

*На правах рукописи*

**ОФИН Вениамин Петрович**

**ФОРМИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ОТВОД ЗЕМЕЛЬ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным  
хозяйством: экономика, организация и управление предприятиями,  
отраслями, комплексами (строительство)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург  
2009

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет» на кафедре экономики строительства

Научный руководитель: доктор экономических наук, профессор  
**Гасилов Валентин Васильевич**

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор  
**Горев Андрей Эдливич;**  
кандидат экономических наук, доцент  
**Медрес Екатерина Евгеньевна**

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский  
государственный университет  
экономики и финансов»

Защита состоится 22 октября 2009 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.223.04 при ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190005, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/8, ауд. 336 Е.

Телефакс: (812) 316-58-72

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Автореферат диссертации размещен на официальном сайте ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» [www.spbgasu.ru](http://www.spbgasu.ru).

Автореферат разослан 21 сентября 2009 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д. э. н., проф.



Е.Г. Гужва

## 1. Общая характеристика работы

**Актуальность темы исследования.** Дорожная сеть страны в настоящее время не в полной мере соответствует политическим, социальным и экономическим потребностям общества. Это связано с тем, что темпы роста инвестиций в сохранение и развитие дорожной сети существенно ниже темпов роста автотранспортных средств. Значительная часть автомобильных дорог на подходах к мегаполисам и крупным городам исчерпала свою пропускную способность и работает в режиме перегрузки. Эффективность инвестиций в развитие дорожной сети в значительной мере определяется решением задачи землеотвода для строительства и реконструкции автодорог.

Поскольку любой земельный участок формально или фактически функционирует в какой-либо сфере, имеет своего владельца или пользователя, то всякое предоставление земли под строительство автомобильных дорог связано с ее изъятием. Обеспечение высокой эффективности инвестиций в дорожное хозяйство достигается принятием обоснованных решений, связанных с отводом земель под строительство и реконструкцию автомобильных дорог.

Оптимальный выбор земельных участков под строительство автомобильных дорог достигается путем сравнения технико-экономических и социальных показателей инвестиционного проекта в целом, включая инженерные изыскания, проектирование, строительство и эксплуатацию.

Используемые показатели эффективности затрат при проектировании и строительстве автомобильных дорог не соответствуют современным условиям рыночных отношений. Не учитывается один из важнейших факторов – это минимизация затрат на отвод земель при выборе трассы автодороги.

Экономически и социально обоснованный вариант выбора земельных участков для строительства автомобильных дорог должен обеспечивать максимизацию эффективности капитальных вложений, минимизацию суммарных затрат на проведение проектных, строительных и эксплуатационных работ, затрат пользователей, связанных с перевозкой грузов и пребыванием водителей и пассажиров в пути, минимизацию негативных воздействий автодороги на окружающую среду.

**Степень научной разработанности проблемы.** Теоретическая и методологическая основа диссертации базируется на работах Алакоза В.В., Бестенса А., Буркова В.Н., Уилкиса С., Ван-дер-Берга Г., Вуда М., Голенко Д.И., Липсица И.В.

Вопросы оценки земель и эффективности их использования рассматриваются в работах Варламова А.А., Комова Н.В., Голуб А.А., Козлова М.М., Струковой Е.В.

Вопросы обоснования эффективности инвестиционных проектов в строительстве и в дорожном хозяйстве исследуются в работах Волкова Б.А., Гарманова Е.Н., Гасилова В.В., Панибратова Ю.П., Серова В.М., Степанова И.С., Хайкина Г.М.

Методы экономико-математического моделирования и оптимизации проектных решений рассмотрены в работах Горбань А.Н., Горчакова А.А., Голунова Р.Ю., Грешилова А.В., Длин М.И., Дуброва А.М., Жака С.В., Замкова О.О., Круглова В.В., Лукашина Ю.П., Орловой И.В., Шепелева И.Г.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертации является развитие теоретических положений и разработка практических рекомендаций по оптимизации затрат на отвод земель при строительстве автомобильных дорог.

Цель исследования определила постановку и решение следующих задач:

1. Обоснование критерия и структуры целевой функции задачи оптимизации проложения трасс при строительстве автомобильных дорог.

2. Разработка нейросетевой технологии определения рыночной цены земельных участков при реализации инвестиционных проектов в дорожном хозяйстве.

3. Разработка модели определения рыночной цены земли, необходимой для строительства автомобильных дорог.

4. Систематизация и оценка факторов риска и неопределенности при изъятии земельных участков при реализации инвестиционных проектов в дорожном хозяйстве.

5. Определение и учет факторов, оказывающих существенное влияние на выбор земельных участков при строительстве автомобильных дорог.

**Объектом исследования** являются инвестиционные ресурсы рынка земель, предназначенных для строительства и последующей эксплуатации автомобильных дорог.

**Предметом исследования** является комплексная количественная оценка влияния социально-экономических, экологических последствий проложения трассы автодороги и факторов отвода земель на эффективность реализации инвестиционных проектов в дорожном хозяйстве.

**Теоретическую и методологическую базу** исследования составляют:

- нормативно-правовая и законодательная база по оценке эффективности инвестиционных проектов;
- труды отечественных и зарубежных авторов по методам принятия оптимальных решений; нейросетевому моделированию;
- труды отечественных и зарубежных авторов в области оценки рисков, возникающих при инвестировании в строительство и реконструкцию объектов дорожного хозяйства;
- научно-практические разработки в области принятия оптимальных решений при реализации инвестиционно-строительных проектов;
- документы законодательных и исполнительных органов власти РФ;
- статистические справочники и отчеты предприятий.

**Научная новизна** исследования состоит в следующем:

- уточнено экономическое и правовое содержание процедур выделения земельных участков при реализации инвестиционных проектов в дорожном хозяйстве, отличающееся учетом рыночных отношений в сфере землепользования;
- для выбора экономически обоснованного варианта трассы автодороги предложена целевая функция, которая в отличие от используемых учитывает социально-экономические и экологические последствия выбора трассы, юридические и экономические отношения, возникающие в сфере оборота земли;

- разработан метод количественного описания социально-экономических и экологических последствий выбора трассы для строительства автодороги, обеспечивающие оценку их влияния на эффективность инвестирования в строительство автомобильных дорог;
- разработана методика применения нейросетевых технологий при проектировании автодороги, позволяющая в условиях реального рынка с высокой точностью получать зависимости стоимости земельных участков, предназначенных для строительства автомобильных дорог, от рыночных факторов;
- выполнена оптимизация набора ценообразующих параметров, архитектуры нейросетей, методов их обучения и контроля точности регрессии, позволяющая в реальных условиях с высокой точностью учитывать земельную составляющую при экономической оценке проектов строительства автомобильных дорог;
- определены и систематизированы социально-экономические условия выбора земельных участков для инвестирования в проекты строительства автомобильных дорог, что обеспечивает выбор трассы автодороги с минимальными затратами для инвестора и максимальной социально-экономической отдачей.

**Информационной базой исследования** послужили данные отечественной статистики, Росавтодора и дирекции строящихся дорог «Центр», проектных предприятий дорожного хозяйства, а также фактические материалы, полученные в ходе исследования.

**Теоретическая значимость** диссертационной работы заключается в развитии существующих методов повышения эффективности инвестиций при реализации проектов строительства автомобильных дорог.

**Практическая значимость** состоит в возможности применения разработанных положений при разработке экономических обоснований и проектов строительства и реконструкции автомобильных дорог. Теоретические положения и методические разработки доведены до стадии, дающей возможность их использования в текущей деятельности госорганов и предприятий, занятых реализацией инвестиционных проектов для транспортной инфраструктуры.

**Реализация полученных результатов.** Результаты проведенного автором анализа, а также методы оптимизации выбора трассы внедрены в работу при технико-экономическом обосновании строительства автомобильных дорог в ООО «Центр-Дорсервис» и ООО «Инжсервис».

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы были представлены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава Воронежского государственного архитектурно-строительного университета (2008, 2009 гг.), Воронежского института экономики и права (2008 г.), Воронежского филиала Московского гуманитарно-экономического института (2008 г.).

**Публикации.** Положения работы, содержащиеся в ней рекомендации и выводы изложены в опубликованных в 8 печатных работах, в том числе одной работе в издании, рекомендованном ВАК РФ, общим объемом 3,2 п.л., в том числе лично автора – 2,6 п.л.

**Структура и содержание диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения общим объемом 167 страниц, включая 37 рисунков, 15 таблиц, списка использованных источников, содержащего 179 наименований.

## 2. Основные результаты исследования

### 2.1. Критерий и структура целевой функции задачи оптимизации проложения трасс для строительства автомобильных дорог

При оценке эффективности инвестиционных проектов одним из критериев является максимизация чистого дисконтированного дохода, который предполагает учет и оценку всех предстоящих затрат и прогнозируемой прибыли. При проектировании и строительстве автомобильных дорог, требующих отвода значительных площадей земель, возникает многовариантная задача оптимизации проложения трассы. Для ее решения предложен и обоснован минимальный набор факторов, определяющий структуру целевой функции задачи оптимизации выбора трассы автомобильной дороги. Целевая функция (ЦФ) должна учитывать:

1. Цену строительства участка автодороги.
2. Цену земельного участка.
3. Социально-экономическую эффективность строительства и эксплуатации автодороги.
4. Социально-экономические и экологические потери, возникающие при отчуждении земельных участков для нужд дорожного строительства.
5. Риски, обусловленные экономическим поведением собственников земельных участков.

Для сформированного набора факторов задача оптимизации решается поэтапно. На первом этапе для согласования независимых функций полезности земельного участка (ФПЗ) и участка автодороги (ФПД) выделяются свойства земельных участков и свойства участков автодороги. На втором этапе целевая функция определяется суммированием ФПЗ и ФПД с весами З (земля) Д (дорога), определяющими относительную важность каждого из кластеров:

$$\text{ЦФ} = З \cdot \text{ФПЗ} + Д \cdot \text{ФПД} \rightarrow \min, \quad (1)$$

Улучшить приближение независимых функций полезности можно варьированием весов З и Д и параметров этих функций. При этом подходе стоимостные параметры входят в ЦФ в виде функции от соотношения  $\frac{\text{цена}}{\text{результат}}$ , а социальные, экологические факторы и риски – в виде безразмерных множителей и слагаемых, что обеспечивает возможность учета показателей, имеющих различную размерность.

### 2.2. Разработка метода количественного описания социально-экономических и экологических последствий выбора трассы автодороги

Количественно полезность участка автодороги можно оценить, используя следующие параметры:

- $\text{Ц}_c$  – отношение дисконтированной стоимости строительства участка к прогнозируемой суммарной стоимости перевезенных грузов и арендных платежей за использование полосы отвода за вычетом упущенной выгоды, получаемой за счет использования отводимого участка в год окончания строительства. Для платных автодорог вместо стоимости перевезенных грузов можно учитывать прогнозируемую годовую плату за проезд П, полученную на данном участке.

- Отношение приращения протяженности автодороги  $\Delta l$ , возникающее при использовании рассматриваемого участка по сравнению с минимальной  $l_{\min}$ ,

$$\text{к величине } l_{\min} : \text{ПР} = \frac{\Delta l}{l_{\min}}. \quad (2)$$

- Функцию социального влияния строительства участка автодороги (ФСВ) вида:

$$\begin{aligned} f(x) &= 1, x \leq x_0 \\ f(x) &= \frac{n}{n-1} - \frac{x}{x_0(n-1)}, x_0 \leq x \leq nx_0. \\ f(x) &= 0, x \geq nx_0 \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь  $x$  – расстояние от участка автодороги до населенного пункта;  $nx_0$  – расстояние, на котором социальное влияние дороги отсутствует. График функции  $f(x)$  приведен на рис. 1.

Кроме ФСВ, в целевой функции должна быть учтена и общая численность населения, повышающего мобильность. Следовательно, целевая функция зависит также и от распределения плотности населения  $\rho_p(x, y)$ , находящегося в зоне влияния участка автодороги.

- Интегрального повышающего социального коэффициента (СК), определяемого исходными социально-экономическими характеристиками населенных пунктов, попадающих в сферу влияния автодороги. Методика расчета СК учитывает набор частных социальных коэффициентов, представленных в табл. 1.

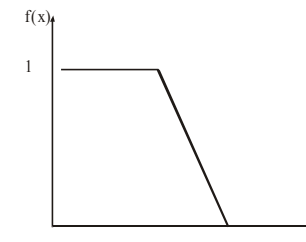


Рис. 1. Зависимость социального влияния строительства участка автодороги от расстояния до населенного пункта

Таблица 1

Социально-экономические характеристики населенных пунктов

№	Обозначение	Социальные параметры населенного пункта	Рекомендуемое значение
1	МУ	Отсутствует медицинское учреждение первичного звена	2
2	МП	Отсутствует поликлиника	1.5
3	МС	Отсутствует медицинский стационар	1.2
4	ШН	Отсутствует начальная школа	2
5	ШС	Отсутствует средняя школа	1.5
6	ШП	Отсутствуют учреждения профессионального образования	1.2
7	К	Отсутствует учреждение культуры	1.5
8	ВШ	Отсутствуют учреждения внешкольного образования	1.1
9	ТР	Отсутствуют стационарные торговые точки	1.5

Кроме коэффициентов, отражающих социальное состояние населенного пункта и принимающих фиксированные значения, необходим учет и социально-экономических характеристик населения, изменяющихся при повышении его мобильности в результате строительства автодороги. В первую очередь к таким характеристикам относятся занятость населения и его среднедушевые доходы. Количественно описать эти характеристики можно с помощью следующих коэффициентов:

1. Коэффициента занятости населения (КЗ), равного отношению численности населения, находящегося в трудоспособном возрасте (ЧТ) к численности занятого населения этого возраста (ЧТЗ):

$$КЗ = \frac{ЧТ}{ЧТЗ} \quad (4)$$

2. Коэффициента доходов населения (КД), определяемого отношением среднего душевого дохода по региону к душевому доходу данного населенного пункта; при этом значения данного коэффициента не могут быть меньше единицы:

$$КД = \max\left(1, \frac{ДР}{ДН}\right) \quad (5)$$

- Функция негативного влияния строительства автодороги (ФНВ) вида:

$$f(x) = \begin{cases} 1 - \frac{x}{x_{\max}}, & x \leq x_{\max} \\ 0 & x > x_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

где  $x_{\max}$  – расстояние от участка автодороги, на котором негативным влиянием автодороги можно пренебречь. График функции  $f(x)$  приведен на рис. 2.

Негативное воздействие пересечения потоков (НВП), которое даже в первом приближении не может быть описано линейной функцией плотности транспортного потока. НВП резко возрастает после достижения плотностью потока транспорта порогового значения  $\Pi_0$ , достигает максимума и далее практически не изменяется. Простейшей функцией, имеющей такие свойства, является кусочно-линейная функция:

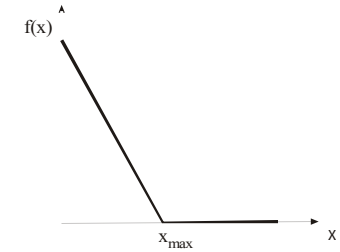
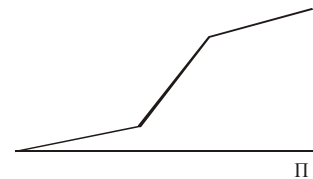


Рис. 2. Зависимость негативного влияния строительства автодороги от расстояния до населенного пункта

$f(\Pi)$



$$f(\Pi) = \begin{cases} 0.1 \frac{\Pi}{\Pi_0}, & \Pi \leq \Pi_0 \\ 2 \frac{\Pi}{\Pi_0} - 1.9, & \Pi_0 < \Pi \leq 2 \cdot \Pi_0 \\ 0.1 \frac{\Pi}{\Pi_0} + 1.9, & \Pi > 2 \cdot \Pi_0 \end{cases} \quad (7)$$

Рис. 3. Зависимость негативного воздействия пересечения потоков от максимального среднечасового потока автотранспорта

Здесь  $\Pi$  – максимальный среднечасовой поток автотранспорта обоих направлений в течении суток. График функции  $f(\Pi)$  приведен на рис. 3.

При этом, в отличие от остальных негативных факторов, можно считать, что в первом приближении НВП определяется не распределением плотности населения по площади населенного пункта а средней плотностью:  $НВП = \frac{\rho_0}{\rho_{\text{ср}}} \cdot f(\Pi)$ , где

$\rho_{\text{ср}}$  – средняя плотность населения в регионе. Учет степени негативного воздействия позволит придать экономический смысл требованию нормативных документов о проложении автодорог, как правило, вне населенных пунктов.

Интегральная функция полезности участка автодороги определяется следующей суммой:

$$\Phi ПД = C_{\text{ЦС}} \cdot \text{ЦС} + C_{\text{ПР}} \cdot \text{ПР} + \frac{C_{\text{СНВ}}}{\Pi_0} \cdot \text{СНВ} + C_{\text{НВП}} \cdot \text{НВП} - \frac{C_{\text{ЧН}} \cdot \text{СК}}{\rho_{\text{ср}} \cdot S} \text{ЧНЭ}, \quad (8)$$

где безразмерные коэффициенты  $C_{ЦС}, C_{ГР}, C_{СНВ}, C_{НВП}, C_{ЧН}$  определяют относительную важность соответствующих показателей; множители  $\Pi_0, \rho_{ср}$  и площадь населенного пункта  $S$  обеспечивают одинаковую размерность для всех слагаемых; знак «минус» перед последним слагаемым отражает тот факт, что при минимизации целевой функции эффективную численность повышающего свою мобильность населения необходимо увеличивать.

При выборе земельного участка под строительство автомобильной дороги рациональный собственник должен ориентироваться на полезность выбираемого объекта. В первую очередь, будущему собственнику необходимо удостовериться, что покупка земельного участка, предполагаемого для строительства автомобильной дороги произойдет не по завышенной цене:

$$ЦС_{з\text{у}} = \frac{СЗ_{\text{рын}}}{СЗ_{\text{кад}}}, \quad (9)$$

где  $СЗ_{\text{кад}}$  – кадастровая стоимость земельного участка, утвержденная органами власти субъекта РФ, р./м<sup>2</sup>;  $СЗ_{\text{рын}}$  – рыночная стоимость земельного участка, р./м<sup>2</sup>.

Во-вторых, собственник заинтересован в достижении высокой грузоемкости выкупаемой земли, поскольку именно этот показатель обеспечит высокую загруженность строящейся дороги:

$$ГР = \frac{\rho_{\text{нормат}}}{\rho}, \quad (10)$$

где  $\rho$  – фактическая грузоемкость почв земельного участка, предполагаемого для строительства автомобильной дороги, экв. т/га;  $\rho_{\text{нормат}}$  – нормативная грузоемкость почв земельного участка, предполагаемого для строительства автомобильной дороги, экв. т/га.

В-третьих, наряду с высокой грузоемкостью собственник заинтересован в низком плодородии земельного участка для облегчения законодательных процедур перевода земель из категории сельскохозяйственного назначения в категорию земель промышленности. Таким образом, полезность будет выражена формулой вида:

$$\Pi = \frac{\beta}{\beta_{\text{нормат}}}, \quad (11)$$

где  $\beta$  – фактическое плодородие почв земельного участка, предполагаемого для строительства автомобильной дороги, балл бонитета;  $\beta_{\text{нормат}}$  – нормативное плодородие почв в субъекте Российской Федерации, предполагаемого для строительства автомобильной дороги, балл бонитета.

В-четвертых, целевая функция задачи оптимизации выбора трассы должна учитывать риски, обусловленные экономическим поведением собственников земельных участков:

$$p = \frac{R_{\text{факт}}}{R_{\text{сред}}}, \quad (12)$$

где  $R_{\text{факт}}$  и  $R_{\text{сред}}$  – фактический и средний уровни риска, балл.

Таким образом, функция полезности земельного участка будет иметь вид:

$$\Phi ПЗ = C_{ЦС\text{з\text{у}}} \cdot ЦС_{з\text{у}} + C_{ГР} \cdot ГР + C_{\Pi} \cdot \Pi + C_{Р} \cdot Р \rightarrow \min, \quad (13)$$

где безразмерные коэффициенты  $C_{ЦС}, C_{ГР}, C_{СНВ}, C_{НВП}, C_{ЧН}$  определяют относительную важность соответствующих показателей.

На заключительном этапе целевая функция определяется суммированием ФПЗ и ФПД с весами  $З$  и  $Д$ , определяющими относительную важность каждого из кластеров. Относительная важность каждого из кластеров была определена экспертным путем, в итоге веса  $З$  и  $Д$ , определяющие относительную важность каждого из кластеров составили 0,15 и 0,85 соответственно. В итоге, целевая функция задачи оптимизации выбора трассы будет иметь вид:

$$\begin{aligned} ЦФ = & 0,15 \cdot (C_{ЦС\text{з\text{у}}} \cdot ЦС_{з\text{у}} + C_{ГР} \cdot ГР + C_{\Pi} \cdot \Pi + C_{Р} \cdot Р) + 0,85 \times \\ & \times (C_{ЦС} \cdot ЦС + C_{ГР} \cdot ГР + \frac{C_{СНВ}}{\Pi_0} \cdot СНВ + C_{НВП} \cdot НВП - \frac{C_{ЧН} \cdot СК}{\rho_{ср} \cdot S} \cdot ЧН_{\text{Э}}) \rightarrow \min. \quad (14) \end{aligned}$$

### 2.3. Методика применения нейросетевых технологий при выборе трассы автодороги

Заметный, и постоянно растущий, вклад в стоимость автодороги вносит рыночная цена земельных участков, по которым она пролегает. Используемые в настоящее время методы оценки стоимости участков (директивный, метод парных сравнений и др.) не отражают рыночную ситуацию, что требует использования адекватных реальному рынку методов. Наиболее перспективные методы оценки земельных участков основаны на применении нейронных сетей.

Нейросетевые технологии по сравнению с традиционными обладают следующими преимуществами:

- они учитывают синергетическое или антагонистическое влияние ценообразующих факторов;
- в них отсутствует субъективная составляющая (возникающая, например, при определении способа освоения участка, при выборе элементов сравнения и экспертного обоснования корректировки);
- нейросетевые методы не требуют для своего применения значительных, часто практически недоступных, объемов информации и опираются на общедоступные данные кадастрового учета;
- они хорошо отражают реалии быстро развивающихся рынков, в том числе в случае, когда накопление количественных изменений приводит к качественным переменам;

- нейросетевые методы требуют значительно меньших затрат, участие специалистов высокой квалификации необходимо лишь на начальных этапах определения топологии, архитектуры сети и методов их тренировки.

Для построения нейросети необходимо последовательно определить ее топологию, параметры архитектуры и входного слоя, методы обучения сети и контроля качества полученной регрессии. Нейронные сети делятся на полносвязные, в которых все нейроны обмениваются информацией, слабосвязные, в которых обмен информацией происходит только между ближайшими нейронами, и сети слоистой архитектуры (так называемые персептроны). В этом случае обмен информацией происходит между всеми нейроны соседних слоев. Функционирование полносвязных сетей в реальных условиях неустойчиво. Для стабилизации их поведения необходим значительный, практически недостижимый, объем рыночной информации. В случае слабосвязных сетей возможно отображение лишь простых зависимостей. Поэтому для описания реальных процессов чаще всего используют персептроны. Такой выбор архитектуры сети и принят в данной работе.

Параметры входного слоя сети соответствуют следующему набору ценообразующих характеристик участков, предназначенных для дорожного строительства (табл. 2).

Таблица 2

#### Ценообразующие параметры

№	Наименование	Вид	Минимум	Максимум
1	площадь участка	Ч	-0.9	0.8
2	расстояние от райцентра	Ч	-0.8	0.7
3	необходимость преобразования категории участка	Н	-1	1
4	наличие производственных зон	Н	-1	1
5	плодородие почвы (балл бонитета)	Ч	-1	0.8
6	наличие препятствий для движения	Н	-1	1
7	грузоёмкость земель	Ч	-0.8	0.7
8	коэффициент рельефа	Ч	-1	0.8
9	подверженность подтоплению	Н	-1	1
10	индекс технологических свойств почвы	Ч	-0.9	0.8
11	балл энергоёмкости почвы	Ч	-1	0.8
12	расстояние перевозки сельхозпродукции	Ч	-0.5	0.5

В графе «Вид» буквой «н» обозначены номинальные переменные, принимающие значения -1 или 1, а буквой «ч» – числовые. Колонки «Минимум» и «Максимум» определяют границы переменных, определенные в результате предпроцессирования.

Обучение сети проводилось различными методами. Наилучшую точность регрессии показал метод сопряженных градиентов, учитывающий как текущие значения цены, так и скорость ее изменения при вариациях ценообразующих параметров. По соотношению результат/затраты этот метод обучения сети оказался оптимальным.

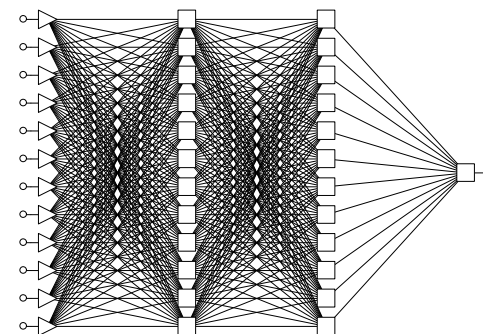


Рис. 4. Схема двухслойного персептрона

На рис. 4 представлена схема двухслойного персептрона с 12 ценообразующими параметрами и 12 элементами в каждом скрытом слое. Элементы входного слоя отображены треугольниками, промежуточного слоя – прямоугольниками, выходной элемент (цена единицы площади участка) – прямоугольником с окружностью.

В результате обучения нейронная сеть формулирует правила определения цены по значениям ценообразующих (входных) параметров. Одним из методов контроля качества обучения является контроль средней по всему обучающему множеству ошибки регрессии  $\delta$ . Метод сопряженных градиентов основан на поиске решения, минимизирующего ошибку. Итерации обучения прекращаются при достижении минимального значения величины  $\delta$ . Однако этот усредненный критерий качества работы сети применим только при наличии обширной и разнообразной информации о земельном рынке. В период становления рынка применение усредненного критерия является необходимым, но не достаточным. Ограниченный объем реально доступной информации требует уделить особое внимание выбору оптимальной архитектуры сети на основе не только из формально-математической сходимости процесса, но и экономического анализа полученных результатов. Поэтому выбор оптимальной архитектуры сети проводился по следующим четырем критериям:

1. Минимальное значение  $\delta$ .
2. Минимальное количество наблюдений, при описании которых относительная ошибка регрессии превышает фиксированное значение.
3. Максимальная ошибка отдельного наблюдения обучающего множества.
4. Максимальное число наблюдений, описываемых с относительной ошибкой меньшей фиксированного значения.

Первый критерий контролируется методом сопряженных градиентов. При этом, однако, в конкретной реализации процедуры обучения минимум может оказаться локальным. Для получения глобального минимума ошибки  $\delta$  проводилось несколько обучающих сессий до совпадения относительной ошибки в трех из них.

Для анализа второго и третьего критериев строились зависимости относительной ошибки отдельного наблюдения от его номера (рис. 2). Для анализа четвертого критерия строилась частотная гистограмма распределения наблюдений обучающего множества по диапазонам относительной ошибки отдельного наблюдения (рис. 5).

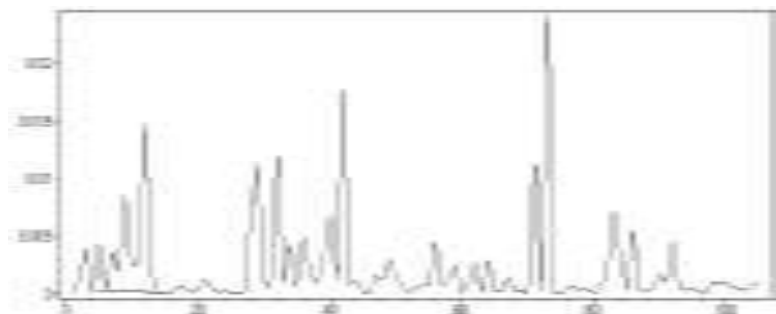


Рис. 5. Зависимость ошибки регрессии от номера наблюдения

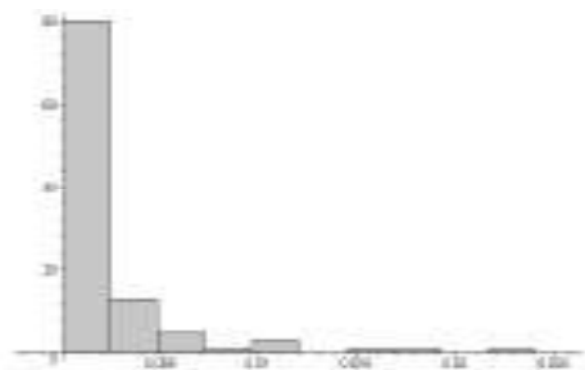


Рис. 6. Гистограмма частотного распределения ошибок регрессии

Рисунок 6 показывает, что большая часть наблюдений хорошо описывается сетью с данной архитектурой. Так, например, 80 наблюдений из 104 имеют ошибку, не превосходящую  $0.0025 \text{ р./м}^2$ , а ошибка 97 наблюдений не превосходит  $0.0075 \text{ р./м}^2$ , причем ошибка регрессии только одного примера превосходит  $0.02 \text{ р./м}^2$ .

Усложнение архитектуры сети не приводит к улучшению качества регрессии. Преимущества простой архитектуры в значительной мере определяются ограниченностью имеющейся информации и с развитием рынка ситуация может измениться. Недостатки, связанные с малым объемом доступной информации можно преодолеть за счет уменьшения числа входных параметров.

В работе использован генетический алгоритм понижения размерности, основанный на выборе из большого числа быстро обучаемых сетей, содержащих различные наборы входных параметров. В результате работы генетического алгоритма входные переменные делятся на два класса: полезные и те, вклад которых в регрессионные соотношения незначителен. Переводя последние параметры в разряд неучитываемых, можно практически без потери точности упростить задачу и уменьшить объем необходимой входной информации. Возможно и альтернативное применение генетического алгоритма для увеличения точности прогноза при фиксированном наборе тренировочных примеров. Применение генетического алгоритма к рассматриваемой задаче позволило выявить список полезных параметров.

В частности для задачи земельного рынка с 12 входными параметрами генетический алгоритм выявил подмножество ценообразующих параметров, оказывающих наибольшее влияние на цену единицы площади. Этот набор состоит из семи параметров и имеет вид, представленный в табл. 3:

Таблица 3

Оптимизированный набор ценообразующих параметров

№	Наименование	Вид	Минимум	Максимум
1	расстояние от райцентра	ч	-0.8	0.7
2	наличие производственных зон	н	-1	1
3	плодородие почвы (балл бонитета)	ч	-1	0.8
4	грузоёмкость земель	ч	-0.8	0.7
5	коэффициент рельефа	ч	-1	0.8
6	индекс технологических свойств почвы	ч	-0.9	0.8
7	балл энергоёмкости почвы	ч	-1	0.8

Качество регрессии упрощенной сети лишь незначительно уступает качеству, представленному исходной сетью, оставаясь достаточным во всех практических случаях ее реализации.

Таким образом, в результате проведенных исследований создана нейросеть, с высокой точностью описывающая реальный земельный рынок по данным кадастрового учета и позволяющая применять полученные результаты для оптимизации инвестиционных проектов в дорожном хозяйстве.

#### 2.4. Экономико-статистическая модель формирования цены земли, отводимой для строительства автомобильных дорог

Считая цену участка пропорциональной площади  $S_j$ , можно выразить цену участка через стоимость единицы площади  $C3(x_1, \dots, x_N, k_1, \dots, k_M)$

$$Q_j(x_1, \dots, x_N, k_1, \dots, k_M) = C3(x_1, \dots, x_N, k_1, \dots, k_M) \cdot S_j. \quad (15)$$



Алгоритм регрессии определяет значения коэффициентов  $k_i$ , минимизирующих для анализируемой выборки сумму квадратов отклонений оценок земельных участков, рассчитанных по формуле (16), от фактических значений исследуемых участков.

В простейшем случае, считая зависимость стоимости единицы площади  $CЗ_{п}(x_1, \dots, x_N, k_1, \dots, k_M)$  от параметров  $x_i$  пропорциональной, получим линейную зависимость вида:

$$CЗ_{п} = k_0 + \sum_{i=1}^N k_i X_i \quad (16)$$

В результате предложена линейная модель формирования стоимости 1 м<sup>2</sup> земельного участка, предназначенного для строительства автомобильной дороги.

$$CЗ_{п} = 998 - 35,5 \cdot X_1 + 11,5 \cdot X_2 + 46,7 \cdot X_3 + 0,8 \cdot X_4 - 15,7 \cdot X_5 + 56,2 \cdot X_6 - 1101 \cdot X_7 - 12,1 \cdot X_8 + 283,5 \cdot X_9 - 0,8 \cdot X_{10} - 0,4 \cdot X_{11}, \quad (17)$$

где  $X_1$  – расстояние от районного центра, км;

$X_2$  – перевод из одной категории в другую, (1/0);

$X_3$  – наличие производственных зон, (1/0);

$X_4$  – плодородие почвы, (балл бонитета);

$X_5$  – наличие препятствий для движения к территории кадастрового квартала (реки, водохранилища, каналы, железная дорога и т. д.) (1/0);

$X_6$  – грузоемкость земель, экв.т/га;

$X_7$  – коэффициент рельефа;

$X_8$  – территории, подверженные подтапливанию, (1/0);

$X_9$  – индекс технологических свойств почв;

$X_{10}$  – балл энергоемкости почв;

$X_{11}$  – транспортные условия внехозяйственной перевозки сельскохозяйственной продукции (расстояние перевозки), км.

Размерности множителей  $k_i$  и ценообразующих параметров  $X_i$  связаны соотношением  $[k_i] = \text{руб}/([X_i] \cdot \text{м}^2)$ , здесь  $[x]$  – размерность величины  $x$ . Следовательно в каждом члене суммы (16) размерности параметра  $X_i$  сокращаются, вследствие чего все слагаемые формул (16) и (17) выражаются в руб/м<sup>2</sup>.

Однако, минимизация затрат, только одно из направлений эффективности использования земельного участка. При выборе земельного участка под строительство автомобильной дороги рациональный собственник должен также ориентироваться на полезность выбираемого объекта.

## 2.5. Систематизация и оценка факторов риска и неопределенности при изъятии земельных участков для строительства автомобильных дорог

При рассмотрении актуальных проблем землеустройства и выделения земельных участков, путем их возмездного или безвозмездного изъятия, возникает необходимость учета рисков. Общая группа рисков включает в себя землеустрои-

тельные риски и риски, обусловленные экономическим поведением собственников земельных участков. В данном исследовании основное внимание сосредоточено на изучении особенностей рисков, связанных с поведением собственников земель (физических и юридических лиц) в современных условиях:

- усложнение и рост общественного воспроизводственного процесса постоянно увеличивает число источников землеустроительного риска;

- повышение землеёмкости дорожно-строительных работ за счет прямого и скрытого потребления земли;

- увеличение количества источников и вероятности реализации техногенных рисков приводит к глобализации техногенного воздействия на землю;

- обострение противоречий между ростом народонаселения, продовольственной, экологической безопасностью и реальными условиями существования людей по мере деградации земли.

Поправка к стоимости земельного участка на риски инвестора (покупателя или арендатора) может быть определена по формуле:

$$P_{\text{рис}} = Q \cdot \sum_{i=1}^m \frac{R_i \cdot P_i}{100}, \quad (18)$$

где  $R_i$  – величина поправки на  $i$  вид риска инвестора, балл;

$P_i$  – вероятность возникновения  $i$  вида риска ( $0 \leq P_i \leq 1$ );

$Q$  – стоимость земельного участка, руб.

В работе предложена шкала оценки рисков, обусловленных экономическим поведением собственников земельных участков.

Риски оцениваются по 100-бальной шкале в сторону возрастания:

- $\sum R_i \cdot P_i = [0-45]$  баллов – низкий уровень риска;

- $\sum R_i \cdot P_i = (45-65]$  баллов – средний уровень риска;

- $\sum R_i \cdot P_i = (65-100]$  баллов – критический (максимальный) уровень риска.

Таким образом, предложенная шкала (табл. 4) дает количественную оценку рискам, обусловленным экономическим поведением собственников земельных участков.

## 2.6. Учет факторов, оказывающих существенное влияние на выбор земельных участков при строительстве автомобильных дорог

При выборе вариантов изъятия земельных участков под строительство автомобильных дорог лучший вариант выбирается на основании сравнения технико-экономических показателей. При этом учитываются экологические, социальные и другие последствия размещения образуемого землепользования и перспективы использования данной территории.

При проектировании строительства или реконструкции автомобильной дороги могут возникать следующие ситуации:

Таблица 4

## Шкала оценки рисков

№п/п	Вид риска	Причина возникновения	Вероятность возникновения	Оценка риска		
				Мера опасности	Величина риска, баллов	Оценка, % от рыночной стоимости земельного участка
1	Критический	Высокое плодородие почв – выше 75 баллов	0,8	Значительное увеличение цены продаваемого земельного участка по сравнению со средней рыночной	85	68
2	Средний	Высокий показатель грузоемкости почв (выше среднего для субъекта РФ)	0,6	Увеличение цены продаваемого земельного участка по сравнению со средней рыночной	58	34,8
3	Средний	Непосредственная близость к населенному пункту (до 5 км)	0,75	Увеличение цены продаваемого земельного участка по сравнению со средней рыночной	74	55,5
4	Допустимый	Кадастровая стоимость выше рыночной (для случаев выкупа земель у государства)	0,45	Увеличение цены продаваемого земельного участка по сравнению со средней рыночной	80	36
5	Критический	Расположение на земельном участке объекта, приносящего стабильный высокий доход	0,20	Нежелание собственника продать земельный участок	100	20
6	Допустимый	Субъективное мнение собственника	0,07	Нежелание собственника продать земельный участок	100	7
7	Критический	Земли из категорий особо плодородных, ценных земель, леса первой категории, особо охраняемые природные территории и т. д.	0,3	Невозможность выкупа земельного участка	100	30
8	Критический	Правовые препятствия в использовании земель (арест, запрет продажи и т. д.)	0,16	Невозможность выкупа земельного участка	100	16

- превышение цены, установленной на какой-либо из земельных участков его владельцем лимита средств у инвестора;
- установление землевладельцем условия только обмена его земельного участка на участок с аналогичной степенью полезности;
- абсолютное нежелание собственника ни при каких условиях продавать свой земельный участок для строительства автомобильной дороги.

Помимо стоимости выкупа (рыночной стоимости) земельного участка ( $Q$ ), потенциальный инвестор должен учитывать затраты на строительство ( $C_D$ ), ремонт и эксплуатацию автомобильной дороги общего пользования.

В зависимости от категории автомобильной дороги и индекса-дефлятора на соответствующий год определяются приведенные нормативы ( $H_{\text{прив. кап. рем.}}$ ,  $H_{\text{прив. рем.}}$ ,  $H_{\text{прив. сод.}}$ ), рассчитываемые по формуле:

$$\sum_{i=1}^N H_{\text{прив. } i} = \sum_{i=1}^N H_i K_{\text{деф. } i} K_{\text{кат}} L, \quad (19)$$

где  $H$  – норматив денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог, тыс. р./км;  $K_{\text{деф}}$  – индекс-дефлятор инвестиций в основной капитал на соответствующий год за счет всех источников финансирования в части капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог или индекс потребительских цен в части содержания автомобильных дорог,  $N$  – период прогнозирования,  $K_{\text{кат}}$  – коэффициент, учитывающий дифференциацию стоимости работ по содержанию и ремонту автомобильных дорог,  $L$  – длина дороги, км.

Таким образом, при строительстве автомобильной дороги рациональный заказчик-застройщик будет стремиться максимально сократить затраты на выкуп земельного участка, строительство и эксплуатацию автомобильной дороги.

$$C_{\text{общ}} = Q + C_D + \sum_{i=1}^N H_{\text{прив. } i} \rightarrow \min, \quad (20)$$

Кроме того, затраты на выкуп земельного участка включают также стоимость проведения территориального землеустройства ( $C_B$ ) и рисков, обусловленных экономическим поведением собственников земельных участков ( $\Pi_{\text{рис}}$ ).

Таким образом, функция цели будет иметь вид, представленный формулой 22:

$$C_{\text{общ}} = Q + C_D + C_B + \Pi_{\text{рис}} + \sum_{i=1}^N H_{\text{прив. } i} \rightarrow \min, \quad (21)$$

Результаты реализации предложенной модели представлены на примере выбора трассы магистрали М-4 ДОН в Воронежской области (табл. 5).

При выборе участков для строительства автомобильной дороги, следует выбрать третий вариант проложения трассы, несмотря на то, что стоимость строительства участка автомобильной дороги в первом варианте минимальна.

Представленный пример расчета позволяет оценить влияние земельной составляющей при выборе трассы для автомобильной дороги с минимальными затратами для инвестора.

Таблица 5

**Расчет затрат при выборе земельного участка, предназначенного для строительства  
автомобильной дороги**

№ п/п	Варианты выбора земельных участков	1 вариант	2 вариант	3 вариант
	Исходные данные			
1	Категория земель	Земли сельскохозяйственного назначения	Земли промышленности и иного специального назначения	Земли промышленности и иного специального назначения
2	Стоимость строительства С <sub>д</sub> , (тыс. р.)	1298706	1567157	1305965
3	Стоимость проектирования территориального землеустройства С <sub>в</sub> , (тыс. р.)	7792	6269	5224
4	Итого, стоимость земельной составляющей С <sub>з</sub> , (тыс. р.)	24944	26340	22550
5	Увеличение стоимости с учетом рисков, (тыс. р.)	24271	23785	20363
	<b>ИТОГО</b>	<b>1837154</b>	<b>2104992</b>	<b>1835543</b>

**Основные результаты исследования**

1. Сформулирована целевая функции задачи оптимизации проложения трасс при строительстве автомобильных дорог, основанная на учете социально-экономических, экологических, технических параметров и экономически обоснованных затратах на землеотвод.
2. Разработаны методы количественного описания социально-экономических и экологических последствий выбора трассы, обеспечивающие оценку их влияния на эффективность инвестирования в строительство автомобильных дорог.
3. Разработан нейросетевой метод определения рыночной цены земельных участков, позволяющий с высокой точностью получать зависимости стоимости земельных участков, предназначенных для строительства автомобильных дорог, от рыночных факторов.
4. Установлена зависимость рыночной цены земельных участков реального земельного рынка Воронежской области с применением нейросетевых методов, что позволило использовать полученные результаты при оптимизации показателей инвестиционных проектов.

5. Создана экономико-статистическая модель формирования цены земли, отводимой для строительства автомобильных дорог основанная на учете факторов, оказывающих наибольшее влияние на выбор земельных участков при реализации инвестиционных проектов в дорожном хозяйстве.
6. Систематизированы и оценены факторы риска и неопределенности при изъятии земельных участков, предназначенных для строительства автомобильных дорог: риск чрезмерного влияния рыночной цены для земель сельскохозяйственного назначения, связанный с высоким плодородием почв, а для других видов земель – близостью к населенному пункту и расположением на выкупаемом земельном участке объекта, приносящего высокий доход.

**Основные результаты исследований опубликованы в следующих работах:**

**Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК**

1. Офин, В.П. Учет рыночных механизмов земельных отношений при технико-экономической оптимизации трассы автодороги / В. П. Офин // Вестник ИНЖЭКОНА, серия экономика. – 2008. Вып. 7 (26). – С. 311–313.

**Статьи, опубликованные в прочих научных изданиях**

2. Гасилов, В.В. Определение цены предложения на выполнение проектно-исследовательских работ в дорожном хозяйстве / В. В. Гасилов, М. А. Карпович, В. П.Офин // Научный вестник ВГАСУ, серия: экономика, организация и управление в строительстве. – 2007. Вып. 5. – С. 6–8.
3. Гасилов, В.В. Преображенский М.А. Определение победителей конкурса на выполнение проектно-исследовательских работ в дорожном хозяйстве / В. В. Гасилов, М. А. Карпович, В. П. Офин // Научный вестник ВГАСУ, серия: экономика, организация и управление в строительстве. – 2007. Вып. 5. – С. 8–11.
4. Гасилов, В.В. Методика оценки потерь на изъятие сельскохозяйственных земель для целей дорожного строительства / В. В. Гасилов, Ю.Н. Галкина, В. П. Офин // Сборник материалов региональной межвузовской научно-практической конференции «Стратегии развития инновационно-инвестиционную активность». Воронеж, 2008. – С. 109–112.
5. Гасилов, В.В. Учет стоимости земель при оптимизации трассы автодороги / В. В. Гасилов, М. А. Преображенский, В. П. Офин // «Стратегии развития инновационно-инвестиционную активность». Воронеж, 2008. – С. 166–169.
6. Офин, В.П. Структура функции полезности земельного участка, предназначенного для строительства автомобильной дороги / В. П. Офин // Экономика и обеспечение устойчивого развития хозяйственных структур: Межрегиональный сборник научных трудов ВГТА. – Воронеж, 2008. Вып. 8 (часть 2). – С. 199–206.
7. Гасилов, В.В. Нейросетевые технологии определения рыночной цены земельных участков, предназначенных для дорожного строительства / В. В. Гасилов, В. П. Офин, М. А. Преображенский. Институт экономики и права. – Воронеж, 2008. – С. 319–332.
8. Галкина, Ю.Н. Учет факторов риска и неопределенности при изъятии земельного участка для строительства и реконструкции автомобильных дорог / Ю.Н. Галкина, В. В. Гасилов, В. П. Офин // Экономика и обеспечение устойчивого развития хозяйственных структур: Межрегиональный сборник научных трудов. – ВГТА. – Воронеж, 2008. Вып. 8 (часть 2). – С. 169–173.

Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 17.09.2009. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл.-печ. л. 1,3. Тираж 120 экз. Заказ 94.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на ризографе СПбГАСУ. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 5.

