

На правах рукописи



**Тощев Александр Сергеевич**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИТ-СЛУЖБЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность 05.13.01 —  
«Системный анализ, управление и обработка информации  
(информатика)»

**Автореферат**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук

Казань — 2016

Работа выполнена в Институте математики и механики (ИММ) им. Н.И. Лобачевского Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ)

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор, засл. деятель науки РТ, зав. кафедрой дифференциальных уравнений ИММ им. Н.И. Лобачевского КФУ  
**Елизаров Александр Михайлович**

Официальные оппоненты: **Кирпичников Александр Петрович**,  
доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РТ,  
Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ-КХТИ),  
заведующий кафедрой интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами

**Райхлин Вадим Абрамович**,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ),  
профессор кафедры компьютерных систем

Ведущая организация: Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН), г. Москва

Защита состоится **DD mmmmmmmm YYYY г. в XX часов** на заседании диссертационного совета Д 212.079.10 на базе КНИТУ-КАИ по адресу: ул. Карла Маркса, 10, Казань, Респ. Татарстан, 420111.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке **Название библиотеки**.

Автореферат разослан **DD mmmmmmmm YYYY года**.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Д 212.079.10, канд. техн. наук

Гаркушенко Владимир Иванович

## **Общая характеристика работы**

**Целью** диссертации является разработка интеллектуальной системы повышения эффективности деятельности ИТ-службы предприятия (ИТ — информационные технологии).

**Область исследования** — разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации в ИТ-отрасли.

**Предметом исследования** является процесс регистрации и устранения проблемных ситуаций, возникающих в ИТ-инфраструктуре предприятия.

**Методы исследования** — теоретические методы: метод идеализации, метод формализации; специальные методы: системное моделирование, системный анализ; экспериментальные методы: метод наблюдений, проведение экспериментов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

1. Провести теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных информационных систем принятия решений в области поддержки информационной инфраструктуры предприятия;
2. Разработать и построить модель проблемно-ориентированной системы управления, принятия решений и оптимизации процесса регистрации, анализа и обработки запросов пользователей в области обслуживания информационной инфраструктуры предприятия;
3. На основе построенной модели разработать архитектуру и создать прототип интеллектуальной вопросно-ответной системы повышения эффективности деятельности ИТ-службы предприятия;
4. Провести апробацию прототипа на тестовых данных.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты теоретико-множественного и теоретико-информационного анализа сложных информационных систем принятия решений в области поддержки ИТ-инфраструктуры предприятия;
2. Построенная модель проблемно-ориентированной системы управления, принятия решений и оптимизации процессов обработки за-

просов пользователей в области обслуживания ИТ-инфраструктуры предприятия;

3. Созданный прототип программной реализации модели проблемно-ориентированной системы управления, принятия решений и оптимизации обработки запросов пользователей в области обслуживания ИТ-инфраструктуры предприятия;
4. Результаты апробации прототипа проблемно-ориентированной системы управления, принятия решений и оптимизации деятельности на контрольных примерах и анализ ее результатов.

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

1. На основе обобщения модели мышления, разработанной М. Мински, создана имитационная модель проблемно-ориентированной системы управления, принятия решений в области обслуживания ИТ-инфраструктуры предприятия;
2. Выполнено исследование возможностей использования моделей мышления применительно к области обслуживания информационной инфраструктуры предприятия;
3. Представлены новая схема данных и оригинальный способ хранения данных для построенной модели мышления, эффективный по сравнению со стандартными способами хранения (такими, как реляционные базы данных);
4. На основе построенного обобщения модели мышления Мински созданы архитектура системы обслуживания информационной инфраструктуры предприятия и программный прототип этой системы.

**Практическая значимость.** Система, разработанная в рамках данной диссертации, носит значимый практический характер. Идея работы зародилась под влиянием производственных проблем в ИТ-отрасли, с которыми автор сталкивался ежедневно в процессе разрешения различных инцидентов, возникающих в деятельности службы технической поддержки ОАО «АйСиЭл КПО-ВС (г. Казань)» — одном из крупнейших системообразующих предприятий ИТ-отрасли Республики Татарстан. Поэтому было необходимо выработать глубокое понимание конкретной предметной области, чтобы выбрать приемлемое решение, получившее практическое применение при организации информационной поддержки ИТ-инфраструктуры конкретного предприятия.

**Достоверность** полученных научных результатов и выработанных практических рекомендаций базируется на корректной постановке общих и частных рассматриваемых задач, использовании известных фундаментальных теоретических положений системного анализа, достаточном объеме данных, использованных при статистическом моделировании, и широком экспериментальном материале, использованном для численных оценок достижимых качественных показателей.

Исследования, проведенные в диссертации, соответствуют паспорту специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации, сопоставление приведено в таблице 1.

Таблица 1 — Сопоставление направлений исследований предусмотренных специальностью 05.13.01, и результатов, полученных в диссертации

<b>Направление исследования</b>	<b>Результат работы</b>
Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации	Разработана модель системы принятия решения и обработки информации в сфере поддержки ИТ-инфраструктуры предприятия
Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов	Разработан прототип Thinking Understanding (TU) системы принятия решений в сфере поддержки ИТ-инфраструктуры предприятия, который был испытан на модельных данных
Методы получения, анализа и обработки экспертной информации	Разработан метод обработки экспертной информации с возможностью обучения при помощи прототипа TU
Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации	Созданы специальные алгоритмы для анализа запросов пользователей и принятия решений

**Таблица 1 – продолжение**

Направление исследования	Результат работы
Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем	Проведен комплексный анализ области поддержки программного обеспечения крупного ИТ-предприятия, с помощью которого построена модель области и выделены направления и возможности оптимизации принятия решений

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались на следующих конференциях:

- Десятая молодежная научная школа-конференция «Лобачевские чтения —2011». Казань, 31 октября – 4 ноября 2011 года;
- Международная конференция "3rd World Conference on Information Technology (WCIT-2012)". Barcelona, 14 – 16 November 2012, Spain;
- II Международная конференция «Искусственный интеллект и естественный язык (AINL-2013)». Санкт-Петербург, 17 – 18 мая 2013 года;
- VI Международная научно-практическая конференция «Электронная Казань 2014». Казань, 22 – 24 апреля 2014 года;
- XVI Всероссийская научная конференция «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL-2014)». Дубна, 13 – 16 октября 2014 года;
- Семинары по программной инженерии "All-Kazan Software Engineering Seminar (AKSES-2015)". Kazan, 9 April 2015;
- Международная конференция "Agents and multi-agent systems: technologies and applications (AMSTA-2015)". Sorrento, 17 – 19 June 2015, Italy.

Практическая апробация результатов работы проводилась на выгрузке инцидентов из системы регистрации запросов службы технической поддержки ИТ-инфраструктуры ОАО «АйСиЭл КПО-ВС (г. Казань)». Созданная система показала требуемые результаты обработки данной информации (процент успешно обработанных запросов составил более чем 30%).

**Личный вклад.** Автор исследовал целевую область: провел анализ запросов пользователей и классифицировал их; построил модель целевой области

и выявил возможности оптимизации. Данные для исследования (выгрузка из систем регистрации запросов пользователей ICL) были получены при помощи Крехова А.В. Совместно с Талановым М.О. автор создал базовую архитектуру системы. Автор разработал компоненты системы, провел испытание системы на экспериментальных данных и отладил ее работу.

**Публикации.** Основные результаты по теме диссертации изложены в 10 печатных изданиях [1–10], из которых статьи [6; 7] проиндексированы в БД Scopus и входят в перечень журналов ВАК РФ, статья [7] также проиндексирована в БД Web of Science, работа [8] опубликована в журнале из перечня ВАК РФ, статья [3] проиндексирована в БД РИНЦ, работы [1–3] опубликованы в материалах международных и всероссийских конференций, статьи [4; 5] опубликованы в международном журнале "International Journal of Synthetic Emotions", входящем в индекс ACM и отмеченном наградой "IGI Global's Seventh Annual Excellence in Research Journal Awards".

## Содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность исследований, проведенных в рамках диссертации; даны общая характеристика работы и анализ исследований в области обслуживания информационной инфраструктуры предприятия; проведен обзор и дана постановка задач, на основе выявленного роста публикационной активности в рассматриваемой предметной области (по данным Scopus) обоснована актуальность проведенных исследований.

Область исследования, с которой связана диссертация, является комплексной и включает в себя различные направления работ, в частности, создания различных интеллектуальных систем. Сфера применения интеллектуальных систем обширна, например, в Институте Чиная (Индия) Е. Джубилсоном и П. Дханавантини ведутся исследования интеллектуальных систем обработки запросов пользователей в области телекоммуникаций, а в университете Ганновера (Германия) Р. Брунс и Дж. Данкель разрабатывают интеллектуальные системы для обработки запросов в службу спасения с целью уменьшения времени реакции на происшествие. В Санкт-Петербургском государственном университете под руководством В.И. Золотарева проводится оценка эффективности службы информационной поддержки в Вычислительном центре СПбГУ. В Сингапуре С. Фу и П. Леонг проведен анализ эффективности ИТ-службы под-

держки крупной компании и показана возможность автоматизации ряда процессов.

Исследования в области интеллектуальных систем повышения эффективности ИТ-службы предприятия ведутся также лидерами отрасли: компаниями HP <sup>1</sup> и IBM <sup>2</sup>. Например, известна многоцелевая интеллектуальная система IBM Watson, разработкой и исследованием которой занимается группа под руководством профессора А. Гоэля.

Еще одно из направлений исследований в области обработки естественного языка составляет подход GATE <sup>3</sup>, который активно развивается в университете Шеффилда (Великобритания) под руководством Г. Каллаган, Л. Моффат и С. Саз. Другое направление — это семантический поиск, исследования в этой области также активно ведутся в университете Шеффилда, в частности, выработан подход "Mimir", который реализует возможности поиска по принципу «поиск и открытие». Для организации поиска решений в соответствии с запросами пользователей в таких системах используются онтологии, например, широко применяется подход, предложенный С. Дей и А. Джеймс из Калифорнийского университета (США), основанный на применении деревьев тегов в онтологии.

Для придания интеллектуальной системе гибкости необходимо дать ей возможность проводить логические рассуждения. Одной из ведущих организаций в этом направлении исследований является консорциум OpenCog <sup>4</sup> (США). Этими работами руководит Бен Герцель (председатель Artificial General Intelligence Society и OpenCog Foundation) — один из мировых лидеров в области искусственного интеллекта. Исследования в области машинной логики также ведутся в рамках проекта NARS <sup>5</sup> под руководством профессора университета Темппа (США) Пея Вонга.

Во введении описана также модель теории массового обслуживания для служб, занимающихся устранением проблемных ситуаций, возникающих в ИТ-инфраструктуре предприятия. На Рисунке 1 представлена эта модель.

Здесь  $\lambda$  — интенсивность входящего потока;  $\alpha$  — доля заявок, для которых время в очереди превышает  $T_{qmax}$ ;  $\mu$  — величина, обратная среднему

---

<sup>1</sup>Проект [https://en.wikipedia.org/wiki/HP\\_OpenView](https://en.wikipedia.org/wiki/HP_OpenView)

<sup>2</sup>Проект <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/>

<sup>3</sup>Проект <https://gate.ac.uk/>

<sup>4</sup>Проект <http://opencog.org/>

<sup>5</sup>Проект <https://sites.google.com/site/narswang/>



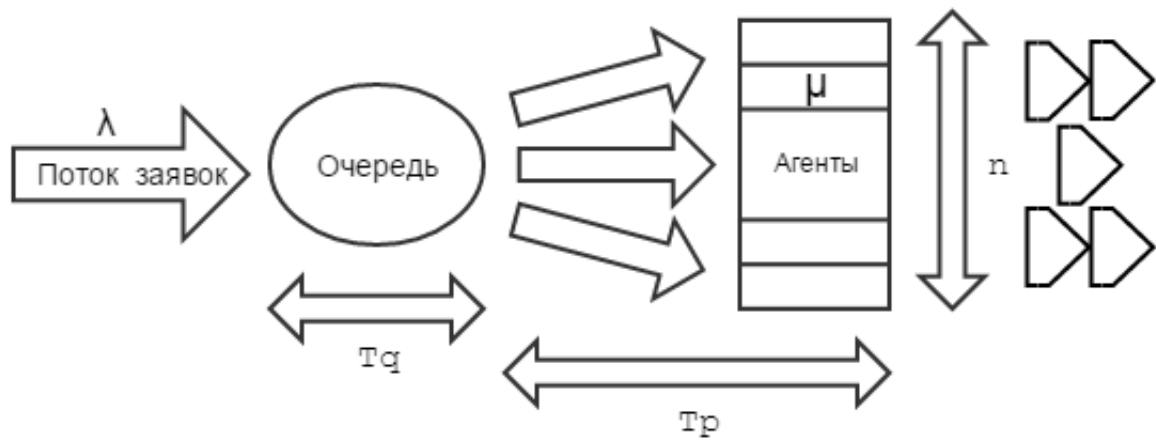


Рис. 1 — Модель системы массового обслуживания в ИТ.

времени нахождения заявки у агента;  $n$  — число агентов;  $T_q$  — время нахождение заявки в очереди в часах;  $T_{qmax}$  — максимально допустимое время ожидания;  $SLA$  — уровень обслуживания  $(1-\alpha)$ , доля заявок, для которых время в очереди не превышает  $T_{qmax}$ .  $T_p$  — время удовлетворения заявки;  $\alpha_n$  — количество заявок;  $T_{qp} = T_q + T_p$  — время прохождения заявки через систему;  $S(\mu) = \frac{R_p}{\mu}$  — средняя стоимость выполнения одной заявки;  $R_p$  — средняя стоимость часа работы специалиста (выводится далее).

Существует несколько методов решения задачи ТМО:

- Аналитическое решение для простейших систем, которое позволяет выразить  $T_q(t)$  через  $\lambda$ ,  $\mu$  и  $n$ ;
- Для более сложных систем, где вводятся дополнительные параметры: приоритеты заявок, последовательная эскалация инцидентов и т. д., строится гистограмма  $T_q(t)$ , по которой оценивается достаточность  $n$  для обеспечения  $SLA$  (имитационный подход);
- Для систем с достаточно большим  $n$  возможно оценить  $T_q(t)$  по имеющейся статистике (эконометрический подход).

В данной диссертации ставится задача  $\min T_{qp}$ ,  $\min S(\mu)$  и динамического выделения ресурсов. На основе статистики, собранной в компании ОАО «Ай-СиЭл КПО-ВС (г. Казань)» был подсчитан следующий коэффициент  $T_{qp} = 47,9$  при  $n = 6$ ;  $SLA = 0,82$ ;  $\alpha = 0,18$ ;  $\alpha_n = 2920$ . Для анализа потока заявок в данном случае лучше использовать имитационный подход, так как  $n$  слишком мало.

**Первая глава** диссертации посвящена обзору интеллектуальных систем регистрации и анализа проблемных ситуаций, возникающих в ИТ-

инфраструктуре предприятия. Здесь представлен сравнительный анализ систем регистрации и устранения проблемных ситуаций; определены основные требования к интеллектуальным системам регистрации и анализа проблемных ситуаций в ИТ-сфере. Одним из важных элементов подобных систем является обработка естественного языка, поэтому в данной главе представлен сравнительный анализ методов и программных комплексов обработки текстов.

При проведении анализа были использованы следующие средства обработки естественного языка: Open NLP<sup>6</sup>, Relex<sup>7</sup>, StanfordParser<sup>8</sup>. Оценка качества функционирования этих средств проводилась при помощи метрик, представленных в таблице 2, а полученные результаты приведены на рисунке 2. Как видно, максимальный результат по всем трем метрикам показала система Relex, она и была выбрана в качестве основного средства обработки естественного языка.

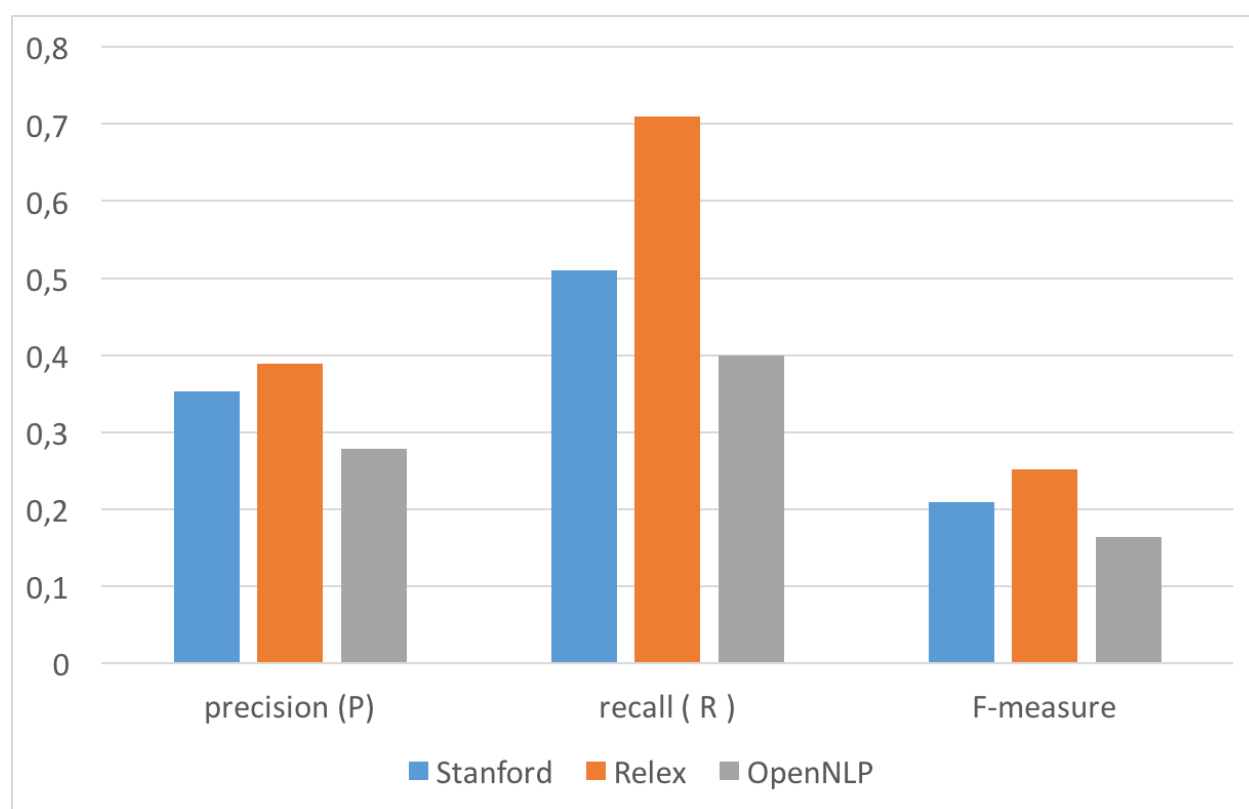


Рис. 2 — Результаты анализа средств обработки естественного языка

<sup>6</sup>Проект <http://opennlp.apache.org>

<sup>7</sup>Проект <http://opencog.org>

<sup>8</sup>Проект <http://nlp.stanford.edu/software/lex-parser.shtml>

Таблица 2 — Таблица метрик

Метрика	Описание	Формула
Precision	Точность	$P = \frac{tp}{tp + fp},$ <p>где P — precision, tp — количество успешно обработанных слов, fp — количество ложно успешно обработанных слов</p>
Recall	Чувствительность	$R = \frac{tp}{tp + fn},$ <p>где R — recall, tp — количество успешно обработанных слов, fn — количество ложно успешно обработанных слов</p>
F	F — measure (результативность)	$F = \frac{P * R}{P + R},$ <p>где P — precision, R — recall.</p>

Кроме того, в главе 1 проведен анализ существующих программных систем автоматизации в области поддержки информационной инфраструктуры предприятия: HP Open View<sup>9</sup>, ServiceNOW<sup>10</sup>, IBM Watson<sup>11</sup>. Установлено, что все рассмотренные системы не соответствуют полному набору необходимых требований, приведенных во введении. Таблица 3 содержит сводные данные по рассмотренным системам — указаны наличие или отсутствие у них той или иной функции. Как видно, ни одно из рассмотренных решений не способно проводить логические рассуждения. Наиболее развитой на сегодняшний день программной системой является комплекс IBM Watson.

Таблица 3 — Сравнительный анализ существующих программных систем.

Сравнительный пункт	HP Open View	ServiceNOW	IBM Watson
Мониторинг	Да	Да	Да

<sup>9</sup>[https://ru.wikipedia.org/wiki/HP\\_OpenView](https://ru.wikipedia.org/wiki/HP_OpenView)

<sup>10</sup><http://www.servicenow.com/>

<sup>11</sup><http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/>

**Таблица 3 – продолжение**

<b>Сравнительный пункт</b>	<b>HP Open View</b>	<b>ServiceNOW</b>	<b>IBM Watson</b>
Регистрация инцидентов	Да	Да	Да
Управление системами	Да	Нет	Нет
Создание цепи обработки (Workflow) инцидента	Да	Да	Нет
Понимание и формализация запросов на естественном языке	Нет	Нет	Да
Поиск решений	Нет	Нет	Да
Применение решений	Нет	Нет	Нет
Обучение	Нет	Нет	Да
Умение проводить логические рассуждения: генерализацию, специализацию, синонимичный поиск	Нет	Нет	Нет

**Вторая глава** посвящена построению модели интеллектуальной системы принятия решений для регистрации и анализа проблемных ситуаций в ИТ-инфраструктуре предприятия. Рассмотрены три принципиальных подхода к решению проблемы:

- модель Menta 0.1, построенная с использованием деревьев принятия решений;
- модель Menta 0.3, построенная с использованием генетических алгоритмов;
- модель TU 1.0, основанная на модели мышления Марвина Мински.

Отметим, что модель, построенная на базе нейронных сетей (поддерживающая обучение), была отброшена на предварительной стадии оценки, так как она предъявляет большие требования к производительности, что в свою очередь порождает высокую стоимость. Далее каждая модель описана подробно.

**Модель Menta 0.1, построенная с использованием деревьев принятия решений**, была одной из первых, которая была опробована. При построе-

нии модели использованы следующие компоненты: обработка запросов на естественном языке; поиск решения; применение решения.

Система ориентирована на выполнение простых команд, например, «добавить поле в форму». В целом работа системы описывается следующим алгоритмом:

1. получение и формализация запроса;
2. поиск решения при помощи деревьев принятия решений;
3. изменение модели приложения в формате OWL;
4. генерация и компиляция приложения.

В результате экспериментов было выявлено отсутствие устойчивости к ошибкам входной информации: грамматическим и содержательным. Например, входной файл не имел отношения к программной системе, модель которой была в базе знаний в формате OWL; система поиска решения работала только в рамках модели одной программы; отсутствовала функция обучения.

**Модель Menta 0.3, построенная с использованием генетических алгоритмов.** В данную модель по сравнению с предыдущей были добавлены модуль логики для оценки решения и модуль генетических алгоритмов для генерации решения. В рамках модели Menta 0.3 были отработаны следующие основные компоненты будущей итоговой модели: критерии приемки (Acceptance Criteria); How-To — для хранения решений проанализированных проблем; формат данных OWL; использование логических вычислений для проверки решения. Система Menta 0.3 содержала внутри себя модель целевого приложения (как и Menta 0.1) и список решений тех или иных проблем (How-To), найденных ранее. При помощи генетического алгоритма модель строила решение, проверяла его при помощи логического движка NARS<sup>12</sup> на соответствие входным критериям приемки. С точки зрения генетических алгоритмов, это — функция отбора особей из поколения.

В результате проведения экспериментов были выявлены следующие проблемы: отсутствие обучения; отсутствие обработки естественного языка; после апробации оказалось, что критерии приемки практически описывают необходимое решение (то, которое должно быть найдено), что являлось недопустимым.

---

<sup>12</sup><http://www.cogsci.indiana.edu/farg/peiwang/papers.html>

**Модель TU 1.0, основанная на модели мышления Марвина Мински,** была построена с применением известной теории Марвина Мински<sup>13</sup>, сохранила следующие основные концептуальные элементы предыдущих моделей и показала свою состоятельность на контрольных примерах: Acceptance Criteria; обучение; поиск и применение решения; отсутствие обработки естественного языка. Данная модель является более универсальной и представляет собой верхнеуровневую архитектуру обработки запроса (мышления), где компонентами являются лучшие по функциональности компоненты предыдущих систем. Реализованная модель названа TU (от англ. "Thinking Understanding" — «мышление и понимание»).

Одним из основных компонентов системы TU является триплет Критик – Селектор – Образ мышления (далее  $T^3$ ), схематичное изображение которого представлено на рисунке 3. Критик реагирует, Селектор выбирает ресурс, Образ мышления выполняет работу.



Рис. 3 —  $T^3$

*Критик (Critic)* представляет собой определенный переключатель: внешние обстоятельства, события или иное воздействие. Например, «включился свет, и зрачки сузились», «обожглись и одернули руку». Критик активируется только тогда, когда для этого достаточно обстоятельств. Одновременно может активироваться несколько критиков. Например, человек решает сложную задачу, идет активация множества критиков: выполнить расчет, уточнить технические детали. Кроме того, параллельно может активироваться критик контроля уровня загруженности, сообщающий о необходимости отдыха.

*Селектор (Selector)* занимается выбором необходимых ресурсов, которыми, например, могут быть: критик, образ мышления.

<sup>13</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Emotion\\_Machine](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Emotion_Machine)

*Образ мышления (WayToThink)* — это способ решения проблемы. Он может быть сложным и, например, может активировать других критиков. Так, размышляя над проблемой, специалист понимает, что нужно произвести полный перебор, и тут он решает поискать готовое решение: может быть кто-то уже сделал такой перебор, и можно будет его использовать. Здесь «поиск готового решения» является критиком внутри образа мышления «поиск решения».

На рисунке 4 представлена расширенная модель работы  $T^3$ . Критик активирует селектор, который возвращает ресурс образ мышления (кругами отмечены различные ресурсы: критики, селекторы, образы мышления и т. д.). Последний в свою очередь может активировать нового критика или же совершить определенные действия. Например, появилась проблема, связанная с отсутствием доступа, значит, нужно запустить служебную программу для предоставления прав пользователю. Под ресурсами здесь понимается набор знаний из базы знаний: критики, селекторы, образы мышления, готовые решения.

Если активировалось много критиков, то проблему нужно уточнить, иначе степень неопределенности будет слишком высокой. Если проблема очень похожа на уже проанализированную, то можно действовать и судить по аналогии.

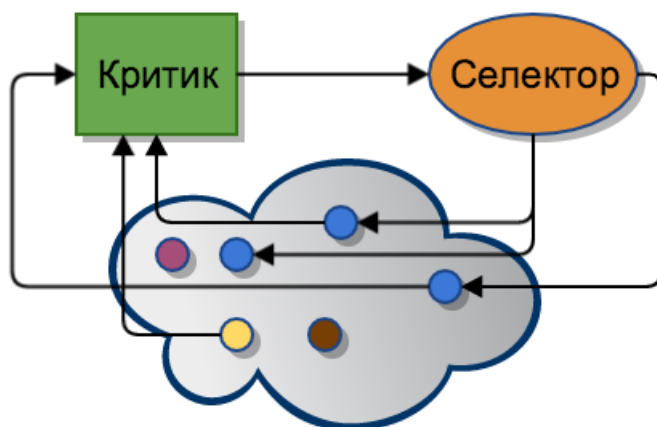


Рис. 4 —  $T^3$  в разрезе ресурсов

Другой важной концепцией теории Мински являются уровни мышления. Эта концепция распределяет активность мышления между 6-ю уровнями: чем выше уровень, тем сильнее активность. В Таблице 4 представлено описание уровней мышления с примерами.

На этом исследование моделей мышлений было завершено и были сделаны выводы, основные из которых состоят в следующем.

Таблица 4 — Описание шести уровней мышления, заложенных в модель Мински

Уровень	Описание
Инстинктивный уровень	Происходят инстинктивные реакции (врожденные). Например, коленный рефлекс. Общую формулу для этого уровня можно выразить как «если ..., то сделать так»
Уровень обученных реакций	Используются накопленные знания, то есть те знания, которым человек обучается в течение жизни. Например, переходить дорогу на зеленый свет. Общую формулу для этого уровня можно описать как «если ..., то сделать так»
Уровень рассуждений	Мышление с использованием рассуждений. Например, если перебежать дорогу на зеленый свет, то можно успеть вовремя. На данном уровне сравниваются последствия нескольких решений и выбирается оптимальное. Общую формулу для этого уровня можно выразить как «если ..., то сделать так, тогда будет так»
Рефлексивный уровень	Рассуждения с учетом анализа прошлых событий. Например, «в прошлый раз я побежал на моргающий зеленый и чуть не попал под машину»
Саморефлексивный уровень	Построение определенной модели, с помощью которой идет оценка своих поступков. Например, «мое решение не пойти на это собрание было неверным, так как я упустил столько возможностей, я был легкомысленным»
Самосознательный уровень	Оценка своих поступков с точки зрения высших идеалов и оценок окружающих. Например, «а что подумают мои друзья? А как бы поступил мой герой?»



Для программной экспертной системы очень важно обладать способностью мыслить и рассуждать, например, действовать по аналогии. Множество запросов типично и отличается лишь параметрами. Например, таковым является запрос «пожалуйста, установите Office, Antivirus» и т. д. Также для экспертной системы важно уметь абстрагировать специализированные рецепты решения. Например, система научилась разрешать инцидент "Please install Firefox", абстрагировав данный инцидент до степени "Please install browser", система сможет тем же способом устранить проблему "Please install Chrome", так как концепции "Firefox" и "Chrome" связаны через концепцию "Browser".

После рассмотрения нескольких моделей была выбрана модель мышления Марвина Мински, так как она наиболее соответствует целевой области поддержки ИТ-инфраструктуры предприятия. На основе подхода Мински построена модель системы, которая реализует основные функции: обучение, понимание инцидента, поиск решения, применение решения.

В третьей главе описаны архитектура и реализация системы, основанной на модели Thinking Understanding (TU). Архитектура представляет собой модули. Основные компоненты системы описаны в Таблице 5. Система может функционировать в режиме обучения и в режиме устранения проблемных ситуаций.

Таблица 5 — Основные компоненты системы Thinking Understanding

Компонент	Описание
TU Webservice	Основной компонент взаимодействия со внешними системами, включая пользователя
CoreService	Ядро системы, содержит основные классы
DataService	Компонент работы с данными
Reasoner	Компонент вероятностной логики
ClientAgent	Компонент выполнения скриптов на целевой машине
MessageBus	Шина данных для системы

В главе 3 приведено детальное описание всех компонентов и подкомпонентов. Для лучшего понимания представлены описание механизма взаимодействия компонентов и общий сценарий использования системы.

1. Поступает запрос от пользователя: "User had received wrong application. User has ordered Wordfinder Business Economical. However she received wrong version, she received Wordfinder Tehcnical instead of Business Economical. Please assist" («Пользователь получил неверное приложение. Пользователь заказал приложение "Wordfinder. Бизнес версия", но получил неверную версию, — "Wordfinder. Техническая версия". Пожалуйста, помогите»);
2. Компонент GoalManger (Менеджер целей) устанавливает цель системы HelpUser (Помочь пользователю);
3. Главный компонент Thinking Life Cycle (далее TLC) активирует набор компонентов Critic (Критик), привязанный к данной цели (HelpUser);
4. Активируется компонент PreliminaryAnnorator (Предварительный обработчик), который разбирает запрос, проводя орфографическую коррекцию и предварительный разбор;
5. Компонент KnowledgeBaseAnnotator (разбор при помощи накопленных знаний) создает семантическую сеть и ссылки на нее;
6. Компонент Critic (Критик), привязанный к цели HelpUser на Рефлексивном уровне, запускает WayToThink (Образ мышления) ProblemSolving (Разрешить проблемную ситуацию) с целью: ResolveIncident;
7. Компонент Critic на Рефлексивном уровне выбирает WayToThink KnowingHow (Поиск рецепта решения);
  - (a) Запускаются параллельно все компоненты класса Critic, которые привязаны к цели ResolveIncident (Решить проблему), в данном случае это DirectInstruction (прямые инструкции), ProblemWithDesiredState (проблемы с желаемым состоянием), ProblemWithoutDesiredState (проблема без желаемого состояния);
  - (b) Компонент Selector (Селектор) выбирает среди всех результатов наиболее вероятный результат работы. В дан-

ном случае им будет Problem Description with desired state (Проблема с желаемым состоянием);

- (c) Компонент KnowingHow сохраняет варианты выбора Selector;
- (d) Компонент Simulation (Моделирование) WayToThink с параметрами «создать модель текущей ситуации» создает: концепцию существующей ситуации (CurrentState), концепцию пользователя, концепцию программного обеспечения;
- (e) Компонент Reformulation WayToThink (Компонент дополнения), используя результаты предыдущего шага, синтезирует артефакты, которых не хватает, чтобы получить из CurrentState DesiredState (Желаемое состояние), так как он не указан явно. WayToThink запускает Critic размышления, чтобы найти корень проблемы. Он находит CurrentState (настоящее состояние) — Wordfinder Technical и DesiredState (состояние, которое нужно пользователю) — Wordfinder Business Economical;
- (f) Рефлексивные Critic оценивают состояние системы — на каком шаге она находится, и если цель не достигнута, то запускают другой WayToThink, например, DirectInstruction;
- (g) Компонент Critic Solution Generator (Компонент генерации решения) запускает KnowingHow WayToThink, ExtensiveSearch (Поиск решения);
- (h) Компонент Selector выбирает наиболее вероятный образ мышления. В данном случае это будет ExtensiveSearch, который будет находить решения, позволяющие привести систему в необходимое пользователю состояние (DesiredState), если сделать это невозможно, то система инициирует коммуникацию с пользователем.

8. Рефлексивный Critic проверяет состояние системы. Если Цель достигнута, то пользователю посылается ответ, информирующий об этом.

9. На данном шаге активируются компоненты класса Critic на самосознательном уровне, которые сохраняют информацию о затратах на решение.

Для работы системы создана уникальная модель данных — TU Knowledge, которая сочетает в себе OWL и графовую базу данных. Язык OWL, появившийся для структурирования информации в Вебе, обрел широкое использование во многих схемах данных, так как дал возможность дополнительного расширенного описания взаимосвязи между данными.

В главе 4 приведены результаты экспериментальных исследований эффективности работы модели TU. Система показала свою жизнеспособность на контрольных примерах. Были проведены тесты для выполнения сравнения с работой специалиста-человека. Был выбран контрольный список инцидентов. Сравнивался поиск решения для инцидентов. Основное время при опросе специалиста тратилось на коммуникацию. В таблице 6 приведены результаты сравнения. Тесты были выполнены на компьютере Intel Core i7 1700 MHz, 8GB RAM, 256 GB SSD, FreeBSD. Из результатов видно, что система работает так же или лучше, чем специалист технической поддержки.

Таблица 6 — Результаты сравнения с работой специалиста технической поддержки

Инцидент	TSS1 (.мс)	TU (.мс)
Tense is kind of concept (Время — это концепция)	15000	385
Please install Firefox (Установите Firefox)	9000	859
Browser is an object (Браузер — это объект)	20000	400
Firefox is a browser (Firefox — это браузер)	5000	659
Install is an action (Установить — это действие)	8000	486
User miss Internet Explorer 8 (У пользователя нет Internet Explorer 8).	10000	10589
User needs document portal update (Пользователю требуется обновление документов)	15000	16543

**Таблица 6 – продолжение**

<b>Инцидент</b>	<b>TSS1 (.мс)</b>	<b>TU (.мс)</b>
Add new alias Host name on host that alias is wanted to: hrportal.lalala.biz IP address on host that alias is wanted to: 322.223.333.22 Wanted Alias: webadviser.lalala.net (Добавьте, пожалуйста, новую ссылку на hrportal.lalala.biz через 322.223.333.22)	10000	18432
Outlook Web Access (CCC) — 403 — Forbidden: Access is denied (Нет доступа к Outlook Web Access (CCC)).	15000	10342
PP2C — Cisco IP communicator. Please see if you can fix the problem with the ip phone, it's stuck on configuring ip + sometimes Server error rejected: Security etc (PP2C — коммуникатор Cisco IP. Пожалуйста, помогите исправить проблему с ИП-телефоном, он застревает во время конфигурирования и иногда показывает ошибку «Безопасность»)	13000	12343

Показатели, приведенные во введении, приобрели следующие значения  $T_{qp}=32,9$  при  $n=8$ ;  $SLA=0,96$ ;  $\alpha=0,04$ ;  $\alpha_n=2920$ .

В **заключении** диссертации приведены основные выводы по работе:

Решены следующие задачи и достигнуты следующие результаты.

1. Создана модель проблемно-ориентированной системы управления, принятия решений в области обслуживания информационной инфраструктуры предприятия на основе обобщения модели мышления;
2. Представлены новая модель данных для модели мышления и оригинальный способ их хранения, более эффективный по сравнению с классическими базами данных, использующими реляционный подход;
3. Выполнено оригинальное исследование моделей мышления в области обслуживания информационной инфраструктуры предприятия;
4. На основе модели, разработанной в диссертации, созданы архитектура системы и ее прототип;
5. Разработаны специальные алгоритмы для анализа запросов пользователей и принятия решений;

6. Система, разработанная в рамках данной работы, включает в себя инновационные методы и алгоритмы поддержки принятия решений, использует обобщенную модель мышления Мински;
7. Представлена наглядная визуализация структуры области удаленной поддержки инфраструктуры.

Представленные в диссертации модель мышления, ее архитектура и реализация являются уникальными — на данный момент времени это единственная реализация модели мышления Мински.

Система, разработанная в диссертации, не является узкоспециализированной и подходит для других областей, где требуется поддержка принятия решений, например, при постановке медицинского диагноза, чтобы отбросить ложные диагнозы.

Кроме того, в систему можно загрузить данные о взаимосвязи органов человека и болезней. Далее, к каждому заболеванию добавить симптом и способ лечения, после этого можно делать запрос с симптомами, и система выдаст список вероятных заболеваний со способами их лечения.

В области диагностики проблем можно обучить систему сведениям об узлах автомобиля и проблемах, с ними связанных, признаках этих проблем и способах их устранения.

## **Публикации автора по теме диссертации**

1. Тощев, А. С. К новой концепции автоматизации программного обеспечения [Текст] / А. С. Тощев // Труды Математического центра имени Н.И. Лобачевского. Материалы Десятой молодежной научной школы-конференции «Лобачевские чтения — 2011. Казань, 31 октября – 4 ноября 2011». — 2011. — Т. 44, № 4. — С. 279 – 282.
2. Toshchev, A. Thinking-Understanding approach in IT maintenance domain automation [Text] / A. Toshchev, M. Talanov, A. Krehov // Global Journal on Technology: 3rd World Conference on Information Technology (WCIT-2012). — 2013. — Vol. 3. — P. 879 – 894.
3. Тощев, А.С. Архитектура и реализация интеллектуального агента для автоматической обработки входящих заявок с помощью искусственного ин-

- теллекта и семантических сетей [Текст] / А.С. Тощев, М.О. Таланов // Ученые записки Института социально-гуманитарных знаний. — 2014. — Т. 2. — С. 288 – 292.
4. Toshchev, A. Computational emotional thinking and virtual neurotransmitters [Text] / A. Toshchev, M. Talanov // International Journal of Synthetic Emotions (IJSE). — 2014. — Vol. 5. — P. 30 – 35.
  5. Toshchev, A. Appraisal, coping and high level emotions aspects of computational emotional thinking [Text] / A. Toshchev, M. Talanov // International Journal of Synthetic Emotions (IJSE). — 2015. — Vol. 6. — P. 65 – 72.
  6. Toshchev, A. Thinking model and machine understanding in automated user request processing [Text] / A. Toshchev // CEUR Workshop Proceedings. — 2014. — Vol. 1297. — P. 224 – 226.
  7. Toshchev, A. Thinking lifecycle as an implementation of machine understanding in software maintenance automation domain [Text] / A. Toshchev, M. Talanov // Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications: 9th KES International Conference, KES-AMSTA, 2015 Sorrento, Italy, June 2015, Proceedings (Smart Innovation, Systems and Technologies). — 2015. — Vol. 38. — P. 301 – 310.
  8. Тощев, А.С. Возможности автоматизации разрешения инцидентов для области удаленной поддержки информационной инфраструктуры предприятия [Текст] / А.С. Тощев // Экономика и менеджмент систем управления. — 2015. — Т. 4. — С. 293 – 295.
  9. Тощев, А.С. Вычислительная модель эмоций в интеллектуальных информационных системах [Текст] / А.С. Тощев, М.О. Таланов // Электронные библиотеки. — 2015. — Т. 18. — С. 225 – 235.
  10. Тощев, А.С. Применение моделей мышления в интеллектуальных вопросно-ответных системах [Текст] / А.С. Тощев // Электронные библиотеки. — 2015. — Т. 18. — С. 216 – 224.