

Последняя цель подразумевает решение целого ряда частных задач, многие из которых до настоящего времени не получили еще решения в нашей стране. Среди них: определение критерия социально-экономической эффективности территориальной организации, мощности и форм специализации организаций социальной сферы, разработка методов для выбора конкретного местоположения того или иного объекта здравоохранения, образования, культуры или спорта.

Причем территориальные различия касаются не столько состава, сколько масштабов и пространственной сосредоточенности на территории социальной инфраструктуры. Кроме того, принципы размещения ее отдельных единиц заключаются в стремлении создать наиболее равные условия для населения в удовлетворении их социальных потребностей.

Пространственный фактор должен учитываться при организации размещения учреждений социальной сферы не только в плане километража. Это касается и непосредственно формы их расположения в пространстве. Например, для трех населенных пунктов, расположенных один за другим на одной прямой на карте, учреждение логичнее открывать в среднем из них, а не в крайнем, даже если так положено по нормативам.

Для анализа существующего, а также поиска оптимального размещения различных объектов социальной сферы на рассматриваемой территории в диссертационном исследовании использованы специальные математические методы. Часть из них будет рассмотрена в следующей главе.

## 2 Математический аппарат оптимального размещения объектов социальной инфраструктуры

### 2.1 Невзвешенные диаграммы Вороного: теоретические основы и возможности применения на практике

Методы пространственного анализа в экономических исследованиях стали использоваться не так давно, как это можно сказать, например, о работах в сфере технических наук. Однако постепенно применение подобного инструментария (в частности, диаграмм Вороного) становится в этой сфере одним из центральных методических средств<sup>1</sup>. Рассмотрим некоторые теоретические положения относительно таких диаграмм в форме задачи о близости.

Пусть на плоскости задано множество  $S$ , содержащее  $N$  точек. Для каждой точки  $p_i$  множества  $S$  определим геометрическое место точек  $(x, y)$  на плоскости, для которых расстояние до  $p_i$  меньше, чем до любой другой точки множества  $S$ . Решение такой задачи вполне логично искать следующим образом.

Оно будет представлять собой некоторое разбиение плоскости на области, каждая из которых является геометрическим местом точек  $(x, y)$ , более близких к некоторой точке множества  $S$ , чем к любой другой точке  $S$ . Если такое разбиение плоскости известно, то, применив процедуру поиска, определяющую, какой из областей разбиения принадлежит некоторая точка  $q$ , можно непосредственно получить решение задачи о поиске ближайшего соседа.

Если имеются две точки  $p_i$  и  $p_j$ , то множество точек, более близких к  $p_i$ , чем к  $p_j$ , - это полуплоскость  $H(p_i, p_j)$ , определяемая прямой, перпендикулярной отрезку  $p_i p_j$ , делящей его пополам, содержащая точку  $p_i$ . Множество точек, более

---

<sup>1</sup> Георгий Феодосьевич Вороной (1868-1908) – профессор Киевского университета, работы которого положили основание современной вычислительной геометрии. Диаграмма Вороного, за рубежом иногда называемая разбиением Дирихле, представляет собой мощный инструмент анализа. Аппарат диаграмм Вороного используется во многих научных дисциплинах – от ядерной физики до археологии. С 2004 года проводится Ежегодный международный симпозиум по диаграммам Вороного и их применению в науке и технике.

близких к  $p_i$ , чем к любой другой точке  $V(i)$ , получается в результате пересечения  $N-1$  плоскостей. Это множество является выпуклой многоугольной областью, имеющей не более  $N-1$  сторон. Таким образом,

$$V(i) = \bigcap_{i \neq j} H(p_i, p_j) \quad (11)$$

Область  $V(i)$  называется многоугольником Вороного, соответствующим точке  $p_j$ . Получаемые таким образом  $N$  областей образуют разбиение плоскости, представляющее некоторую сеть, называемую диаграммой Вороного  $Vor(S)$ . Ребра и вершины многоугольников Вороного называются, соответственно, – ребрами и вершинами диаграммы Вороного.

Каждая из  $N$  исходных точек множества принадлежит в точности одному многоугольнику Вороного. Поэтому, если  $(x, y) \in V(i)$ , то  $p_i$  является ближайшим соседом точки  $(x, y)$ . Диаграмма Вороного содержит всю информацию о близости точек соответствующего множества.

В отношении диаграмм Вороного выполняются следующие теоремы. Каждая вершина диаграммы Вороного является точкой пересечения в точности трех ребер диаграммы. Для каждой вершины  $v$  диаграммы Вороного множества  $S$  окружность  $C(v)$  не содержит других точек множества  $S$ . Каждый ближайший сосед точки  $p_i$  в  $S$  определяет ребро в многоугольнике Вороного  $V(i)$ . Многоугольник  $V(i)$  является неограниченным тогда и только тогда, когда точка  $p_i$  лежит на границе выпуклой оболочки множества  $S$ .

Если нет четырех точек расположенных в одну линию, то можно построить сеть треугольников, двойственную диаграмме Вороного. Три центра ячеек образуют треугольник, если внутри этого треугольника не содержится ячейки. Диаграмма Вороного множества из  $N$  точек имеет не более  $2N-5$  вершин и  $3N-6$  ребер.

Рассмотрим некоторые примеры применения диаграмм Вороного в экономических исследованиях. Отметим, что пространственные данные для

каждого из изучаемых объектов (жилого дома, школы, торгового центра и др.) несут в себе информацию самого разного содержания. Каждый из них имеет свои особенности, которые позволяют ему принадлежать к какому-либо определенному подмножеству.

Так, во французском исследовании 2009 года представлена самая простая концепция соседства: каждый дом соседствует с ближайшим торговым центром, в то время как каждый из этих магазинов соседствует с другими торговыми точками, находящимися поблизости [93].

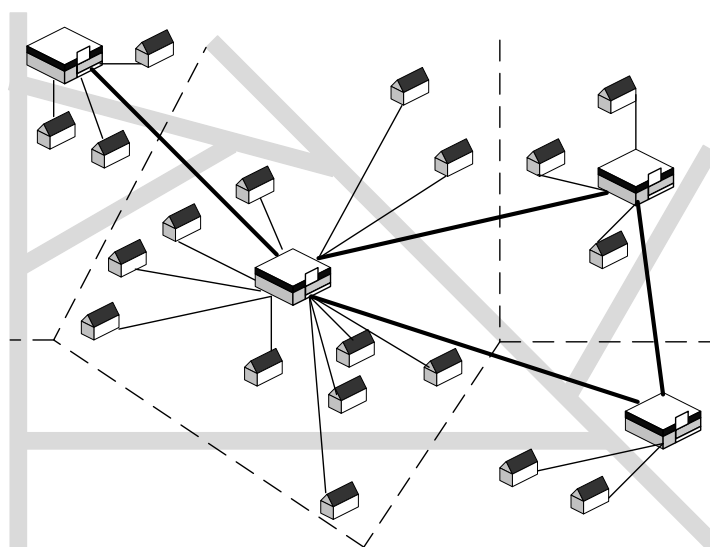


Рисунок 8 – Схема построения диаграммы Вороного для торговых точек

На представленном выше рисунке затемненные участки представляют собой дороги. Под площадью водосбора, в данном случае обозначающей площадь ячейки Вороного, понимается территория, население которой обслуживается определенным торговым центром.

В основе алгоритмов, которые были применены в исследовании 2005 года, также лежат диаграммы Вороного [113, 114]. Расстояния при этом измеряются с использованием любой меры, например, пройденного пути при посещении определенного набора магазинов.

Под пространственным выбросом автором понимается прямоугольная область, которая содержит в своих окрестностях такой объект, что отклонения между значением какого-либо признака по нему и совокупным значением этого признака по всем объектам в области являются максимальными. В ходе работы было показано, что новые типы выбросов значимы, это было подтверждено как на моделируемых, так и на реальных данных.

Кроме того, рассмотренный метод значительно превосходит эффективность предложенного ранее алгоритма, который пытается расширить область влияния с учетом всех других объектов вблизи него на каждой из своих итераций, что означает, что данная область может увеличиваться сколь угодно долго [94].

Альтернативный же подход заключается в задании ограничения на число возможных итераций на расширение, вследствие чего область влияния будет продолжать расти, но уже контролируемые темпами. Получение единообразного и последовательного способа по достижению этого позволило изучать ближайших соседей рассматриваемой области [86, 112].

Учитывая, что несколько объектов в области могут иметь одних и те же соседей, а несколько объектов вне области, в свою очередь, могут иметь несколько соседей внутри нее, число фактических соседей для каждой области будет снижаться.

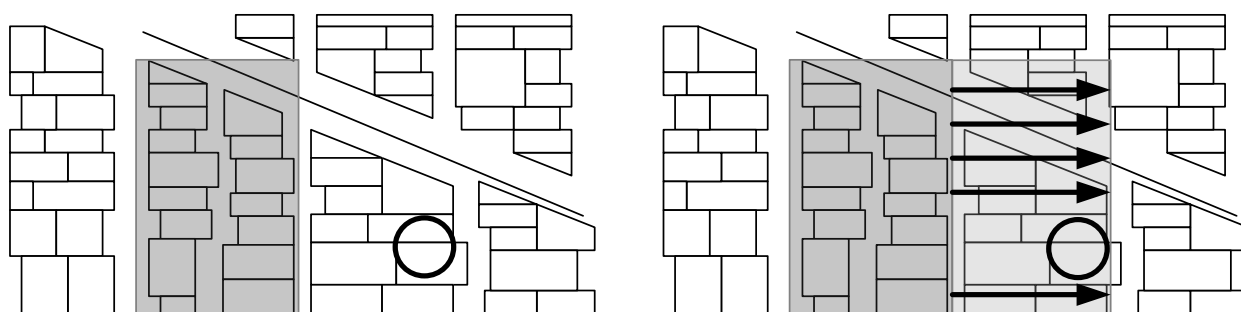


Рисунок 9 – Исходная область и ее расширение

Например, имея исходную область, представленную на рисунке выше, в качестве объектов для дальнейшего расширения можно рассматривать не все объекты в принципе, а только те, которые представлены на рисунке ниже.

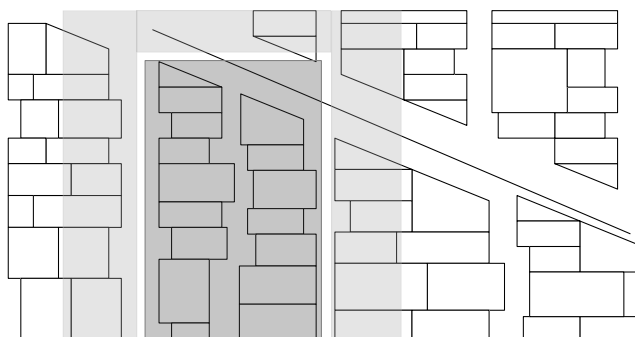


Рисунок 10 – Исходная область и ее соседи

Выбросы в практическом смысле могут представлять собой места расположения менее дорогой недвижимости в лучших районах, инвестиции в которые могли бы стать достаточно перспективными. Однако надо учитывать, что полигоны, описывающие пространственные выбросы, могут иметь не только простую прямоугольную форму, в связи с чем должны строиться с учетом основных направлений дорожно-транспортной сети, системы водных путей и времени [94].

Задача пересмотра административно-территориального деления рассматривалась наиболее подробно при подготовке пересмотра административно-территориального деления штата Нью-Йорк (США). Объективная причина такого пересмотра состояла в том, что в штате Нью-Йорк выросли два мегаполиса: Нью-Йорк и Буффало [84, 109]. По сравнению с ними несколько десятков графств, располагая равными политическими правами, составляют меньшинство населения штата. По этой причине властями штата обсуждаются направления реструктуризации административной структуры штата.

Авторы исследования полагают, что их модель, основанная на диаграммах Вороного, позволила бы достичь цели, поставленной властями штата. Модель

была представлена комитету по реформе административно-территориального деления Конгресса штата Нью-Йорк как наиболее естественный способ формирования графств с примерно одинаковым населением и прозрачной системой границ. В качестве одного из достоинств подхода отмечается, что генерация новой системы графств может быть проведена всего лишь за 10 секунд. Это делает возможным ее использование в ходе дебатов, когда любое предложение может быть немедленно представлено на карте.

Говоря о применении подобного инструментария в исследованиях для России, отметим, что в нынешних объективных условиях развития Сибири и Дальнего Востока, когда налицо существенные изменения в системе расселения, американский опыт может оказаться весьма полезным. В определенном смысле мотивы изменения границ в штате Нью-Йорк и в восточных регионах Российской Федерации совпадают. Однако, как уже отмечалось нами в одной из публикаций, на этом пути встречается несколько сложностей [11].

Ведущими отечественными специалистами признается, что само направление экономического районирования в отечественной науке после распада СССР переживает определенный кризис [69]. В советское время экономическое районирование территории было подчинено общей идее оптимального размещения производительных сил на плановой основе, а сам процесс размещения новых предприятий был естественным элементом плановой системы. Когда плановая система ушла в небытие, критерии районирования стали неопределенными.

«Экономический район определяется как территориальная часть народного хозяйства, имеющая специализацию в масштабе страны, сложившуюся под влиянием территориального разделения труда, природных и социальных свойств территории» [38]. Подобные определения имеют описательный характер, и из них не вытекает никаких рекомендаций кроме принадлежащего Гегелю высказывания «все существующее целесообразно».

Вторую и, пожалуй, наиболее существенную причину можно изложить также цитатой: «...приходится решать задачу изменения АТУ (административно-



территориального управления) в состоянии страны с прямо противоположным вектором, в условиях устойчивого сокращения численности населения, массового исчезновения с лица земли деревень, сокращения численности ПГТ, стагнации городов. На это обстоятельство, к сожалению, обратили внимание только В. Лексин и А. Швецов, отметившие, что события последнего десятилетия «сформировали такую принципиально новую и непрерывно трансформирующуюся, неустойчивую и долговременно переходную систему территориальной организации всех сторон жизнедеятельности, которую нельзя исследовать на основе постулатов как советских, так и западных школ в рамках обществоведческих теорий конца XX столетия» [41, 42, 58].

Процесс пересмотра принципов районирования идет в одной плоскости – в дискуссиях на страницах научных журналов. Решение второй проблемы затрагивает, по преимуществу, местные власти. Что делать, если на школу нет учеников, а на фельдшерско-акушерский пункт нет пациентов. Нужно укрупнять, создавать новую структуру учебных и медицинских заведений. Каждый раз решение приходится принимать не на основании теоретических построений, а исходя из соображений здравого смысла.

Для научной общественности эта тема непривлекательна, в частности, и потому, что экономическая теория, в основном, ориентирована на экономический рост, а не на убыль населения и свертывание социальной сферы. Для федерального уровня власти эта тема политически невыгодна, она даже получила политически нейтральное название «комплексирование». Поэтому решаются указанные вопросы в каждом регионе индивидуально.

На следующем рисунке представлена диаграмма Вороного для Новосибирской области, в которой каждая ячейка диаграммы Вороного соответствует административному району.

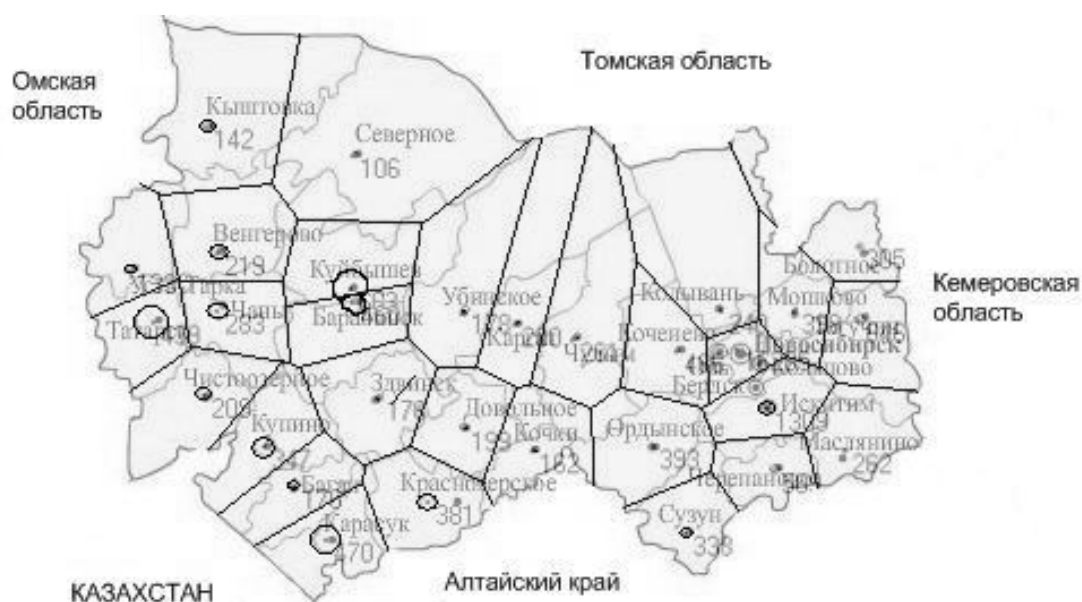


Рисунок 11 – Диаграмма Вороного для Новосибирской области

Границы ячеек диаграммы показывают, как могли бы проходить границы между районами Новосибирской области, если бы их проводили в точности посередине расстояния между районными центрами. Сама по себе диаграмма не может служить основанием для пересмотра административно-территориального деления субъекта РФ. Но она пригодна для качественного обсуждения несовпадения ячеек диаграммы и территорий районов.

Как видно из диаграммы, зоны влияния у одних районов примерно совпадают с административными границами этих районов. Но, тем не менее, некоторые расхождения заставляют по-новому трактовать сложившиеся границы районов. Например, зона влияния (ячейка диаграммы Вороного) Северного района захватывает часть территории Кыштовского и Куйбышевского районов. В отношении границ с Куйбышевским районом возможно объяснение историческим развитием поселений северо-запада Куйбышевского района, и это не противоречит общей структуре административно-территориального деления.

В отношении восточной части Кыштовского района, которая находится в зоне влияния райцентра Северное, то путь от областного центра до этих

поселений представляется нерациональным. Приходится ехать через райцентр Кыштовка, что увеличивает расстояние до этих населенных пунктов.

Наибольшее расхождение между административным делением и диаграммой Вороного отмечается по Северному, Убинскому, Каргатскому и Чулымскому районам. Характерно, что это отклонение можно считать групповым, то есть единым для территории четырех административных районов. И очевидны причины такого единого отклонения – в построении диаграммы Вороного не учитывалась ориентация рек, которые в зоне этих четырех районов направлены по течению на северо-восток.

И здесь мы наталкиваемся на принципиальные отличия современных зарубежных тенденций в экономическом районировании от отечественных. В нашей стране река является естественной границей между регионами. В то же время зарубежные тенденции в районировании сводятся к тому, что граница между «естественными» регионами должна проходить по водоразделам, то есть по границам речных бассейнов. В этом случае естественными становятся методы ведения сельского хозяйства, решение экологических проблем, рациональное водопользование и т.д.

В Новосибирской области этот принцип не выдерживается и, в частности, Северный район представляет собой две линейно выстроенных последовательности сел, выстроенных вдоль берегов рек Тара и Тартас. Фактически это две относительно независимых поселенческих структуры, каждая из которых имеет собственные перспективы развития.

Из этого следует, что само по себе применение диаграмм Вороного дает лишь общую ориентировку относительно оптимальных границ административных границ. В решении практических задач требуется учитывать множество дополнительных обстоятельств. Все они, в принципе, могут служить основанием для изменения правил триангуляции и, соответственно, изменения диаграмм Вороного.

Помимо простых диаграмм в различных видах исследований используются так называемые взвешенные диаграммы Вороного. В этом случае каждому центру

ячейки диаграммы Вороного приписывается вес. Это может быть показатель экономического, демографического или какого-либо другого потенциала. Границы между ячейками во взвешенной диаграмме Вороного не линейны.

Диаграммы Вороного могут быть взвешены аддитивно или мультипликативно. Это означает, что соотношение весов определяется делением одного веса на другой. Само по себе использование диаграмм Вороного представляет собой лишь частный методический прием. По этой причине каждое приложение диаграмм Вороного должно сопровождаться содержательной постановкой задачи.

Далее нами будет рассмотрен аппарат взвешенных диаграмм Вороного с учетом возможностей и способов их применения в экономических исследованиях в целом и оптимизации пространственного размещения объектов социальной инфраструктуры в частности.

## **2.2 Введение веса в диаграммы Вороного: анализ территориального расположения различных объектов**

Невзвешенные диаграммы Вороного, о которых говорилось ранее, предполагают, что центры в их ячейках имеют равный вес. Однако идея присвоения различных весов рассматриваемым показателям в некоторых случаях может быть более полезной. Это касается, например, численности жителей населенного пункта, количества магазинов в торговом центре, размера атома в кристаллической структуре и т.д.

Доминирующая область точки  $p_i$  относительно другой точки  $p_j$ , где  $i \neq j$  и  $d_w(p_x, p_y)$  – это взвешенное расстояние между точками  $x$  и  $y$  может быть записана следующим образом:

$$Dom_w(p_i, p_j) = \{p | d_w(p, p_i) \leq d_w(p, p_j)\} \quad (12)$$

Допустим,

$$V_w(p_i) = \bigcap_{p_j \in P \setminus \{p_i\}} \text{Dom}_w(p_i, p_j) \quad (13)$$

$V_w(p_i)$  или  $V_w(i)$  называется взвешенной ячейкой Вороного, а  $V_w = \{V_w(p_1), V_w(p_2), \dots, V_w(p_n)\}$  называется взвешенной диаграммой Вороного. Другой путь для определения  $V_w$  – это  $V(P, d_w)$ , где  $P$  – сгенерированная установка с весами  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$  и  $d_w$  – это взвешенное расстояние [91].

Если взвешенная диаграмма Вороного имеет расстояния, взвешенные следующим образом:

$$d_{mw}(p, p_i) = \frac{\|\bar{x} - \bar{x}_i\|}{w_i} \quad (14)$$

где  $w_i > 0$ , то тогда оно называется мультипликативно взвешенным расстоянием.

Ячейка мультипликативно взвешенной диаграммы Вороного – это не пустое множество, которое необязательно выпуклое или связное (внутри себя оно может иметь определенные пустоты). Она выпукла тогда и только тогда, когда веса смежных ячеек не меньше, чем ее собственный вес.

Обозначим вес  $p_i$  через  $w_i$ . Отметим также, что две ячейки могут быть разделены несвязными ребрами. Последние представляют собой круглые дуги тогда и только тогда, когда веса двух смежных ячеек не равны между собой (в противном случае они являются прямыми линиями).

Допустим, что  $w_{\max} = \max\{w_j, p_j \in P\}$  и  $P_{\max} = \max\{p_j | w_j = w_{\max}\}$ . Ячейка мультипликативно взвешенной диаграммы Вороного будет безгранична тогда и только тогда, когда  $p_i \in P_{\max}$  и  $p_i$  находится на  $\partial CH(P_{\max})$ .

Расстояние в аддитивно взвешенной диаграмме Вороного задается следующим образом:

$$d_{aw}(p, p_i) = \|\bar{x} - \bar{x}_i\| - w_i \quad (15)$$

Взвешенная ячейка в такой диаграмме –

$$Dom_{aw}(p_i, p_j) = \left\{ \bar{x} \mid \|\bar{x} - \bar{x}_i\| - \|\bar{x} - \bar{x}_j\| \leq w_i - w_j \right\} \quad (16)$$

где  $i \neq j$ .

Если положить  $\alpha = \|\bar{x}_i - \bar{x}_j\|$  и  $\beta = w_i - w_j$ , можно получить следующее. Если  $\alpha = \beta$ , тогда взвешенная ячейка  $p_j$  относительно  $p_i$  – это полуось, исходящая из  $p_j$  мимо  $p_i$ . Такой же результат отмечается при применении мультипликативно взвешенной диаграммы. Чего нельзя сказать о том случае, когда  $0 < \alpha < \beta$  и  $p_i$  полностью поглотит  $p_j$ .

С учетом этих положений будут верны следующие утверждения.  $V_{aw}(p_i)$  – пустое множество тогда и только тогда, когда

$$\min \left\{ \|x - x_i\| - w_j, \forall p_j \in P, i \neq j \right\} < -w_i \quad (17)$$

Если отмечается равенство, то тогда  $V_{aw}(p_i)$  – это полуось, если знак меняется на противоположный – область имеет положительную площадь.

Если по крайней мере один вес в диаграмме  $w_i$  отличается от другого и  $V_{aw}(p_i)$  имеет положительную площадь, тогда существует хотя бы одна невыпуклая ячейка аддитивно взвешенной диаграммы Вороного. Это означает, что из  $p_i$  можно провести линию к каждой точке ячейки  $V_{aw}(p_i)$  и она вся будет содержаться в  $V_{aw}(p_i)$ .

В мировой практике большинство исследований по экономической тематике, использующих в качестве инструмента аппарат диаграмм Вороного, касается определения зон влияния предприятий розничной торговли [88, 97].

Существуют интересные результаты исследований о зонах влияния предприятий по добыче местных минеральных ресурсов [93, 94].

Выбор места для размещения торговой точки является очень важным моментом в любой предпринимательской деятельности. Так как удобство является чрезвычайно важным фактором для сегодняшних потребителей, прибыльность торговой точки может существенно варьироваться в зависимости от ее расположения.

В последнее время изменение внешней среды привело к развитию сложных цепочек небольших магазинов. Методы, используемые в разработке и калибровке моделей размещения коммерческих помещений и прогнозирования продаж, варьируются от простых моделей прогноза до очень сложных пространственных моделей взаимодействия, а число подобных методов постоянно растет. Например, диаграмма Вороного позволяет комбинировать информацию о месторасположении магазина и других его характеристик с поведением потребителей с целью создания определенных зон влияния [97]. Она не только визуализирует влияние различных изменений на объемы продаж в уже существующих магазинах, но и определяет новые места для торговли. Модель не требует проведения сложной процедуры калибровки, в чем заключается ее очередное преимущество. Кроме того, она может применяться даже при отсутствии данных о предпочтениях потребителей относительно какого-либо конкретного магазина.

Два магазина одинаково привлекательны для потребителя, если они располагаются на одном и том же расстоянии от него. Модель легко применима в густонаселенных районах ввиду отсутствия географических барьеров как таковых в дополнение к относительно однородным демографическим и психографическим факторам. При построении мультипликативно взвешенной диаграммы Вороного предполагается, что клиенты выбирают магазин, рассматривая компромисс между непосредственной близостью магазина и его привлекательностью для них.

Полигоны Вороного определяют области влияния розничных торговых точек так, как это показано на Рисунке 12 [88].

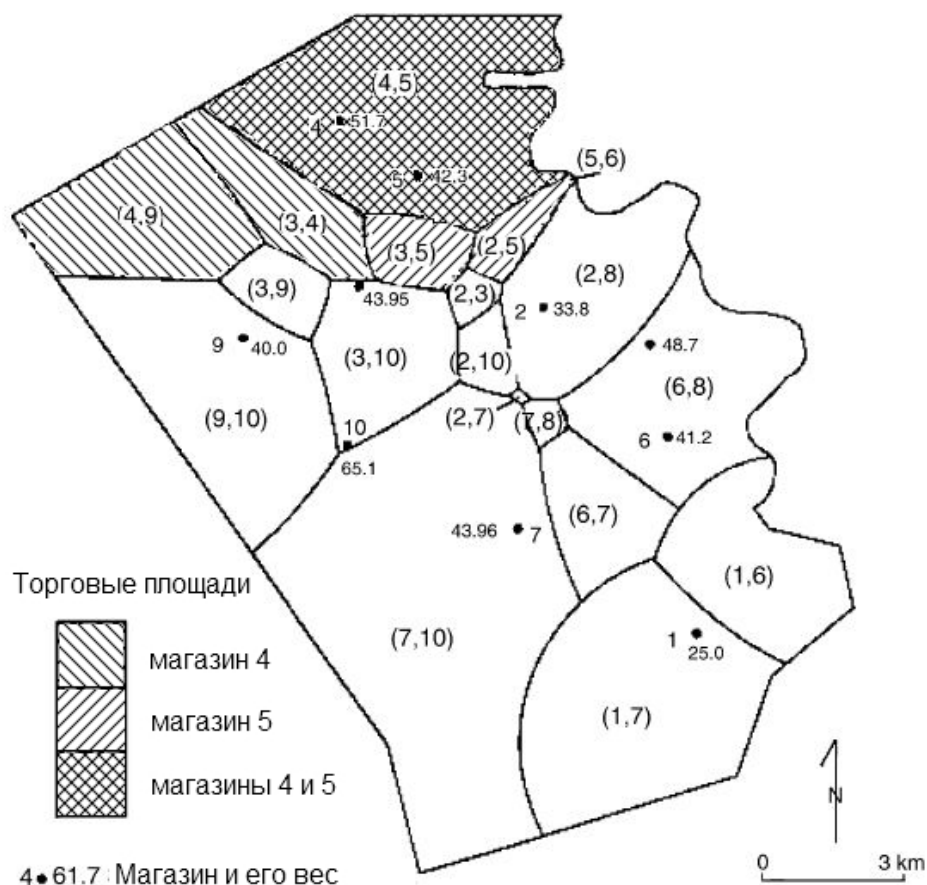


Рисунок 12 – Мультипликативно взвешенная диаграмма Вороного для сети супермаркетов

Учитывая конкретную область для розничной торговли, можно построить прогнозы продаж (при изучении распределения населения на данном участке), а также рассчитать сумму среднего чека в каждом магазине [116].

К. Окунуки и А. Окабе применяют диаграммы Вороного, учитывая для области торговли транспортную доступность и конкуренцию близлежащих магазинов [117]. Другим примером перспективных пространственных методов является поиск центра тяжести в разбиении Вороного. В модели К. Ду, В. Фабер и М. Гинзбургера каждая из ячеек диаграммы Вороного имеет свой т.н. центр массы. Модель позволяет генерировать места для новых магазинов [92].



Розничные торговцы всегда придавали месторасположению магазина первостепенное значение. Однако, несмотря на то, что формальные методы анализа расположения доступны уже более 50 лет, основная масса ритейлеров не использует их, по-прежнему опираясь на собственные интуицию и опыт.

Однако изменение розничной среды и концентрации на рынке, увеличение числа требовательных клиентов, а также тенденция к развитию разветвленных сетей торговых точек все же обуславливают интерес к различным математическим методам. По этим причинам существуют научные работы, которые главной своей целью ставят разработку ГИС-систем для принятия решений в области розничной торговли. Вариации же модели смогут оценивать возможности для внедрения новых услуг (прием заказов по телефону и Интернету, доставка на дом и др.), ассортимент и оформление в торговой точке [110].

Задачи, решаемые с использованием такого методического приема, как взвешенные диаграммы Вороного, могут быть как теоретическими, так и практическими. Совершенствование административного деления также является одной из важных сфер применения этого инструмента пространственной эконометрики [63, 77, 115, 116]. Его использование представляет определенный интерес для проектирования населенных пунктов и микрорайонов, генеральных планов поселений, а также схем территориального планирования. Нет сомнения, что круг экономических приложений диаграмм Вороного будет расширяться, находя новые сферы их применения.

Для нас же основной интерес составляет практическое значение сопоставления зон обслуживания тех или иных объектов социальной инфраструктуры с муниципальными границами определенной территории. С помощью взвешенных диаграмм Вороного можно осуществлять корректировку статистики обеспеченности населения школами, торговыми площадями, медицинскими учреждениями, а, следовательно, и разрабатывать стратегию развития социальной сферы [96].

Рассмотрим одну из задач, взятую из российской управленческой практики. Ситуация, сложившаяся с фактической обеспеченностью медицинскими учреждениями в Каменском районе Алтайского края, описывается взвешенной диаграммой Вороного (см. Рисунок 13). Медицинская сфера районного центра в ней не отражена, поскольку она относится к другой административно-территориальной единице.

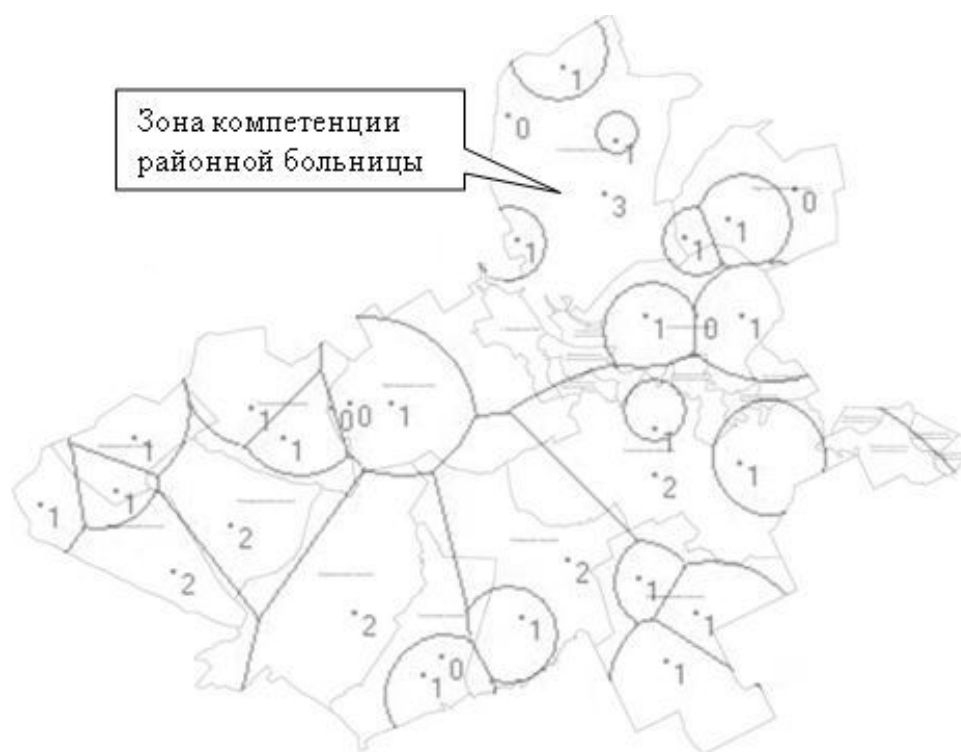


Рисунок 13 – Распределение медицинских учреждений по населенным пунктам Каменского района Алтайского края

В качестве весов для построения данной диаграммы были использованы значения, присвоенные медицинскими учреждениями в связи с объемами оказываемых населению района услуг. Единственной в районе участковой больнице, расположенной в селе Столбово, было присвоено самое большое весовое значение – 3, врачебным амбулаториям, которые могут предоставлять меньший спектр услуг, расположенным в пяти селах района, было присвоено весовое значение 2, а фельдшерско-акушерским пунктам (ФАПам) – значение 1.

Населенные пункты, где нет ни одного медицинского учреждения, на диаграмме представлены нулевыми значениями.

Проблема приписывания балльных оценок разным типам учреждений здравоохранения, равно как и учреждениям систем образования, культуры и спорта, является самостоятельной. Она может быть решена лишь в том случае, если будет накоплен опыт расчетов по диаграммам Вороного. Здесь мы лишь покажем принципиальную возможность использования диаграмм Вороного для решения практических задач территориального управления социальной сферой.

По диаграмме Вороного видно, что некоторые медицинские учреждения охватывают своим действием не только сельсовет, в котором они непосредственно располагаются, но и близлежащие территории. Так, например, ФАП поселка Духовая Аллакского сельсовета охватывает своим действием еще и разъезд Родина. В селе Гонохово располагается врачебная амбулатория, область действия которой распространяется еще на два населенных пункта этого же сельсовета: поселок Мыски и село Обское.

Среди других населенных пунктов Каменского района село Корнилово выделяется как достаточно крупный. На территории села Корнилово располагается врачебная амбулатория. Как видно из диаграммы Вороного, в область действия этого медицинского учреждения полностью попадает Телеутский сельсовет, расположенный рядом. Врачебная амбулатория села Новоярки распространяет свое влияние на два соседних сельсовета Пригородный и Толстовский, а также один населенный пункт Филипповского сельсовета. Единственная в Каменском районе участковая больница располагается в крупном селе Столбово Столбовского сельсовета. В сферу обслуживания этой больницы, согласно диаграмме Вороного, входят Аллакский и Верх-Аллакский сельсоветы.

Эти примеры можно продолжить. Анализ пространственного распределения объектов социальной сферы путем построения диаграмм Вороного дает возможность показать, что жителям населенных пунктов одного сельсовета гораздо ближе, а значит удобней и выгодней, обслуживаться в соседнем сельсовете, чем ехать в другой населенный пункт, который находится дальше, но

в административных границах этого же сельсовета. Это касается не только медицинских учреждений, но и школ, библиотек, а также др. объектов социальной сферы.

Будет получена иная картина распределения компетенций медицинских учреждений района, если система здравоохранения районного центра будет вовлечена в медицинское обслуживание сельских территорий района (см. Рисунок 14).

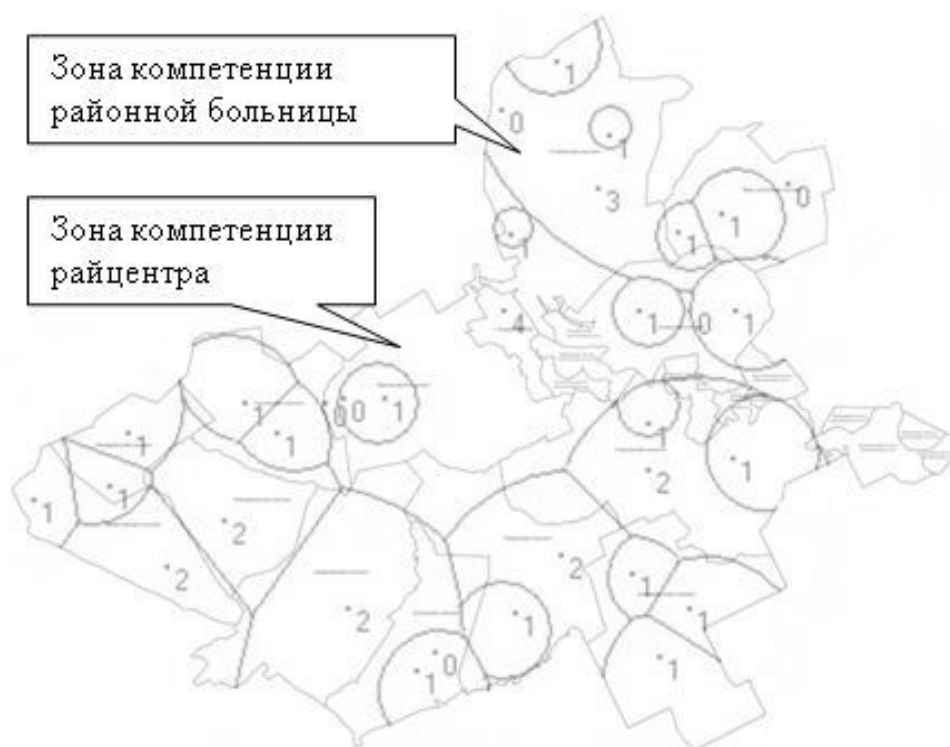


Рисунок 14 – Распределение медицинских учреждений по населенным пунктам Каменского района Алтайского края при объединении систем здравоохранения района и районного центра

Видно, что компетенция медицинских учреждений райцентра охватывает всю центральную часть района (местоположение райцентра показано цифрой 4 – весом ячейки диаграммы Вороного). В результате районная больница обслуживала бы не все сельские поселения, а только поселения 2-3 сельсоветов в

северо-восточной части района. Изменились бы и зоны обслуживания других медицинских учреждений.

На этом примере можно пояснить, что имеется в виду под оптимальными весами медицинских учреждений разного типа. Если после представления данной диаграммы местным специалистам-медикам будет решено, что зона обслуживания районной больницы должна быть увеличена по некоторым качественным соображениям, то естественно рассчитать веса, которые приводят к территориальному распределению компетенций, указанному экспертами. То же самое можно сказать и о весах других категорий медицинских учреждений. К этим вопросам мы обратимся в следующем параграфе при рассмотрении процедуры сопоставления двух взвешенных диаграмм Вороного.

### **2.3 Пространственная оптимизация объектов социальной инфраструктуры с использованием инструментария взвешенных диаграмм Вороного**

Возможности применения взвешенных диаграмм Вороного для пространственной оптимизации учреждений социальной инфраструктуры будут представлены в диссертационном исследовании на примере сельских медицинских учреждений. Как уже было показано выше, действующая методика размещения лечебно-профилактических учреждений исходит из иерархического построения системы здравоохранения и соответствия некоторой неизменной структуре административного управления. Однако она должна учитывать множество факторов, основными из которых являются: система расселения в населенных пунктах, их появление или ликвидация, изменение соотношений в их численности и др.

В настоящее время определение потребности в учреждениях социальной сферы не учитывает сложившуюся пространственную систему расселения. Средства для всех секторов социальной сферы (здравоохранение, образование, культура, спорт и др.) выделяются только с учетом численности населения независимо от того, распределено это население по нескольким населенным

пунктам или по нескольким десяткам населенных пунктов. Этот факт, как уже было показано в [46], особенно стал мешать развитию социальной сферы после внедрения принципа подушевого финансирования.

Его суть заключается в переходе от покрытия затрат учреждения к вознаграждению за результаты его деятельности. В этом состоит основное отличие такой системы от сметного финансирования, когда организациям выделяются конкретные суммы денежных средств на покрытие каждой статьи расхода, а численность персонала необоснованно растет.

Механизм подушевого финансирования по замыслу должен обеспечивать рост оплаты труда работников социальной сферы, оптимизацию их нагрузок, а также положительно влиять на социальную ситуацию, давая больше возможностей для принятия самостоятельных решений в вопросах хозяйственной деятельности в общем и финансового планирования в частности.

Конкурентная борьба между учреждениями, которая, как известно, ведет к росту качества предоставляемых услуг, проявляется сильнее. Сети таких учреждений на региональном и местном уровнях становятся более развитыми. Финансовая деятельность – более открытой, а бюджетная обеспеченность различных территорий – выравнивается. Развиваются механизмы внебюджетного финансирования, связи с общественностью, появляются институты общественного участия в управлении социальным обслуживанием населения. Услуги низкого качества выбраковываются, растет мобильность и автономия заведений, налаживаются горизонтальные связи и сетевое взаимодействие.

Однако на деле существуют и минусы, в особенности это касается сельских учреждений. В образовательной сфере нормативное количество классов, согласно существующей методике, принимается из расчета их наполняемости в городских школах, которая составляет 25 человек. Для сельских образовательных учреждений в формулу расчета норматива значение этого показателя берется по факту (но не больше 14 человек). Следовательно, это автоматически увеличивает объем неэффективных расходов на управление кадровыми ресурсами [19]. Внутри учительских коллективов намечается рост финансового расслоения, что приводит

к снижению численности преподавателей и урезанию зарплат по некоторым категориям. Руководство школ вынуждено объединять классы (хотя численность обучающихся в 25 человек в классе – это не просто нормативная, а предельная величина), что снижает не только качество образования, но и создает недопустимые условия для обучения детей, нарушая СанПиН [68].

Неявное введение административных границ в концепции подушевого финансирования тем сильнее, чем меньше границы сельских поселений и муниципальных районов [46]. Этот фактор в меньшей степени действует в Новосибирской области, где 30 районов и в большей степени – в Алтайском крае, где районов вдвое больше. Поэтому, не случайно, что именно Алтайский край первым среди восточных субъектов РФ ввел финансирование по образовательным округам, которых всего 7 вместо 60 районов. Меньше границ – больше возможностей компенсировать дефекты системы подушевого финансирования.

В концепции подушевого финансирования совершенно не учитывается пространственный фактор. В нормативах нет оценки фактора расстояний до ближайшей школы с низким коэффициентом заполняемости, нет сопоставления затрат на школьные автобусы и на содержание малокомплектных школ. Школы финансируются по подушевому принципу, исходя из того, что каждая из них существует сама по себе, но если какая-то из них оказывается неконкурентоспособной, рядом оказывается та школа, в которую могут быть переведены учащиеся.

В медицине подушевой норматив рассчитывается из числа застрахованных на обязательной основе граждан. Одновременно с этим во многих медицинских учреждениях обслуживаются пациенты, не имеющие полисов. Отказать им больница не может, но оплаты за произведенные манипуляции она не получит. Эти расходы должны быть профинансированы из бюджетов муниципалитетов, но по факту это происходит достаточно редко [37]. Кроме того, не все поликлиники могут оказать пациентам полный перечень услуг, поэтому они направляются в другие учреждения. В то же время средства на обслуживание пациента будут

взяты с той больницы, в которой он числится. Поэтому существует вероятность снижения числа клиентов специализированных учреждений [74].

На фоне других возможных вариантов расчета плановых сумм затрат в социальной сфере относительно их реальных значений подушевой метод определения объемов средств, необходимых для финансирования учреждений, смотрится наиболее выигрышно. Но на практике все зависит от качества применяемых нормативных показателей и системы расчета, в которых они используются. В этом случае их простота (укрупненность) никак не гарантируют точности проводимых вычислений [1, 54]. Кроме того, эффективность зачастую оценивается только путем сравнения затраченных средств и полученных результатов, а качественные показатели игнорируются.

Основная идея предлагаемой нами методики состоит в том, чтобы зонирование территории (разделение ее) по основным учреждениям социальной сферы максимально совпадало с зонированием по расселению, если учреждения ориентированы на все население и с зонированием по тем социальным группам, на которые преимущественно ориентированы другие учреждения. Так, зонирование по школам должно максимально совпадать с зонированием по численности детей школьного возраста, по медицинским учреждениям – с зонированием по социальным группам, наиболее часто посещающим эти учреждения, по спорту – с зонированием по молодежи и т.п.

Из изложенного выше уже следует, что одна зона может быть больше другой. Иными словами, для каждой зоны существует некоторый вес. Для зон по численности населения этот вес определяется естественным образом. Но для определения веса отдельного учреждения социальной сферы необходимо использовать определенные методики.

Зоны по всем критериям определяются как взвешенные диаграммы Вороного. При этом каждая зона по населению включает в себя один населенный пункт, а вес зоны определяется численностью населения в данном населенном пункте. Зоны обслуживания учреждений социальной сферы определяются по тому же принципу. Но в отличие от зон по населению, каждая из них может



содержать несколько населенных пунктов, обслуживаемых соответствующим учреждением.

Зона (ячейки Вороного) обслуживания учреждения социальной сферы может быть как взвешенной, так и не взвешенной. Ячейка не взвешена, если учреждения данного сектора социальной сферы не разбиты на категории.

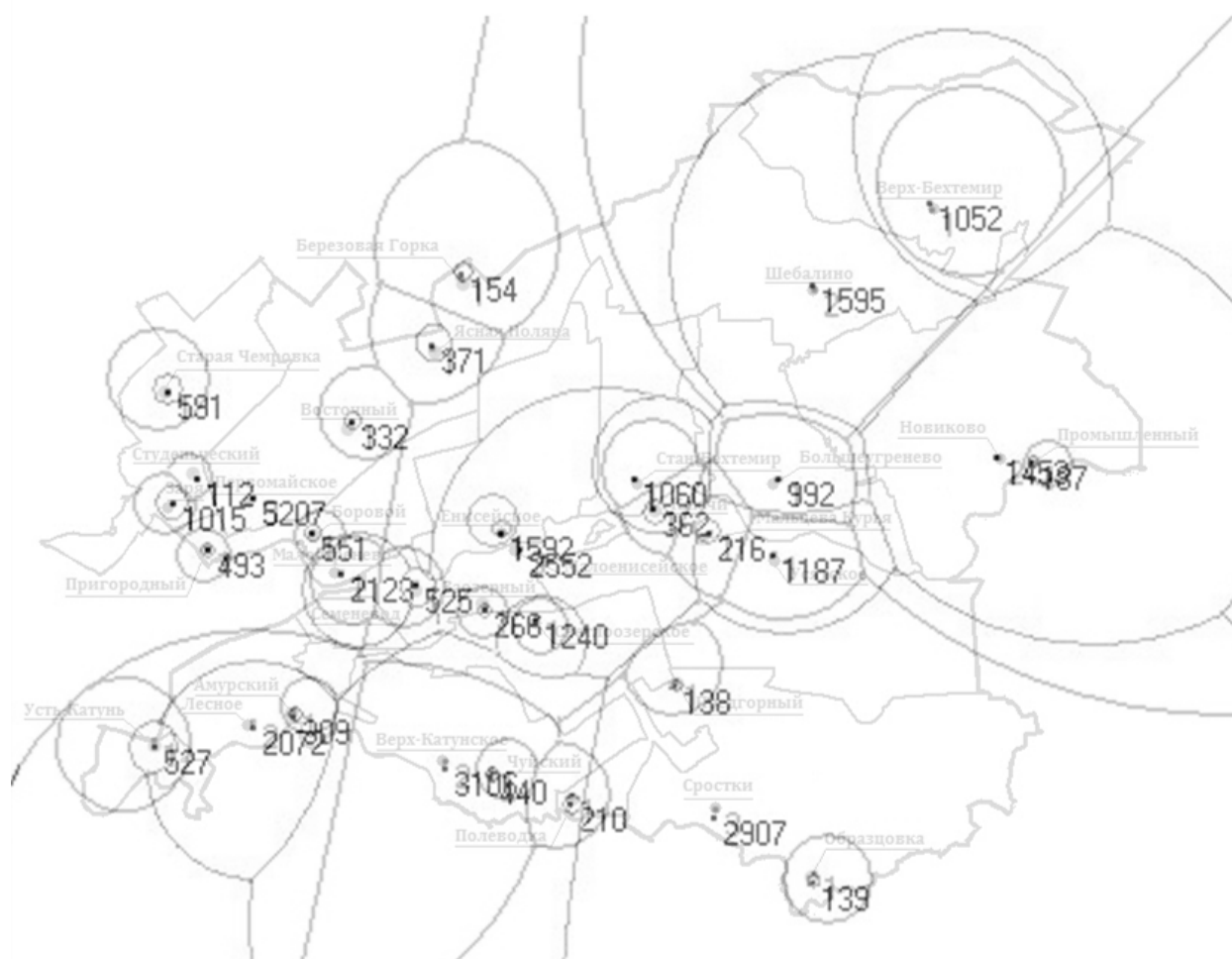


Рисунок 15 – Сопоставление двух взвешенных диаграмм Вороного по Бийскому району Алтайского края (численность населения и обеспеченность медицинскими учреждениями)

На рисунке 15 представлены две взвешенные диаграммы по Бийскому району Алтайского края. Вес ячейки в диаграмме по населению определяется численностью жителей населенного пункта, по медицинским учреждениям – их

мощностью (ФАПам присваивается вес, равный 1, врачебным амбулаториям – 2, участковым больницам – 3). Отметим, что данные числа лишь ориентировочно определяют значимость соответствующей категории учреждения.

Каждый населенный пункт в рассматриваемом районе имеет свой вес на каждой из построенных диаграмм Вороного, будь то численность населения в конкретном муниципальном образовании, или же его обеспеченность медицинскими учреждениями (фельдшерско-акушерскими пунктами, врачебными амбулаториями, участковыми больницами).

Соответственно, конкретная точка имеет по одному полигону Вороного на каждой из двух диаграмм. На следующих рисунках эти полигоны представлены отдельно друг от друга в зависимости от рассматриваемого признака. Сначала в качестве признака рассмотрим численность населения.



Рисунок 16 – Взвешенная диаграмма Вороного по численности населения  
Бийского района Алтайского края

Для того чтобы лучше понять представленные рисунки, обратим внимание на верхний правый квадрат обеих диаграмм, где представлены ячейки, соответствующие рассматриваемым показателям в следующих населенных пунктах Бийского района Алтайского края: села Верх-Бехтемир, Шабалино, Новиково и поселок Промышленный.

В селах Шебалино и Новиково численность населения примерно одинакова. Следовательно, зоны влияния этих населенных пунктов на первой диаграмме Вороного (по численности населения) будут почти равны, они лишь очерчены границей самого Бийского района. Ячейка диаграммы, соответствующая численности населения села Верх-Бехтемир, несколько меньше. Меньше всего человек проживает в поселке Промышленном. Поэтому его зона влияния на диаграмме Вороного выглядит кругом малого радиуса на фоне ячейки, соответствующей численности населения в селе Новиково.

На следующей диаграмме (см. Рисунок 17) полигоны характеризуют обеспеченность населенных пунктов медицинскими учреждениями.

В этом случае с полигонами складывается ситуация, похожая на ту, что была рассмотрена нами выше. Четыре населенных пункта имеют зоны влияния, соответствующие медицинским учреждениям, находящимся в них. Так, в селах Новиково и Шебалино расположено по одной врачебной амбулатории (соответствуют весу, равному 2). Следовательно, ячейки диаграммы Вороного примерно равны между собой. В селе Верх-Бехтемир функционирует только фельдшерско-акушерский пункт (соответствует весу, равному 1). Этот населенный пункт представлен кругом меньшего радиуса, чем зона влияния Шебалино на диаграмме по медицинским учреждениям, а также чем зона влияния самого Верх-Бехтемира, но уже на диаграмме по численности населения. Обратная ситуация складывается относительно ячейки Промышленного на фоне большей зоны влияния села Новиково. На диаграмме по обеспеченности района медицинскими учреждениями зона его влияния больше, чем на диаграмме по численности населения.

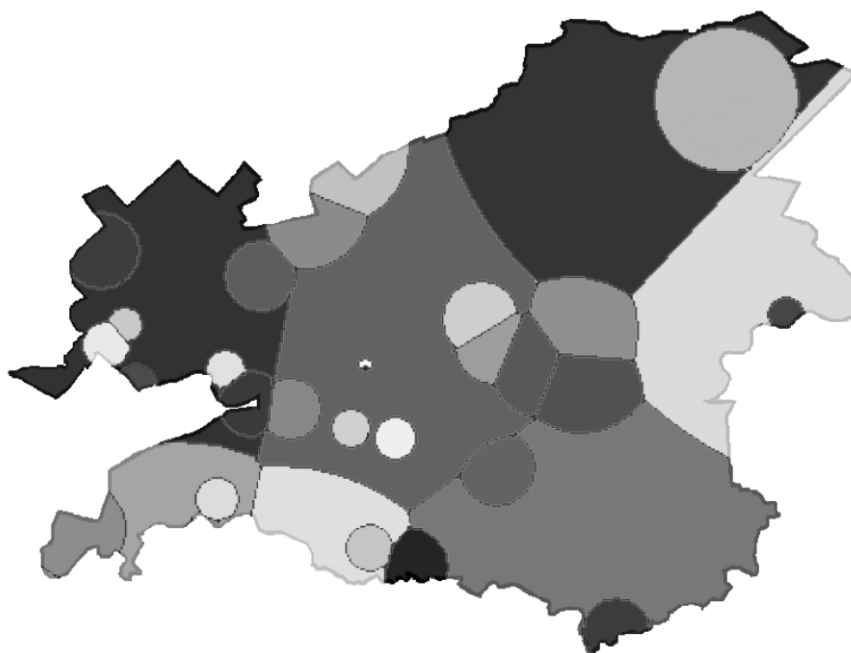


Рисунок 17 – Взвешенная диаграмма Вороного по обеспеченности медицинскими учреждениями Бийского района Алтайского края

Далее необходимо совместить две диаграммы так, чтобы они как можно меньше отличались друг от друга. Или оперируя уже использованными выше терминами, совместить полигоны одних и тех же точек на двух различных взвешенных диаграммах Вороного так, чтобы отклонения между ними были минимальными. Для этого корректируются стартовые веса точек на взвешенной диаграмме Вороного. Изменения весов говорят о том, что значение каждой из категорий учреждений социальной сферы (в нашем случае – медицинских) было переоценено или недооценено. Вариант решения такой задачи представлен ниже.

Веса категорий учреждений социальной сферы уточняются следующим образом. Рассчитывается расхождение между двумя взвешенными диаграммами Вороного: между диаграммой по населению (или по обслуживаемой части населения) и диаграммой соответствующих учреждений социальной сферы.

Для упрощения задачи рассматриваются не сами веса, а их отношения (вес амбулатории/вес ФАПа, вес больницы/вес амбулатории), тем самым число

переменных снижается с трех до двух. При фиксированных начальных весах отношения становятся равными 2 и 3/2. От точки с этими координатами в декартовой системе в четырех направлениях откладывается по шагу (отрезку малой длины).

На рисунке 18 представлен получившийся квадрат со сторонами, равными удвоенному шагу. После принятия в качестве весов значений в вершинах квадрата дополнительно к уже имеющейся диаграмме Воронова по медицинским учреждениям строим еще четыре, и они сравниваются с неизменной диаграммой по населению (путем сопоставления в MATLAB).

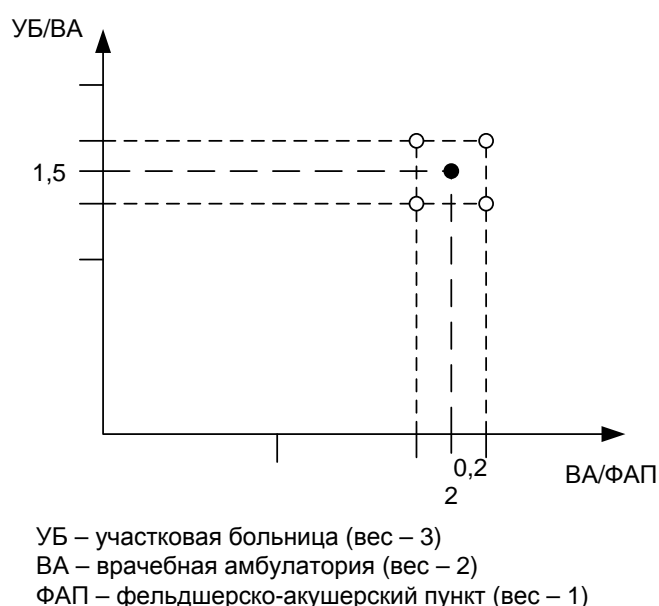


Рисунок 18 – Поиск оптимального соотношения весов медицинских учреждений в диаграмме Вороного

Алгоритм решения сводится к тому, что если минимум отклонений двух диаграмм достигается при соотношении весов, находящихся на графике в центре квадрата, то тогда начальные веса и являются наилучшими. Если же минимум достигается в одной из вершин квадрата, она выбирается как центр нового

квадрата. В этом случае проводятся все вышеописанные действия до тех пор, пока решение задачи не сведется к первому случаю.

Очевидно, что в силу произвольности выбора шага, итоговое решение нельзя считать абсолютно верным. С другой стороны, шаг может быть уменьшен с каждой итерацией, что позволяет найти весьма точное решение (для локального максимума, который в общем случае не всегда совпадает с глобальным). В результате проведенных расчетов было получено, что две диаграммы сближаются при снижении веса ФАПов с 1 до 0,3.

Это означает, что значение ФАПов переоценено и их количество должно быть снижено в пользу более крупных медицинских учреждений. На основании полученных результатов можно определить, насколько остра необходимость в определенных учреждениях социальной сферы с учетом расположения населенных пунктов, а также численности населения в них.

Как уже говорилось в первой главе диссертационного исследования, для принятия взвешенного управленческого решения при оптимизации сети учреждений социальной сферы, недостаточно учесть какой-то один критерий или фактор. Поэтому вкупе с геометрическими методами в диссертационном исследовании используются методы многокритериальной оптимизации, о которой будет сказано далее.

## **2.4 Многокритериальная оптимизация в пространственном размещении объектов социальной инфраструктуры**

Целевое программирование было впервые представлено А. Чарнесом и соавторами в 1955 году [90]. Общая постановка такой задачи выглядит следующим образом:

$$\min \sum_{i=1}^k P_i(w_i^- d_i^- + w_i^+ d_i^+) \quad (18)$$

$$c^1 x + d_i^- - d_i^+ = t_1 \quad (19)$$

$$\begin{aligned} & \dots \\ & c^k x + d_k^- - d_k^+ = t_k \\ & x \in S \\ & x, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \end{aligned} \tag{20}$$

где:  $S$  – возможная область;  
 $P_i$  – приоритет  $i$ -ой цели;  
 $c^i x$  – функция критерия  $i$ -ой цели;  
 $t_i$  – целевые значения  $k$  целевых критериев;  
 $d_i^-, d_i^+$  – переменные, измеряющие невыполнение или перевыполнение цели;  
 $w_i^-, w_i^+$  – относительные веса, придаваемые невыполненным и перевыполненным целям.

Среди основных областей применения многоцелевого программирования можно выделить различные виды финансового планирования и управления капиталом и различными фондами, анализ рисков и процентной ставки, а также в правительственных и общественных организациях [128].

С. Ли и А. Лерро представили модель целевого программирования в сфере фондового рынка [104]. Дж. Фортсон и Р. Динц представили целевую модель управления банком, где в качестве четырех конкурирующих целей рассматривались прибыль, капитал, отношение кредитов к депозитам, а также ликвидность [95].

Среди многочисленных достижений 1980-х годов находится представление Дж. Спронком интерактивного множественного целевого программирования [127]. Р. Шарда и К. Массер разработали многопериодную модель в качестве альтернативы более традиционным хеджированным подходам [125]. А. Корхонен представила двухэтапный подход для управления активами и пассивами в банке

[102]. В. Бесслер и Г. Бут применили программирование для регулирования процентной ставки в коммерческом банке [87].

Найти решение, в котором значения показателей эффективности были бы наилучшими по выполнению всех критериев одновременно, можно в области компромисса между этими критериями. Решения, в которых значения всех критериев являются наилучшими одновременно, называют наиболее эффективными, компромиссными и субоптимальными, а проблему нахождения оптимальных решений по нескольким критериям – векторной (многокритериальной) оптимизацией [35].

Задача

$$\max\{f_1(x) = z_1\} \quad (21)$$

...

$$\max\{f_k(x) = z_k\} \quad (22)$$

$$x \in S$$

не требует априорной информации о том, как формулируется цель. При этом вычисляется возможный набор эффективных решений, а полученные результаты представляются лицу, их принимающему. Большинство процедур являются интерактивными. Их достаточно полный обзор приведен в работах А. Гардинера и Р. Штойера.

Последний в своей уже ставшей классической работе [80] показал, насколько широк диапазон задач, которые могут быть сформулированы как многокритериальные, и какие характеристики следует использовать в качестве критериев (см. Таблицу 1).



Таблица 1 – Характеристики, используемые в качестве критериев для оптимизации

Вид деятельности для оптимизации	Максимум / минимум	Характеристики, используемые в качестве критериев
Планирование очистки нефти	минимум	затраты
		количество импортируемой сырой нефти
		количество сырья с высоким содержанием серы
		отклонения от заданного состава
		сгорание газов
Планирование производства	максимум	суммарный чистый доход
		минимальный чистый доход за любой период
	минимум	число невыполненных заказов
		запасы готовой продукции
Выбор портфеля ценных бумаг	максимум	доход
		дивиденды
	минимум	отклонения от желаемого уровня разнообразия бумаг
риск		
Транспортировка	максимум	производство по заданной технологии
	минимум	стоимость
		среднее время доставки грузов приоритетным клиентам
		расход топлива

Современное предприятие представлено сложной организацией, в которой различные заинтересованные стороны взаимодействуют друг с другом. Каждая из них может иметь свою собственную интерпретацию максимизации благосостояния с учетом уровня риска, ликвидности, социальной ответственности, охраны окружающей среды, социального обеспечения работников и так далее.

В многокритериальной задаче предполагается наличие нескольких целей, а соответственно, и средств для ее достижения. Основные трудности возникают в первую очередь от того, что ограничения в постановке задачи задают не линейные границы, а преобразуют область решений в поверхность [128]. Несмотря на некоторые сложности, такой подход применяется в самых разных областях. В ранних работах С. Сили описал модель многоцелевого программирования для финансового планирования в банке и показал рост гибкости, который может быть получен путем применения такого подхода [124].

К. Лоуренс и Р. Стьюер использовали подобную модель для бюджетирования капиталовложений, чтобы дать возможность лицу, принимающему решение, получить улучшенные оценки того, как противоречащие друг другу цели могут быть согласованы между собой [103].

В аграрной области исходная цель многокритериального программирования состоит в том, чтобы согласовать платежеспособный спрос с возможностями сектора (вовлеченности в него ресурсов, в том числе, земли). Множественная целевая функция модели минимизирует издержки на удовлетворение спроса, состоящие из двух частей: издержек местного производства и затрат на импорт, дополняющих результаты местного производства.

Используется допущение, что издержки производства определяют, будет ли местный спрос удовлетворяться местным производством или импортом при наличии ограничений на объемы производства в данном регионе. Исходные данные берутся из базы данных GIS, карт и статистической информации, содержащейся в математическом обеспечении GIS. В результате решения задачи получается оптимальное размещение сельскохозяйственных культур по регионам, которое затем наносится на GIS карту с привлечением оценок экспертов.

В отличие от многоцелевого программирования, в котором функция полезности для лица, принимающего решение, является неявной (предполагается, что существует, в противном случае неизвестна) и допустимая область непрерывна или, по крайней мере, содержит большое количество точек, в мультиатрибутивном анализе полезности усилия стремятся к явной функции цены, рассматриваемой на небольшом дискретном числе альтернатив.

Аналитическая иерархия, введенная Т. Саати – это совершенно иной подход для решения и анализа дискретных альтернативных задач с множественными противоречивыми критериями. А. Арбель и Й. Орглер в своей работе описывают применение такой методики к оценке стратегии банковских поглощений [85]. А. Мезиани и Ф. Резвани разработали модель для выбора инструмента финансирования в сфере иностранных инвестиций [111], М. Таримцилар и С.

Кхаксари – для бюджетирования капиталовложений в отрасли здравоохранения [129], В. Оссадник – для распределения синергии в ситуациях слияния [119].

С точки зрения поиска решения различные методы, применимые к задачам с одним критерием, справедливы и для задач многокритериальной оптимизации. Основным различием среди них является то, как именно они переходят от нескольких критериев к одному. Оптимального решения, которое одновременно удовлетворяет всем критерием, как правило, не существует. Но на практике используются некоторые методы, позволяющие максимально приблизиться к реальной ситуации. Далее приведены некоторые из них.

Вектор  $x \in X$  называется Парето оптимальным, если не существует такого вектора  $y \in X$ , что  $f_i(x) \leq f_i(y)$  для любого  $i$ ,  $f_i(x) < f_i(y)$  хотя бы для одного  $i$ .

Весовой метод предлагает присвоить веса каждому критерию. Тем самым задача многокритериальной оптимизации предстает в виде линейной комбинации критериев с соответствующими весами:

$$w_1 f_1(x) + \dots + w_n f_n(x) \rightarrow \min \quad (23)$$

$$x \in X$$

$$w_i > 0 \text{ для любого } i=1, \dots, n$$

Полученная задача может быть решена стандартными методами линейного программирования.

Метод ограничений предлагает оптимизировать только один критерий, а остальные рассматривать в качестве ограничивающих неравенств.

$$f_l(x) \rightarrow \min \quad (24)$$

$$f_i(x) \geq \varepsilon_i, \text{ для любого } i=1, \dots, l-1, l+1, \dots, n$$

$$x \in X$$

где  $\varepsilon_i$  - минимальное допустимое значение  $f_i(x)$

Так как выбранное решение должно по возможности оградить от ошибок, связанных с неточным прогнозированием, и быть достаточно эффективным для широкого круга условий, для его обоснования приводится в действие сложная система математических расчетов. Обычно для решения подобных задач используются метод дискретного программирования, а также метод ветвей и границ. Оптимальное решение должно быть выбрано с учетом его восприимчивости к изменчивости внешних условий, а также с соблюдением критериев робастности, надежности и качества.

Зачастую разработка оптимальных решений наталкивается на ограничения. Они обычно бывают общего характера и включают в себя набор непрерывных и дискретных переменных. Некоторые параметры могут быть выбраны из ограниченного списка, что характеризует их дискретный характер. Касательно объектов социальной инфраструктуры в сельской местности, таким параметрам может быть, например, вместимость учреждений. Вследствие наличия допусков на входные показатели для анализа, отклик функции не может рассматриваться в качестве единственной определяющей величины для принятия решения.

Проведение расчетов по пространственной оптимизации дает пользователям возможность управления процессами моделирования. Наиболее сложным оказывается поиск решения для абсолютно новых задач, относительно которых еще не сложилось конкретного опыта. Тогда при планировании приходится опираться на большое количество данных, относящихся скорее к будущему, чем к уже произошедшим событиям.

Степень сложности проводимого мероприятия определяет суммы вложений в него. Спектр возможных последствий накладывает соответствующие ограничения на выбор решения. Следовательно, все большее значение приобретает совокупность научных методов, позволяющих заранее оценить последствия каждого решения, заранее отбросить недопустимые варианты и рекомендовать те, которые представляются наиболее удачными. С этой целью

разрабатываются т.н. экспертные системы, в основе которых лежит применение методов ситуационного анализа. Об этом, а также о применении такой системы для решения практических задач по пространственной оптимизации учреждений социальной инфраструктуры будет сказано в следующей главе диссертационного исследования.

### **3 Пространственная оптимизация учреждений социальной сферы села с использованием экспертной системы**

#### **3.1 Планирование социальной инфраструктуры села в условиях сокращения численности населения**

С процессом планирования социальной сферы в сельских населенных пунктах связано несколько групп проблем. К первой из них относятся недостатки системы расселения: депопуляция, мелкоселенность и поляризация населенных пунктов. Население России достаточно неравномерно распределено по ее территории. Так, например, в Сибири, площадь которой составляет почти три четверти страны, проживает менее четверти всего населения. Европейская же часть России, напротив, наиболее плотно заселена и урбанизирована.

Кроме того, за последние двадцать лет в России исчезло около двадцати трех тысяч населенных пунктов, из них более 80% – это сельские поселения. Правительство пытается с этим бороться, принимая программы для повышения качества жизни на селе, выделяя для этого денежные средства. Так, в ближайшие годы федеральное правительство планирует направить дополнительные 100 миллиардов рублей на социальную поддержку в сельских поселениях [33]. Но пока кардинально изменить ситуацию не удастся, население продолжает сокращаться. Так, например, по количеству необитаемых сел Новосибирская область занимает 2-е место по СФО – ее опережает только Республика Тыва, где никто не проживает в 46 населенных пунктах. В республиках Алтай и Хакасия таких сел по одному [71].

Согласно данным о численности населения Новосибирской области, с 2002 по 2014 год число жителей муниципальных сельских районов сократилось почти на 100 тыс. человек или около 8 тыс. человек в год. Если не брать в расчет Новосибирский район, единственный из всех муниципальных районов, показывающий положительную динамику по численности населения, то

абсолютное значение этого показателя составит более 118 тыс. человек или чуть менее 10 тыс. человек в год (см. Таблицу 2 Приложения).

На фоне роста численности населения по всей Новосибирской области с момента переписи 2002 года по 1 января 2014 года на 1,45% (38,9 тыс. человек), наиболее существенное снижение численности отмечается в Купинском (22,15 или, 8,3 тыс. человек), Каргатском (22,8 % или 5,0 тыс. человек) и Кыштовском (31,66% или 8,3 тыс. человек) муниципальных районах. Наименьшее – в Мошковском (3,56% или 1,5 тыс. человек) и Коченевском (3,15% или 1,5 тыс. человек) районах.

Отток населения – это естественный процесс, связанный с урбанизацией и формированием крупных городских агломераций. После распада СССР желающих жить и работать в деревне становилось все меньше и меньше. Из села вымывалась наиболее подвижная в социальном плане часть населения – молодые люди.

Сейчас условия жизни в сельской местности оставляют желать лучшего, заставляя нас выделять проблемы инфраструктурного плана на селе в отдельную группу проблем, возникающих при планировании его социальной сферы. Так, в основной части сельского жилищного фонда нет элементарных коммунальных удобств. Водопроводом оборудовано 42%, центральным отоплением – 44%, канализацией – 32%, горячим водоснабжением – 20% всей площади сельских жилых помещений [75].

Не делается никаких подвижек в сторону того, чтобы хоть как-то использовать сельское население в экономической жизни государства. Условий для развития различных типов инфраструктур, производства и оказания услуг не создается, поступательное движение происходит лишь по принципу наименьшего сопротивления. Именно в сельской местности наиболее заметен рост количества объектов социальной инфраструктуры, которые используются не на полную мощность или не используются вообще. За последние 15 лет резко сократилось количество школ, медицинских учреждений, дошкольных образовательных

учреждений. Спортивных объектов нет практически нигде. В результате этого деревни становятся заброшенными, а города – перенаселенными.

Сельские школы занимают 70% от общего числа образовательных учреждений России. На долю малокомплектных школ (где число учеников составляет менее 40 человек) приходится около 45%, а в ряде регионов – вообще более половины. К таким регионам относится и Новосибирская область, где значение этого показателя составляет порядка 87% [2].

Также сложности при планировании социальной сферы возникают из-за особенностей финансирования сетей обслуживания: распыления средств и избыточности сетей учреждений.

Согласно данным, приведенным в [71], в 2013 году сельские поселения Новосибирской области получили из бюджета региона 2,7 млрд. руб. из 27 млрд., выделенных муниципальным бюджетам Новосибирской области, исключая Новосибирск.

Получаемые деньги расходуются на содержание коммунальной инфраструктуры и обеспечение продовольственными товарами. Кроме того, существуют различные виды дотаций, предоставляемые районам областью. Так, за 2012 год на реализацию мероприятий федеральной целевой программы «Социальное развитие села до 2013 года» за счет всех источников финансирования в Новосибирскую область было направлено около 650 млн. рублей (по 179 млн., 242,6 млн., 13 млн. рублей из средств федерального, областных и местных бюджетов соответственно, а также порядка 214 млн. рублей за счет внебюджетных источников) [59].

Субсидии на софинансирование объектов капитального строительства, находящихся в собственности муниципальных образований в рамках вышеупомянутой программы составили 79,4 млн. рублей (больше 25% – в Черепановский (11,2 млн. рублей) и Искитимский (10,7 млн. рублей) районы). То, на каком основании это сделано, определяется особенностями бюджетного процесса. Иные межбюджетные трансферты на реализацию мероприятий по обеспечению жильем граждан Российской Федерации, проживающих в сельской



местности, в том числе молодых семей и молодых специалистов, проживающих и работающих в сельской местности, составили порядка 94,7 млн. рублей (больше всего – в Венгеровский район (6,3 млн. рублей)) [36].

После выделения денежных средств муниципальные образования распределяют их между администрациями населенных пунктов, опираясь на данные о прописанных жителях.

В [71] говорится, «...что этот критерий не всегда объективен. В результате деньги «буксуют и распыляются» – на одного жителя малого поселка бюджет тратит гораздо больше денег, чем на жителя крупного села. Значительная часть бюджетов сельсоветов уходит на содержание местных административных органов – это первое, что бросается в глаза при просмотре отчетов...В год содержание одного такого поселка обходится бюджету области примерно в 400 тыс. рублей».

Ситуация хронической нехватки финансирования образовательных учреждений, которая сложилась в 90-е годы, оказала наибольшее отрицательное влияние именно на сельские малокомплектные школы. Это связано в первую очередь с тем, что эта категория всегда была наиболее затратной. Расходы на содержание и обслуживание зданий школ, оплата коммунальных услуг, заработная плата учителей и работников, траты на покупку средств и материалов для обучения школьников в расчете на одного человека оказались существенно выше, чем этот же показатель для городских школ.

Малокомплектные сельские школы были признаны вызывающими необоснованные траты денежных средств. Вследствие чего они стали первыми в очереди на закрытие. Наметилась определенная тенденция по сокращению их численности. Начиная с 1991 года, только за десять лет число таких учреждений снизилось на две тысячи. Все это происходило на фоне постоянно снижающейся численности сельского населения, что еще больше усугубило ситуацию. Эти тенденции сохраняются до сих пор.

Также при планировании социальной сферы приходится сталкиваться с проблемами управления и организации взаимодействия. К ним относятся отраслевой подход к управлению территориями, ведомственная разобщенность,

административные барьеры, институциональный и управленческий дисбалансы (разграничение полномочий).

В социальной сфере достаточно сложно осуществлять не только прогнозирование, но и оценку уже проведенных изменений ввиду разноплановости самого понятия «социальное положение села», необходимости учета множества различных факторов для наиболее полного отражения ключевых направлений его социального развития [72]. В связи с этим отдельные ученые предлагают разрабатывать и внедрять систему социальных стандартов в сельской местности [60]. Они должны удовлетворять потребности населения в социальном обеспечении, помогать реализовывать потенциал граждан в социально-значимых видах деятельности, обеспечивать сельским жителям возможность получения разовой помощи и поддерживать использование их собственного потенциала.

При всех вышеперечисленных обстоятельствах достаточно острым становится вопрос проектирования такого типа сетей, которые были бы рассчитаны именно на продолжающую свое формирование мелкодисперсную структуру сельского населения. Необходима гибкая политика по перемещению людей из одних поселков в другие, которые имеют больший потенциал к развитию. Нужно разрабатывать стратегии по развитию старых и созданию новых поселков сезонного заселения.

Однако процесс усовершенствования расселения местных жителей должен сопровождаться целенаправленным развитием сетей организаций, предоставляющих социальные услуги населению. В этом случае основным становится вопрос, какой объект социальной инфраструктуры в отдельно взятом населенном пункте целесообразно закрывать или открывать. Необходимо оценить, как предложенные мероприятия скажутся на финансовой стороне вопроса, что повлекут за собой предпринятые действия в плане социализации, обеспеченности рабочими местами и других факторов.

Вследствие этого предлагается использовать нестандартный подход к оптимизации с применением методов ситуационного анализа и экспертных оценок.

### 3.2 Пространственная организация учреждений социальной инфраструктуры с точки зрения перевозки потребителей

Оптимизация размещения учреждений социальной сферы подразумевает решение двух важных задач. Первая относится к их пространственной организации. Вторая предполагает распределение финансовых и человеческих ресурсов между географических единиц. Другими словами, необходимо минимизировать расходы, связанные с содержанием объектов и перевозом потребителей от места жительства к месту получения услуги. Относительно школ подобные задачи представлены в [108]. На примере общеобразовательных школ рассмотрена задача оптимизации размещения учреждений социальной инфраструктуры в сельской местности и в диссертационном исследовании. В дальнейшем она может быть распространена на другие типы учреждений.

Для решения оптимизационной задачи введем множество поселков района  $J = \{1, \dots, r\}$ . Если в поселке  $j \in J$  есть школа, тогда у нее возникают следующие характеристики:

- $v_j$  - вместимость школы;
- $q_j$  - затраты на ее годовое содержание.

Если школы в поселке нет, то возможно, необходимо будет ее поставить. Затраты на строительство школы обозначим через  $p_j$ . В этом случае также возникают затраты на годовое содержание вновь построенной школы и ее вместимость.

Далее введем переменную  $t_j$ , которая равна 1, если в рассматриваемом населенном пункте необходимо оставить старую или построить новую школу, или 0, если нужно закрыть существующую или нет необходимости строить новую школу в поселке  $J = \{1, \dots, r\}$ . То есть:

$$t_j = \begin{cases} 1, & \text{если в } j\text{-ом нас. пункте необх. оставить или построить шк.} \\ 0, & \text{если в } j\text{-ом нас. пункте школа не нужна} \end{cases}$$

Зададим множество поселков с учениками  $I = \{1, \dots, m\}$ . Следовательно,  $n_i$  - количество школьников, проживающих в каждом из поселков  $i \in I$ .

Под  $c_{ij}$  будем подразумевать транспортные затраты на перевозку школьников из поселка  $i \in I$  в поселок  $j \in J$ . Затраты на перевозку складываются из непосредственных затрат на топливо, зарплаты водителя, а также амортизации школьного автобуса. Затраты на топливо находятся путем перемножения расстояний между поселками в обе стороны на расход топлива на один километр и на стоимость одного литра топлива в рублях. Расстояния между поселками находятся следующим образом: расстояние на карте в пикселях с учетом масштаба переводится в километры.

Переменная  $x_{ij}$  будет равна 1, если из поселка  $i \in I$  школьники перевозятся в поселок  $j \in J$  или 0, если перевозка не производится, то есть в поселке  $i \in I$  есть школа. То есть:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если осуществляется перевозка из } i \in I \text{ в } j \in J \\ 0, & \text{если перевозка не производится} \end{cases}$$

В ходе решения задачи будем рассматривать ситуацию, когда из одного поселка можно везти школьников только в один поселок, и в каждом поселке может быть только одна школа. Если же в населенном пункте изначально находится несколько школ, то они принимаются за одну общей (суммарной) вместимости.

Такая постановка оптимизационной задачи по соотношению затрат на содержание школ и на перевозку учащихся, согласно сложившейся в настоящее время ситуации, приводит к необходимости закрытия значительного числа школ, поскольку затраты на перевозку существенно ниже, чем затраты на содержание школ. Для обеспечения баланса в наши расчеты был введен коэффициент  $k$  -

своеобразный индикатор оптимальности размещения объектов социальной инфраструктуры. Он позволяет соотносить «рубль», затраченный на перевозку школьников, и «рубль», затраченный на содержание школы [47].

Каждое его изменение дает новое значение рассматриваемой целевой функции – суммарных затрат на содержание сферы образования. Без введения этого коэффициента постоянно получался бы вырожденный случай крайне малого количества школ в районе. Эта ситуация приводила бы к тому, что школьники из отдаленных районов были бы вынуждены проводить в дороге слишком долгое время, а также способствовать вырождению населенных пунктов района. Именно поэтому оптимальное решение такой задачи должно было находиться таким образом, чтобы изменение не приводило к резким скачкам значения целевой функции.

Коэффициент был рассмотрен в промежутке  $[0,1]$ . Для каждого  $k$  находился оптимум путем перебора всех возможных вариантов значений этого коэффициента с шагом в  $0,1$ . В ходе такого перебора учитывалось, что для постановки и решения задачи возможны две нежелательные ситуации. Они состоят в следующем: резкий скачок числа школ, которые нужно открыть, а также существенный скачок количества закрываемых школ. Именно поэтому было необходимо найти диапазон изменения коэффициента доступности, который бы не приводил к сильным скачкам числа школ в районе. Затем, уже в найденном промежутке, нужно было искать оптимальное решение поставленной задачи.

На графике, представленном ниже, показана зависимость числа закрываемых школ в Краснозерском районе Новосибирской области, где находится 37 школ и действуют 16 маршрутов школьных автобусов (см. Таблицу 3 Приложения) от коэффициента доступности.

Горизонтальной пунктирной линией показано число существующих школ. Вертикальными – получаемый диапазон значений коэффициента доступности.

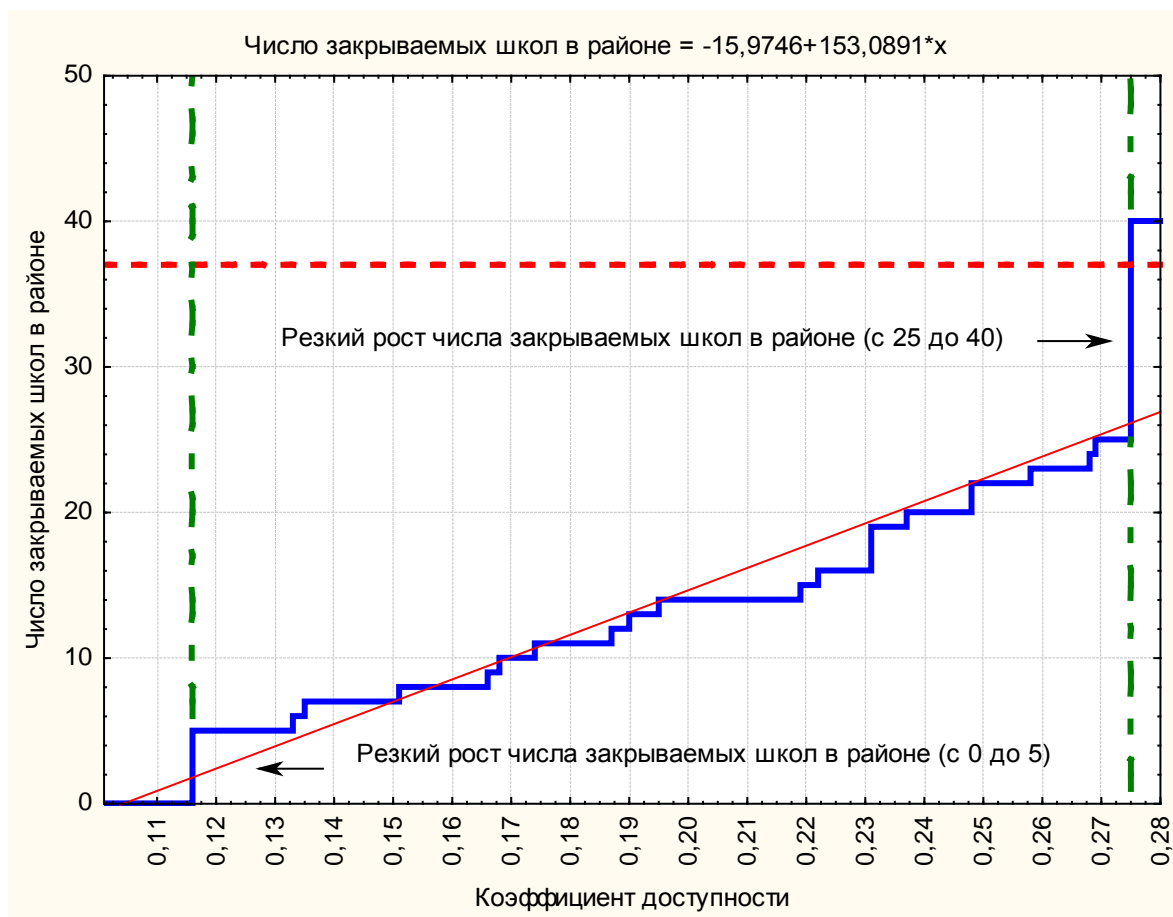


Рисунок 19 – Зависимость числа закрываемых школ в Краснозерском районе от коэффициента доступности

Сейчас в Краснозерском районе семь населенных пунктов, в которых есть школьники, но нет школ. Представленный выше график показывает, что за каждым решением закрыть еще одну школу следует соответствующее изменение коэффициента доступности. Это продолжается до тех пор, пока число закрываемых школ в районе не станет равным 44 – числу, соответствующему наличию школы в каждом поселке, где есть школьники.

Коэффициент доступности, при котором не происходит резкого скачка закрываемых школ, принимает значения в промежутке  $[0,116; 0,275]$ .

Значения коэффициента, меньшие, чем нижняя граница обозначенного промежутка, приводят к увеличению числа закрываемых школ с 0 до 5. Большие же значения повлекут за собой еще более существенный скачок числа

закрываемых школ в Краснозерском районе Новосибирской области (с 25 до 40 учреждений).

На следующем рисунке представлена зависимость общего числа школ в Краснозерском районе от коэффициента доступности.

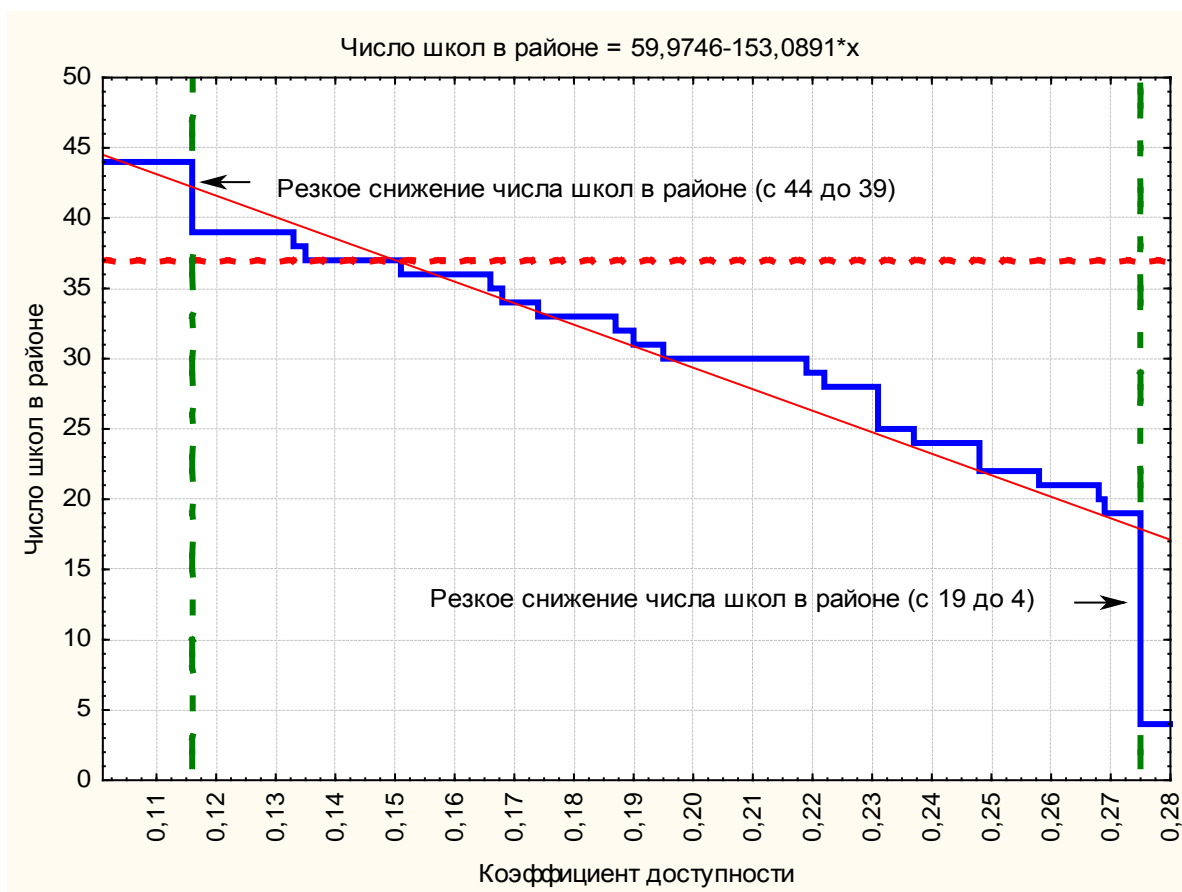


Рисунок 20 – Зависимость общего числа школ в Краснозерском районе от коэффициента доступности

Этот график построен по тому же принципу, что и предыдущий, за исключением только того, что по оси ординат в нем откладывается число всех школ в районе (в том числе и тех семи потенциальных, которых в данный момент времени в Краснозерском районе нет).

Коэффициент доступности, соответствующий сложившейся в районе ситуации, расположен в диапазоне  $[0,135; 0,150]$ . Диапазон коэффициента  $k$ ,

соответствующий открытию новых школ, - [0,116; 0,134], закрытию уже имеющихся – [0,151; 0,275].

На сегодняшний день коэффициент доступности в Краснозерском районе Новосибирской области существует фактически, поскольку по району наблюдается распределение средств, затраченных на перевозку школьников из одних населенных пунктов в другие, а также средств, затраченных на содержание школ в районе [47].

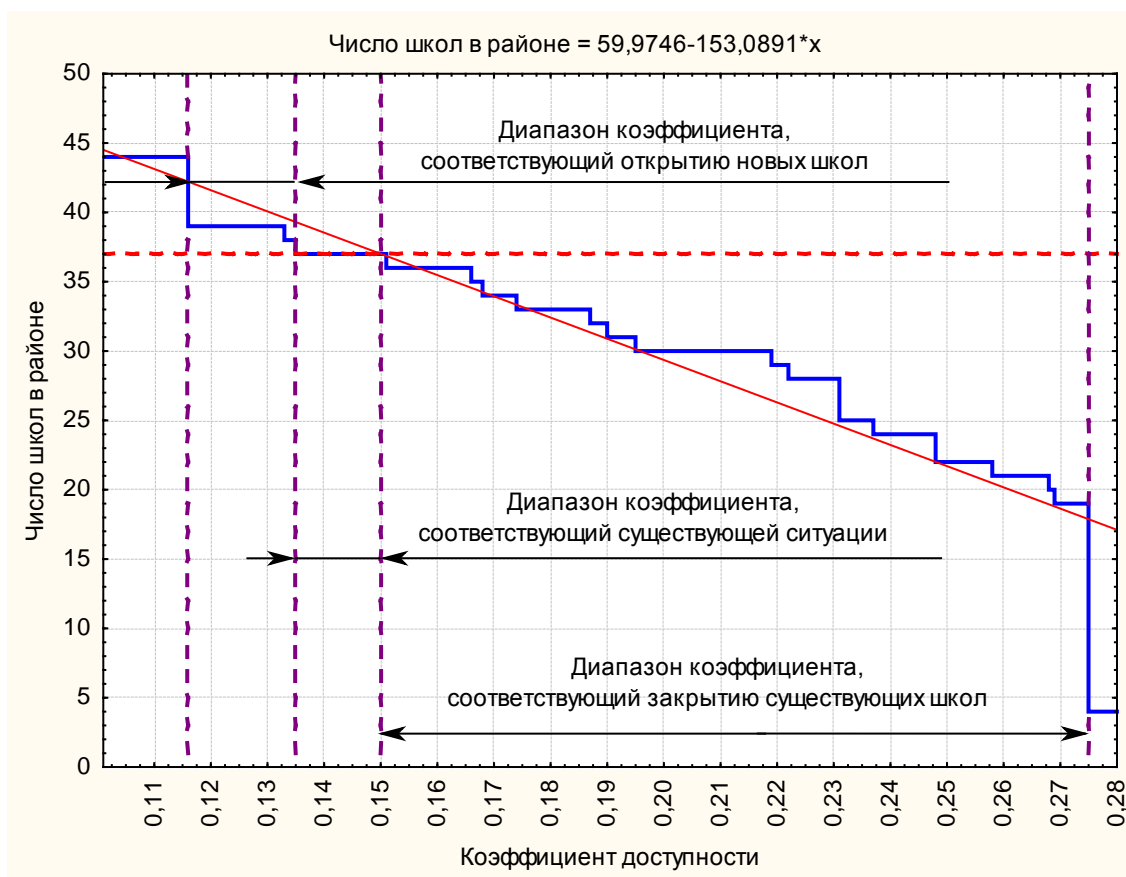


Рисунок 21 – Диапазоны коэффициента доступности, соответствующие существующей ситуации, закрытию имеющихся и открытию новых школ

Построим целевую функцию для этой оптимизационной задачи. Первое слагаемое  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r c_{ij} x_{ij} \left\lceil \frac{n_i}{w} \right\rceil$  – суммарные затраты на перевозку школьников из тех поселков, где они живут, в те, где они учатся. Вследствие того, что затраты



рассчитаны на один автобус, необходимо учитывать, что их может быть несколько. Поэтому возникает величина  $n/w$  – наименьшее целое число, большее или равное числу перевозимых школьников, деленному на вместимость автобуса.

Второе слагаемое  $\sum_{j=1}^r (hp_j + kq_j)t_j$  – сумма приведенных капитальных затрат на строительство новой школы, если требуется, и затрат на содержание школ, умноженных на коэффициент доступности. Коэффициент дисконтирования  $h$  в нашем случае приблизительно равен 0,11.

На имеющуюся целевую функцию необходимо наложить два ограничения, которые состоят в следующем. Школьники поселка  $i \in I$  развезены, если в нем нет школы. Суммарное число всех местных, а также привезенных школьников не превышает вместимость школы.

Следовательно, получим оптимизационную модель:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r c_{ij} x_{ij} \left\lceil \frac{n_i}{w} \right\rceil + \sum_{j=1}^r (hp_j + kq_j)t_j \rightarrow \min_{x_{ij}, t_j} \quad (25)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^r x_{ij} = 1 - t_i, i \in I \quad (26)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} n_j \leq (v_j - n_j)t_j, j \in J \quad (27)$$

где:

$$x_{ij} \in \{0,1\};$$

$$t_j \in \{0,1\};$$

$$n_j \in N;$$

$$v_j \in N;$$

$$k \in [0,116;0,275]$$

Изначально задача рассматривалась нами в иной постановке. Переменная  $t_j$  означала количество школ в поселке  $j \in J$ , а переменная  $x_{ij}$  – число школьников, перевозимых из поселка  $i \in I$  в школу поселка  $j \in J$ , причем  $t_j, x_{ij} \in N$ .

Такая задача является задачей целочисленного линейного программирования. На первый взгляд, наиболее частым методом решения такого типа задачи является метод округления, реализация которого состоит из двух этапов. На первом этапе находят оптимальное решение задачи линейного программирования с действительными переменными. На втором – значения переменных в оптимальном решении, не являющиеся целыми, округляют так, чтобы получить допустимое решение с целочисленными значениями.

Этот метод был испробован. На первом этапе задача решалась методом внутренних точек [20]. Однако практическая реализация метода округления привела к допустимому решению, при котором погрешность округления оказалась велика, и мы вынуждены были отказаться от этого метода.

От изначальной постановки задачи мы перешли к задаче булева программирования, которую и продолжили решать наиболее используемым комбинаторным методом – методом ветвей и границ [14].

Рассматривая различные значения коэффициента доступности, можно получить различные значения числа школ в районе [47]. Применение элементов метода взвешенных сумм с точечным оцениванием весов позволяет рассмотреть оптимальный порядок открытия и закрытия школ района, а также выявить, какое изменение затрат повлечет за собой открытие или закрытие школы в том или ином поселке:

$$\Delta = \frac{ZN - ZV}{ZN} * 100\% \quad (28)$$

где  $ZN$  - затраты на образовательную инфраструктуру района в настоящий момент времени;

ZV - возможные затраты на образовательную инфраструктуру района, которые могут получиться в результате открытия или закрытия школ в районе.

Каждое закрытие школы влечет за собой появление новых маршрутов автобусов. Автобусы, которые возили учеников в закрывшуюся школу, будут теперь возить их в другие школы. Пути перевозки удлинятся, так как изначально автобус везет школьников в ближайшую школу, способную принять определенное количество учеников. Кроме того, появится новый маршрут школьного автобуса из того населенного пункта, в котором закрыли школу.

На следующем рисунке представлено размещение школ в Краснозерском районе Новосибирской области.

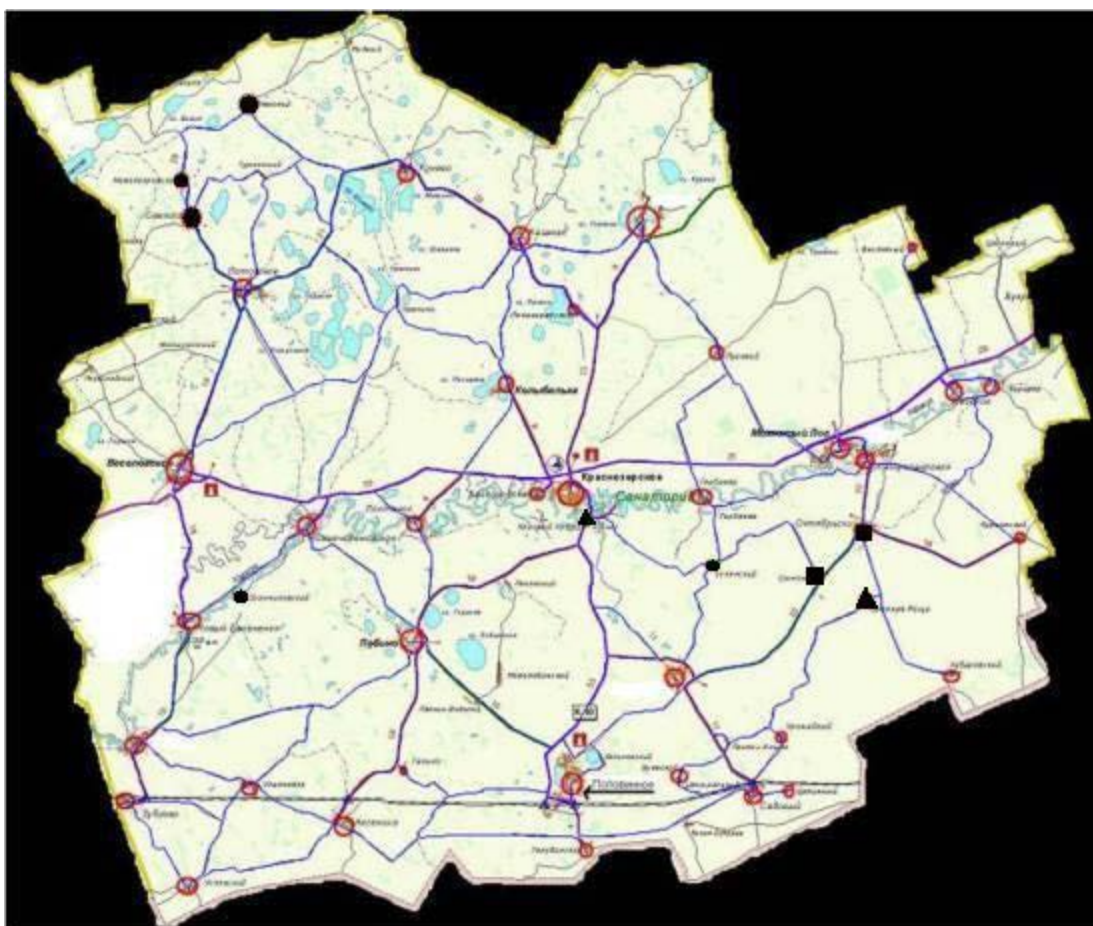


Рисунок 22 – Размещение школ в Краснозерском районе Новосибирской области

Дороги представлены четкими линиями. Закрашенными кругами отмечены поселки, в которых нет школ ни при уже сложившейся ситуации, ни в оптимальном решении задачи (селе Светлом, поселках Рямской, Новопокровский, Осинниковский, Успенский Кайгородского сельсовета).

Квадратами отмечены населенные пункты, в которых сейчас есть школы, но в оптимальном решении они должны быть закрыты (поселки Октябрьский и Степной). Треугольниками – поселки без школ, но в которых они должны быть открыты для оптимального распределения школьников по району (поселки Красный Хутор и Зеленая Роща).

Далее будет поставлена задача оптимизации размещения школ с учетом износа зданий и необходимости инвестиций в новое строительство.

### **3.3 Размещение учреждений социальной инфраструктуры с учетом износа зданий и инвестиций в новое строительство**

Задача по оптимизации расходов, связанных с содержанием объектов социальной инфраструктуры и инвестиций в новое строительство, рассмотрена также на примере общеобразовательных школ. Выделим основные критерии закрытия учебного заведения и составим целевые функции для каждого них. В результате для каждого из критериев получится математическая модель решения однокритериальной задачи оптимизации школьных ресурсов в сельской местности.

Одним из важнейших необходимых для закрытия условий является техническое состояние школы. Так, например, в Краснозерском районе Новосибирской области более 60% сельских школ остро нуждаются в капитальном ремонте или реконструкции. Средний их возраст превышает 30 лет. Более 10% школ были построены в начале 60-х годов. В каждой седьмой не было капитального ремонта с момента ее основания. Практически четверть всех школ находится в плачевном состоянии.

В такой ситуации основными кандидатами на закрытие являются старые, ветхие школы, следовательно, в качестве критерия можно выделить техническое состояние школы.

Введем переменные  $g_i$ , которая равна 1, если в населенном пункте есть школа или 0, если таковой нет, и  $x_i$ , которая равна 0, если в населенном пункте закрывают школу, или 1, если иначе.

Под  $t_i$  понимается степень износа школы. В этом случае математическая модель принимает вид:

$$f_1 = \sum_{i=1}^n g_i t_i x_i \rightarrow \min \quad (29)$$

где:

$$g_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \_в\_i - \text{ом } \_населенном\_пункте\_есть\_школа \\ 0, & \text{если } \_в\_i - \text{ом } \_населенном\_пункте\_нет\_школы \end{cases}$$

$$x_i = \begin{cases} 0, & \text{если } \_в\_i - \text{ом } \_населенном\_пункте\_закрывают\_школу \\ 1, & \text{если } \_иначе \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = n - 1$$

$$t_i \in [0;100]$$

Учитывая техническое состояние школ, существует несколько оптимальных решений. Закрыть школы предлагается в следующих поселках: Голубинский, Урожайный, Целинный, Хабаровский, Зуевский и Успенский (Зубковского сельсовета). Школы в этих населенных пунктах остро нуждаются в капитальном ремонте. Их состояние оценивается как ветхое. Для нахождения оптимального решения предлагается учитывать год постройки школ в приведенных выше населенных пунктах, то есть закрыть самую старую школу из приведенных выше. Исходя из этого, оптимальным решением является закрытие школы в поселке Голубинском, основанной в 1963 году.

В момент принятия решения о закрытии школы в том или ином населенном пункте, необходимо учитывать тот факт, что в скором времени учениками этой школы станут дети, которым сейчас не более шести лет. Другими словами, в населенном пункте в случае проживания в нем большого количества детей дошкольного возраста школа закрываться не должна.

Математическая модель такой оптимизационной задачи выглядит следующим образом.

Под  $g_i$  и  $x_i$  подразумевается то же, что и в предыдущем случае. Число школьников поселка обозначим через  $d_i$ , дошкольников – через  $c_i$ . Тогда получим, что:

$$f_2 = \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{(d_i + c_i)} x_i \rightarrow \min \quad (30)$$

где:

$$g_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i \text{ – ом населенном пункте есть школа} \\ 0, & \text{если } i \text{ – ом населенном пункте нет школы} \end{cases}$$

$$x_i = \begin{cases} 0, & \text{если } i \text{ – ом населенном пункте закрывают школу} \\ 1, & \text{если иначе} \end{cases}$$

В случае неоднозначности оптимального решения предлагается учитывать отношение детей дошкольного возраста к школьникам в каждом населенном пункте. Таким образом, можно определить развивается населенный пункт или в скором времени прекратит свое существование.

Оптимальным решением поставленной задачи является закрытие школы в поселке Успенском Зубковского сельсовета, в котором проживают 5 детей дошкольного возраста.

Выделим еще один критерий. Закрытие школы в населенном пункте означает, что ученикам придется каждый день ездить на школьном автобусе до места получения образования и обратно. Время, проводимое в пути, напрямую

зависит от расстояния между этим поселком и тем, в который будут возить учеников. С этой точки зрения, оптимальным является то решение, в котором суммарное расстояние перевозок по району в целом увеличится на минимальное значение.

Для решения оптимизационной задачи введем следующие обозначения:

$V_i$  - количество мест в школе;

$p_{ij}$  - расстояние между  $i$  и  $j$ ;

$S_{ij}$  - количество перевозимых учеников;

$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если после закр. шк. детей будут возить в } i\text{-ый населенный пункт} \\ 0, & \text{если иначе} \end{cases}$

$$\sum_{i=1}^n x_i = n - 1;$$

$$e_i = 1 \forall i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n y_i > 0$$

$M_i = \left( V_i - \sum_{k=1}^n S_{ki} \right)$  - количество свободных мест в школе  $i$ -ого населенного

пункта.

Тогда:

$$f_3 = (e - x)^T p y \rightarrow \min \quad (31)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n y_i M_i \geq \sum_{i=1}^n c_i (e_i - x_i) \quad (32)$$

$$\min_i \{y_i M_i | y_i \neq 0\} \geq \max_j \{(e_j - x_j) c_j - w\} \quad (33)$$

Выполнения первого неравенства (32) гарантирует, что всем ученикам найдется место в новых школах, куда их будут возить на автобусе. Неравенство (33) означает то, что во все населенные пункты будет ездить не более одного автобуса. Оптимальным решением этой оптимизационной задачи является закрытие школы в поселке Целинном. В школе этого населенного пункта обучаются всего 2 ученика. Их можно будет возить на школьном автобусе в поселок Садовый, который располагается от него в трех километрах.

Критерии, рассмотренные нами до этого, являются необходимыми для закрытия учебного заведения в том или ином населенном пункте.

Помимо закрытия, возникают также вопросы и об открытии школ. Одним из критериев для этого является количество детей в возрасте до 18 лет, которые получают возможность учиться в новой школе. Составим математическую модель с учетом предыдущих обозначений. Введем переменную  $x_i$ , которая равна 1, если в населенном пункте строят школу, и 0, если нет.

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (34)$$

$$f = \sum_{i=1}^n (c_i + d_i) \min\{1, g_i + x_i\} \rightarrow \max_x \quad (35)$$

$$f_4 = (-1)f \quad (36)$$

где

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i \text{ - ом населенном пункте строят школу} \\ 0, & \text{если нет} \end{cases}$$

Оптимальным решением поставленной задачи является открытие учебного заведения в поселке Красный Хутор, в котором проживают 61 ребенок школьного и 51 ребенок дошкольного возрастов.



В качестве еще одного критерия выделим длину маршрута школьного автобуса, который будет упразднен в результате открытия школы.

$$S'_{ij} = (e_i - x_i)S_{ij} \quad (37)$$

$$f_5 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \min\{S'_{ij}, 1\} \rightarrow \min_x \quad (38)$$

Составленные оптимизационные задачи по отдельности не в состоянии описать действительное положение вещей. Для каждой из них существует свое решение, причем необязательно одно. Кроме того оно может быть оптимальным по одному, но не оптимальным по другому критерию.

Таким образом, появляется необходимость математического описания задачи многокритериальной оптимизации, в которой учитывались бы все критерии. Для этого можно воспользоваться решением, выдвинутым Джоном Нэшем. Он предлагает искать решение задачи:

$$(F_1(x), F_2(x), \dots, F_n(x)) \rightarrow \max_x \quad (39)$$

в виде:

$$\sum_{i=1}^N \ln(F_i(x)) \rightarrow \max_x \quad (40)$$

Для задачи оптимизации учреждений образовательной сферы в случае закрытия школы решение Нэша примет вид:

$$\sum_{i=1}^3 (C - f_i(x, y)) \rightarrow \max_{x, y} \quad (41)$$

при ограничении:

$$\sum_{i=1}^n y_i M_i \geq \sum_{i=1}^n c_i (e_i - x_i) \quad (42)$$

где  $C$  - мажоранта для  $f_i$ . То есть,  $(C - f_i) > 0$ , для любого  $i = \{1,2,3\}$ .

В случае открытия учебного заведения, решение Нэша для задачи многокритериальной оптимизации будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^2 \ln(F_i(x)) \rightarrow \max_x \quad (43)$$

Решить задачу простым перебором не возможно в силу большого количества поселков в районе и школ, в них расположенных. Необходимо сократить количество возможных решений путем введения дополнительных ограничений, как на вектор  $\vec{x}$ , так и на вектор  $\vec{y}$ . Для этого внесем небольшие изменения в саму формулировку оптимизационной задачи. Введем конечное число школьных автобусов. То есть, после закрытия учебного заведения учеников будут возить в школы других населенных пунктов только на двух автобусах. В результате чего появиться новое ограничение:

$$\sum_{i=1}^n c_i (e_i - x_i) \leq 2w \quad (44)$$

Оно означает, что школа не может быть закрыта, если в ней обучается учеников больше, чем вмещает два школьных автобуса (обычно – 44 человека). После введения этого ограничения, количество возможных векторов решений значительно сократится.

Далее, используя пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений – MATLAB, решаем сформулированную задачу многокритериальной оптимизации.

Оптимальным решением по закрытию школы в Краснозерском районе Новосибирской области является закрытие школы в поселке Хабаровском, техническое состояние которой оценивается как ветхое. В результате необходимо будет возить 27 учеников в поселок Октябрьский на расстояние 16 километров.

Решая оптимизационную задачу для открытия учебного заведения в сельском населенном пункте, с проблемой большого числа возможных решений сталкиваться не приходится. В этом случае достаточно рассмотреть все множество решений, и выбрать среди них оптимальное. Решается эта задача также при помощи пакета прикладных программ.

Для рассматриваемого Краснозерского района оптимальным решением является открытие школы в поселке Красный Хутор, в котором проживают 61 ребенок школьного и 51 дошкольного возрастов. В результате этого будет упразднен маршрут протяженностью 8 километров.

Напомним, что при существовании множества критериев и внешних условий, которые проблематично учесть в полном объеме, сформулированные оптимизационные задачи будут иметь различные решения. В каждом конкретном случае эксперты будут удаляться от оптимального решения (при одной постановке оптимизационной задачи) и приближаться к оптимальному решению (при другой ее постановке).

Именно поэтому специальная экспертная система, в основе которой лежат представленные выше оптимизационные задачи, может быть использована в качестве инструмента для аналитиков, работающих в данной сфере. Она позволяет моделировать ситуации, которые могут сложиться после принятия того или иного решения.

### **3.4 Экспертная система для оптимизации размещения учреждений социальной инфраструктуры в сельской местности**

Основная идея ситуационного анализа – группы методов, используемых для выбора наилучшего решения при рассмотрении как теоретических, так и практических вопросов, состоит в том, что универсального подхода к решению всех поставленных задач не существует [26].

При наличии определенного видения уже сложившейся ситуации, а также возможной динамики ее развития этот метод может помочь принять более обоснованное решение. Ситуационный подход обычно представляет собой следующую последовательность действий: выбор применяемых технологий, выделение наиболее важных факторов в рассматриваемой ситуации, оценку результатов, достигаемых при реализации различных вариантов, принятие наилучшего решения.

Для обеспечения наилучшего хода ситуационного анализа, а также для сравнения получаемых с его помощью решений между собой создаются ситуационные комнаты – рабочие места, специально оборудованные для оперативного построения и «проигрывания» сценариев, быстрой оценки проблемной ситуации на основе использования специальных методов обработки информации. Подобрать ее правильно наряду с умением организовывать интеллектуальную активность специалистов – главное в ситуационной комнате [3, 6].

В последние годы работа ситуационных комнат начинает распространяться не только на экстренные ситуации, как, например, аварии тепловых сетей, но и на вопросы, связанные с планированием и прогнозированием, постепенно входя в область оперативного управления. Всплеск интереса к использованию ситуационных центров в муниципальном управлении отмечался еще в начале XXI века [5, 6, 73]. Для системы ситуационного управления Новосибирской областью базовой является работа Горнина Л.В. [15].

Несмотря на то, что за первое десятилетие XXI века был достигнут существенный прогресс в техническом и программном оснащении ситуационных комнат, с постановкой задач дело обстоит несколько хуже. Ситуационные комнаты работают в Ненецком и Ханты-Мансийском округах. Но решаемые с их помощью задачи в большей степени относятся к повышению квалификации кадров, чем к решению практических задач.

Некоторые наработки, полученные в ходе написания диссертационного исследования, позволят наполнить будущую ситуационную комнату Минэкономразвития НСО серией задач, относящихся к социальной сфере. Эта комната сможет работать в тесной связке с Ситуационным центром Минфина области.

Основу ситуационной комнаты составляет экспертная система – модельно-программный комплекс (далее – МПК), созданный на базе MATLAB, который позволяет оперативно отслеживать возможные результаты принимаемых экспертами решений.

Система настроена на районный уровень, поэтому сначала нужно выбрать район, по которому будет проведен ситуационный анализ, а также конкретный населенный пункт (см. Рисунки 23-25).

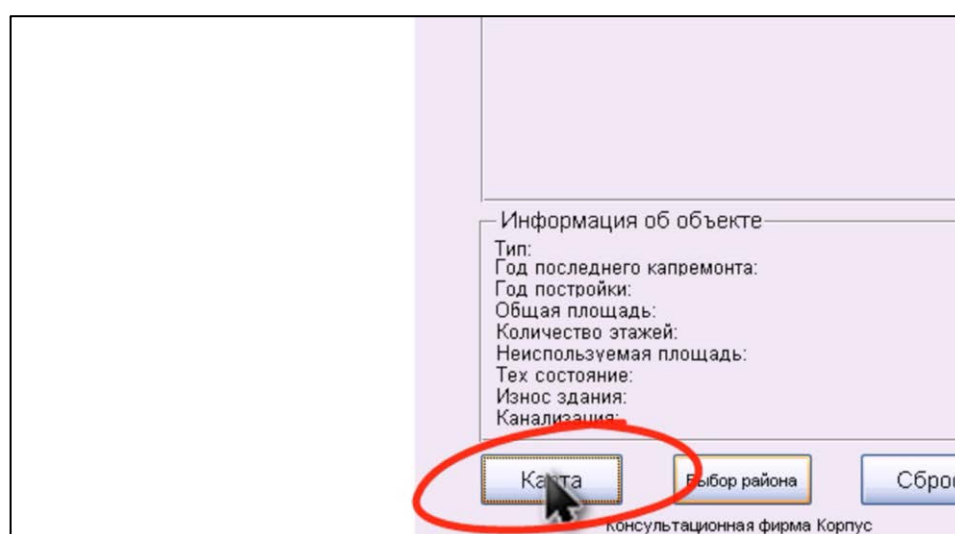


Рисунок 23 – Интерфейс МПК «Социальная сфера села» (карта)

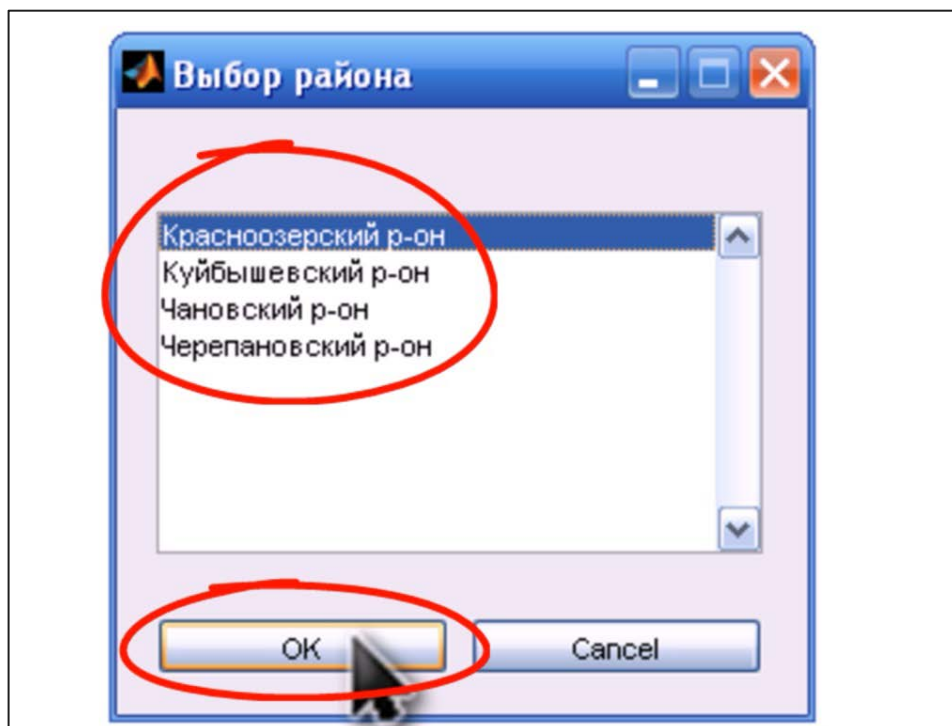


Рисунок 24 – Интерфейс МПК «Социальная сфера села» (выбор района)



Рисунок 25 – Интерфейс МПК «Социальная сфера села»  
(выбор населенного пункта)

После выбора населенного пункта на экране появится информация о численности населения, детей школьного возраста, а также наличии в нем учреждений 6 типов (см. Рисунок 26).

поселок Хабаровский

<u>Население:</u>	133
<u>Школьники:</u>	27

<input checked="" type="checkbox"/>	соц.учр.
<input checked="" type="checkbox"/>	школа
<input type="checkbox"/>	ФАП
<input type="checkbox"/>	дет.сад
<input type="checkbox"/>	клуб
<input type="checkbox"/>	библиотека
<input type="checkbox"/>	спорт

Рисунок 26 – Интерфейс МПК «Социальная сфера села»  
(данные о населенном пункте)

После принятия решения о закрытии учреждения социальной сферы, благодаря модельно-программному комплексу станет понятно, куда и на какое расстояние придется возить получателей услуг и какие финансовые затраты понесет муниципалитет. На карте изображен маршрут, по которому будут подвозиться потребители рассматриваемых социальных услуг в наиболее подходящее по всем параметрам учреждение (см. Рисунок 27).

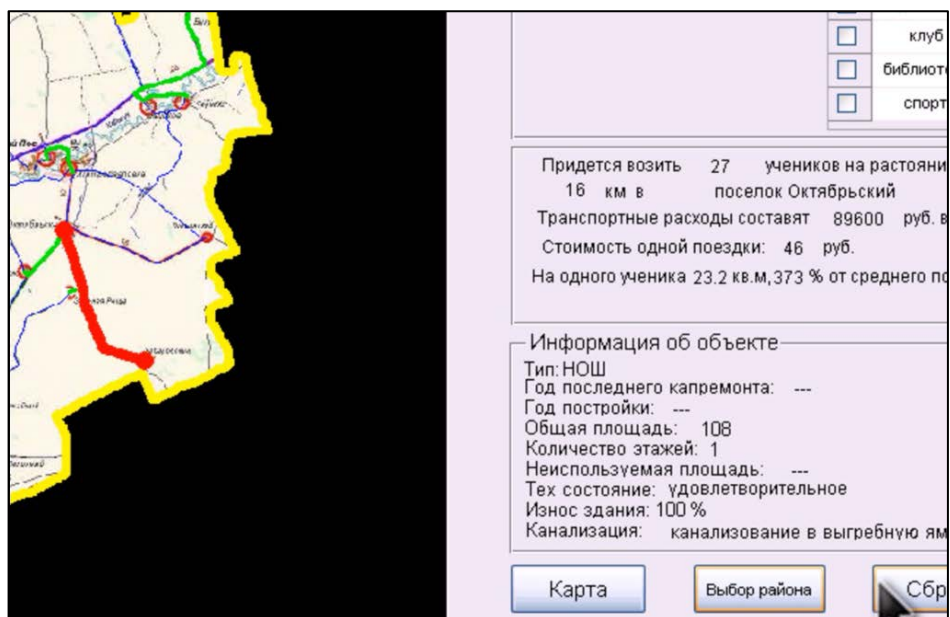


Рисунок 27 – Интерфейс МПК «Социальная сфера села»  
 (последствия принятия решения и появившийся маршрут)

Решение о строительстве объекта социальной инфраструктуры в населенном пункте в модельно-программном комплексе выглядит так, как это показано на рисунке 28.

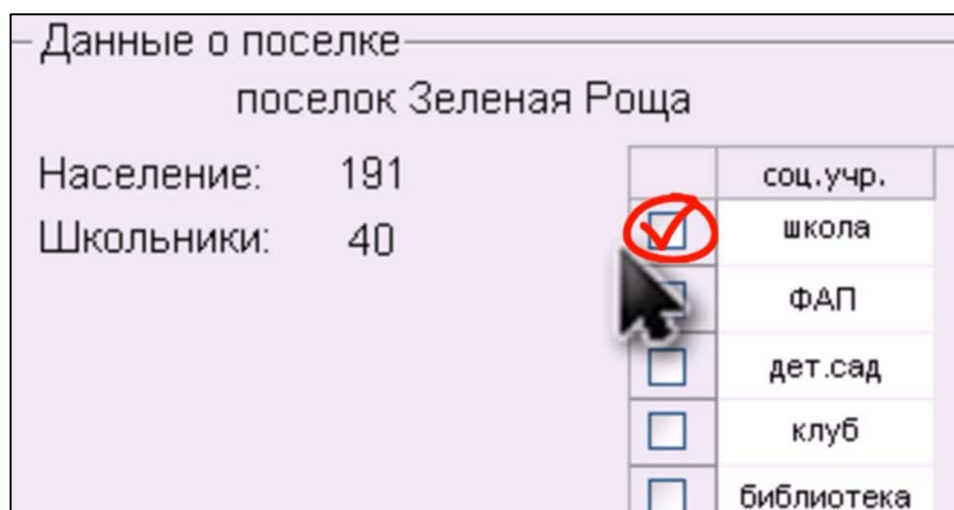


Рисунок 28 – Интерфейс МПК «Социальная сфера села»  
 (принятие решения об открытии)



Какой маршрут подвоза детей будет упразднен и как изменятся показатели по учреждению, в которое раньше возили детей, представлено на рисунке 29.

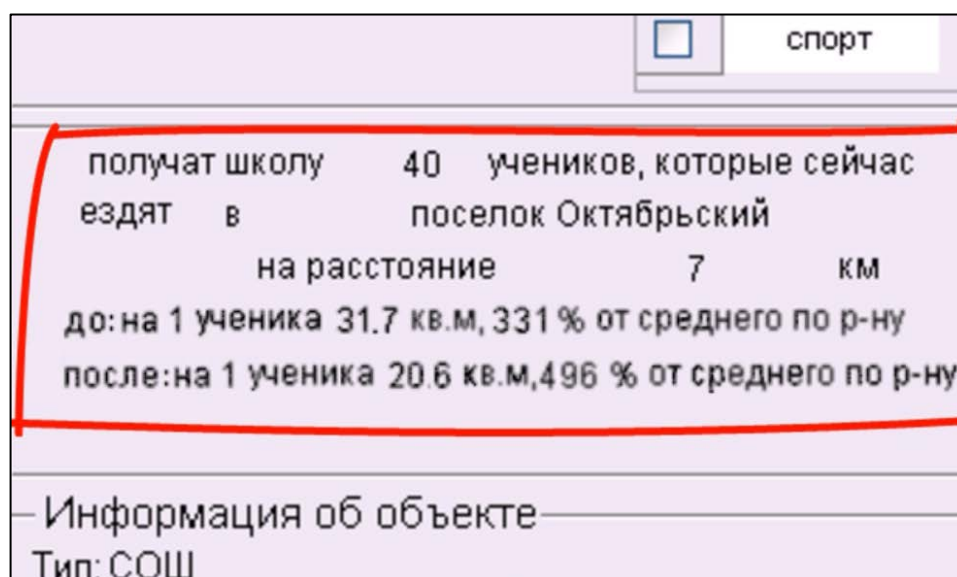


Рисунок 29 – Интерфейс МПК «Социальная сфера села»  
(последствия принятия решения об открытии)

Результат, полученный в ходе исследования, носит сугубо рекомендательный характер. Это означает, что решение задачи позволяет ответить на вопрос, в каком населенном пункте рассматриваемого района целесообразней открывать или закрывать учреждение социальной инфраструктуры, если администрацией было принято соответствующее решение. Однако необходимо также учитывать и другие факторы. Так, например, школа является центром возрождения, сохранения и развития поселка. Также немаловажными факторами могут стать ее заслуги, средний балл выпускников по Единому государственному экзамену, квалификация специалистов, в ней работающих, и другие [47]. Поэтому предлагаемый модельно-программный комплекс является лишь вспомогательным инструментом для работы экспертов. В дальнейшем планируется усовершенствовать разработанную систему дополнительными функциями совмещения и ремонта учреждений социальной инфраструктуры.

## Заключение

Вопросы планирования и финансирования социальной сферы постоянно находятся на пике актуальности. Приведем в качестве подтверждения высказывание президента Российской Федерации В.В. Путина: «Денег не хватает всегда. Их невозможно сконцентрировать все вместе на одном участке... вопрос, как распределять имеющиеся у государства ресурсы, на что выделить, сколько...» [49].

В сельской местности, где возможности финансирования различных объектов со стороны государственной власти гораздо ниже, чем в городах, а местные бюджеты почти всегда дефицитные, уровень инвестиций в социальную инфраструктуру постоянно снижается. Территориальное рассредоточение учреждений доставляет дополнительные трудности в управлении ими, а их пространственное расположение регулируется нормативами, уменьшая возможности для гибкого развития территории.

Поэтому в условиях ограниченности ресурсов совершенствование социальной инфраструктуры требует обоснованности принятия управленческих решений. Это должно осуществляться с сохранением всех положительных характеристик существовавших ранее принципов финансирования и управления социальной сферой, выявлением механизмов ее адаптации к изменившимся социально-экономическим и организационно-правовым условиям.

Совершенствование территориального размещения объектов социальной инфраструктуры играет важную роль в этом процессе, преследуя две основные цели. С экономической точки зрения наиболее важным является четкое и рациональное распределение средств и ресурсов для дальнейшего их использования. С точки зрения социального аспекта, необходимо обеспечить доступность населению всех потребляемых им услуг.

Реализация этих целей подразумевает решение следующих частных задач: определение критерия социально-экономической эффективности

территориальной организации социальной сферы, мощности и форм специализации учреждений, разработка методов для выбора конкретного местоположения того или иного объекта.

Вопросы размещения в нашей стране затрагиваются в основном в рамках научных работ по региональной экономике [см., например, 17, 25, 30, 31, 32, 34, 52], а все изыскания имеют проектный характер, отвечая на вопрос: что и как изменится, когда появится что-либо новое. Целью же диссертационного исследования стало обоснование иного подхода к пространственной оптимизации на основе анализа уже сложившейся ситуации и имеющихся бюджетных ограничений.

Было показано, что исследования предоставления услуг в социальной сфере разделяются в зарубежных научных работах на две большие группы. Одни отображают процесс предоставления услуг на карте, другие моделируют доступность пользования различными услугами. Большинство из них рассматривают вопросы оптимизации размещения медицинских учреждений. Образовательным и другим организациям социальной инфраструктуры уделяется существенно меньше внимания.

Использование в научном исследовании зарубежных достижений, особенно в теоретико-методологической области следует признать достаточно продуктивным приемом. Однако простое заимствование приводит к некритичному восприятию исторического, географического и экономического контекстов. Необходима разработка новых методов исследования пространственного размещения объектов, а также их оптимизации, ориентированных, в частности, на Россию с ее специфическими условиями развития.

Так, в российской практике вопросы планирования размещения учреждений социальной сферы зачастую сводятся лишь к использованию нормативного подхода, который при определенных обстоятельствах может не только не улучшить обеспеченность населения необходимыми услугами, но и привести к сворачиванию социальной сферы на селе. В диссертационном исследовании был

предложен иной подход к оптимизации пространственного размещения ее учреждений.

Отправным моментом решения этой задачи стал выбор критериев оптимальности. Среди них в первую очередь необходимо отметить численность населения. По нему можно ориентироваться в плане нормативов, а также видеть, развивается населенный пункт или в скором времени прекратит свое существование.

Следующим важным критерием оптимизации является износ существующих зданий, в которых находятся ее объекты, когда с его учетом может быть закрыто учреждение социальной сферы.

Суммарные временные или денежные затраты на достижение объектов с учетом их потерь от слабой посещаемости, а в связи с этим и наличие разветвленной сети автомобильных дорог (длина маршрута и суммарное расстояние перевозок по району в целом) также являются немаловажными критериями.

При существовании множества критериев и внешних условий, которые проблематично учесть в полном объеме, сформулированные с их учетом оптимизационные задачи будут иметь различные решения. В ходе работы над диссертационным исследованием автором были найдены возможные допустимые решения задачи оптимизации размещения учреждений социальной сферы в сельском районе.

Выбрать, какое из них лучше, обычному обывателю или экономисту-математику, являющемуся зачастую лишь промежуточным звеном между исходными данными и компьютером, не представляется возможным. Именно поэтому для анализа необходимо привлекать экспертов в этой области. Для повышения эффективности экспертного анализа в сфере принятия решений о социальной инфраструктуре села для выбора наиболее подходящего из них был разработан специальный модельно-программный комплекс.

Он является вспомогательным инструментом для работы экспертов, отвечая на вопрос, в каком населенном пункте рассматриваемого района целесообразней

открывать или закрывать учреждение социальной инфраструктуры, если администрацией было принято соответствующее решение, какие финансовые средства необходимо на это затратить и к каким последствиям это приведет.

Механизм включения экспертов в процесс решения задач такого рода до конца не выстроен. Полностью не ясно, кто может быть приглашен в качестве экспертов, так как в научной среде их не так уж и много. Кроме того, стоит вопрос, как именно должна быть организована их работа. Именно поэтому можно сказать, что поставленные задачи были решены не полностью. Несмотря на это, в ходе работы было показано, что разработанная модель является полностью работоспособной, и с ее помощью можно осуществлять реальное управленческое моделирование для решения практических задач.

Так, некоторые из решений, представленных в диссертационном исследовании, вошли в качестве предложений и рекомендаций в разработанный ООО «Корпус» отчет по научно-методическому сопровождению мероприятий по подготовке долгосрочной целевой программы [16, 55].

Правительством Новосибирской области предполагается продолжить работу по модернизации и пространственной оптимизации сети муниципальных объектов социальной инфраструктуры. Предусмотрено размещение объектов социальной инфраструктуры на территории муниципальных образований с учетом демографических и экономических перспектив их развития, транспортной доступности, возможностей межведомственного использования объектов.

Для улучшения условий оказания государственных и муниципальных услуг планируются меры по приведению объектов социальной инфраструктуры в нормативное состояние (по уровню благоустроенности, безопасности), ликвидации ветхих и аварийных объектов.

В целях повышения эффективности управления развитием социальной инфраструктуры Новосибирской области планируется формирование единой межведомственной информационно-аналитической базы учета объектов социальной инфраструктуры Новосибирской области.

Планируется, что в рамках реализации концепции к концу 2014 года количество муниципальных районов и городских округов, в которых разработана и утверждена программа оптимизации, модернизации и развития муниципальных объектов социальной инфраструктуры составит 34 единицы. Доля муниципальных объектов социальной инфраструктуры с уровнем износа более 70% (из числа обследуемых) снизится с 28 до 22% [57].

## Список использованных источников

1. Абанкина И.В. Экономика школы: модели финансирования, автономия, развитие сети. М.: Сентябрь, 2008. 192 с.
2. Абанкина Т.В. Развитие сети образовательных учреждений: учебно-методический комплект материалов для подготовки тьюторов / Т.В. Абанкина, И.В. Абанкина, О.В. Баландина, С.В. Сигалов. М.: Изд-во Академии повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования, 2007. 128 с.
3. Аджиев В. MineSet - визуальный инструмент аналитика // Открытые системы. 1997. № 3(23). С. 76-77.
4. Алексеев В.А, Борисов К.Н., Шурандина И.С. Медицинская помощь населению Франции // Международное здравоохранение. 2011. Т. 2. URL: [http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1375:2011-09-28-17-10-50&catid=25:the-project](http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1375:2011-09-28-17-10-50&catid=25:the-project) (дата обращения: 21.03.2012).
5. Андропова О. Управление регионом на основе СЦ ГЛО // Компьютер информ. 1998. №5
6. Бекренев В. Ситуационные центры и социально-экономическое моделирование // Управление персоналом. 2000. № 12. С. 61-63.
7. Борисов К.Н., Алексеев В.А., Задворная О.Л. Реформы здравоохранения в Германии: плюсы и минусы // Международное здравоохранение. 2012. Т. 3, вып. 2. URL: [http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1687:2012-01-17-19-48-35&catid=25:the-project](http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1687:2012-01-17-19-48-35&catid=25:the-project) (дата обращения: 21.11.2012).
8. Борисов К.Н., Алексеев В.А., Рожецкая С.В. Государственная система здравоохранения Великобритании // Международное здравоохранение. 2011. Т. 2. URL: [http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1466:2011-10-31-02-26-08&catid=25:the-project](http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1466:2011-10-31-02-26-08&catid=25:the-project) (дата обращения: 21.03.2012).

9. Борисов К.Н., Алексеев В.А., Шурандина И.С. Здоровье для всех – стратегия системы Финляндии // Международное здравоохранение. 2011. Т. 2. URL:

[http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1532:2011-11-27-18-32-13&catid=25:the-project](http://www.rosmedportal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1532:2011-11-27-18-32-13&catid=25:the-project) (дата обращения: 21.03.2012).

10. Взаимосвязь социальной работы и социальной политики / под ред. Ш. Рамон; пер. с англ. Под ред. Б.Ю. Шапиро. М.: Аспект Пресс, 1997. 254 с.

11. Воронов Ю.П., Лопаткина А.Е. Анализ регионального развития Сибири с помощью диаграмм Вороного // Всероссийский научный журнал «Регион: экономика и социология». 2011. № 2. С. 100-114.

12. Гигиенические требования к условиям обучения школьников в различных видах современных общеобразовательных учреждений. Санитарные правила и нормы. САНПИН 2.4.2.576-96 (Утв. постановлением ГОСКОМСАНЭПИДНАДЗОРА РФ ОТ 31.10.96 № 49);

13. Гонтмахер Е.Ш. Российская социальная политика как сфера взаимной ответственности государства, бизнеса и гражданского общества // SPERO. 2004. №1.

14. Гончаров Е.Н. Исследование операций. Примеры и задачи: учеб. пособие / Е.Н. Гончаров А.И. Ерзин, В.В. Залюбовский. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2005. 78 с.

15. Горнин Л.В. Ситуационное управление бюджетом Новосибирской области // Бюджет. 2008. № 12. С. 36-39.

16. Государственная поддержка модернизации и пространственной оптимизации сети муниципальных объектов социальной инфраструктуры на территории Новосибирской области на 2011-2015 годы: концепция долгосрочной целевой программы: утверждена распоряжением Правительства Новосибирской области от 22.07.2011 № 327-рп.

17. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики: Учебник для вузов. М.: ГУ ВШЭ, 2004. 495 с.



18. Дарендорф Р. Современный социальный конфликт. Очерк политики свободы / Пер. с нем. Л. Ю. Лантиной. М.: РОССПЭН, 2002. 288 с.

19. Денисова Ю. Плюсы и минусы «подушевого» финансирования // VIP Новости 33: Владимирский информационный портал. URL: <http://www.vipnovosti33.ru> (дата обращения: 15.06.2014).

20. Дикин И.И. Решение систем равенств и неравенств методом внутренних точек // Кибернетика и системный анализ. 2004. № 4. С. 184-187.

21. Емельянов А.А., Новикова Н.Г., Емельянова Н.З. Управление размещением предприятий сферы услуг на основе моделирования региональных факторов / Моск. междунар. ин-т эконометрики, информатики, финансов и права, Каф. мат. и инструм. методов экономики. М.: МАКС Пресс, 2005. 109 с.: ил., карты.

22. Ермакова Н.А., Калоева Н.А. Типология регионов для целей региональной политики : учеб. пособие / СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2011. 65 с.: ил.

23. Ефремов К.И. Прогнозирование развития социальной сферы в сельском районе: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук: 08.00.05 / Вологод. гос. молочнохоз. акад. им. Н.В. Верещагина. Вологда, 1997. 22 с.

24. Занадворов В.С., Ильина И.П. Теория экономики города / Гос. ун-т. Высш. шк. экономики. М.: Изд. дом ВШЭ, 1999. 175 с.

25. Зубаревич Н. Агломерационный эффект или административный угар? // Российское экспертное обозрение. 2007. № 4-5 (22). С. 11-12.

26. Иваненко Т.Б., Юрский А.Д. Ситуационный анализ. М.: Знание, 2000. 352 с.

27. Иванова С.В. Социальная инфраструктура как фактор развития сельских территорий (на примере Псковской области): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 / Рос. гос. аграр. ун-т МСХА им. К. А. Тимирязева. Москва, 2010. 19 с.

28. Игнатов В.Г., Батулин Л.А. Экономика социальной сферы: учебное пособие / Ростов-на-Дону: МарТ, 2001. 268 с.

29. Искорцева Н.В. Менеджериализация социальных сервисов: основные принципы и проблемы // Журнал исследований социальной политики. 2005. Т. 3. № 4. С. 479-498.

30. Клисторин В.И. Федеративные отношения, региональная политика и проблема деформации экономического пространства России // Регион: экономика и социология. 2013. № 3. С. 79-95.

31. Коломак Е.А. Оценка пространственных экстерналий в России // Современные проблемы пространственного развития: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. памяти и 75-летию со дня рождения акад. А.Г. Гранберга. Июнь 2011 / ИЭОПП СО РАН, Совет по изуч. производит. сил. М.: СОПС, 2012. С. 186-193.

32. Коломак Е.А. Межрегиональное неравенство в России: экономический и социальный аспекты // Пространственная экономика. 2010. № 1. С. 26-35.

33. Комаров П. В соцсферу на селе в ближайшие годы будут вложены 100 млрд. рублей // РИА Новости: Государственное информационно-аналитическое агентство Российской Федерации. URL: <http://ria.ru/economy/20140405/1002642181.html#ixzz31QcEUIKe> (дата обращения: 15.06.2014).

34. Концепции современного естествознания: учебник для вузов / Под ред. проф. В. Н. Лавриненко, проф. В. П. Ратникова. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 317 с.

35. Костевич Л.С. Математическое программирование: Информационные технологии оптимальных решений: учеб. пособие / Мн.: Новое знание, 2003. 424 с.: ил.

36. К проекту закона Новосибирской области «Об областном бюджете Новосибирской области на 2013 год и плановый период 2014 и 2015 годов» // RG.RU: Российская газета. URL: <http://www.rg.ru/2013/10/07/novosibirsk-proekt-byudget-reg-dok.html> (дата обращения: 27.05.2014).

37. Кравченко Д. Подушевое финансирование медицины // NewsMiass.ru: агентство новостей. URL: <http://newsmiass.ru/index.php?news=20642> (дата обращения: 21.04.2014).

38. Крылов П.М., Рунова Т.Г. Экономическая география и регионалистика: учеб. пособие / М.: МГИУ, 2008. 133 с.
39. Кураков В.Л. Социальная сфера: состояние и перспективы развития: монография / М.: Вуз и шк., 2003. 320 с.
40. Курс лекций по социально-экономическому прогнозированию / под ред. А.С. Пузикова. Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т. 2000., эл.
41. Лексин В.Н., Швецов А.Н. Общероссийские реформы и территориальное развитие. Ст. 11. Региональная Россия начала XXI века: новая ситуация и новые подходы к ее исследованию и регулированию // Российский экономический журнал. 2004. С. 3-23.
42. Лексин И.В. Системные основания преобразований территориального устройства государства и оценка аргументов «от экономики» // Российский экономический журнал. 2003. № 4. С. 67.
43. Леш А. Пространственная организация хозяйства: [пер. с нем.] / Август Леш; под ред. [и со вступ. ст., 7-29] А. Г. Гранберга. Рос. акад. наук, Совет по изучению производ. сил. М.: Наука, 2007. 662 с.
44. Липец Ю.Г., Пуляркин В.А., Шлихтер С.Б. География мирового хозяйства: учеб. пособие для студентов / М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. 400 с.: ил.
45. Лопаткина А.Е. Размещение объектов социальной инфраструктуры: зарубежный опыт и возможности для российской практики // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал), Modern Research of Social Problems. 2014. №4(36). URL: [http://journal-s.org/index.php/sisp/article/view/420148/pdf\\_600](http://journal-s.org/index.php/sisp/article/view/420148/pdf_600) (дата обращения: 17.07.2014)
46. Лопаткина А.Е. Сопоставление двух видов затрат в образовательной сфере села // Управление экономическими системами (электронный научный журнал). 2014. №12(72). URL: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=3232](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=3232) (дата обращения: 17.12.2014)

47. Лопаткина А.Е. Структура ущерба от подушевого финансирования в образовании // ЭКО. 2014. № 8. С. 176-182

48. Малева Т.М. Социальные страты и социальная политика в современной России // SPERO. 2003. №1. URL: <http://spero.socpol.ru> (дата обращения: 14.09.2011)

49. Медиафорум независимых региональных и местных СМИ // Президент России, 24 апреля 2014. URL: <http://www.kremlin.ru/news/20858> (дата обращения: 25.05.2014).

50. Методика определения нормативной потребности субъектов Российской Федерации в объектах социальной инфраструктуры: одобр. распоряжением Правительства Рос. Федерации 19 окт. 1999 г. № 1683-р, с изменениями на 23 ноября 2009 года.

51. Минакир Л.А., Демьяненко А.Н. Пространственная экономика: эволюция подходов и методология // Пространственная экономика. Институт экономических исследований ДВО РАН. 2010. № 2. С. 6-32.

52. Минакир П. А. Экономика регионов. Дальний Восток. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2006. 848 с.

53. Миндлин Я.С. Краткая Медицинская Энциклопедия. Изд. 3-е. М.: Советская Энциклопедия, 1989.

54. Образовательное учреждение в условиях введения подушевого финансирования и отраслевой оплаты труда: учебно-методический комплект материалов для подготовки тьюторов / Под. ред. М.М. Мусарского. М.: АПК и ППРО, 2007. 64 с.

55. Об утверждении долгосрочной целевой программы «Содействие муниципальным образованиям Новосибирской области в реализации муниципальных программ по модернизации и пространственной оптимизации сети муниципальных объектов социальной инфраструктуры на территории Новосибирской области на 2013-2015 годы: Постановление Правительства Новосибирской области от 02.07.2012 № 312-п.

56. Об утверждении концепции долгосрочной целевой программы «Государственная поддержка модернизации и пространственной оптимизации сети муниципальных объектов социальной инфраструктуры на территории Новосибирской области на 2011-2015 годы»: распоряжение Правительства Новосибирской области от 22 июля 2011 г. № 327-рп.

57. Об утверждении Плана социально-экономического развития Новосибирской области на 2012 год и на период до 2014 года: постановление Правительства Новосибирской области от 21.12.2011 № 570-п.

58. Овчинников А.П. Реформа административно-территориального устройства государства: цель и средство // Вестник СамГУ. 2006. №8 (48). С. 99-104.

59. Отчет о результатах реализации плана социально-экономического развития Новосибирской области за 2012 год: постановление от 27 июня 2013 года № 117: принято Законодательным Собранием Новосибирской области 27 июня 2013 г. № 117.

60. Очирова А. Социальные стандарты на селе // Комитет поддержки реформ президента России. 17 Апреля, 2010. URL: <http://comreform.ru/projects/socialnye-standarty-na-sele> (дата обращения: 13.04.2014).

61. О федеральной целевой программе «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года»: постановление Правительства РФ от 15 июля 2013 г. № 598.

62. Портер М.Е. Экономическое развитие регионов // Пространственная экономика. 2007. №1. С.109

63. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение. М.: Мир, 1989. 478 с.

64. Прогнозирование и планирование экономики: учебное пособие / В.И. Борисевич, Г.А. Кандаурова, Н.Н. Кандауров [и др.]; Под общ. ред. В.И. Борисевич. Мн.: Интерпрессервис, 2001. 380 с.

65. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 июля 1996 г. № 1063-р (в ред. распоряжений Правительства РФ от 14.07.2001 № 942-р, от 13.07.2007 № 923-р).

66. Римшайте Э., Жалимене Л. Метаморфозы неправительственных организаций - от благотворительной деятельности по оказанию помощи бедным в XVIII веке до становления их участниками рынка социальных услуг в современном обществе // Журнал исследований социальной политики. 2004. Т. 2. № 4. С. 487–508.

67. Романов П.В., Якобсон Л. И. Слабость социальной политики: недоработка начальства или симптом состояния общества? // Журнал новой экономической ассоциации. 2010. № 6. С. 161–163.

68. Санитарно-эпидемиологические правила СанПиН 2.4.2.1178-02 «Гигиенические требования к условиям обучения в общеобразовательных учреждениях»

69. Смирнягин Л.В. Узловые вопросы районирования / Известия РАН, Серия Географическая. 2005. № 1. С. 6.

70. СП 42.13330.2011 Свод правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 (Дата введения 2011-05-20).

71. Староверова Д. Исчез целый город. URL: <http://news.ngs.ru/more/1790871/> (дата обращения: 29.04.2014).

72. Сюсюра Д.А. Программно-целевое управление социальным развитием села: монография. – М.: Издательский дом «Финансы и Кредит», 2007. – 160 с.

73. Терещенко И.С. Региональный ситуационный центр // Информационные процессы и системы. 2000. №10. С. 4-7

74. Турдакина Е. Бесплатная медицина станет доступнее? Свердловская область переходит к новым способам оплаты медицинской помощи. URL: <http://www.justmedia.ru/analitika/society/Besplatnaya-medicina-dlya-sverdlovchan-stanet-dostupnee> (дата обращения: 25.05.2014).

75. Федеральная целевая программа «Социальное развитие села до 2012 года» (в ред. Постановлений Правительства РФ от 05.03.2008 № 143, от 02.06.2008 № 423, от 07.11.2008 № 821, от 31.01.2009 № 83)
76. Федотова В. Г. Социальные инновации как основа процесса модернизации общества // Вопросы философии. 2010. № 10. С. 3–16
77. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и производстве, М.: Мир, 1982. 304 с.
78. Шаяхметов И.Т. Социальная инфраструктура села: сущность, функции, размещение /И.Т. Шаяхметов. Уфа, 1999. 60 с.: а-табл.
79. Шишкин С. В. Экономика социальной сферы. М.: ГУ–ВШЭ, 2004. 264 с.
80. Штойер, Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения: пер. с англ. / Р. Штойер ; Переводчик Е. М. Столярова ; Ред. А. В. Лотов. М.: Радио и связь, 1992. 504 с.
81. Экономическая география и регионалистика: (история, методы, состояние и перспективы размещения производительных сил): учебное пособие для бакалавров / Э. Н. Кузьбожев, И. А. Козьева, М. Г. Клевцова. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2011. 556 с.: ил.
82. Юрьева Т.В. Социальная рыночная экономика. Учебник для вузов. – М.: Русская Деловая Литература, 1999. 416 с.
83. Ярская-Смирнова Е.Р. Модернизация социального обслуживания: ориентация на результат // SPERO. 2011. №14. С. 107-120
84. Applying Voronoi Diagrams to the Redistricting Problem // Team 1034 report. – New York, 2007. – pp. 313-330.
85. Arbel A., Orgler Y.E. An application of the AHP to bank strategic planning: The mergers and acquisitions process // European Journal of Operational Research. 48 (1), 1990. – pp. 27-37.
86. Bereg S. Recent Developments and Open Problems in Voronoi Diagrams. 3rd International Symposium. – ISVD, 2006. – pp. 4-5.

87. Bessler W., Booth G.G. An interest rate risk management model for commercial banks // *European Journal of Operational Research*. 74 (2), 1994. – pp. 243-256.
88. Boots B., South R. Modeling retail trade areas using higher-order, multiplicatively weighted Voronoi diagrams // *Journal of Retailing*. 73(3), 1997. – pp. 519-536.
89. Cervero R. *America's suburban centers: The land use–transportation link*. – Boston: Unwin-Hyman, 1989. – 232 p.
90. Charnes A., Cooper W.W., Ferguson R.O. Optimal estimation of executive compensation by linear programming // *Management Science*. 1 (8), 1955. – pp. 138-151.
91. Dobrin A. A review of properties and variations of Voronoi diagrams. URL: <http://www.whitman.edu/mathematics/SeniorProjectArchive/2005/dobrinat.pdf> (дата обращения: 15.11.2012)
92. Du Q., Faber V., Gunzburger M. Centroidal Voronoi tessellations: applications and algorithms // *Society for Industrial and Applied Mathematics Review*. 41, 1999. – pp. 637-676.
93. Frank R., Ester M., Knobbe A. A Multi-Relational Approach to Spatial Classification // *SIGKDD'09*. – Paris: France. June 28 – July 1, 2009. – pp. 1-9.
94. Frank R., Jin W., Ester M. Efficiently Mining Regional Outliers in Spatial Data // *SSTD*, 2007. – pp. 112-129.
95. Fortson J.C., Dince R.R., An application of goal programming to the management of a country bank // *Journal of Bank Research*. 7 (4), 1977. – pp. 311-319.
96. Fortune S. J. A sweepline algorithm for Voronoi diagrams // *Algorithmica*. 2, 1987. – pp, 153-174.
97. Goncalves A.B., Mendes A.B. Retail trade area delimitation using GIS and weighted Voronoi tessellations. In: *ESIG'2002. Encontro de Utilizadores de Informaca Geografica*, (7th edition), USIG, Lisbon, Portugal, 2002.
98. Goodard M., Smith P. Equity of access to health care services: Theory and evidence from the UK // *Social Science and Medicine*. 53(9), 2001. – pp. 1149-1162.



99. Hakimi S. L. Optimal location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph // *Operations Research*. 12, 1964. – pp. 450-459.
100. Joseph A.E., Bantock P.R. Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: a method and case study // *Social Science and Medicine*. 16, 1982. – pp. 85-90.
101. Kalogirou S., Foley R. Health, Place and Hanly: modelling accessibility to hospitals in Ireland // *Irish Geography*. 39(1), 2006. – pp. 52-68.
102. Korhonen A. Strategic financial management in a multinational financial conglomerate: A multiple goal stochastic programming approach // *European Journal of Operational Research*. 128 (2), 2000. – pp. 418-434.
103. Lawrence K.D., Steuer R.E. A weighted multiple objective approach to capital budgeting // *Proceedings: Fall Industrial Engineering Conference*. 1981. – pp. 275-280.
104. Lee S.M., Lerro A.J., Optimizing the portfolio selection for mutual funds // *Journal of Finance*. 28 (5), 1973. – pp. 1087-1101.
105. Lychkina N.N., Andrianov D.L., Morozova Y.A. Social sphere modeling based on system dynamics methods // *29th International Conference of the System Dynamics Society*. – Washington DC, USA, July 24th-28th, 2011.
106. Luft H.S., Garnick D.W, Mark D.H., Peltzman D.J., Phibbs C.S., Lichtenberg E., and McPhee S.J. Does Quality Influence Choice of Hospital? // *Journal of the American Medical Association*. 1263 (21), 1990. – pp. 2899-2906
107. Luo W., Wang F. Measures of Spatial Accessibility to Healthcare in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in Chicago Region // *Environment and Planning. – B: Planning and Design*. 30 (6), 2003. – pp. 865-884.
108. Malczewski J., Jackson M. Multicriteria spatial allocation of educational resources: an overview // *Socio-Economic Planning Sciences*. 34, 2000. – pp. 219-235.
109. Mehrotra A., Johnson E.L., Nemhauser G.L. An optimization based heuristic for political districting // *Management Science*. 44(8), 1998. – pp. 1100-1114.
110. Mendes A.B., Themido I.H Multi-outlet retail site location assessment // *Intl. Trans. in Op. Res.* 11, 2004 – pp. 1-18.

111. Mezziani A.S., Rezvani F. Using the analytic hierarchy process to select a financial instrument for a foreign investment // *Mathematical and Computer Modelling*. 13 (7), 1990. – pp. 77-82.
112. Naor M., Wieder U. Novel architectures for P2P applications: the continuous-discrete approach // *ACM Symposium on Parallel Algorithms and Architectures*. – ACM, New York, NY, USA, 2003. – pp. 50-59.
113. Ohshima T. Application of the Additively Weighted Voronoi Diagram to Flow Analysis // *The 2nd International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering*. – Seoul, Korea. 2005. – pp. 22-32.
114. Ohshima T. Some Voronoi diagrams that consider consumer behavior analysis. *Industrial Mathematics of the Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*. 22 (2), 2005. – pp. 367-383.
115. Okabe A. *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*, 2nd Ed. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons, 1999. – 657 p.
116. Okabe A., Suzuki A. Locational optimization problems solved through Voronoi diagrams. *European Journal of Operational Research*. 98(3), 1997. – pp. 445-456
117. Okunuki K., Okabe A. Solving the Huff-based competitive location model on a network with link-based demand // *Annals of Operations Research*. 111, 2002. – pp. 237-250
118. Oliver A., Mossialos E. Equity of access to health care: outlining the foundations for action // *Journal of Epidemiology and Community Health*. 58, 2004. – pp. 655-658.
119. Ossadnik W. AHP-based synergy allocation to the partners in a merger // *European Journal of Operational Research*. 88 (1), 1996. – pp. 42-49.
120. Peng Z. The jobs-housing balance and urban commuting // *Urban Studies*. 34, 1997. – pp. 1215-1235.
121. Phibbs C.S., Luft H.S Correlation of Travel Time on Roads Versus Straight Line Distance // *Medical Care Research and Review*. 52 (4), 1995. – pp. 532-542.

122. Radke J., Mu L. Spatial decomposition, modeling and mapping service regions to predict access to social programs // *Geographic Information Sciences*. 6, 2006. – pp. 105-112
123. Schuurman N., B`eru`be M., Crooks V.A. Measuring potential spatial access to primary health care physicians using a modified gravity model // *The Canadian Geographer / Le G´eographe canadien*. 54(1), 2010. – pp. 29-45
124. Sealey C.W. Financial planning with multiple objectives // *Financial Management*. 7 (4), 1978. – pp. 17-23.
125. Sharda R., Musser K.D. Financial futures hedging via goal programming, *Management Science* 32 (8) (1986), pp. 933–947.
126. Shen Q. Location characteristics of inner-city neighborhoods and employment accessibility of low-income workers // *Environment and Planning B: Planning and Design*. 25, 1998. – pp. 345-365.
127. Spronk J., *Interactive Multiple Goal Programming: Applications to Financial Planning*. – Martinus Nijhoff publishing, Boston, 1981. – pp. 10-29, 195-247.
128. Steuer R.E., Na P. Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study // *European Journal of Operational Research*. 150, 2003, pp. 496-515.
129. Tarimcilar M.M., Khaksari S.Z. Capital budgeting in hospital management using the analytic hierarchy process // *Socio-Economic Planning Sciences*. 25 (1), 1991. – pp. 27-34.
130. Walsh S.J., Page Ph.H., Gesler W.M. Normative Models and Healthcare Planning: Network-Based Simulations Within a Geographic Information System Environment // *HSR: Health Services Research*. 32, 1997. – pp. 243-260.
131. Wang F. GIS-Based Measures of Spatial Accessibility and Application in Examining Healthcare Access // CNU. June 28, 2007.
132. Wang F., Minor W. Where the jobs are: employment access and crime patterns in Cleveland // *Annals of the Association of American Geographers*. 92, 2002. – pp. 435-450.

133. Zhao Ch., Yibei Sh. Spatial Model of Medical facilities: a modification based on P-median model // Dept. Of Urban & Regional Planning Nanjing University. URL: <http://www.chinaplanning.org/Conferences/4thIACP/ppt/Zhaochen.pdf> (дата обращения: 03.09.2012).

## Приложение

Таблица 2 – Численность населения по муниципальным районам Новосибирской области, 2002, 2010, 2012-2014 гг., человек

Муниципальные районы	Годы					Темп прироста, %		
	2002	2010	2012	2013	2014	10/02	14/10	14/02
Баганский	18457	16627	16341	16080	15779	-9,91	-5,10	-14,51
Барабинский	49627	44563	43932	43351	42658	-10,20	-4,27	-14,04
Болотнинский	32348	29365	28970	28607	28277	-9,22	-3,71	-12,59
Венгеровский	22877	20446	20133	19790	19532	-10,63	-4,47	-14,62
Доволенский	20664	17405	17144	17021	16753	-15,77	-3,75	-18,93
Здвинский	18770	16636	16229	15862	15459	-11,37	-7,08	-17,64
Искитимский	66420	62816	63198	63390	63119	-5,43	0,48	-4,97
Карасукский	48548	46262	45761	45532	45130	-4,71	-2,45	-7,04
Каргатский	22025	18207	17753	17294	17004	-17,33	-6,61	-22,80
Колыванский	25737	24049	24215	24423	24495	-6,56	1,85	-4,83
Коченевский	46378	43850	44305	44833	44915	-5,45	2,43	-3,15
Кочковский	16301	14863	14680	14591	14463	-8,82	-2,69	-11,28
Краснозерский	38836	32491	31942	31539	31176	-16,34	-4,05	-19,72
Куйбышевский	68234	60765	59829	59340	58905	-10,95	-3,06	-13,67
Купинский	37451	31199	30350	29702	29157	-16,69	-6,55	-22,15
Кыштовский	16427	12399	11937	11543	11227	-24,52	-9,45	-31,66
Маслянинский	27196	24438	24147	23956	23714	-10,14	-2,96	-12,80
Мошковский	41281	39192	39293	39555	39810	-5,06	1,58	-3,56
Новосибирский	103477	115572	118659	120273	122343	11,69	5,86	18,23
Ордынский	39209	36708	36599	36498	36167	-6,38	-1,47	-7,76
Северный	11835	10687	10429	10246	10056	-9,70	-5,90	-15,03
Сузунский	34917	32592	32600	32669	32636	-6,66	0,14	-6,53
Татарский	45348	40092	39578	39238	39168	-11,59	-2,30	-13,63
Тогучинский	65515	60303	59463	59318	59153	-7,96	-1,91	-9,71
Убинский	19300	16297	15843	15555	15270	-15,56	-6,30	-20,88
Усть-Таркский	14670	12307	12164	11991	11756	-16,11	-4,48	-19,86
Чановский	29391	25523	25148	24856	24492	-13,16	-4,04	-16,67
Черепановский	50959	47842	47720	47646	47744	-6,12	-0,20	-6,31
Чистоозерный	22444	19603	19093	18709	18342	-12,66	-6,43	-18,28
Чулымский	26763	23909	23450	23116	22866	-10,66	-4,36	-14,56
Всего	1081405	997008	990905	986524	981566	-7,80	-1,55	-9,23
Всего без Новосибирского района	977928	881436	872246	866251	859223	-9,87	-2,52	-12,14

Таблица 3 – Маршруты школьных автобусов в Краснозерском районе Новосибирской области

№ п/п	Наименование учреждения	Маршрут подвоза учащихся	Расстояние (км. в одну сторону)	Кол-во подвозимых детей	Марки автомобиля, автобуса	Год выпуска	Транспорт соответствует ГОСТ (да/нет)	Наличие договоров на техническое обслуживание (учрежд., №..от..)	Наличие договоров медицинского обслуживания (учрежд., №..от..)	Место стоянки школьного транспорта	Наличие утвержденного маршрута (кем, когда)
1	<b>МБОУ Веселовская СОШ</b>	с. Веселовское–п. Красный Хутор–МКР СХТ	5	20	КАВЗ 397620	2006	да	№2 от 10.09.2010 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№35 от 15.09.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	гараж ООО «Лада»	заместителем Главы Краснозерского района 12.09.2011г.
2	<b>МБОУ Майская СОШ</b>	с. Майское–с. Чернаки–п. Целинный–с. Майское	25,5	8	КАВЗ 397653	2007	да	№6 от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№12 от 01.01.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	школьный гараж	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
3	<b>МОУ Половинская СОШ</b>	с. Половинное–с. Голубинское–р.п. Краснозерское–Половинский элеватор–с. Половинное (по селу)	7 3,5 8 3,5	35 42 8 54	КАВЗ 397653 САР33280	2007 2003	да да	№10 от 01.08.2010 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	б/н от 01.09.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	Гараж МУП ЖКХ	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
4	<b>МОУ Орехологовская СОШ</b>	с. Орехов Лог–п. Зуевский	16	11	УАЗ 220694-06	2008	да	№9 от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№14 от 01.01.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	школьный гараж	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.

Продолжение таблицы 3

5	<b>МБОУ Зубковская СОШ</b>	с. Зубково– ст. Зубково– с. Ульяновка– с. Успенский	30 18	25 10	ПАЗ 32053- 70	2008	да	01.09.2009 г. б/н ОАО «Краснозерскавтотранс»	№39 от 15.09.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	гараж школы	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
6	<b>МОУ Октябрьская СОШ</b>	п. Октябрьский– п. Степной– п. Зеленая Роща	8 8	27 30	КАВЗ 397620 ПАЗ-32053	2008 2008	да	№12 от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№37 от 15.09.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	автопарк ЗАО «Запрудихинское»	заместителем Главы Краснозерского района 06.09.2011г.
7	<b>МБОУ Аксенихинская СОШ</b>	с. Аксениха– п. Ганино	10	9	ГАЗ-322171	2011	да	№1 от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	б/н от 01.09.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	школьный гараж	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
8	<b>МБОУ Садовская СОШ</b>	п. Садовый– п. Целинный– п. Урожайный– р. Центральный– п. Хабаровский	5 7 2 26	15 17 5 15	КАВЗ 397620	2004	да	№1 от 01.08.2010 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№36 от 15.09.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	автогараж ФГУП «Садовское»	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
9	<b>МБОУ Мохнатологовская СОШ</b>	с. Мохнатый Лог (по селу) – с. Петропавловка	7 6	10 64	КАВЗ 397620	2006	да	№5 от 01.01.2011 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№15 от 01.01.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	школьный гараж	заместителем Главы Краснозерского района 11.09.2011г.

Продолжение таблицы 3

10	<b>МБОУ Светловская СОШ</b>	с. Светлое– п. Новопокровский	5	16	КАВЗ 397620	2004	да	№12/1 от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	20.09.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	школьный гараж	заместителем Главы Краснозерского района 01.09.2011г.
11	<b>МОУ Краснозерская СОШ №2</b>	р.п. Краснозерское– с. Красный Хутор– Лесопитомник– с. Локтенок	19 21	107 6	КАВЗ 397653	2006	да	№4 от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№7 от 01.01.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	ОАО «Краснозерск автотранс.№1»	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
12	<b>МОУ Краснозерская СОШ №2</b>	р.п. Краснозерское– п. Ленинградский– с. Гербаево	21 19	6 7	ПАЗ- 32053	2007	да	№4 от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№7 от 01.01.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	ОАО «Краснозерск автотранс.№1»	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
13	<b>МОУ Краснозерская СОШ №1</b>	р.п. Краснозерское– п. Кайгородский	5	10	ГАЗ-322171	2011	да	в разработке	№17 от 01.03.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	гараж МОУ Краснозерской СОШ №2	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
14	<b>МОУ Казанакская ООШ</b>	с. Казанак– п. Ленинградский– с. Конево	10,5 51	6 8	ГАЗ-322121	2010	да	б/н от 01.09.2009 г. ОАО «Краснозерскавтотранс»	№42 от 03.10.2011 г. МУЗ «Краснозерская ЦРБ»	гараж ЗАО Казанак	заместителем Главы Краснозерского района 20.09.2011г.
	<b>На маршруте16</b>		379	635	16		16				
	<b>ВСЕГО</b>				22		17				