

Министерство образования и науки Украины
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

На правах рукописи
УДК 681.518

ГУБСКИЙ АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ
ХОЗЯЙСТВОМ

специальность 05.13.07 - автоматизация процессов управления

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
СТЕНИН АЛЕКСАНДР АФРИКАНОВИЧ

Киев – 2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ	11
1.1. Концепция автоматизации процесса управления городским хозяйством на основе единой информационно-аналитической системы.....	11
1.2. Автоматизированный мониторинг – эффективный инструмент автоматизации процесса управления субъектами городского хозяйства	15
1.3. Обзор существующих АСМУ	18
1.4 Общая схема работы АСМУ ГХ и постановка задач диссертационного исследования.....	27
1.5 Выводы.....	32
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОДНОГО КЛАССА СГХ И ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА	34
2.1. Выбор и обоснование математического аппарата построения моделей одного класса СГХ	34
2.2. Классификация одного класса СГХ и показатели эффективности их работы	36
2.3. Построение моделей и генерация альтернатив принятия эффективных управленческих решений	41
2.3.1. Автоматизированные системы голосования и регистрации.....	42
2.3.2. Городской транспорт	50
2.3.3. Предприятия с последовательной технологической цепью	55
2.3.4. Автоматизированные системы закупок и сбыта продукции	65
2.4. Методы автоматизированного анализа данных	69
2.4.1. Восстановление данных с пропусками.....	69
2.4.2. Анализ источников информации. Метод MEIS.....	74
2.5. Выводы.....	83
ГЛАВА 3. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ГРУПП АСМ ГХ.....	85
3.1. Анализ актуальности проблемы коллективной оценки	85
3.2. Автоматизированное формирование экспертных групп на базе методов взаимной компетенции и диаграмм Вейча.....	91
3.3. Методы и алгоритмы повышения согласованности сформированных экспертных групп.	99
3.4. Выводы.....	108
ГЛАВА 4. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	109
4.1. Анализ методов экспертных оценок	109

4.2. Обобщенная функционально-структурная модель автоматизированной системы поддержки принятия решений (АСППР)	115
4.3. Автоматизированная генерация альтернатив с применением модифицированного метода анкетирования.	124
4.4. Автоматизированный метод экспертного оценивания «ПРОБА»	128
4.5. Алгоритм нечеткого ситуационного управления	137
4.6. Выводы.....	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	140
ЛИТЕРАТУРА.....	142
Приложения.....	153

ВВЕДЕНИЕ

Целесообразность применения автоматизированных систем мониторинга и управления городским хозяйством (АСМУ ГХ) сегодня не подлежит сомнению. Обеспечение жизнедеятельности городского населения в значительной мере зависит от эффективности управления ГХ. Эффективное управление ГХ возможно при использовании современных компьютерных технологий, позволяющих автоматизировать процесс управления городским хозяйством.

Создание единой информационно-аналитической системы (ЕИАС), способной охватить все направления управления ГХ – сложная задача, обусловленная как широким разнообразием решаемых вопросов, так и большими объемами обрабатываемой информации.

Системы информационной поддержки управления, ядром которой служат данные государственной статистической отчетности, «настроенной» на централизованно управляемую экономику, зачастую оказываются бессильны в вопросах оценки новых процессов, происходящих в деятельности различных субъектов городского хозяйства (СГХ). В результате существенно обострились противоречия между информационными потребностями органов управления городским хозяйством и возможностями действующих систем их информационной поддержки.

Эти противоречия, следствием которых является снижение эффективности городского управления, а значит и спад, в конечном счете, качества жизни населения, должны послужить важнейшим побудительным мотивом активизации работ по созданию в городах АСМУ ГХ и информационно-аналитической поддержки принятия управленческих решений на базе современных компьютерных технологий.

Несмотря на широкое применение компьютерных технологий в современных АСМУ ГХ, актуальными являются проблемы эффективного автоматизированного математического, информационного и алгоритмического

обеспечения приемлемых характеристик этих систем для реализации широкого спектра задач управления.

Следует отметить, что значительный вклад в решение проблемы создания эффективного математического и информационного обеспечения таких систем, внесли Т.С. Саати, Р. Дж. А. Литтл, Д.Б. Рубин, Д. Хинкли, Д. Кокс, Дж. Бокс, Г. Дженкинс, Т. Андерсон, А. М. Никифоров, А.А. Боровков, А.И. Орлов, С.А. Айвазян и др. В исследование математических и имитационных моделей массового обслуживания наибольший вклад внесли Дж. Уолрэнд, А.К. Эрланг, А.А. Марков, Б.В. Гнеденко, Н.П.Бусленко, Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров, Дж. Риордан, А.Я. Хинчин, Б.С. Лившиц и другие.

Связь работы с научными программами, планами, темами определяется тем, что работа выполнена в рамках плановых научно-исследовательских работ кафедры технической кибернетики Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт" по темам:

- «Внедрение облачных технологий в систему образования и создания виртуальных компьютерных научно-учебных лабораторий исследовательского университета» (№ ДР 0113U003352)
- «Разработка архитектуры и технологий обработки корпоративных распределенных источников данных в среде cloud computing на основе метамоделей с их динамичной интерпретацией» (№ ДР 0112U001455).

Целью диссертационной работы является повышение эффективности процесса управления субъектами городского хозяйства за счет унификации и автоматизации создания математического, информационного и алгоритмического обеспечения АСМУ ГХ .

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи:

- Построить и провести анализ математических и имитационных моделей функционирования выбранного класса СГХ с точки зрения формирования альтернатив управленческих решений;

- Разработать подход для восстановления частично утраченной мониторинга вой информации при имеющихся пробелах в данных, которые представляют собой прямоугольные бинарные таблицы;
- Разработать автоматизированный подход к формированию экспертных групп и их реформирования для повышения качества экспертных оценок;
- Разработать метод оценки источников информации (MEIS) для повышения достоверности результатов мониторинга;
- Синтезировать обобщенную структуру автоматизированной системы поддержки принятия решений (АСППР) для обработки разнородной по составу и объему мониторинговой информации и выработки управляющих воздействий;
- Разработать автоматизированную процедуру оценки альтернатив и нахождения потенциально лучшей альтернативы (ПЛА) управленческих решений методом экспертных оценок «ПРОБА».
- Разработать алгоритм нечеткого ситуационного управления.

Объектом исследования является процесс управления городским хозяйством.

Предметом исследования – модели и методы построения автоматизированной системы мониторинга и управления субъектами городского хозяйства.

Методами исследования являются теория управления, теория систем и системного анализа, теория систем массового обслуживания, теория нечетких множеств, методы принятия решений, компьютерное моделирование

Для проверки результатов исследований было создано специальное программное обеспечение. При его разработке были применены технологии объектно-ориентированного программирования, системы управления базами данных и технологии визуализации данных, среди которых стоит выделить такие инструменты как: Microsoft Visual Studio, Microsoft SQL Server, язык

интегрированных запросов LINQ. Основной платформой для разработки сопутствующего ПО была выбрана платформа Microsoft .NET

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. Для повышения достоверности результатов мониторинга при наличии данных с пропусками предложен, в отличие от существующих, оригинальный подход к обработке бинарных прямоугольных таблиц опроса, построенный на формировании однородных групп источников информации и определении принадлежности источника информации с частично утерянными данными к одной из этих групп, что позволяет с большой долей вероятности восстановить эти данные.
2. Для автоматизированного анализа источников информации разработан метод экспертной оценки MEIS, построенный на принципах иерархичности и парной доминантности, который в отличие от существующих, позволяет получить и использовать при обработке мониторинговой информации количественную оценку значимости источников информации и тем самым повысить качество информации, а отсюда и качество управления
3. Для автоматизированного формирования рабочих групп экспертов разработан оригинальный подход, основанный на социометрическом методе взаимной компетенции и методе диаграмм Вейча, что позволяет за конечное число шагов сформировать одну или несколько групп экспертов с максимальным социометрическим показателем.
4. Для автоматизации процесса принятия управленческих решений разработан новый метод экспертной оценки «ПРОБА», который в отличие от существующих позволяет по каждому критерию оценивать сразу всё множество альтернатив.
5. Разработан оригинальный алгоритм нечеткого ситуационного управления, базирующийся на методе «ПРОБА» и автоматизированном генерировании альтернатив управляющих воздействий на основе метода экс-

пертного анкетирования, что дает возможность управлять СГХ в штатных и нештатных ситуациях в реальном масштабе времени.

Практическое значение полученных результатов: Полученные в диссертации теоретические результаты позволяют значительно расширить функциональные возможности АСМУ ГХ на основе системного анализа СГХ и получения необходимых управленческих решений. Построение имитационных моделей одного класса СГХ на основе систем массового обслуживания обеспечивает адекватность моделей реальным процессам функционирования СГХ и является эффективным практическим инструментом их анализа. Разработанные методы и алгоритмы формирования экспертных групп имеют универсальный характер и могут быть использованы в различных сферах деятельности человека. Работа представляет интерес как для государственных, так и для частных организаций, занимающихся сбором и обработкой больших объемов информации.

Результаты были внедрены в систему Since, разрабатываемую группой компаний «Рост» и «Фондом качественной политики», а также в разработки АИЦ «Институт Города». Кроме того, часть методов вошла в программу обучения студентов на кафедре технической кибернетики, факультета информатики и вычислительной техники Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского». Результаты подтверждены актами внедрения, приведенными в приложении.

Личный вклад соискателя. Основные итоги диссертационной работы получены автором самостоятельно. При использовании известных положений и зависимостей имеют место корректные ссылки на авторов и соответствующие источники. При проведении исследований, результаты которых опубликованы лично и в соавторстве, автором диссертации предложен метод анализа и оценки источников информации [1], предложен алгоритм реформирования состава экспертной группы [5] предложен социометрический подход к формированию группы экспертов [7], рассмотрены варианты автоматизации подсистем институтов и факультетов, которые представляют собой один из видов СГХ [2], предложена иерархическая структура критериев оценки [6], на основе вербального анализа предложена процедура принятия решений в условиях неопределенностей [8], предложен метод независимой статистической проверки экспертной группы [3], на основе принципа парнодоминантности предложен метод оптимизации качественного состава учебного плана специальности [4], предложена математическая модель и проведен анализ работы систем Интернет-выборы и Интернет-регистрация [9], предложен алгоритм обновления данных [10], предложена нормализация оценок на основе функций принадлежности [11], предложенная общая концепция автоматизации процесса управления городским хозяйством [12].

Апробация работы. Основные итоги исследований докладывались и обсуждались на

- Международной конференции «Автоматика и энергосберегающие технологии 17-19 октября 2012 г. Кировоград.»
- Международной конференции «Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод 10-14 декабря 2012 г. Краматорск.»
- Корпоративной конференции группы компаний «Рост» посвященной вопросам развития бизнеса и инновационных продуктов (в частности Since – системы электронного голосования), 19-23 февраля 2013.

- Научно-техническая конференция «Информационные технологии в металлургии и машиностроении» г. Днепропетровск, 24-26 марта 2015г.
- ежегодная XVIII научно-практическая международная конференция «Информационные технологии в образовании и управлении» г.Херсон 24 мая 2016 г.

Публикации. Результаты работы отражены в 12 научных публикациях в ведущих профессиональных изданиях, из них: 1 монография, 10 статей в научно-технических журналах, из них 4 в изданиях, входящих в известные международные наукометрические базы данных и 1 статья по материалам научно-практической конференции.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников из 112 наименований. Объем основной части диссертации составляет 157 страниц, в тому числе 10 таблиц и 24 рисунка.

ГЛАВА 1.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ

1.1. Концепция автоматизации процесса управления городским хозяйством на основе единой информационно-аналитической системы.

Городское хозяйство(ГХ) – это комплекс, расположенных на территории города, предприятий, организаций и учреждений, обслуживающих материальные, культурные и бытовые потребности населения, проживающего в городе [13, 15, 16]. ГХ, как объект управления, представляет собой весьма сложную организационно-техническую систему, структура которой представлена на рис.1.1.

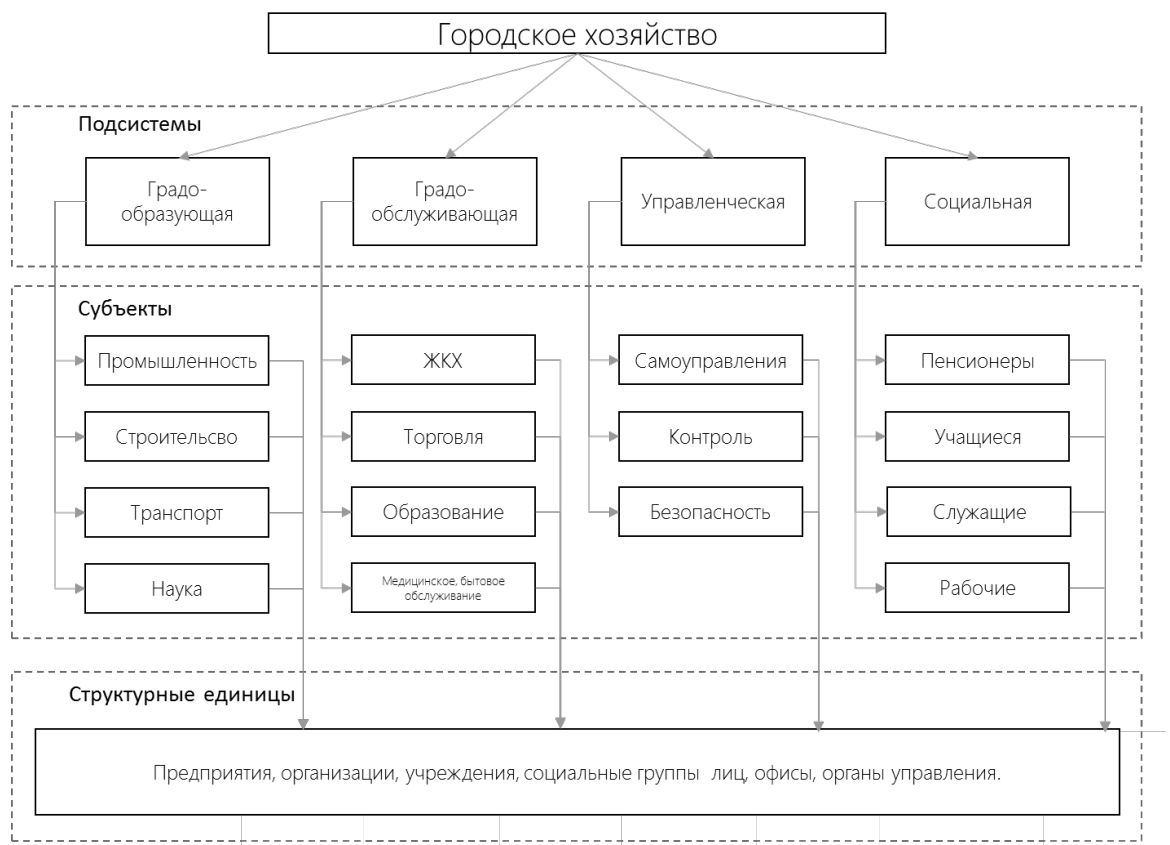


Рис.1.1. Структура городского хозяйства

Обеспечение жизнедеятельности городского населения в значительной мере зависит от эффективности управления ГХ. Эффективное управление ГХ возможно при использовании современных компьютерных технологий и ав-

томатизации, позволяющих оперативно решать задачи административного, технического и планировочного направлений городской инфраструктуры.

Создание единой автоматизированной информационно-аналитической системы (ЕИАС), способной охватить все направления управления ГХ – сложная задача, обусловленная как широким разнообразием решаемых вопросов, так и большими объемами обрабатываемой информации.

Город – это единый организм, единая многоуровневая система, имеющая свою иерархию. Целостное функционирование этой системы становится результатом взаимодействия всех ее уровней иерархии.

Архитектура создаваемой информационной системы должна соответствовать иерархии городских органов управления. В связи с этим в структуру органов муниципального управления необходимо ввести аналитико-исследовательский центр.

В структурах администраций районов, департаментов и служб, осуществляющих тактическое и оперативное управление городом и городским хозяйством, создаются информационно-аналитические центры по сферам деятельности (РИАС).

Система автоматизированного мониторинга, а также структура информационных потоков должны соответствовать перечню решаемых задач и иерархии подчинения.

Основной задачей высшего уровня является стратегическое управление, определяющее долгосрочное развитие ГХ. Остальные уровни иерархии осуществляют тактическое и оперативное управление субъектами городского хозяйства [15].

Стратегическое управление городским хозяйством подразумевает автоматизированное управление комплексным социально-экономическим развитием муниципального образования, включающим взаимно согласованные программы развития всех сфер его деятельности. В основе стратегического управления лежит единая обобщенная информационная база данных об объектах недвижимости, населении, экологии и др., заложенная в подсистему

информационного обеспечения процесса управления. Результатом аналитической работы последней являются перспективные планы и целевые программы развития городского хозяйства.

Управление — это информационный процесс, заключающийся в переработке потока входной информации о состоянии объекта управления и окружающей среды в выходной поток информации об управляющих воздействиях [13,15,16], которые могут иметь различные виды и формы реализации. Без информации управление невозможно. Поэтому важнейшей задачей управления структурной перестройкой экономики крупного города является организация информационно-аналитического обеспечения. Постановка вопроса о совершенствовании информационной поддержки управления структурной перестройкой экономики города сама по себе может показаться достаточно традиционной, однако в современных условиях она приобретает особую актуальность. Обусловлено это, во-первых, повышением роли регионов, городов в развитии национальной экономики, переносом центра тяжести в решении важнейших проблем политического и экономического реформирования на уровень областей, местного самоуправления; во-вторых, обострившимися противоречиями между информационными потребностями органов управления городом и возможностями действующих систем по их информационной поддержке. Такое положение инициирует проведение работ по созданию в городах автоматизированных комплексов информационно-аналитической поддержки управленческих решений, базисным блоком которых выступают системы мониторинга (СМ). Это нетривиальная задача, так как объект управления — «экономика города» является сложной социально-экономической системой, для которой характерны следующие особенности [15,16]:

- массовый характер протекающих в ней социальных и экономических явлений и процессов, поэтому закономерности явлений и процессов не обнаруживаются на основании небольшого числа наблюдений, требуют массовых наблюдений;

- динамичность социальных и экономических процессов, заключающаяся в изменении количественного и качественного состава системы и характеристик ее элементов (хозяйствующих субъектов) под влиянием среды, поэтому необходимо организовывать постоянное (в некоторых случаях периодическое) наблюдение;
- случайность и неопределенность в развитии социальных и экономических явлений, носящих, преимущественно, вероятностный характер, что требует применения для их изучения методов теории вероятности и математической статистики;
- невозможность изолировать протекающие в системе процессы от окружающей среды, чтобы наблюдать и исследовать их в чистом виде, т. е. одновременно с наблюдением за системой «экономика города» необходимо отслеживать социально-экономические процессы во взаимодействующих и вышестоящих системах;
- активная реакция элементов на появляющиеся новые факторы, способность системы к активным, не всегда соответствующим замыслу управления, т.е. не всегда предсказуемым, действиям, зависящим от отношения людей к данным факторам, способам и методам проведения реформ, что требует особой организации наблюдения, позволяющей выявить указанные отклонения.

Основой АСУ многих предприятий и отраслевых управлений в городском хозяйстве должна быть подсистема оперативного учета и управления, основанная на автоматизированном ведении топографо-атрибутивных баз данных СГХ и их характеристик. Эта система предполагает, в частности, широкое использование в управлении предприятиями электронной карты города и базы данных предприятий, связанных с объектами электронной карты. Такая технология может быть создана и будет экономически и технически целесообразна только при участии организаций, ведущих общегородские базы данных или их разделы.

Формирование баз данных о характеристиках СГХ имеет огромное значение для совершенствования управления городом в целом, т.к. при их появлении создаются возможности [15,17]:

- оперативного учета состояния СГХ, что облегчает планирование всех видов работ на объектах;
- оптимизации распределения средств городского бюджета субъектам городского хозяйства на ремонт, эксплуатацию, строительство и реконструкцию за счет учета их фактического состояния;
- создания комплексных паспортов объектов СГХ, эксплуатирующихся предприятиями различных ведомств, путем объединения паспортных данных, ведущихся каждым предприятием.

В общий информационный ресурс города должна входить и та информация, которая имеет общегородское значение и позволяет рассматривать информационные потоки в городе в единой системе координат – это сертифицированная электронная карта города, справочники и классификаторы улиц, строений, нормативно-правовые документы и т.д.

1.2. Автоматизированный мониторинг – эффективный инструмент автоматизации процесса управления субъектами городского хозяйства

Решение широкого круга весьма сложных проблем информационно-аналитического обеспечения управления структурной перестройкой экономики крупного города с учетом отмеченных выше особенностей системы «экономика города» возможно в рамках создания муниципальной информационной службы и автоматизированной СМ[13]. При этом под объектом мониторинга (ОМ) будем понимать субъект городского хозяйства (СГХ) или его структурную единицу.

Задачи муниципальной информационной службы могут быть изложены следующим образом[15]:

- разработка и совершенствование системы показателей и индикаторов, объективно и комплексно характеризующих деятельность СГХ, а также форм и сроков предоставления информации и порядка доступа к ней;

- сбор, накопление и хранение информации и статистических данных о деятельности СГХ в рамках показателей государственной статистики, а также общественное мнение;
- формирование и сопровождение на единой методологической основе муниципальных информационных баз и банков данных;
- анализ получаемой информации, составление аналитических обзоров;
- обеспечение надлежащего хранения и защиты муниципальных информационных ресурсов;
- взаимодействие с организациями телерадиовещания и периодическими изданиями в целях обеспечения через средства массовой информации своевременного и широкого распространения точной и правдивой (достоверной) информации о деятельности органов местного самоуправления муниципального образования, его структурных подразделений.

Основой муниципальной информационной службы должна быть автоматизированная система мониторинга и управления городским хозяйством (АСМУ ГХ). Системы информационной поддержки управления, ядром которой служат данные государственной статистической отчетности, «настроенной» на централизованно управляемую экономику, зачастую оказываются бессильны в вопросах оценки новых процессов, происходящих в различных сферах жизнедеятельности городов. В результате существенно обострились противоречия между информационными потребностями органов управления городом и возможностями действующих систем их информационной поддержки.

Эти противоречия, следствием которых является снижение эффективности городского управления, а значит и спад, в конечном счете, качества жизни населения, должны послужить важнейшим побудительным мотивом активизации работ по созданию в городах комплексных АСМУ ГХ и информационно-аналитической поддержки принятия управленческих решений на базе современных информационно-компьютерных технологий.

Следует отметить, что проблемы организации АСМУ ГХ в последние годы находятся в поле зрения государственных органов управления.

Однако, анализ государственных нормативно-правовых актов по рассматриваемой проблематике показывает, что они носят весьма декларативный характер, не нацеливают на комплексное решение проблемы автоматизированного мониторинга, ориентируют на создание множества не увязанных между собой локальных мониторинговых подсистем. Кроме того, обеспечение информационной поддержки систем государственного мониторинга возлагается на субъекты регионов и муниципальные образования, однако вопрос о финансировании таких работ обходится молчанием.

Главная причина состоит, по мнению экспертов, в недостаточной разработанности научных и методических основ автоматизированного мониторинга, в рекомендациях, носящих весьма абстрактный характер, не доведенных до уровня, пригодного для использования их в качестве эффективного инструмента автоматизации процесса управления ГХ. Именно эти обстоятельства сдерживают практические работы по созданию региональных и городских автоматизированных систем мониторинга, не позволяют вплотную приступить к работам по созданию этого центрального блока систем автоматизированной информационно-аналитической поддержки принятия управленческих решений на уровне города [21].

Несмотря на то, что экономика города может иметь развитые связи с соседними регионами и зарубежными странами, основные ее взаимодействия осуществляются в «родном» регионе, поэтому система городского мониторинга должна рассматриваться в единстве с аналогичной региональной системой.

Существуют различные трактовки термина «мониторинг» [13]. В узком смысле под ним понимают организацию системного наблюдения за ходом деятельности в различных СГХ. Назовем этот процесс «стационарным мониторингом». Однако более конструктивным является «целевой мониторинг», под которым будем понимать систему оценки, анализа и прогноза экономи-

ческой и социальной обстановки, складывающейся на территории субъекта городского хозяйства при изменившихся условиях внутренней или внешней среды. В такой трактовке главная цель целевого мониторинга состоит, по нашему мнению, в автоматизированном глубоком анализе полной, своевременной и достоверной информации о процессах в субъектах городского хозяйства для принятия управленческих решений, направленных на поддержку позитивных и устранение негативных тенденций.

1.3. Обзор существующих АСМУ

В последнее время в мире появилось много АСМУ[13,14,15,17] в различных сферах народного хозяйства. Nfr HR – лаборатория Human Technologies разработала интегрированную систему Internet – сервисов НТ – line. НТ – line позволяет быстро разработать планы исследований, создать собственные on – line тесты, качественно провести опросы и тестирование любого количества респондентов независимо от их местонахождения.

Представляет интерес универсальный программный комплекс «Мобильный аудит», который предназначен для автоматизации аудитов, маркетинговых исследований, инспекций и проверок на предприятиях.

Маркетинг – один из наиболее интенсивно развивающихся секторов приложения информационных технологий, поскольку автоматизация информационных процессов в этой области в условиях интенсивного развития рыночных отношений является стратегическим фактором конкуренции[20].

Автоматизированная система маркетинга может рассматриваться как упорядоченная совокупность программных модулей и информационных наборов данных, полученных, как в результате контент-анализа, так и с помощью социального опроса.

Среди наиболее известных в СНГ АСМУ в области маркетинга на предприятиях и в организациях внедряются аналитические («ИНЭК-Аналитик», Аудит – Expert, «Альт-Инвест»), управленческие («Галактика», NS-2000, «Парус», «Тектон») и простейшие маркетинговые (Marketing Expert, «БЭСТ-Маркетинг»).

Система «БЭСТ-Маркетинг» на основе опроса и получения качественных оценок по принципу хуже/лучше, важно/второстепенно преобразует данные качественные оценки в количественные и производит оценку рыночных позиций исследуемого предприятия или организации на базе модели Розенберга и матрицы Ансоффа [17].

Система Marketing Expert – это система стратегического планирования и аудита маркетинга.

Система Marketing Expert позволяет выполнить SWOT – анализ, т. е. определить силу и слабость компании, каковы ее возможности в смысле доходности и прибыльности, определить стратегию на основе экспертных оценок текущей и планируемой деятельности на рынке. Кроме SWOT – анализа, система использует известные во всем мире аналитические методики GAP – анализ, Portfolio – анализ и др.

В последнее время разработано много автоматизированных систем маркетинга на базе технологии CRM (Customer Relationship Managment), в частности, система Marketing Analytic, разработанная компанией КУРС, связанная с планированием и оптимизацией продаж. Представляет интерес модуль GEO, позволяющий провести анализ информации об объектах, имеющих пространственную привязку с возможностью отображения результатов на географической карте.

Среди управленческих автоматизированных систем маркетинга наиболее известны несколько упомянутых выше систем. В частности, информационная система «Тектон» предназначена для обеспечения руководства различных звеньев управления предприятиями, организациями необходимой информацией для принятия решений на основе автоматизации деятельности управленческого персонала по учету, обработке и представлению внутренней и внешней информации.

Автоматизированная система «Галактика ERP» корпорации «Галактика» позволяет в едином информационном пространстве оперативно решать главные управленческие задачи на основе концепции ERP NS 2000 – это пол-

номасштабная интегрированная система оперативного управления материальными, финансовыми и людскими ресурсами предприятий или организаций и базируется на мощной и гибкой платформе СУБД PROGRESS.

Автоматизированная система «ПАРУС» корпорации «ПАРУС» позволяет автоматизировать процедуру управления финансами в части формирования бюджетного баланса.

Аналитическая автоматизированная система «ИНЭК – Аналитик» фирмы «ИНЭК» позволяет провести всесторонний финансово-экономический анализ текущего состояния предприятия или организации. Другая аналитическая автоматизированная система Audit Expert компании Expert Systems позволяет сформировать сопоставимые финансовые данные для проведения финансового анализа, осуществлять бенчмаркинг (выработка стратегий успеха).

Автоматизированная система «Альт – Инвест» существует в различных версиях и автоматизирует процесс написания бизнес – плана.

Автоматизация была и в ближайшее время будет насущным вопросом лизинговых компаний, работа которых строится на экспертных оценках потенциальных клиентов и услуг.

Автоматизированная система «Лизинг АКС» предназначена для автоматизации продаж лизинговых услуг.

АСМ «Лизинг АКС» позволяет:

- организовать процесс продажи, анализировать каналы продажи;
- автоматизировать лизинговые расчеты;
- производить анализ финансового положения лизингополучателей;
- проводить учет клиентов, их заявок и сделок;
- осуществлять генерацию стандартных документов;
- осуществлять разнообразный анализ с целью повышения эффективности деятельности лизинговой компании.

Автоматизированная система «Reckoner» предназначена для автоматического расчета плана платежей по лизинговой сделке на основе совокупности данных, полученных от клиентов.

Автоматизированная система «Gross Checker» предназначена для автоматизации в банках процессов накопления информации, проверки и принятия решений при кредитовании физических и юридических лиц. Основным видом опроса – анкетирование.

Автоматизированная система «Gross Checker Leasing» осуществляет автоматизированную поддержку принятия решений о возможности заключения лизинговой сделки. Известны так же автоматизированные системы «Лизинг Трейд», «Gross Checker Security» и др.

Все большее применение находят АСМ в образовании. Так, Новгородским институтом развития образования разработана автоматизированная система МОНИТУ для проведения распределенных социально-педагогических опросов, включая психологические тесты.

Автоматизированная система «Университет» позволяет реализовать весь спектр задач, связанных с процессом стратегического планирования и управления в ВУЗе.

Автоматизированная информационно-аналитическая система «Управление образовательным учреждением» (АРМ Директор) - это специализированная информационная система, работающая с базами данных личных дел сотрудников, учащихся школы и их успеваемости, помогающая администрации школы организовывать учебный процесс. Кроме того, система позволяет проводить анализ состояния учебного процесса по целому ряду критериев, предметам, преподавателям и учащимся.

Сегодня обязательным принципом информатизации любой предметной области, в том числе образования, является создание единой информационной среды (ЕИС) или иначе единого информационного пространства (ЕИП). Для Украины задача создания ЕИП является весьма актуальной.

В Украине в 2012 году впервые была апробирована автоматизированная система «Конкурс», облегчающая процедуру регистрации вступительных документов абитуриентов Украины через интернет. Несмотря на определенные проблемы в ее работе, которые будут рассмотрены в главе 2, электрон-

ная система «Конкурс» впервые позволила абитуриентам дистанционно автоматически регистрировать документы в высшие учебные заведения Украины. В системе использована информационная модель в виде облачных вычислений.

На рис. 1.2, представлены основные составляющие системы облачных вычислений.



Рис. 1.2. Основные составляющие системы облачных вычислений.

Успешная работа этой системы требует достаточно высокого уровня технической оснащенности ВУЗов Украины, который, к сожалению, на сегодняшний день могут обеспечить лишь часть из них.

В 2007 году в упомянутой уже HR лаборатории Human Technologies была создана автоматизированная система ПРОФПЛАН, позволяющая в интерактивном режиме проводить психодиагностические исследования с целью подбора кадров.

Ранее уже говорилось, что особое место занимают автоматизированные системы различного рода голосования и регистрации. Разработка и развитие средств электронного голосования является современным и перспективным направлением. Почти все страны Европы, США, Индия, Бразилия, Венесуэла, Казахстан, Южная Корея имеют опыт если не разработки, то применения подобных систем. Совокупное население стран, применявших электронное голосование на выборах, составляет более 2 млрд (или примерно 30% населения Земли).

В США, Бразилии и Венесуэле используются системы электронного голосования североамериканского производства (компания Diebold). Эти системы оснащены тактильным экраном (touchscreen), на котором отображается электронный бюллетень. Причем в Бразилии осуществлен переход на полностью электронное голосование, 432 тыс. избирательных участков по всей стране оснащены электронными устройствами.

В Европе наибольшее распространение получили «электронные урны» голландского производства (фирма Nedap), которые используются в Германии, Франции, Дании, Ирландии и ряде других стран. Причем, если во Франции электронное голосование остается на стадии экспериментов, то в Нидерландах большинство граждан использовали те же машины Nedap PowerVote по всей стране, за исключением Амстердама, Арнхема и нескольких малых городов.

В Индии было принято решение полностью перейти на электронное голосование после выборов 1996 года, которые проводились на основе использования только бумажных бюллетеней, что привело к использованию 2,5 миллионов избирательных урн и 8 тысяч тонн вручную разобранных листов бумаги. После этого все 800 тысяч участков для голосования (около 660 млн избирателей) было решено оснастить «электронными урнами», чтобы полностью избавиться от бумажных бюллетеней. Выпуск электронных урн осуществляют государственные корпорации Electronics Corporation of India и Bharat Electronics.

В Белоруссии и Казахстане проводятся эксперименты по использованию электронных устройств для голосования белорусского производства, в основе которых используются машины с тактильным экраном.

Проводится постепенное внедрение голосования через Интернет: Эстония — в 2006 году на районных выборах использовала Интернет-голосование, в котором участвовали 2% избирателей; Австрия — тестирует Интернет-голосование в университетах, Германия — в корпорациях, а Португалия провела уже два общенациональных теста. Реальные электронные

выборы проводят в небольших муниципалитетах Швейцарии, а Испания объявила о создании электронного правительства для басков, которые будут выбирать его путем Интернет-голосования. Франция собирается использовать Интернет-голосование для своих граждан, живущих за рубежом. Финляндия проводит эксперименты по использованию мобильной связи для голосования.

Использовалось электронное голосование на местных выборах в Великобритании (01.05.2003 г.). Особенностью данных выборов стало то, что 21% избирателей голосовали, не приходя на участки, что явилось наивысшим результатом среди европейских стран. В различных регионах страны избиратели имели возможность заочно проголосовать одним из предложенных способов: посредством SMS, тонового набора телефона, Интернет, интерактивного цифрового телевидения и сенсорных электронных урн, установленных на участках. Такое внимание к электронному голосованию связано с тем, что в Великобритании с каждым годом на избирательные участки приходит все меньше людей. Парламентские выборы 2001 года стали в этом смысле рекордными, так как явка избирателей на них была наименьшей с 1918 года. На выборах в местные советы в 2002 году явка составила 37%. Это стало продолжением европейской тенденции снижения политической активности. Благодаря электронному голосованию, количество проголосовавших избирателей составило 60 %.

В 1998 году в Австралии произошел конфуз с традиционными бумажными бюллетенями, когда два кандидата набрали практически равное число голосов, и при нескольких пересчетах перевес оказывался то у одного, то у другого претендента. В результате власти приняли решение о разработке EVACS — системы электронного голосования и подсчета голосов. Процесс ее создания был полностью прозрачен: объявили конкурс с известными участниками и известным жюри, а итоговый продукт отдали на экспертизу известной третьей стороне — аудиторской софтверной фирме BMM International. Наконец, все программное обеспечение EVACS написано в открытых

исходных кодах на базе ОС Linux, и в виде zip-файла доступно любому для ознакомления непосредственно на правительственном сайте страны.

В Украине вопрос внедрения системы электронного голосования остается до сих пор открытым. Следует заметить, что при внедрении систем электронного голосования предъявляются повышенные требования к достоверности полученных результатов выборов и возможности прозрачного аудита, как со стороны избирателей, так и со стороны независимых наблюдателей. Это особенно важно, так как согласно статистике 75 % от всех создававшихся проектов для проведения электронных голосований потерпели неудачи и были признаны недостаточно надежными, безошибочными и эффективными.

Избирательные системы во всем мире уже неоднократно подвергались критике за свою неспособность провести свободные и справедливые выборы, обеспечивающие прозрачность процесса. Независимо от политического устройства того или иного государства, обвинения в фальсификациях со стороны проигравших уже давно стали доброй традицией, и зачастую обвинения эти имеют под собой определенную почву. Однако в ближайшем будущем сложившаяся ситуация может в корне измениться, и поспособствует этому Scantegrity II — новая разработка специалистов Массачусетского технологического института, основанная на новом криптографическом алгоритме.

Для того, чтобы проголосовать, избиратель при помощи специального маркера ставит знак в бюллетене напротив нужного пункта и тем самым проявляет секретный код, изначально написанный невидимыми чернилами. Впоследствии бюллетень попадает в оптическое считывающее устройство, которое отмечает голос. Однако предусмотрена и новая возможность: избиратель при желании может подтвердить свой голос, записав полученный код и номер избирательного бюллетеня.

Как утверждают разработчики, если всего 2% избирателей подтвердят свои голоса, то фальсификация выборов уже не сможет остаться незамеченной. По окончании выборов избирательная комиссия придает огласке ряд

данных, включающих в себя секретные коды, номера бюллетеней, а также соответствующие ключи шифрования, подтверждающие подлинность этих данных. Эти данные предоставляются не в полной мере, а лишь частично, что позволяет сохранить анонимность избирателей. К сожалению, о том, когда эта система начнет использоваться, пока не сообщается ничего.

Кроме того, ученые из Гарвардской школы технических и прикладных наук совместно с исследователями Католического Университета Ловайна, Бельгия разработали систему Интернет-голосования Helios. По утверждению разработчиков Helios является первой автоматизированной системой голосования, результаты в которой нельзя подделать. Участник голосования отдает свой голос в виде уникального номера, который содержит результат голосования, зашифрованный с помощью публичного ключа. Номер передается на сайт, и участник голосования может проследить за тем, что его голос зарегистрирован и верно учтен. Подсчет голосов происходит с помощью специального алгоритма, который не производит предварительной расшифровки номеров, т. е. формирует результаты голосования, но не знает, как проголосовал каждый участник. Система была протестирована на выборах президента Католического Университета Ловайна, в которых приняло участие более 5 тысяч человек.

Разработчики утверждают, что расшифровать номера не под силу даже самому мощному компьютеру, и потому власти не могут вмешаться в подсчет голосов.

Применение АСМ не ограничивается описанными выше сферами деятельности человека. В частности, во многих странах, в том числе и в США, до последнего времени безгранично господствовала система бумажного таможенного декларирования. Экспортеры США метались между разными чиновниками в областных учреждениях, число которых весьма велико. Для оформления экспорта заполнялась Shipper's Export Declaration (SED) – экспортная декларация грузоотправителя. После внедрения автоматизированной

системы AES (Automated Export System) очереди экспортеров в США значительно поредели.

Основой для создания такой автоматизированной системы послужили предложения торговых ассоциаций. В них экспортеры описывали какие данные должны быть включены в AES и как автоматизировать процесс экспортного таможенного оформления.

Проведенный анализ существующих АСМ показывает, что они носят узкоспециализированный характер, имеют специфический математический аппарат. Поскольку субъекты городского хозяйства имеют широкий спектр деятельности, необходим комплексный подход к построению АСМУ ГХ с максимальной унификацией математического и алгоритмического обеспечения для выделенного в работе класса субъектов городского хозяйства.

1.4 Общая схема работы АСМУ ГХ и постановка задач диссертационного исследования

Задачи АСМУ ГХ для автоматизации процесса управления СГХ могут быть сведены к следующим автоматизированным процедурам:

- оценка и системный анализ информации о СГХ, выявление причин, определяющих тот или иной характер протекающих в них процессов;
- при недостаточном объеме текущей информации организация и получение дополнительных данных;
- анализ и синтез путей улучшения эффективности работы исследуемого СГХ;
- формирование при неоднозначности принятия управленческого решения групп экспертов;
- подготовка в СППР рекомендаций, направленных на преодоление негативных и поддержку позитивных тенденций, доведение их до органов управления.

По нашему мнению, автоматизированный мониторинг должен не только тематически, но и организационно входить в структуру управления СГХ.

СГХ характеризуется совокупностью количественных и качественных показателей, отражающих состояние или динамику изменения показателей эффективности их работы.

Как уже указывалось ранее, следует различать стационарный и проблемно-ориентированный(целевой) мониторинг. Задачей и содержанием первого является постоянный анализ и диагностика городской ситуации в масштабах города в целом и основных его субъектов в отдельности; при этом предметом такого мониторинга становится деятельность города и его субъектов как таковая во всем разнообразии ее составляющих.

Задачей проблемно-ориентированного (целевого) мониторинга является решение той или иной текущей проблемы, возникшей при изменении внешних или внутренних условий функционирования СГХ. Именно этот мониторинг является предметом данной работы.

Объем информации, получаемой путем прямых количественных измерений, в общем объеме данных АСМУ ГХ сравнительно мал. Основной же объем первичных эмпирических данных добывается исследователями (персоналом, осуществляющим мониторинг) методами прямого наблюдения, анализа документов и опросов. В этом случае информация представлена не в виде сигнала, а с помощью языковых (семиотических) систем, точнее в вербальной форме. При этом в ней присутствуют шумовые эффекты, которые затрудняют распознавание семантики из-за некорректного применения знаковых обозначений, перегрузки документа несущественными сведениями, синтаксическими ошибками, затруднений при установлении адресата сообщения и т. д. Таким образом, здесь необходима дополнительная обработка информации. Кроме того, одной из главных причин недостоверности выдаваемой информации является уровень достоверности самого источника информации. Эти вопросы решаются во второй главе.

Выбор показателей эффективности работы СГХ является одним из главных элементов методологии организации автоматизированного мониторинга и выработки управленческих решений, поскольку на их основе форми-

руется модель исследуемого СГХ, которая играет важную роль при принятии управленческих решений. Набор значений показателей позволяет также оценить степень достижения поставленной цели в случае реализации того или иного варианта управления, т.е. охарактеризовать его эффективность. Более правильным, на наш взгляд, является формирование не набора, а системы показателей, что предполагает определение полного состава показателей, а также установление связи между ними [13,29]. Эта проблема решается также во второй главе.

В работах [15,16] на основе анализа опыта регионов и крупных городов сделан вывод, что инструмент автоматизированного мониторинга как эффективного средства автоматизации процесса управления СГХ пока не нашёл широкого применения. Решение данной задачи возможно путем создания городской АСМУ ГХ. Следует заметить, что в работе АСМУ ГХ предусмотрен, как было указано выше, стационарный (постоянный) мониторинг СГХ, который, в отличие от целевого, заключается в плановом периодическом сборе и анализе отчетной информации. Эта информация поступает в районную администрацию (РА) и в БД ЕИАС через районную ИАС. При нормальном функционировании СГХ проведение специального целевого мониторинга не требуется. Однако, изменение внешней среды, т.е. изменение экономической ситуации, вызванное различными факторами естественного и искусственного характера, в том числе директивами вышестоящих органов управления, приводит к необходимости проведения целевого мониторинга с привлечением АСМУ ГХ. Работа АСМУ ГХ (Рис.1.3) в этом случае заключается в следующем.

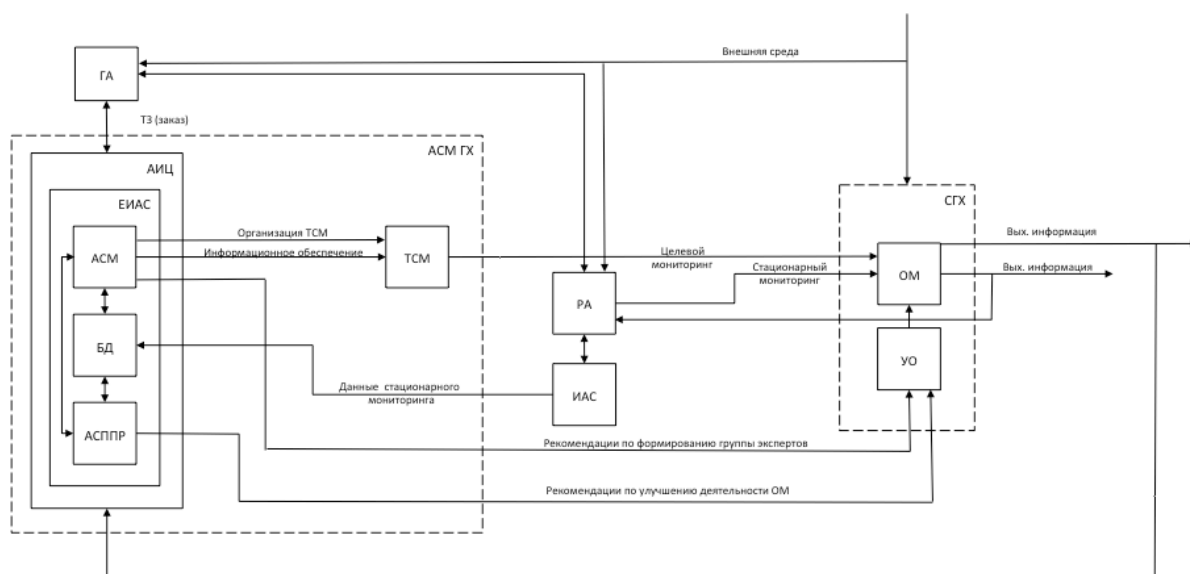


Рис. 1.3. Общая схема автоматизированного процесса управления ГХ

В аналитико-исследовательский центр (АИЦ) города, имеющем единую информационно-аналитическую систему (ЕИАС) с достаточно представительной базой данных (БД) о субъектах городского хозяйства (СГХ), поступает заказ в виде технического задания (ТЗ) на проведение исследования конкретного СГХ или отдельного объекта мониторинга (ОМ) в данном СГХ. Под заказом будем понимать либо собственно внутренний заказ городской (районной) администрации, либо внешний заказ вышестоящих органов (внешняя среда) через городскую администрацию. В АСМУ ГХ автоматически формируется соответствующая данному СГХ или ОМ данного СГХ математическая модель, показатели качества, методы и алгоритмы исследования и принятия управленческих решений. Автоматизированная система мониторинга (АСМ), входящая в состав ЕИАС, проводит предварительный мониторинг контент-анализа информации из БД о данном ОМ. Если данных достаточно, чтобы окончательно сформировать рекомендации по улучшению работы данного ОМ, то соответствующие рекомендации выдаются в управляющий орган УО ОМ. Если данных недостаточно, то в АСМ формируется соответствующая данному ОМ структура и состав технических средств мониторинга (ТСМ) по сбору дополнительной информации, а также с помощью управляющего органа УО в ОМ формируется при необходимости группа

экспертов. В качестве группы экспертов, в зависимости от целей мониторинга выступают специалисты в данной области функционирования ОМ. Далее проводится собственно целевой мониторинг, т.е. выбор модели, методов и алгоритмов для выработки на основе автоматизированной системы поддержки принятия решений (АСППР) рекомендаций по улучшению работы ОМ и направляются в УО ОМ. Очевидно, что от полноты и достоверности полученной информации зависит эффективность работы АСМУ ГХ в процессе управления городским хозяйством. Кроме того, АСМУ ГХ должна иметь развитое и гибкое информационное обеспечение, построенное на базе эффективных моделей и методов, что обусловлено широким разнообразием деятельности СГХ.

Таким образом, АСМУ ГХ можно считать структурной единицей автоматизированного СГХ (рис.1.4), являющейся эффективным инструментом автоматизации процесса управления СГХ, для реализации которого необходимо решить задачу создания автоматизированного математического, информационного и алгоритмического обеспечения.

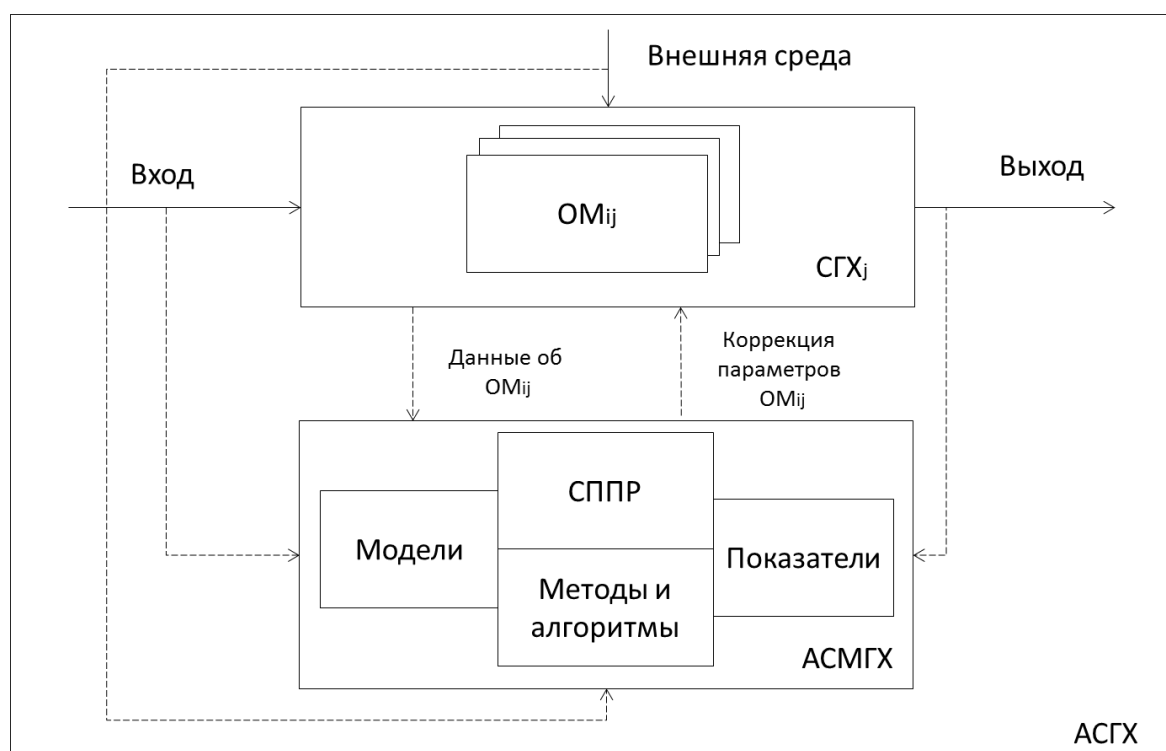


Рис.1.4. Структура автоматизированного СГХ(АСГХ).

В соответствии с указанной в работе целью решаются следующие задачи:

- на основе теории систем массового обслуживания построить модели и провести анализ эффективности работы одного класса СГХ;
- разработать подход к восстановлению частично утерянной информации при имеющихся пропусках в данных мониторинга, представленных в виде прямоугольных бинарных таблиц;
- Разработать оригинальный подход для формирования экспертных групп на основе методов взаимной компетенции и диаграмм Вейча;
- для повышения согласованной работы сформированных экспертных групп разработать алгоритм реформирования их состава с использованием коэффициента конкордации;
- разработать метод оценки источников информации (MEIS) для повышения достоверности результатов мониторинга;
- синтезировать обобщенную структуру автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР) для обработки разнородной по сложности и объему мониторинговой информации и выработки управляющих воздействий;
- разработать метод автоматизированного экспертного оценивания «ПРОБА».
- разработать алгоритм нечеткого ситуационного управления.

1.5 Выводы

1. Анализ процесса управления городским хозяйством показал, что отсутствие автоматизированных систем управления значительно снижает эффективность управления субъектами городского хозяйства.

2. Построение АСМУ ГХ на основе единой АИС, в которой аккумулируются все данные о субъектах городского хозяйства, является эффективным инструментом автоматизации процесса управления городским хозяйством.
3. Проведенный сравнительный обзор существующих АСМ показал их главный недостаток, а именно отсутствие комплексного подхода к их проектированию.
4. Для построения эффективной АСМУ ГХ сформулированы основные задачи диссертационного исследования.

ГЛАВА 2.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОДНОГО КЛАССА СГХ И ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА

2.1. Выбор и обоснование математического аппарата построения моделей одного класса СГХ

Для целого ряда СГХ наиболее приемлемым математическим аппаратом построения математических моделей является теория массового обслуживания. Объектами СГХ на основе теории массового обслуживания являются сложные системы, в которых анализ процессов функционирования связан с исследованием прохождения через систему потока заявок. Исследователей подобных сложных систем интересуют прежде всего такие параметры, как производительность (пропускная способность) проектируемой системы, продолжительность обслуживания (задержки) заявок в системе, эффективность использования имеющегося оборудования и других средств.

Заявками могут быть заказы на поставку комплектующих узлов и деталей, технические задания на проектирование и производство изделий, задачи, решаемые на предприятии, грузы, поступающие на транспортировку, и т.п. Очевидно, что параметры заявок, поступающих в систему, являются случайными величинами и при моделировании процессов могут быть известны лишь законы распределения параметров и числовые характеристики этих распределений. Поэтому анализ функционирования этих систем, как правило, носит статистический характер. Отсюда в качестве математического аппарата моделирования таких СГХ целесообразно использовать теорию массового обслуживания, а в качестве моделей систем – системы массового обслуживания (СМО).

Характерным примером такого СГХ является автозаправочная станция (АЗС) с одной или несколькими бензоколонками. В очереди, ведущей к

бензоколонкам, могут располагаться не более определенного числа автомашин, включая те, которые обслуживаются. Если уже нет места, прибывающие автомобили уезжают искать другую заправку. Распределение прибывающих автомобилей и время обслуживания носят случайный характер.

СГХ как система массового обслуживания (СМО) включает четыре основных элемента: входящий поток заявок, порядок обслуживания, каналы обслуживания, выходящий поток. С каждым из них связан ряд возможных допущений. Главное из них: если каналы обслуживания заняты, то заявка может быть либо потеряна, либо ей предложено ожидание. Первый случай характерен для СМО с потерями, а второй – для СМО с ожиданиями [26, 28, 34, 92]. В начальный момент времени в СГХ может находиться некоторое число ожидающих заявок. Число заявок, находящихся в СГХ к началу обслуживания, может быть задано некоторым законом распределения, так как оно может быть различным для отдельных периодов обслуживания. В СГХ заявки могут поступать из некоторой конечной совокупности, которая может состоять из различных категорий. Заявки каждой из категорий могут поступать с различным распределением, поодиночке или в составе группы, и занимать место в очереди в установленном порядке. Распределение входящего потока может зависеть от распределения выходящего потока.

Поведение СГХ может изменяться следующим образом. Очередная заявка может не становиться в очередь вследствие размера очереди или просто потому, что она вообще не может ждать. Эти заявки для СГХ теряются. Иногда потеря заявки происходит от того, что ожидание не имеет смысла, так как в случае занятого канала обслуживания заявку можно повторить. Можно также перенести заявку, отложив её до того времени, когда один из каналов обслуживания будет свободным и т. д. [92, 93, 94].

Обслуживающие каналы связи могут быть доступны любой заявке (полнодоступное обслуживающее устройство), или могут быть доступны некоторым из них (выборочное обслуживающее устройство). Сама идея полной

доступности связана с необходимостью в целях экономии допустить все возможные сочетания [95].

Выбор из очереди на обслуживание и распределение заявок по каналам обслуживания может производиться в порядке поступления, случайным образом, за заявкой может быть закреплен приоритет или назначение приоритетов может меняться с течением времени, причем возможен вариант: прибыл последним – обслужен первым.

В обслуживающем устройстве может быть предусмотрен некоторый механизм объединения очередей. Обслуживающее устройство может состоять из нескольких параллельных каналов связи, причем некоторые из них могут соединяться последовательно с другими каналами в частности, каналами обработки или же несколько параллельных каналов могут вести к одному последовательному каналу. Это свойственно СГХ с многоэтапным процессом обслуживания. При обслуживании различных категорий заявок канал обслуживания может иметь различное распределение времени обслуживания. Когда очередь отсутствует, свободные каналы обслуживающего устройства могут выполнять другие задания. Некоторые обслуживающие каналы могут быть специализированными, в то время как другие каналы остаются общими [95,96].

Следует отметить, что здесь рассмотрены далеко не все возможные варианты реализации модели СГХ, однако они охватывают достаточно широкий класс СГХ.

2.2. Классификация одного класса СГХ и показатели эффективности их работы

Большое практическое значение теории массового обслуживания, которая лежит в основе построения математических моделей СГХ, уже доказано, что видно из того множества задач, для решения которых она успешно применяется [25,26,33]. Это, в частности, обусловлено тем, что существует большое число важных показателей эффективности систем массового обслуживания. Необходима большая осторожность при выборе соответствующих

показателей, а, следовательно, и модели СГХ, описывающей процесс, на основе которого такой показатель выводится.

Все модели рассматриваемого в работе одного класса СГХ как систем массового обслуживания можно разделить на следующие виды:

- системы с потерями (отказами);
- системы с ожиданием;
- системы с ограниченной длиной очереди;
- системы с ограниченным временем ожидания.

По числу каналов или приборов (технических средств) системы делятся на *одноканальные* и *многоканальные*.

По месту нахождения источника информации (требования) системы делятся на *разомкнутые*, когда источник находится вне системы, и *замкнутые*, когда источник находится в самой системе. К последнему виду относится, например, станочный участок, в котором станки являются источником неисправностей, а, следовательно, и требований на их обслуживание.

Эффективность некоторых СГХ повышается слабо потому, что не замечают лучших показателей, способствующих улучшению работы системы. Например, может быть принято решение регулировать входящий поток вместо того, чтобы увеличить интенсивность обслуживания (или предпринять и то и другое); таким образом, уменьшается производительность системы. В отдельных случаях в периоды сильной интенсивности входящего потока более целесообразным может оказаться формирование очереди для ожидания поступающих требований, чем ускорение обслуживания, а также метод искусственного увеличения числа каналов связи, предложенный в разделе 2.3.

Вопрос о том, насколько полно теоретическая модель соответствует реальному процессу. Для многих практических целей требуются показатели качества обслуживания, обеспечивающие возможность сравнения. Например, может сравниваться влияние различных распределений времени обслуживания на распределение времени ожидания. Другим примером может служить

сравнение влияния различной дисциплины очереди на время ожидания [95,96].

Какой бы подход ни применялся, необходимо выбирать такие показатели, с помощью которых можно принять правильное решение. Например, можно путем сравнения расходов на увеличение объема обслуживания и убытков вследствие потери части постоянных источников информации решить, стоит ли увеличивать число мест для ожидания или же лучше увеличить число обслуживающих каналов связи.

Среднее время ожидания для источников информации, которым приходится ожидать, может быть слишком большим, и, следовательно, среднее время ожидания всеми источниками информации может оказаться неподходящим показателем. Некоторый показатель эффективности может использоваться и применительно к тем источникам информации, которые уходят или вообще не становятся в очередь, если длина ее или время ожидания слишком велики.

Приведём некоторые важные показатели, используемые при исследовании СГХ в стационарном состоянии и в переходном состоянии (зависящем от времени). Эти показатели эффективности формируют на основе полученных из расчетов значений вероятностей состояний рассматриваемой системы [97, 98, 99].

1) Вероятность того, что поступающее в систему требование откажется присоединяться к очереди и теряется, ($P_{отк}$).

Этот показатель для системы массового обслуживания с отказами равен вероятности того, что в системе находится столько требований, сколько она содержит приборов (каналов) обслуживания:

$$P_{отк} = P_m,$$

где m — число каналов обслуживания.

Для системы с ограниченной длиной очереди $P_{отк}$ равно вероятности того, что в системе находится $m + l$ требований:

$$P_{отк} = P_{m+l},$$

где l — допустимая длина очереди.

Противоположным показателем является вероятность обслуживания требования

$$P_{\text{обсл}} = 1 - P_{\text{отк}}.$$

2) Среднее количество требований, ожидающих начала обслуживания,

$$M_{\text{ож}} = \sum_{n=m+1}^{m+l} (n-m) P_n,$$

где P_n — вероятность того, что в системе находятся n требований.

При условии простейшего потока требований и экспоненциального закона распределения времени обслуживания формулы для $M_{\text{ож}}$ принимают следующий вид:

система с ограниченной длиной очереди

$$M_{\text{ож}} = \frac{P_0 \rho^m}{m!} \sum_{n=1}^l n \left(\frac{\rho}{m} \right)^n,$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, λ — интенсивность входящего потока требований (среднее число требований, поступающих в единицу времени), μ — интенсивность обслуживания (среднее число обслуженных требований в единицу времени);

система с ожиданием

$$M_{\text{ож}} = \frac{P_0 \rho^{m+1}}{m \cdot m!} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{\rho}{m}\right)^2}$$

3) Относительная (q) и абсолютная (A) пропускные способности системы. Эти величины находят соответственно по формулам

$$q = 1 - P_{\text{отк}}, \quad A = \lambda$$

4) Среднее число занятых обслуживанием приборов в случае Приведем

$$m_3 = \sum_{n=1}^m n \cdot P_n.$$

5) Общее количество требований, находящихся в системе (M). Эту величину определяют следующим образом:

система массового обслуживания с отказами

$$M = m_3;$$

система массового обслуживания с ограниченной длиной очереди и ожиданием

$$M = m_3 + M_{\text{ож}}.$$

6) Среднее время ожидания требованиям начала обслуживания ($T_{\text{ож}}$). Если известна функция распределения вероятности времени ожидания требованиям начала обслуживания

$$F(t) = P(T_{\text{ож}} < t),$$

то среднее время ожидания находится как математическое ожидание случайной величины $T_{\text{ож}}$:

$$T_{\text{ож}} = M[T_{\text{ож}}] = \int_0^{\infty} t dF;$$

$T_{\text{ож}}$ при показательном законе распределения требований во входящем

$$T_{\text{ож}} = \frac{M_{\text{ож}}}{\lambda}.$$

потоке можно определить по формуле

Во многих СГХ существенную роль играет анализ стоимости. Иногда возникает необходимость знать: стоимость всей операции сбора данных; стоимость дополнительного канала связи по сравнению с затратами на увеличение объема обслуживания в канале связи, стоимость выбранной дисциплины очереди; стоимость ожидания обслуживания в течение определенного времени; стоимость содержания большего числа каналов связи по сравнению с затратами при использовании места для ожидания требования в других целях; стоимость размещения очереди различной длины; стоимость мест для ожидания различной вместимости и стоимость управления распределением входящего потока. Кроме того, можно рассматривать показатели использования обслуживающего канала и производительность (число требований, обслу-

женных в единицу времени). Важно также знать возможные убытки вследствие потери части источников информации, а также представлять себе, во что обходится источникам информации ожидание в очереди.

По различным причинам СГХ может дать сбой. Например, стремительный входящий поток может оказать большое давление на работу СГХ, принуждая прекратить процесс обслуживания. Перегрузка в процессе обслуживания вследствие того, что обслуженные требования медленно покидают СГХ по сравнению с входящим потоком, или вследствие других причин может в конце концов остановить работу СГХ.

Оперативные меры по повышению эффективности СГХ могут быть осуществлены путем сокращения времени обслуживания или уменьшения отклонений от среднего значения, применения дополнительного обслуживания в моменты наибольшего наплыва и управления распределением входящего потока. Выигрыш получается, например, при использовании регулярного входящего потока вместо случайного. Регулярный поток приводит к меньшему времени ожидания при данном времени обслуживания. Ясно, что такая мера может привести только к частичному эффекту. Требования будут поступать с отклонениями относительно регулярных промежутков времени. Желательно также сглаживать нерегулярности поступления требований. Важно производить такое управление входящим потоком, чтобы загрузка системы (отношение интенсивности поступления требований к интенсивности обслуживания) оставалась меньше единицы. Упорядочение входящего потока и использование обслуживающих устройств в течение более длительного времени ослабляют тяжелые перегрузки в часы пик [98].

2.3. Построение моделей и генерация альтернатив принятия эффективных управленческих решений

Сегодня наблюдается серьезный разрыв в коммуникации между специалистами конкретного СГХ и специалистами, владеющими методами математического и компьютерного моделирования. Один из путей решения

этой проблемы видится в более широком понимании процесса моделирования, отражающего основные характеристики исследуемого объекта или процесса [28]. Как уже говорилось выше работу одного класса СГХ можно рассматривать как систему массового обслуживания, причем для различных СГХ будут различными и модели систем массового обслуживания, соответственно будут различными и методы их анализа [24, 26, 28].

Модели СГХ могут быть имитационными и аналитическими. Аналитические модели удобны в использовании, поскольку для аналитического моделирования не требуются сколько-нибудь значительные затраты вычислительных ресурсов, часто без постановки специальных вычислительных экспериментов исследователь может оценить характер влияния аргументов на выходные параметры, выявить те или иные общие закономерности в поведении системы. Но, к сожалению, аналитическое исследование удастся реализовать только для частных случаев сравнительно несложных СМО. Для сложных СМО аналитические модели если и удастся получить, то только при принятии упрощающих допущений, ставящих под сомнение адекватность модели. Поэтому основным подходом к анализу СГХ на системном уровне является имитационное моделирование, а аналитическое исследование используют при предварительной оценке различных предлагаемых вариантов систем.

Ниже рассмотрены математические модели одного класса СГХ и их анализ на примере возможных проблем их функционирования. Кроме того, для некоторых СГХ этого класса рассмотрены вопросы имитационного моделирования.

2.3.1. Автоматизированные системы голосования и регистрации

В настоящее время голосование является одной из главных проблем при формировании органов муниципального управления.

В связи с очевидными недостатками «ручного» голосования, особенно в Украине [29, 31], внедрение современных компьютерных технологий имеет несомненную актуальность.

Наиболее перспективным является внедрение электронного голосования. Система электронного голосования предполагает различные виды технического исполнения современных информационных систем и технологий [32, 41, 42], среди которых наиболее распространенными являются телефонная связь, перфокарты, системы оптического сканирования и специализированные терминалы. Особую популярность во многих странах мира приобретают интернет-выборы, так как в этом случае избиратель может проголосовать из любой точки земного шара.

Наряду с очевидными преимуществами, электронное голосование, в данном случае система интернет-выборы, имеет и некоторые проблемы ее эффективной работы.

Основными проблемами работы системы интернет-выборы являются проблемы связанные как с соблюдением правовых норм – это обеспечение анонимности избирателя, подтверждение его личности, (аутентификация), недопустимость неоднократного доступа, «прозрачность выборов», так и с техническими требованиями к нормальной работе системы в различных режимах работы информационно-коммуникационной сети для голосования.

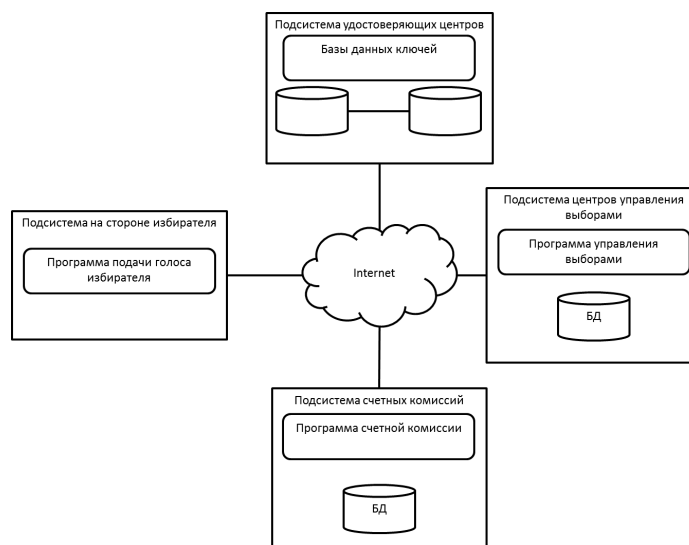


Рис. 2.1. Обобщенная схема системы электронного голосования и регистрации с использованием Интернет-ресурсов

Несмотря на то, что для решения указанных проблем уже предложены некоторые конкретные пути, в частности технология PKi (public key infrastructure), которая позволяет проводить безопасную идентификацию и аутентификацию граждан с использованием цифровых подписей и электронных ID-карт, многие вопросы построения эффективных систем интернет-выборы являются открытыми. Как показывает практика, одной из основных проблем, является проблема обеспечения эффективной работы СИВ в пиковых режимах, когда в короткий промежуток времени голосует большое число избирателей.

Будем рассматривать работу системы интернет-выборы как работу системы массового обслуживания СМО с ожиданием, ограниченным временем пребывания заявки в системе и упорядоченным обслуживанием [33]. В качестве каналов обслуживания здесь выступают специально выделенные серверы, количество которых равно n .

Работу СИВ в этом случае можно описать следующим образом. Если к моменту запроса избирателя (заявки) свободен хотя бы один из каналов (серверов), то этот запрос принимается к обслуживанию только одним (любым) из свободных каналов. Запрос, заставший все каналы занятыми может быть в дальнейшем обслужен, если за время пребывания его в очереди освобождается хотя бы один из каналов. Максимальное число мест в очереди ограничивается числом m , то есть в системе может на данный момент находится $n + m$ заявок избирателей. При превышении этого числа приходит отказ и предложение повторить запрос через некоторое время.

Находясь в очереди избиратель может проявлять «нетерпение». Обозначим интенсивность потока уходов избирателя из очереди величиной, входного потока запросов λ и потока обслуживания μ . В общем случае па-

параметры λ, ν и μ являются функциями времени $\lambda(t), \nu(t), \mu(t)$. Граф состояния СИБ представлен на рис. 2.2

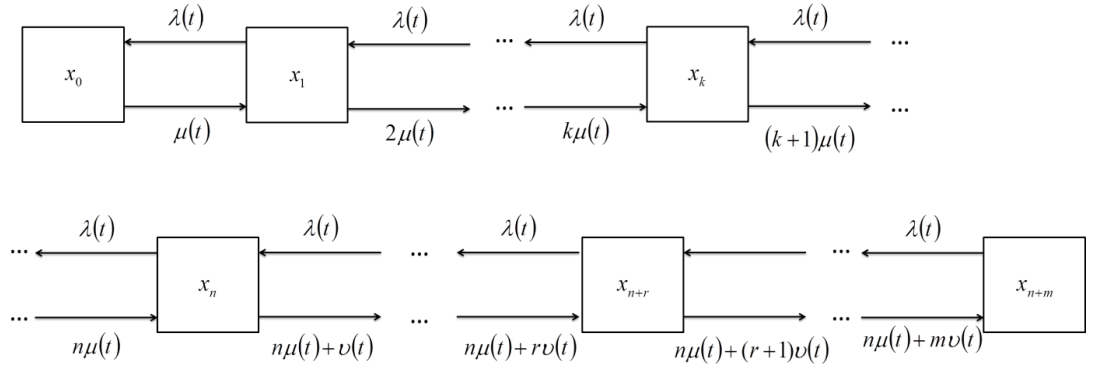


Рис. 2.2. – Граф состояний СИБ

Здесь $x_k (k = \overline{1, n})$ и $x_{n+r} (r = \overline{1, m})$ характеризуют состояние СИБ, в которой одновременно находятся $k+r$ запросов. Следует заметить, что таким же образом работает и система «ручного голосования», однако помимо указанных выше недостатков, она требует для реализации огромных денежных средств, связанных с привлечением большого количества обслуживающего персонала, большая часть из которых выполняет функции «живого» канала связи. Используя известное мнемоническое правило [33,34], запишем систему дифференциальных уравнений для вероятностей состояния системы.

$$\left\{ \begin{array}{l} \circ \\ \rho_0(t) = -\lambda(t)\rho_0(t) + \mu(t)\rho_1(t) \\ \dots \\ \circ \\ \rho_k(t) = -[\lambda(t) + k\mu(t)]\rho_k(t) + \lambda(t)\rho_{k-1}(t) + (k+1)\mu(t)\rho_{k+1}(t) \\ \dots \\ \circ \\ \rho_n(t) = -[\lambda(t) + n\mu(t)]\rho_n(t) + \lambda(t)\rho_{n-1}(t) + [n\mu(t) + \nu(t)]\rho_{n+1}(t) \\ \dots \\ \circ \\ \rho_{n+r}(t) = -[\lambda(t) + n\mu(t) + r\nu(t)]\rho_{n+r}(t) + \lambda(t)\rho_{n+r-1}(t) + [n\mu(t) + (r+1)\nu(t)]\rho_{n+r+1}(t) \\ \dots \\ \circ \\ \rho_{n+m}(t) = -[n\mu(t) + m\nu(t)]\rho_{n+m}(t) + \lambda(t)\rho_{n+m-1}(t) \end{array} \right. \quad (2.1)$$

Данная система решается на интервале $[0, T]$, где T – период голосования при известных, или полученных статистическим путем $\lambda(t), \nu(t)$, зало-

женным в СИВ $\mu(t)$ и начальными условиями $p_0(0)=1, p_i(0)=0$, где $i = \overline{1, n}$ причем для вероятностей $p_i(t)$ выполняется условие связи

$$\sum_{i=0}^n p_i(t) = 1, t \in [0, T] \quad (2.2)$$

С помощью найденных $p_i(t)$ можно определить основные показатели качества работы СИВ, такие как среднее время обслуживания, среднее время нахождения избирателя в системе, вероятность обслуживания, вероятность отказа и другие.

Как уже указывалось ранее, особый интерес представляет работа СИВ в пиковых режимах. Предположим, что на некотором периоде времени $(t_1, t_2) \subset [0, T]$ установился стационарный пиковый режим. Это возможно если предположить, что параметры λ, ν и μ на протяжении данного периода $(t_1, t_2) \subset [0, T]$ голосования являются постоянными, тогда вместо системы (1) можно рассматривать систему алгебраических уравнений, из которых в аналитическом виде можно получить интересующие нас показатели работы СИВ в пиковом режиме. Данное предположение не обязательно, оно лишь упрощает процедуру анализа СИВ.

В частности, при определенных допущениях [33], можно показать, что вероятность обслуживания избирателя в пиковом режиме будет равна

$$p_{\text{обсл}} = \frac{\mu \bar{k}}{\lambda} \quad (2.3)$$

где $\bar{k} = \sum_{i=0}^n i p_i + \sum_{r=1}^m n p_{n+r}$ - математическое ожидание числа занятых каналов. Фактически формула (2.3) определяет вероятность наличия в этот период свободного канала.

Из формулы (2.3) следует, что при наличии пикового режима, когда $\lambda \gg 0$ вероятность обслуживания значительно снижается вплоть до «зависания» всей системы. Для избежание такого случая, очевидно, что необходимо либо существенно увеличить величину μ , то есть максимально минимизиро-

вать время обработки одного запроса, либо увеличить длину очереди при неизменном числе каналов ($\bar{k} \leq r$), то есть снизить вероятность отказа. Эта задача решается разработкой специального программного обеспечения, о чем будет сказано ниже (первый путь решения). Второй путь заключается в увеличении числа каналов (серверов), то есть числа n . Второй связан с созданием необходимого запаса ресурса.

Следует отметить, что для практической реализации указанных путей решения сформулированных задач необходимо иметь статистическую и динамическую картину процесса голосования на предыдущих выборах. При наличии достоверной информации второй путь достаточно тривиален, но не всегда выполним (количество серверов всегда ограничено. Кроме того, второй путь органически связан с реализацией первого пути.

Рассмотрим техническую реализацию СИВ. Учитывая вышеизложенное, предлагается строить СИВ как многоканальную СМО с ожиданием, ограниченным пребыванием заявки в системе и упорядоченным обслуживанием. Избиратели со своих специально организованных терминалов формируют поток «заявок», который поступает на n -каналов (серверов) обслуживания. Число каналов обычно определяется административно-территориальным устройством той или иной страны.

Как видно из рис. 2.3, информационно-коммуникационная сеть СИВ построена по радиальному принципу, а по схеме взаимодействия представляет собой систему «клиент-сервер». Для крупной страны эта блок-схема СИВ может быть частью более общей схемы, построенной по тому же принципу.

Как уже говорилось выше анализ статистических данных избирательных компаний дает возможность определить количественные оценки основных показателей работы СИВ.

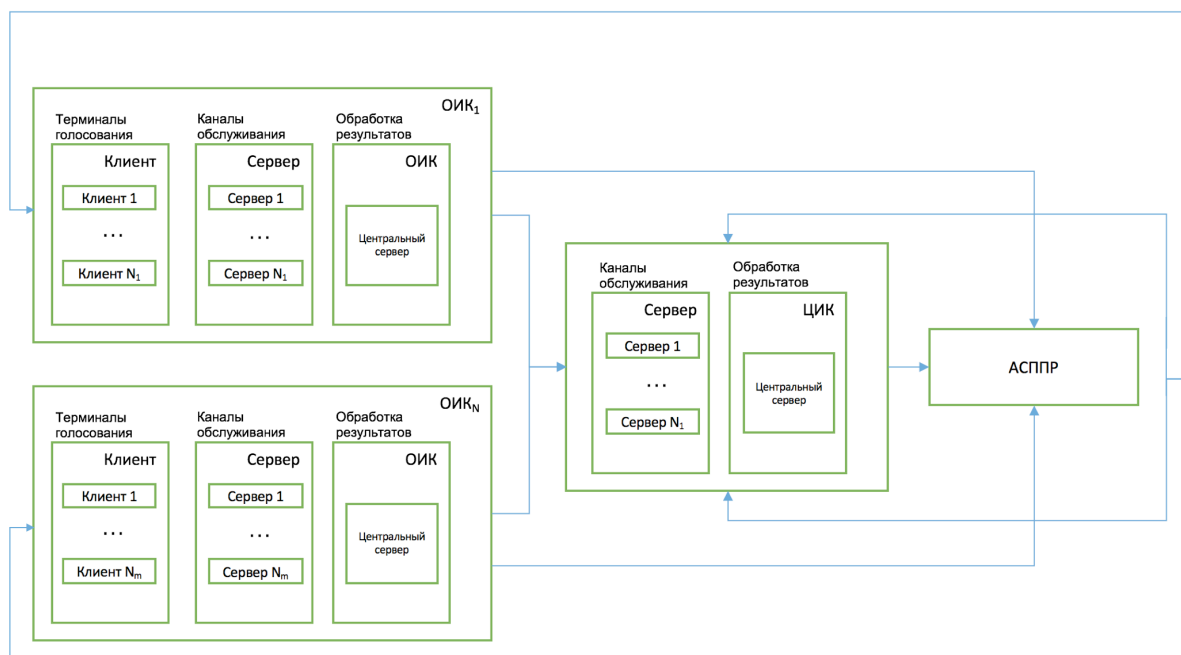


Рис. 2.3. – Блок-схема СИВ.

Очевидно, что наиболее проблемным для СИВ является рассмотренный выше пиковый режим, когда практически одновременно голосует большое число избирателей.

В частности, на рис. 2.4, по данным СМИ приведена диаграмма активности избирателей на выборах в Верховную Раду Украины в 2012 году.

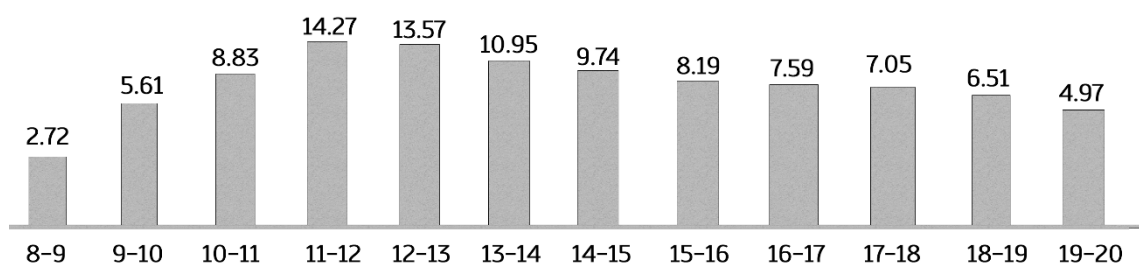


Рис. 2.4. Диаграмма активности избирателей. Выборы в Верховную Раду Украины 2012 г.

Из диаграммы (рис. 2.4.) видно, что во время пиковой активности избирателей с 11 до 12 часов, количество проголосовавших составляло 14,27% за час от их общего числа. По данным Центральной избирательной комиссии Украины количество зарегистрированных избирателей в 2012 году на выборах в Верховную Раду составляло ≈ 36 млн. человек. Соответственно в часы

пиковой нагрузки при стопроцентной явке избирателей количество голосующих могло достигать $5 \cdot 4 \cdot 10^6$ человек в час (т. е. $\lambda_{\max} \approx 1,5 \cdot 10^3$ в секунду. Аналогично можно оценить и $\mu(t)$).

Согласно формуле (2.3) в это время резко снижается вероятность обслуживания избирателей. Для ее увеличения необходимо как указывалось выше, либо значительно повысить интенсивность обслуживания (сделать $\mu \gg 0$), либо увеличить число каналов обслуживания. Поскольку число реальных каналов n - ограничено, то и первая и вторая задачи решаются программным образом. В частности используя метод виртуальных каналов, предлагается для каждого i -го сервера организовать k_i дополнительных динамических каналов обслуживания. Такой канал устанавливается при вызове, по нему передается информация, после чего канал закрывается (уничтожается). В этом случае общее число текущих каналов обслуживания будет определяться как

$$n_{\text{обсл}}(t) = n + \sum_{i=1}^{n_i} k_i(t) \quad (2.4)$$

Такой подход помогает существенно снизить жесткие требования к величине интенсивности обслуживания в пиковых режимах.

Аналогичной математической моделью описываются системы электронной регистрации, в частности, рассмотренная в главе 1 автоматизированная информационная система «Конкурс», которая в 2012 году стала одним из основных механизмов обеспечения открытости и прозрачности вступительной кампании абитуриентов, поступавших в ВУЗы Украины.

Работа системы «Конкурс» выявила проблемы, присущие многоканальным системам массового обслуживания. В первую очередь, эта проблема колебания нагрузки, т. е. проблема определения порога пиковой нагрузки, которая была рассмотрена выше в системе электронного голосования и регистрации и были предложены пути ее решения.

Наиболее оптимальным для решения проблемы колебаний нагрузки было бы наличие в каналах обслуживания модуля самодиагностики [27,32], который отслеживает:

- нагрузки на процессор,
- потребляемую память,
- количество подключений,
- количество запросов к базе данных.

В случае перегрузки этот модуль связывается с подсистемой самодиагностики и передает информацию о проблеме.

Система самодиагностики на основе данных, получаемых от разных модулей, принимает решение либо о:

- перераспределении нагрузки между всеми каналами системы,
- переводе отдельных каналов системы в автономный режим (когда им выделится только ограниченный объем ресурсов),
- отключение отдельных каналов системы и перераспределение их ресурсов между остальными каналами.

При наличии подобной подсистемы самодиагностики можно обеспечить частичную работу системы и локализовать проблему, не останавливая всю систему.

2.3.2. Городской транспорт.

Городской транспорт представляет собой сложную сетевую систему массового обслуживания, в которой одновременно производится обслуживание пассажиров и потоков транспортных средств. Из-за неравномерной нагрузки по пассажиропотоку сложно прогнозировать оптимальные режимы работы технических средств и подвижного состава, что сказывается на высокой степени их износа и влечет за собой частые отказы. Поэтому для эффективной работы городского транспорта необходимо обеспечить такое оптимальное управление режимами его работы, которое позволило бы снизить

эксплуатационные расходы на обслуживание его технических средств и удовлетворить потребности пассажиров в перевозках.

Данную проблему можно решить с помощью анализа математической модели пассажиропотоков на совокупности всех видов городского транспорта. Для крупного города эта задача является очень сложной и выходит за рамки данной работы. Поэтому остановимся на рассмотрении частного случая пассажиропотока, а именно на работе маршрутных такси и метрополитена.

В данном случае, так же, как и в общем случае, для анализа пассажиропотока с помощью модели в виде системы массового обслуживания необходимо знать законы распределения потока пассажиров в течении рабочего дня. Поскольку заявкой является сам пассажир, то и математическая модель СГХ будет описываться идентичной процессу обслуживания моделью системы массового обслуживания. В таком представлении модель СГХ позволяет дать все временные и частотные характеристики для решения задачи оптимизации режима работы метрополитена и маршрутных такси на выбранном маршруте.

Перевозку пассажиров на маршрутных такси можно формализовать моделью системы массового обслуживания с групповым обслуживанием пассажиров. Рассмотрим систему, в которой обслуживание осуществляется группами по l' заявок. Это означает, что как только обслуживающее маршрутное такси освобождается, оно принимает из очереди группу, содержащую точно l' заявок, и начинает их обслуживать одновременно; время обслуживания этой группы выбирается случайным образом в соответствии с показательным распределением с параметром μ . Если к моменту освобождения обслуживающего маршрутного такси в очереди накопилось меньше чем l' требований, то маршрутное такси ждет, пока наберется полная группа из l' требований, и только тогда начинает групповое обслуживание, и т. д. (Маршрутное такси не отправляется до тех пор, пока не наберется полный состав пассажиров, которые обслуживаются одновременно). Заявки поступают в виде простейшего потока с интенсивностью λ .

Граф состояний системы с групповым обслуживанием представлен на рисунке 2.5.

Вынужденное ожидание обслуживающего маршрутного такси в случаях, когда в систему с групповым обслуживанием поступило меньше чем l заявок, определенно представляется расточительством. Поэтому рассмотрим теперь систему, в которой обслуживающее маршрутное такси после освобождения принимает на обслуживание l заявок, если они есть, или меньшее число заявок — столько сколько имеется в очереди. Состояние системы будет определяться числом находящихся в ней требований согласно рис.2.5.

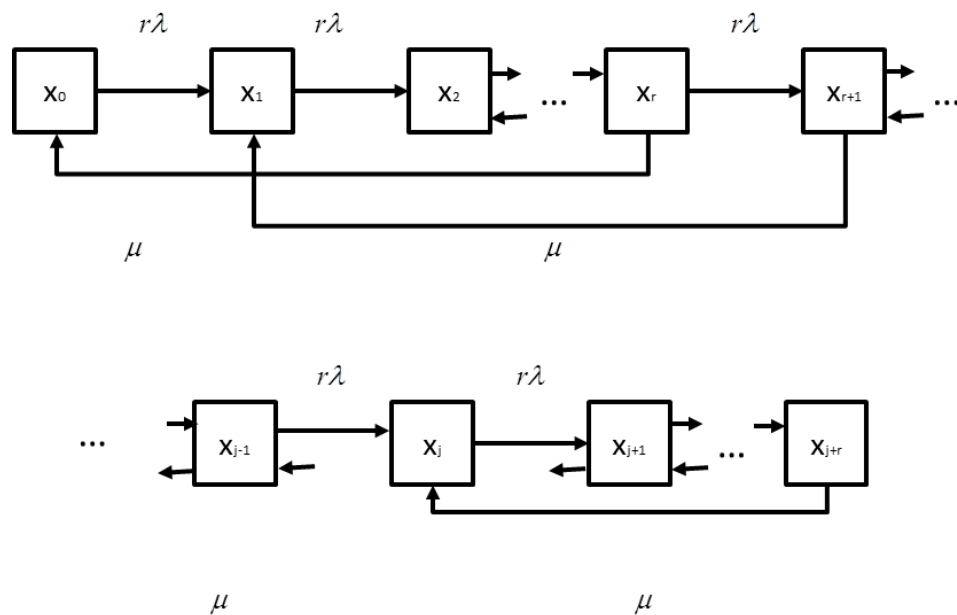


Рис. 2.5. Граф состояния системы с групповым обслуживанием

Из рисунка 2.5. видно, что все состояния, за исключением начального x_0 состояния, характеризуются одинаково: переход в данное состояние возможен из левого соседнего состояния, когда поступает заявка, и из l соседних состояний справа, когда завершается групповое обслуживание, а переход из данного состояния возможен либо при поступлении заявки, либо при уходе обслуженной группы; с другой стороны, в состояние x_0 , переход возможен из любого из l состояний, находящихся непосредственно справа от него, а уход — из состояния x_0 , только при поступлении заявки. Это приводит к

следующей системе уравнений для стационарных вероятностей p_k при наличии k требований в системе:

$$\begin{cases} (\lambda + \mu)p_k = \mu p_{k+r} + \lambda p_{k-1}, & k \geq 1; \\ \lambda p_0 = \mu(p_1 + p_2 + \dots + p_r). \end{cases}$$

Применяя метод производящих функций, [24,28], определим

$$P(z) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k z^k.$$

Умножая на z^k , суммируя и выделяя $P(z)$, получаем

$$(\lambda + \mu)[P(z) - p_0] = \frac{\mu}{z^r} \left[P(z) - \sum_{k=0}^r p_k z^k \right] + \lambda z P(z).$$

Разрешая это равенство относительно $P(z)$, имеем

$$P(z) = \frac{\mu \sum_{k=0}^r p_k z^k - (\lambda + \mu)p_0 z^r}{\lambda z^{r+1} - (\lambda + \mu)z^r + \mu}.$$

т. к. отрицательный член в числителе правой части последнего равенства может быть записан в виде [25]

$$-z^r(\lambda p_0 + \mu p_0) = -\mu z^r \sum_{k=0}^r p_k,$$

следовательно, получаем окончательно

$$P(z) = \frac{\sum_{k=0}^{r-1} p_k (z^k - z^r)}{r\rho z^{r+1} - (1 + r\rho)z^r + 1},$$

Здесь коэффициент использования $\rho = \lambda / \mu r$, т. е. в рассматриваемой модели в течение промежутка времени средней продолжительности $1/\mu$ секунд может быть обслужено одновременно вплоть до r заявок.

Так как полученное выражение для практического использования неудобно, его можно упростить, и привести к виду [25,28]:

$$p_k = \left(1 - \frac{1}{z_0}\right) \left(\frac{1}{z_0}\right)^k, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

Последнее выражение характеризует распределение числа заявок в системе с групповым обслуживанием. На его основе можно рассчитать целый ряд показателей работы системы с групповым обслуживанием.

Следует отметить, что в случае потока требований, когда модель не отвечает марковскому процессу, используется имитационная модель.

Такое предположение характерно для пассажиропотока в метрополитене. В виду сложности функционирования метрополитена должен решаться целый комплекс взаимосвязанных задач:

- Планирование оптимальных графиков работы устройств станций и пересадочных узлов метрополитена (дверей, касс, турникетов, эскалаторов) на основе анализа информации о входных пассажиропотоках.
- Оперативное изменение графиков работы устройств станции и пересадочного узла метрополитена в зависимости от изменения входного пассажиропотока.
- Подготовка рекомендаций для оперативного изменения режима движения поездов (парности) на линии в зависимости от загрузки пассажирами станций и пересадочных узлов и др.

Ядром модели, в данном случае, является имитационная модель СМО пассажиропотоков на метрополитене, в основе которой лежит «порционный» метод обслуживания заявок [28]

Суть «порционного» метода заключается в том, что размер группы пассажиров, прибывающий на станцию, не является фиксированным, постоянно меняется в зависимости от изменения временного интервала между событиями поступления этих групп (DT). Интервал времени DT принимается в качестве шага моделирования. Шаг моделирования можно изменить произвольно или «привязать» к интервалу между появлениями какого-либо события (например, к прибытию поезда на станцию).

Для каждого устройства, обслуживающего группу пассажиров, в течение шага моделирования DT определяется его пропускная способность (N_{ydt}) по формуле:

$$N_{ydt} = (N_{yч} * DT) / 3600;$$

где $N_{yч}$ — нормативная пропускная способность устройства за 1 час; DT — шаг моделирования, с; 3600 — коэффициент перевода в единую систему измерения времени.

Величина очереди (Q_y) перед устройством при обслуживании группы заявок размером ($P1$) определяется по формуле:

$$Q_y = P1 - N_{ydt} = P1 - (N_{yч} * DT) / 3600.$$

Размер очереди определяет дефицит пропускной способности устройства. В случае если пропускная способность устройства ($N_{yч} * DT$) превышает величину поступившей на его вход группы заявок ($P1$), вместо дефицита определяется избыток пропускной способности устройства.

Количество обслуженных заявок ($P1'$) на выходе устройства определяется по формуле:

$$P1' = P1 - Q_y$$

В результате анализа значений показателей, полученных для всех рассматриваемых устройств станции или пересадочного узла, определяется решение конкретной задачи из перечисленных выше задач.

2.3.3. Предприятия с последовательной технологической цепью

Производственные предприятия, стремясь сохранить свои позиции на рынке в условиях конкуренции и нестабильности, вынуждены непрерывно улучшать производственный процесс, осваивая новые технологии и оборудование. Особую остроту приобретают вопросы улучшения методов планирования и управления процессом развития производства, разработкой инновационной продукции и прогнозирования мер по адаптации к изменяющимся требованиям внешней среды.

Анализ современной инновационной проблематики позволяет выделить следующие основные виды инноваций [111]:

- инновация продукции
- инновация технологических процессов.

- организационная инновация.

Основной вклад в формирование таких свойств как надежность, конкурентоспособность, стоимость продукции и др. принадлежит этапу производства и основной его составляющей - технологическому процессу. Таким образом, основные характеристики продукции которые обеспечивают ее рыночные преимущества, зависят от уровня и совершенства технологии её изготовления.

Инновация технологических процессов - это процесс обновления производственного потенциала предприятия, который направлен на рост производительности труда и экономии ресурсов. Такая инновация дает возможность увеличивать прибыль, внедрять новые технологии.

Представление производственного процесса изготовления изделия набором последовательно связанных унифицированных моделей структур операций позволяет строить процессные модели отдельных технологических процессов и оценивать такие характеристики как производительность, ритмичность, оснащенность, загрузку межцеховую и внутрицеховую маршрутизацию.

Моделируя структуру производственного процесса, можно выявить «слабые» места в системе или осознать необходимость введения в нее каких-либо дополнительных элементов. Далее, меняя различные параметры процесса, можно достигать требуемого соотношения времени производственного цикла и стоимости выпускаемой продукции в различных вариантах технологического процесса.

В ходе решения этого вопроса возникает задача поиска наилучшего решения для различных типов технологического процесса (ТП) изготовления продукции с использованием различного состава оборудования и оснастки и, вытекающими из этого различными сроками и расходами на реализацию планов развития, что во многом определяется уровнем гибкости ТП.

Следующим этапом оценки выбранного варианта структуры ТП является анализ параметров его функционирования в рамках производственной системы. Для решения этой задачи необходимо построить модель процессов производства, которая позволяет оценить динамику функционирования на основе выбранных вариантов структур ТП.

Для оценки характеристик последовательного технологического процесса предлагается использовать математический аппарат систем массового обслуживания (СМО), который позволяет имитировать выполнение модели производственных процессов с учетом занятости временных ресурсов и наличия необходимого количества материальных ресурсов. В результате, можно оценить реальное время выполнения как одного ТП так и их последовательности.

Рассмотрим производственную систему для изготовления изделий, выпускаемых малыми и средними партиями согласно работе [111]. Последовательная линейная структура технологического процесса характерна для поточных (автоматических и неавтоматических) линий конвейерного типа. Более сложная производственная система включает группу станков для автоматической и механической обработки, систему загрузки и разгрузки заготовок, конвейерную систему транспортирования заготовок. Поэтому необходимо смоделировать как линейную, так и разветвленную структуру реализации технологического процесса с учетом параллельного использования нескольких единиц однотипного оборудования. Смоделировав структуру производственного процесса, можно выявить «слабые» места в системе или осознать необходимость введения в нее каких-либо дополнительных элементов. Далее можно, меняя различные параметры процесса, достигать оптимального соотношения времени и стоимости технологических процессов.

При моделировании для каждого элемента ТП рассчитываются:

- среднее время ожидания обработки детали;
- среднее время простоя оборудования;

- максимальная длина очереди (объема промежуточного складирования деталей);
- коэффициент использования оборудования;
- среднее время технологической операции;
- максимальное время технологической операции.

Также следует оценить общие показатели ТП:

- общее время изготовления производственного заказа планируемого объема;
- время завершения ТП;
- общий коэффициент использования оборудования по времени;
- общий коэффициент использования оборудования в зависимости от объема производства.

Поток заявок, подлежащих обслуживанию, может проходить через одну очередь, через несколько очередей либо через комбинацию этих двух вариантов. Выбор формата структуры частично зависит от вида производства и частично - от ограничений, связанных с конкретным ТП.

Одноканальная, однофазовая структура – самый простой тип структуры очереди и. если входящие потоки и процесс обслуживания описываются стандартными распределениями, то формулы теории СМО позволяют решить соответствующие задачи. Если же эти распределения нестандартные, то такие задачи решаются с помощью средств имитационного моделирования.

Особый интерес представляют комбинированные структуры, которые подразделяется на две категории:

- с переходом многоканального обслуживания в одноканальное.
- с альтернативными путями.

В первом случае разные очереди сливаются в одну для последующего однофазового обслуживания либо они сливаются в одну очередь для многофазового обслуживания (например, когда комплектующие, поступающие с разных линий по сборке узлов, поступают на основную сборочную линию).

Во втором случае также возникают два варианта, отличающихся требованиями, предъявляемыми к упорядочению потока. Первый вариант соответствует многофазной многоканальной структуре, но с возможностью перемещения деталей на обработку из одного канала в другой после завершения первой обслуживающей операции. Во втором варианте количество фаз и каналов может варьироваться, но также после выполнения первой обслуживающей операции.

Существуют четыре основных типа задач анализа очередей. Все они имеют разную структуру, и для их решения применяются разные уравнения. При этом выполняется допущение, что анализируемый процесс в данный момент является стационарным (устойчивым и неизменным).

Рассмотрим СМО, в которых имеется как входной поток (производственный заказ), так и выходной - поток обслуженных заявок (произведенных изделий). Исследуются такие структуры, в которых параллельно функционируют s узлов (единиц оборудования), так что одновременно могут обслуживаться сразу s заявок. При этом единицы оборудования, используемого параллельно для одной технологической операции с точки зрения быстродействия предполагаются эквивалентными. В любой произвольно выбранный момент времени все находящиеся в системе заявки следует разделить на те, которые находятся в очереди (на промежуточном складе) и следовательно, ждет, когда ее начнут обслуживать, и те, которые уже обслуживаются (обрабатывается).

Рассмотрим структуру СМО с пуассоновским входным потоком, фиксированным временем обслуживания и s параллельно функционирующими узлами обслуживания. Дисциплина очереди не регламентирована. Кроме того, независимо от того, сколько требований поступает на вход обслуживающей системы, данная система (заявки в очереди и обслуживаемые заявки) не может вместить более N требований. То есть заявки, не попавшие в блок ожидания, вынуждены обслуживаться в другом месте. Это ограничение на планируемый объем производства. Источник, порождающий заявки на обслу-

живание, имеет неограниченную (бесконечно большую) емкость, что соответствует отсутствию ограничения на производственные ресурсы.

Конечная цель анализа систем и процессов массового обслуживания заключается в разработке критериев эффективности функционирования СМО. При выполнении условий стационарности будем рассматривать следующие операционные характеристики СМО:

P_n - вероятность того, что в системе находится n заявок на обслуживание (т.е. в производственном процессе находится n обрабатываемых изделий);

L_S - среднее число заявок в системе (обрабатываемых изделий в производственном процессе);

L_q - среднее число заявок в очереди на обслуживание (изделий на промежуточном складе);

W_S - средняя продолжительность пребывания заявки в системе (средняя длительность производственного процесса);

W_q - средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в очереди (среднее время пребывания изделия на промежуточном складе).

Очевидно, что

$$L_S = \sum_{n=0}^{\infty} np_n, L_q = \sum_{n=c}^{\infty} (n-c)p_n$$

Между L_S и W_S (как и между L_q и W_q) существует строгая взаимосвязь. В частности, если частота поступлений в систему заявок на обслуживание равняется λ (интенсивность поступления требований), то имеем

$$L_S = \lambda W_S, L_q = \lambda W_q \quad (2.5)$$

Приведенные выше соотношения справедливы и при гораздо менее жестких предположениях, не налагающих никаких специальных ограничений ни на распределение моментов последовательных поступлений требований, ни на распределение продолжительностей обслуживания. Однако в тех случаях, когда частота поступлений заявок на обслуживание равняется λ , но не все заявки имеют возможность попасть в обслуживающую систему,

например, из-за ограничения на объем промежуточного склада, соотношения (1) необходимо видоизменить путем такого нового определения параметра λ , которое позволило бы учесть только действительно "допускаемые" в систему требования. Тогда, вводя в рассмотрение $\lambda_{эфф}$ - эффективная частота поступлений, т.е. количество требований, действительно допущенных в блок ожидания обслуживающей системы, в единицу времени, будем иметь

$$\lambda_{эфф} = S\lambda, 0 < S < 1.$$

Это означает, что только часть поступающих заявок на обслуживание действительно "проникает" в систему.

Если средняя скорость обслуживания равняется μ и, следовательно, средняя продолжительность обслуживания равняется $1 / \mu$, то справедливо следующее соотношение:

$$W_s = W_q + 1 / \mu$$

Умножая левую и правую части этого соотношения на λ , получаем

$$L_s = L_q + 1 / \mu$$

Последнее соотношение остается справедливым и в том случае, если λ заменить на $\lambda_{эфф}$. При этом для $\lambda_{эфф}$ можно записать

$$\lambda_{эфф} = \mu (L_s - L_q)$$

Стоимостные модели массового обслуживания направлены на определение такого уровня функционирования обслуживающей системы, при котором достигается "компромисс" между следующими двумя экономическими показателями:

- прибылью, получаемой от реализации запланированного к производству объема продукции:
- потерями прибыли, обусловленными задержками в производственном процессе и возможными ограничениями на объем производства с соот-

ветствующими производственными мощностями (оборудованием, кадрами).

Первый показатель ассоциируется со степенью функциональной активности СМО. тогда как второй - с пребыванием производственного оборудования в состоянии простоя или с необходимостью производственной системы выпустить запланированный объем продукции. Увеличение функциональной мощности обслуживающей системы должно приводить к сокращению времени пребывания изделий на промежуточном складе, то есть наращиванию объемов производства. Это означает, что по мере того, как производственные затраты, связанные с использованием оборудования, возрастают из-за повышения технологического уровня производства (модернизации оборудования), выраженные в экономических терминах потери, связанные с простоями, будут уменьшаться.

Выделим две задачи организации производства, моделируемые с помощью стоимостных моделей СМО.

1. Задача определения оптимального состава оборудования для обеспечения соответствующей скорости обслуживания, характеризующей производительность.

Решение этой задачи связано с нахождением компромисса в условиях, когда более производительное оборудование стоит дороже. Для принятия решения издержки следует сопоставить с доходом.

Рассмотрим одноканальную модель массового обслуживания со средней частотой поступления требований, равной λ и со средней скоростью обслуживания, равной μ . Предполагается, что скорость обслуживания поддается регулированию, то есть возможна модернизация оборудования. Требуется определить оптимальное значение скорости обслуживания на основе построенной стоимостной модели. Введем следующие обозначения:

C_1 - выраженный в стоимостной форме «выигрыш» за счет увеличения на единицу значения μ и в течение единичного интервала времени;

C_2 - "цена" ожидания (т.е. обусловленные вынужденным ожиданием экономические потери) в единицу времени и в расчете на одно изделие;

$TC(\mu)$ - стоимостный показатель, определяемый формулой

$$TC(\mu) = C_1\mu + C_2 L_s$$

Следует отметить, что затраты на обслуживание, отнесенные к единице времени, прямо пропорциональны μ . Затраты в единицу времени, обусловленные пребыванием заявок на обслуживание в режиме ожидания, равняются среднему значению числа требований, находящихся в СМО, умноженному на "цену" ожидания, определенную в расчете на одно требование и отнесенную к единице времени.

Поскольку μ является величиной непрерывной, ее оптимальное значение может быть получено путем приравнивания к нулю первой производной $TC(\mu)$ по μ .

Рассмотрим ситуацию, когда в блоке ожидания обслуживающей системы может находиться не более N заявок, что является ограничением на план выпуска продукции. В данном случае величина N рассматривается как управляющая переменная, оптимальное значение которой (вместе с μ) определяется путем минимизации

$$TC(\mu, N) = C_1\mu + C_2L_s + C_3N + C_4\lambda P_n,$$

где C_3 – «стоимость» увеличения (рассчитанная на единицу времени) вместимости блока ожидания обслуживающей системы;

C_4 -экономические потери, связанные с невозможностью включить в блок ожидания системы еще одного, требующего обработки, изделия;

λP_n - число изделий, «потерянных» системой в единицу времени.

2. Задача определения оптимального количества однотипного оборудования – количества каналов обслуживания или числа обслуживающих приборов.

Эта задача связана с получением компромиссного решения, обусловленного тем, что увеличение количества оборудования влечет рост затрат на их содержание (эксплуатацию, обслуживание и амортизацию). При этом одновременно появляется экономия вследствие уменьшения простоев другого оборудования в технологической цепи, следовательно, возникает возможность увеличить объем производства

Рассмотрим мультиканальную модель. Стоимостная модель массового обслуживания в данном случае должна быть ориентирована на определение оптимального числа обслуживающих приборов, которое обозначено выше через c . Предполагается, что значения λ и μ фиксированы. Интегральная стоимость показателей задается формулой

$$TC(c) = C_1c + C_2L_s(c),$$

где C_1 - отнесенные к единице времени затраты на обеспечение функционирования одного дополнительного обслуживающего станка.

$L_s(c)$ - среднее число находящихся в производственной системе обрабатываемых изделий.

Оптимальное значение c находим из условия

$TC(c-1) > TC(c)$ и $TC(c+1) > TC(c)$, что эквивалентно неравенству

$$L_s(c) - L_s(c+1) < C_1/C_2 < L_s(c-1) - L_s(c).$$

Величина C_1 / C_2 является указателем того, где должен начинаться поиск оптимального значения c .

Сформулируем этапы обобщенного алгоритма решения данной задачи с применением вышеприведенных формул.

1. Определить среднее количество изделий в очереди при исходном количестве оборудования.
2. Определить потерн рабочего времени в стоимостном выражении.
3. Сделать предположение об увеличении оборудования на одну единицу.

4. Определить время ожидания в очереди при увеличении количества оборудования.
5. Сравнить дополнительные затраты на использование дополнительного оборудования с сэкономленным временем на выполнение технологического процесса.

Анализируя полученные характеристики, можно:

- оценить средние значения и разброс ключевых параметров технологического процесса.
- идентифицировать временные ресурсы - «бутылочные горлышки», т.е. перегруженные ресурсы, к которым постоянно выстраивается очередь операций. в результате чего они задерживают выполнение всего ТП.
- проанализировать производство и потребление материальных ресурсов.
- проанализировать статистику по изменению значений переменных в предложенной модели.

2.3.4. Автоматизированные системы закупок и сбыта продукции

Одной из важнейших функций целого ряда СГХ (магазинов, предприятий, торговых представительств и др.) является проведение маркетинговых исследований по закупке и сбыту товаров. Маркетинговые исследования – это систематический сбор, регистрация и анализ данных по проблемам, относящимся к маркетингу. Задачи исследования маркетинга входят в состав автоматизированной системы маркетинга СГХ. Маркетинговые исследования связаны с принятием решений по всем аспектам маркетинговой деятельности. Все маркетинговые исследования рассматриваются в двух разрезах: оценка тех или иных маркетинговых параметров для данного момента времени и получение их прогнозных значений.

Любая компания, закупающая или продающая товарную продукцию, занимается маркетингом продукции в смысле оценки качества продукции, рынками сбыта и оценкой спроса на продукцию. Как правило, у компании

есть определенное число постоянных точек сбыта их продукции. Считая эти точки сбыта каналами обслуживания, а запросы, поступающие к ним, в том числе и данной фирмы – производителя, заявками, в рамках терминологии теории массового обслуживания будем рассматривать маркетинговую модель, как многоканальную систему массового обслуживания с отказами, граф состояний которой представлен на рис. 2.6.

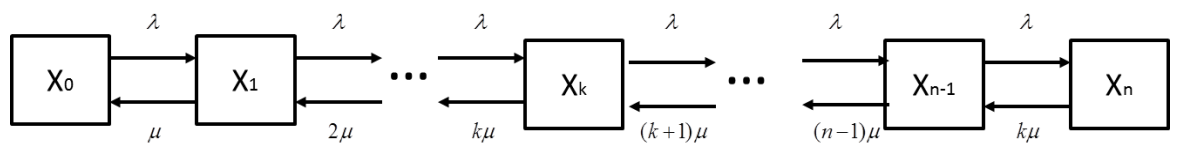


Рис. 2.6. Граф состояний маркетинговой модели.

Работа такой системы с точки зрения теории массового обслуживания заключается в следующем.

На вход n -канальной системы массового обслуживания подается простейший поток заявок с интенсивностью λ . Интенсивность простейшего потока обслуживания каждого канала μ . Если заявка застала все n каналов занятыми, то она получает отказ (покидает систему необслуженной). Если заявка застала свободным хотя бы один канал, то она принимается к обслуживанию любым из свободных каналов и обслуживается до конца («терпеливая» заявка). Согласно рис. 2.9. в системе возможно следующее множество состояний:

x_0 - все каналы свободны, ни одна заявка не обслуживается;

x_1 - занят ровно один канал (какой именно – не важно), обслуживается одна заявка;

... x_k - занято ровно k каналов (каких именно – не важно), обслуживается k заявок

... x_n - все n каналов заняты, обслуживается n заявок.

Следует заметить, что в случае необходимости можно было бы рассмотреть и особые вопросы обслуживания, например, приоритеты точек сбыта или достоверность информации, о которой будет сказано ниже т. к. рассматриваемые потоки заявок считаем ординарными, то «перескоки через состояния» не рассматриваются. В соответствии с мнемоническим правилом составления системы дифференциальных уравнений для вероятностей состояний [32] получим:

$$\begin{cases} \dot{p}_0(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t); \\ \dots \\ \dot{p}_k(t) = -[\lambda + k\mu]p_k(t) + \lambda p_{k-1}(t) + (k+1)\mu p_{k+1}(t); \\ \dots \\ \dot{p}_n(t) = -n\mu p_n(t) + \lambda p_{n-1}(t), \end{cases} \quad (2.6)$$

где: $k = 1, \overline{n-1}$.

Система (2.6.) обычно интегрируется при начальных условиях:

$$\begin{cases} p_0(0) = 1; \\ p_k(0) = 0; p_n(0) = 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

Решение системы (2.6.) при начальных условиях (2.7.) удовлетворяет нормировочному условию:

$$\sum_{k=0}^n p_k(t) = 1, \quad (t \geq 0). \quad (2.8)$$

Уравнения (2.6) являются уравнениями Эрланга [25,34].

Заметим, что выражения (2.6) - (2.8) справедливы и для случая, когда потоки событий не являются простейшими, а представляют собой нестационарные пуассоновские потоки. В этом случае параметры $\lambda = \lambda(t)$ и $\mu = \mu(t)$ являются некоторыми функциями времени (например, сезонная распродажа).

Для нас представляет интерес стационарный режим работы такой системы $\lambda(t) = const$, $\mu(t) = const$ при $t \rightarrow \infty$. В жизни это устойчивый спрос на достаточно длинном интервале времени. В математическом плане такой режим существует, т. к. наша система эргодична, и ему отвечает алгебраическая система уравнений:

$$\begin{cases} O = -\lambda p_0 + \mu p_1; \\ \dots \\ O = -[\lambda + k\mu]p_k + \lambda p_{k-1} + (k+1)\mu p_{k+1}; \\ \dots \\ O = -n\mu p_n + \lambda p_{n-1}, \end{cases} \quad (2.9)$$

где: $k = \overline{1, n-1}$.

Решая систему (2.9) совместно с (2.8) получаем формулу для вероятностей состояния рассматриваемой системы массового обслуживания:

$$p_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}{k!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^n \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k} \cdot k! \quad (k = \overline{0, n}) \quad (2.10)$$

Введем обозначение: $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\mu}$,

где $\bar{\lambda}$ - равно среднему числу заявок, поступающих в систему за среднее время обслуживания одной заявки в одном канале. Учитывая выражение для $\bar{\lambda}$ и умножая числитель и знаменатель (2.10.) на $e^{-\bar{\lambda}}$ получим:

$$p_k = \frac{\left(\frac{\lambda^k}{k!}\right)e^{-\lambda}}{\sum_{k=0}^n \left(\frac{\lambda^k}{k!}\right)e^{-\lambda}} = \frac{p(k, \lambda)}{R(n, \lambda)} \quad (2.11)$$

где $p(k, \bar{\lambda})$ и $R(n, \bar{\lambda})$ табличные функции пуассоновского распределения [25,34].

На основании формулы (2.11) можно получить целый ряд показателей работы рассматриваемой АСМ ГХ:

1. Вероятность обслуживания заявки нашей фирмы-производителя среди всего потока заявок: $P_{\text{обсл.}} = \frac{R(n-1, \bar{\lambda})}{R(n, \bar{\lambda})}$

2. Среднее время полной загрузки системы:

$$t_{\text{н.з.}} = \frac{1}{n\bar{\lambda}}$$

3. Вероятность занятости хотя бы одного канала:

$$P_{з.к.} = \frac{P(n, \bar{\lambda})}{P(n, \bar{\lambda})}$$

В реальной жизни при опросе n постоянных клиентов может возникнуть ситуация, когда информация от кого-то из них (одного или нескольких) может оказаться недостоверной из-за технических причин (сбой в канале связи). Такая система отличается от рассмотренной выше только тем, что заявка, прошедшая обслуживание в канале, оказывается обслуженной фактически не достоверно, а с вероятностью P . Такую систему можно условно представить как двухступенчатую, в которой в первой ступени заявка принимается (или не принимается) к обслуживанию, а во второй – обслуживается (или не обслуживается). Обслуживание второй ступенью осуществляется не достоверно, а с вероятностью P . Граф состояний такой системы остается таким же, как и в рассмотренном выше случае с теми же временными и вероятностными характеристиками. Отличие состоит лишь в том, что вероятность обслуживания будет определяться как произведение вероятности того, что заявка будет принята к обслуживанию $(1 - p_n)$, на вероятность успешного обслуживания P , т. е.

$$P_{обсл.} = \frac{R(n-1, \bar{\lambda})}{R(n, \bar{\lambda})} P$$

Для успешного маркетинга в такой системе, как и во многих других АСМ возникает актуальная задача восстановления утерянной от одного из источников информации.

2.4. Методы автоматизированного анализа данных

2.4.1. Восстановление данных с пропусками.

С проблемой обработки пропусков в данных приходится сталкиваться в самых разнообразных приложениях статистического анализа [35 - 40]. Это характерно и при анализе с помощью АСМУ ГХ данных об исследуемом

СГХ. Исследователи, как правило, стремятся как можно быстрее избавиться от пропусков с тем, чтобы впоследствии провести обработку «полных» данных стандартными средствами, мало задумываясь над тем, что такой подход может привести к сильному различию статистических выводов, сделанных при наличии пропусков в данных и при их отсутствии. Самыми распространенными приемами анализа данных с пропусками являются исключение некомпетентных наблюдений (т. е. содержащих хотя бы один пропуск) и традиционные методы заполнения пропусков. Эти методы в общем случае имеют малую эффективность, ведут, как правило, к смещенности и несостоятельности, к нарушению уровней значимости критериев и другим искажениям статистических выводов, не обладают устойчивостью к распределению пропусков.

Очень часто данные в АСМУ ГХ формируются в виде прямоугольных таблиц. Строкам (столбцам) таблицы данных соответствуют различные, в зависимости от назначения АСМУ ГХ, источники информации. Тогда столбцы (строки) представляют собой исследуемые переменные (признаки, баллы, рейтинги и т. д.). Элементами таблицы являются действительные числа (числовые характеристики продукции и товаров), бинарные числа (1,0) или (+, -), дискретные числа (например, при ранжировании критериев оценки качества).

Настоящий раздел посвящен анализу данных в тех случаях, когда в таблице часть значений переменных отсутствует. Они могут отсутствовать по техническим причинам вследствие сбоя оборудования, либо мнение части источников информации не может оказать предпочтения одному критерию перед другим. Существуют четыре основные группы методов обработки данных с пропусками, которые могут быть использованы в АСМ:

Методы исключения

При отсутствии некоторых переменных объекта мониторинга они удаляются из генеральной совокупности и оставшиеся данные обрабатываются. Эти методы легко реализуются и могут быть удовлетворительны при малом

числе пропусков и большой генеральной совокупности данных. Однако иногда приводят к большим смещениям и не всегда бывают эффективными.

Методы заполнения.

Пропуски заполняются и полученные данные обрабатываются обычными методами.

Как правило, используются следующие процедуры: заполнение с выборочным подбором, когда подставляются значения переменных других объектов выборки; заполнение средними, когда подставляются средние присутствующих значений; заполнение с помощью регрессии, когда пропущенные значения оцениваются с помощью регрессии на присутствующие для анализируемого объекта переменные. Эти методы также не всегда эффективны, поэтому на практике в эти методы при решении конкретных прикладных задач, следует вводить модификации. Такая модификация будет показана ниже для бинарных прямоугольных таблиц данных опроса.

Методы взвешивания

Рандомизированные выводы по данным выборочных исследований с пропусками обычно построены на весах плана, обратно пропорциональных вероятности выбора. Взвешивание связано с заполнением средними

$$\frac{\sum p_i^{-1} x_i}{\sum p_i^{-1}}$$

где суммы берутся по извлеченным объектам. Методы взвешивания измеряют веса, чтобы учесть отсутствие значений. Подробно методы взвешивания описаны в [38,39].

Методы, основанные на моделировании

Методы, основанные на моделировании, которые основываются на построении модели порождения пропусков. Выводы получают с помощью функции правдоподобия, построенной при условии справедливости этой модели, с оцениванием параметров методами типа максимального правдоподобия.

Преимущество этих методов состоит в том, что они являются гибкими, позволяют отказаться от методов, разработанных для частных случаев пропусков, и работать с неполными данными различного рода выборок на основе общего подхода максимизации функции правдоподобия.

Следует отметить, что выбор того или иного метода в АСМ определяется особенностями объекта мониторинга и самого мониторинга.

В частности, для обработки данных с пропусками в виде бинарных таблиц, в которых элементы таблиц принимают значения 1 или 0 («+» или «-»), ниже предлагается подход, являющийся модификацией известных методов заполнения [39].

Суть данного подхода заключается в отыскании из анализа генеральной совокупности данных однородных групп источников информации и определении принадлежности источника информации, с которым временно была утеряна связь (наличие «пропуска»), к одной из выделенных групп. Далее используются традиционные процедуры методов заполнения. Покажем реализацию данного подхода на следующем примере.

Пусть мы получили информацию от 10 источников с целью оценить покупательский спрос некоторой продукции или товара по 6 переменным признакам (критериям). Данные мониторинга сведены в таблицу 2.1. Здесь «+» – положительный ответ по данному признаку, «-» – отрицательный ответ, «*» – неопределенный ответ (безразличие), т. е. можно считать и «+» и «-», «?» – утерянный по техническим причинам ответ («пропуск»).

Как видно из таблицы, для источников информации $i=2,7$ ответ на вопрос об оценке признака $i=6$ утерян, т. е. есть пропуски.

Табл.2.1. Результаты мониторинга.

	j	Субъекты опроса
--	---	-----------------

	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Признаки товара	1	*	+	+	+	*	-	-	+	-	-
	2	*	+	+	+	*	-	*	+	+	+
	3	*	-	-	-			*	-	*	*
	4	*	+	+	+	*	-	*	+	+	-
	5	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-
	6	*	?	+	+	*	-	?	-	-	-

Сформируем для каждого из этих источников информации группы с одинаковыми оценками, давая значения пропуску «+» и «-», при этом обозначим количество источников информации в этих группах через r , а количество одинаковых признаков S

Для субъекта $i = 2$

для «+»: $\{3,4,2\}$, $r = 3$, $S = 4$

для «-»: $\{2,8\}$, $r = 2$, $S = 3$

Для субъекта $i = 7$

для «+»: $\{1,7\}$, $r = 2$, $S = 6$

для «-»: $\{1,7,9,10\}$, $r = 4$, $S = 6$

Введем обобщенный показатель количества совпавших оценок в каждой группе

$$N = r \cdot S.$$

Отсюда для источника информации $i = 2$

для «+»: $N = 12$;

для «-»: $N = 6$; $N_{\max} = 12$;

для источника информации $i = 7$

для «+»: $N = 12$;

для «-»: $N = 24$; $N_{\max} = 24$;

Согласно одному из методов заполнения, а именно методу замены [38,40], можем поставить на место пропуска для $i = 2$ - «+», для $i = 7$ - «-», т. к. именно для этих значений $N = N_{\max}$.

Далее, суммируя количество положительных и отрицательных ответов по каждой строке можем сделать вывод какой признак (или характеристику) товара необходимо улучшить для повышения покупательского спроса.

Следует заметить, что данный подход, как и все методы заполнения обладают рядом указанных выше недостатков и используются там, где пропуски не имеют критического значения. В противном случае используются более строгие методы, например, методы моделирования с использованием функций максимального правдоподобия или байесовских стратегий [35,36].

2.4.2. Анализ источников информации. Метод MEIS.

Достоверность, принимаемых в АСМУ ГХ решений во многом зависит от степени достоверности источников информации (ИИ). Высокая степень согласованности и достоверности данных от источников информации значительно повышает возможность осуществить однозначный выбор. Высокая степень согласованности и достоверности данных от источников информации значительно повышает возможность осуществить однозначный выбор [44 -53].

Ниже предлагается метод оценки источников информации MEIS – (method of estimation of information sources) в основу которого положен принцип декомпозиции сложной проблемы на совокупность более простых, которые в дальнейшем будем называть иерархиями. Эти проблемы, в зависимости от системного назначения делятся на объекты-критерии (начальные свойства источников) и объекты-альтернативы принимаемых решений. Из объектов-критериев организовывается иерархическая структура, которая содержит уровни целей, подцелей, целевых функций, а из объектов-альтернатив создается иерархическая структура, которая отображает взаимосвязь иерархий принимаемых решений. Нумерация иерархических уровней

проводится отдельно для структуры объектов-критериев и структуры объектов-альтернатив. В результате декомпозиции образуется архитектура проблемы, которая отображает относительную степень взаимосвязи объектов иерархии.

MEIS содержит следующие этапы:

1. Содержательная постановка задачи принятия многокритериальных решений.

2. Математическая постановка задачи принятия многокритериальных решений, включает формирование иерархической структуры обобщенного критерия эффективности источника в виде субподрядных уровней целей, подцелей и целевых функций; математическое описание функциональных зависимостей и параметрических ограничений задания принятия многокритериальных решений формирования иерархической структуры взаимосвязи альтернатив принимаемых решений.

3. Ранжирование конечного множества объектов-критериев $p = \{p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_m\}$ и объектов-альтернатив принимаемых решений $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_m\}$, по важности путем задания вектора весовых (взвешенных) коэффициентов, значения которых удовлетворяют ограничениям:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0 \quad (2.12)$$

В многоуровневой иерархической системе принятие решений ранжирования по важности каждого k -го уровня множества объектов-критериев и множества объектов-альтернатив $p^k = \{p_1^k, \dots, p_i^k, \dots, p_m^k\}$ проводится путем задания к векторам весовых (взвешенных) коэффициентов:

$$\alpha^k = \{\alpha_1^k, \dots, \alpha_i^k, \dots, \alpha_{m_k}^k\}, k = \overline{1, K}, \quad (2.13)$$

где K – количество уровней иерархической структуры объектов-критериев и структуры объектов-альтернатив; m_k – количество объектов на k -ом уровне критериев и k -му уровне альтернатив.

Задания ранжирования объектов по важности в пределах каждого k -го уровня иерархии состоит в том, чтобы на основе опроса экспертов и математических методов обработки экспертных данных, в котором может находиться объект, установить множество соотношений $p_i^k \rightarrow \alpha_i^k$ для всех уровней иерархической структуры критериев и иерархической структуры альтернатив. Эта мысль позволяет перевести качественные характеристики в количественные или числовые зависимости.

4. Формирование матрицы парных сравнений $[S_{fm \times m}^k]$ для каждого k -го уровня множества объектов (рис. 2.7).

$$[S_{fm \times m}^k] = \begin{array}{c} \begin{array}{c} p_i^k \\ \dots \\ p_i^k \\ \dots \\ p_m^k \end{array} \left| \begin{array}{cccccc} p_i^k & \dots & p_j^k & \dots & p_m^k \\ \alpha_{11}^k & \dots & \alpha_{1j}^k = \alpha_1^k / \alpha_j^k & \dots & \alpha_{1m}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{i1}^k & \dots & \alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k & \dots & \alpha_{im}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{m1}^k & \dots & \alpha_{mj}^k = \alpha_m^k / \alpha_j^k & \dots & \alpha_{mm}^k \end{array} \right. \end{array}$$

Рис. 2.7. Структура начальной матрицы парных сравнений

Матрицы парных сравнений $[S_{fm \times m}^k]$ являются основным хранилищем информации, необходимой для принятия многокритериальных решений.

Каждая матрица $[S_{fm \times m}^k]$ составляется по следующим правилам:

- Мнение каждого эксперта записывается в виде строки матрицы парных сравнений $[S_{fm \times m}^k]$.
- Эксперт должен быть эрудированным в области принимаемых решений и уметь быстро отвечать на поставленные вопросы: во сколько раз весовой коэффициент α_i больше весового коэффициента α_j или во сколько раз весовой коэффициент α_j меньше коэффициента α_i .

- Каждый элемент α_{ij}^k матрицы парных сравнений $[S_{fm \times m}^k]$ определяется выражением $\alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k$, где α_i^k и α_j^k – весовые коэффициенты приоритетности объектов парной связанности k -го уровня иерархии объектов-критериев или объектов-альтернатив:

$$p_i^k \rightarrow \alpha_i^k, p_j^k \rightarrow \alpha_j^k; \alpha_i^k, \alpha_j^k \rightarrow \alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k \quad (2.14)$$

Размерности парируемых коэффициентов α_i^k и α_j^k должны быть одинаковыми, а значения этих коэффициентов не допускают деления на ноль. Если $\alpha_i^k / \alpha_j^k > 1$, то объект p_i считается важнее объекта p_j . Приобретенных таким образом значений весовых коэффициентов есть оценками в шкале отношений и отвечают так называемым жестким оценкам.

5. Поиск решения задачи многокритериальной оптимизации осуществляется путем поэтапного установления приоритетов. На первом этапе выявляются наиболее важные объекты решаемой проблемы, на другом находится наилучший способ проверки наблюдений, испытания и оценки объектов. На следующих этапах осуществляется выработка рационального решения и оценка его качества. Процесс принятия решений проводится над последовательностью иерархий: результаты, полученные на одной из них, используются как входные данные при изучении следующей иерархии.

Проверка согласованности экспертных оценок есть начальным условием MEIS. Для определения меры согласованности экспертных оценок используется начальная матрица парных сравнений, полученная путем опроса экспертов методом парных сравнений. Как мера согласованности чаще используется индекс согласованности и отношение согласованности [47,52]. Согласованность на оборот симметричной начальной матрицы парных сравнений эквивалентна требованию равенства ее максимального собственного значения λ_{\max} числу сравниваемых объектов n , то есть $\lambda_{\max} = n$. Поэтому, как мера разногласия (несогласованности) принято рассматривать нормированное отклонение λ_{\max} от n , называемое индексом согласованности (ИС):

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.15)$$

Чтобы оценить степень согласованности экспертных оценок, индекс согласованности (ИС) сравнивают со случайным индексом (СИ). Случайным индексом называют индекс согласованности, рассчитанной для квадратной n -мерной положительной наоборот симметричной матрицы, элементы которой сгенерировали генератором случайных чисел для интервала значений от 1 до 9. Для матрицы с фиксированным значением индекс рассчитывается как среднее значение для выборки $N = 100$. В табл.2.2 представлены среднеквадратичные значения согласованности для случайных матриц порядка от 1 до 10. Получив индекс согласованности и выбрав из табл. 2.2. случайный индекс для заданного порядка матрицы, рассчитывается отношение согласованности (ОС):

$$ОС = ИС / СИ \quad (2.16)$$

Табл. 2.2. Величина случайной согласованности:

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайные согласованности	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Если величина $ОС \leq 0,1$, то степень согласованности экспертных данных считается за принятый. Иначе (если $ОС > 0,1$) эксперту рекомендуется пересмотреть свои оценки. Для этого необходимо выявить те позиции в матрице оценок, которые вносят максимальный взнос к величине отношения согласованности, и попробовать сменить меру несогласованности в меньшую сторону на основе более глубокого анализа вопроса.

Исходя из этого, модель принятия решений можно представить совокупностью целевых функций f_i , $i = \overline{1, m}$ и набором альтернатив принимаемых решений $x = \{x_j\} \subset X$, $j = \overline{1, n}$ в виде [63]:

$$f_i(x_i) \rightarrow \max_{x \in X}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.17)$$

где m – количество целевых функций, $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset X$ – конечное множество альтернатив принимаемых решений из определения собственных координат объекта, которое содержит n элементов x_j . Значения чисел \min должны быть относительно небольшими, поскольку именно они в MEIS определяют трудоемкость диалоговых процедур реального масштаба времени по добыче дополнительной информации про задание.

После реализации этой логико-семантической процедуры определения частных критериев можно воспользоваться методом линейной свертки:

$$J(x_j) = \sum_{i=1}^m \alpha_i f_i(x_j), \quad j = \overline{1, n} \quad (2.18)$$

для получения исследуемых на оптимальность альтернатив решений

$$x_1 = A_1, \quad x_2 = A_2, \quad x_3 = A_3.$$

Если множество достигаемого данного многокритериального задания нет оснований принимать за выпуклый, то вместо линейной свертки как обобщенный критерий целесообразно использовать свертку Джоффриона, основанную на комбинации линейной и максимальной свертки [100 - 103].

Структуризация принятия решения допускает декомпозицию начальной проблемы на простейшие составляющие и обработку экспертных оценок человек, которые принимают решения. В результате оценок экспертов определяется относительная значимость частных критериев и альтернатив принимаемых решений относительно частных критериев, которые находятся на разных уровнях иерархии [66,67]. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов, которые есть так называемыми жесткими оценками в шкале отношений. Структуризация предусматривает по-

строение многоуровневого графического представления проблемы принятия решений. Построение иерархической структуры решаемой проблемы начинается с глобальной цели (фокуса иерархии). Ниже располагается иерархическая структура локальных критериев, которая содержит уровни целей, подцелей и целевых функций (рис. 2.8). Под уровнями иерархической структуры локальных критериев располагаются иерархическая структура альтернатив принимаемых решений. Существуют три основных способа графического отображения иерархии:

- декомпозиция заданного множества объектов;
- агрегация более общих объектов из заданных частных;
- упорядочивание заранее заданного множества объектов на основе их парного сравнения.

Для установления относительной важности элементов иерархии используется шкала преимуществ, которая разрешает эксперту по определению собственных координат объекта поставить в соответствие степеням предпочтения одного сравниваемого источника перед другим некоторые числа. Эти числа α_{ij} должны показывать, во сколько раз источник p_i превосходит источник p_j . Минимальное количество чисел α_{ij} в шкале отношений может быть два, например, 1, если источники равнозначные, и 5, если источник p_i превосходит объект p_j в пять раз. Максимальное количество чисел α_{ij} в шкале отношений ограничивается сложностью.

Определение коэффициентов преимущества частных критериев начинается с формирования матрицы парных сравнений $[S_{fm \times m}]$, которая отображает оценку критериев по отношению один к одному. Размерность матрицы $[S_{fm \times m}]$ должна быть 5×5 (по числу источников), строкам и столбцам матрицы присваиваются названия частных критериев. Все диагональные элементы матрицы $[S_{f5 \times 5}]$ принимают значения, равное единице. Относительная важ-

ность элементов матрицы $[S_{f5 \times 5}]$ назначается по шкале преимуществ Саати [103, 104].



Рис. 2.8. Иерархическая структура локальных критериев анализа ИИ.

Недиагональные элементы матрицы $[S_{f5 \times 5}]$ определяются в результате экспертных опросов ($\alpha_{12} - ?$, $\alpha_{23} - ?$, $\alpha_{34} - ?$, $\alpha_{45} - ?$) с дальнейшим вычислением всех недостающих коэффициентов по формулам:

$$\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}, \quad \alpha_{ij} = \alpha_i / \alpha_j, \quad \alpha_{ij} = \alpha_{ik} \times \alpha_{kj}, \quad \frac{\alpha_i}{\alpha_k} \cdot \frac{\alpha_k}{\alpha_j} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j}. \quad (2.19)$$

По результатам опроса оценок экспертов по функционированию систем определения координат составлена матрица $[S_{f5 \times 5}]$ парных сравнений частных критериев, приведена на рис. 2.9. Для вычисления элемента v_{fij} нормированной матрицы парных сравнений частных критериев $[N_{fm \times m}]$ необходимо соответствующий элемент α_{fij} начальной матрицы парных сравнений частных критериев $[S_{fm \times m}]$ разделить на сумму элементов j -го столбца, то есть элементы первого столбца матрицы $[S_{fm \times m}]$ необходимо разделить на сумму элементов первого столбца, элементы второго столбца – на сумму элементов второго столбца и так далее:

$$v_{fj} = \alpha_{fj} / \sum_{i=1}^m \alpha_{fi}; \quad j = \overline{1, m}. \quad (2.20)$$

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	
f_1	1	1/3	4	1	2	
f_2	3	1	3	1	3	
$[S_{f_5 \times 5}]$	f_3	1/4	1/3	1	1/5	1/3
f_4	1	1	5	1	5	
f_5	1/4	1/3	3	1/5	1	

Рис. 2.9. Начальная матрица парных сравнений частных критериев

Например, элемент v_{f11} первой строки первого столбца нормированной матрицы парных сравнений частных критериев $[N_{f5 \times 5}]$ равный $v_{f11} = \alpha_{f11} / (\alpha_{f11} + \alpha_{f21} + \alpha_{f31} + \alpha_{f41} + \alpha_{f51}) = 1 / (1 + 3 + 1/4 + 1 + 1/4) = 0.174$.

Относительные значения весовых коэффициентов $v_{f1} - v_{f5}$ частных критериев $f_1(x) - f_5(x)$ вычисляются как средние значения элементов соответствующих строк нормированной матрицы парных сравнений $[N_{f5 \times 5}]$ по формуле:

$$v_{fi} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m v_{fij}; \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.21)$$

Например, весовой коэффициент v_{f1} частного критерия $f_1(x)$ равный $v_{f1} = (v_{f11} + v_{f12} + v_{f13} + v_{f14} + v_{f15}) / m = (0.174 + 0.111 + 0.260 + 0.294 + 0.177) / 5 = 0.201$.

Результаты вычисления относительных значений весовых коэффициентов v_{fi} и усредненных значений весовых коэффициентов v_{fi} частных критериев занесены в нормированную матрицу парных сравнений $[N_{f5 \times 5}]$ и в столбце v_{fi} , присоединенный справа к этой матрице, приведенной на рис. 2.10.

		f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	v_{fi}
	f_1	0.174	0.111	0.260	0.294	0.177	0.201
	f_2	0.522	0.334	0.187	0.294	0.265	0.321
[Nf m×m]	f_3	0.043	0.111	0.063	0.059	0.029	0.061
	f_4	0.174	0.334	0.313	0.294	0.441	0.311
	f_5	0.087	0.110	0.187	0.059	0.088	0.106

Рис. 2.10. Нормированная матрица парных сравнений частных критериев

2.5. Выводы

1. В качестве унифицированного математического аппарата построения и исследования моделей одного класса автоматизированных СГХ выбран и обоснован аппарат теории систем массового обслуживания, что позволяет получить в аналитическом виде основные показатели функционирования автоматизированных СГХ и определить пути улучшения их работы, в том числе, в проблемных режимах.
2. Для повышения достоверности данных при наличии пропусков предложен новый подход заполнения бинарных прямоугольных таблиц данных, который основан на формировании однородных групп источников информации и определения принадлежности источника информации с частично утерянной информацией к одной из них, что дает возможность с большой долей вероятности восстановить эту информацию.
3. Для анализа источников информации разработан новый метод экспертной оценки, который базируется на принципах иерархичности и парной доминантности, который в отличие от существующих позволяет получить количественную оценку значимости источника информации и

учесть ее в последующей обработке данных, что важно для повышения эффективности принимаемых управленческих решений.

ГЛАВА 3.

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ГРУПП АСМ ГХ

3.1. Анализ актуальности проблемы коллективной оценки

Как уже подчеркивалось ранее, информация об исследуемом СГХ может быть сложной и неоднозначной для определения эффективного управленческого решения. Это приводит к необходимости применения методов экспертных оценок с привлечением опытных экспертов, компетентных в сфере деятельности исследуемого СГХ.

Различные вопросы использования методов экспертной оценки тесно связаны между собой, и неудачное решение даже одного из них может поставить под сомнение успех экспертизы в целом. Это обстоятельство требует рассмотрения всех возникающих задач в тесной взаимозависимости и взаимообусловленности. Известно, что подход, при котором объекты исследуются как целостные множества взаимосвязанных элементов, получил название системного [48 -51].

В современной общей теории систем понятие «система» характеризуется наличием следующих признаков: «1) система представляет собой целостный комплекс взаимосвязанных элементов; 2) она образует особое единство со средой; 3) как правило, любая исследуемая система представляет собой элемент системы более высокого порядка; 4) элементы любой исследуемой системы в свою очередь обычно выступают как системы более низкого порядка» [67].

В зависимости от специфики рассматриваемых объектов каждый из перечисленных выше признаков может приобретать в процессе анализа большее или меньшее значение.

В случае, когда объектом исследования являются вопросы совершенствования методов экспертной оценки, системный подход к их разработке заключается в теоретическом обсуждении принципов исследования методики

экспертной оценки как системы, т. е. как целостного множества взаимосвязанных элементов.

Здесь следует различать рассмотрение в качестве системы одного конкретного метода экспертной оценки либо некоторой совокупности различных методов. В первом случае компонентами системы являются отдельные этапы использования определенного метода экспертной оценки, во втором — различные методы экспертной оценки [53,54].

При изучении систем могут быть два подхода — микроскопический и макроскопический. При макроскопическом подходе детально рассматриваются отдельные компоненты системы в результате которого обеспечивается наилучшее функционирование системы в определенном отношении» [55,56].

При рассмотрении методов экспертной оценки особую важность вопросы оптимизации приобретают в случае исследования одного определенного метода экспертной оценки как системы, когда элементами системы являются отдельные этапы экспертной оценки. Рассмотрим некоторые особенности совершенствования отдельных этапов экспертной оценки.

Одним из наиболее важных этапов использования экспертной оценки в социологических исследованиях является выбор экспертов. Специфические особенности различных методов экспертных оценок накладывают определенный отпечаток на совокупность требований, которым должны удовлетворять эксперты. Проблема подбора экспертов является одной из наиболее сложных в теории и практике экспертных исследований [19,46]. Очевидно, в качестве экспертов необходимо использовать тех людей, чьи суждения наиболее помогут принятию адекватного решения. Но как выделить, найти, подобрать таких людей? Надо прямо сказать, что нет метода подбора экспертов, наверняка обеспечивающих успех экспертизы [21 -23]. Поэтому задача выбора экспертов остается актуальной и сегодня.

Составление списка возможных экспертов облегчается тогда, когда рассматриваемый вид экспертизы проводится многократно. В таких ситуаци-

ях обычно ведется реестр возможных экспертов, из которого можно выбирать по различным критериям конкретную экспертную группу.

Как быть, если экспертиза проводится впервые и устоявшиеся списки отсутствуют. Для формирования начальных списков есть полезный метод «снежного кома» [21,22], при котором от каждого специалиста, привлекаемого в качестве эксперта, получают определенное количество фамилий тех, кто может быть экспертом по рассматриваемой тематике. Каждого вновь появившегося в списке опрашивают по той же схеме. Процесс расширения списка останавливается, когда новые фамилии практически перестают встречаться. В результате получается достаточно обширный список возможных экспертов. Метод «снежного кома» имеет и недостатки. Число туров до остановки наращивания списка нельзя заранее предсказать. Кроме того, ясно, что если на первом этапе все эксперты были из одного «клана» и занимались сходной деятельностью, то и метод «снежного кома» даст, скорее всего, лиц из этого же «клана». Например, в науке «кланом» может быть определенная научная школа.

Вопрос об оценке компетентности экспертов так же до сих пор полностью не решен. Ясно, что успешность участия в предыдущих экспертизах, хороший критерий таких экспертов, которые участвуют в длинных сериях однотипных экспертиз. Однако, наиболее интересны и важны уникальные экспертизы больших проектов, не имеющих аналогов. Использование формальных показателей экспертов (должность, стаж и т. д.), очевидно, в современных быстро меняющихся условиях может носить лишь вспомогательный характер, хотя такие показатели, как правило, и применяются.

Часто используют метод самооценки эксперта, при котором эксперт сам дает информацию о том, в каких областях он компетентен, а в каких нет. С одной стороны, кто лучше знает возможности эксперта, чем он сам? С другой стороны, при самооценке скорее оценивается степень самоуверенности эксперта, чем его реальная компетентность. Тем более, что само понятие «компетентность» строго не определено. Можно его уточнять, выделяя со-

ставляющие, но при этом усложняется предварительная часть деятельности экспертной комиссии. Достаточно часто эксперт преувеличивает свою реальную компетентность. Бывают отклонения и в другую сторону, излишне критичное отношение к своим возможностям.

Если процедура экспертного опроса предполагает непосредственное общение экспертов, необходимо учитывать еще ряд обстоятельств. Большое значение имеют их личностные (социально-психологические) качества. Так один-единственный «говорун» может парализовать деятельность всей комиссии на совместном заседании. К срыву могут привести и неприязненные отношения членов комиссии и сильно отличающийся должностной статус.

Таким образом, выбор экспертов остается одной из главных задач обеспечения эффективной работы систем социального опроса.

В этом плане представляют интерес особенности выбора экспертов при проведении индивидуальных и коллективных экспертных оценок. По-видимому, можно утверждать, что индивидуальные оценки предъявляют повышенные (по сравнению с коллективными оценками) требования к эксперту. В то время как при коллективной оценке заключения делаются на основании большого числа суждений, при индивидуальной оценке выводы формулируются на основе суждения лишь одного эксперта. К тому же при индивидуальной оценке условия ее проведения также влияют на повышение уровня требований к эксперту. В особенности это характерно для оценок типа интервью.

Привлечение к экспертизе группы специалистов представляет специфические требования к выбору каждого эксперта.

Весьма типично в этом плане использование метода комиссии, когда группа экспертов систематически собирается для проведения дискуссии за «круглым столом» с целью выработки общей позиции по вопросу о путях будущего развития некоторых объектов. При использовании данного метода имеет место взаимное влияние мнений экспертов, которое при соблюдении

ряда условий может способствовать созданию творческой атмосферы и непрерывному генерированию идей.

Однако факт взаимного влияния мнений экспертов может привести и к нежелательным последствиям. В связи с этим эксперты, участвующие в работе комиссии, должны обладать способностью высказывать мнения, не зависящие от мнений, признанных авторитетов, от мнения большинства, должны уметь отказаться от своего публично высказанного мнения при необходимости выработки нового взгляда на проблему. Такие требования к эксперти, естественно, создают значительные трудности при выборе экспертов для работы в комиссии.

Частичное ослабление этих требований достигается при использовании метода отнесенной оценки [47,48]. В зарубежной литературе этот метод известен под названием *brain storming*, что означает «мозговой штурм» или «мозговая атака» [46,47, 99, 100].

Этот метод предполагает разделение во времени процессов высказывания идей и их критической оценки. Опыт использования этого метода показывает, что его успешное применение связано с выполнением ряда условий. К их числу относятся: недопущение любой критики на стадии генерирования идей; высказывание возможно большего количества идей; обеспечение возможности свободного высказывания разнообразных идей.

Специфические требования к выбору экспертов (в рассматриваемом плане) могут быть предъявлены при проведении экспертной оценки по методу Дельфи, по существу представляющему собой синтез индивидуальных оценок [45,46].

Существенный вклад в решение проблемы выбора экспертов в соответствии с различными требованиями, выдвигаемыми при использовании того или иного вида экспертных оценок, должны внести специалисты в области исследования психологии научного творчества. До последнего времени в психологии не уделялось достаточного внимания этим вопросам, однако в связи с возрастанием роли науки во всех сферах жизни общества вопросы

раскрытия внутренней сущности механизма научного творчества все чаще становятся объектом специальных исследований. Поскольку экспертные оценки представляют собой своеобразную разновидность научного творчества, следует ожидать, что проведение соответствующих исследований в этой области будет способствовать успешному решению проблемы выбора экспертов.

Проблема выбора экспертов имеет два аспекта — выбор отдельного эксперта и выбор группы (коллектива) экспертов. При выборе отдельного эксперта прежде всего должны приниматься во внимание соответствие сферы его компетентности задачам экспертизы, а также уровень квалификации эксперта в рассматриваемой области.

Определение сферы компетентности и уровня квалификации специалиста возможно путем разработки и совершенствования приемов взаимной оценки и самооценки этих свойств специалистов. Приемы самооценки квалификации специалистов должны быть рассчитаны на выработку количественной оценки уровня квалификации и включать прежде всего показатели, характеризующие степень его участия в развитии рассматриваемой области. Анализ такой самооценки должен позволить делать более обоснованные заключения по результатам экспертной оценки, выполненной каждым экспертом.

На выбор группы (коллектива) экспертов оказывают существенное влияние такой фактор, как соответствие суммарной сферы компетентности группы экспертов оцениваемой области.

Во многих случаях игнорирование взаимодействия в коллективах экспертов может являться одной из причин снижения показателей качества работы группы экспертов в целом [56,57].

Экспертная группа является полиэргатической системой, качество функционирования которой определяется характеристиками не только отдельных экспертов, но и коллектива как целого. Качество функционирования

зависит от множества факторов, таких как слаженность коллектива, совместимость его членов, компетентность и так далее.

В зависимости от количества коллективы экспертов могут быть большие и малые, и поведение при этом может иметь существенные изменения. Кроме функциональных (деловых) контактов, возникают неофициальные (эмоциональные), которые оказывают взаимное влияние.

Все это подчеркивает сложность анализа деятельности группы экспертов в АСМ ГХ.

Для коллектива экспертов, если он рассматривается как целое, гораздо сложнее получить количественные характеристики подобные характеристикам одного эксперта, а некоторые характеристики вообще присущи только коллективу и не имеют аналогов для одного эксперта. При анализе деятельности группы экспертов, эффективность работы зависит также от того насколько неформальная структура группы совпадает с формальной [61].

Для установления неформальной структуры группы модель деятельности группы должна обеспечивать, в первую очередь, установление имеющихся группировок, влияние лиц, вносящих в среду общения элементы раздора, неприязни, вражды и так далее.

3.2. Автоматизированное формирование экспертных групп на базе методов взаимной компетенции и диаграмм Вейча

Использование социометрического подхода оказывается более выгодным, по сравнению с методами математического моделирования при комплектовании рабочих экспертных групп из реальных специалистов. Он позволяет без больших материальных затрат получить более точные сведения о характеристиках конкретной группы экспертов.

Суть предлагаемого социометрического подхода, основанного на методах взаимной компетенции и диаграмм Вейча, заключается в том, что членам группы предлагается ответить на ряд вопросов-критериев, направленных на выявление их взаимоотношений, взаимных оценок компетентности личности и поведения при непосредственном общении. Например, в качестве критерия

сотрудничества каждому эксперту может быть задан вопрос: «С кем Вы хотели (не хотели) бы выполнять вместе определенную работу, по экспертной оценке, исследуемого объекта или процесса с учетом компетентности данной личности?»

Данные ответов заносятся в специальную таблицу. Таблица построена таким образом, что все претенденты разбиваются на группы, число которых соответствует будущему количеству экспертов в экспертной группе. Каждая группа претендентов состоит из специалистов определенного профиля, необходимого при социологическом исследовании конкретного объекта или процесса. Из каждой группы в будущем будет отобран только один специалист. Такое построение таблицы связано с ее анализом на основе метода диаграмм Вейча, что дает возможность за конечное число шагов получить одну или несколько экспертных групп с максимальным социометрическим показателем.

Рассмотрим суть данного подхода на примере ответов респондентов, представленных в табл. 3.1.

Здесь рассматривается подбор экспертной группы, состоящей из трех экспертов. В соответствующих клетках этой таблицы представлен результат ответа каждого оператора на поставленный вопрос-критерий. Значение +1 означает положительный выбор, - 1 – отрицательный выбор, 0 – нейтральный (отсутствие выбора). Личная позиция каждого эксперта в системе взаимоотношений может быть количественно описана числом, как сумма оценок отдельных значений соответствующего данному эксперту столбца.

Табл. 3.1. Карта опросов претендентов в экспертную группу.

Члены групп		Эксперты группы x				Эксперт группы y				Эксперт группы z			
		x1	x2	x3	x4	y1	y2	y3	y4	z1	z2	z3	z4
Эксперты группы X	x1	X	X	X	X	0	0	-1	1	1	0	0	1
	x2	X	X	X	X	1	0	0	-1	0	0	-1	1
	x3	X	X	X	X	1	0	0	0	-1	0	0	0

	x4	X	X	X	X	-1	1	0	0	1	1	1	0
Эксперты группы Y	y1	-1	0	0	1	X	X	X	X	1	0	0	1
	y2	1	0	0	0	X	X	X	X	1	-1	0	0
	y3	0	0	1	1	X	X	X	X	1	1	0	0
	y4	1	1	0	0	X	X	X	X	-1	1	0	0
Эксперты группы Z	z1	-1	0	0	0	1	0	0	0	X	X	X	X
	z2	1	0	0	1	0	1	-1	0	X	X	X	X
	z3	1	1	0	0	-1	1	0	0	X	X	X	X
	z4	0	1	1	0	0	0	1	1	X	X	X	X
Σ		2	3	2	3	1	3	-1	1	3	2	0	3

Обобщенный социометрический показатель исследуемой группы претендентов вычисляется по формуле [48]: $A = \sum_{i=1}^n (Ax_i + Ay_i + Az_i)$,

где Ax_i , Ay_i , Az_i – социометрический показатель отдельного эксперта, n – число экспертов в группах x , y , z (может быть произвольным).

Далее, спецификой использования предлагаемого социометрического подхода, в отличие от известных работ [49, 61, 62] является то, что задача состоит в формировании экспертных групп (в рассматриваемом случае четырех), структура взаимоотношений в которых была бы положительной с максимально высоким частным социометрическим показателем R_i , определяемым на основе графического изображения взаимодействий в каждой группе.

Один из примеров такого графического изображения произвольным образом составленных четырех экипажей для групп операторов $x1$ - $y3$ - $z2$; $x2$ - $y1$ - $z1$; $x3$ - $y2$ - $z4$; $x4$ - $y4$ - $z3$ с учетом данных таблицы 3.1. приведен на рис. 3.1.

Количество групп исследуемых специалистов определяется размером экспертной группы, который определяется сложностью исследуемого объекта или процесса, что требует привлечения специалистов для оценки как всего объекта исследования в целом, так и отдельных его характеристик.

Из таблицы 3.1, видно, что обобщенный социометрический показатель исследуемой группы претендентов является положительным ($A=22$) и достаточно высоким, что является признаком хорошей социально-психологической совместимости членов всей исследуемой группы претендентов.

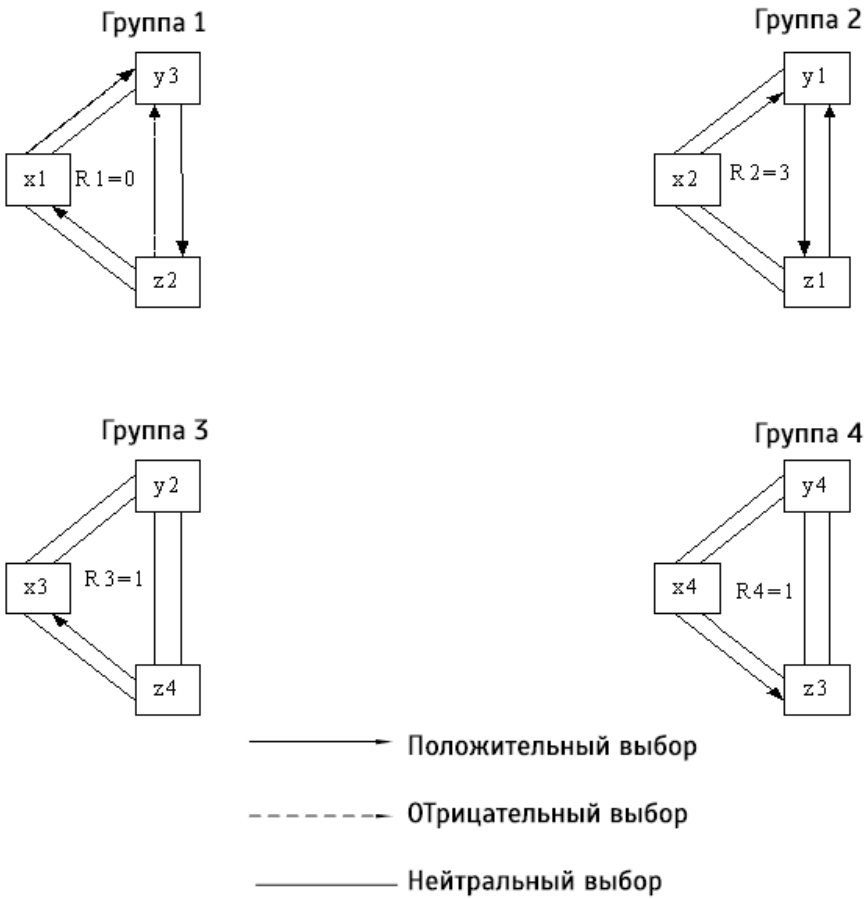


Рис. 3.1. Графическое изображение взаимодействий в группе

Как видно из рис. 3.1 наиболее предпочтительно в указанном ранее смысле выглядит вторая группа, у которой положительные взаимоотношения и достаточно высокий $R_2 = 3$ (в данном случае $R_{\max} = 6$). Наименее предпочтительно выглядит первая группа ($R_1 = 0$ и отрицательные отношения).

Естественно, что такой выбор экспертных групп нежелателен и не является оптимальным.

На примере таблицы 3.1 в рамках предлагаемого социометрического подхода можно показать, не теряя общности результатов, алгоритм решения задачи формирования групп с положительными взаимоотношениями и выбор группы (групп) с $\sum_{i=1}^n R_i \rightarrow \max$.

Легко убедиться, что максимальное число вариантов формирования экспертной группы из экспертов, различных по направлениям оценки групп (например, в рассматриваемом случае — это группа экспертов — х, группа экспертов — у, группа экспертов — z), будет определяться по формуле $N_{var} = n^m$,

где n — число экспертов в каждой из рассматриваемых групп;

m — число членов в каждой экспертной группе.

В частности, для таблицы 3.1. $N_{var} = 64$.

Далее необходимо, во-первых, сформировать из полученного числа N_{var} число наборов $N_{эк}$ экспертных групп из n непересекающихся комбинаций (другими словами один и тот же эксперт не может одновременно входить в несколько экспертных групп) по m экспертов в каждой из экспертных групп, и, во-вторых, выбрать из полученного числа наборов $N_{эк}$ те, которые удовлетворяют оговоренным выше условиям.

Анализ показал, что число таких наборов $N_{эк}$ в общем случае определяется по формуле

$$N_{эк} = \prod_{i=0}^{n-1} (n-i)^{m-1}.$$

В частности, в рассматриваемом примере $N_{эк}=576$.

Использование в данном социометрическом подходе диаграмм Вейча позволяет существенно упростить процедуру формирования из общего числа

наборов NЭК только тех, для которых внутри экспертных групп существуют положительные взаимоотношения и $\sum_{i=1}^n R_i \rightarrow \max$

Суть такого алгоритма состоит в следующем. На основании данных таблицы 3.1 формируются следующие парные матрицы $Y+X+$, $Z+X+$, $Z+Y+$ взаимного опроса (см. рис. 3.2.).

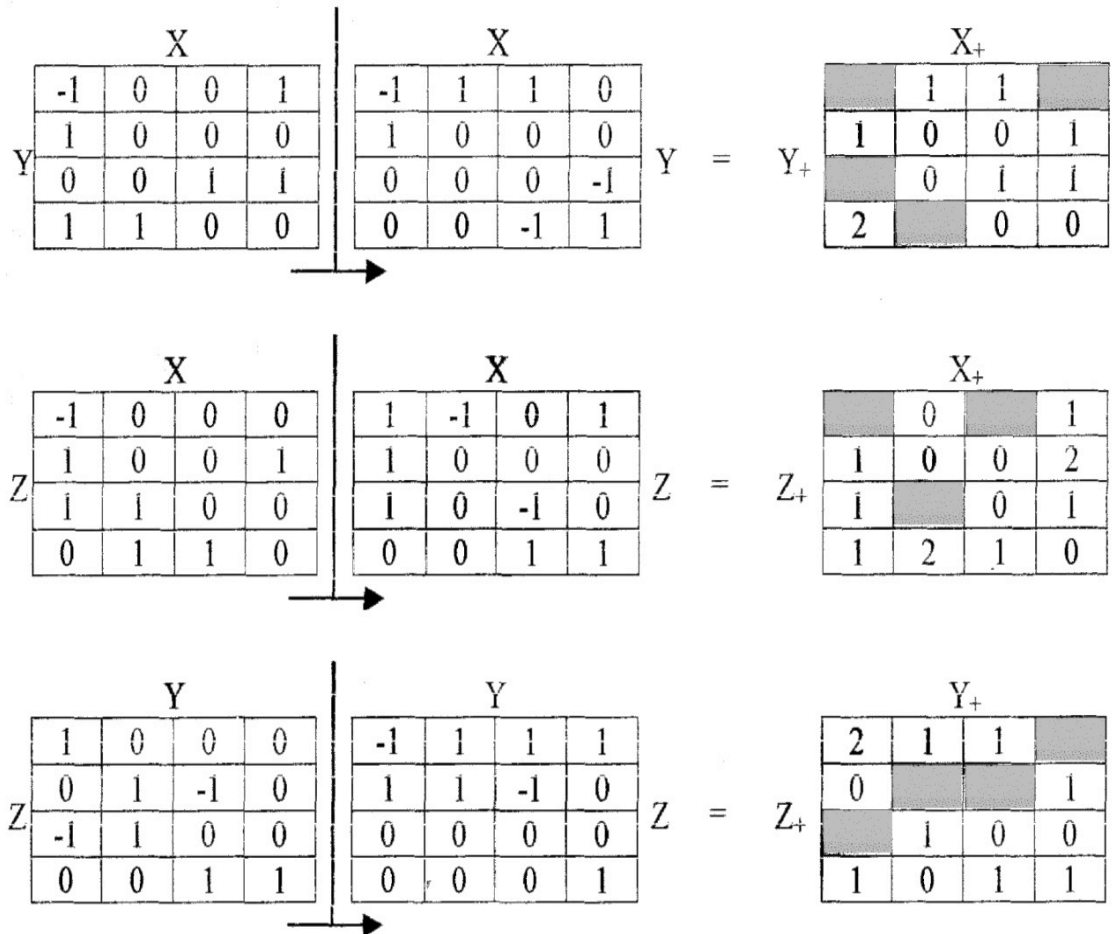


Рис. 3.2. Формирование матриц взаимного опроса

В дальнейшем, комбинации, в которых присутствуют заштрихованные элементы, не рассматриваются. Это существенно упрощает процедуру выбора, так как при отрицательных взаимоотношениях двух членов экспертных групп, любой третий эксперт ничего исправить не может. Эта ситуация соответствует заштрихованным клеткам сводной таблицы комбинаций. В остальных клетках записывается сумма соответствующих элементов матриц $Y+X+$, $Z+X+$, $Z+Y+$ (см. табл. 3.2).

	Y1+				Y2+				Y3+				Y4+			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1																
2																
3																
4																

Табл. 3.3 Укороченная сводная таблица комбинаций X+Y+ Z+

	Y1+			Y2+			Y3+		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1									

3									
4									

Далее рассматриваются все элементы этой строки следующим образом, относительно выбранного элемента вычеркиваются соответствующие строки и столбцы. Сводная матрица примет следующий вид (см. табл. 3.3, которая отображает случай, когда был выбран элемент $z_2x_1y_4$).

В новой укороченной таблице вновь выбирается строка с минимальным числом элементов и просматриваются все элементы этой строки, причем относительно каждого элемента снова вычеркиваются соответствующие строки и столбцы и так далее.

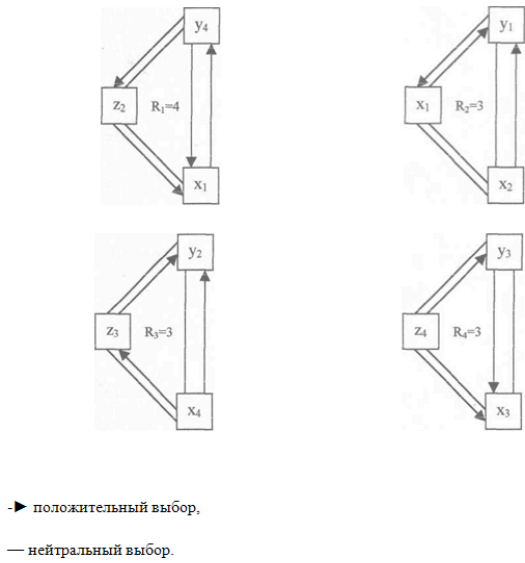


Рис. 3.3 Структура взаимоотношений в экспертных группах

В частности, для данных таблицы 3.1 есть один набор экспертных групп $z_1y_4x_1 - z_1y_1x_2 - z_3y_2x_4 - z_4y_3x_3$ с $\sum_{i=1}^n R_i = 13 = \max$ (структура их взаимоотношений представлена на рис.3.3), несколько, например $z_2y_4x_4 - z_1y_1x_2 - z_3y_2x_1 - z_4y_3x_3$, с $\sum_{i=1}^n R_i = 12$.

Следует отметить, что данный социометрический подход может быть использован и при ответе на целый ряд вопросов-критериев. В этом случае таблицы вида 3.1 налагаются друг на друга с суммированием значений соответствующих клеток каждой таблицы. Далее суммарная таблица обрабатывается указанным выше способом.

Экспериментально установлено [49], что более успешно выполняют задачи экспертной оценки те коллективы экспертов, у которых не только выше социометрический показатель компетентности, но и более высокая степень психологической совместимости.

3.3. Методы и алгоритмы повышения согласованности сформированных экспертных групп.

Важному вопросу применения экспертных оценок – анализу экспертов посвящена работа [50]. Анализируя ограничения, накладываемые на качество результатов экспертизы, такие, как характер наличной информации, неоднозначность истолкования вопросов экспертам, ошибки в выборе экспертов и др., авторы приходят к выводу, что основным условием, определяющим качество результатов сбора информации, является правильное формирование групп опрашиваемых.

В идеальном случае до всех экспертов должна доводиться (и использоваться ими) вся наличная информация (включая и ту, которой обладает каждый из них в отдельности) с тем, чтобы свести до минимума уровень субъективной неопределенности. Особенно важно сообщить экспертам новую для всех из них информацию. Для минимизации влияния ошибок, возникающих вследствие неоднозначности толкования вопросов, целесообразно варьировать форму постановки вопросов.

Экспертные оценки могут считаться достаточно надежными только при условии хорошей согласованности тестовых оценок членов экспертной группы. Поэтому актуальной является задача оценки согласованной работы экспертной группы.

Для обеспечения независимости мнений членов экспертной комиссии они не должны иметь никакой априорной информации о функциях распределений предлагаемых им для оценки тестовых событий.

Для этих событий формируем совокупность числовых выборок $\{x^j\}^j$, $j=1, k$, полученную по высказываниям k экспертов. Обозначим объем j -той выборки через q^j , причем объем выборок может быть одинаковым.

Для полученных выборок, представляющих собой случайную последовательность выдвинем две гипотезы:

$$H^0: F_1(x) = F_2(x) = F_3(x) = \dots = F_k(x); \quad (3.1)$$

$$H^1: F_1(x) \neq F_2(x) \neq F_3(x) \neq \dots \neq F_k(x),$$

где $F^j(x)$ – некоторая функция распределения вероятностей, соответствующая высказываниям j -того эксперта ($j=\bar{1}, k$).

Нулевая гипотеза H^0 (гипотеза однородности) отвечает тому, что исследуемые выборки имеют одинаковые функции распределения и принадлежат одной генеральной совокупности. Иными словами, мнения экспертов являются согласованными. Альтернативная гипотеза H^1 свидетельствует об обратном. Таким образом, метод независимой статистической проверки согласовности мнений заключается в проверке сформулированных выше гипотез H^0 и H^1 на основании сформированных совокупностей независимых априори от эксперта выборок [73, 76].

Для проверки гипотез (1) используем непараметрический k^2 -клеточный χ^2 -критерий Брандта-Снедекора [78, 88, 89].

Для этого по высказываниям экспертов составим таблицу сопряженности признаков (табл.1). Для этого используются два дихотомических фактора (два показателя с ответами «Да» и «Нет» т.е. «+» и «-») и случайные выборки с результатами их измерений.

$$x = \sum_{j=1}^k x^j; \quad q = \sum_{j=1}^k q^j \quad (3.2.)$$

Здесь в таблице \bar{q} - объем всех выборок; q^j - объем отдельной j -той выборки;

x – общее число элементов выборок с признаком «+»;

x^j – частота признака «+» в j -той выборке. Согласно критерия Брандта-Снедекора значение χ^2 - определяется по формуле:

$$\chi^2 = \frac{q^2}{x(q-x)} \left[\sum_{j=1}^k \frac{x_j^2}{q_j} - \frac{\bar{x}^2}{\bar{q}} \right] \quad (3.3.)$$

Нулевая гипотеза H^0 принимается, если значение расчетного χ^2 - меньше табличного $\chi^2_{v_{табл}}$, т.е.

$$\chi^2_{расч} \leq \chi^2_{v_{табл}} \quad (3.4.)$$

где $v = (k-1)$ – число степеней свободы.

Критерий Брандта-Снедекора хорошо работает при $k \geq 3$.

Табл.3.4. Таблица сопряженности признаков

Выборка	Признак		Σ
	«+»	«-»	
1	x^1	$q^1 - x^1$	q^1
2	x^2	$q^2 - x^2$	q^2
...
J	x^j	$q^j - x^j$	q^j
....
k	x^k	$q^k - x^k$	q^k
Σ	\bar{x}	$\bar{q} - \bar{x}$	\bar{q}

В случае, если в составе экспертной комиссии только два эксперта, используем точный критерий Фишера [64,65], значение χ^2 которого вычисляем по формуле:

$$\chi^2 = \frac{\bar{q}[x_1(q_2 - x_2) - (q_1 - x_1)x_2]^2}{q_1 \cdot q_2(x_1 + x_2)[(q_1 - x_1) + (q_2 - x_1)]} \quad (3.5.)$$

где $\bar{q} = q_1 + q_2$.

Как и ранее, для принятия гипотезы однородности H^0 , расчетное значение критерия должно быть меньше табличного при числе степеней свободы равным 1. Таким образом, подтверждение нулевой гипотезы H^0 позволяет сделать вывод о согласованном мнении экспертов (в математическом плане это означает, что исследуемые выборки являются однородными). Если же выполняется альтернативная гипотеза, то необходимо реформировать состав группы экспертов.

При большом числе экспертов предлагается следующий алгоритм реформирования состава экспертной комиссии.

Сгруппируем две совокупности выборок А и В. К совокупности А отнесем выборки со значениями признака «+», число значений которых существенно выше, чем число значений признака «+» остальных выборок, из которых сформируем совокупность В. Теперь проверим две совокупности выборок по критерию Брандта-Снедекора. Если для одной из них выполняется нулевая гипотеза, то группа экспертов формируется на базе этой совокупности. Если же нулевая гипотеза не выполняется ни для одной совокупности необходимо продолжить таким же образом реформирование состава экспертов.

Например, пусть число экспертов $k=6$ и по высказываниям каждого из них сформированы одинаковые выборки $q^j = 120$ общей размерностью значений $\bar{q} = 720$. Далее по результатам выборок произвольно сформируем таблицу сопряженности (Табл. 3.5.)

По формуле Брандта-Снедекора вычислим $\chi^2_{расч}$:

$$\chi^2_{расч} = \frac{720^2}{380 \cdot 340} \left(\frac{82^2}{120} + \frac{82^2}{120} + \frac{46^2}{120} + \frac{50^2}{120} + \frac{86^2}{120} + \frac{36^2}{120} - \frac{380^2}{720} \right) = 19,66$$

Табличное значение согласно [89] при $\nu = 5$ и $\varepsilon = 0,05$ $\chi^2_{табл} = 11,07$

Следовательно, гипотеза H^0 не выполняется, т.е. исходная группа экспертов не однородна.

Разобьем данную группу на две подгруппы:

- подгруппа А: 1,3,5 эксперты
- подгруппа В: 2,4,6 эксперты

Табл. 3.5. Таблица сопряженности признаков

Выборка	Признак		Σ
	«+»	«-»	
1	82	38	120
2	46	74	120
3	80	40	120
4	50	70	120
5	86	34	120
6	36	84	120
Σ	380	340	720

В основу разбиения положено преобладание в группе А экспертов с большим значением признака «+» [62,65].

Теперь согласно указанному выше критерию Брандта-Снедекора проверяем код группы А и В. Легко убедиться, что согласованной окажется в этом случае группа В.

Однако такой алгоритм реформирования группы экспертов является эвристическим и может привести либо к слишком усеченной группе экспертов, либо вообще не иметь решения.

Ниже предлагается алгоритм, связанный с реформированием, экспертной группы на основе коэффициента конкордации [51,52].

Формирование группы экспертов с высоким коэффициентом конкордации (согласия) [51,52] является одной из наиболее сложных и ответственных задач, стоящих перед организаторами экспертизы и требующих особо тщательного рассмотрения. Это связано с опасностью потери оригинальных

суждений эксперта с одной стороны, и с другой – наличием маскирующего эффекта слабых экспертов, что естественно значительно снижает качество экспертизы.

Алгоритм реформирования исходной экспертной группы заключается в следующем:

Шаг 1. Формируется опорное множество экспертов M_0

Шаг 2. Рассчитывается коэффициент конкордации $W(M_0)$ для опорного множества экспертов.

Шаг 3. Строится множество экспертов $M_0(i)$, получающееся из опорного удалением i -того эксперта.

Шаг 4. Рассчитывается коэффициент конкордации $W[M_0(i)]$ для множества $M_0(i)$.

Шаг 5. При выполнении неравенства $|W[M_0(i)] - W(M_0)| \geq \delta$ i – тый эксперт исключается из опорного множества $M_0(i)$.

Шаг 6. Число M'_0 оставшихся в опорном множестве экспертов сравнивают с критическим M_k и при $M'_0 < M_k$ множество M'_0 становится опорным, а i принимает новое значение. После этого переход к шагу 3. В противном случае работа алгоритма закончена. Величина M_k не может быть выбрана формальными методами, ее значение выбирается эвристически в каждом конкретном случае.

Для расчета коэффициента конкордации и оценки его значимости используем алгоритм, предложенный в [53,55]:

Шаг 1. Производится ранжирование оценок данных экспертами и формируется матрица X , где x_{ij} – ранг присвоенный j -м экспертом i -й характеристике.

Шаг 2. Определяется сумма рангов по каждой характеристике, полученная от всех m экспертов $s_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} (i = \overline{1, n})$.

Шаг 3. Вычисляется сумма разностей между членами суммарной ранжировки и членами ряда, составленного из средних значений $a = 0,5m(n+1)$

$$S = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - 0,5m(n+1) \right\}^2$$

Шаг 4. Если в ранжировках присутствуют совпадающие ранги, коэффициент конкордации вычисляется по формуле

$$W = S / \left[\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m \frac{1}{12} \sum_{i=1}^n (t_i^2 - t_i) \right]$$

где t_i - число повторений i -го ранга в j -м ряду. В противном случае коэффициент конкордации вычисляется по формуле

$$W = 12S / m^2 (n^3 - n)$$

Шаг 5. Определяется число степеней свободы $\nu = n - 1$.

Шаг 6. Если в ранжировках присутствуют совпадающие ранги, значение $\chi_{расч.}^2$ вычисляется по формуле

$$\chi_{расч.}^2 = S / \left[\frac{1}{2} mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m \frac{1}{12} \sum_{i=1}^n (t_i^3 - t_i) \right]$$

а в противном случае $\chi_{расч.}^2 = mW(n-1)$

Шаг 7. Для данного числа степеней свободы и уровня доверительной вероятности $p = 1 - \delta$ находим табличное значение $\chi_{табл.}$. Если $\chi_{расч.}^2 > \chi_{табл.}^2$, найденное значение W считаем значимым.

Для повышения эффективности работы согласованной группы экспертов зачастую оказывается целесообразным определение [54,55] рейтинга экспертов с установлением их удельной значимости. В работе [56] предложен метод, основанный на случайных числах.

Для этого введен показатель веса эксперта, понимая под весом относительную способность эксперта отвечать на возможно большее число вопро-

сов. Очевидно, тогда вес каждого эксперта следует определить, как отношение количества вопросов, на которые он может ответить, к сумме количества вопросов, на которые могут ответить все эксперты множества I^0 , может превосходить множество T^0 всех вопросов в случае, если имеет место пересечение областей компетентности экспертов).

Определяем показатели веса для всех n экспертов. В соответствии с полученным распределением показателей веса экспертов $(p_1^0, p_2^0, \dots, p_i^0, \dots, p_n^0)$.

Показатель веса i -го эксперта будет определять, таким образом, по формуле

$$p_i^0 = \frac{|T_i^0|}{\sum_{i=1}^n |T_i^0|}$$

Определяем показатели веса для всех n экспертов. В соответствии с полученным распределением показателей веса экспертов $(p_1^0, p_2^0, \dots, p_i^0, \dots, p_n^0)$ строится датчик случайных чисел, который последовательно выдает номера экспертов. При этом датчик случайных чисел строится так, что вероятность появления на его выходе номера i -го эксперта прямо пропорциональна его показателю веса p_i^0 эксперт, номер которого датчик случайных чисел выдал в первую очередь, исключая из множества I^0 всех экспертов, а из множества T^0 и T_i^0 исключаются те вопросы, по которым данный эксперт может дать заключение. В результате образуются множества I^1, T^1, T_i^1 , с которыми поступаем так же, как с I^0, T^0, T_i^0 . Процесс этот продолжается до тех пор, пока после выбора r – того эксперта множество T^r окажется пустым. В результате образуется группа из r экспертов, которая может ответить на все вопросы множества T^0 . На этом заканчивается первый этап случайного поиска. Затем описанная процедура повторяется. В результате образуется группа из g экспертов, которая может ответить на все вопросы множества T^0 и т. д. При неограниченном числе таких этапов будет найдена минимальная по численности

группа экспертов, способная дать заключение по всем вопросам множества T^0 . Для ограничения числа этапов (с целью окончания процесса решения задачи в приемлемый конечный промежуток времени) целесообразно применение последовательных правил Вальда [57, 58]. Сущность последовательных правил Вальда состоит в том, что решения о последующих действиях принимаются с учетом результатов предыдущих действий. В рассматриваемом случае перед каждым новым этапом датчик случайных чисел должен перестраиваться в соответствии с результатами предыдущих этапов таким образом, что вероятности появления на его выходе номеров экспертов с возможно большими сферами компетентности и меньшей пересеченностью сфер друг с другом должны увеличиваться.

В тех случаях, когда для целей экспертизы достаточно получить ответ (на каждый из ряда вопросов), по крайней мере, одного эксперта и на первый план выступает требование уменьшения затрат средств и времени на организацию и проведение коллективной экспертной оценки, возможно использование некоторых результатов теории графов [60], в частности результатов, полученных при решении задачи об экспертах [57] методом случайного поиска, которая формулируется следующим образом.

Известен набор вопросов, по которым следует получить заключение экспертов. Имеется некоторая совокупность экспертов. Известно также, по каким вопросам может дать заключение каждый эксперт. Необходимо осуществить такой выбор экспертов, чтобы по каждому вопросу можно было получить заключение, по крайней мере, одного эксперта, и чтобы при этом затраты времени или средств на проведение опроса экспертов были минимальны.

Для решения этой задачи можно воспользоваться методом случайного поиска. Введем следующие обозначения: $I^0 = \{1.2.3....,n\}$ - множество всех экспертов;

$T^0 = \{1.2.3....,m\}$ - множество всех вопросов;

T_i^0 - множество вопросов, на которые может ответить i -тый эксперт;

$|T_i^0|$ - число элементов множества T_i^0 .

Положим, что затраты времени или средств на проведение опроса каждого эксперта одинаковы. В этом случае рассматриваемая задача о выборе экспертов сводится к нахождению такого минимального по численности множества экспертов, которое соответствовало бы множеству T^0 всех вопросов, т. е. на каждый вопрос хотя бы один эксперт может дать заключение.

3.4. Выводы

1. На основе системного анализа методов экспертных оценок определены основные проблемы получения эффективных управленческих решений и, в первую очередь, проблема формирования согласованной группы экспертов.
2. Для автоматизированного формирования рабочих групп экспертов предложен новый подход, который основывается на методе взаимной компетенции и методе диаграмм Вейча, что позволяет за конечное количество шагов сформировать одну или несколько групп экспертов с максимальным социометрическим показателем.
3. Для повышения согласованной работы сформированных экспертных групп разработан новый автоматизированный алгоритм, который базируется на статистическом анализе коэффициента конкордации при последовательном исключении из группы одного из «слабых» экспертов.

ГЛАВА 4.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

4.1. Анализ методов экспертных оценок

При наличии в АСМ ГХ проблемных вариантов по улучшению качества управления конкретным СГХ возникают вопросы, связанные с привлечением группы опытных, компетентных специалистов (см. гл.3) для получения экспертных оценок состояния данного СГХ с целью улучшения его деятельности [63,68].

В частности, для решения задач научно-технического прогнозирования развития СГХ широкое распространение получил морфологический метод [64,65,69, 70].

В основе морфологического метода лежит заранее разработанная схема рассмотрения прогнозируемых объектов, предназначенная для выявления возможных вариантов решений некоторой многоаспектной проблемы. При этом выделяются различные типы характеристик анализируемых объектов, их различные свойства с указанием элементов каждого типа.

Затем формируются различные варианты развития анализируемых объектов на основе перебора всех возможных сочетаний характеристик каждого типа. Общее число вариантов может быть определено как произведение ко-

личеств элементов характеристик каждого типа:

$$V = \prod_{i=1}^n r_i,$$

где V — общее число вариантов построения; $i = 1, 2, \dots, n$; n — количество различных типов характеристик; r_i — количество характеристик i -го типа.

В процессе анализа каждого из выделенных вариантов эксперт определяет те из них, которые перспективны с точки зрения достижения определенной цели в будущем.

Кроме морфологического, АСМ с принятием решений могут использовать для экспертизы значительное число различных по уровню эффективности методов и приемов. Такое разнообразие обусловливается спецификой

различных СГХ и разнообразием целей, поставленных перед исследователями, а также возможностью различных подходов к решению экспертных задач.

В основе применения всех методов экспертной оценки лежит гипотеза о наличии у эксперта так называемой «практической мудрости», проницательности, относящейся к определенной области знаний или практической деятельности [71 - 74]. Такое качество обычно в большей или меньшей степени приобретает многими талантливыми людьми в процессе занятий определенным предметом. Это присущее эксперту свойство можно определить, как умение с достаточной степенью достоверности оценить важность и значение некоторой проблемы, перспективность развития, определенного направления исследований, время свершения того или иного события, целесообразность выбора одного из альтернативных путей дальнейшего развития отрасли и т. п.

Применяемые методы экспертной оценки разделяют на два вида—методы индивидуальных и методы коллективных экспертных оценок, которые, в свою очередь, подразделяются на группы. Методы индивидуальных экспертных оценок включают оценки типа интервью и аналитические экспертные оценки. Методы коллективной экспертной оценки включают метод комиссии, метод отнесенной оценки, метод Дельфи и др.

Общими критериальными требованиями для количественных и качественных оценок В АСМ ГХ являются:

- объективность и достаточность исходной информации;
- сравнительный характер оценок, проявляющийся в том, что любая оценка СГХ может быть дана только в сравнении с состоянием, принимаемым за норму, либо с прежним состоянием, либо с состоянием соседней или условно аналогичной территории и т. д.;
- многокритериальный характер оценки, который определяется объективной невозможностью правильно описывать, а тем более корректно оценивать работу СГХ по одному частному или интегральному показателю;

- отбор минимального числа необходимых и достаточных критериев. Минимизация критериев должна осуществляться по единственному признаку — соответствию сути проблемы;

Как указывалось, ранее, сфера применения АСМ ГХ достаточно обширна и разнообразна. Большой интерес представляют вопросы прогнозирования развития субъектов городского хозяйства, в первую очередь производственных систем. В этом смысле представляет интерес работы [72,78], где предложен набор критериев оценки альтернативных проектов различных подсистем перспективной технической системы. К числу таких критериев относятся:

1. стоимость;
2. гибкость;
3. качество;
4. надежность (вероятность отказа);
5. риск нарушения графика разработки подсистемы (из-за возможных срывов поставок и т. д.);
6. технический риск (вероятность того, что вообще не может быть разработана система, удовлетворяющая заданным требованиям).

Рассмотрим применение АСМ ГХ с использованием экспертных оценок на следующих примерах.

Известно, что длительность проектных работ по развитию инфраструктуры СГХ, как правило, носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. В связи с этим можно предположить, что распределение случайных значений времени описывается β -распределением по аналогии с методами сетевого планирования и управления (СПУ) [74,75].

Применение β -распределения позволяет использовать метод трех оценок для основных параметров распределения — среднего, значения математического ожидания и среднеквадратического отклонения. В этом случае

применяются оценки минимально возможной длительности работы T_{\min} , максимально возможной T_{\max} и наиболее вероятной $T_{\text{реал}}$. По этим величинам можно с помощью формул, принятых в системах СПУ, определить ожидаемое значение длительности работ $T_{\text{ож}}$ (математическое ожидание распределения и дисперсию σ^2):

$$T_{\text{exp}} = \frac{T_{\min} + 4T_{\text{реал}} + T_{\max}}{6} \quad (4.1)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{T_{\max} - T_{\min}}{6} \right)^2 \quad (4.2)$$

Следует отметить, что оценки по методу СПУ часто дают занижение величины среднеквадратического отклонения. В связи с этим обработку исходных данных, получаемых от экспертов, целесообразно рассчитывать по

формулам:

$$T_{\text{exp}} = \frac{T_{\min} + 2T_{\text{реал}} + T_{\max}}{4} \quad (4.3)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{T_{\max} - T_{\min}}{4} \right)^2 \quad (4.4)$$

Данные оценки заносятся в таблицу 4.1.

Обработка результатов экспертного оценивания производится в следующей последовательности.

1. Расчет величин T_{exp}^{ij} (i – номер этапа; $i = 1, \bar{n}$, где n – количество этапов, j – условный номер эксперта, $j = 1, \bar{m}$, где m – количество экспертов).
2. Составление сводной таблицы 2. по этапам и всем экспертам.

Табл.4.1. Таблица оценок j – того эксперта

Этапы проекта	Оценки эксперта			Расчетные величины	
	t_{\min}	$t_{\text{реал}}$	t_{\max}	t_{exp}	σ^2

1	T_{\min}^{1j}	$T_{\text{реал}}^{1j}$	T_{\max}^{1j}	T_{exp}^{1j}	σ^{1j}
2	T_{\min}^{2j}	$T_{\text{реал}}^{2j}$	T_{\max}^{2j}	T_{exp}^{2j}	σ^{2j}
....
n	T_{\min}^{nj}	$T_{\text{реал}}^{nj}$	T_{\max}^{nj}	T_{exp}^{nj}	σ^{nj}

Табл.4.2. Сводная таблица оценок

Этапы проекта	Эксперт			
	1	2	m
1	$T_{\text{exp}}^{11} \sigma^{11}$	$T_{\text{exp}}^{12} \sigma^{12}$	$T_{\text{exp}}^{1m} \sigma^{1m}$
2	$T_{\text{exp}}^{21} \sigma^{21}$	$T_{\text{exp}}^{22} \sigma^{22}$	$T_{\text{exp}}^{2m} \sigma^{2m}$
....
n	T_{exp}^{n1}	T_{exp}^{n2}	$T_{\text{exp}}^{nm} \sigma^{nm}$

где T_{exp}^{ij} – усредненное значение длительности i-того этапа проекта;

σ^{ij} среднеквадратичное отклонение.

Определяется усредненное значение длительности каждого этапа проекта путем нахождения средневзвешенного значения по наблюдениям всех экспертов.

$$\bar{T}_{\text{exp}}^i = \sum_{j=1}^m P_{ij} T_{\text{exp}}^{ij} \quad (4.5)$$

где $P_{ij} = \frac{\sigma_{0i}^2}{(\sigma_{ij})^2}$ - весовой коэффициент j-того эксперта при

оценке длительности i – того этапа;

σ_{0i}^2 - постоянная, которая выбирается из условия $\sum_{j=1}^m P_{ij} = 1$,

$$\text{т.е. } \sigma_{0i}^2 = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{(\sigma^{ij})^2}},$$

Проверяется условие $\sum \bar{T}_{\text{exp}}^i \leq T_{\text{зад}}$ и при невыполнении вносятся соответствующие коррективы и проводится следующая итерация.

В качестве следующего примера представляет интерес использование АСМУ ГХ в целях получения количественной комплексной оценки качества продукции [73]. При этом под качеством понимается комплексная характеристика, которая отображает совокупность полезных свойств, относящихся к потребительной стоимости оцениваемого продукта. Для измерения качества используется формула

$$K_p = \sum_{i=1}^n K_i M_i \quad (4.6)$$

где K_p — комплексный критерий качества ($0 \leq K_p \leq 1$); n — количество принимаемых во внимание полезных свойств, относящихся к потребительной стоимости; K_i — количественная оценка каждого i -го полезного свойства ($0 \leq K_i \leq 1$); M_i — весомость (важность) каждого i -го свойства ($0 \leq M_i \leq 1$), причем

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1 \quad (4.7)$$

Сущность процедуры оценки сводится к следующим основным этапам: 1) отбирается ряд однотипных продуктов; 2) составляется перечень полезных свойств; 3) формируется группа экспертов; 4) составляется матрица, столбцы которой обозначают сравниваемые типы (разновидности) продукта, а строки — принятые во внимание полезные свойства продукта. В клетки матрицы заносятся количественные значения оценок соответствующих полезных свойств по отношению к определенным типам продукта. Количественные значения оценок полезных свойств различных типов (разновидностей) продукта, а также весомости (важности) каждого свойства определяются экспер-

тами. Причем каждый эксперт вначале заполняет индивидуально все клетки матрицы так, что оценка 100% назначается тому свойству, которое, по мнению эксперта, имеет абсолютно наилучшее значение среди всех типов (разновидностей) продуктов. Затем эксперты на общем совещании обосновывают свои оценки, после чего каждый эксперт заполняет матрицу заново. Учет каждым экспертом доводов остальных членов группы приводит обычно к увеличению согласованности оценок. Среднеарифметические (по всем экспертам) значения вторичных оценок принимаются в качестве оценок K_i соответствующих полезных свойств. При определении M_i — весомости (важности) i -го свойства — принимается во внимание установленный экспериментальной психологией факт резкого увеличения трудности оценки человеком различных альтернатив в случае, когда количество их превышает 7.

Как видно из приведенных примеров обработка результатов опроса связана с принятием решения [68,69].

Алгоритмы принятия решений с использованием методов экспертной оценки рассматриваются в работах [75 - 80]. При этом подчеркивается необходимость учета различных свойств исследуемых систем, которая в свою очередь приводит к проблеме многокритериальной оптимизации [75,76].

4.2. Обобщенная функционально-структурная модель автоматизированной системы поддержки принятия решений (АСППР)

Обзор АСМУ, проведенный в главе 1, показывает насколько широк диапазон применения таких систем. Отсюда достаточно широк объем и характер используемой в АСМУ ГХ информации. В зависимости от информационной сложности задачи принятия решений, которая определяется мощностью множества альтернатив и ограничений, накладываемых проблемной средой, целесообразно использовать различные компоновки методов и алгоритмов принятия решений.

Информационная сложность имеет два аспекта: «количественный» и «качественный» [80].

Количественная сложность зависит от объема обрабатываемой информации, требуемой скорости обработки (средней и пиковой), ее распределенности в пространстве и т.п. Качественная сложность определяется составом и характером информации, необходимой для успешного решения задачи: числом и разнообразием смысловых аспектов проблемной среды, которые должны отображаться в информационной системе, характером взаимосвязей между компонентами программной системы (ПС), существенных для решения задачи, степенью влияния через эти взаимосвязи результатов решения одних подзадач на пути решения других подзадач, априорной обозримостью ПС и т.п. Задачи, обладающие большой информационной сложностью, называют информационно сложными задачами.

Таким образом, в зависимости от информационной сложности, задачи принятия решений можно разделить на информационно несложные и информационно сложные задачи.

Отсюда предлагаются схемы принятия решений, приведенные на рис. 4.1 и рис. 4.2

Первая схема соответствует информационно несложным задачам, вторая – информационно сложным. Здесь в прямоугольниках приведены исходные данные, а в фигурных стрелках – методы обработки исходных данных. Эти две схемы являются основой для построения обобщенной функционально-структурной модели системы поддержки принятия решений, которая приведена на рис. 4.3.

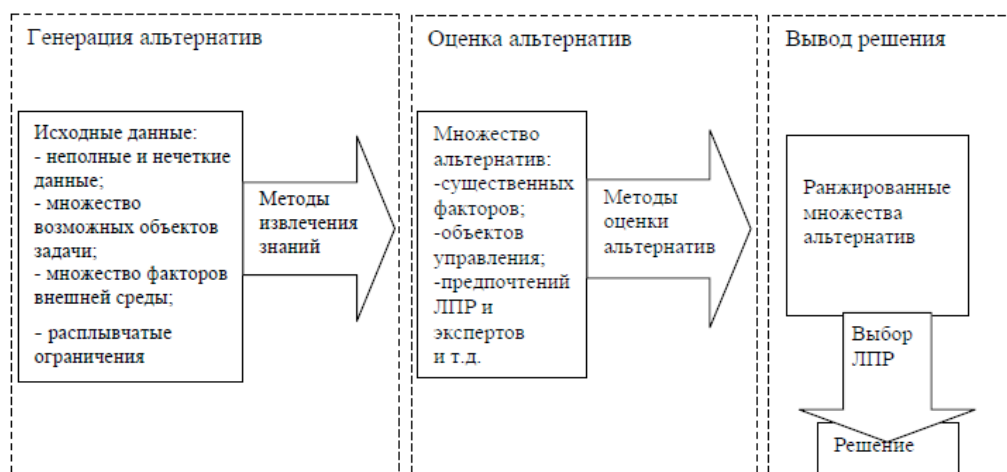


Рис. 4.1 Схема принятия решений для информационно несложных задач принятия решений

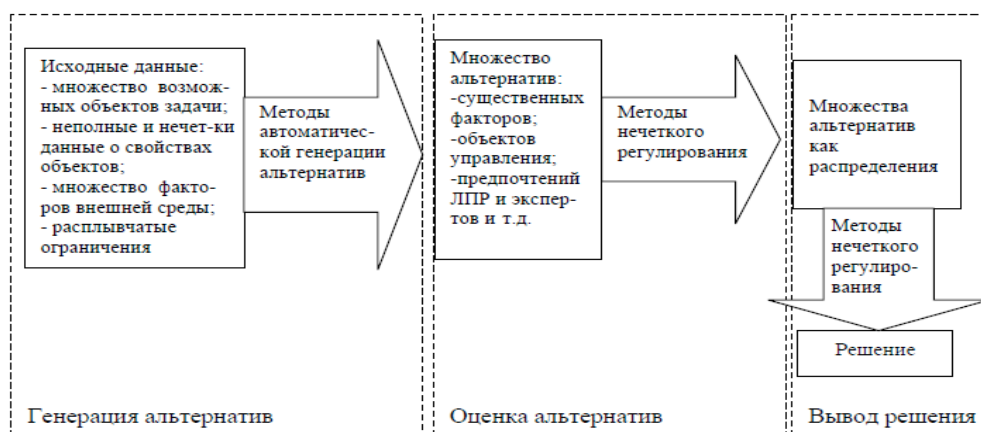


Рис. 4.2 Схема принятия решений для информационно сложных задач

Данная модель включает три этапа решения задачи принятия решений: генерация альтернатив, оценивание альтернатив и вывод решения. В зависимости от информационной сложности выбирается одна из двух схем решения. Данная модель отражает иерархическую структуру системы поддержки принятия решений (СППР).

Построение дерева выполним сверху вниз путем постепенной декомпозиции глобальной функции на функции нижнего уровня. По каждой функции определим подсистему. Тогда модель СППР представляет собой множество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой подсистем, выполняющих самостоятельные и общесистемные функции, связанные с преобразо-

ванием информации. Такая интеграция подсистем в СППР основывается на упорядоченной многоуровневой функционально-структурной вложенности элементов. При этом выход подсистемы верхнего уровня является частью входа подсистемы нижнего уровня.

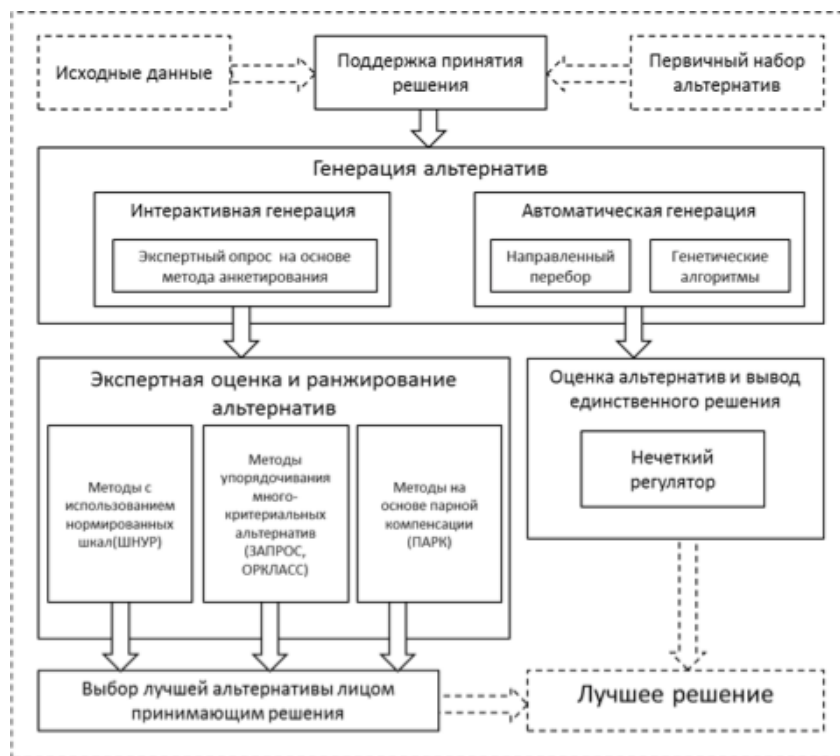


Рис. 4.3 Обобщенная функционально-структурная модель системы поддержки принятия решений

Обобщенная функционально-структурная модель системы поддержки принятия решений состоит из трех основных подсистем: генерация альтернатив, экспертная оценка и ранжирование альтернатив, экспертная оценка и вывод единственного решения. Каждая подсистема также имеет иерархическую структуру и выполняет самостоятельные и общесистемные функции, позволяющие достичь поставленной цели.

На практике при реализации задач принятия решений в зависимости от сложности решаемой задачи реализуется левая или правая схемы модели.

Как правило подсистема интерактивной генерации (экспертный опрос) в АСМУ ГХ реализуется на основе применения метода анкетирования и предназначена либо для формирования, либо первичного набора альтернатив,

либо для его уточнения, либо последовательно используется для того и другого.

Для решения информационно сложных задач подсистема автоматической генерации альтернатив предусматривает на использование эвристик и состоит из двух компонентов: генерация альтернатив-распределений методом направленного перебора и генетических алгоритмов. Первый компонент предназначен для генерации множества альтернатив для задач распределений одних составных объектов по другим и реализуется на основе стратегии направленного перебора. Данная стратегия может быть выполнена на основе управления данными или на базе целевого управления. Распределяемые объекты в задачах принятия решений обладают сложной структурой. Анализ признаков объектов, их классификация и разбиение множества объектов на классы эквивалентностей по отношению принадлежности классу признаков позволяют осуществлять поиск альтернатив внутри классов эквивалентностей, что значительно сокращает полный перебор объектов. Таким образом, организован направленный перебор по управлению данными.

Второй компонент подсистемы автоматической генерации альтернатив реализуется на базе генетических алгоритмов, [81-84].

В соответствии с исходными данными задач принятия решений должны быть сгенерированы следующие типы множеств альтернатив:

- множество факторов, влияющих на систему извне;
- множество ограничений, накладываемых на задачу исследования и принятия решений;
- множество предпочтений лица, принимающего решения, описываемых в виде множества решающих правил;
- множество объектов исследования, характеризующихся набором свойств, которые описываются в виде множеств признаков;

Первичные множества альтернатив должны формироваться аналитиком на основе использования текстологических методов извлечения знаний, а затем

уточняться посредством применения метода экспертного опроса. Напомним, что для формирования множеств альтернатив–распределений следует использовать методы автоматической генерации.

Следующей подсистемой является подсистема оценки сгенерированного множества альтернатив.

К настоящему времени имеется большой выбор методов оценки сгенерированного множества альтернатив и выбора лучших альтернатив. Их в общем случае называют собственно методами принятия решений. Прежде чем выбрать методы, подходящие для класса задач социологического исследования, рассмотрим классификацию методов принятия решений на основе содержания экспертной информации, предложенной в работе [89]. Здесь выделяется четыре класса методов, соответствующих четырем видам экспертной информации:

- экспертная информация не используется;
- информация о предпочтениях на множестве критериев;
- информация о предпочтительности альтернатив;
- информация о предпочтениях на множестве критериев и о последствиях альтернатив.

В первый класс входят все методы, не использующие экспертную информацию. В остальных классах методы различаются по типу экспертной информации.

Во втором классе выделяют три типа экспертной информации, задающейся на множестве критериев: качественная (порядковая) информация, количественная информация о предпочтительности критериев, количественная информация о замещениях. В соответствии с типом экспертной информации выделяют три группы методов. К первой группе относятся лексикографическое упорядочивание, сравнение разностей критериальных оценок, метод приписывания. Вторую группу составляют метод «стоимость–эффективность», методы линейной и нелинейной свертки, методы порогов

несравнимости, методы идеальной точки. В третью группу входят методы кривых безразличия, методы теории ценностей.

В третьем классе методов экспертная информация извлекается парным сравнением альтернатив. Сравнивая альтернативы попарно, эксперты могут давать им количественные или качественные оценки. В соответствии с видом оценивания альтернатив различают две группы методов, входящих в этот класс: методы с количественной и качественной оценкой альтернатив. В первую группу входят методы математического программирования и методы линейной и нелинейной свертки. Вторую группу составляют методы линейной свертки, группового упорядочивания и выделения подмножества объектов.

В третий класс также объединены методы извлечения знаний с экспертной информацией о предпочтительности альтернатив. В него входят такие группы методов, как методы парного сравнения альтернатив и методы ранжирования альтернатив одним или группой экспертов. Они отличаются организацией процедуры экспертного опроса. При применении первой группы методов альтернативы предъявляются эксперту попарно, и он, сравнивая их, отдает предпочтение одной из предъявленных альтернатив. Результаты экспертной оценки обрабатываются методом линейной свертки. Во второй группе методов эксперту предъявляется весь набор альтернатив, и он по своему усмотрению их линейно упорядочивает. В обеих группах методов для упорядочивания альтернатив строятся модели простого линейного упорядочивания альтернатив. Каждой альтернативе a_i сопоставляется определенный интегральный показатель π_i , оценивающий итоги его сравнений с остальными альтернативами, а далее альтернативы просто упорядочиваются по убыванию значений этого ранжирующего фактора. Более сложные модели линейного упорядочивания строятся на основе применения методов группового упорядочивания, выделения подмножества объектов, относящихся к комбинаторно-логическим и теоретико-графовым методам. В них оцениваются по-

казатели не отдельных альтернатив, а всего множества в целом. Упорядочивание осуществляется максимизацией некоторого функционала качества.

В четвертом классе методов эксперты дают информацию о предпочтениях на множестве критериев и о последствиях альтернатив. При этом могут быть следующие типы экспертной информации: отсутствие информации о предпочтениях и количественная информация о последствиях; качественная информация о предпочтениях и количественная информация о последствиях; качественная информация о предпочтениях и последствиях, количественная информация о замещениях и количественных последствиях. В соответствии с типом получаемой экспертной информации выделяются четыре группы методов. К первой группе относится метод принятия решений с дискретной неопределенностью. Ко второй – метод стохастического программирования, методы принятия решений в условиях риска и неопределенности, в условиях глобальных критериев. Третью группу составляют методология практического принятия решений, методы выбора статистически ненадежных решений. Четвертую группу – метод кривых безразличия для принятия решений в условиях риска и неопределенности, методы деревьев решений, декомпозиционные методы теории ожидаемой полезности.

Экспертные методы принятия решений для оценки и выбора альтернатив эффективны при небольшой мощности множества оцениваемых альтернатив (не более 5-10). Для оценки множества альтернатив большой мощности лучше использовать интеллектуальные методы, например, методы нечеткого регулирования, которые позволяют производить автоматическое ранжирование альтернатив на основе решающих правил.

Моделирование нечетких регуляторов основано на использовании нечеткой логики и нечеткого логического вывода, которые позволяют представить систему управления как набор решающих правил. Модель, основанная на нечетком регуляторе, представляет собой таблицу лингвистических правил, непосредственно связывающих входные и выходные переменные. Ранжирование исходного множества альтернатив производится по набору реша-

ющих продукционных правил, описывающих множество требований исходной задачи, согласно следующей схеме нечеткого логического вывода:



Схема нечеткого логического вывода, осуществляемая в нечетком регуляторе, включает в себя следующие операции:

- формирование базы правил системы нечеткого вывода;
- преобразование входных переменных в значения функций принадлежности элементов нечетких множеств входных лингвистических переменных (фаззификация);
- сопоставление значений функций принадлежности различных входных переменных для получения веса каждого правила (агрегация);
- определение выходных нечетких значений от каждого правила (аккумуляция);
- преобразование значений принадлежности выходных переменных в выходное значение (дефаззификация).

Продукционные правила могут быть представлены в виде множества нечетких высказываний \tilde{L} вида:

$$\tilde{L} = (\text{IF}(\alpha_1 \text{ THEN } \beta_1) \text{ AND } \dots \text{ AND } (\beta_1) \alpha_k \text{ THEN}),$$

где α - обобщенная лингвистическая переменная, определенная на множестве входных параметров;

β - обобщенная лингвистическая переменная, определенная на множестве выходных переменных;

k, l – порядок этих переменных.

4.3. Автоматизированная генерация альтернатив с применением модифицированного метода анкетирования.

Организация экспертного опроса с применением метода анкетирования с целью генерации множеств альтернатив складывается из составления анкеты, проведения интерактивного экспертного опроса, теоретико-множественной формализации и формирования окончательного множества альтернатив. Цель применения метода заключается в уточнении первичного множества альтернатив.

Будем считать, что посредством извлечения знаний текстологическими методами формируется первичное семейство множеств альтернатив $A = \{A_i | i = 1, \dots, 4\}$, где n_i – количество исходных элементов множества альтернатив A_i .

Составление анкеты. Для уточнения семейства множеств A необходимо составить анкету. Структура анкеты должна состоять из четырех блоков, соответствующих видам множеств альтернатив, а именно: множество факторов, множество ограничений, множество предпочтений и множество управляющих воздействий. Для уточнения первичных множеств альтернатив, сформированных аналитиком, следует использовать в анкете полужакрытые по форме вопросы. Это позволит эксперту не только отметить обязательные альтернативы, но и дописать отсутствующие, которые, на его взгляд, должны входить в формируемое множество. Таким образом, в каждом блоке должны быть полужакрытые по форме вопросы, касающиеся соответствующих исходных элементов множества A_i . С целью автоматизации процесса генерирования альтернатив предлагается следующая модифицированная процедура

анкетирования. Построение экспертной анкеты и поиск оптимального уровня её сложности проводятся эвристически в два этапа.

На первом этапе руководитель экспертизы отбирает наиболее информативные вопросы, характеризующие объект исследования, выбирает шкалу оценок информативности и дает пример ее использования. При этом анкета должна быть логически обоснованной, соответствовать структуре объекта исследования, допускать только единственное толкование содержащихся в ней вопросов и возможность давать ответы в количественном формате. В качестве математического аппарата для формирования представления вопросно-ответных отношений предлагается применить логику предикатов первого порядка [85].

В общем виде вопрос описывается формулой.

$$(?x_1, \dots, x_n)G(A'', X, R),$$

где A'' , R , X – множества термов вида:

$A'' = \{a_i | a_i$ - предикатные постоянные, определяющие альтернативы ответов;

$i=1, \dots, n$; n – количество альтернативных ответов на вопрос};

$R = \{r_i | r_i$ - предикатные постоянные, определяющие вводимые ответы в открытых

вопросах; $i=1, \dots, n$; n – количество вводимых ответов на открытый вопрос};

$X = \{x_i | x_i$ - предикатные переменные, $i=1, \dots, n$; n – количество предикатных переменных}.

G - пропозициональная форма, содержащая множества предикатных постоянных и переменных.

На втором этапе, благодаря тому, что в одной и той же анкете для оценок разных вопросов могут использоваться разные шкалы, вопросы анкеты объединяются в группы, соответствующие принятым шкалам оценок. В результате анкета представляет собой некоторую иерархическую систему вопросов.

К первой группе относятся частные вопросы, ответы на которые содержат количественную оценку. К числу их относятся

- вопросы относительно количественного значения параметров;
- вопросы оценки степени взаимного влияния факторов и т. п.

Ко второй группе относятся более общие вопросы, ответы на которые содержат оценку приоритета. Примером, может служить вопрос о том, какие условия хранения являются предпочтительными: А, В или С. Эксперт ранжирует $A > B > C$

К третьей группе относятся вопросы общего характера, требующие короткого ответа типа «да – нет». Например, какие элементы из приведенного списка разумнее использовать в рекламе товаров А, В, С, D, E...? Эксперт, отвечает $A \wedge C \wedge E$.

К четвертой группе относятся вопросы, требующие словесного (качественного) ответа в развернутой форме. Они могут делиться на две группы:

- вопросы, ответы на которые содержат информацию об объекте;
- вопросы, требующие аргументирования «за» и «против» содержащегося в них тезиса.

Для облегчения восприятия материала экспертом в анкете должна быть указана форма ответа, шкала оценок и дан пример заполнения

Интерактивный экспертный опрос. Процедура опроса экспертов АСМУ ГХ может быть организована в on-line режиме с использованием Интернет-технологий и единой базы данных первичного множества альтернатив ЕИАС. Это требование объясняется тем, что как только появляется новая альтернатива, она должна быть добавлена в базу данных новых альтернатив и предоставляться остальным экспертам для просмотра и возможного выбора с целью добавления. Это необходимо для того, чтобы наименования новых одинаковых альтернатив совпадали.

Формирование окончательного множества альтернатив. Обозначим множество полузакрытых по форме вопросов блока символом Q, тогда по

каждому i -тому блоку анкеты для j -того эксперта множество альтернатив

определяется формулой
$$\tilde{A}_i = \prod_{j=1}^n A_{ji} \quad (4.8)$$

где i – индекс блока, а $n = |Q|$, j – индекс эксперта.

Объединение результатов анкетирования по всем экспертам производится по формуле
$$\tilde{A} = \prod_{j=1}^m \tilde{A}_j \quad (4.9)$$

где $m = |E|$ – мощность множества экспертов E .

При генерации альтернатив их оценка не осуществляется, так как при оценке альтернатив структура анкеты имеет более сложный характер, поэтому во множество альтернатив записываются все первичные и новые альтернативы, введенные экспертами.

Предложенный метод формирования анкеты – это прежде всего оперирование понятиями и их определенная лингвистическая и логическая взаимосвязь, посредством которых определяется логико- лингвистическая структура анкеты на основе применения методов системного анализа, лежащих в основе применения текстологических методов извлечения знаний.

Основными элементами анкеты являются вопросы и ответы. Под вопросом анкеты понимается концептуально-гипотетическое представление о предмете исследования. По форме вопросы классифицируются на открытые и закрытые. Открытый вопрос оставляет полную свободу эксперту по форме и содержанию ответа. Такой набор называют набором альтернативных ответов.

Исследования показали [85], что на открытый вопрос всегда отвечают примерно в два раза меньше экспертов, чем на закрытый. Этот факт позволяет сделать вывод, что оперирование закрытыми вопросами – единственный путь определения концептуального содержания анкетного вопроса. Ответ на вопрос является как средством подтверждения или не подтверждения (но не опровержения) концептуального знания в случае использования закрытого по форме вопроса, так и средством выработки концептуального знания в слу-

чае использования открытого по форме вопроса. Поиск ответа есть точно такой же процесс, что и поиск концептуального знания вопроса. Иначе говоря, эксперт, для того чтобы ответить на вопрос, должен выработать или сформулировать концептуальное знание. Особенности вопросно-ответных отношений объясняются, прежде всего, тем, что в анкетах контекст вопроса, а соответственно и его содержание, чаще всего представлен в виде специального набора альтернатив. Это определяет и форму ее составления, которая называется закрытой.

Частным случаем закрытого вопроса является полужакрытый вопрос. Полужакрытый вопрос – это такой тип вопроса, где эксперту дается возможность дописать свой ответ, если ни одна из предложенных альтернатив не отражает его мнения.

4.4. Автоматизированный метод экспертного оценивания «ПРО-БА»

Несмотря на широкое использование, методы анкетирования, такие как ПАРК, ЗАПРОС, ОРКЛАСС, ШНУР и др. имеют существенные ограничения [105-110]:

- они предназначены для проблем выбора с 3-5 альтернативами;
- шкалы критериев имеют только вербальные оценки;
- ориентированы на выбор лучшей из группы заданных многокритериальных альтернатив только путём попарного сравнения

В предлагаемом ниже подходе построения экспертной анкеты поиск оптимального уровня сложности анкеты проводится эвристически в два этапа.

На первом этапе руководитель экспертизы отбирает наиболее информативные вопросы, характеризующие объект исследования, выбирает шкалу оценок информативности и дает пример ее использования. При этом анкета должна быть логически обоснованной, соответствовать структуре объекта исследования, допускать только единственное толкование содержащихся в ней вопросов и возможность давать ответы в количественном формате. В ка-

честве математического аппарата для формирования представления вопросно-ответных отношений предлагается применить логику предикатов первого порядка [85,86].

В общем виде вопрос описывается формулой.

$$(? x_1, \dots, x_n)G(A'', X, R),$$

где A'' , R , X – множества термов вида:

$A'' = \{a_i | a_i$ - предикатные постоянные, определяющие альтернативы ответов;

$i=1, \dots, n$; n – количество альтернативных ответов на вопрос};

$R = \{r_i | r_i$ - предикатные постоянные, определяющие вводимые ответы в открытых

вопросах; $i=1, \dots, n$; n – количество вводимых ответов на открытый вопрос};

$X = \{x_i | x_i$ - предикатные переменные, $i=1, \dots, n$; n – количество предикатных переменных}.

G - пропозициональная форма, содержащая множества предикатных постоянных и переменных.

На втором этапе, благодаря тому, что в одной и той же анкете для оценок разных вопросов могут использоваться разные шкалы, вопросы анкеты объединяются в группы, соответствующие принятым шкалам оценок. В результате анкета представляет собой некоторую иерархическую систему вопросов.

К первой группе относятся частные вопросы, ответы на которые содержат количественную оценку. К числу их относятся

- вопросы относительно количественного значения параметров;
- вопросы оценки степени взаимного влияния факторов и т. п.

Ко второй группе относятся более общие вопросы, ответы на которые содержат оценку приоритета. Примером, может служить вопрос о том, какие условия хранения являются предпочтительными: А, В или С. Эксперт ранжирует $A > B > C$

К третьей группе относятся вопросы общего характера, требующие короткого ответа типа «да – нет». Например, какие элементы из приведенного списка разумнее использовать в рекламе товаров А, В, С, D, Е...? Эксперт, отвечает $A \wedge C \wedge E$.

К четвертой группе относятся вопросы, требующие словесного (качественного) ответа в развернутой форме. Они могут делиться на две группы:

- вопросы, ответы на которые содержат информацию об объекте;
- вопросы, требующие аргументирования «за» и «против» содержащегося в них тезиса.

Для облегчения восприятия материала экспертом в анкете должна быть указана форма ответа, шкала оценок и дан пример заполнения

Предлагаемый метод «ПРОБА» (ПРОцедура ОБработки Альтернатив) характерен тем, что осуществляется критериальное оценивание альтернатив, причем по каждому критерию оценивается все множество альтернатив. Кроме того, данная процедура предусматривает то, что экспертом задаются оценки как на лингвистической шкале оценок, так и на количественной шкале с использованием функций полезности.

К основным этапам метода относятся:

- построение системы гипотез-оснований и гипотез-следствий;
- формирование количественных и лингвистических шкал критериев оценок альтернатив;
- составление структуры и заполнение анкеты;
- нормирование шкал критериев оценок альтернатив с использованием функций принадлежности;
- анализ результатов экспертной оценки.

Рассмотрим суть каждого этапа.

Этап 1. Построение системы гипотез-оснований и гипотез-следствий. Перед применением предлагаемой процедуры для данного этапа

предполагается, что аналитиком сформировано первичное множество альтернатив. Мы исходим из предположения (основная гипотеза или гипотеза - основание), что первичное множество альтернатив является решением проблемной ситуации. Основной целью анкетирования (экспертной оценки) является доказательство данной гипотезы.

Принято различать два вида гипотез: гипотезы-основания и гипотезы-следствия. Гипотезы-основания – это исходные теоретические предположения. Доказательство гипотезы-основания осуществляется через доказательство гипотез-следствий. Гипотеза-основание должна быть рассмотрена с разных точек зрения, т.е. должен быть второй уровень гипотезы-основания, из которых затем могут быть выведены гипотезы-следствия.

Таким образом, определяется гипотеза-основание Z , для которой выявляются гипотезы-основания второго уровня Z_1, Z_2, \dots, Z_n . Далее по каждой гипотезе-основанию Z_i выводятся гипотезы-следствия $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}$.

Множество гипотез-оснований второго уровня $\{Z_i\}$ соответствует множеству критериев K , а множество гипотез-следствий $\{z_{ij}\}$ – множеству значений критериев.

Этап 2. Формирование количественных и лингвистических шкал оценок альтернатив. Для каждой гипотезы-основания второго уровня Z_i должна быть построена количественная или лингвистическая шкала измерения гипотезы-следствия $\{z_{ij}\}$, определяющая ответы эксперта количественного или качественного характера (пример лингвистической шкалы приведен на рисунке 4.4). Количественные шкалы характеризуются единицей измерения и диапазоном ее изменения.

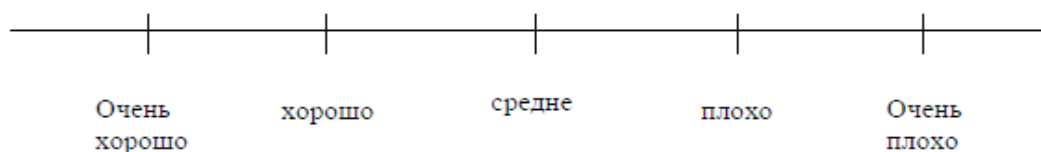


Рис. 4.4 Пример лингвистической шкалы.

Этап 3. Составление структуры и заполнение анкеты. Для составления анкеты согласно предлагаемого в гл. 1 метода сформируем блоки вопросов. Каждому программному вопросу соответствует блок вопросов. В блок вопросов входят атомарные вопросы. Гипотезы-основания Z_1, Z_2, \dots, Z_n преобразуются в программные вопросы: Q_1, Q_2, \dots, Q_n , а гипотезы-следствия $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}$ в атомарные вопросы $q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{im}$ блока Q_i . Тогда каждый вопрос, закрытый по форме, может быть представлен в табличном виде. В строках таблицы (записываются альтернативы $a_i \in AA$, а в столбцах таблицы – значения лингвистической шкалы $V_{ij} = \{v_{i1}, \dots, v_{ik}\}$). Пример заполнения лингвистического шаблона табличного вопроса приведен в табл.4.3

В терминах методологии анкетирования $Z_1, Z_2, \dots, Z_n, \{q_{ij} | i=1..n, j=1..m_i\}$, A составляют систему показателей анкеты, а лингвистические шкалы – шкалы измерений показателей. После составления анкеты производится опрос экспертов. Эксперты оценивают альтернативы по каждому вопросу анкеты. Эксперт проставляет отметку напротив того значения количественной или лингвистической шкалы (столбца), которое, по его мнению, более точно оценивает альтернативу, в противном случае оставляет пустое место.

Табл. 4.3 Пример заполнения лингвистического шаблона табличного вопроса

Вопрос - q_{ij}					
Измерение Альтернативы	Лингвистическая шкала				
	v_{i1}	v_{i2}	v_{i3}	v_{i4}	v_{i5}
	очень хорошо	хорошо	средне	плохо	очень плохо
a_1	√				
...					
a_n			√		

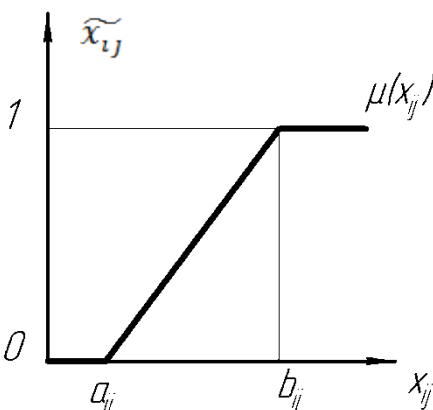
Этап 4. Нормирование шкал критериев оценок альтернатив с использованием функций принадлежности. Пусть признаки, формирующие

альтернативы A_i , содержат как числовые (количественные), так и лингвистические переменные (качественные). При этом каждой переменной ставится в соответствие функция принадлежности. При этом для оценки предпочтений будем использовать универсальную шкалу $[0,1]$. Другими словами, для множества $x \in [0,1]$ и функции принадлежности $\mu: x \rightarrow [0,1]$ нечеткое множество определяется как

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (4.10)$$

Функция принадлежности (4.10) количественно градуирует принадлежность элементов множества альтернатив A , определяется $x \in A$ нечёткому множеству \tilde{A} , с нормированными переменными \tilde{x} . Значение 0 означает, что элемент не включает нечёткое множество, а 1 – элемент полностью описывается данным множеством. Среди наиболее известных и используемых функций принадлежности наиболее удобной и универсальной для рассматриваемых переменных оказывается треугольная функция вида [102,103]:

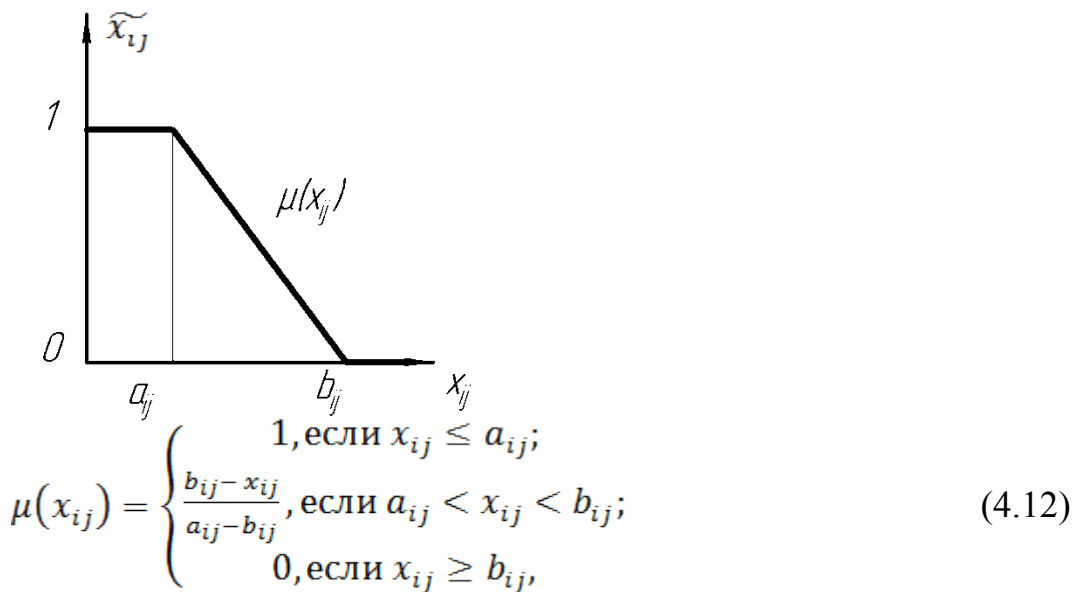
а) для *max – min* шкалы предпочтений A_i альтернативы



$$\mu(x_{ij}) = \begin{cases} 0, \text{ если } x \leq a_{ij}; \\ \frac{x_{ij} - a_{ij}}{b_{ij} - a_{ij}}, \text{ если } a_{ij} < x < b_{ij}; \\ 1, \text{ если } x \geq b_{ij}, \end{cases} \quad (4.11)$$

где $a_{ij} = x_{\min_{ij}}$; $b_{ij} = x_{\max_{ij}}$

б) для $\min - \max$ шкалы предпочтений A_j альтернативы



где $a_{ij} = x_{\min_{ij}}$; $b_{ij} = x_{\max_{ij}}$

Нормирование оценок сравниваемых альтернатив осуществляется на основании формул (4.11) и (4.12). Для этого:

- для всех количественных оценок находится значение \max и \min значения рассматриваемой переменной;
- для всех лингвистических (качественных) оценок определяется максимальный и минимальный номер;
- значения оценок альтернатив по номинальной шкале согласно формулам (4.11) и (4.12).

Этап 5. Анализ результатов экспертной оценки. Значения оценок альтернатив по номинальной шкале согласно формулам (4.11) и (4.12) формируются как:

$$v_{ij}' = \mu(ij) \quad , \quad (4.13)$$

где i – номер альтернативы, j – индекс значения количественной или лингвистической шкалы.

Тогда сумму оценок по s -той альтернативе можно вычислить посредством сложения суммы оценок по каждому j -тому вопросу, которые суммируются по всем вопросам i -того блока и по всем блокам анкеты.

$$r_s = \sum_{S=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k v'_{ij} \quad (4.14)$$

В результате можем сформулировать для исходного множества альтернатив A упорядоченное множество их рангов $R=\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$. Окончательный выбор решения остается за ЛПР. В случае необходимости учета важности отдельного критерия (вопроса) в формулу (4.14) необходимо ввести коэффициенты веса, которые можно определить на основе предложенного автором в главе 2 метода MEIS. Практическое использование данного метода показало идентичность его результатов известным методам ПАРК, ОРК-ЛАСС, ЗАПРОС, ШНУР и др., однако трудоемкость процесса принятия решения предложенного метода существенно ниже.

Покажем практическое использование данной процедуры на следующих примерах.

Как известно, одним из главных факторов повышения уровня подготовки специалистов в высших учебных заведениях Украины является наличие оптимального по качественному составу дисциплин учебного плана конкретной специальности. Помимо обязательных фундаментальных и профориентированных дисциплин в учебный план необходимо ввести специальные дисциплины, направленные на развитие и закрепление знаний, умений и навыков студентов в их будущей профессиональной деятельности. Дисциплины такого учебного плана специальности должны отвечать целому ряду показателей, таких как: важность дисциплины в системе подготовки специалистов данного профиля; содержательность материала дисциплины (научный уровень, глубина изложения); методический уровень изложения (логика размещения материала, ясность изложения) и другие. Это можно сделать с использованием экспертных систем [87] или, в нашем случае, АСМ с принятием решений.

Наиболее предпочтительным для мониторинга и оптимизации такого плана является метод экспертных оценок [87 -89]. В этом случае, оптимальный по качественному составу дисциплин учебный план будет результатом коллективного труда экспертов как в области будущей сферы деятельности студентов данной специальности, так и специалистов высшей школы, обладающих высокой компетентностью в отношении выбранных показателей качества учебных дисциплин.

Поскольку ВУЗы, где есть данная специальность, и специалисты-эксперты данного профиля профессиональной деятельности разбросаны по всей Украине и не всегда есть возможность собрать их в одном месте, целесообразно использовать Интернет для сбора необходимых экспертных оценок(мониторинг) с последующей их обработкой предлагаемым модифицированным методом анкетирования. Цель мониторинга заключается в следующем.

Пусть есть N учебных дисциплин, предлагаемых для включения в учебный план специальности, M - число опрашиваемых через Интернет экспертов, конкретную дисциплину (учебный курс) обозначим через $k_i (i = \overline{1, N})$.

Необходимо выбрать L дисциплин ($L < N$), которые отвечают выбранным показателям качества $J_k (k = \overline{1, Q})$. Стандартный подход к решению данной задачи приводит к некоторой области Парето.

Если построить анкету предложенным в работе методом, то процедура поиска оптимального решения существенно упрощается. Практическое решение данной задачи подробно изложено в работе автора [4]. Приведем еще один пример автоматизированного управления инфраструктурой города, а именно, задачей оптимального выбора места строительства мегамаркета. Автоматически сформированной экспертной группой предложены следующие критерии: цена места, плотность населения в радиусе 1км, наличие конкурентов, инфраструктура связей, количество мест для парковки автомашин, доступность места при помощи общественного транспорта и заметность ме-

гамаркета с ближайшей крупной улицы. Предварительный анализ показал, что имеется четыре возможных места постройки мегамаркета (альтернативы var1 – var4). Экспертные оценки занесены в таблицу 4.4.

Далее применяя автоматизированную процедуру метода «ПРОБА» получаем следующие оценки вариантов: 3.99; 3.165; 4.13; 3.33.

Таким образом, потенциально лучше альтернативой (ПЛА) является альтернатива var.3. Представляет интерес для ЛПР и альтернатива var.1.

Результаты, полученные данным методом совпадают с результатами метода ПАРК, однако здесь существенно уменьшается объем вычислений.

Табл.4.4

	Альтернативы Переменные	var.1.	var.2.	var.3.	var.4.
	Количество мест для автопарковки, тах	400	300	250	150
	Наличие конкурентов, min	1(мало)	5(много)	3(средне)	5(много)
	Плотность населения в радиусе 1 км, тах	200	4500	6000	7000
	Цена места, млн. грн. , min	6	16	12	20
	Поток общественного транспорта, тах	1(низкий)	3(средний)	5(высокий)	7(очень высокий)
	Видимость главной улицы, тах	5(хорошая)	5(хорошая)	3(средняя)	1(плохая)
	Инфраструктура, тах	3(средняя)	3(средняя)	5(хорошая)	7(очень хорошая)

4.5. Алгоритм нечеткого ситуационного управления

В связи с большим количеством неопределенностей и получением количественной и вербальной информации о возникшей ситуации в СГХ целесообразно использовать подход на основе нечеткого ситуационного управления [86,112]. В связи с этим в работе предлагается алгоритм нечеткого ситуационного управления (рис. 4.5).

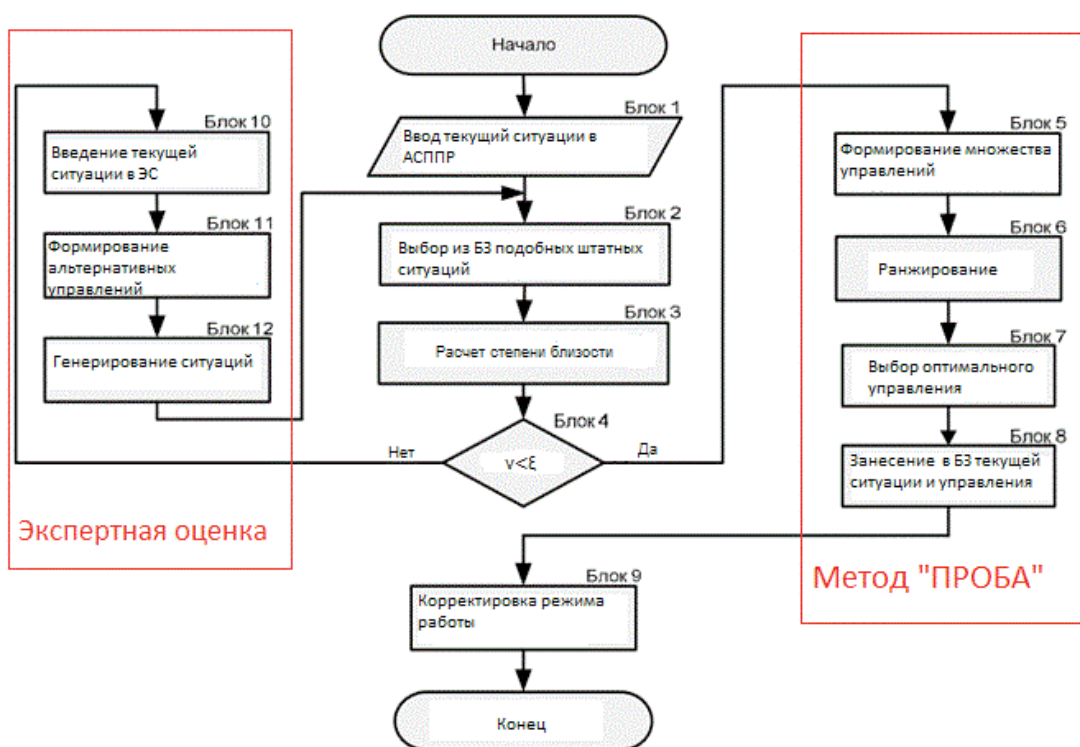


Рис.4.5. Алгоритм нечеткого ситуационного управления

В блоке 1 осуществляется ввод информации о текущей ситуации в СГХ, которая характеризуется множеством факторов. При этом часть факторов вводится в систему автоматически на основании показаний соответствующих средств измерений, а часть – это целевая мониторинговая информация. В самом общем случае информация о текущей ситуации будет характеризоваться как количественными, так и качественными значениями факторов.

В блоке 2 производится сравнение ситуации с множеством эталонных (штатных) ситуаций, находящихся в базе знаний (БЗ) и характеризующихся тем же набором факторов, что и текущая. Таким образом, данный блок позволяет ограничить множество возможных ситуаций, для которых необходимо рассчитать степень близости с текущей ситуацией. Это позволит существенно сократить время работы алгоритма.

В блоке 3 осуществляется расчет степени близости v текущей ситуации и подмножества отобранных эталонных (штатных) ситуаций, отобранных в блоке 2. Результатом расчета блока является значение среднеквадратического отклонения (СКО) v . Определение степени близости нечетких ситуаций

необходимо для обеспечения требуемыми данными алгоритма выбора управляющего решений, функционирующего на основе матриц управляющих решений, хранящихся в базе штатных нечетких ситуаций.

В блоке 4 выполняется сравнение рассчитанной степени близости v с заданной степенью точности ξ , которое дает возможность отобрать наиболее близкие к текущей штатные ситуации.

В блоке 5 осуществляется формирование управлений, соответствующих отобранным в бл.4 ситуациям.

В блоке 6,7 происходит ранжирование по убыванию эффективности управляющих воздействий внутри подмножества отобранных штатных ситуаций и определение оптимальной среди них.

В блоке 8 осуществляется занесение оптимального управления и соответствующей ему ситуации в качестве штатных в БЗ.

В блоке 9 осуществляется корректировка режима работы с учетом сложившейся ситуации и критериев эффективности работы СГХ.

В блоке 10 текущая ситуация помещается в экспертную среду (ЭС) и БЗ.

В блоке 11 у экспертов предметной области или ЛПР запрашиваются возможные управляющие воздействия, которые также помещаются в базу знаний.

В блоке 12 у экспертов предметной области или ЛПР запрашиваются возможные ситуации, к которым может привести выбор того или иного сгенерированного ими управляющего воздействия и также заносятся в базу знаний. На основе метода «ПРОБА» формируются новые штатные ситуации и заносятся в БЗ предметной области данного СГХ.

Данный алгоритм является основой АСППР и базируется на разработанном автором методе «ПРОБА» и автоматизированном генерировании альтернатив управляющих воздействий на основе метода экспертного анкетирования.

4.6. Выводы

1. С учетом многомерности, разнообразия и сложности мониторинговой информации, впервые предложена двухконтурная автоматизированная система поддержки принятия решений АСППР.
2. Исходя из специфики работы АСМУ ГХ для автоматизированной генерации альтернатив предложен модифицированный метод анкетирования, в котором в качестве математического аппарата для формального представления вопросно-ответных отношений предложено использовать логику предикатов первого порядка.
3. Для повышения эффективности автоматизированной обработки данных предложен новый метод экспертного оценивания «ПРОБА», который отличается от известных тем, что по каждому критерию оценивается сразу все множество альтернатив.
4. Разработан оригинальный алгоритм нечеткого ситуационного управления, базирующийся на методе «ПРОБА» и автоматизированном генерировании альтернатив управляющих воздействий на основе метода экспертного анкетирования, что дает возможность управлять СГХ в штатных и нештатных ситуациях в реальном масштабе времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научно-техническая задача – автоматизация процесса управления субъектами городского хозяйства за счет унификации и автоматизации создания математического, информационного и алгоритмического обеспечения АСМ ГХ.

Основные результаты и выводы заключаются в следующем:

1. Анализ процесса управления городским хозяйством показал, что отсутствие автоматизированных систем управления значительно снижает эффективность управления субъектами городским хозяйством.

2. Построение АСМ ГХ на основе единой АИС, в которой аккумулируются все данные о субъектах городского хозяйства, является эффективным инструментом автоматизации процесса управления городским хозяйством.
3. Проведенный сравнительный обзор существующих АСМ показал их главный недостаток, а именно отсутствие комплексного подхода к их проектированию.
4. Построенные для одного класса СГХ на основе аппарата теории массового обслуживания математические и имитационные модели позволили получить в аналитическом виде основные показатели функционирования этих СГХ и определить пути улучшения эффективности их работы.
5. Предложен новый подход автоматизированного восстановления данных бинарных прямоугольных таблиц, построенный на формировании однородных групп источников информации и определении принадлежности источника информации с частично утерянными данными к одной из этих групп, что дает с большой долей вероятности восстановить эти данные.
6. Для анализа источников информации разработан новый метод экспертной оценки, который базируется на принципах иерархичности и парной доминантности, который в отличие от существующих позволяет получить количественную оценку значимости источника информации восстановить утерянную информацию, что важно для повышения эффективности принятых управленческих решений.
7. Для автоматизации процесса формирования рабочих групп экспертов предложен новый подход, который основывается на социометрическом методе взаимной компетенции и методе диаграмм Вейча, что позволяет за конечное количество шагов сформировать одну или несколько групп экспертов с максимальным социометрическим показателем.
8. Для повышения согласованной работы сформированных экспертных групп разработан новый алгоритм, который базируется на статистиче-

ском анализе коэффициента конкордации при последовательном исключении из группы одного из «слабых» экспертов.

9. С учетом многомерности, разнообразия и сложности мониторинговой информации, предложена двухконтурная система поддержки принятия решений, в которой для повышения эффективности принятия управленческих решений предложен новый автоматизированный метод экспертного оценивания «ПРОБА», который отличается от известных тем, что по каждому критерию оценивается сразу все множество альтернатив.
10. Разработан оригинальный алгоритм нечеткого ситуационного управления, базирующийся на методе «ПРОБА» и автоматизированном генерировании альтернатив управляющих воздействий на основе метода экспертного анкетирования, что дает возможность управлять СГХ в штатных и нештатных ситуациях в реальном масштабе времени.
11. Результаты были внедрены в систему Since, которая разрабатывается группой компаний «Рост» и «Фондом качественной политики», в аналитико-исследовательском центре «Институт города», в учебном процессе кафедры технической кибернетики НТУУ КПИ. Результаты внедрения подтверждены соответствующими актами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губський А.М. Комбінація вейвлет – аналізу та генетичного алгоритму для мінімізації похибок глобальної навігаційної системи. – Науковий вісник НЛТУ України. – 2011-Вип. 21.13 – с. 355-362.
2. А. Губський, Я. Ромашкевич, К. Мелкумян, А. Савицький Підсистема обліку електронного методичного забезпечення навчального процесу інститутів і факультетів НТУУ «Київський політехнічний інститут». Матеріали 4-ої науково-практичної конференції «Інноваційні комп'ютерні технології» м.Львів, 20-22 листопада 2012 р. сс.95-99.

3. Стенин С.А., Губский А.Н. Метод независимой статистической проверки согласованной работы экспертной комиссии /в сб. Адаптивные системы автоматизированного управления.Дн-ск.; 2012 г. №21(41) с.100 – 104.
4. Стенин А.А., Мелкумян Е.Ю., Губский А.Н. Оптимизации качественного состава дисциплин учебного плана специальности. – Кировоград. в сб. «Техніка в сільськогосподарстві, галузеве машинобудування, автоматика. » вип. 25 ч. II 2012. – с. 261-265»
5. А.А. Стенин, А.Н. Губский, О.М. Польшакова Экспертная оценка деятельности операторов эргатических систем.-ЗАПОРОЖЬЕ: Межведомственный сборник’’ Радиоэлектроника, информатика, управление-№1, 2013, сс.141-143.
6. А.А. Стенин, А.Н. Губский, С.А. Стенин «Социометрический поход к формированию экспертных групп на основе методов взаимной компетенции и диаграмм Вейча».- в сб.: Проблемы информационных технологий.-Херсонский национальный технический университет.-№2(012).- 2012.-сс.6-10
7. А.А. Стенин, М.М. Ткач, А.Н. Губский, С.А. Стенин Синтез иерархической структуры критериев оценки деятельности операторов сложных технических систем. . –Вісник НТУУ КПІ.-Інформатика та обчислювальна техніка :зб.наук.пр.- К.:Век.-№57.-2012-сс.60-64
8. А. А. Стенин, М. М, Ткач, А. Н. Губский, В. Н. Курбанов Вербальный метод смешанных нечетких оценок в задачах принятия решений. – «Восточно-Европейский журнал передовых технологий» №1\2(67)-2014-сс14-18
9. Стенин А.А. Пасько В.П. Губский А.Н. Каурковская М.А. Построение и анализ систем интернет голосования и регистрации . // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного

- управління». – Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», - 2014. - Вип. 1(24).с.121-128
10. А.Н. Губский, С.А. Стенин, В.М. Корчинский Метод восстановления бинарных данных с пропусками //Системные технологии- Днепр-ск: НМетАУ, ИВК «Системні технології»,№1(96) 2015. – сс. 206-211
 11. А.А. Стенин, М.М. Ткач, В.П. Пасько, А.Н. Губский Автоматизация процесса принятия инновационных решений в социотехнических системах в сб.: Проблемы информационных технологий.-Херсонский национальный технический университет.-№19.-2016.-сс.51-57.
 12. А.А. Стенин, В.П. Пасько, А.Н. Губский, Т.Г. Шемсединов Автоматизация процесса управления городским хозяйством (монография) –К.: Изд-во «Київська політехніка»,2016,130 с.
 13. Научные основы регионального социально-экономического мониторинга / Под ред. Л.В. Ивановского. — СПб.: ИСЭП, 1998. — 237 с.
 14. Основы автоматизованого проектування підземних рудників: навчальний посібник / І.А. Кучерявенко, М.І. Ступнік, М.В. Назаренко, В.О. Колосов, С.О. Попов ; за заг. ред. І.А. Кучерявенка . – Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2015. – 353 с.
 15. Белкина Т.Д. Управление реализацией стратегических планов городского развития // Проблемы прогнозирования. — 2009. — №1. — С. 92–101
 16. Управление в городском хозяйстве. Под ред. Зотова В.Б.-Спб.: Питер.2008.-512с
 17. Валиев Ш.З. Экономика города. Уч. Пособие.-Уфа:.2008.-246 с.
 18. Бешелев С. Л. Гурвич Ф.Г. Математические методы экспертных оценок. Москва: Статистика 1980 г. 263 стр.
 19. Социальная психология / Под редакцией Кузьмина Е. С., Семенова В.Е. Москва: 1979 г. 268 с.
 20. Бронникова Т.С., Чернявский А.Г. Маркетинг. Учебное пособие. – Таганрог. Изд-во ТРТУ, 1999. 110 с.

21. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие. – М.: Изд-во «Март», 2004. 656 с.
22. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора – М.: Наука, 1974. 256 с.
23. Венда В.Ф. Перспективы развития психологической теории обучения операторов// Психологический журнал. 1980-т.4.№ 1.-С.48-63
24. Бродецкий Г.Л. Экономико-математические методы и модели в лингвистике. Потоки событий и системы обслуживания. Учебное пособие. – М.: Изд. Центр «Академия», 2011г. – 272 с.
25. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения М.: Мир, 1967. т. 2-275 с.
26. Хинчин А.Я. Математическая теория стационарной очереди В кн: Математический сборник, М. – 1932, т. 39 с. 73-84.
27. Кокс Д. Смит В. Теория восстановления. – М: Сов. Радио, 1967, 153-288 с.
28. Риордан Дж. Вероятностные системы обслуживания – М.: Связь, 1966, 184 с.
29. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: МЦНМО – 2010. 228 с.
30. Гуц А.К. Фролова Ю.В. Математические методы в социологии М.: ЛКИ – 2007. 216 с.
31. Ключковський Ю. Стабілізація виборчого законодавства – одне із основних завдань сучасної України/ Вісник центральної виборчої комісії – 2008 - № 3(13) – с. 19-23.
32. Глобальні інформаційні системи та технології і моделі ефективного аналізу, опрацювання та захисту даних/ Под ред. В.В. Пасічника – Львів. Видавництво Львівської політехніки 2006, -348с.

33. Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. – М. Машиностроение – 1969.-324с.
34. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. –М. Наука 1964.-402 с.
35. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д., прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных-М.: Финансы и статистика. 1983-472 с.
36. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ – М.: Физматгиз. 1963. 499 с.
37. Боровков А.А. Математическая статистика. М.: Наука. 1984-472 с.
38. Никифоров А.М. Статистический анализ наблюдений со случайными пропусками. V Международная Вильнюсская конференция по теории вероятностей и матстатистике – Вильнюс, 1983-с. 88-89.
39. Р.Дж. А. Литл, Д.Б. Рубин Статистический анализ данных с пропусками. – М.: Финансы и статистика. 1981-336 с.
40. Кокрен У. Методы выборочного исследования. М.: Статистика.-1976. 440 с.
41. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы – СПб: Питер. – 2006 – 958 с.
42. Сущенко С.П. Аналитические модели асинхронных данных процедур управления звеном передачи данных/ Автоматика и вычислительная техника – 1988, - № 2- с 32-40.
43. Глушков В. М. Кибернетика и социальное прогнозирование. «Проблемы мира и социализма».1971, № 1. с.37-42.
44. Исследования по общей теории систем. М.: «Прогресс».1969. 521 с.
45. Киселев Ю. Метод экспертных оценок. - Сб-к. «Экономика и математические методы».1967, № 3.,с. 59-65

46. Бешелев С. Д. Гурвич Ф.Г. «Экспертные оценки». – М.: Наука, 1973. 160 с.
47. Садовский В.Н., Юдин Э.Г. Задачи, методы и приложения общей теории систем. В кн. «Исследования по общей теории систем» М.: «Прогресс».1969.
48. Иорданский Д.И. Метод группового обсуждения с отнесением оценки. В кн. «Всесоюзное совещание» М.: «Прогресс».1969. с.47-48.
49. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах «человек-техника».- М.: Машиностроение. 1983.- 224 с.
50. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем .- Л.: Наука. 1982.- 270 с.
51. Amara R.C., Zipinski A. J. Some views on the use of expert judgement. «Technological Forecasting and Social Change», 1972, 3. p.279-289.
52. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М. Высшая школа, 2004-479 с.
53. Добров Г.М. и др. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. – К.: Наукова Думка, 1974. – 160 с.
54. Зайцев В.С. «Системный анализ операторской деятельности». – М.: Радио и связь. - 1990.-120 с.
55. Goodwin G.A method for evaluation of subsystem alternate designs. «IEEE Transactions of Engineering Management», 1972, 1. p.55-64
56. Колошина Л. А., Дехтяренко В. А. Исследование и формализация процедур коррекции оценок компетентности экспертов. В кн.: VI симпозиум по кибернетике. Сборник докладов, 3. Проблемы коллективных решений и экспертных оценок. Изд. ИК АН ГССР, Тбилиси, 1972
57. Ершов Ю. В., Усовский Д. В. Об одном алгоритме поиска высоко согласованных групп экспертов. В кн.: Материалы по науковедению, 10. «Наукова думка», К., 1970. с.33-40
58. Вальд А. Последовательный анализ. Физматгиз, М., 1960. 328 с.
59. Диксон Дж. Проектирование систем. М.: «Мир», 1969. 440 с.

60. Берж К. Теория графов и ее применения. М.: ИЛ, 1962. 320 с.
61. Черный С.Г., Ходаков Д.В. Разработка информационной системы формирования экспертной группы. – Сб. Вісник СумДУ. Серія технічної науки № 3. 2008.-с.с.93-99.
62. Морено Я.Л. Экспериментальный метод и наука об обществе. – М.: Изд. Академический проект. 2004.-320 с.
63. Марковская И.И. Социометрические методы в психологии. – Челябинск. Изд. ЮУрГУ. 1999-46 с.
64. Орлов А.И. Статистические методы оценивания и проверки гипотез. Межвузовский сборник научных трудов. – Пермь: Изд. Пермского государственного университета. 1990 – с.с. 89-99.
65. Панкова и др. Организация экспертиз и анализ экспертной информации – М.: Наука. 1984. – 120 с.
66. Орлов А.И. Заметки по теории классификации/Социология: методология, методы, математические модели. -1992 – № 2. с.с. 28-50.
67. Саати Т. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
68. Карпов А.В. Психология групповых решений – М.: Юрист.2008.-55 с.
69. Орлов А.И. Современный этап развития экспертных оценок Ч.2. Экспертные оценки в кн. «Организационно- экономическое моделирование».-М: Изд.МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2011. 468 с.
70. Кушниренко А.В. Кулик Е.Н. Использование морфологического анализа в определение факторов управления капитализации компаний в сборнике «Проблемы современной экономики» 2010 №2 (34) с.187-190.
71. Эддоус М. Стэнфилд Р. Методы принятия решений 2009:231с.
72. Кондратьев М.Ю. Ильин В.А. Азбука социального психолога – практика М.: ПЕР СЭ 2007-464с.
73. Бухарин С.В. Экспертные оценки качества и цены товаров – Воронеж: ДОНО (ИММиФ) 2006 -160с.

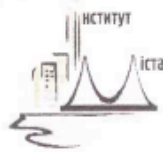
74. Горфан К.Л., Комков Н.И., Миндели Л.Э. Планирование и управление научными исследованиями. «Наука», М., 1971. 74с.
75. Орлов А.И. Организационно экономическое моделирование. 4 II Экспертные оценки М. Издательство МГУ им. Баумана 2011 486с.
76. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений М. Патент. 1996 271с.
77. Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении М. Дело 2004. 400с.
78. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем Санкт-петербург. 2005. 93с.
79. Анфилов В.С. Системный анализ в управлении.- М.: Финансы и статистика. 2002. 368 с.
80. Мартемьянов Ю.Ф. Лазарева Т.Я. Экпертные методы принятия решения Тамбов ТГТУ. 2010. 80с.
81. Кузин Е.С. Информационно сложные задачи и технология их решения// Новости искусственного интеллекта. - №1. – 2003. - С.24-29
82. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., Стереотип. – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 382 с.
83. Применение метода главных компонент для подготовки обучающей выборки нейросети при управлении процессом обогащения на рудообогажительной фабрике / А.А. Жосан, М.В.Назаренко, И.В. Липанчиков // Проблемы современной науки: сборник научных трудов: выпуск 10. Часть 2 – Ставрополь: Логос, 2013. – 53-60 с.
84. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. –320 с.
85. Найханова Л.В., Дамбаева С.В. Вопросно-ответные отношения в методе извлечения знаний «Анкетирование»: Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий. Материалы IV Всерос. науч-тех конф. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. - С. 37-41.

86. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. - Тюмень: Изд-во Тюменского гос. университета, 2000. - 352 с.
87. Нейлор К. Как построить экспертную систему. - М.: Энергоатомиздат, 1991, 286с.
88. Добров Г.М. «Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании». – К.: Наукова думка, 1974.-160 с.
89. Бешелев С.Л., Гурвич Ф. Г. Математические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
90. Стенін О.А.,Тімошин Ю.А., Домаскіна Н.І., Шалабай І.П. Моделі і цільові показники учбового процесу в автоматизованих учбових системах. Адаптивні системи автоматичного управління// Міжвідомчий науково-технічний збірник. - Дніпропетровськ: Системні технології, 2006, вип. 9(29). - стр. 140-147.
91. Кендэл М. Ранговые корреляции. – М.: Статистика. -1975-216 с.
92. Bibier W. Th., Cohen J. W., Jung At. At., Calculation of the Number of First Group-selectors for Telephone Systems Provided with First and Second Concentration Stages, Taking into Account the Internal Blocking, Commun. A'ws, vol. 14, pp. 51—58, J954.
93. Barrer D. Y.t Queueing with impatient Customers and Indifferent Clerks. Operations Research, vol. 5. № 5, 1957. P.650-656.
94. BarrerD. Y., Queueing with Impatient Customers and Ordered Service, Operations Research, vol. 5, pp. 650—656, 1957.
95. Barry J. Y.. A Priority Queueing Problem, Operations Research vol. 4, pp. 385—386, 1956.
96. Bell D. A., Semiconductor Noise as a Queueing Problem, Proc. Phys. Soc. (London), vol. 72, pp. 27—32, 1958.

97. Bell G. E., Theoretical Studies into Air Traffic Congestion, part II, Brit. Ministry of Civil Aviation, Operation Research Sect., ORSiMCA Rept.3, June, 1948.
98. Bell G. E., Operational Research into Air Traffic Control, J. Roy. Aeronaut. Soc., vol. 53, pp. 965—978, 1949.
99. Bell G. E., Barnett D., Young M. A., Bennett D. C. T., Air Traffic Control, J. Inst. Navigation, pp. 211—250, November. 1950.
100. Hinnichs J. Creativity in Industrial Scientific Research. A Critical Survey of Current Opinion. «Theory and Knowledge AMA Management Bulletin», 1961, 12 c.219-220.
101. Meadow A., Parnes S. Evaluation of Training in Creative Problem Solving. «J. of Applied Psychology», 1959, 43, 3, June. P.413-416.
102. Amara R.C., Zipinski A. J. Some views on the use of expert judgement. «Technological Forecasting and Social Change», 1972, №3. P.381-390
103. Goodwin G.A method for evaluation of subsystem alternate designs. «IEEE Transactions of Engineering Management», 1972, №1. P.112-121.
104. Wooden W.H. Navstar Global Positioning System / Wooden, W.H. // :1985, Proceed 1st International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System, Vol.1, edited by Clyde Goad, pp.403-412, U.S. Department of Commerce, Rockville, Maryland
105. Gouldsworthy S.N. High-fidelity model development for navigation warfare simulation studies / Gouldsworthy S.N., Groves P.D. // Wells MM ION. - 2002. – pp. 643-654.
105. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения.-М.: Наука. 1987. 144 с.
106. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений.- М.: Наука, 2006. 181с.
107. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах. М.: Логос. 2002. 392с.

108. Ларичев О.И. Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решения.- М.: Наука. Физматгит, 1996. 208с.
109. Ашихмин И.В. Фуремс Е. М. UniComBos- интеллектуальная СППР для сравнения и выбора многокритериальных объектов // Труды ИСА РАН, 2005, т. 12, с.с. 16-25
110. Новак В. И др. Математические принципы нечёткой логики.- М.: Физматгит. 2006- 352 с.
111. О.Н.Замирец, А.А.Белоцкий Р.В., Артюх Анализ Динамических и стоимостных характеристик производственных процессов с технологической цепью\ В сб.: Компьютерные системы и информационные технологии.- Харьков. ХТУРЭ. №3(51), 2011, с.с.102-107.
112. Melihov A.N. Situacionnye sovetujushhie sistemy s nechetkoj logikoj/ Melihov A.N., Bernshtejn L.S., Korovin S.Ja.. –М.: Nauka, 1990. – 272 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ



Аналітично-дослідницький центр

ІНСТИТУТ МІСТА

Україна, 03142, Київ, вул. Акад. Доброхотова, 17, кв. 175

Тел/факс +38(044) 450 33 01, E-mail: info@cityinstitute.org

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи

ГУБСЬКОГО АНДРІЯ МИКОЛАЙОВИЧА

«Моделі і методи побудови автоматизованої системи моніторингу міського господарства»,

яка представлена на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук

Нами, представниками АДЦ «Інститут міста», Сергієнко О. І. та Байрак Д. О., складено даний акт про те, що в розробках інструментально-програмних засобів соціально-економічного моніторингу суб'єктів міського господарства були використані результати дисертаційної роботи ГУБСЬКОГО А.М., зокрема, імітаційні моделі і методи збору і обробки даних, алгоритми формування груп експертів.

Директор АДЦ «Інститут міста»

О. І. Сергієнко, канд. ф.-м. наук,

Д.О. Байрак, експерт з соціальних досліджень



ЗАТВЕРДЖЕНО

Декан ФІОТ НТУУ

“КПІ ім. Ігора Сікорського”

д.т.н., проф. О. А. Павлов


 12 вересня 2016 р.

АКТ

**про впровадження в навчальний процес результатів дисертаційної роботи
Губського Андрія Миколайовича на тему
«Автоматизація процесу управління міським господарством»**

Комісія у складі:

голови: к.т.н., доц., в. о. завідувача кафедри
технічної кібернетики Ткача М. М.

Членів комісії: к.т.н., доц., доцента кафедри Пасько В. П.;
к.т.н., доц., доцента кафедри Тимошина Ю. А.;
к.т.н., доц., доцента кафедри Савицького А. Й.

склала цей акт про впровадження в навчальний процес лекційних матеріалів та методичних вказівок щодо виконання лабораторних робіт, розроблених Губським А. М. на основі результатів його дисертаційної роботи.

Місце впровадження — Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігора Сікорського”, кафедра технічної кібернетики.

Склад впровадження:

- новий підхід до обробки бінарних прямокутних таблиць з частково втраченими даними застосований у відповідній лекції дисципліни “Системне моделювання”
- Удосконалений метод діаграм Вейча з урахуванням можливостей формування однієї, або декількох груп експертів за скінченну кількість ітерацій представлено і застосовано у лекційному і практичному матеріалі дисципліни “Архітектура комп’ютерних систем”.

Голова комісії

Члени комісії :



к.т.н., доц. Ткач М. М.

к.т.н., доц. Пасько В. П.

к.т.н., доц. Тимошин Ю. А.

к.т.н., доц. Савицький А. Й.

АКТ

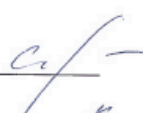
об использовании результатов кандидатской диссертационной работы
Губского Андрея Николаевича

Комиссия в составе: председатель – Алена Сибирякова, члены комиссии: Косовский Виктор, Юваль Шавит составили настоящий акт о том, что отдельные результаты работы «АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ СОЦИАЛЬНОГО ОПРОСА» были использованы в проекте «Since» группы компаний «Рост» в рамках сотрудничества между Губским Андреем Николаевичем и группой компаний «Рост».

В частности, были применены

1. Методы статистического анализа данных с пропусками
2. Метод оценки удельной значимости источников информации, (MEIS)

Председатель комиссии
Алена Сибирякова



Члены комиссии:

1. Косовский Виктор
2. Юваль Шавит



АКТ

об использовании результатов кандидатской диссертационной работы
Губского Андрея Николаевича

Комиссия в составе: председатель – Михаил Минаков, члены комиссии: Александр Бланк, Бурик Дарья составили настоящий акт о том, что отдельные результаты работы «АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ СОЦИАЛЬНОГО ОПРОСА» были использованы в проектах фонда «Качественной политики» в рамках сотрудничества между Губским Андреем Николаевичем и фондом «Качественной политики», среди которых:

1. Социометрический подход к формированию экспертных групп на основе методов взаимной компетенции и диаграмм Вейча.
2. Модели и методы построения системы интернет-выборы.

Председатель комиссии

Михаил Минаков



Члены комиссии:

1. Александр Бланк
2. Дарья Бурик

