

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Петров Ярослав Андреевич

**Параметрическая модель оценки георисков в природно-технических
системах для аналитических геоинформационных систем**

Специальность 25.00.35 - Геоинформатика

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор, Е.П. Истомин

Научный консультант:
кандидат военных наук,
доцент, А.Г. Соколов

Санкт-Петербург – 2018

Список сокращений и условных обозначений

АИС – автоматизированная информационная система

АСУ – автоматизированная система управления

АПК – автоматизированный программный комплекс

АРМ – автоматизированное рабочее место

ПР – принятие решений

БД – база данных

СУБД – система управления базами данных

СППР – система поддержки принятия решений

ГИС – геоинформационная система

ГИС ППР – геоинформационная система поддержки принятия решений

ГБД – гетерогенная база данных

ИС – информационная система

ЛВС – локальная вычислительная сеть

ЛПР – лицо принимающее решение

ПО – программное обеспечение

РГИС – региональная геоинформационная система

РИС – распределенная информационная система

РБД – распределенная база данных

РГГМУ – Российский государственный гидрометеорологический университет

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Научно-технические основы управления георисками в природно-технических системах (на примере содержания автомобильных дорог территории)	12
1.1 Анализ угроз при эксплуатации и содержании автомобильных дорог в зимний период	18
1.2 Характеристика особенностей содержания автомобильных дорог в зимний период	23
1.3 Характеристика особенностей свойств снега и снежного покрова	29
1.4 Образование и форма снега	30
1.4.1 Физические характеристики снега.....	31
1.4.2 Стратиграфия снежной толщи	32
1.4.3 Снежный покров и его характеристика	33
1.4.4 Методы наблюдения за снежным покровом	34
1.5 Выбор и обоснование методологии принятия управленческих решений в природно-технических системах на основе геоданных	35
1.5.1 Категории управления.....	37
1.5.2 Принятие погодо-хозяйственных решений в условиях неопределенности.....	41
Выводы по разделу.....	53
2. Разработка математической модели управления георисками на основе управляемых параметров.....	55
2.1 Анализ и общий подход к разработке моделей прогнозирования на базе априорной информации	55
2.1.1. Обзор моделей прогнозирования.....	60

2.2. Разработка параметрической модели управления георисками в природно-технических системах	64
2.3 Методика оценки георисков на основе управляемых параметров	74
2.4 Апробация модели.....	83
Выводы по разделу.....	87
3. Разработка аналитической ГИС на основе параметрической модели для оценки рисков в природно-технических системах.....	89
3.1 Общая характеристика ГИС поддержки принятия решений	89
3.2 Обзор систем поддержки принятия решений на базе ГИС	96
3.3 Концептуальная модель аналитической ГИС на основе параметрической модели управления георисками	106
Выводы по разделу.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	115
ПРИЛОЖЕНИЕ А	125
ПРИЛОЖЕНИЕ В	133
ПРИЛОЖЕНИЕ С	134

ВВЕДЕНИЕ

Экономическая, социальная и экологическая устойчивость региона неразрывно связана высокой динамикой природных условий, которая способна создавать реальные материальные и нематериальные угрозы процессам государственного и муниципального управления природно-техническими системами.

Возникающие природные явления, в зависимости от характера воздействия, часто являются опасными или неблагоприятными по своей природе. Негативные последствия, возникшие в результате природных явлений, принято считать неблагоприятными, так как экономические потери в зависимости от причиненного ущерба могут оказывать существенное влияние на экономическое развитие предприятий, города или региона в целом. Среди множества факторов, которые влияют на деятельность человека, особое место принадлежит воздействию окружающей среды, в частности, гидрометеорологические условия как одна из его составляющих, не поддающаяся управлению. Зависимость от метеорологических условий усиливается с развитием цивилизации и ростом численность населения. На всех этапах развития общества проблемы прогнозирования гидрометеорологических условий, оценки последствий их влияния и принятие решений по снижению возможного ущерба становятся все более **актуальными** (проблема учета георисков).

Принято выделять несколько подгрупп рисков управления развитием природно-технических систем в зависимости от гидрометеорологических условий. Первую группу составляют риски, обусловленные колебаниями погодных явлений, а вторую группу – риски, связанные с катастрофическими изменениями климата и погодных условий.

Реалии современной хозяйственно-экономической деятельности требуют более детального изучения геоданных, которые необходимы для

планирования безопасной жизнедеятельности региона и максимального прогнозирования риска наступления неблагоприятных последствий.

Поэтому особую актуальность приобретает **научная задача** анализа и использования априорных геоданных для управления природно-техническими системами. Необходимость управления георисками реализуется в деятельности городских служб при решении задачи обеспечения безопасности дорожного движения.

Степень разработанности темы исследования. В ходе проведенной работы были проанализированы труды отечественных и зарубежных авторов, таких как: Алексеев В.В., Бурлов В.Г, Бескид П.П., Дорофеев А.Н., Музалевский А. А. , Истомин Е.П., Татарникова Т.М., Шанина В.В., Федоров М. П. и другие. Был проведен анализ результатов научных исследований, нормативно-правовые документы, связанные с оценкой рисков при управлении территорией, развитием регионов и проблемами использования априорной информации.

На текущий момент, недостаточно изучена проблема использования априорных геоданных в различных форматах. Не в полной мере внедрены модели, методы и технологии оценки рисков в ситуации неопределенности реализации природных условий. Таким образом, необходимость разработки и внедрения моделей и методов оценки георисков определяет объект и предмет, цель и задачи диссертации.

Объект исследования: природно-техническая система (на примере автомобильных дорог Санкт-Петербурга).

Предмет исследования: Комплекс мероприятий по управлению рисками в природно-технических системах (на примере мероприятий по управлению безопасностью движения транспорта в зимний период времени) на основе геоданных о ее состоянии.

Цель диссертации – разработка методического аппарата обеспечения безопасности функционирования природно-технических систем в условиях

неопределенности осуществления погодных условий, на основе использования априорной разнородной информации (на примере управления безопасностью движения автотранспорта в зимний период).

Решение поставленной цели требует её декомпозиции на пять подзадач.

1. Провести анализ методов, моделей и технологий оценки георисков в природно-технических системах.

2. Разработать математическую модель управления георисками на основе управляемых параметров.

3. Разработка методики оценки георисков на основе управляемых параметров.

4. Разработать концептуальную модель аналитической ГИС на основе оценок георисков.

5. Апробация и верификация результатов исследования

Теоретические и методические основы исследования.

Теоретической основой диссертационной работы, являются исследования отечественных и зарубежных ученых в области математического моделирования, задачи обработки априорных геоданных в различных природно-технических системах, аналитические исследования, регламентирующие документы, связанные с методикой управления георисками. Методической основой исследования является анализ и обобщение существующих научных работ, для синтеза параметрической модели по оценке георисков.

Обоснованность и достоверность результатов исследования, выводов и рекомендаций обеспечивается:

- использованием для достижения цели работы нормативных документов, программ, документов федеральных и региональных органов власти, касающихся методики построения информационных систем;

- внутренней непротиворечивостью результатов исследования и их соответствием теоретическим гипотезам предложенным автором;
- применением принципов системного анализа и концептуального моделирования, аналитических исследований, математического моделирования и других современных научных методов;
- апробацией результатов исследования на научно-практических конференциях и отражением основных результатов диссертации в открытой печати.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Постановка и формализация новой научной задачи: анализ и использование априорных геоданных, для управления природно-техническими системами на основе параметрической модели управления георисками для аналитических геоинформационных систем. **Научная новизна** заключается в том, что впервые представлены новые модели и методики управления георисками с учетом объективного фактора роста относительного ущерба, на примере обеспечения безопасности функционирования природно-технических систем в условиях неопределенности осуществления погодных условий.
2. Параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах для аналитических геоинформационных систем. **Научная новизна** заключается в том, что впервые предложена параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах, которая отличается от существующих моделей, не прогнозированием изменения значений параметров природного процесса, а прогнозированием и оценкой риска возникновения ущерба на заданный момент времени.
3. Методика оценки георисков на основе управляемых параметров. **Научная новизна** заключается в том, что предложенная методика

отличается сочетанием графических, аналитических и статистических методов для оценки рисков на основе управляемых параметров.

4. Концептуальная модель аналитической ГИС оценки рисков. **Научная новизна** заключается в том, что концептуальная модель аналитической ГИС отличается от существующих внедрением 3 дополнительных компонентов:

- компонент обработки разнородных данных;
- компонент распределенных баз данных с представленной топологией данных;
- компонент оценки георисков на основе параметрической модели управления в природно-технических системах.

Практическая ценность работы. Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработанной модели оценки георисков на основе априорных геоданных, которая может быть рекомендована для использования при принятии управленческих решений в природно-технических системах. Достоверность результатов подтверждается авторскими свидетельствами, полученными в процессе исследований:

1. Свидетельство о регистрации базы данных «База данных метеорологических параметров» №2016620986, дата государственной регистрации в реестре баз данных 20.07.2016 года (Приложение А).
2. Свидетельство о регистрации базы данных «База данных метеорологических рисков», на регистрации вх. №2018621294.
3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Информационная система поддержки принятия решений в погодозависимых отраслях», на регистрации вх. №201861993.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика» (Приложение С).

Апробация работы. Основные научные результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и были одобрены на международной научно-

практической конференции «Information-Management Systems and Technologies», (17-18 сентября 2018г.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в научных журналах РИНЦ, в том числе в двух изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из списка используемых сокращений, введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем работы составляет 134 страницы, 25 рисунков, 6 таблиц, 27 формул. Список использованной литературы составляет 85 источников.

Во введении обоснована актуальность работы, определены объект, предмет, цели и задачи исследования, показана теоретическая и практическая ценность работы, приведено краткое содержание работы по главам, и представлены основные научные результаты, выносимые на защиту.

В первой главе «Научно-технические основы управления георисками в природно-технических системах (на примере содержания автомобильных дорог территории)» дается характеристика особенностей содержания автомобильных дорог в зимний период, характеристика свойств снега и снежного покрова, а также показаны результаты анализа угроз при эксплуатации и содержании автомобильных дорог в зимний период.

Наглядно показан выбор и обоснование методологии принятия управленческих решений в природно-технических системах на основе геоданных, приводятся различные категории управления, рассмотрены особенности принятия погодо-хозяйственных решений в условиях неопределенности.

На основе проведенного анализа, ставится новая научная задача о необходимости оценки риска и относительного ущерба с помощью параметрических моделей на базе априорных геоданных.

Результат выносимый на защиту:

Постановка и формализация новой научной задачи для оценки рисков в параметрических моделях.

Во второй главе «Разработка математической модели управления георисками на основе управляемых параметров» приводится анализ и общий подход к разработке моделей прогнозирования на базе априорной информации, показан обзор существующих моделей прогнозирования с выделением их достоинств и недостатков, дано обоснование, почему они не подходят для реализации оставленной цели.

Основываясь на результатах анализа, показан синтез новой параметрической модели управления георисками в природно-технических системах, отвечающей предъявленным требованиям. Для разработанной модели, предложена оригинальная методика оценки георисков на основе управляемых параметров. Методика включает в себя, во-первых, общий алгоритм оценки георисков и во-вторых, алгоритм анализа, преобразования и подготовки исходных данных.

Для проверки разработанной модели, показан пример моделирования на основе априорных данных по толщине снега в Санкт-Петербурге за 18 лет. Результаты работы модели полностью подтверждают выдвинутую гипотезу.

Результат выносимый на защиту:

1. Параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах для аналитических геоинформационных систем.
2. Методика оценки георисков на основе управляемых параметров.

В третьей главе «Разработка аналитической ГИС на основе параметрической модели для оценки рисков в природно-технических системах» приведена общая характеристика аналитических ГИС поддержки принятия решений, осуществлен обзор существующих систем и предложена концептуальная модель аналитической ГИС на основе параметрической модели управления георисками.

Результат выносимый на защиту:

Концептуальная модель аналитической ГИС оценки рисков.

1. Научно-технические основы управления георисками в природно-технических системах (на примере содержания автомобильных дорог территории)

Возникающие природные явления зачастую являются опасными по своей природе, поскольку имеют негативные последствия. К ним относятся: выпадение осадков свыше месячной нормы, шквальный ветер и другие стихийные явления. Совокупность таких явлений называют НОЯ - неблагоприятные опасные явления, не зависящие от воли и поведения людей. В свою очередь, НОЯ классифицируются по степени опасности на: стихийные бедствия, катастрофические явления, опасные явления и неблагоприятные события [27]. *Неблагоприятные события* характеризуются тем, что сами по себе не являются опасной ситуацией, а только способствуют созданию условий для появления опасной ситуации. *Опасные природные явления* могут нанести огромный вред, как экологический, так и экономический, при этом угрожая жизнедеятельности и безопасности человека. *Катастрофические природные явления* ведут к колоссальным разрушениям, в результате которых помимо экологического и экономического ущерба могут возникнуть человеческие жертвы. И, наконец, *стихийные бедствия* являются самыми масштабными по своей разрушительной мощи, как правило, полностью уничтожая здания, сооружения, материальные ценности и унося с собой человеческие жизни.

На жизнедеятельность Северо-Западного региона России оказывают такие НОЯ как: ливни, штормовые ветры и выпадение большого количества снежных осадков в зимний период, справиться с которыми достаточно сложно, если не получать метеорологические данные, точно прогнозирующие наступление стихийных природных явлений в определенный период. Причиненный вследствие обильных осадков ущерб

оказывает негативное влияние на бюджет региона и является причиной ежегодных материальных потерь [44].

Современная экономика требует более детального изучения метеорологических данных, которые необходимы для планирования безопасной жизнедеятельности региона и максимального предвидения наступлений неблагоприятных последствий. Особую актуальность приобретает вопрос по изучению гидрометеорологической информации, поскольку эти данные необходимы для обеспечения нормального функционирования городских служб, терпящих ежегодные убытки от резкого увеличения снежного покрова в зимний период.

Разработка и внедрение современных программ обработки геоданных в совокупности с передовыми методиками по оценке рисков, позволяющими максимально снизить уровень стихийной опасности при принятии правильных управленческих решений, способствуют эффективному планированию работы городских служб и значительному снижению издержек, обусловленных ликвидацией неблагоприятных последствий природных явлений.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью применения новых оценочных методик по изучению априорных геоданных, прогнозирующих наступление негативных явлений природы в конкретный промежуток времени, в частности, оценка риска и относительного ущерба при выпадении чрезмерных осадков в Северо-Западном регионе России в осенне-зимний период.

Вопросы прогнозирования чрезвычайных ситуаций (ПЧС) относятся к таким ведомствам как: Институт Геоэкологии РАН, МЧС, Росгидромет, которые на основании картографических и геодезических данных производят оценку критериев опасности для Северо-Западного региона или отдельного населенного пункта в Ленинградской области. Вместе с тем, сами критерии оценивания разрабатывались десятки лет назад, когда фиксировались иные

экологические данные, поэтому критерии оценивания являются устаревшими и требуют пересмотра [82].

Экономическая деятельность региона неразрывно связана с резко меняющимися природными явлениями, которые способны создавать реальные материальные угрозы из-за нестабильности уровня выпадения осадков. Поэтому экономика региона напрямую зависит от своевременного получения актуальной геофизической информации, способной сработать на предотвращение негативных природных последствий для экономики Северо-Западного региона.

Актуальность данной темы также связана с тем, что изучение классификации природных явлений, а также разработка современных методологических региональных программ в рамках региональных природных рисков способствует своевременному принятию мер, предотвращающих наступление больших экономических убытков в результате наступления экологических бедствий сезонного характера [77].

При этом принято разделять несколько подгрупп рисков в экономической среде, зависящих от гидрометеорологических условий. Первую группу составляют риски, обусловленные колебаниями погодных явлений, а вторую группу – риски, связанные с катастрофическими изменениями климата и погодных условий.

Необходимость управления георисками вызвана потребностью городских служб в обеспечении условий безопасности природно-технических систем как на местном, так и на государственном уровне. Для реализации поставленной задачи необходимо внедрить новый системный вид анализа, способный выявить такие отрасли экономики, которые страдают от погодных катаклизмов, и дать оценку относительному ущербу, который может быть причинен данным НОЯ, а также определить факторы и степень прогнозируемого риска.

В частности, при оценке и расчетах георисков в целях управления ими нужно использовать новые информационные системы, которые будут содержать информационную базу по фактической природной ситуации и прогнозируемой в течение определенного промежутка времени, а также автоматически определяющие размер относительного экономического ущерба от прогнозируемых последствий для Северо-Западного региона.

А именно, в рамках развития геоинформационной системы должны быть выделены экономические ресурсы, направленные на исследование и прогнозирование информации об опасных природных явлениях, с целью минимизации экономических рисков и предотвращения наступления негативных экономических последствий при определении гидрометеорологических рисков.

Вместе с тем принято разделять природные риски на две подгруппы:

- 1) риски, возникающие вследствие природных явлений;
- 2) риски антропогенного характера, возникающие в результате вмешательства человека в природную среду.

Так, результатом этого негативного воздействия антропогенного характера явилось всемирное потепление, на борьбу с которым выделяются огромные средства и создаются глобальные программы в рамках Конвенции ООН, обязательные для исполнения всеми странами-участницами конвенции. Кроме того, Программы ООН по окружающей среде фиксируют постоянное повышение климата на Земле на 1-2 процента в год и предусматривают меры противодействия этому факту путем снижения эмиссии парниковых газов. Парниковые газы выделяются, в основной массе, в развитых странах, таких как США, Китай, Великобритания, Индия и других. Поэтому, в данных странах установлены квоты и выплаты по выделяющимся парниковым газам.

Вместе с тем, российскому государству приходится выстраивать систему взаимоотношений между природными явлениями и обществом на основе изучения природных рисков и способов их предотвращения.

В частности, под природным риском следует понимать научно-спрогнозированный социально-экономический ущерб, который может быть нанесен тем или иным опасным природным явлением, стихийным бедствием, в результате которого может быть причинен значительный материальный ущерб личной собственности граждан, хозяйствам и предприятиям, а также экономике Северо-Западного региона.

Поэтому важно правильно произвести оценку природных рисков и заранее разработать программы и методики ликвидации негативных последствий [39].

В России важными исследованиями природных рисков, их расчетами и оценкой занимается Институт геоэкологии РАО, который, в свою очередь, выделяет классификацию групп опасных природных явлений, способствующую разработке и принятию квалифицированных мер для реагирования и их предотвращения. Принято выделять такие природные процессы, как: атмосферные, литосферные и гидросферные, каждый из которых представляет свою самостоятельную классификацию.

Атмосферные природные процессы составляют природные риски, связанные температурным режимом, циркуляцией атмосферных масс, выпадением осадков.

Гидросферные природные процессы составляют группы природных рисков, связанных изменением шельфовой зоны, течением рек и поверхностных вод, а также состоянием морских глубин.

Литосферные процессы составляют группу природных рисков, прогнозируемых в поверхностных слоях земли.

Северо-западный экономический регион России отличается болотно-подзолистыми почвами и высокой влажностью, благодаря близости

Балтийского побережья. Умеренно-континентальный климат способствует ежегодному образованию в регионе огромного количества осадков в виде дождя и снега.

Управление природными рисками производится на основании интегрированных расчетных схем, присущих конкретному исследованию. При этом, учитываются как экономические и социальные факторы, так и выбираются специальные обоснованные меры защиты, а также путь их реализации. Сущность схемы заключается в идентификации возможных опасностей, анализе непосредственной угрозы и оценки рисков чрезвычайных ситуаций, способных возникнуть на данной территории, а также последствий катастрофы для населения, проживающего в данной местности, оценки убытков от ухудшения качества земли и водных ресурсов, снижения экологических условий жизнедеятельности региона в целом. Полученные результаты рисков сравниваются с допустимыми и приемлемыми рисками, на основании которых эксперты делают вывод о безопасности производства для жизнедеятельности на прогнозируемой территории.

Экономические расчеты рисков, которые производятся специалистами в целях формирования затратной части для обеспечения мер по ликвидации возможных негативных последствий, основаны на применении правильного подхода к определению риска чрезвычайного события, учитывающего и вероятность события, и его негативные последствия. При определении экологических рисков изучаются угрозы чрезвычайного характера, которые могут возникнуть в результате воздействия рисков на экосистему региона. Поэтому, актуальная и правильная оценка ущерба при возникновении опасного природного явления выступает одним из главных инструментов управления безопасностью в природоохранной сфере. При этом, прямой экономический ущерб рассчитывается по специальным формулам и связан с применением изученных данных по негативному воздействию наводнения на

растительный и животный мир, здоровье населения и экономику в области [40].

В свою очередь, косвенный экологический ущерб предусматривает глобальную оценку негативного природного явления на природные ресурсы, животный и растительный мир, длительность негативного воздействия на последующие годы [55].

В целом, процесс управления георисками заключается в их оценке на основании экономических таких показателей как: ранжирование, уровень допустимости, выбор стратегии снижения риска, методы по контролю за рисками, утверждение решений по ликвидации негативных последствий. При этом важно привязать все этапы управления рисками к реальным экономическим затратам, величина которых зависит от степени риска и возможных финансовых затрат, необходимых на ликвидацию последствий от наступления негативных природных явлений, восстановление экологической ситуации, а также качества жизни населения.

Применение новых моделей, методик и геоинформационных систем для управления георисками позволит произвести правильные расчеты экономических затрат на обеспечение природных рисков, выполнить реальную оценку рисков и обеспечить принятие правильных управленческих решений, способных предотвратить возможный ущерб от наступления негативных природных явлений [39].

1.1 Анализ угроз при эксплуатации и содержании автомобильных дорог в зимний период

Безопасность автомобильных дорог в зимний период обусловлена рядом факторов, соблюдение которых позволяет гарантировать безопасное передвижения автотранспорта в период неблагоприятных погодных условий, таких как, гололед, снежный занос, активное снеготаяние. Недостаточная

готовность коммунальных служб населенных пунктов самостоятельно противостоять стихийным природным явлениям затрудняет передвижение автомобильного транспорта в зимний период, в результате чего на дорогах образуются сильные пробки, парализуется транспортное сообщение.

В осенне-зимний период наступает резкое похолодание, а выпавшие осадки образуют гололед на дорогах. Создаются опасные дорожные условия, в которые попадают владельцы транспортных средств и жители населенных пунктов. В результате гололеда в первые сутки резко повышается количество дорожно-транспортных происшествий, в которых опасно травмируются и гибнут граждане, наносится серьезный урон транспортным средствам, частному и муниципальному имуществу. Данная ситуация обусловлена тем, что коэффициент сцепления колес автомобилей с дорожным покрытием во время гололеда в разы ниже чем на сухой поверхности. Как отмечают в работе [10], коэффициент сцепления φ для покрытия типа «лед» равен значению 0,1-0,2. Конструктивные и эксплуатационные факторы дорожного полотна достаточно сильно влияют на коэффициент продольного сцепления (φ_x). В таблице 1.1 приведены средние значения коэффициента для различных дорог и состояний их поверхности:

Таблица 1.1 Показатели коэффициента φ_x для различных состояний дорожного полотна

	Сухое	Мокрое
Асфальтобетонное шоссе	0,7–0,8	0,35–0,45
Дорога с щебенчатым покрытием	0,6–0,7	0,3–0,4
Грунтовая дорога	0,5–0,6	0,2–0,4
Снег	0,2	0,3
Лед	0,1	0,2

Зависимости продольного φ_x и поперечного φ_y коэффициентов сцепления от относительного скольжения S иллюстрируются так называемой

$\varphi - S$ диаграммой. Типичные $\varphi - S$ диаграммы в наиболее распространённых условиях движения представлены на рис. 1.1 [80].

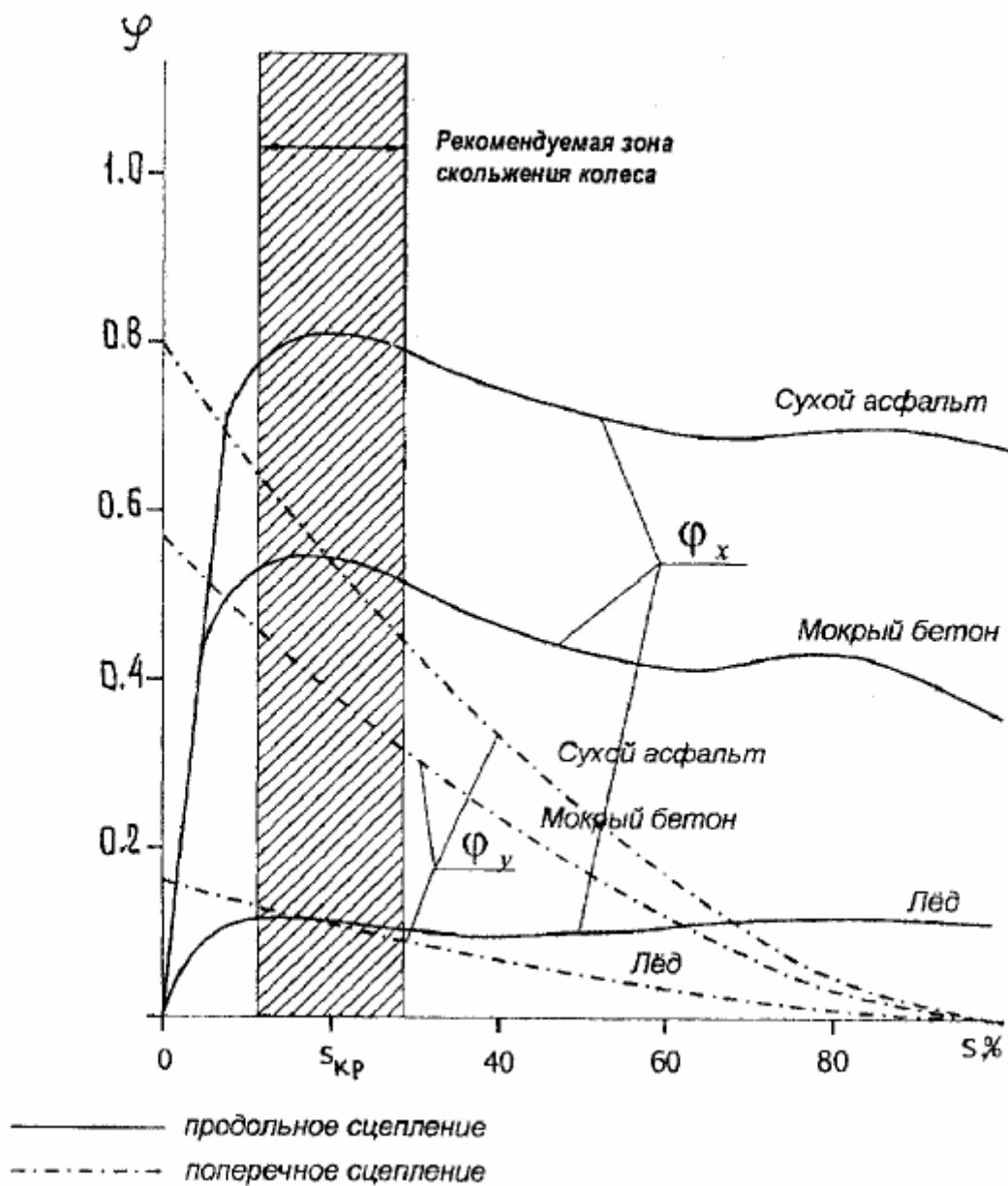


Рис. 1.1 Типичные $\varphi - S$ диаграммы в наиболее распространённых условиях движения

Передвигаться на автомобиле по гололеду очень опасно и непредсказуемо, так как автомобиль слабо контролируется водителем, который не в состоянии предотвратить аварию, если происходит занос или разворот автомобиля. Риск возникновения аварий при движении транспортного средства по гололеду повышается в 6 и более раз. В тоже

время городские службы, обеспечивающие пожарную и иную безопасность, автомобили скорой медицинской помощи, служба доставки вынуждены передвигаться по гололеду, несмотря на опасные дорожные условия.

В свою очередь, гололед повреждает поверхность дорожных покрытий, вызывает разрушение произведенных дорожно-ремонтных работ. Нередко на дорогах появляются ямы, трещины, местами сходит асфальт. Ежегодно от гололеда на дорогах региональные бюджеты терпят материальный ущерб в миллионы рублей. В период резкого обледенения в городские травмпункты обращаются сотни граждан с ушибами, переломами и вывихами. Государство в лице его страховых органов вынуждено финансировать лечение и восстановление здоровья граждан, пострадавших от гололеда или ДТП в период снегопадов, путем предоставления бесплатной медицинской помощи, лекарств, оплаты больничных листов, выплат пособий по временной нетрудоспособности или пенсий по инвалидности. Общие страховые расходы государства на восстановление здоровья граждан и их имущества составляют миллиарды рублей. Кроме того, в период зимнего обледенения и гололеда нарушаются линии электропередач, обесточиваются населенные пункты, районы и области. Восстановление электролиний требует огромных финансовых затрат, которые обычно возлагаются на региональные бюджеты, не всегда способные компенсировать убытки. В свою очередь, от прекращения подачи электричества страдают граждане, больницы, школы, финансовые и административные учреждения, государственные и частные предприятия. В результате стихийных бедствий, связанных с обледенением и обрывом электропередач и ремонтом дорог, отдельные регионы вынуждены просить из государственного бюджета финансовую помощь на восстановление коммуникаций и компенсацию причиненных убытков пострадавшим.

На обеспечение безопасности дорог в период зимних похолоданий ежегодно выделяются средства из местных бюджетов городов. В свою

очередь, отрицательная статистика показывает, что выделяемые средства не решают проблемы низкого качества дорог в зимний период.

Согласно данным ГИБДД за 2016 год зафиксировано 91208 человек, пострадавших от неудовлетворительного состояния дорог. В свою очередь, количество погибших граждан зафиксировано в количестве 7845 человек. В целом, рост ДТП на дорогах преобладает в городах федерального значения. В частности, в Санкт-Петербурге в 2016 году на 96,1 % увеличилось количество аварий, связанных с негативным состоянием дорожного покрытия, по сравнению с предыдущим годом. В Краснодарском Крае число подобных аварий из-за плохих дорог возросло на 36,6 %, в Ростовской области – на 41,9 %, в Чеченской Республике на 121,6 %, в Тюменской области – на 130,5 % по сравнению с 2015 годом. Повышение скользкости на дорогах обусловлено выпадением осадков, которые образуют рыхлый мокрый снег, гололед или снежный накат.

Неравномерная ситуация по распределению технических средств складывается вследствие того, что на сегодняшний день мало эффективно применяется метеорологическая информация по регионам, с помощью которой можно достаточно точно прогнозировать наступление стихийных явлений. В свою очередь, отсутствие информационных систем, которые будут эффективно обрабатывать априорную метеорологическую информацию, а также отсутствие подходящих моделей прогнозирования негативно влияют на предотвращение возможных последствий, которые возникают в результате гололедицы. Напротив, разработка специальных программ, производящих точные прогнозы, позволяющих максимально правильно распределить ресурсы для подготовки мер по стихийным природным явлениям, позволит снизить негативные последствия, избежать ненужных рисков и стабилизировать ситуации в регионах. Внедрение нового программного обеспечения позволит создать эффективную систему безопасности по предотвращению социальных рисков. Образование

специальных расчетных отделов по прогнозам в рамках действующих органов МЧС может способствовать более эффективной работе снегоуборочной техники, химических и технологических средств предотвращения гололеда и образования снежного наката как на автомобильных дорогах, так и на территории муниципальных образований, в том числе малообеспеченных населенных пунктов РФ.

1.2 Характеристика особенностей содержания автомобильных дорог в зимний период

В Национальном стандарте Российской Федерации[10], указаны требования к состоянию покрытия проезжей части, обочин и разделительных полос дорог и улиц. В требованиях говорится о том, что на проезжей части улиц и дорог, велосипедных и пешеходных дорожках, тротуарах, автобусных остановках, разделительных полосах и обочинах не должно быть чужеродных объектов, потенциально способных стать причиной совершения ДТП, затруднить проезд средств передвижения и помешать движению пешеходов и велосипедистов. Дорожное покрытие улиц и дорог, полос безопасности и укрепительных полос должно быть чистое, без видимых загрязнений, которые могут значительно ухудшить сцепление с проезжей частью. Также тротуары, пешеходные и велосипедные дорожки, автобусные остановки должны быть чистые. В противном случае загрязнения способны ухудшить беспрепятственное движение пешеходов и велосипедистов.

Еще одним важным элементом является ровность дорожного покрытия. Она должна соответствовать требованиям ГОСТ[10]. Ровность покрытия проезжей части измеряется прибором ПКРС-2У или профилометром. Если дорожные службы обнаружат ряд проблем, связанных с ровностью

покрытия, они должны незамедлительно отреагировать на негативные изменения и устранить их.

Дорожное покрытие в зимний период потенциально представляет большую опасность для автомобилистов. Чтобы обеспечить безопасность вождения в условиях зимы, также существуют требования к содержанию. Гололед и снег не должны присутствовать на проезжей части дорог и улиц после применения мер по устранению этих неблагоприятных для автомобилистов и пешеходов явлений. Меры по устранению должны быть осуществлены в установленные сроки.

Сроки устранения снега и зимней скользкости на проезжей части зависят от вида снежно-ледяных образований (рыхлый или талый снег, зимняя скользкость) (таблица 1.2).

Таблица 1.2 Сроки устранения снега и зимней скользкости на проезжей части

Вид снежно-ледяных образований	Категория дороги	Группа улиц	Срок устранения, ч, не более
Рыхлый или талый снег	IA и IB	A и Б	4(3)
	IB и II	B и Г	5(4)
	III – IV	Д и E	6(5)
	V	-	12
Зимняя скользкость	IA, IB и IB	A – B	4(6)
	II и III	Г и Д	5(7)
	IV	E	6(8)
	V	-	12

Зимнее содержание – это совокупность процедур, таких как: защита дорожного покрытия от снега; своевременная уборка снега с дорог и улиц; борьба с зимней скользкостью (гололедом); предупреждение снежных лавин; предохранение от наледей.

Коммунальные службы, обеспечивающие надлежащее содержание дорог и улиц, должны мгновенно реагировать на любые изменения и предоставлять потребителям (автомобилистам и пешеходам) соответствующий уровень содержания дорог в зимний период.

Осуществление комплекса мер позволяет обеспечить необходимое состояние дорожного покрытия, что делает процесс содержания дорог и улиц в зимний период наиболее дешевым и легким. Чтобы реализовать выполнение данных задач, при содержании дорожного покрытия в зимний период проводятся такие меры, как:

- Профилактические. Они представляют собой обработку дорожного полотна химическими веществами с целью профилактики гололеда и зимней скользкости.

- Защитные. Эти меры являются предохранением от метелевого заноса, снежных лавин и зимней скользкости.

- Очистительные. Служат для очистки дорожного покрытия от снега и льда. Включают в себя обработку обледеневшей поверхности дороги веществами и материалами, способными повысить коэффициент сцепления шин с дорогой.

В зимний период состояние покрытия улиц и дорог зависит от особенностей конструкции, уровня защищённости от снежных заносов, климатических и географических условий, и своевременной борьбы с зимней скользкостью.

Требования к зимнему содержанию определены[11], как национальный стандарт РФ он введен с 1 декабря 2015 года Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 августа 2015 г. № 1121-ст.

Чтобы определить уровень воздействия снега и гололеда на распорядок движения транспортных средств, требуется произвести расчеты.

Присутствует или нет зимняя скользкость на дорожном покрытии – это зависит от совокупности метеорологических факторов. Гололед появляется на дорожном покрытии с вероятностью 90 % при условии, что имеет место отрицательная температура в совокупности с мокрым снегом или переохлажденным дождем. При этом, в большинстве случаев, начало нарастания гололеда уже видно через несколько часов после изменения условий погоды.

Противодействие зимней скользкости происходит следующим образом:

- улучшается сцепление шин транспортных средств с дорожным покрытием;
- убираются снежные и ледяные массы с дорожного покрытия;
- предупреждается образование гололеда на поверхности улиц и дорог.

Основными методами противодействия зимней скользкости являются такие методы, как: фрикционный, химический, тепловой, механический.

Фрикционный метод заключается в том, что на поверхность гололеда разбрасываются и посыпаются материалы и вещества, способствующие повышению коэффициента сцепления колес транспортных средств с дорожным покрытием. К таким материалам и веществам относятся: песок, зола, соль и другие.

При комплексном фрикционно-химическом методе твердые хлориды смешивают с песком. Песко-фрикционные массы имеют негативную сторону, поскольку считаются более дорогими, а также способными нанести угрозу водостокам, засоряя их. Для сравнения, расход материалов при данном методе: на безопасных участках – 0,1-0,2 м³ на 1000 м² дорожного покрытия (от 100 до 400 г/м²), на опасных – 0,3-0,4 м³ на 1000 м².

Механический метод включает в себя применение самоходных и прицепных машин с использованием механизмов, способных нанести срезывающее, ударное, вибрационное и скребковое давление, чтобы разбить ледяную поверхность и убрать ее с покрытия дорог и улиц. Минус данных

машин заключается в том, что они не способны убрать тонкие ледяные наросты-пленки.

Противодействие зимней скользкости с помощью механического метода зачастую сочетают с химическим методом. На слой снега и льда изначально воздействуют с помощью химических веществ, после чего убирают его с дорожного покрытия с помощью машин.

Существуют также методы воздействия на дорожное полотно в зимний период с помощью тепловой обработки. К ним относятся:

– метод удаления слоя снега и льда с помощью специальных нагревательных устройств, предварительно помещаемых в дорожные покрытия на процессе строительства;

– метод удаления слоя снега и льда с дорожных покрытий с применением тепловых машин.

В настоящее время наиболее действенным методом борьбы с гололедом принято считать химический метод. Реагенты применяются для того, чтобы абсолютно уничтожить или предотвратить образующийся слой льда.

Для борьбы с появлением гололеда и его растворения, по поверхности покрытия наносят вещества, образующие раствор с более низкой температурой замерзания. В таблице 1.3 – реагенты для борьбы с гололедом.

Таблица 1.3 Реагенты для борьбы с гололедом

Реагент	Температура применения, °С	Расход, г/м ²
NaCl	-10 ... +1	13 - 68
CaCl ₂	-25	до 20
NaCl + CaCl ₂ , раствор	-17 - 0	21-50 л/м ² соли
СМА	-5 - 0	15 - 39
Мочевина	-9	26 - 136
MgCl ₂	-15	8 -11

Нормы распространения по поверхности веществ против снега и льда зависят от температуры воздуха, вида хлорида, толщины и плотности ледяной корки на дорожном покрытии. По ведомственным строительным нормам ВСН 20-87 расход хлоридов за зиму не должен превышать 2 кг/м² во второй дорожно-климатической зоне и 1,5 кг/м² в третьей дорожно-климатической зоне.

В условиях очень низких температур, характерных для большей территории РФ, свойства солей, способных производить антигололедный эффект, сильно снижаются.

Если провести обработку с помощью сухой соли, то можно потерять до 70 % хлорида, потому что ветер и колеса автомобилей уносят соль. Если же провести обработку, применив хлорид в жидком виде, то расход реагента может снизиться в 2 раза. Также это снизит негативное воздействие соли на окружающую среду.

Температура воздуха также служит весовым фактором для качественной обработки дорожного покрытия. Меры по противодействию зимней скользкости не рекомендуется применять в условиях, когда температура воздуха ниже температуры, при которой замерзает раствор. Снег и накат обрабатываются в условиях, когда температура воздуха на ниже минус 20° С, лед — до минус 4 °С. Чем температура более низкая, тем расход материалов будет больше.

С учетом вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что требования к содержанию дорог в зимний период представляют собой ликвидацию слоя снега и льда в кратчайшее время, а нормы распределения материалов и веществ для борьбы со скользкостью предписываются из условия растворения толщины ледяного покрова.

Самым рациональным методом является профилактический метод противодействия зимней скользкости. Он представляет собой в распределение противогололедных материалов и веществ до наступления

снегопада, что препятствует склеиванию льда с дорожным покрытием, уменьшает расход хлоридов и устраняет необходимость использования песка.

1.3 Характеристика особенностей свойств снега и снежного покрова

Снежный покров (настил, осадки) является одним из сезонных явлений. В зимний период покрывает практически всю площадь нашей страны. Столь большое образование снежного покрова и частота его выпадения объясняется географическим расположением страны, типом ландшафта и атмосферной циркуляцией потоков воздуха.

Основой снежного настила являются твердотельные осадки (в большинстве случаев – снег), имеющий свойство частично сохранять свою структуру при температуре ниже нуля[52].

Смешанность и непостоянство – главные факторы, которые характеризуют снежный покров. Разнообразие высоты, концентрация, структура снежного слоя заранее predetermined, с момента приземления снежных крупинок на любую поверхность, вырастая в объеме благодаря кристаллизационным метаморфозам (уплотнение, движение снежной массы) и образованию свежих снежных слоев.

Снежный покров имеет свои отличительные физические атрибуты и повинуетя уникальным законам образования и взаимодействия с природой. Благодаря своим теплоизоляционным свойствам снег оберегает землю от промерзания, обеспечивает защиту представителям животного мира и растениям от внезапных изменений температуры.

Рельефные течения под снежным настилем проходят абсолютно по-другому, нежели на территориях, лишенных снега. Атмосферные осадки (в данном случае снег) обеспечивают снабжение поверхностных водных

источников, а также подземные (грунтовые) воды. Поверхностные и подземные воды имеют прямую зависимость от снежного покрова (физических качеств и таяния) и его распределения по почве.

Снег является результатом разнообразных климатических процессов, поэтому сам является причиной и источником климатообразования. Он имеет серьезное влияние на температурный режим почв в течение всего года, воздействует на влажность земли, перемещение (миграцию) животного и растительного мира.

Зимний покров можно считать «зеркальным отображением» сезонной ситуации в природы: служит «аккумулятором», который накапливает в себе всю информацию ландшафта (биогенные и абиогенные элементы информирования)[68].

1.4 Образование и форма снега

Снег – водный пар, который преобразовался в маленькие крупички (кристаллы) льда, благодаря низкой температуре, образованной в атмосфере на большой высоте. Представляет из себя белые или прозрачные кристаллы.

Созданию снежных кристаллов содействуют кристаллизационные ядра. Наиболее подходящие элементы для кристаллизации имеют геометрическую решетку, похожую на решетку льда.

Изучение снежинок при помощи электронных микроскопов показали, что в центрах снежинок были зафиксированы частицы микроорганизмов, угольных пород, глины и каолина.

Строение кристалла льда имеет тригональную форму. Благодаря парному развитию образовывается шестиугольный кристалл. Кристалл имеет 4 оси. Три из четырех расположены в одной плоскости, при этом создавая между собой углы в 120° , главная (4 ось) имеет перпендикулярное

направление к данной плоскости и образует ось симметрии[49].

Большое количество и уникальность форм снежинок достигается путем воздействия различных обстоятельств на их рост. Если обобщить все разнообразие и уникальность форм снежинок, можно выделить два главных типа:

- первый тип заключается в создании пластинчатых кристаллов при температурах в пределах от -20° до -250° (пушинки, пластинки, звездочки);

- второй тип – это столбчатые кристаллы, образованные при температурах, низших -250° (иглы, ежи, столбцы)[51].

Помимо осадков, которые бывают зимой, можно наблюдать и другие осадки, образующиеся на снегу и разнообразных предметах и поверхностях: гололед, изморозь, иней.

Представленные первичные формы осадков можно разделить на три типа, опираясь на их физические атрибуты и структуру:

1. свежий снег – только появившийся снег;
2. старый снег – снег, который подвергся уплотнению. Имеет различную зернистость. Также сюда можно отнести и плавающий снег;
3. фирн – промежуточная форма между снегом и льдом. Обычно представляет собой многолетнее образование снежной субстанции, сильно напоминающую лед, которая находится в горах.

1.4.1 Физические характеристики снега

Масса снега. Средний вес одной снежинки (звездочка) равняется 0,1 мг, вес пластинки в среднем 0,007 мг.

Цвет снега. Окрас снега зависит от его строения, количества воздуха, содержащийся в нем. Только спустившийся снег имеет голубоватый оттенок, сбитый ветром, в комочки, снег имеет белый цвет с серебристым оттенком,

старый снег имеет зеленовато-серый цвет.

Пластичность снега. Снег обладает хорошими деформационными свойствами и имеет способность к прилипанию.

Мощность снега. Под данным обозначением нужно подразумевать толщину снежного покрова, которая измеряется рейкой-линейкой. Измерение происходит перпендикулярно поверхности, где находится снег.

Плотность снега. Данное свойство является одним из важнейших. Оно определяется как отношение объема воды, которое получилось после таяния предоставляемого объема снега, к объему снега до таяния[68].

1.4.2 Стратиграфия снежной толщи

Снежные слои обладают так называемой «памятью». Они могут дать информацию о погодных условиях зимнего сезона, которые были раньше. Аналогичной способностью обладают и снежные кристаллы (строение), количество слоев толщи, типы и виды корок.

Если вырыть в снегу глубокое вертикальное углубление (шурф), можно обнаружить различные слои толщи снега. Самый верхний слой – это только что или недавно выпавший снег. Средние слои представляют из себя уже кристаллизационный снег. Самый нижний слой – это глубинная изморозь. Слои могут разделяться тонкими ледяными корками.

В разрезе толщи снега, помимо разных слоев, можно увидеть тонкие ледяные прослойки или тонкие плотные горизонты. Это корки, образование которых происходит на поверхности (солнечные, ветровые, оттепельные и гололедные корки) или внутри толщи путем сублимирования снега.

Солнечные корки образуются при воздействии морозного воздуха или охлажденной поверхности на подтаявший, с помощью солнца, верхний слой снега. Данные корки являются самыми прочными.

Гололедные корки появляются при выпадении осадков в виде мороси. Обычно поверхность корки неровная, малая прочность предрасполагает к быстрому таянию или испарению.

Оттепельные корки появляются вследствие воздействия теплого воздуха.

Ветровые корки образуются благодаря воздействию ветра (механическое давление ветра).

Сублимационные корки появляются как на поверхности, так и внутри толщи снега. Процесс появления связан с воздействием влажного ветра или подпиткой водными парами из низших слоев, которые являются более теплыми.

1.4.3 Снежный покров и его характеристика

Снежный настил (покров) – слой снега, который образовался с помощью снегопадов и (или) метелей. Обладает очень маленькой плотностью, которая со временем только возрастает.

Отражающая способность только что выпавшего снега составляет 70 – 90%, тающего или весеннего – 30 – 40%. Формирование снежной поверхности происходит благодаря воздействию ветров и солнечной радиации. Снежные рельефы, образованные ветрами, могут быть накопительными (сугробы, дюны, барханы) или израсходованными (дефляционные) – впадины, заструги.

Благодаря маленькой плотности покрова (свежий снег - 0,05 – 0,1 г/см³, 0,3 - 0,4 г/см³ – сухой снег в конце зимы, многолетний снег имеет плотность 0,5 – 0,6 г/см³) имеется большая теплопроводность.

Максимальные снежные запасы – это самая большая масса воды, которая содержится в снежном настиле. Для научных и исследовательских

целей очень важна информация о длительности периода с постоянными залежами снега. Устойчивым снежным покровом принято называть настил, который залегает не меньше месяца.

Межгодовое изменение снегопадов – одна из главных причин изменений талого стока, активности лавин, массы ледников. В создании карт снежного покрова хорошо изученных территорий используются зависимости снежных запасов и количества снегопадных дней от абсолютной высоты. Подсчеты велись, учитывая ряд таких аспектов как: расстояние до океана (удаленность), экранированность, тенденция макросклонов сравнительно влагонесущих потоков. Каждодневная информация от метеостанций предоставляет данные о плотности и толщине снежного покрова, и дает возможность определить режим снегонакопления в определенной точке.

1.4.4 Методы наблюдения за снежным покровом

Контроль снежного покрова заключается в ежедневных проверках изменения снежного настила и повременного взятия съёмов снега для определения снегонакопления и запаса воды на ландшафте. При контроле за снежным покровом выясняют:

- уровень покрытия снегом территории вблизи станции (измеряется в баллах);
- природу лежащего покрова (обозначается кодом);
- строение снега; (фиксируется кодом);
- высоту покрова, в специальном месте (площадка или участок) (записывается в см);

При взятии проб снега (снегосъёмка) на любом из маршрутов выясняют:

- среднюю высоту покрова;
- среднюю плотность снега;

- строение и конструкцию покрова (прослойки льда, снега, воды);
- какое имеет состояние поверхность почвы, находящаяся под снегом (талая или мерзлая).

Степень покрытия снегом окрестности станции, характер залегания снежного покрова и структура снега оцениваются наблюдателем при визуальном осмотре окрестности станции в соответствии с принятыми шкалами. Уровень покрова выясняется на ранее произведенных измерениях расстояния от земли до крайней точки покрова (черта разделения покрова и атмосферы). Плотность снега вычисляется как отношение массы вертикального столба снега к объему этого столба. В плотность снега не включается снег, насыщенный водой, плотность корки, плотность воды под снегом. Запас воды в снежном покрове вычисляется по измеренным значениям высоты снежного покрова, значениям плотности снега и принятым средним значениям плотности снега, насыщенного водой, талой воды и ледяной корки.

Определение основных характеристик снежного покрова на элементах ландшафта производят на выбранных и закрепленных на местности снегомерных маршрутах.

1.5 Выбор и обоснование методологии принятия управленческих решений в природно-технических системах на основе геоданных

В современном мире функционирование ряда хозяйственных и социальных систем происходит в условиях неопределенности осуществления погодных условий. Зачастую, учет влияния этих факторов в процессе принятия управленческих решений используется на различных уровнях недостаточно широко. В процессе планирования, как правило, задействованы данные метеорологических прогнозов, а их отклонение от

фактических условий погоды приводит к неточности принимаемых решений и как следствие – к снижению социально-экономического эффекта системы. Необходимо совершенствование методов использования гидрометеорологической информации при принятии управленческих решений.

Согласно определению [43], под управлением необходимо понимать циклический процесс воздействия на управляемый объект органов управления, в ходе которого в реальном масштабе времени, последовательно, основываясь на обработке исходной информации и перманентной оценке обстановки, разрабатывается план по достижению цели и действия, необходимые для его реализации; осуществляется передача воздействий и контроль за их выполнением; ведется (в зависимости от изменений в условиях обстановки) коррекция плана, а также выработка новых воздействий, которые отбираются из множества альтернативных возможных вариантов и призваны обеспечить достижение при оптимальных затратах ресурсов конечной конкретной цели; осуществляется последующая передача указанных воздействий объекту управления.

В соответствии с концепцией устойчивого развития управление должно осуществляться путем выработки обоснованного решения, направленного на отыскание наилучшего способа достижения поставленной цели, с учетом трех основных составляющих: экономической, социальной и экологической. В этой связи, уместно, и даже необходимо рассматривать принятие управленческих решений в постоянной взаимосвязи с гидрометеорологическими условиями.

На современных предприятиях роль управления столь велика, что последнее рассматривается в настоящее время как наука или искусство. Обозначенный тезис основан на том факте, что организации являются сложными системами, для управления которыми требуется учет большого числа факторов внутренней и внешней среды. Принятие решений

управленческого характера с учетом гидрометеорологических данных основывается на знаниях и умениях, связанных с разными областями науки, а также на интуиции и на опыте менеджеров организаций. В данной работе мы сосредоточим свое внимание на таких факторах внешней среды предприятия, как экономические и природно-климатические факторы. Рассмотрим более подробно категории управления указанными факторами.

1.5.1 Категории управления

Для того, чтобы управляющее воздействие направляло поведение объекта управления на достижение поставленных целей, данное воздействие должно отвечать трем ключевым требованиям, к которым относят:

- своевременность его передачи на управляемый объект;
- правильность определения характера того действия, которое должен будет выполнить управляемый объект;
- однозначность понимания того, какое именно действие должен выполнить управляемый объект.

Указанные выше требования отражают соответствующие им категории:

- оперативность как способность своевременно исправлять и/или направлять ход воздействия;
- обоснованность как способность находить правильное (нужное) воздействие, выбор которого подтверждают факты (текущие значения) или серьезные доводы (прогнозируемые значения);
- категоричность как способность передавать воздействие на объект управления в форме «...ясной, безусловной <и> не допускающей иных толкований».

Порядок выработки управляющих воздействий во времени определяется оперативностью. Категория оперативности и категория обоснованности пребывают в диалектически противоречивой связи. Желание дать более полное обоснование решению потребует бóльших временных затрат и, следовательно, всегда приводит к снижению оперативности. С другой стороны, в некоторых условиях требование повысить оперативность будет приводить к снижению обоснованности принимаемых решений.

Категоричностью определяется форма передачи управляющего воздействия на объект управления; требуется, чтобы форма не допускала прочих толкований, была твердой и гибкой одновременно.

Процесс выработки управленческого решения является согласованным по целям и ресурсам, исполнителям, срокам и технологиям. А также согласован в пространстве комплексом работ по подготовке решения, по контролю за его исполнением и по координации мероприятий в процессе его реализации. [22]

Рационализированному процессу решения проблем и задач свойственны следующие этапы, которые, при необходимости, выполняются одновременно, параллельно или итерационно, с возвратом к выполнению предыдущих этапов[43]:

1. Ситуационный анализ (анализ проблемной ситуации);
2. Идентификация проблемы и постановка цели;
3. Поиск необходимой информации;
4. Формирование множества возможных решений;
5. Формирование критериев оценки решений;
6. Разработка индикаторов и критериев для мониторинга реализации решений;
7. Проведение оценки решений;
8. Выбор наилучшего решения;

9. Планирование;
10. Реализация;
11. Мониторинг реализации;
12. Оценка результата.

При этом выполнение всего процесса и этапов осуществляется рационально обоснованным способом.

Математическая модель принятия решений имеет следующий вид:

$$Y = Y_{opt} \{S_0, T, Q/S, A, B, Y, f, K\} \quad (1.1)$$

где S_0 – проблемная ситуация;

Q – ресурсы;

S – множество альтернативных ситуаций;

A – множество целей управления;

B – множество ограничений;

Y – множество альтернативных вариантов решений;

f – функции предпочтения субъекта управления;

K – критерий выбора;

Y_{opt} – оптимальные решения.

Принятие всех решений всегда ведется на основании информации, которой обладает лицо принимающее решения (ЛПР). Каждая задача должна в своей постановке отражать как структуру, так и динамику знаний, имеющихся у ЛПР, – знаний о множестве допустимых решений и показателях эффективности.

В тех случаях, если информационное состояние (ИС) неизменно и известно заранее, задачу называют *статической*. Когда информационные состояния в процессе принятия решения постоянно сменяют друг друга, задачу обозначают как *динамическую*.

Информационные состояния лица принимающего решения по-разному могут характеризовать физическое состояние ИС:

- Когда ИС состоит из одного физического состояния, задачу называют *определенной*.
- Когда ИС состоит из нескольких физических состояний, а ЛПР помимо их множества известна также вероятность каждого из этих состояний, такую задачу называют *стохастической* (или *частично неопределенной*).
- Когда ИС состоит из нескольких физических состояний, однако ЛПР помимо их множества не известно ничего о вероятности каждого из них, задачу обозначают как *неопределенную*.

Всем оптимизационным задачам характерна общая структура. Они могут быть классифицированы как задачи минимизации/максимизации M -мерного векторного показателя эффективности $W_m(x)$, $m = 1, 2, \dots, M$, N -мерного векторного аргумента $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, компоненты которого удовлетворяют системе ограничений-равенств $h_k(x) = 0$, $k = 1, 2, \dots, K$, ограничений-неравенств $g_j(x) > 0$, $j = 1, 2, \dots, J$, областным ограничениям $x_{li} < x_i < x_{ui}$, $i = 1, 2, \dots, N$.

Все задачи на принятие оптимальных решений могут быть классифицированы на основании вида функций и размерности $W_m(x)$, $h_k(x)$, $g_j(x)$, а также размерности и содержания вектора x :

- одноцелевое принятие решений;
- многоцелевое принятие решений;
- принятие решений в условиях определенности, когда исходные данные детерминированы;

- принятие решений в условиях неопределенности, когда исходные данные случайны. [84]

1.5.2 Принятие погодо-хозяйственных решений в условиях неопределенности

Современные условия для ведения экономической деятельности могут быть обозначены нами исключительно как условия неопределенности, потому что ожидаемые доходы и расходы невозможно определить однозначно. Поскольку отклонения плановой и фактической величины доходов и расходов носит случайную природу, для обозначения негативных последствий неопределенности результата экономической деятельности общепринято использовать понятие риска. Риски в экономической деятельности вызваны в том числе и воздействием климата и погоды [33].

В качестве условий неопределенности обозначают ситуацию, при которой результат принимаемых решений неизвестен. Неопределенность подразделяют на неопределенность стохастическую (предполагает наличие информации о распределении вероятности на множестве результатов), неопределенность поведенческую (предполагает наличие информации о влиянии на результаты поведения участников), неопределенность природную (предполагает наличие информации только о возможных результатах, при этом отсутствует информация о связи между решением и результатом) и неопределенность априорную (отсутствует информация и о возможных результатах). Задачей обоснования решений при условиях всех типов неопределенности, помимо неопределенности априорной, является сужение на основе информации, которой располагает ЛПР, исходного множества альтернатив. В условиях стохастической неопределенности повышается качество рекомендаций для принятия решений в случае учета таких характеристик личности лица принимающего решения, как его отношение к

личным выигрышам и проигрышам, а также склонность к риску. В условиях априорной неопределенности обоснование решений видится возможным путем построения алгоритмов адаптивного управления. [22]

Под принятием **управленческих решений в условиях неопределенности** обычно понимается ситуация, когда вероятности различных вариантов развития событий заранее неизвестны субъекту, принимающему рисковое решение.

Для формализации конкретной задачи оптимального принятия управленческих решений в условиях неопределенности, необходимо выполнить следующие процедуры:

1. Определить множество $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ всех возможных ситуаций (независящих от ЛПР), которые влияют на конечный результат соответствующих решений в рамках анализируемого процесса. При этом указанный набор ситуаций $\{\theta_j, j = \overline{1, n}\}$ должен быть полной группой событий (т.е. одно событие наступит обязательно, но невозможно наступление двух любых событий одновременно).

2. Составить варианты всех возможных альтернативных решений $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, которые требуется анализировать, и для которых конечный результат будет зависеть от реализованной ситуации.

3. Определить ожидаемые результаты $a_{i,j}$ для случаев, когда будет принято решение X_i , а внешняя ситуация сложится такая, которая соответствует событию θ_j . Эти результаты представляют в виде матрицы $A = (a_{i,j})$, которую называют *матрицей полезности*.

Структура матрицы полезности имеет следующий вид:

$$A = \begin{matrix} & \theta_1 & \theta_2 & \theta_3 & \dots & \theta_n \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Рис.1.2 Структура матрицы полезности

4. Для задачи принятия решений в условиях неопределенности, поставленной в таком виде, требуется выбрать одно альтернативное решение (наиболее оптимальное для конкретного ЛПР) из представленного множества $\{X_i, i = \overline{1, m}\}$

Основные критерии, используемые в процессе принятия управленческих решений в условиях неопределенности, представлены ниже.

- максиминный критерий (критерий Вальда);
- оптимистический критерий (критерий «максимакса»);
- нейтральный критерий;
- критерий Сэвиджа (критерий потерь от «минимакса»);

1. Критерий Вальда [22] (или критерий «максимина», ММ-критерий) предполагает, что в рамках данного подхода из всех возможных альтернативных решений «матрицы полезности» за основу выбираются самые неблагоприятные результаты. В качестве оптимального решения выбирается наибольшее из минимальных значений (т.е. значение эффективности лучшее из худших). Выбор на основе критерия Вальда гарантирует максимальное значение величины дохода в случае самой неблагоприятной ситуации. Данный критерий характеризуется крайней осторожностью ЛПР к неопределенности результата, поэтому имеет другое

название — критерий пессимизма. Как правило, им руководствуется субъект, не склонный к риску. Целевая функция критерия выглядит следующим образом:

$$Z_{MM} = \max_i \{K_i\}, \text{ где } K_i = \min_j \{a_{ij}\} \quad (1.2)$$

2. Критерий «максимакса» [22] (оптимистический критерий, Н-критерий) предполагает, что в рамках данного подхода из всех возможных альтернативных решений «матрицы полезности» за основу выбираются самые благоприятные результаты. В качестве оптимального решения выбирается наибольшее из благоприятных значений (т.е. значение эффективности лучшее из лучших). Критерий максимакса используют, как правило, субъекты с крайней оптимистической позицией к неопределенности результата, т.е. с позицией «азартного игрока», уверенного в успехе и склонного к рискованным решениям. Целевая функция критерия:

$$Z_H = \max_i \{K_i\}, \text{ где } K_i = \max_j \{a_{ij}\} \quad (1.3)$$

3. Нейтральный критерий (N-критерий) [22] предполагает нейтральную или средневзвешенную позицию ЛПР к возможным значениям конечного результата. Для учета результатов ЛПР принимаются «веса» изначально равные между собой (т.е. $1/n$). В рамках данного подхода из всех возможных альтернативных решений «матрицы полезности» за основу выбираются средние арифметические значения всех показателей каждого анализируемого решения. В качестве оптимального решения выбирается такое, при котором «средневзвешенный» результат будет наибольшим. Целевая функция критерия:

$$Z_N = \max_i \{K_i\}, \text{ где } K_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (1.4)$$

4. Критерий Сэвиджа (критерий потерь от «минимакса», S-критерий) предполагает крайне осторожную позицию ЛПР к возможным потерям из-за недостаточных сведений о том, какая из реализуемых ситуаций, влияющая на результат, будет иметь место в данном случае. При использовании S-критерия «матрица полезности» преобразуется в «матрицу потерь», в которой просчитываются размеры потерь при различных вариантах развития событий. Далее, анализируя полученную матрицу, за основу принимаются самые неблагоприятные результаты возможных потерь из всех альтернативных событий. В качестве оптимального решения выбирается то, при котором самый неблагоприятный результат будет наиболее приемлемым. Целевая функция критерия:

$$Z_s = \min_i \{K_i\},$$

где

$$K_i = \max_j \{l_{ij}\};$$

$$l_{ij} = \max_i \{a_{ij}\} - a_{ij} \quad (1.5)$$

Описанные выше подходы целесообразно применять при решении таких метеоролого-экономических задач, которые требуют знания климатологических данных. Действительно, в подобных случаях методом экспериментирования невозможно осуществить построение матрицы расходов. Необходимо задать определенные типы погоды и/или климатические условия Φ , и соответствующие им необходимые издержки.

К таким задачам мы можем отнести:

- выбор объема сезонных запасов топлива;
- выбор, в зависимости от влагообеспеченности оросительных систем и норм орошения;

— выбор, в зависимости от комплекса мезо- и микроклиматических условий места для строительства объекта (коммунального объекта, торгового, либо объекта иного назначения);

— выбор, в зависимости от водопотребления в заданных районах урожайных сортов сельскохозяйственных культур, и большой ряд других задач. [24]

Гидрометеорологические условия способны оказывать многофакторное влияние на различные сферы деятельности человека. При этом, можно выделить три сферы зависимости от гидрометеорологического фактора: экономическая, экологическая и социальная. При этом, для различных регионов доминирующей будет различная зависимость.

Несмотря на тот факт, что гидрометеослужба имеет возможности для предоставления потребителям (лицам, которые принимают решения экономического характера на основе сведений об ожидаемом состоянии атмосферы) прогностической информации в виде любого числа градаций, которые отражают влияние метеоусловий на производственную (хозяйственную) деятельность, большинство из них сложную погоду-зависимость не детализирует и использует прогноз в качестве обоснования для простой альтернативы: «применить меры защиты в случае, если предвидится опасная погода», либо «продолжить выполнение производственных операций, если ожидается погода благоприятная». Указанным альтернативным регламентом хоть и определяется возможность для получения некоторых экономических результатов, однако он соответствует скорее нижним пределам потенциальной полезности от краткосрочных гидрометеорологических прогнозов.

Принятие решений управленческого характера на основе геоданных является условием для обеспечения гидрометеорологической безопасности объекта управления и потому должно осуществляться и на микро-, и на макроэкономическом уровнях. В первую очередь, необходим анализ,

который направлен на выявление погодо-зависимых элементов в экономической системе и на определение для последних видов потенциального ущерба, как и *факторов риска* (на определение порогового значения для метеорологических величин и/или условий погоды, наличие которых способно привести к реализации риска).

При рассмотрении управленческих решений с использованием метеорологических прогнозов необходимо, в первую очередь, определить исходные данные, а также цели и задачи, которые стоят перед ЛПР, и горизонт времени для рассматриваемого процесса. Для горизонта времени, на который требуется определить значения временного ряда, принято обозначение «время упреждения» [44]. Задачи принятия управленческих решений в зависимости от времени упреждения можно разделить на следующие:

- оперативное управление;
- средне-срочное управление;
- стратегическое управление.

При этом важно понимать, что для каждого производственного процесса приведенная классификация имеет свои собственные диапазоны. На рис.1.3 показана графическая иллюстрация процесса изменения температуры во времени, где на разных отрезках времени t , будут осуществляться различные типы управления.

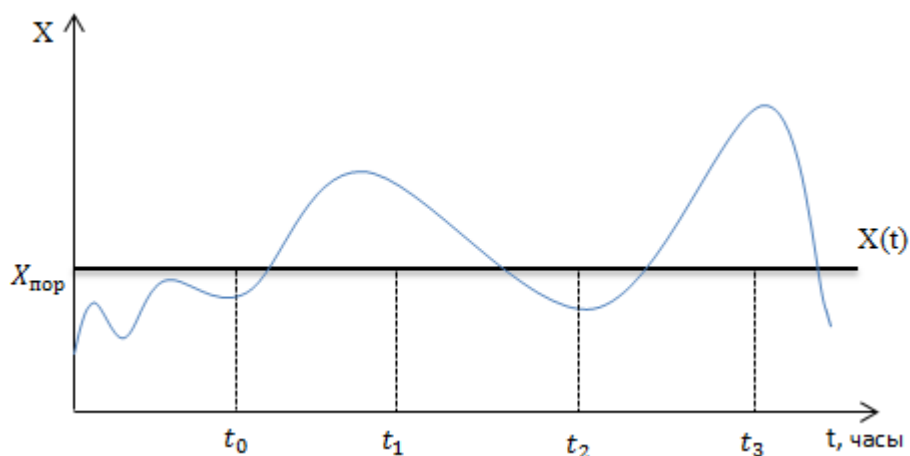


Рис. 1.3 Реализация процесса изменения температуры во времени

Ввиду того, что у ЛПР есть возможность получить множество вариантов прогнозов из различных источников, а также непосредственно фактическая реализация процесса, мы сталкиваемся с ситуацией (рис. 1.4), в которой нас интересует длительность периода превышения отметки $X_{пор}$, прогноз максимального отклонения значения X от отметки $X_{пор}$, а так же период повторяемости этого превышения.

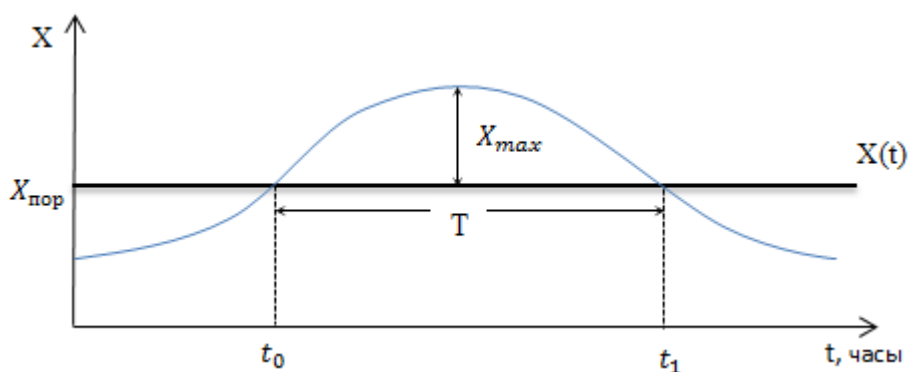


Рис. 1.4 Превышение порогового значения

Различные методики прогноза будут давать разные значения величин T и X_{max} с различной вероятностью наступления этих событий. Для того чтобы найти наиболее подходящий вариант, требуется просчитать каждый из доступных вариантов прогноза и сравнить друг с другом.

Исследуя зависимость результатов экономической деятельности от влияющего метеорологического фактора X , будем полагать, что ущерб U возможен, если реализованное значение X больше установленного порогового значения $X_{\text{пор}}$, определяемого спецификой экономической деятельности ($X > X_{\text{пор}} \rightarrow U > 0$), и ущерб является функцией значения метеорологического фактора $U = U(X)$. Реализация X в момент времени t является случайным событием, а изменение X во времени представляет собой случайный процесс $X(t)$ [44], как показано ниже (рис. 1.5).

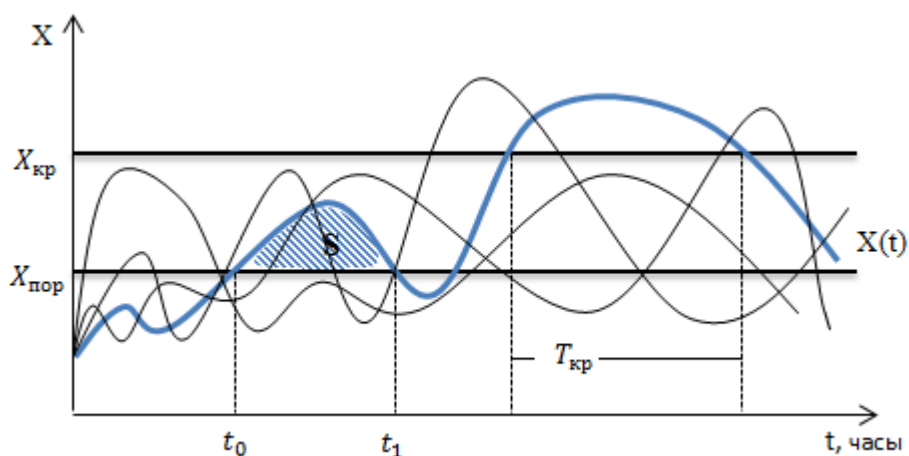


Рис. 1.5 Реализация метеорологического фактора во времени

Исследуя возможные реализации случайного процесса $X(t)$ на данной территории за достаточный период времени, можно определить наиболее характерные сценарии процесса. Климатические изменения будут приводить к отклонениям от типовых сценариев и потребуют совершенствования мер защиты.

На основании накопленной информации о возможных реализациях случайного процесса и их экономических последствиях можно дать климатическую оценку риска R [44]:

$$R = Q(X(t) > X_{\text{пор}}) \cdot U(X), \quad (1.6)$$

где: $Q(X(t) > X_{nop})$ — вероятность превышения порогового значения метеорологического фактора X_{nop} случайной функцией $X(t)$, описывающей поведение этого фактора во времени.

При условии стационарности исследуемого процесса на временном интервале τ в качестве оценки $Q(X(t) > X_{nop})$ может быть использована прогнозная оценка вида [44]:

$$Q(X(t) > X_{nop}) = \left(1 - \Phi \left\{ \frac{X_{nop} - m_x - r_x(\tau)[X_0 - m_x]}{\sigma_x \sqrt{1 - r_x^2(\tau)}} \right\} \right), \quad (1.7)$$

где: $\Phi(\dots)$ — функция Лапласа, m_x — математическое ожидание случайного процесса $X(t)$, $r_x(\tau)$ — автокорреляционная функция, σ_x — среднеквадратическое отклонение, X_0 — текущее значение метеорологического фактора, τ — заблаговременность прогноза.

Гидрометеорологические риски в общем случае связаны как с наступлением неблагоприятных погодных условий, так и с ожиданием последних. Использование прогноза погоды дает возможность для снижения риска появления ущерба по причинам гидрометеорологического характера относительно климатических оценок, однако не позволяет исключить обозначенный риск полностью — появляются риски менеджмента, обусловленные проблемой выбора оптимальных управленческих решений в соответствии с принципом максимизации ожидаемой полезности, который учитывает неопределенность реализации прогноза состояния гидрометеосреды.

Современная теория принятия индивидуальных решений построена на модели ожидаемой полезности, в которой одним из ключевых компонентов является присутствие случайного фактора (неопределенности относительно будущих событий). Погодо-хозяйственное решение, учитывающее влияние погодных факторов на экономическую деятельность, содержит неопределенность в отношении реализации состояния погоды, на которую

оно было ориентировано. Потребитель должен располагать набором погодо-хозяйственных решений (действий), дифференцированных в зависимости от интенсивности I и продолжительности μ воздействующего метеорологического фактора.

На основе анализа погодных условий, которые оказывают влияние на хозяйственную деятельность, возможно ранжировать степень опасности последних и выявить пороговые значения для метеорологических величин, которые требуют дифференциации защитных мер. Считается, что при правильном прогнозе ожидаемого уровня опасности и при применении мер защиты, размеры предотвращаемого ущерба должны быть больше, чем издержки на проведение мероприятий защитного характера.

Погодо-хозяйственное действие (решение) d_j в качестве результата ориентации на ожидаемую погоду Π_j свое экономическое выражение имеет в виде модификации функции полезности – матрицы потерь потребителя $\|s_{ij}\|$. Метеорологические же издержки потребителя s_{ij} определяют как степень адекватности прогнозируемых погодных условий Π_j и фактически осуществившихся условий погоды Φ_i , так и технологическими возможностями потребителя для эффективной реализации защитных мер. Множество экономических последствий погодо-хозяйственных действий (решений), которые ориентированы на прогноз гидрометеорологических условий различной интенсивности, обобщается посредством многофазовой матрицы потерь потребителя; элементы последней описываются выражением [45]:

$$s_{ij} = C_{ij} + L_{ij} \quad (1.8)$$

где C_{ij} - стоимость защитных мер, реализованных с учетом прогнозируемой Π_j и фактически осуществившейся Φ_i опасности метеорологических условий; L_{ij} - предотвращенные потери потребителя при различных сочетаниях прогнозируемой Π_j и фактически осуществившейся Φ_i опасности метеорологических условий.

Решение о применении мер защиты принимается потребителем исходя из ожидаемой степени опасности (согласно прогнозу), но если прогнозируемая продолжительность I и интенсивность μ воздействующего метеорологического фактора меньше фактически наблюдаемой, то потребитель применяет дополнительные (экстренные меры защиты):

$$C_{ij} = C_{0j} + \Delta C_{ij}, \quad (1.9)$$

где C_{0j} - стоимость защитных мер, реализуемых с учетом прогнозируемой P_j опасности метеорологических условий; ΔC_{ij} - стоимость добавочных мер защиты, обусловленных несоответствием фактических и прогнозируемых значений метеорологических величин в ситуации, когда фактически наблюдаются более опасные условия погоды.

Непредотвращенные потери потребителя представляют собой часть максимально возможных потерь, которую не удастся предотвратить, несмотря на применяемые меры защиты:

$$L_{ij} = \varepsilon_{ij} \cdot L_{i0}, \quad (1.10)$$

где ε_{ij} - коэффициент непредотвращенных потерь, характеризующих эффективность применения мер защиты, ориентированных на прогнозируемую интенсивность метеорологических условий P_j , $\varepsilon \in [0,1]$; L_{i0} - максимально возможные потери при различной интенсивности метеорологических условий Φ_i при отсутствии мер защиты.

Общий вид многофазовой матрицы потерь размерностью $n \times m$ приведен в таблице 1.4. Степень опасности погодных условий нарастает от Φ_1 к Φ_n .

Таблица 1.4 Многофазовая матрица потерь потребителя

Фактическая погода, Φ_i	Действия потребителя, $d_j(I_j)$					$L_{i0}(\Phi_i)$
	$d_1(I_1)$	$d_2(I_2)$	$d_3(I_3)$	...	$d_m(I_m)$	
Φ_1	$C_{01} + \varepsilon_{11}L_{10}$	$C_{02} + \varepsilon_{12}L_{10}$	$C_{03} + \varepsilon_{13}L_{10}$	...	$C_{0m} + \varepsilon_{1m}L_{10}$	L_{10}
Φ_2	$C_{01} + \Delta C_{21} + \varepsilon_{21}L_{20}$	$C_{02} + \varepsilon_{22}L_{20}$	$C_{03} + \varepsilon_{23}L_{20}$	...	$C_{0m} + \varepsilon_{2m}L_{20}$	L_{20}
Φ_3	$C_{01} + \Delta C_{31} + \varepsilon_{31}L_{30}$	$C_{02} + \Delta C_{32} + \varepsilon_{32}L_{30}$	$C_{03} + \varepsilon_{33}L_{30}$	...	$C_{0m} + \varepsilon_{3m}L_{30}$	L_{30}
...
Φ_n	$C_{01} + \Delta C_{n1} + \varepsilon_{n1}L_{n0}$	$C_{02} + \Delta C_{n2} + \varepsilon_{n2}L_{n0}$	$C_{03} + \Delta C_{n3} + \varepsilon_{n3}L_{n0}$	...	$C_{0m} + \varepsilon_{nm}L_{n0}$	L_{n0}
$C_{0j}(I_j)$	C_{01}	C_{02}	C_{03}	...	C_{0m}	

Многофазовый погодо-хозяйственный регламент позволяет потребителям осуществлять управление экономико-метеорологическими рисками, иными словами – подстраиваться с меньшими метеорологическими издержками под ожидаемые погодные условия. Управлением рисками предусматривается как использование точной прогностической информации, так и совершенствование имеющихся у потребителя технологий защиты от неблагоприятных погодных условий.

Выводы по разделу

На сегодняшний день мы можем противопоставить научный подход к управлению георисками объективному фактору роста относительного ущерба, т. е. наличествует возможность для максимального снижения угрожающих последствий опасной погоды путем разработки и обязательной реализации эффективных мероприятий по защите. Хозяйственная деятельность сегодня должна вестись с обязательным применением инструментария, который учитывает неопределенность реализации информационных гидрометеорологических ресурсов. Для этого необходимо разрабатывать новые методы и подходы к оценке влияния гидрометеорологических факторов на развитие территорий, предприятий и

экономику. К ним могут быть отнесены, как традиционные методы оценки, основанные на физических моделях прогнозирования гидрометеорологических показателей, так и стохастические методы, использующие в качестве исходного материала описание гидрометеорологических явлений в виде случайных процессов. И те и другие позволяют оценивать риски, влияющие на экономические показатели организаций.

В очередной раз подтверждается предпосылка о необходимости использования новых механизмов применения геоданных в хозяйственной деятельности, которые позволяют более эффективно реализовать экономический потенциал последней.

Поставлена **новая научная задача** оценки геориска и относительного ущерба с помощью параметрических моделей на базе априорных геоданных. **Научная новизна** заключается в том, что впервые представлены новые модели и методики управления георисками с учетом объективного фактора роста относительного ущерба, на примере обеспечения безопасности функционирования природно-технических систем в условиях неопределенности осуществления погодных условий.

Поставленная задача **позволяет**:

- обеспечить повышение эффективности использования новых механизмов обработки априорных геоданных в хозяйственной деятельности;
- показать влияние погодных условий на различные отрасли экономики;
- показать необходимость внедрения новых моделей обработки геоданных в существующий инструментарий геоинформационных систем.

2. Разработка математической модели управления георисками на основе управляемых параметров

2.1 Анализ и общий подход к разработке моделей прогнозирования на базе априорной информации

Прогноз, прогнозирование – предсказание будущего поведения системы научными методами, моделями. Прогнозирование – это и метод, и сам процесс специального научного исследования траектории эволюции системы, перспектив процесса. Согласно [24], чаще всего предсказывают динамически развертывающиеся процессы временными рядами – последовательностями значений откликов исследуемой системы на некоторые воздействия, получаемых через определенные промежутки времени, не всегда постоянные. Временные ряды включают в себя обязательные элементы: отметку времени очередного измерения, значение показателя (отклика) динамического ряда, получаемое некоторым способом в соответствующей отметке времени. Любой временной ряд может ассоциироваться с выборочной реализацией, генерируемой некоторым стохастическим процессом в системе. На данный процесс влияет определенное множество факторов [24].

Существует несколько вариантов классификации временных рядов, согласно которой все временные ряды можно классифицировать по способу определения величин, шага, памяти и стационарности – как временные ряды:

- интервальные;
- моментные.

Интервальный временной ряд – последовательность, в которой значение ряда (уровень отслеживаемого явления, процесса) рассматривают

относительно результата, накопленного (вновь произведенного) за некоторый задаваемый временной интервал. Интервальным называют, например, временной ряд выпуска продукции некоторым предприятием (за неделю, месяц, год); объем сброшенной некоторой гидроэлектростанцией воды (за час, день, месяц) и др.

Если каждое значение временного ряда отображает, характеризует исследуемую систему (явление, процесс) в конкретный момент времени, тогда такие значения образуют моментный временной ряд. Примеры моментных рядов: последовательности финансовых индексов, цен на рынке, температур воздуха, влажности, измеряемых в определенные моменты времени и др.

По частоте задания значений, временные ряды классифицируются на ряды:

- равноотстоящие (равномерные);
- неравноотстоящие (неравномерные).

Равноотстоящие временные ряды генерируются при исследовании закономерностей процессов в последовательные равные временные интервалы (на равномерной временной сетке). Часто физические процессы описывают посредством равномерных временных рядов, например, наблюдения за ежедневной температурой среды. Неравноотстоящие временные ряды – ряды, к которым равномерный принцип фиксации значений (интервалов) не выполнен. Например, биржевые индексы (они фиксируются, исследуются лишь в рабочие дни).

Характер исследуемой временными рядами системы, описываемого процесса, позволяет классифицировать временные ряды на:

- длинной памяти;
- короткой памяти.

Для временных рядов с длинной памятью определяется автокорреляционная функция [24], убывающая медленно, для рядов с короткой памятью автокорреляционная функция – быстро убывающая. Например, данные по скорости транспортного потока, потреблению электроэнергии, температуре воздуха образуют временные ряды с длинной памятью [25], а биржевых индексов – ряды с короткой памятью.

Временные ряды также классифицируют на:

- стационарные;
- нестационарные.

Стационарный временной ряд – ряд, сохраняющий свое равновесие по отношению к постоянному среднему уровню. Остальные временные ряды – нестационарные. В [24] указаны примеры прогнозирования из промышленности, коммерции, экономики, где временные ряды – нестационарные, не имеют естественно определяемого среднего значения. Нестационарные ряды при прогнозировании часто сводятся (редуцируются) к стационарным с использованием соответствующих разностных операторов [24].

Горизонт времени – промежуток (предел) времени, на который следует идентифицировать значение временного ряда. Называется этот предел также временем упреждения [24]. По величине горизонта, упреждения, срочности прогнозирования делятся часто на классы прогноза:

- долгосрочного;
- среднесрочного;
- краткосрочного.

Отметим, что у определенного временного ряда есть собственные диапазоны: для каждого временного ряда, с определенным временным

горизонтом классификация срочности прогнозирования осуществляется индивидуально.

При прогнозировании, исследовании временных рядов, различают два взаимосвязанных понятия – метод и модель прогнозирования. Метод прогнозирования – последовательность целеориентированных действий, совершаемых для построения (адаптации) модели прогноза по временному ряду. Модель прогнозирования – функциональное, описательное, информационно-логическое представление, релевантно описывающее систему (процесс) с помощью временного ряда; являющееся основой исследования дальнейшего развития системы, получения новых, прогнозных значений процесса (используется также термин экстраполяции, экстраполяционной модели).

Метод прогнозирования реализуется последовательностью (алгоритмом) действий, в результате которой (которого) определяется сама модель прогнозирования временного ряда. Метод прогнозирования также включает действия, позволяющие оценить качество прогноза (его адекватности). Итерационно, построение модели прогнозирования реализуется нижеследующим укрупненным алгоритмом [24].

Шаг 1. Используя предыдущий априорный (собственный, сторонний) опыт и заданный горизонт, выбираем общий класс моделей прогноза временного ряда.

Шаг 2. Используя этот достаточно обширный класс моделей, ведем их непосредственную подгонку к рассматриваемому временному ряду, применяя грубые методы идентификации их подклассов (качественно оцениваем временной ряд).

Шаг 3. После идентификации подкласса модели, оцениваем (идентифицируем) ее параметры (если модель – параметризуемая) или структуру (если модель – структурируемая). Часто используется итерационный подход, когда оценивается весь ряд или участок временного ряда при вариациях значений величин, параметров модели, особенно, управляющих. Данный шаг – наиболее трудоемкий: в расчет должны быть приняты все доступные значения временного ряда согласно его предыстории.

Шаг 4. Производится диагностическая проверка сгенерированной модели прогнозирования, выбирая достаточный по объему, длине участок (несколько участков) временного ряда, чтобы провести проверочное прогнозирование, последующую оценку точности прогноза. Выбранные диагностические участки для модели прогнозирования называются контрольными периодами.

Шаг 5. Если точность диагностического прогнозирования окажется приемлема для исследуемых прогнозных задач, модель пригодна к использованию (практическому прогнозу). Если точность оказалось недостаточна, – понадобится итерация шагов 1-4.

Модель прогнозирования на базе временного ряда – функциональное, формальное представление, которое релевантно описываемому временному ряду.

При прогнозировании с применением временных рядов возможны две различные постановки задачи. В первой постановке для получения прогнозных значений используют значения лишь исследуемого ряда. Во второй постановке для прогнозных значений можно использовать также и значения оказывающих влияние внешних факторов, параметров, представленных временными рядами. Временные ряды таких (внешних)

факторов могут быть представлены с разрешением по времени, отличным от разрешения исходного временного ряда.

В общем случае, подобные внешние факторы бывают дискретными (представленными например, рядом температур воздуха), категориальными (составленными из подмножеств, например, трехкатегориальных – «легкий», «средний», «тяжелый»). Отдельные модели прогнозирования учитывают категориальные факторы, большинство же моделей учитывают лишь дискретные.

Для прогнозирования на базе временных рядов потребуется идентифицировать функциональную зависимость, которая адекватно описывала бы данный ряд. Такая функция называется моделью прогнозирования, просто аналитической моделью. Цель идентификации модели прогнозирования – получить формальное описание системы (процесса), чтобы средне-абсолютное отклонение прогнозных значений от наблюдаемых стремилось бы к минимуму на всем заданном горизонте (времени) прогноза. Как только идентифицирована модель прогнозирования (согласованная с рассматриваемым временным рядом), требуется вычислить аппроксимирующие значения, их доверительный интервал.

2.1.1. Обзор моделей прогнозирования

Согласно [74], уже насчитывается более 100 различных классов моделей прогнозирования (рис. 2.1). Часть метод-ориентированных моделей (например, наименьших квадратов) относится к отдельным прогнозным процедурам, часть – это набор отдельных подходов, отличных от базовых количеством, последовательностью применения частных приемов.

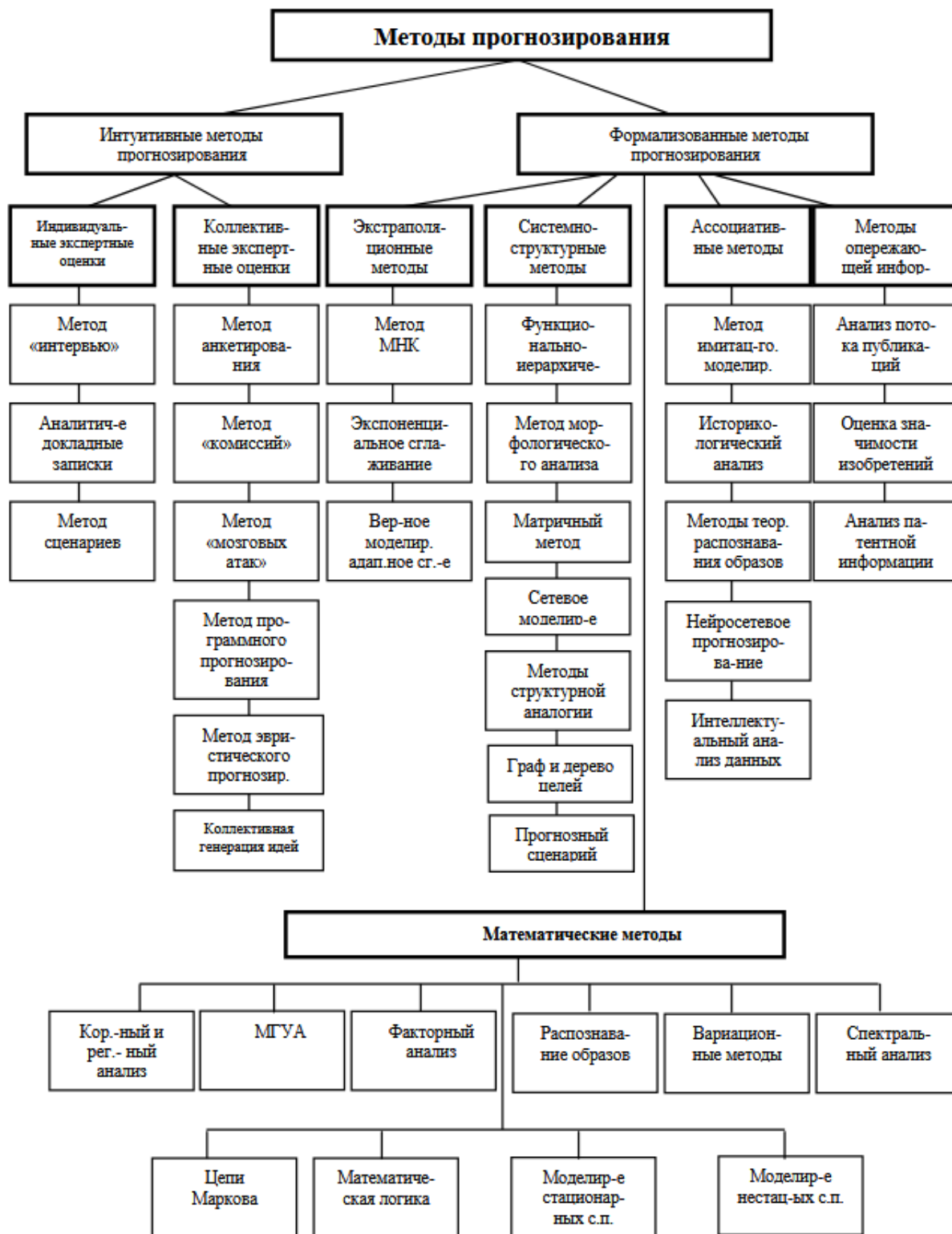


Рис. 2.1. Классификационная схема методов прогнозирования

В аналитическом обзоре [74] методы прогнозирования классифицированы на группы: интуитивные, формальные.

Интуитивное прогнозирование применимо, если система (процесс) прогнозирования слишком проста, или, наоборот, сложна (аналитический учет влияний внешних факторов невозможен). Интуитивные методы не предполагают наличие модели прогнозирования, отражая лишь индивидуальные экспертные суждения относительно эволюционных перспектив системы (процесса). Интуитивные методы актуализируют профессиональные компетенции, эвристики. Они используются при анализе систем (процессов), плохо поддающихся формализации (плохо формализуемых), для которых сложно или даже невозможно разработать релевантную модель. К подобным методам относят методы экспертиз, исторических аналогий, «по образцу», эвристические. Распространено также применение экспертных систем на базе нечетких множеств и логик. Модели прогнозирования можно классифицировать как статистические и структурные модели. В статистических моделях аналитически определяемая функциональная зависимость прогнозных и фактических значений временного ряда, с учетом внешних факторов. К статистическим относятся группы моделей:

- регрессионные;
- авторегрессионные;
- экспоненциального сглаживания.

В структурных моделях аналитическая зависимость прогнозных и фактических значений временного ряда, а также внешних факторов задается структурно. К структурным относятся группы моделей:

- нейросетевые;
- марковские (цепи Маркова);
- классификационно-регрессионные деревья.

Отметим, что есть и узкоспециализированные (под особые задачи) модели прогнозирования. Например, задача прогноза транспортного потока,

актуальная для мегаполиса, использует классические гидродинамические модели [81]. Разрабатываются новые, интересные и непростые в исследовании, модели социально-эколого-экономических процессов.

Достоинства, недостатки методов, моделей систематизированы и представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Сравнение методов и моделей прогнозирования

Метод; модель	Достоинства	Недостатки
Метод регрессии; регрессионная модель	Единый подход, возможность интегрирования, простота, наглядность, гибкость моделирования, пригодность на начальном этапе анализа	Сложность и трудоемкость идентификации зависимости (ее коэффициентов), нет возможности моделирования произвольных нелинейных процессов
Метод авторегрессии; авторегрессионные модели	Единый подход, простота, прозрачность моделирования, наличие множества групп примеров, приложений	Трудоемкость моделирования, ресурсоемкость решения задачи идентификации, нет возможности моделирования произвольных нелинейных процессов, неадаптивность
Метод сглаживания; экспоненциальное сглаживание	Единый подход, простота, прозрачность моделирования	Недостаточная гибкость, узость применения моделей
Метод нейросетей; нейросетевые модели	Единый подход, применимость нелинейных моделей, масштабируемость, гибкость и адаптивность, обучаемость на примерах	Отсутствие прозрачности выбора, сложности архитектуры, алгоритма, тестирования, узость обучающих выборок, ресурсоемкость обучения
Стохастический метод цепей Маркова;	Единый подход, простота моделирования	Невозможность моделирования систем с длинной памятью, узкий класс процессов
Классификация, таксономия; классификационно-регрессионные деревья, таксоны	Масштабируемость, простота процесса, возможность учета категориальных переменных	Неоднозначность, алгоритмическая сложность

2.2. Разработка параметрической модели управления георисками в природно-технических системах

В процессе организации и управления обеспечения безопасности природно-технических систем, часто возникают ситуации, когда результаты принятых решений не оправдывают ожиданий человека [85]. Неудовлетворительный результат менеджмента обосновывается противоречивыми выводами. Для их исключения следует использовать аксиоматический метод, позволяющий исключить необоснованность рассуждений.

Чтобы создать условия, гарантирующие достижение цели деятельности, для управления в природно-технических системах используется естественнонаучный подход. Данный подход объединяет свойства человеческого мышления, окружающего мира и познания [25].

Трехкомпонентность отражена в следующих принципах.

1. Принцип трехкомпонентного познания:

- компонент А - абстрактное представление;
- компонент В - абстрактно-конкретное представление;
- компонент С - конкретное представление (технологии, алгоритмы).

2. Принцип целостности мира. Это стабильная, объективная связь между свойствами объекта и действием для фиксированной цели.

3. Принцип познаваемости мира. Он реализуется такими методами как: декомпозиция, абстракция, агрегация.

В процессе деятельности человек оперирует категориями "система", "модель" и "назначение", поэтому корректно рассматривать и использовать именно эти категории.

В основе управленческой деятельности всегда лежит решение человека (ЛПР) [85]. Человек принимает решение на основе модели. Под моделью объекта понимается описание или представление объекта, соответствующее объекту и позволяющее получить характеристики этого объекта [38]. Поэтому решение-это модель процесса, с которым человек работает. Процесс-это объект, работающий с фиксированным назначением. Для синтеза мы используем естественнонаучный подход, основанный на законе сохранения целостности.

Закон сохранения целостности объекта представляет собой устойчивую повторяющуюся ассоциацию свойств объекта и свойств действия для фиксированной цели. ЗСЦО проявляется во взаимном преобразовании свойств объекта и свойств его процесса для фиксированной цели.

В соответствии с разработанным естественнонаучным подходом каждый процесс должен быть представлен тремя составляющими, соответствующим свойствам "объективности", "целостности" и "изменчивости" (или понятиям "объект", "цель" и "действие" соответственно). Эти три компонента расположены горизонтально. С одной стороны, их можно интерпретировать на трех разных уровнях познания мира (абстрактном, абстрактно-конкретном, конкретном). Такой подход определяет наличие трех уровней по вертикали. На (рис. 2.2) приведена структурная схема развертывания содержания понятия "решение"



Рис. 2.2 Структурная схема развёртывания содержания понятия «Решение»

Введём следующие определения.

Управленческое решение – Условия обеспечения субъектом условий реализации предназначения объекта, которым он управляет, в соответствующей обстановке в интересах достижения цели управления.

Обстановка – совокупность факторов и условий, в которых осуществляется деятельность.

Информационно-аналитическая работа – непрерывное добывание, сбор, изучение, отображение и анализ данных об обстановке.

Ранее показано, что возможны только два подхода к построению модели: разработка на основе анализа и на основе синтеза. *Анализный подход* обладает существенным недостатком - он не позволяет формировать процессы с наперёд заданными свойствами, что особенно важно в условиях обеспечения безопасности от воздействия природных явлений. Подход,

основанный на синтезе, позволяет получать гарантию достижения цели и лишён основного недостатка аналитического подхода, что и предопределило необходимость применения синтеза модели управления в данной работе.

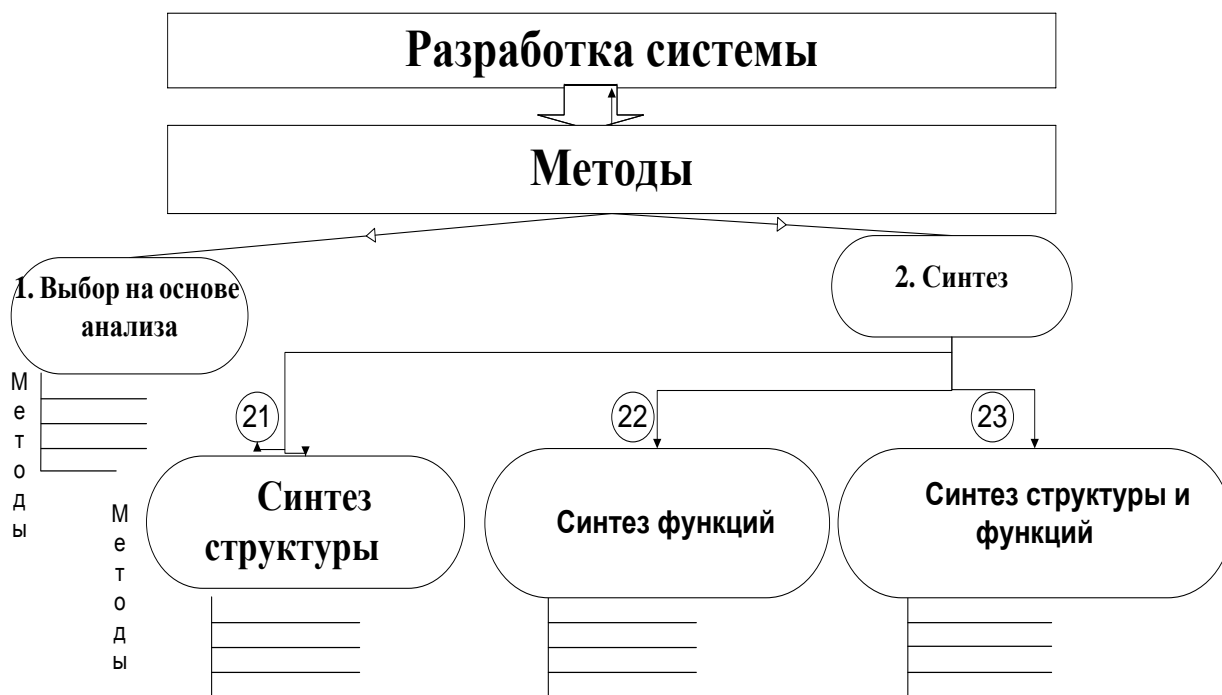


Рис. 2.3 Структурная схема основных направлений разработки системы

Руководствуясь принципами Трёхкомпонентности познания, Целостности и Познаваемости осуществим синтез модели.

Для снижения экономических потерь вследствие наступления ущерба, будем рассматривать риск возникновения этого события на момент времени t_3 . Существует некий интервал значений природного фактора $C \in [C_{min}, C_{max}]$, с которым связан риск возникновения относительного ущерба. Границы интервала задаются лицом, принимающим решения, и могут иметь градации. Таким образом, можно вычислить вероятность выхода случайного процесса из области C , по следующей формуле, как параметр риска:

$$R_{t_3} = P(x(t) \notin C, t_3) \quad (2.1)$$

Рассмотрим область C , как параметр $R_{t_3}(C)$ и проанализируем поведение этой функции (рис. 2.4).

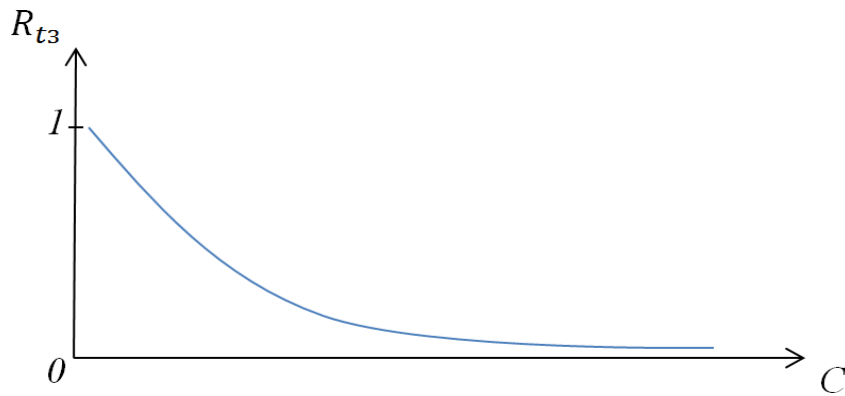


Рис. 2.4 Функция риска R_{t3}

Из графика видно, что функция риска, убывающая по параметру C . Т.е. чем больше интервал, тем меньше вероятность выхода за его пределы и как следствие наступление риска. В противном случае, при минимальном интервале, вероятность наступления риска стремится к единице.

Рассмотрим данный график на примере работы коммунальных служб при патрульной снегоочистке. Зимнее содержание автомобильных дорог, представляет собой комплекс мероприятий, включающий: защиту дорог от снежных заносов; очистку дорог от снега; борьбу с зимней скользкостью; защиту дорог от лавин; борьбу с обледенением. Оперативная служба, эксплуатирующая дороги, необходима для обеспечения хорошего уровня зимнего содержания дорог.

Из методических рекомендаций по защите и очистке автомобильных дорог от снега известно, что число машин, а также время между проходами снегоочистителей, зависит от постоянных и переменных значений и одно из них это - допустимая толщина слоя снега на покрытии - h . Возвращаясь к нашему определению интервала C , можем сказать, что $C = h_n - h_1$. И он будет изменяться, в зависимости от количества выпавшего снега. Чем обильнее осадки, тем шире будет интервал и тем меньше риск R , т.к. чем шире интервал, тем больше машин на линии и меньше вероятность наступления риска, при этом h_{min} может равняться нулю.

В момент, когда $C=0$, т.е. снега нет, риск $R_{t_3}=1$ т.к. патрульных машин на дороге практически нет. Аналогичным образом, рассмотрим функцию относительного ущерба U/U_{max}

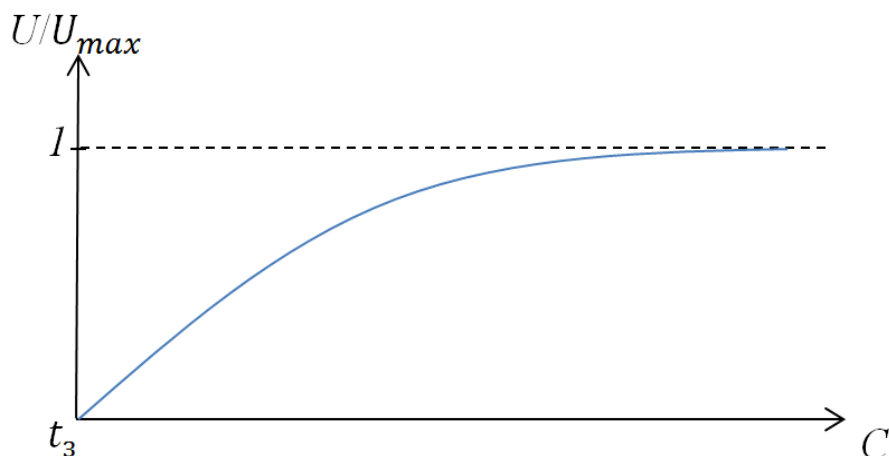


Рис. 2.5 Функция относительного ущерба U/U_{max}

Можно наблюдать, что в момент времени t_3 , чем меньше интервал C , тем меньше ущерб U и наоборот, чем больше интервал, тем сильнее увеличивается ущерб, за счет необходимости выпуска большего количества машин для уборки снега. Введем обозначение относительного ущерба, как

$$I = \frac{U}{U_{max}} \quad (2.2)$$

Рассмотрим систему уравнений (2.3) и решим ее относительно C :

$$\begin{cases} R_{t_3}(C) = f(C) \\ I(C) = \varphi(C) \end{cases} \quad (2.3)$$

Как видно из графика (рис. 2.6) пересечение двух кривых дает нам точку устойчивого управления, а заштрихованная область – это область допустимого управления.

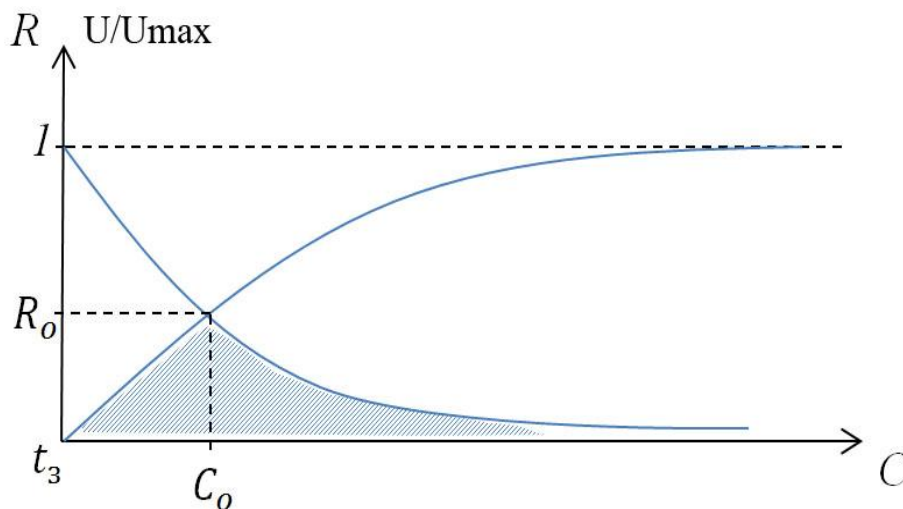


Рис. 2.6 Точка устойчивого управления C_0

Перейдем к конкретному случаю и рассмотрим данную задачу в более простых вариациях. Как правило, риск от параметра может быть описан экспоненциальной функцией, в тоже время ущерб в первом приближении, описывается в виде линейного уравнения:

$$\begin{cases} y = ac + b \\ y = e^{-\alpha c} \end{cases} \quad (2.4)$$

Для нахождения точки устойчивого управления, решим данную систему относительно значения C :

$$C_0 = -\frac{b}{a} + \frac{1}{\alpha} W\left(\frac{\alpha}{a} e^{\frac{b\alpha}{a}}\right), \text{ где } W - \text{ функция Ламберта} \quad (2.5)$$

Точка пересечения двух кривых – является точкой устойчивого управления, где R_0 - минимальный риск, при минимальном интервале C_0 , а заштрихованная область показывает допустимые значения.

Приведенные графики иллюстрируют устойчивое управление процессом только на момент времени t_3 , для того чтобы узнать возможную глубину прогноза τ , построим график где посчитаем значение устойчивого управления, в виде автокорреляционной функции на различные моменты времени.

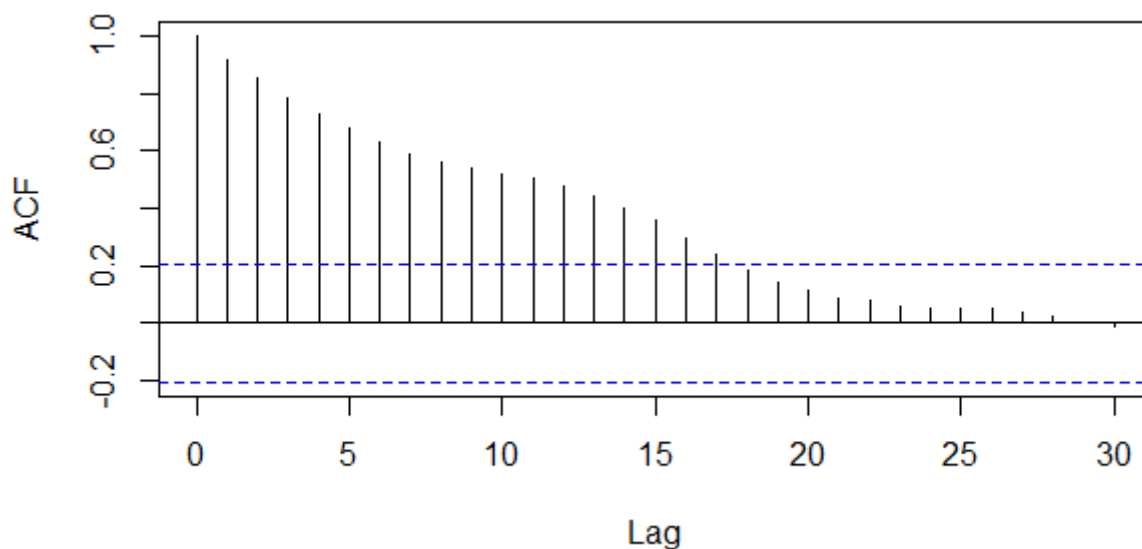


Рис. 2.7 Автокорреляционная функция

При условии стационарности, эргодичности и нормальности распределения исследуемого процесса на временном интервале τ , мы можем взять аналитические оценки вероятности невыхода процесса из заданной области. В качестве оценки $R_{t_3}(C)$ может быть использована формула:

$$R_{t_3}(C) = \left(1 - \Phi \left\{ \frac{C - m_X - r_X(\tau)[X_0 - m_X]}{\sigma_X \sqrt{1 - r_X^2(\tau)}} \right\} \right), \quad (2.6)$$

где: $\Phi(\dots)$ – функция Лапласа, m_X – математическое ожидание случайного процесса $X(t)$, $r_X(\tau)$ – автокорреляционная функция, $\tau = t_3 - t_0$, σ_X – среднеквадратическое отклонение, $X = X(t)$ – измеряемый природный параметр, τ – горизонт прогнозирования, а C – управляемый параметр, заданный ЛПР. Реализация на языке VBA представлена в Прил. А

Получая $R_{t_3}(C)$, рассчитав его при разных значениях C , мы получаем кривую функцию риска изображенную на (рис. 2.4),

Из всего вышесказанного делаем следующие выводы, что модель включает следующие понятия:

1. Риск.
2. Относительный ущерб.

3. Прогноз.
4. Случайный процесс.
5. Параметр C как показатель относительного ущерба.

Показатель относительного ущерба $I(C)$ может изменяться в зависимости от параметра C , который принадлежит интервалу от C_{min} до C_{max} при этом при C_{max} относительный ущерб $I = 1$, а $R = 0$. И наоборот, при C_{min} относительный ущерб $I = 0$, а $R = 1$.

Модель позволяет получить область управления, при которой достигаются минимальные ущерб и риски, а также определить точку устойчивого управления C_0 . Функция относительно ущерба представлена ниже:

$$I(C) = \frac{U(C)}{U_{max}} \quad (2.7)$$

Блок-схема алгоритма модели выглядит следующим образом:

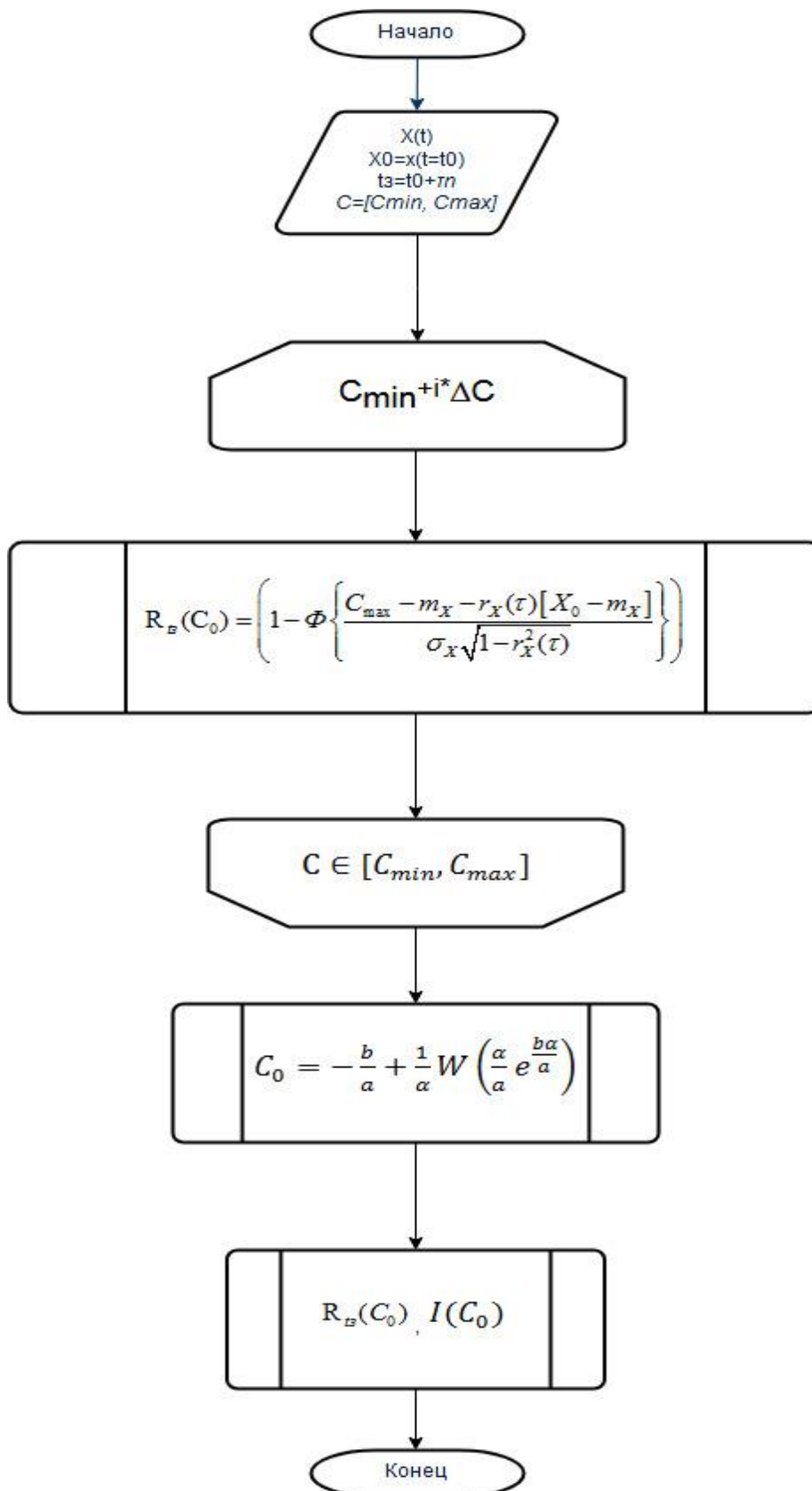


Рис. 2.8 Блок-схема алгоритма параметрической модели оценки георисков

2.3 Методика оценки георисков на основе управляемых параметров

Для корректного использования параметрической модели, разработана методика оценки рисков на основе управляемых параметров.

Рассмотрим основные этапы оценки георисков на основе управляемых параметров:

1. Анализ предметной области.
2. Формирование массива данных.
3. Анализ данных.
4. Подготовка данных.
5. Идентификация параметров модели.
6. Параметрическое моделирование.
7. Оценка результатов.
8. Внедрение результатов при принятии управленческих решений.

На рис.2.9 представлена блок-схема основных этапов оценки георисков на основе управляемых параметров.

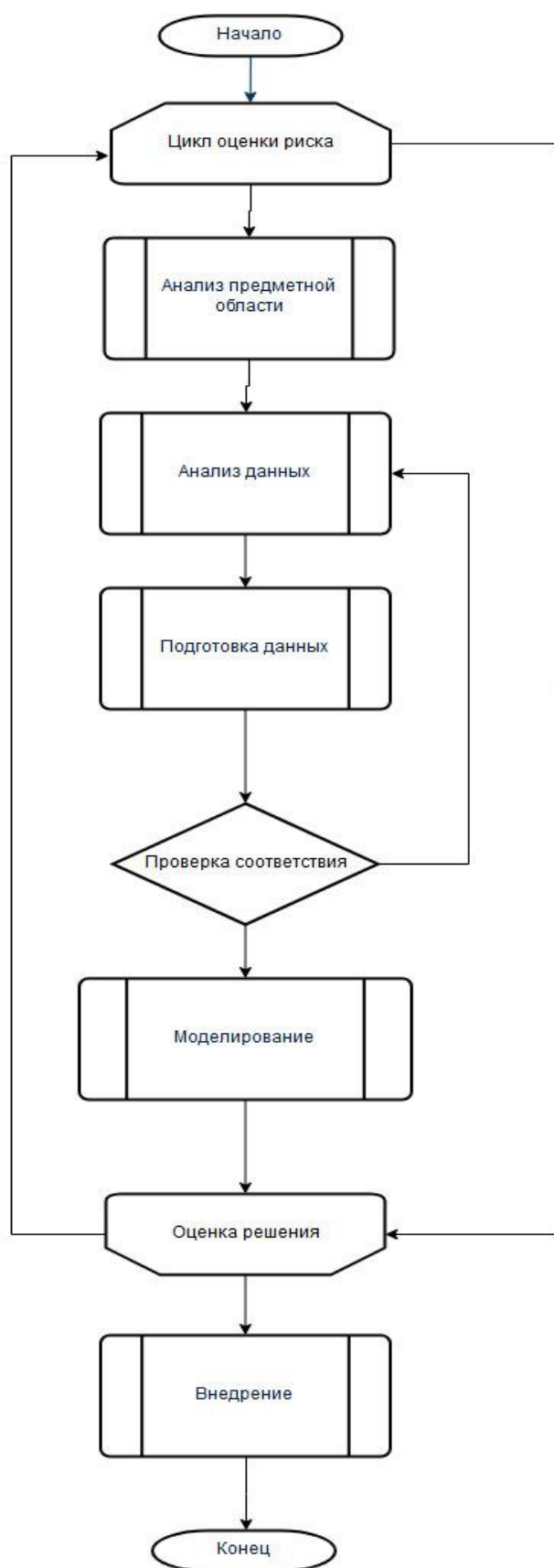


Рис. 2.9 Блок-схема основных этапов оценки георисков на основе управляемых параметров

Из каждого этапа, следуют соответствующие ему задачи, при выполнении которых должен быть результат, являющийся исходными данными для следующей задачи.

Бизнес-анализ	Анализ данных	Подготовка данных	Моделирование	Оценка решения	Внедрение
Определение бизнес-целей	Сбор данных	Выборка данных	Выбор алгоритмов	Оценка результатов	Внедрение
Оценка текущей ситуации	Описание данных	Очистка данных	Подготовка плана тестирования	Оценка процесса	Планирование мониторинга и поддержки
Определение целей аналитики	Изучение данных	Генерация данных	Обучение моделей	Определение следующих шагов	Подготовка отчета
Подготовка плана проекта	Проверка качества данных	Форматирование и интеграция данных	Оценка качества моделей	—	Ревью проекта

Рис. 2.10 Декомпозиция задач при оценке георисков на основе управляемых параметров

Для корректности результатов моделирования, необходимо выполнить определенные проверки, а при необходимости, изменения временного ряда в результате которых, устанавливается полнота, сопоставимость данных и соответствие используемой модели.

Разработанная модель не предъявляет жестких требований к исходным данным и именно это является ключевым фактором. ЛПП может использовать практически любые геоданные своей предметной области, которые есть в открытом или закрытом доступе.

Основными этапами при подготовке данных являются:

1. Представление исследуемого процесса.
2. Анализ и выявление закономерных составляющих, которые зависят от времени.
3. Анализ реализации, после удаления закономерных составляющих.
4. Построение автокорреляционной функции, для определения возможной глубины прогноза.
5. Приведение к требуемой структуре данных.

В первую очередь, для определения возможности работы с конкретными геоданными, требуется проверить их на стационарность и нормальность распределения.

Для этого, будем использовать t-критерий Стьюдента. Выдвинем нулевую гипотезу о случайности или стационарности ряда и отсутствии временного тренда, альтернативной гипотезой является не случайность ряда и присутствие временного тренда т.е. динамичность.

В общем виде, проверка гипотезы выполняется при помощи t-критерия, который рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{расч}} = \frac{\bar{y}_{\text{п}} - \bar{y}_{\text{в}}}{\sqrt{(n_{\text{п}} - 1) * S_{\text{п}}^2 + (n_{\text{в}} - 1) * S_{\text{в}}^2}} * \sqrt{\frac{n_{\text{п}} * n_{\text{в}} * (n_{\text{п}} + n_{\text{в}} - 2)}{n_{\text{п}} + n_{\text{в}}}},$$

(2.3)

$$\bar{y}_{\text{п}} - \text{средняя первой половины ряда, } \bar{y}_{\text{п}} = \frac{1}{n_{\text{п}}} * \sum_{t=1}^{n_{\text{п}}} y_t$$

(2.4)

$$\bar{y}_{\text{в}} - \text{средняя второй половины ряда, } \bar{y}_{\text{в}} = \frac{1}{n_{\text{в}}} * \sum_{t=n_{\text{п}}+1}^{n_{\text{п}}+n_{\text{в}}} y_t$$

(2.5)

$$S_{\text{п}}^2 - \text{дисперсия первой половины ряда, } \overline{S_{\text{п}}^2} = \frac{1}{n_{\text{п}}-1} * \sum_{t=1}^{n_{\text{п}}} (y - \bar{y}_{\text{п}})^2$$

(2.6)

$$S_{\text{в}}^2 - \text{дисперсия второй половины ряда, } S_{\text{в}}^2 = \frac{1}{n_{\text{в}}-1} * \sum_{t=n_{\text{п}}+1}^{n_{\text{п}}+n_{\text{в}}} (y - \bar{y}_{\text{в}})^2$$

(2.7)

Рассчитанное значение, мы можем трактовать основываясь на свойствах t-критерия, исходя из которых можно утверждать, что при уровне значимости $\alpha > 0.05$ нулевая гипотеза принимается, в противном случае нет.

Графически уровень значимости, можно представить как область отклонения и принятия.



Рис. 2.11 Графическое представление области принятия

Вторым условием для исходных данных является нормальность распределения. Распределение вероятности показывает вероятность всех возможных реализаций переменной. Каждое распределение зависит от параметров, которые характеризуют распределение. Нормально распределенной, называется случайная величина, плотность вероятности которой имеет вид:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}s} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - \bar{X}}{s}\right)^2\right] \quad (2.8)$$

В зависимости от значений среднего арифметического и стандартного отклонения график нормального распределения, может иметь вид:

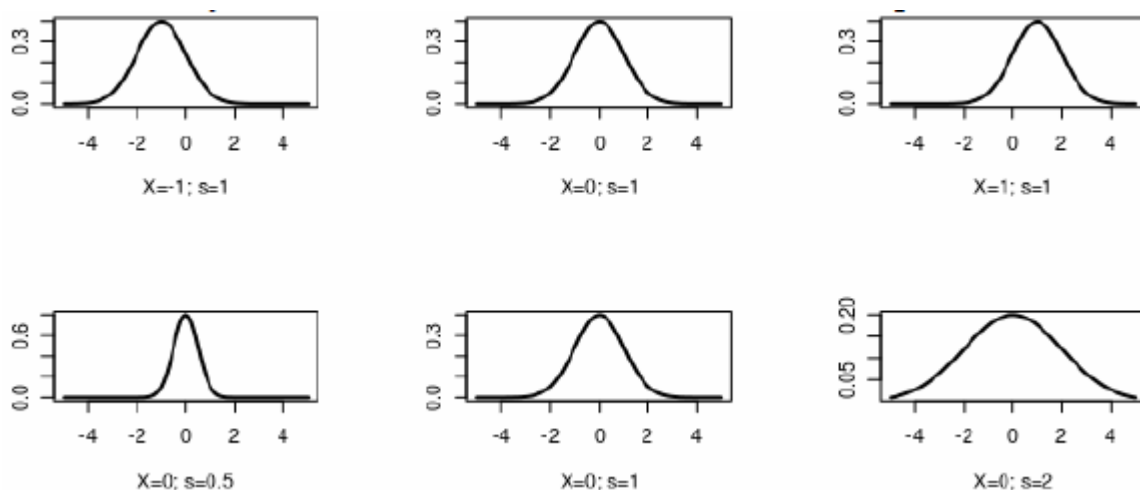


Рис. 2.12 График нормального распределения

В качестве теста на нормальность распределения, будем использовать критерий Шапиро-Уилка, который имеет вид:

$$W = \frac{1}{s^2} \left[\sum_{i=1}^n a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2, \quad (2.9)$$

$$\text{где } s^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (2.10)$$

Из таблицы берутся коэффициенты a_{n-i+1} .

Таблица 2.2 ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Значения коэффициента критерия Шапиро-Уилка для вычисления статистики критерия W.

k	n									
								8	9	10
1	—	—	—	—	—	—	—	0,605 2	0,588 8	0,573 9
2	—	—	—	—	—	—	—	0,316 4	0,324 4	0,329 1
3	—	—	—	—	—	—	—	0,174 3	0,197 6	0,214 1
4	—	—	—	—	—	—	—	0,056 1	0,094 7	0,122 4
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,039 9
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,560 1	0,547 5	0,535 9	0,525 1	0,515 0	0,505 6	0,496 8	0,488 6	0,480 8	0,473 4
2	0,331 5	0,332 5	0,332 5	0,331 8	0,330 6	0,329 0	0,327 3	0,325 3	0,323 2	0,321 1
3	0,226 0	0,234 7	0,241 2	0,246 0	0,249 5	0,252 1	0,254 0	0,255 3	0,256 1	0,256 5
4	0,142 9	0,158 6	0,170 7	0,180 2	0,187 8	0,193 9	0,198 8	0,202 7	0,205 9	0,208 5
5	0,069 5	0,092 2	0,109 9	0,124 0	0,135 3	0,144 7	0,152 4	0,158 7	0,164 1	0,168 6
6	—	0,030 3	0,053 9	0,072 7	0,098 0	0,100 5	0,110 9	0,119 7	0,127 1	0,133 4
7	—	—	—	0,024 0	0,043 3	0,059 3	0,072 5	0,073 7	0,093 2	0,101 3
8	—	—	—	—	—	0,019 6	0,035 9	0,049 6	0,061 2	0,071 1
9	—	—	—	—	—	—	—	0,016 3	0,030 3	0,042 2
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,014 0
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0,464 3	0,459 0	0,454 2	0,449 3	0,445 0	0,440 7	0,436 6	0,432 8	0,429 1	0,425 4
2	0,318 5	0,315 6	0,312 6	0,309 8	0,306 9	0,304 3	0,301 8	0,299 2	0,296 8	0,294 4
3	0,257 8	0,257 1	0,256 3	0,255 4	0,254 3	0,253 3	0,252 2	0,251 0	0,249 9	0,248 7
4	0,211 9	0,213 1	0,213 9	0,214 5	0,214 8	0,215 1	0,215 2	0,215 1	0,215 0	0,214 8
5	0,173 6	0,176 4	0,178 7	0,180 7	0,182 2	0,183 6	0,184 8	0,185 7	0,186 4	0,187 0
6	0,139 9	0,144 3	0,148 0	0,151 2	0,153 9	0,156 3	0,158 4	0,160 1	0,161 6	0,163 0
7	0,109 2	0,115 0	0,120 1	0,124 5	0,128 3	0,131 6	0,134 6	0,137 2	0,139 5	0,141 5
8	0,080 4	0,087 8	0,094 1	0,099 7	0,104 6	0,108 9	0,112 8	0,116 2	0,119 2	0,121 9
9	0,053 0	0,061 8	0,069 6	0,076 4	0,082 3	0,087 6	0,092 3	0,096 5	0,100 2	0,103 6
10	0,026 3	0,036 8	0,045 9	0,053 9	0,061 0	0,067 2	0,072 8	0,077 8	0,082 2	0,086 2
11	—	0,012 2	0,022 8	0,032 1	0,040 3	0,047 6	0,054 0	0,059 8	0,065 0	0,069 7
12	—	—	—	0,010 7	0,020 0	0,028 4	0,035 8	0,042 4	0,048 3	0,053 7
13	—	—	—	—	—	0,009 4	0,017 8	0,025 3	0,032 0	0,038 1
14	—	—	—	—	—	—	—	0,008 4	0,015 9	0,022 7
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,007 6
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	0,422 0	0,418 8	0,415 6	0,412 7	0,409 8	0,406 8	0,404 0	0,401 5	0,398 9	0,396 4
2	0,292 1	0,289 8	0,278 6	0,285 4	0,283 4	0,281 3	0,279 4	0,277 4	0,275 5	0,273 7
3	0,247 5	0,246 3	0,245 1	0,243 9	0,242 7	0,241 5	0,240 3	0,239 1	0,238 0	0,236 8
4	0,215 5	0,214 1	0,213 7	0,213 2	0,212 7	0,212 1	0,211 6	0,211 0	0,210 4	0,209 8
5	0,187 4	0,187 8	0,188 0	0,188 2	0,188 3	0,188 3	0,188 3	0,188 1	0,188 0	0,187 8
6	0,164 1	0,165 1	0,166 0	0,166 7	0,167 3	0,167 8	0,168 3	0,168 6	0,168 9	0,169 1
7	0,143 3	0,144 9	0,146 3	0,147 5	0,148 7	0,149 6	0,150 5	0,151 3	0,152 0	0,152 6
8	0,124 3	0,126 5	0,128 4	0,130 1	0,131 7	0,133 1	0,134 4	0,135 6	0,136 6	0,137 6
9	0,106 6	0,109 3	0,111 8	0,114 0	0,116 0	0,117 9	0,119 6	0,121 1	0,122 5	0,123 7
10	0,089 9	0,093 1	0,096 1	0,098 8	0,101 3	0,103 6	0,105 6	0,107 5	0,109 2	0,110 8

Для определения глубины прогноза требуется построить автокорреляционную функцию исходного ряда. Автокорреляция случайного

процесса описывает зависимость между значениями реализации процесса в различные моменты времени. В случае, когда процесс непрерывный, автокорреляция определяется по формуле:

$$R(t,s) = \frac{E[(X_t - \mu_t)(X_s - \mu_s)]}{\sigma_t \sigma_s} \quad (2.11)$$

Для дискретного процесса X_1, X_2, \dots, X_n , автокорреляция рассчитывается по следующей формуле:

$$\hat{R}(k) = \frac{1}{(n-k)\sigma^2} \sum_{t=1}^{n-k} [X_t - \mu][X_{t+k} - \mu] \quad (2.12)$$

Для достижения наиболее точных результатов прогноза, глубина прогноза определяется из значения коэффициента корреляции. Исходя из таблицы 2.3, нас интересует заметная, высокая и весьма высокая корреляция, в этом случае модель демонстрирует наиболее точные показатели.

Таблица 2.3 Шкала Чеддока для классификации силы связи

Величина коэффициента множественной корреляции R	Оценка силы связи
0,1—0,3	Слабая
0,3—0,5	Умеренная
0,5—0,7	Заметная
0,7—0,9	Высокая
0,9—0,99	Весьма высокая

Блок-схема процесса проверки и подготовки данных представлена на Рис. 2.13

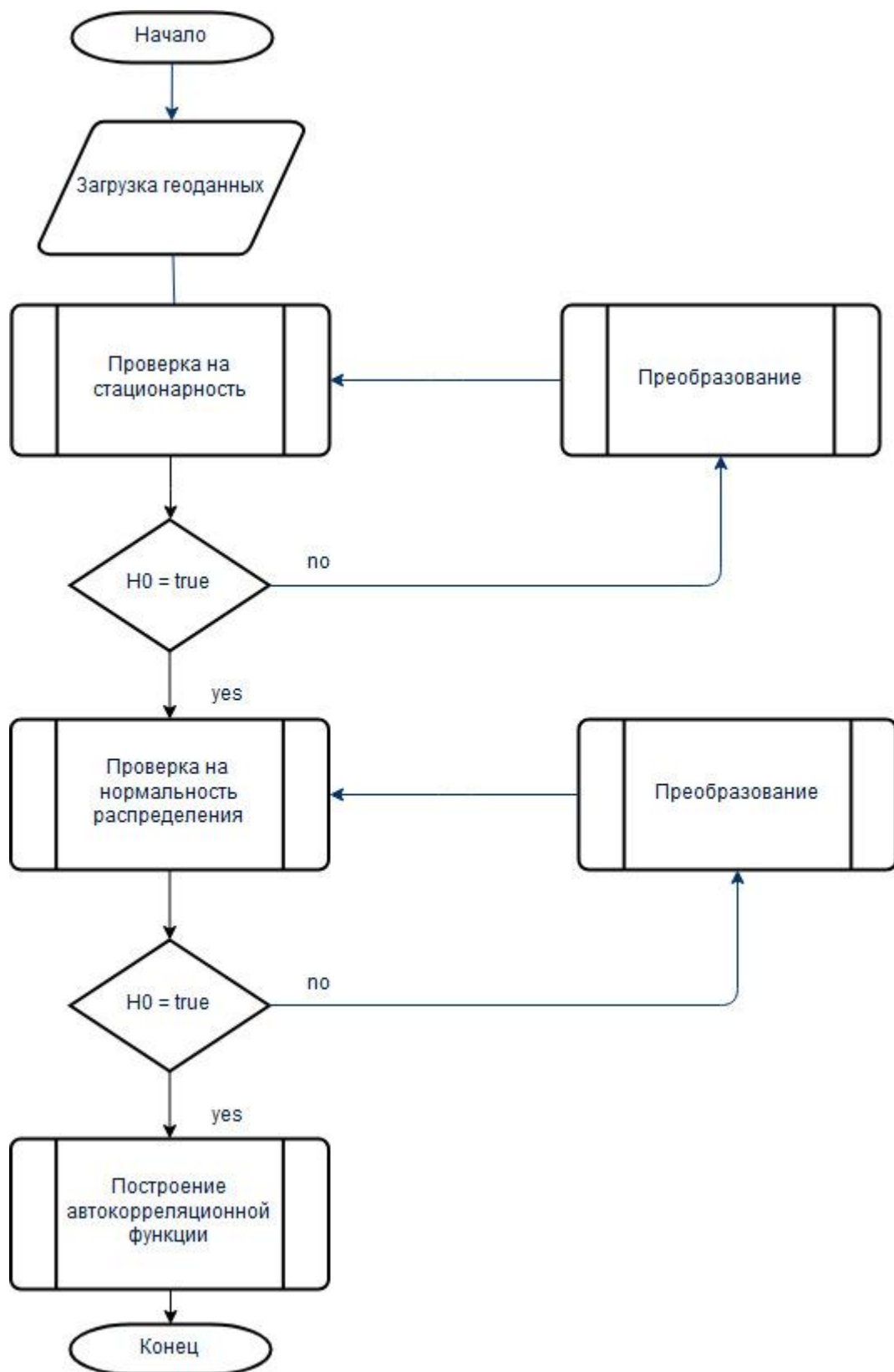


Рис. 2.13 Блок-схема проверки и подготовки данных

2.4 Апробация модели

Для апробации модели был сформирован массив данных, содержащий измерения глубины снега в Санкт-Петербурге с декабря по февраль месяц, за 18 лет. Массив данных представлен в виде последовательности наблюдений метеорологического фактора X в последовательные моменты времени.

Как правило, при исследовании временного ряда $X(t)$, можно определить несколько составляющих:

$$X(t) = T+S+C+E \quad (2.13)$$

Тренд (T) - это плавно изменяющаяся составляющая, которая описывает чистое влияние длительных факторов. Другими словами, долгосрочную тенденцию изменения признака.

Сезонный компонент (S) - отражает повторяемость экономических процессов в течение недолгого периода (год, месяц, неделя и т. д.);

Циклическая составляющая (C) - отражает повторяемость экономических процессов в течение длительного времени.

Случайная составляющая (E) - случайная составляющая, отражает влияние неучтенных и не выявленных случайных факторов.

Важно отметить, что в отличие от случайной компоненты E , первые три компоненты T , S , C являются естественными, а не случайными. Основной задачей при анализе экономических временных рядов является выявление и статистическая оценка основных тенденций в реализации изучаемого процесса и отклонений от него. Рассмотрим основные этапы анализа временных рядов:

- построение и изучение графиков временного ряда;
- выделение и удаление регулярных (неслучайных) компонентов временного ряда (трендовые, сезонные и циклические компоненты);
- изучение случайных компонентов временного ряда, синтез и верификация математической модели;

- прогнозирование развития исследуемого процесса на основе имеющегося;
- изучение взаимосвязи между разными временными рядами.

Воспользуемся критерием Шапиро-Уилка, чтобы проверить нормальность распределения исследуемой выборки. Данный критерий относится к классу «специальных критериев согласия» и является одним из самых эффективных. В качестве нулевой гипотезы принимается, что случайная величина X распределена нормально. В нашем случае, мы получили уровень значимости $\alpha > 0,05$, что подтверждает нулевую гипотезу. На рис. 2.13 изображена гистограмма исследуемого ряда.

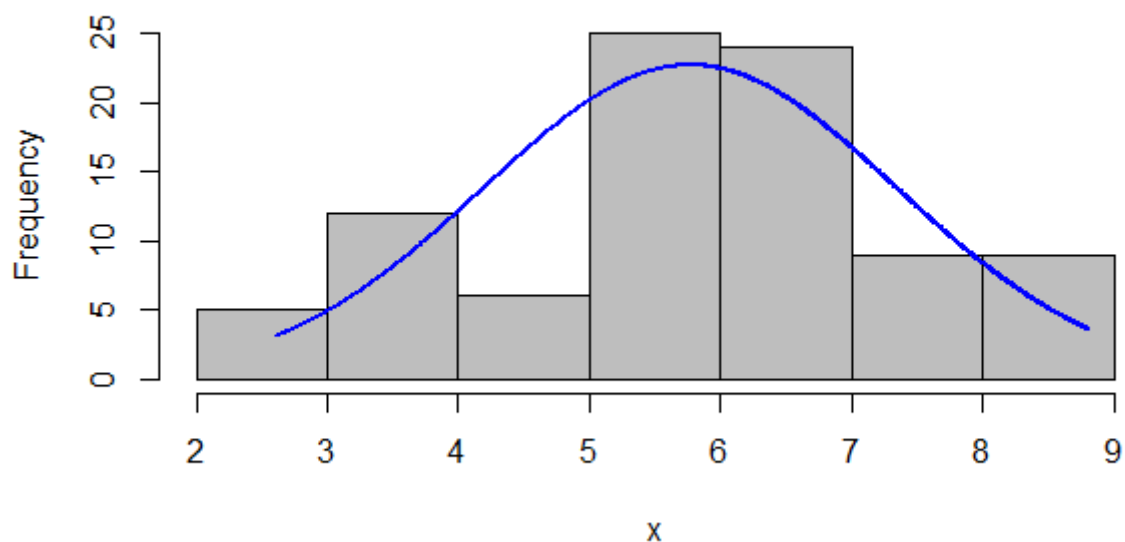


Рис.2.13 Гистограмма исследуемого временного ряда

Взглянув на гистограмму, можно отметить, что исследуемый ряд достаточно однородный и имеет относительно небольшой разброс, о чем свидетельствует коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (2.14)$$

где σ — среднее квадратическое отклонение, \bar{x} — среднее арифметическое выборки.

Классическая задача оптимизации процесса представляет собой нахождение оптимума исследуемой функции или оптимальных условий рассматриваемого процесса. Для оценки точки устойчивого управления, прежде всего, необходимо выбрать критерий оптимизации. Обычно критерий оптимизации выбирается из конкретных условий. Это могут быть, например, технологические критерии или экономические критерии. На основе выбранного критерия оптимизации строится целевая функция, которая является зависимостью критерия оптимизации от параметров, влияющих на его значение. В рамках данного исследования, критерием оптимизации является точка пересечения функции риска и возможного ущерба.

Построив график исследуемого случайного процесса, и определив параметры эмпирической формулы, выберем аппроксимирующую функцию. В нашем случае, целесообразно использовать экспоненциальную аппроксимацию для функции риска $R(t_3)$ (Рис.2.14) и линейную аппроксимацию для функции затрат I .

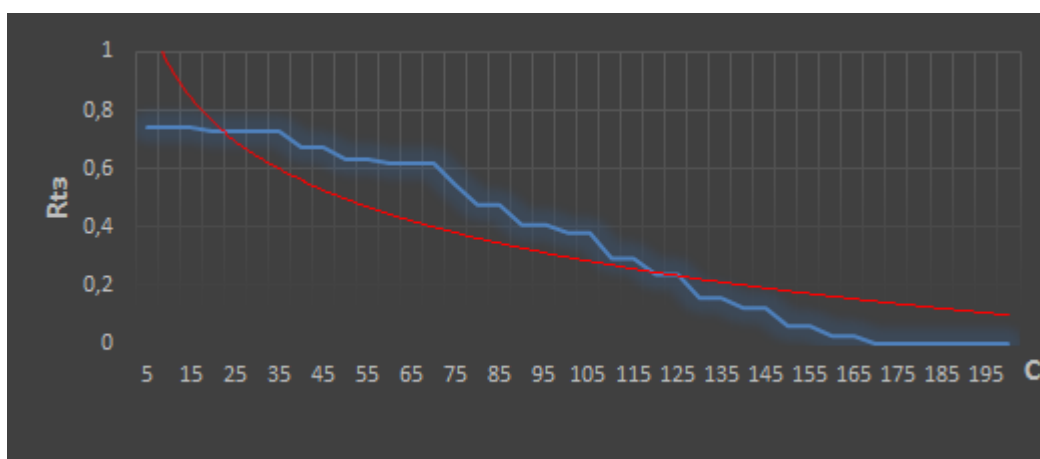


Рис. 2.14 Функция риска Rt_3

Совместив 2 графика (Рис. 2.15), получаем функции аналогичные функциям спроса и предложения. В нашем случае, это функция риска R и ущерба I . Их пересечение является точкой устойчивого управления, при которой находится баланс между риском возникновения неблагоприятных явлений и ущербом на его предотвращение.

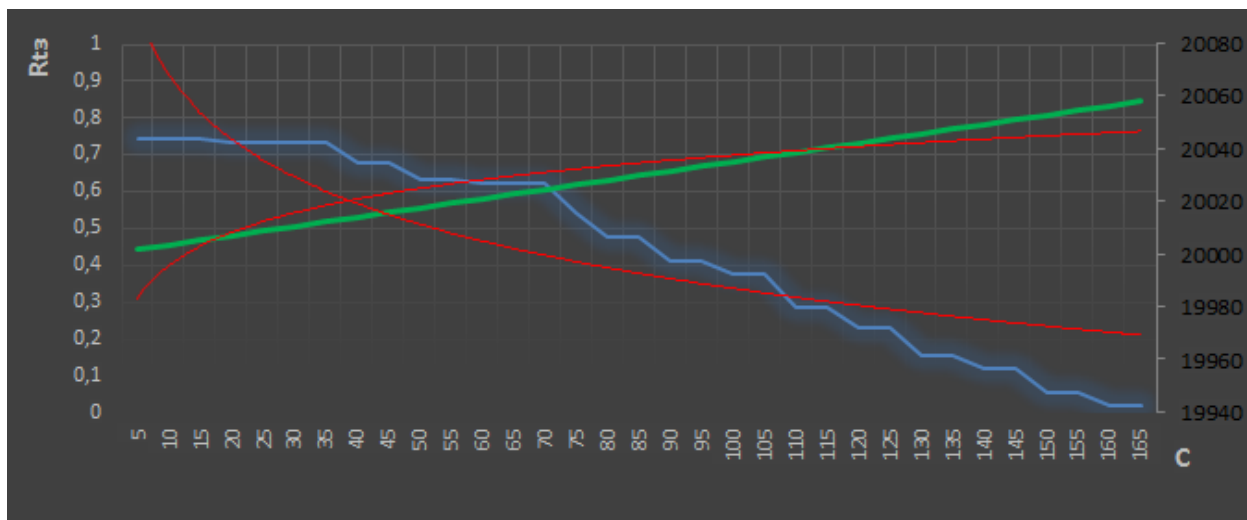


Рис. 2.15 Функция оптимального управления

Как видно из построенных графиков, результаты моделирования полностью подтверждают выдвинутую гипотезу и обосновывают необходимость использования научных методов хозяйствующими субъектами.

Управление георисками и поиск оптимального управленческого решения, реализуется в зависимости «территория – экономика – природная среда» [39, 41], основную роль в ней играет процесс обеспечения безопасности социально-экономических систем при воздействии метеорологических факторов.

Реализация мероприятий по очистке дорог от снега и льда позволяет обеспечить надлежащее состояние дорожного полотна, а внедрение модели устойчивого управления дает возможность облегчить и снизить затраты на зимнее содержание.

Выводы по разделу

Научная значимость:

1. Разработана параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах для аналитических геоинформационных систем. **Научная новизна** заключается в том, что впервые предложена параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах, которая отличается от существующих моделей, не прогнозированием изменения значений параметров природного процесса, а прогнозированием и оценкой риска возникновения ущерба на заданный момент времени. Разработанная модель **позволяет**:

- сделать оценку геориска на основе априорной информации;
- оценить относительный ущерб на основе априорной информации;
- проанализировать поведение функции риска от заданного параметра и найти область и точку устойчивого управления.

2. Разработана методика оценки георисков на основе управляемых параметров. **Научная новизна** заключается в том, что предложенная методика отличается сочетанием графических, аналитических и статистических методов для оценки рисков на основе управляемых параметров. Разработанная методика **позволяет**:

- проводить проверку и преобразование первичных данных;
- формировать массив данных с заданными свойствами;
- добиться максимальной сопоставимости результатов моделирования.

Практическая значимость:

Был разработан алгоритм действий ЛПР при адаптации природно-технических систем к неблагоприятным явлениям природного характера, направленных на минимизацию ущерба при их предотвращении или устранении последствий.

Таким образом, для оптимального управления рисками и возможным ущербом, необходимо проектирование и разработка информационных систем поддержки принятия решений на базе геоинформационных технологий, включающих:

- а) распределенные базы данных зависимостей прогнозируемых и фактических метеорологических параметров;
- б) данные о возможных экономических и социальных последствиях управленческих решений, при предотвращении и устранении последствий неблагоприятных явлений.

Разработанный подход к управлению рисками позволяет оптимизировать процесс принятия управленческого решения, удовлетворяющего целевой функции — снижению относительного экономического ущерба, зависящего от природных факторов исследуемой территории, и будет способствовать положительной динамике финансово-хозяйственной деятельности региона.

3. Разработка аналитической ГИС на основе параметрической модели для оценки рисков в природно-технических системах

3.1 Общая характеристика ГИС поддержки принятия решений

ГИС является аппаратно-программным, человеко-машинным (автоматизированным) комплексом, обеспечивающим актуализацию – сбор, обработку, отображение, прием-пересылку координируемых по пространству-времени данных, а также их интеграцию в представление о территории. Это необходимо для эффективного применения при решении научно-практических и теоретических задач инвентаризации, анализа, моделирования, прогнозирования, управления системами окружающей среды, территориальной организацией сообществ. Характеризовать ГИС можно с различных точек зрения, аспектов, охватывая функциональные, технологические, а также прикладные свойства системы. С научной точки, ГИС — средство моделирования (прогнозирования), познания социо-эколого-экономических систем. Применяется при исследовании природных, общественных, социальных и иных объектов (процессов, явлений), изучаемых науками о Земле, смежными с ними науками, картографией, дистанционным зондированием.

В технологическом аспекте, ГИС-технология – средство актуализации пространственно-временной, географической (геологической, экономической, экологической) информации. С точки зрения производственной, ГИС (ГИС-оболочка) – комплекс аппаратно-программных средств для поддержки принятия решений, управления в геосреде. ГИС может рассматриваться и как инструментарий научного исследования, и как технология, и как продукт ГИС-индустрии.

Современные ГИС – это новые, интегрированные информационные системы (ИС), с одной стороны, включающие методы обработки данных

ранее существовавших многих автоматизированных систем, с другой стороны, обладающие специфической организацией, своими методами обработки данных. Практически этого достаточно для идентификации ГИС как многоцелевых, многоаспектных систем [77]. По функциональному назначению ГИС можно рассматривать в качестве:

- системы управления, предназначенной для поддержки принятия оптимальных (рациональных) решений по управлению пространственными геовременными объектами (земельные угодья, городские хозяйства, транспортные кластеры, экологические ниши и др.);
- автоматизированной информационной системы, объединяющей технологии, технологический инструментарий, процесс ИС типа САПР, ИПС, АСНИ, АСИС;
- геосистемной технологии (прежде всего, сбора данных, анализа информации) для ГИС, СКИ (систем картографической информации), АСК (автоматизированных систем картографирования), АФС (автоматизированных фотограмметрических систем), ЗИС (земельных информационных систем), АКС (автоматизированных кадастровых систем) и др.;
- системы, использующей БД, характеризуемой широким набором данных, собранных различными методами, технологиями, объединяющих в себе и тексто-цифровую, и графическую БД (особая роль здесь у экспертных систем, баз знаний);
- системы моделирования, базирующейся на методах, процессах математического, инфологического моделирования, разработанных и применяемых в других автоматизированных системах;
- системы проектных решений, использующей методы автоматизированного проектирования (САПР), решающей специфические задачи, например, согласования проектных решений с решениями по землепользованию, привлекая заинтересованные ведомства, организации;

- системы представления информации, как развития АСДО (автоматизированной системы документационного обеспечения), предназначенной, прежде всего, для доступа к картографической информации различной степени «нагруженности» и «масштабирования»;
- системы интегрированной, объединяющей единый многообразный, разнородный набор методов, технологий на основе использования единой геоинформации.

Современные подходы, тенденции проектирования, разработки интегрированных автоматизированных систем основываются на разных аспектах интеграции данных, технологий, технических, технологических средств:

- интеграции данных на основе системного подхода и методов проектирования моделей данных, разработки универсальной информационно-логической модели, поддерживающих протоколов обмена данными;
- интеграции технологий ИС, генерации оптимальных технологических решений обработки информации с использованием релевантных методов – известных и разрабатываемых новых, инновационных;
- интеграции технических средств, создания распределенных обрабатывающих систем на основе концепции «открытых систем», CASE-проектирования.

Разработка автоматизированной ИТ на основе существовавшей неавтоматизированной технологии – нерентабельна, неэффективна. Новизна определяет эффективность и эффективное применение новых автоматизированных технологий.

Для аппаратной платформы классифицируют ГИС профессионального и настольного типа. Классические ГИС профессионального уровня, созданы для функционирования в составе рабочих станций, сетей. Они поддерживают массу необходимых приложений, включая модули векторизации

картографического материала. Настольная ГИС — это программный продукт, обладающий расширенными инструментами для работы с пространственной информацией. Такие ГИС ориентированы на ПК, использование массовым пользователем. Набор функций у них меньший, чем у профессиональных ГИС, при этом они имеют низкую цену, пригодны для организации рабочих мест в более мощных ГИС-проектах (многоуровневого типа).

ГИС универсальные характеризуются открытостью, возможностью работы с различными форматами данных, наличием достаточно мощного графического редактора, средств разработки, внедрения необходимых приложений. Этот класс ГИС – наиболее используемый, такие системы позволяют адаптироваться под различные задачи, увеличивая возможности встраиваемых специализированных подсистем, модулей. Специальные ГИС предназначены решать узкий, специальный круг задач, параметрически настраиваемый. Основная их задача — контролировать ход процессов, предотвращать нежелательные ситуации, автоматизировать документооборот. ГИС-вьюер предназначен для визуализации, вывода на печать пространственной информации. Как правило, вьюер не снабжен средствами пространственного анализа, моделирования.

Основные понятия, уровни иерархии информационной интегрированной системы – на рис.3.1. Верхний уровень понятий – интегрированная система (независимый комплекс, выполняющий процессы обработки, представления, обмена информации). Схема включает различные системные уровни, подсистемы, задачи, процессы. Система бывает неполной (осуществляющей частично обработку, ввод данных или использующей другие системы в процессе обработки) и полной (реализующей полный технологический цикл). Полный цикл включает процессы:

– ввода (возможность ввода) всех типов, видов данных, необходимых для решения поставленных задач, информации в данной предметной области;

- обработки информации, привлекая набор доступных в системе (для решения рассматриваемого класса задач) инструментальных, информационных, интерфейсных средств;
- вывода, представления данных в формах вывода, согласно спецификациям решаемой проблемы, без использования других систем.



Рис. 3.1 Структура интегрированной системы

Структура ГИС представляется, как правило, набором информационных слоев. Слои — кластеры однотипных пространственных объектов, группируемых по теме или объектам в пределах определенной территории и в системе пространственно-временных и геокоординат общих

для слоев. Геоинформационная структура данных ГИС представлена на рис. 3.2.

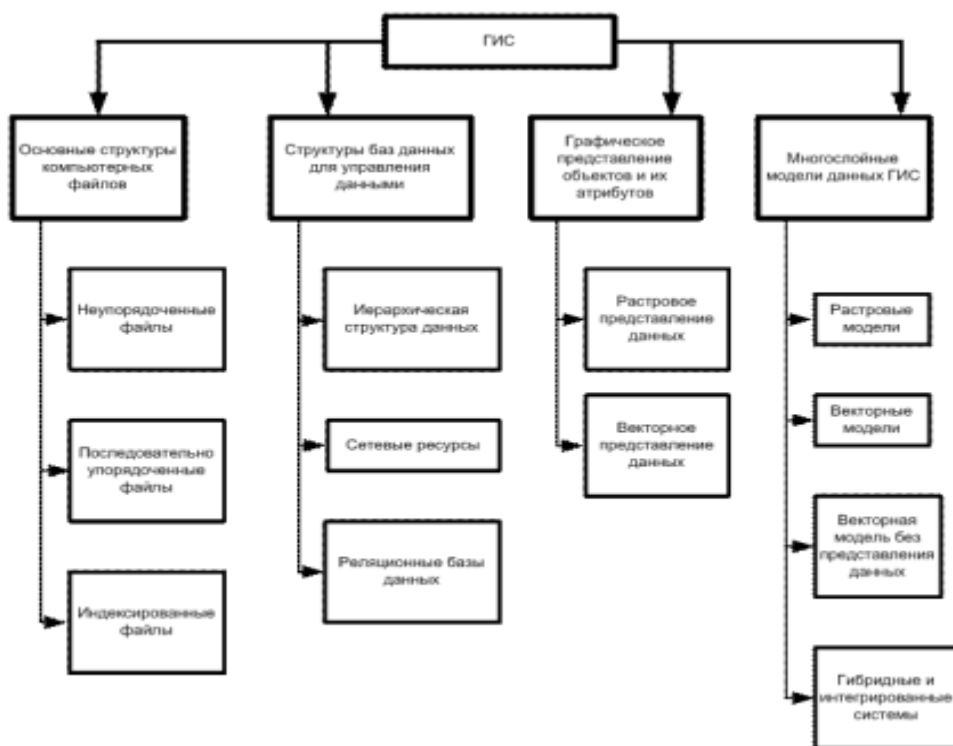


Рис. 3.2 Геоинформационная структура данных в ГИС

Основа ГИС – автоматизированная картографическая система. Это комплекс аппаратных, программных средств для создания, использования карт. Она состоит из подсистем, в частности, ввода, обработки, модификации, вывода информации. Функции ГИС указаны на рис. 3.3.

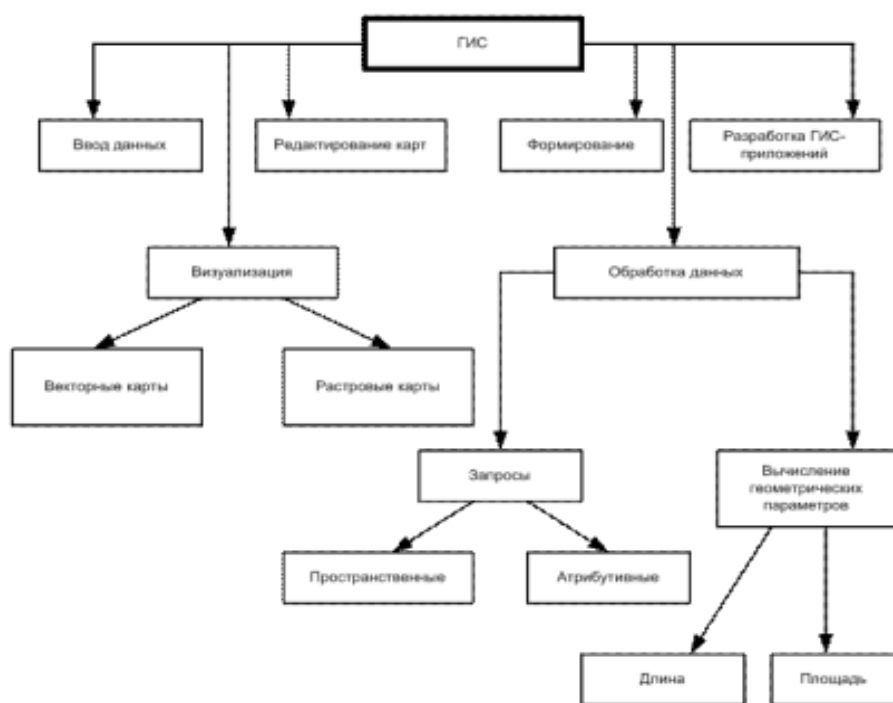


Рис. 3.3 Функции ГИС

В ГИС представлены четыре типа (класса) пространственных объектов: точка, линия, область, поверхность. Агрегируя, ими можно представлять широкий класс природных, социально-экономических феноменов. Точки, линии, области могут быть представлены соответствующими символами, поверхности – высотами точек, контурами рельефа или другими компьютерными средствами. Карты могут представлять объекты на поверхности, форму Земли, например, на объекте «Глобус» (традиционный способ «натурного» отображения Земли). Картографами разработаны методы (называемые картографическими проекциями), которые позволяют изображать достаточно точно сферическую Землю на плоском носителе.

Каждый метод генерирует семейство проекций. В ГИС широко используется система проекций и координат, называемая универсальной поперечной Меркатора. Обеспечивая точные измерения в метрической системе большинства стран, научном сообществе, она используется при дистанционном зондировании, подготовке топографических карт, реализации

БД природных ресурсов. Чтобы описывать картографическую информацию, недостаточно метрических координат и параметров, потребуется также указывать тематические, временные характеристики, применять атрибутивную информацию. Атрибут — элемент данных, описывающий свойство какого-то элемента, отношения модели (объекта понятия). Атрибутами могут стать символы (например, названия), числа (например, отражающие статистические характеристики), графические признаки (например, цвет, структура контура, тон) и др. Обычно атрибуты группируются в специальные таблицы, это удобно при организации, представлении взаимосвязей координатного и атрибутивного описаний. Обусловлено это тем, что в таблице могут храниться и сами координаты объектов (координатные данные), и описывающие характеристики (атрибуты). С помощью требуемого количества (состава) атрибутов можно упорядочить, типизировать данные, провести анализ БД по различным выборкам, отношениям, алгоритмам. Таблицы позволяют строго ранжировать параметры, определяющие различные признаки объектов, так как каждому объекту ставится в соответствие строка таблицы, каждому тематическому признаку – столбец. Точность вычисления, представление в ГИС бывает достаточно высока, она значительно превосходит точность самих данных. Важное значение приобретает задача получения исходных, первоначальных данных высокой точности, полноты и достоверности.

3.2 Обзор систем поддержки принятия решений на базе ГИС

Принятие (идентификация) правильного решения, просто принятие решения (ПР) – выбор из множества допустимых альтернатив, зависящих от разнообразных факторов, той, в которой оптимизируется результативная ценность. Если лицо принимающее решение (ЛПР) или система поддержки

принятия решения (СППР) может выделить управляющий параметр с безусловным предпочтением, релевантно и наиболее полно характеризующий свойства системы (процесса, объекта), его можно считать целевой функцией, при соблюдении определенных ограничительных (по допустимому множеству, ресурсам) условий. Подобная задача – однокритериальная, решается классическими методами теории ПР.

Задачи ПР можно решать последовательностью этапов, процедурой: генерация приемлемых вариантов, выбор релевантных критериев, поиск допустимого выбора, его оценивание. В решении задач СППР обычно участвует ЛПР – эксперт, аналитик, обладающий компетенциями в предметной области и оценивающий варианты, консультант, который помогает формировать допустимые варианты.

При разработке геоинформационной системы (ГИС) СППР могут быть:

- представляющими релевантно, достаточно полное картографию, описание объекта управления, необходимые при принятии управленческих решений;

- создающими в Интернет-пространстве геоинформационный сайт, совместно с ГИС обеспечивающий возможность оперативной обработки и отображения информации, ППР.

Возможно использование картографической динамической информации, если воспользоваться GIS/Database-технологией. Требование массовости, доступности пользователям обусловило выбор Web-технологий.

ГИС ППР позволяет решать следующие функциональные задачи:

- сбор, размещение в БД информации по параметрам объекта управления;

- импорт из первичной БД данных, отображение объекта управления на определяющей карте;

- формирование аналитических карт с показателями состояния, эволюции объекта управления, их экспорт на Web-сайт;

- формирование, экспорт на сайт аналитических карт по кадровой политике;
- формирование, экспорт на сайт аналитических карт по финансово-техническому обеспечению объекта;
- 3D-картографический анализ, контроль, принятие решений по территориальному планированию, управлению;
- генерация, печать отчетов, макетов карт.

Основными ГИС-технологиями рассматриваются две, условно обозначаемые «распределенной ГИС-технологией (РГИС)» и «локальной ГИС-технологией (ЛГИС)». В РГИС – на нижнем уровне системы располагаются базы пространственных, атрибутивных данных (картографические, образовательные, демографические и др.), они рассредоточены в национально-территориальных, ведомственных структурах.

ГИС – система управления географической (геозависимой) информацией, анализа и отображения этой информации. Географическая информация – серий наборов, кластеры географических данных, моделирующих геосреду простыми, но взаимосвязанными структурами данных, а также современный инструментарий актуализации таких географических данных.

Географическая информационная система (ИС) поддерживает нижеследующие виды работ с географической информацией

1. Базы геоданных. ГИС - пространственная БД, содержащая наборы данных, представляющих географическую информацию в общей, абстрактной модели данных ГИС (вектор, ряд, растр, топология, сеть и др.).

2. Геовизуализации. ГИС - набор интеллектуальных карт, других видов, показывающих пространственные объекты земной поверхности, их отношения («окна в БД» поддержки запросов, анализа, редактирования информации).

3. Геообработки. ГИС – инструментальный набор для актуализации из существующих наборов, новых наборов географических данных. Функциональная поддержка обработки пространственных данных (или геообработки) позволяет извлекать информацию из доступных наборов данных, применяя аналитические функциональные зависимости, записывая полученные результаты в новые, производные наборы данных.

ГИС предлагает выбор: инструментов обработки пространственной информации, оценивания зависимостей, адекватности. Они используются для актуализации, работы с информационными ГИС-объектами (наборы данных, поля атрибутов, картографические элементы, примитивы, например, для вывода карт на печать). В совокупности, продвинутые команды, объекты данных формируют базу среды обработки геоданных (геообработки) и ее развития.

$$\text{Данные} + \text{Инструментарий} = \text{Новые данные} \quad (3.1)$$

ГИС-инструменты – «строительные блоки» многошаговых операций. Они применяют операции к имеющимся некоторым данным для получения новых данных. В среде геообработки используется ГИС – для последовательной реализации серии подобных операций.

Операции, соединенные в цепочку, формируют модель обработки данных, используется в ГИС при автоматизации множества задач геообработки. Создание, применение таких процедур называется геообработкой, это среда моделирования, анализа. Приложения для моделирования включают:

- модели устойчивости, пригодности, прогнозирования, оценки альтернативных сценариев;
- интеграцию внешних моделей;
- распространение (совместное использование) моделей.

Настольные ГИС

Это – АРМ ГИС-специалиста, оно позволяет компилировать (контролировать качество), авторизоваться, использовать геоинформацию, накопленное знание. Стандартные настольные продукты – высокопроизводительные инструменты под создание, распространение, управление и публикацию геознаний.

Серверные ГИС

Пользователь ГИС применяет централизованную серверную ГИС для публикации, актуализации географических знаний, в пределах крупной организации, но многих внешних пользователей Интернет. Серверное ПО ГИС используется для централизованных ГИС-вычислений, функций управления данными, операций геообработки. При распространении ГИС-карт, данных, ГИС-сервер предоставляет функциональность ГИС-станции в распределенной среде центрального сервера, в частности, построение карт, 3D-анализ, комплексные запросы, компиляцию данных, управление данными, пакетами и др.

Все ГИС-серверы совместимы с ИТ-средой, корпоративным ПО, Web-серверами, СУБД, .NET, Java™ 2 (J2EE), что позволяет интегрировать ГИС и другие технологии ИС.

Встраиваемые ГИС

Встраиваемые ГИС используются для добавления ГИС-компонентов в приложения для решения определенных задач предоставления ГИС пользователям функциональности внутри организации. Поэтому, специалисты, применяющие ГИС-инструментарий в повседневной работе, получают доступ к ГИС-функциям через свои интерфейсы. Например, ГИС-приложения смогут оказать поддержку работе с удаленными данными, предоставлять настройки интерфейса операторов, обеспечивая функциональность.

Мобильные ГИС

Повышается мобильность определенных пользовательских решений, ГИС все больше активизируется прямо на месте полевых работ. Беспроводные мобильные устройства, поддерживающие GPS, используются часто для доступа к наборам экспериментальных данных, данных другой ГИС. Пожарные, сборщики отходов, геодезисты, землемеры, ЖКХ, полиция, экологи и другие используют мобильные ГИС. Для решения выполняемых полевых работ, потребуются простые географические инструменты, для других, более сложных транзакций - развитые.

База геоданных

База геоданных (географической БД) – базовая модель геоинформации для организации ГИС-данных в тематические слои, пространственные представления.

База геоданных включает наборы прикладных инструментов для актуализации ГИС-данных, управления ими. Логическая структура базы геоданных актуализируется через клиент-приложения, сервер-конфигурации, пользовательские приложения со своей логикой.

База геоданных базируется на стандартах физического хранилища данных ГИС, СУБД, реализуется на многопользовательских СУБД, стандарте обмена XML. База геоданных – модель хранения геометрических примитивов, открытая для механизмов хранения БД, включая файлы СУБД, требования XML, она не привязана к поставщику СУБД.

Современные подходы к разработке ГИС

Современные ГИС – интегрированные ИС, с одной стороны, включающие методы обработки данных ряда существовавших ранее автоматизированных систем (АС), с другой – со своей спецификой организации и обработки данных. Это на практике определяет ГИС как

многоцелевую, многоаспектную систему, в частности, системы управления ГИС стали основой автоматизированных систем управления (АСУ).

Это повышает значение ГИС как современного средства организации многопрофильных производств.

Разработка системной оболочки ГИС проходит этапы:

1. Анализ целей, требований (к ГИС).
2. Определение спецификаций
3. Проектирование ГИС
4. Программирование
5. Автоматизированное тестирование
6. Внедрение
7. Эксплуатация
8. Сопровождение, поддержка, развитие.

На первом этапе - анализ требований к проектируемой системе, к интерфейсу системы и пользователей. Рассматриваются вопросы обработки информации, ее стоимости, вероятности ошибки и др. Этот этап анализа способствует лучшему пониманию решаемой проблемы, возможных компромиссных ситуаций, помогая выбору наилучшего варианта. Следует выявить гео-пространственно-временные ограничения в системе, возможные изменения, средства, используемые для различных применений.

При создании ГИС у разработчиков возникает много проблем технологического, концептуального характера. Необходимо, например, идентифицировать основные понятия, объекты, процессы, процедуры обработки информации, составляющие основу ГИС. К решению данной задачи необходим очень ответственный подход, именно концепция проектируемой системы, релевантность модели данных и обеспечат её успех, устойчивость, конкурентоспособность на рынке. Разработчики учитывают множество факторов, достоинств, недостатков концепций прецедентов, динамично изменяющиеся прикладные требования, изменения в ИТ и др.

На этапе формирования спецификаций осуществляется формальное описание функционала системы, структуры входных-выходных данных, решаются вопросы по структуре файлов, организации доступа к БД, обновлению, удалению данных. Спецификации выполняют лишь функции, которые должна выполнять система, не уточняя, какими процедурами это осуществляется, без детализации алгоритмов реализации функций системы.

На этапе проектирования разрабатывают алгоритмы, процедуры, задаваемые спецификациями, формируется структура ИС. Систему разбивают на подсистемы, за разработку каждой из которых несет ответственность один исполнитель (одна группа исполнителей). Для каждой подсистемы, модуля формулируются свои требования по реализуемым функциям, размерам модулей, времени выполнения и др.

Кодирование – этап, на котором используются языки программирования высокого уровня, методы программирования (структурного, ООП). Кодирование – процесс достаточно алгоритмизируемый.

Тестирование – самый ответственный, дорогостоящий этап. Затраты на этап составляют половину всех затрат на систему. Плохое тестирование приведет к сбоям (не только программ, но и реализации проекта, работ). При тестировании используются данные, характерные для рабочей системы. План тестовых испытаний составляется заранее, большая часть тестов – на этапе проектирования.

Тестирование бывает автономное, комплексное и системное. При автономном тестировании все модули проверяются с помощью подготовленных программистами данных. Программная среда модуля имитируется, используются макетирование, «заглушки», «шаговое выполнение» и др. При комплексном тестировании идет совместная проверка программных компонент. Системное (оценочное) тестирование – завершающая стадия, испытывается система в целом, на независимых тестах.

Характеристики современных ГИС

Главными являются нижеследующие принципы, правила построения современных ГИС.

1. Хранить графические, атрибутивные данные в реляционной БД.
2. Использовать трехуровневую архитектуру ГИС: БД – пользовательское приложение – «дата-сервер» (экспорт-импорт данных).
3. Интегрировать данные из разных источников в логически единой ГИС без конвертации форматов.
4. Создать для всех пользователей системы свое географическое рабочее пространство (настройки интерфейса системы).
5. Использовать гибкую систему запросов.
6. Создать открытую структуру атрибутивных БД, интегрированную с корпоративными ИС, СУБД.
7. Создать модульную, функционально модифицируемую (например, расширяемую) структуру приложений пользовательского функционала.
8. Встроить в систему программирования необходимые специализированные функции.
9. Оптимизировать вычислительные ресурсы для обеспечения дружественности, производительности при работе с большими массивами данных.
10. Создать анимационный функционал ГИС, обладающий возможностью визуализации данных (диаграммы, графики, схемы, модели).
11. Интегрировать ГИС в WWW, обеспечить возможность использования веб-данных.
12. Интегрировать модельный ряд программных решений в едином интерфейсе.

Особенности проектирования ГИС

ГИС, по сути, - это СУБД. Есть важное отличие: в ГИС с атрибутивными данными обрабатывается и геопространственная (геовременная) информация. Любая БД включает данные определенной предметной области, сферы реального мира.

Первый этап проектирования ИС - формализация, построение инфологической модели предметной области. Ее создание включает исследование информационных потоков, специфических в предметной области, установление, описание связей объектов предметной области. Инфологическая модель необходима в любом случае, независимо от инструментария, базы реализации. Ее используют как фундамент строительства датологической модели БД, отображающей инфологические связи элементами данных (независимо от содержания, среды представления). На этом этапе следует учесть ограничения, накладываемые ПО на структурно-функциональные параметры ИС.

На следующем этапе разрабатывается физическая модель БД, связывающая датологическую модель и среду хранения. На нем разрабатываются элементы пользовательского интерфейса, решаются вопросы надежности, устойчивости системы, распределения прав доступа, защиты от нелегального доступа.

Проектируя ГИС, также необходимы следующие действия:

- выработка требований, касающихся используемого картографического материала (масштаб, проекция, координаты);
- определение размерности геоданных (2D-, 3D-данные);
- установление типа модели представления данных (векторная, растровая);
- проектирование послойного состава пространственной информации ГИС;
- установление наличия оцифрованных карт рабочих территорий.

3.3 Концептуальная модель аналитической ГИС на основе параметрической модели управления георисками

На этапе проектирования системы, была разработана концептуальная модель аналитической геоинформационной системы, которая реализована в виде набора диаграмм в нотации UML, позволяющих описать структуру системы, варианты использования основных действующих лиц, бизнес-логику приложения, сущности и связи между ними, а также общую архитектуру системы.

Современный унифицированный язык моделирования UML является стандартом де-факто, для создания абстрактной модели системы.

На рис. 3.4 изображена диаграмма вариантов использования (прецедентов), на которой показаны отношения существующие между действующими лицами и вариантами использования. В данной диаграмме используются следующие виды связей:

- расширение (Extend);
- включение (Include);
- обобщение (Generalization);
- ассоциация (Association).



Рис. 3.4 Диаграмма прецедентов

Из диаграммы можно сделать вывод, что пользователю присуще 3 основных вариантов использования, которые в свою очередь могут разветвляться и включать дополнительные варианты в зависимости от сложившихся условий.

Для описания реальных сущностей базы данных, связей и отношений между ними на рис. 3.5 представлена диаграмма «сущность-связь».

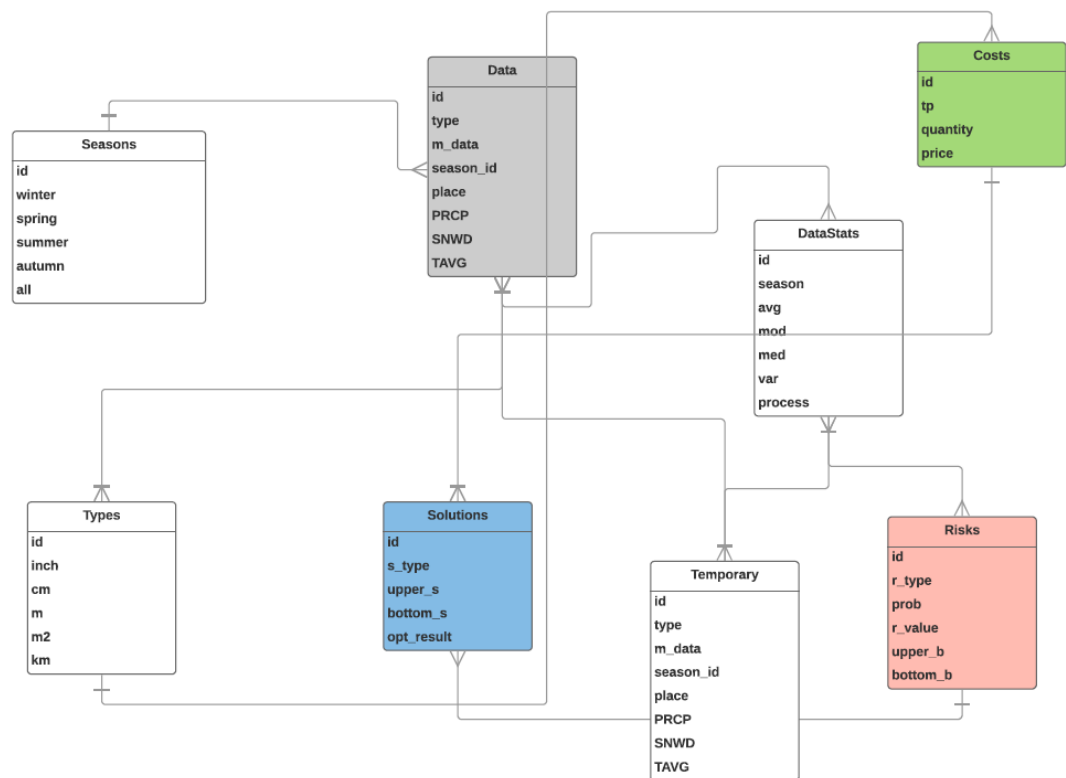


Рис. 3.5 ER-диаграмма

Как видно из диаграммы для проектируемой системы, была разработана модель данных с определенными сущностями и свойствами, обусловленными предметной областью и параметрами математической модели.

Модель геоинформационной системы выполнена на базе клиент-серверной архитектуры, которая характеризуется двумя взаимодействующими процессами. Предложенная архитектура позволяет отвечать следующим требованиям:

1. Надежность.
2. Целостность.
3. Масштабируемость.
4. Безопасность.
5. Гибкость.

На рис. 3.6 представлена концептуальная модель аналитической ГИС оценки георисков и выделены 3 модуля, предложенные автором, которые следуют из методики оценки георисков на основе управляемых параметров.

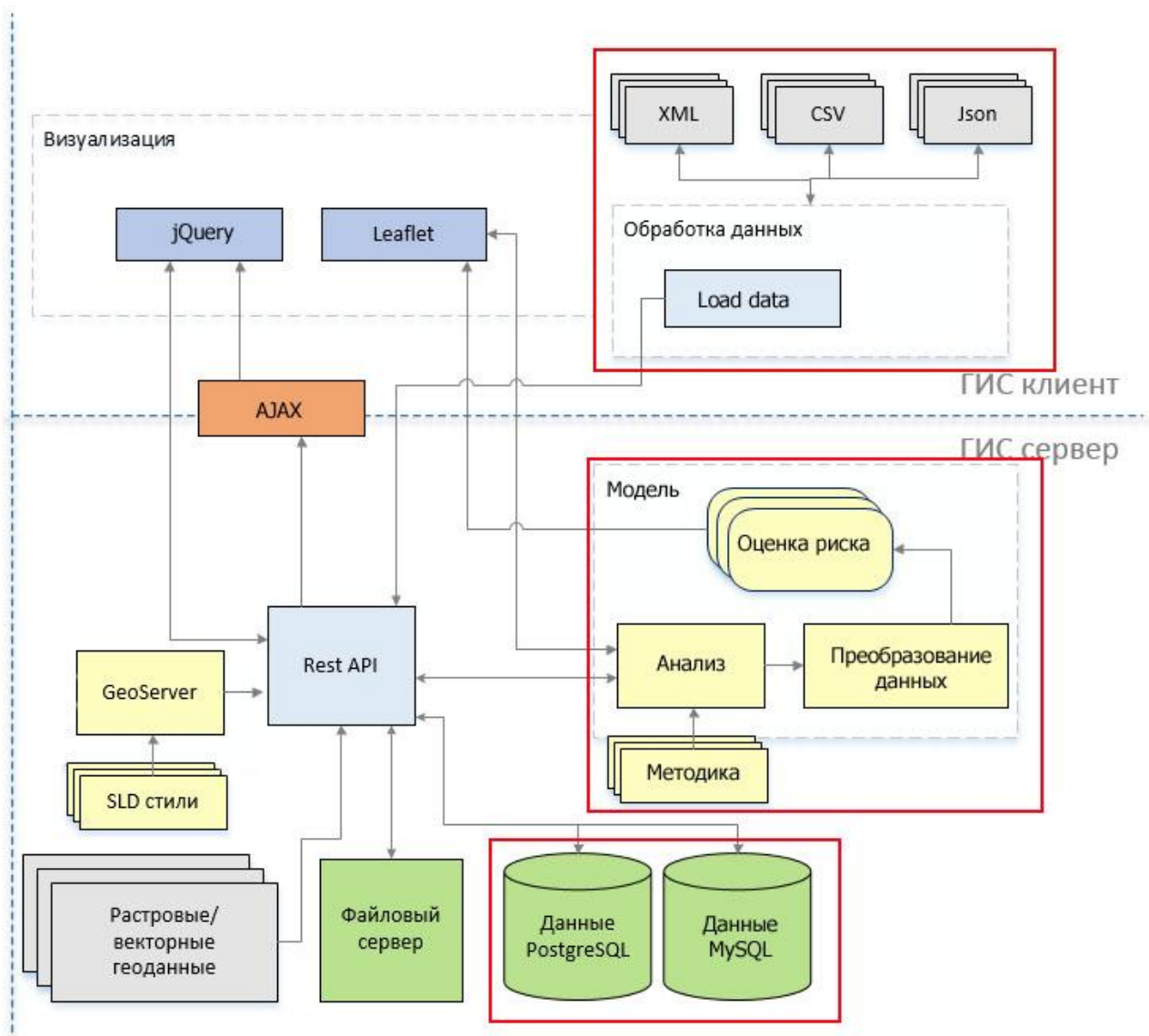


Рис. 3.6 Концептуальная модель аналитической ГИС оценки георисков

Выводы по разделу

Разработана концептуальная модель аналитической ГИС оценки рисков.

Научная новизна заключается в том, что концептуальная модель аналитической ГИС отличается внедрением 3 дополнительных компонентов:

- компонент обработки разнородных данных;
- компонент распределенных баз данных с представленной топологией данных;
- компонент оценки георисков на основе параметрической модели управления в природно-технических системах.

Разработанная концептуальная модель **позволяет:**

- Использовать данных большинства известных форматов.
- Хранить и использовать данных как о рисках так и об относительном ущербе, сохраняя связи и отношения между ними, благодаря разработанной топологии.
- Автоматизировать процесс оценки георисков на основе априорных геоданных.

Кроме того, был проведен обзор аналитических геоинформационных систем. Проведена классификация геоинформационных систем поддержки принятия решений. На основе проведенного анализа была предложена концептуальная модель аналитической геоинформационной системы для использования с параметрической моделью управления георисками.

Концептуальное моделирование системы осуществлялось с помощью унифицированного языка моделирования UML. В результате чего, была реализована концептуальная, логическая и физическая модель информационной системы, представленная в виде набора диаграмм в соответствии с выбранной нотацией. Кроме этого, была построена ER-модель системы и топология таблиц базы данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Поставлена **новая научная задача** оценки геориска и относительного ущерба с помощью параметрических моделей на базе априорных геоданных. **Научная новизна** заключается в том, что впервые представлены новые модели и методики управления георисками с учетом объективного фактора роста относительного ущерба, на примере обеспечения безопасности функционирования природно-технических систем в условиях неопределенности осуществления погодных условий.

Поставленная задача **позволяет:**

- обеспечить повышение эффективности использования новых механизмов обработки априорных геоданных в хозяйственной деятельности
- показать влияние погодных условий на различные отрасли экономики
- показать необходимость внедрения новых моделей обработки геоданных в существующий инструментарий геоинформационных систем

2. Разработана параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах для аналитических геоинформационных систем. **Научная новизна** заключается в том, что впервые предложена параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах, которая отличается от существующих моделей, не прогнозированием самого процесса, а прогнозированием и оценкой риска на заданный момент времени. Разработанная модель **позволяет:**

- давать оценку геориска на основе априорной информации
- давать оценку относительного ущерба на основе априорной информации
- показывать вероятность выхода за пороговые и критические интервалы в рамках конкретной предметной области
- находить точку устойчивого управления

3. Разработана методика оценки георисков на основе управляемых параметров. **Научная новизна** заключается в том, что предложенная методика отличается сочетанием графических, аналитических и статистических методов для оценки рисков на основе управляемых параметров. Разработанная методика **позволяет:**

- проводить проверку и преобразование первичных данных
- формировать массив данных с заданными свойствами
- добиться максимальной сопоставимости результатов моделирования

Кроме того, был разработан алгоритм действий ЛПР при адаптации природно-технических систем к неблагоприятным явлениям природного характера, направленных на минимизацию ущерба при их предотвращении или устранении последствий.

Таким образом, для оптимального управления рисками и возможным ущербом, необходимо проектирование и разработка информационных систем поддержки принятия решений на базе геоинформационных технологий, включающих:

а) распределенные базы данных зависимостей прогнозируемых и фактических метеорологических параметров

б) данные о возможных экономических и социальных последствиях управленческих решений, при предотвращении и устранении последствий неблагоприятных явлений

Разработанный подход к управлению рисками позволяет оптимизировать процесс принятия управленческого решения, удовлетворяющего целевой функции — снижению экономического ущерба, зависящего от метеорологических факторов исследуемой территории, и будет способствовать положительной динамике финансово-хозяйственной деятельности региона.

4. Разработана концептуальная модель аналитической ГИС оценки рисков. **Научная новизна** заключается в том, что концептуальная модель аналитической ГИС отличается внедрением 3 дополнительных компонентов:

- Компонент обработки разнородных данных
- Компонент распределенных баз данных с представленной топологией данных
- Компонент оценки георисков на основе параметрической модели управления в природно-технических системах

Разработанная концептуальная модель **позволяет**:

- Использовать данных большинства известных форматов
- Хранить и использовать данных как о рисках так и об относительном ущербе, сохраняя связи и отношения между ними, благодаря разработанной топологии
- Автоматизировать процесс оценки георисков на основе априорных геоданных

Кроме того, был проведен обзор аналитических геоинформационных систем. Проведена классификация геоинформационных систем поддержки

принятия решений. На основе проведенного анализа была предложена концептуальная модель аналитической геоинформационной системы для использования с параметрической моделью управления георисками.

Проектирование системы осуществлялось с использованием методологии объектно-ориентированного анализа, в нотации UML. В результате чего были построены концептуальная, статическая и физическая модель системы и представлены в виде набора диаграмм. Кроме этого, была построена ER-модель системы и топология таблиц базы данных.

Проведенные исследования в данной диссертационной работе, позволили определить актуальную проблему недостаточного использования геоинформационных систем на базе параметрических моделей при управлении территориями. Принимая во внимание размер и степень вовлеченности финансовых и других ресурсов крайне очевидна стоимость управленческих ошибок. Предложенные в работе модель и методика, позволили формализовать процесс оценки рисков на основе открытых априорных данных, ранжировать параметры, выбирать и обосновывать условия влияющие на решаемую проблему. Кроме того, возможно прогнозирование последствий принимаемых решений. Концептуальная модель аналитической геоинформационной системы, предоставляет ЛПР возможность загрузки данных из любых источников, в различных форматах.

Автором был проведен широкий анализ опыта отечественных и зарубежных ученых и организаций в области математического моделирования и оценки рисков на основе априорных геоданных, был выявлен ряд проблем и нерешенных задач, которые получили отражение в рамках данной диссертационной работы.

Полученные в процессе работы результаты представляют практическую значимость для управления территориями и экономического развития регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO/IEC 10746-2:1996, Information technology — Open Distributed Processing — Reference Model: Foundations.3.2.5: knowledge that is exchangeable amongst users about things, facts, concepts, and so on, in a universe of discourse
2. ISO/IEC 2382-1:1993, Information technology — Vocabulary — Part 1: Fundamental terms.01.01.01: knowledge concerning objects, such as facts, events, things, processes, or ideas, including concepts, that within a certain context has a particular meaning
3. ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения.
4. ГОСТ 34.201-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
5. ГОСТ 34.321-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Эталонная модель управления данными/ п. 2.1
6. ГОСТ 34.321-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Издания. — М.:2001. — 24 с.
7. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
8. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
9. ГОСТ 34.603-92 Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.

10. ГОСТ Р 50597 Автомобильные дороги и улицы, Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения
11. ГОСТ 33181- 2014 Требования к зимнему содержанию
12. Акселевич В.И., Мазуров Г.И. Использование спутниковой информации в интересах борьбы со снежными заносами в мегаполисах // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2013. № 2-1 (11). С. 8-12.
13. Алексеев В. В. Структура представления знаний в системах автоматизированного управления состоянием сложных технических систем // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2003. № 1. С. 32-34.
14. Алексеев В.В., Малышев В.А., Яковлев А.В. Состояние и направления развития экспертных систем // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2002. № 4. С. 4.
15. Алешин И.В., Гончаров В.К., Левин И.М., Радомысльская Т.М., Осадчий В.Ю., Рыбалка Н.Н., Клементьева Н.Ю. Современные дистанционные методы изучения экологического состояния морской среды в ледовых условиях // Морской вестник. 2008. № 2 (26). С. 69-74.
16. Андреев С.С. Краткая оценка биоклиматических ресурсов ЮФО по индексу КМ (коэффициенту климатического потенциала самоочищения атмосферы) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2006. № S5. С. 93-97.
17. Андреева Е.С, Андреев С.С. Погодные аномалии и природные факторы, их провоцирующие // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2006. № S5. С. 82-89.
18. Анохин П.К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. М.: Наука, 1979. 453 с.
19. Бескид П.П., Куракина Н.И., Орлова Н.В. Геоинформационные системы и технологии. Санкт-Петербург, 2013.

20. Бескид П.П., Миранков В.А. Геоинформационная система поддержки принятия решений при ликвидации нефтяных разливов на поверхности акватории // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2013. № 30. С. 199-203.
21. Бескид П.П., Шишкин А.Д. Об опыте проведения экологического мониторинга состояния морской поверхности радиолокационными средствами // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 2 (122). С. 20-24.
22. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности / –М.: Academia, 2010. - 336 стр.
23. Биденко С.И., Днов В.Н., Завгородний В.Н. Геоинформационное обеспечение военно-морского флота // Морской сборник. 2011. Т. 1975. № 10. С. 44-49.
24. Бокс Дж., Дженкинс Г.М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. С. 406
25. Бурлов В.Г. Математические методы моделирования в экономике. Часть 1. СПб: изд-во СПбГПУ, 2007. 330 с.
26. Воробьев С. Н. , Егоров Е. С. , Плотников Ю. И. . Теоретические основы обоснования военно-технических решений, Москва, РВСН, 1994 год
27. Владимиров А. М. Опасные природные явления // Ученые записки РГГМУ. 2005. №1. С 42-53.
28. Германова А.В., Фрумин Г.Т. Поступление биогенных элементов в балтийское море со стоком трансграничных рек // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2012. № 24. С. 100-106.
29. Гуда С.А., Рябов Д.С. Прогнозирование пробок на улицах по известным данным о скорости автомобилей // IV Российская летняя школа по информационному поиску: Труды четвертой российской конференции молодых ученых по информационному поиску. Воронеж, 2010. С. 52–63.

30. Дидрих В. Е., Алексеев В. В. Обеспечение информационной поддержки принятия управленческих решений на основе компьютеризации организационного управления // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2002. № 2. С. 3.
31. Дмитриев А.Л. XX век и экономическая наука // Экономическая наука современной России. 2001. № 3. С. 151-155.
32. Дмитриев А.Л., Карлин Л.Н. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в северных и удаленных районах России // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2006. № 7 (39). С. 87-88.
33. Дмитриев В.В. Интегральная экологическая оценка состояния природной и антропогенно-трансформированной среды // Региональная экология. 2003. № 3-4. С. 68-74.
34. Догановский А.М., Мякишева Н.В. Водный баланс и внешний водообмен озер России и сопредельных территорий // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2015. № 41. С. 63-75.
35. Догановский А.М., Угренинов Г.Н. Разработка методики установления начала отсчета ширины водоохранной зоны на неизученных озерах // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 34. С. 103-105.
36. Егошин А.В. Анализ и прогнозирование сложных стохастических сигналов на основе методов ведения границ реализаций динамических систем: Автореферат диссертации канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2009. С. 19
37. Истомин Е.П., Колбина О.Н., Петров Я.А., Слесарева Л.С. Информационная система прогноза рисков наводнений в Санкт-Петербурге // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2013. № 1 (10). С. 33-37.

38. Истомин Е.П., Колычев В.В., Соколов А.Г. Исследование систем управления. Учебник. СПб: ООО «Андреевский издательский дом», 2012 г. - 306 стр.
39. Истомин Е.П., Слесарева Л.С. О некоторых вопросах моделирования поведения ГИС // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2011. № 20. С. 207-210.
40. Истомин Е.П., Слесарева Л.С. Оценка риска экстремальных гидрометеорологических явлений // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2010. № 16. С. 14-21.
41. Истомин Е.П., Слесарева Л.С. Применение стохастических моделей для прогнозирования рисков в геосистемах // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2011. № 17. С. 145-149.
42. Истомин Е.П., Соколов А.Г. Теория организации: системный подход Учебник. СПб: ООО «Андреевский издательский дом», 2011 г. - 420 стр.
43. Истомин Е.П., Соколов А.Г. Управленческие решения. Учебник. СПб: ООО «Андреевский издательский дом», 2011 г. - 314 стр.
44. Истомин Е.П., Соколов А.Г., Фокичева А.А. О некоторых вопросах управления гидрометеорологическими рисками // Мат-лы 9-й межд. науч.-пр. конф. «Анализ, прогноз и упр. природ. рисками в современном мире, ГЕОРИСК-2015». — М.: РУДН, 2015. Т. 2. — С. 170–176.
45. Истомин Е.П., Фокичева А.А., Коршунов А.А., Слесарева Л.С. Управление гидрометеорологическими рисками в социально-экономических системах // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2016. № 44. С. 219-224
46. Ковчин И.С., Ковчин М.И., Степанюк А.И., Ломаков В.В., Потапов Е.В. Акустическо информационно-измерительная система гидрометеорологического мониторинга прибрежной зоны // Сборник

научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 2010. Т. 30. № 4. С. 19-21.

47. Ковчин И.С., Милосердов Я.Ю., Степанюк А.И., Ковчин М.И. Гидрометеорологическое обеспечение плавучих энергетических установок // Сборник научных трудов SWorld. 2011. Т. 31. № 1. С. 65-66.

48. Колесниченко В.В., Митько В.Б. Гидрофизический мониторинг мелководных районов в целях обеспечения экологической безопасности // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 6 (95). С. 61-65.

49. Коломыц Э.Г. Снежный покров горно-таежных ландшафтов севера Забайкалья. Л.-М., Наука, 1966.

50. Коршунов А.А., Шаймарданов В.М., Шаймарданов М.З. Создание базы данных об опасных явлениях для климатических исследований и обслуживания // Ученые записки РГГМУ, 2012, № 25, с. 79-85.

51. Котляков В.М. Мир снега и льда - Москва: Наука, 1994, С. 286

52. Котляков В.М. Снежный покров Земли и ледники. Ленинград, ГИМИЗ, 1968, С. 475.

53. Кулеш В.П., Дмитриев В.В., Исаченко А.Г., Мякишева Н.В., Хованов Н.В. Теоретическое обоснование и математическое моделирование оценок состояния разномасштабных геосистем в условиях дефицита информации на основе многокритериального подход // Отчет о НИР № 96-05-65170 (Российский фонд фундаментальных исследований).

54. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. С. 736

55. Мазуров Г.И., Татаринов В.В., Баварский О.В., Томилов А.А. Методика метеозависимой геоэкологической оценки состояния окружающей среды и экологического риска для персонала аэродрома государственной авиации // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2015. № 576. С. 153-165.

56. Малик С.А., Митько В.Б., Седова А.П. Технологии геоинформационной поддержки управления качеством жизни в арктических регионах России // В сборнике: Экология: синтез естественно-научного, технического и гуманитарного знания Материалы II Всероссийского научно-практического форума. [редкол. А.В. Иванов, И.А. Яшков, С.В. Шиндель, М.К. Калмыковаидр.]; Сарат. гос. тех. ун-т . 2011. С. 66-68.
57. Малинин В.Н., Гордеева С.М. О современных изменениях глобальной температуры воздуха // Общество. Среда. Развитие. 2011. № 2 (19). С. 215-221.
58. Малинин В.Н., Шевчук О.И. Об изменениях глобального климата в начале 21-го столетия // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2010. № 15. С. 150-154.
59. Морозов В. П., Дымарский Я. С. Элементы теории управления ГАП. М.: Машиностроение. 1984
60. Мохсен Абдульхаким М.А., Фруммин Г.Т. Анализ риска для водных экосистем при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов // Современные проблемы науки и образования. 2009. № 4. С. 76-81.
61. Муратова Л.И. Нормативные системы в прогнозировании развития предпринимательского сектора экономики / Л.И. Муратова [и др.] // Управление экономическими системами [электронный ресурс]. 2009, №20.
62. Неровных А.Н., Заворотный А.Г., Бутенко В.М. Опасные природные процессы: учеб. пособие / А.Н. Неровных, А.Г. Заворотный, В.М. Бутенко, В.В. Сарычев, С.А. Резниченко. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. С. 306
63. Новиков В.В. Анализ экономики сквозь призму безопасности // Региональная экономика: теория и практика. 2003. № 2. С. 13-16.
64. Оснач А.М., Скакальский Б.Г. Статистический анализ изменения гидрохимического режима рек под влиянием урбанизации // Ученые записки

Российского государственного гидрометеорологического университета. 2009. № 10. С. 81-85.

65. Панамарев Г.Е., Биденко С.И. Геоинформационная поддержка управления сложными территориальными объектами и системами // монография / Г. Е. Панамарев, С. И. Биденко; Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Морская гос. акад. им. Ф. Ф. Ушакова". Новороссийск, 2011.

66. Панамарева О.Н., Биденко С.И. Геоинформационные средства поддержки управления сложными территориальными экономическими транспортными системами // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2014. № 4-2. С. 138-152.

67. Попова Е.С., Андреев С.С. Вероятностно-географический прогноз опасных явлений погоды // Журнал "Фундаментальные исследования". - 2014. - № 8-7. С. 1622-1625.

68. Рихтер Г. Д. Снежный покров, его формирование и свойства - Ленинград: Изд-во АН СССР, 1945.

69. Румянцев К.Е., Хайров И.Е., Новиков В.В. Доступ к информации, передаваемой по квантово-криптографическому каналу // Успехи современного естествознания. 2004. № 4. С. 47.

70. Румянцев К.Е., Хайров И.Е., Новиков В.В. Метод съема информации в квантово-криптографическом канале // Успехи современного естествознания. 2004. № 10. С. 107-109.

71. Скакальский Б.Г. Экология и гидрометеорология больших городов и промышленных зон (россия-мексика) // монография / Б. Г. Скакальский и др.. Санкт-Петербург, 2010. Том Мониторинг окружающей среды.

72. Соколов А.Г., Петров Я.А. Анализ современных моделей пространственного управления организационно-техническими системами // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2013. № 2-2 (11). С. 122-123.

73. Степанов С.Ю., Петров Я.А. Реализация модели подготовки гетерогенных данных в автоматизированной системе // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2015. № 2 (16). С. 95-98.
74. Тихонов Э.Е. Прогнозирование в условиях рынка. Невинномысск, 2006. С. 221
75. Фрумин Г.Т. Экология и геоэкология: мифы и реальность // монография / Г. Т. Фрумин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Российский гос. гидрометеорологический ун-т. Санкт-Петербург, 2011.
76. Царев В.А. Научные аспекты проектирования и оптимизации оптоэлектронных систем идентификации наземных транспортных средств // Автоматизация в промышленности. 2009. № 5. С. 55-62.
77. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. —М.: Финансы и статистика. -1998. —288 с
78. Шелутко В.А. Экология и гидрометеорология больших городов и промышленных зон (россия-мексика) // монография / [В. А. Шелутко и др.] ; [под общ. ред. Л. Н. Карлина, В. А. Шелутко] ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Российский гос. гидрометеорологический ун-т. Санкт-Петербург, 2009.
79. Шелутко В.А., Дмитриев В.В., Гальцова В.В., Гутниченко В.Г., Фрумин Г.Т. Геоэкологические проблемы больших городов и промышленных зон // В сборнике: Вопросы прикладной экологии Сборник научных трудов. Министерство образования Российской Федерации; Российский государственный гидрометеорологический университет. Санкт-Петербург, 2002. С. 6-15.

80. Ютт В.Е., Резник А.М., Морозов В.В., Попов А.И. Эксплуатация антиблокировочных систем легкового автомобиля: Учебное пособие/ МАДИ (ГТУ). -М.: 2003. 225 с;
81. Яйли Е.А., Музалевский А.А. Методология и способ оценки качества компонентов природной среды урбанизированных территории на основе индикаторов, индексов и риска // Экологические системы и приборы. 2006. № 12. С. 23-30.
82. Яйли Е.А., Музалевский А.А. Управление экологическими рисками в контексте системного подхода // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 2006. № 5 (47-1). С. 229-238.
83. Armstrong J.S. Forecasting for Marketing // Quantitative Methods in Marketing. London: International Thompson Business Press, 1999. P. 92 – 119
84. Istomin E.P., Sokolov A.G., Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Fokicheva A.A. Methods for external factors assessing within geoinformation management of territories // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, June 18–24, 2015, book 2, vol. 1, p. 729–736. — DOI:10.5593/SGEM2015/B21/S8.092.
85. Istomin E.P., Sokolov A.G., Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Popov N.N. Geoinformation management as a modern approach to the management of spatially-distributed systems and territories // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, June 18–24, 2015, book 2, vol. 1, p. 607–614. DOI:10.5593/SGEM2015/B21/S8.076.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Реализация алгоритма модели на языке VBA

```
Sub test()  
Dim x As Single  
Dim Mx As Single  
Dim Sx As Single  
Dim R(2 To 60) As Single  
Dim Temp As Single  
Dim i As Integer  
Dim j As Integer  
  
Temp = 0  
For j = 2 To 60  
    For i = 2 To 17  
        Temp = Temp + (Worksheets("Лист2").Cells(2, i) -  
Worksheets("Лист2").Cells(2, 18)) *  
(Worksheets("Лист2").Cells(j, i) - Worksheets("Лист2").Cells(j,  
18))  
    Next i  
    Worksheets("Лист2").Cells(j, 20) = (Temp /  
(Worksheets("Лист2").Cells(2, 19) *  
Worksheets("Лист2").Cells(j, 19))) / 16  
    Temp = 0  
  
Next j  
End Sub  
  
Sub correl_v2()  
Dim Temp As Single  
Dim i As Integer  
Dim j As Integer  
Dim sh As Worksheet  
Set sh = Worksheets("Лист3")
```

```

Temp = 0
For j = 2 To 16
    For i = 1 To 16
        Temp = Temp + (sh.Cells(2, i) - sh.Cells(2, 17)) *
(sh.Cells(j, i) - sh.Cells(2, 17))
    Next i
    sh.Cells(j, 19) = (Temp / sh.Cells(2, 18)) / 16
    Temp = 0
Next j
End Sub

```

```

Sub correl_v3()
Dim Temp As Single
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim sh As Worksheet
Set sh = Worksheets("Лист4")
Temp = 0
For j = 2 To 16
    For i = 1 To 16
        Temp = Temp + (sh.Cells(2, i) - sh.Cells(2, 17)) *
(sh.Cells(j, i) - sh.Cells(2, 17))
    Next i
    sh.Cells(j, 19) = (Temp / sh.Cells(2, 18)) / 16
    Temp = 0
Next j
End Sub

```

```

Sub NMKP(Sheet As String) 'Метод наименьших квадратов
Dim A As Single
Dim A1 As Single
Dim A2 As Single
Dim SY As Single
Dim Sx As Single

```

```

Dim SXY As Single
Dim SX2 As Single
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim n As Integer
Dim k As Integer
Dim sh As Worksheet
Set sh = Worksheets(Sheet)
n = 16
    Sx = 0: SY = 0: SX2 = 0: SXY = 0
For j = 2 To 16
    For i = 1 To n
        SXY = SXY + sh.Cells(j, i) * sh.Cells(j, 19)
        Sx = Sx + sh.Cells(j, i)
        SY = SY + sh.Cells(j, 19)
        SX2 = SX2 + sh.Cells(j, i) * sh.Cells(j, 19)
    Next i
Next j
    A1 = (n * SXY - Sx * SY) / (n * SX2 - Sx * Sx)
    A2 = (SY - A1 * Sx) / n
    A = Exp(A2): B = A1
sh.Cells(2, 20) = B
For i = 1 To 15
    sh.Cells(i + 1, 21) = Exp(B * (i - 1))
Next i
End Sub

Sub probability(Sheet) 'Расчет вероятности по функции Лапласа
Dim Xmax As Single
Dim Xmin As Single
Dim Temp(2 To 60, 2 To 60) As Single
Dim i As Integer
Dim j As Integer

```

```

Dim n As Integer
Dim sh As Worksheet
Set sh = Worksheets(Sheet)

n = 16

For i = 1 To 16
    Xmax = sh.Cells(2, 17) + i
    Xmin = sh.Cells(2, 17) - i
    sh.Cells(1, 21 + i) = "+" & i & "...-" & i
    For j = 2 To n
        sh.Cells(j, 21 + i) = 1 - (Application.NormSDist((Xmax -
sh.Cells(2, 17) - sh.Cells(6, 21) * (sh.Cells(j, 16) -
sh.Cells(2, 17))) / Sqr(sh.Cells(2, 18)) * Sqr(1 - sh.Cells(6,
21) ^ 2)) - Application.NormSDist((Xmin - sh.Cells(2, 17) -
sh.Cells(6, 21) * (sh.Cells(j, 16) - sh.Cells(2, 17))) /
Sqr(sh.Cells(2, 18)) * Sqr(1 - sh.Cells(6, 21) ^ 2)))
    Next j
Next i
End Sub

Sub probability2(Sheet)
Dim Xmax As Single
Dim Xmin As Single
Dim Temp(2 To 60, 2 To 60) As Single
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim n As Integer
Dim sh As Worksheet
Set sh = Worksheets(Sheet)

n = 16

For i = 1 To 16
    Xmax = sh.Cells(2, 17) + i
    Xmin = sh.Cells(2, 17) - i
    sh.Cells(1, 39 + i) = "+" & i

```



```

    For j = 2 To n
        sh.Cells(j, 39 + i) = 1 - (Application.NormSDist((Xmax -
sh.Cells(2, 17) - sh.Cells(6, 21) * (sh.Cells(j, 16) -
sh.Cells(2, 17))) / Sqr(sh.Cells(2, 18)) * Sqr(1 - sh.Cells(6,
21) ^ 2)))
    Next j
Next i
End Sub

```

```

Sub probability3(Sheet)
Dim Xmax As Single
Dim Xmin As Single
Dim Temp(2 To 60, 2 To 60) As Single
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim n As Integer
Dim sh As Worksheet
Set sh = Worksheets(Sheet)
n = 16
For i = 1 To 16
    Xmax = sh.Cells(2, 17) + i
    Xmin = sh.Cells(2, 17) - i
    sh.Cells(1, 59 + i) = "-" & i
    For j = 2 To n
        sh.Cells(j, 59 + i) = (Application.NormSDist((Xmin -
sh.Cells(2, 17) - sh.Cells(6, 21) * (sh.Cells(j, 16) -
sh.Cells(2, 17))) / Sqr(sh.Cells(2, 18)) * Sqr(1 - sh.Cells(6,
21) ^ 2)))
    Next j
Next i
End Sub

```

```

Sub rt()
    Call NМКР("Лист3")
    Call NМКР("Лист4")

```

```

    Call probability("Лист3")
    Call probability2("Лист3")
    Call probability3("Лист3")
End Sub

Sub correl_v1()
Dim Temp As Single
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim sh As Worksheet
Set sh = Worksheets("Лист1")
Temp = 0
MsgBox sh.Cells(1, 3)
For i = 2 To 6
    Temp = Temp + (sh.Cells(2, 1) - sh.Cells(2, 2)) *
(sh.Cells(i, 1) - sh.Cells(2, 2))
    sh.Cells(i, 5) = (Temp / sh.Cells(2, 3)) / 5
    Temp = 0
Next i
End Sub

Sub creat()
Dim myList As Object
Dim i As Integer
Dim temp As Integer
temp = 2002
For i = 3 To 18
    'В активной книге
Set myList = Worksheets.Add
    'Работаем с переменной
temp = temp + 1
myList.Name = temp
    'Очищаем переменную
Set myList = Nothing

```

```

Next i
End Sub
Sub avg()
Dim temp As Single
Dim i As Integer
Dim j As Single
Dim dh As Worksheet
Set dh = Worksheets("Лист21")
For i = 1 To 18
    For j = 2 To 90
        dh.Cells(j, 1) = dh.Cells(j, 1) +
Worksheets("Лист3").Cells(2, 5)
    Next j
Next i
'    For j = 2 To 90
'
'        sh.Cells(j, 1) = sh.Cells(j, 1) / 18
'
'
'    Next j
End Sub

```

```

Sub C()
Dim temp As Single
Dim i As Integer
Dim j As Single
Dim sh As Worksheet
Set sh = Worksheets("Лист1")
sh.Range("I2:I101").ClearContents

For i = 2 To 91
    temp = 0

```

```
For j = 1 To 40
    temp = temp + 5
    Select Case Val(sh.Cells(i, 7))
        Case 0 To temp
            sh.Cells(j + 1, 9) = sh.Cells(j + 1, 9) + 1
    End Select
Next j
Next i
End Sub
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2016620986

«База данных метеорологических параметров»

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ) (RU)*

Авторы: *Истомин Евгений Петрович (RU), Степанов Сергей Юрьевич (RU), Соколов Александр Геннадьевич (RU), Петров Ярослав Андреевич (RU), Фокичева Анна Алексеевна (RU)*

Заявка № 2016620547

Дата поступления 28 апреля 2016 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 20 июля 2016 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



ПРИЛОЖЕНИЕ С

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор ФГБОУ ВО

«Российский государственный
гидрометеорологический университет»



И. И. Палкин

2018 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы

Петрова Ярослава Андреевича

«Параметрическая модель оценки георисков в природно-технических системах для аналитических геоинформационных систем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика»

Настоящий акт составлен в том, что разработанные предложения по оценке георисков с использованием параметрических моделей и аналитических геоинформационных систем, внедрены в учебный процесс и применяются автором при подготовке и проведении занятий по дисциплине «Геоинформационные системы», в рамках образовательных программ по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика».

Рассмотрено на заседании кафедры прикладной информатики РГГМУ протокол №9 от 02 октября 2018 г.

И.о. зав. кафедрой
Прикладной информатики,
д.т.н, профессор

Е. П. Истомин