

**Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ
(КНИТУ-КАИ)**

**НЕЧЕТКО-ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНЫЙ
КОМПЛЕКС РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАНИЙ В
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО
ДОКУМЕНТООБОРОТА
(на примере Территориального органа Роскомнадзора)**

**05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ»**

Соискатель:

**Талипов Нафис Гишкуллович
аспирант кафедры систем информационной
безопасности (СИБ) КНИТУ-КАИ**

Научный руководитель:

**Катасёв Алексей Сергеевич
к.т.н., доцент каф. СИБ
КНИТУ-КАИ**

Цель диссертационной работы

Повышение эффективности распределения заданий в системах электронного документооборота за счет разработки математического и программного обеспечения автоматизации выбора исполнителей. Эффективность определяется точностью, скоростью принятия решений по выбору исполнителей заданий, а также снижением интеллектуальной нагрузки на человека, ответственного за распределение заданий.

Решаемые в работе задачи

1. Разработка нечетко-продукционной модели распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота.
2. Разработка алгоритма логического вывода на правилах модели для поиска решения задачи по распределению заданий.
3. Разработка методов идентификации значений параметров модели (параметров функций принадлежности и достоверности нечетких правил), а также метода оценки ее адекватности.
4. Программного комплекса автоматизации распределения заданий на основе предложенных методов, модели и алгоритма.
5. Проведение исследований на базе программного комплекса для оценки эффективности разработанного математического обеспечения.
6. Практическое решение задач распределения заданий в системах электронного документооборота (на примере Территориального органа Роскомнадзора).

Научная новизна работы (разработаны)

- 1) нечетко-продукционная модель распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота, позволяющая эффективно распределять задания в динамически меняющихся условиях принятия решений (изменение числа, состава исполнителей и их загруженности);
- 2) алгоритм логического вывода на правилах модели, позволяющий выбирать исполнителей заданий различного уровня сложности с учетом их квалификации, работоспособности и текущей загруженности;
- 3) эффективный численный метод идентификации значений параметров функций принадлежности нечетко-продукционных правил, основанный на аппроксимации субъективных оценок уровней загруженности исполнителей;
- 4) эффективный численный метод идентификации значений достоверности нечетких правил, позволяющий формировать численную оценку полезности выбора исполнителей заданий;
- 5) эффективный численный метод оценки адекватности нечетко-продукционной модели, основанный на сравнении результатов ее работы с экспертными схемами распределения заданий.

Теоретическая значимость работы

заключается в разработке математического обеспечения в виде эффективных методов, модели и алгоритма распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота.

Практическая ценность работы

заключается в разработке программного комплекса автоматизации распределения заданий.

Результаты, выносимые на защиту

1. Нечетко-продукционная модель распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота.
2. Алгоритм нечеткого логического вывода на правилах модели.
3. Метод идентификации значений параметров функций принадлежности нечетко-продукционных правил.
4. Метод идентификации значений достоверности нечетких правил.
5. Метод оценки адекватности нечетко-продукционной модели.
6. Программный комплекс распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота.

1. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОРГАНА РОСКОМНАДЗОРА

Система электронного документооборота Территориального органа Роскомнадзора

РКН + СЭД - Нафис Гишкуллович Талипов

Нафис Гишкуллович Талипов

Поиск...

Личный кабинет

- Поступившие
 - На рассмотрение (12)
 - Поручения (14)
 - Уведомления
 - О документах
 - О поручениях
 - О приёмах граждан
 - На согласование
 - На подписание
 - Архив
 - Истекающие
 - Переподписание
 - Приним граждан
 - Отчет исполнителя ОГ
- Передаваемые
- Отправленные
 - На рассмотрение
 - Поручения (14)
 - Архив
- Мои проекты
 - Подготовка
 - На согласовании
 - На доработке
 - Архив
 - Резолюции
 - Избранные
 - Недавние
- Документы

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ (РОСКОМНАДЗОР)

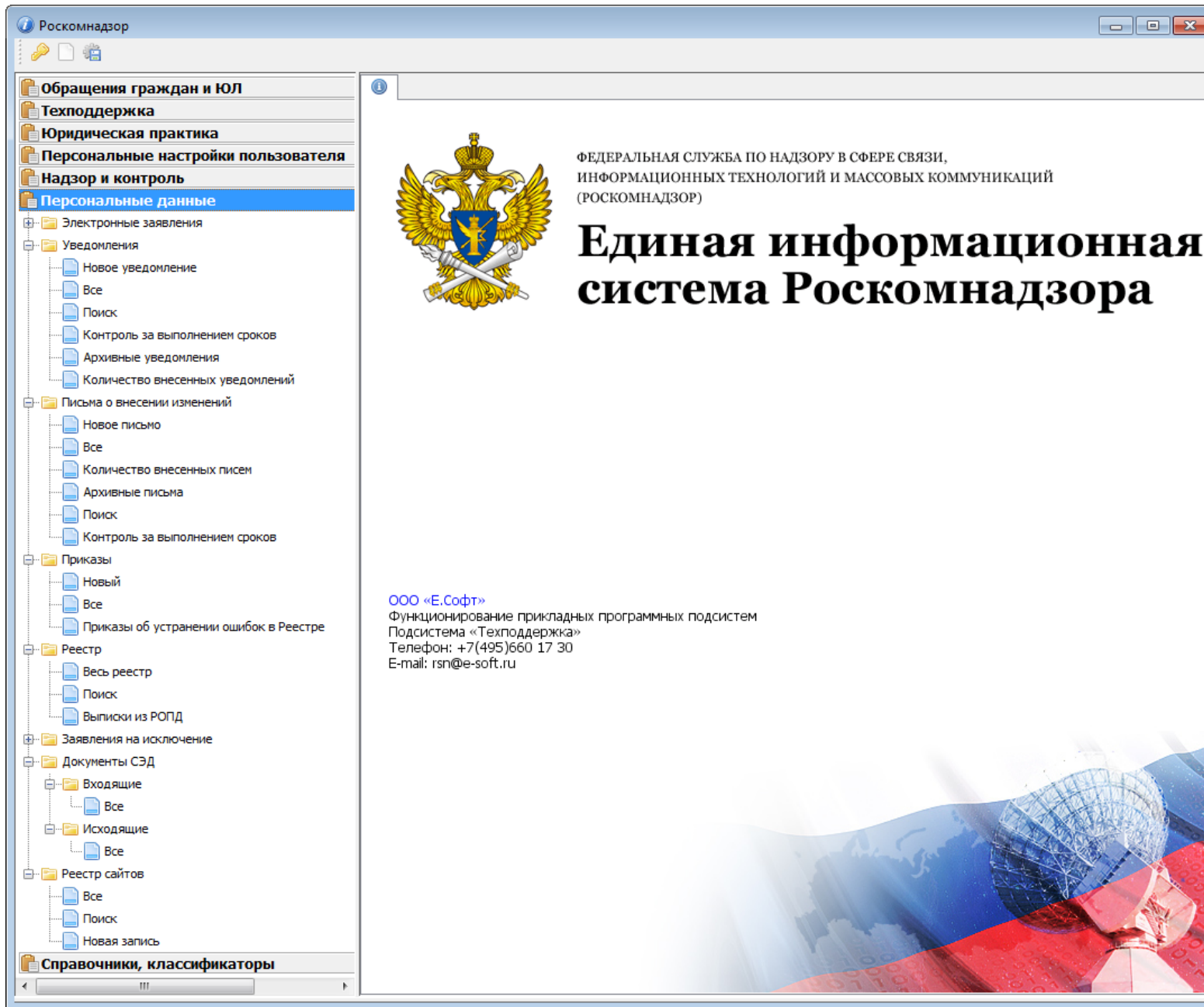
Система электронного документооборота

22.06.2016 Обновление СЭД 22.06.2016: Уважаемые пользователи! Сообщаем вам, что в системе электронного документооборота

- 22.06 16:19:55 Поручение по входящему №95114/16 от 08.06.2016 исполнено
- 22.06 16:19:12 Поручение по входящему №95193/16 от 09.06.2016 исполнено
- 22.06 16:18:47 Поручение по входящему №95333/16 от 15.06.2016 исполнено
- 22.06 16:12:29 Поручение по входящему №95464/16 от 21.06.2016 исполнено
- 22.06 08:40:19 Поручение по ОГ №08-02-01-614/16 от 22.06.2016 — поручения запущены в работу
- 22.06 08:16:33 Поручение по ОГ №08-02-01-614/16 от 22.06.2016 запущено в работу
- 21.06 18:18:37 Поручение по входящему №95464/16 от 21.06.2016 — поручения запущены в работу
- 21.06 18:18:10 Поручение по ОГ №08-02-01-610/16 от 21.06.2016 — поручения запущены в работу
- 21.06 18:17:21 Поручение по ОГ №08-02-01-609/16 от 21.06.2016 — поручения запущены в работу
- 21.06 17:26:18 Поручение по ОГ №08-02-01-608/16 от 21.06.2016 — поручения запущены в работу
- 21.06 15:31:25 Входящий: Предоставление госуслуг: Реестр операторов персональных данных: Внесение изменений в реестр №9548


ООО "Е.Софт"
Функционирование прикладных программных подсистем
Подсистема "Техподдержка"
Телефон: +7 (495) 660-17-30
E-mail: rsn@e-soft.ru

Структура и состав единой информационной системы




Роскомнадзор

- Обращения граждан и ЮЛ
- Техподдержка
- Юридическая практика
- Персональные настройки пользователя
- Надзор и контроль
- Персональные данные**
 - Электронные заявления
 - Уведомления
 - Новое уведомление
 - Все
 - Поиск
 - Контроль за выполнением сроков
 - Архивные уведомления
 - Количество внесенных уведомлений
 - Письма о внесении изменений
 - Новое письмо
 - Все
 - Количество внесенных писем
 - Архивные письма
 - Поиск
 - Контроль за выполнением сроков
 - Приказы
 - Новый
 - Все
 - Приказы об устранении ошибок в Реестре
 - Реестр
 - Весь реестр
 - Поиск
 - Выписки из РОПД
 - Заявления на исключение
 - Документы СЭД
 - Входящие
 - Все
 - Исходящие
 - Все
 - Реестр сайтов
 - Все
 - Поиск
 - Новая запись
- Справочники, классификаторы

 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ (РОСКОМНАДЗОР)

Единая информационная система Роскомнадзора

ООО «Е.Софт»
Функционирование прикладных программных подсистем
Подсистема «Техподдержка»
Телефон: +7(495)660 17 30
E-mail: rsn@e-soft.ru



Основные задачи единой информационной системы

1. Ведение реестра операторов персональных данных

- регистрация;
- внесение сведений (изменений) об операторе в ЕИС;
- удаление сведений об операторе из реестра;
- предоставление выписки из реестра по запросам заявителей.

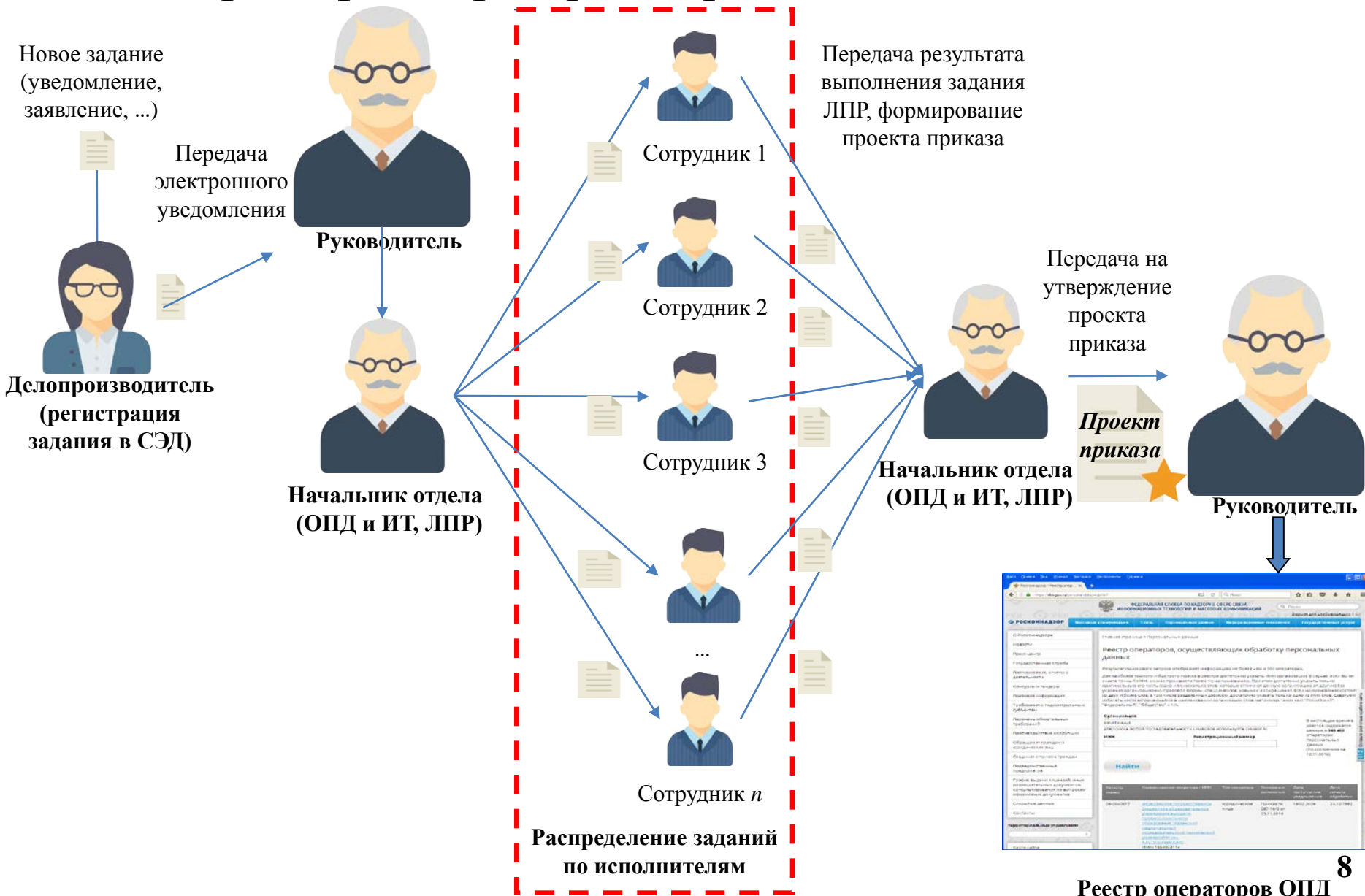
2. Осуществление надзора и контроля за деятельностью операторов персональных данных

- проведение плановых проверок операторов персональных данных;
- проведение внеплановых проверок операторов персональных данных;
- проведение мероприятий систематического наблюдения по соблюдению требований законодательства РФ в области персональных данных.

3. Рассмотрение обращений граждан и юридических лиц

Среди перечисленных задач наиболее трудоемким является ведение реестра операторов персональных данных.

Схема обработки и распределения заданий по ведению реестра операторов персональных данных



Проблема «ручного» распределения заданий по ведению реестра операторов персональных данных

- неопределенность числа ежедневно поступающих заявлений от операторов персональных данных;
- различная сложность обработки заявлений, поступающих от различных категорий операторов;
- различное число и состав исполнителей заданий;
- различный уровень квалификации лиц, принимающих решения о распределении заданий по исполнителям;
- различный уровень квалификации и текущей загруженности исполнителей, обрабатывающих поступающие заявления;
- необходимость решения поставленных задач по ведению реестра в установленные административным регламентом сроки.

Актуальна автоматизация решения задачи распределения заданий по ведению реестра операторов ПДн на основе методов рационального выбора альтернатив (исполнителей)

Формализация задачи распределения заданий по ведению реестра операторов персональных данных

Дано: 1) множество заданий $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_N\}$

2) уровни сложности заданий:

- низкий (S_1) – документы от операторов «физическое лицо» и «индивидуальный предприниматель»,
- средний (S_2) – документы от операторов «юридическое лицо»,
- высокий (S_3) – документы от операторов «государственные и муниципальные органы»;

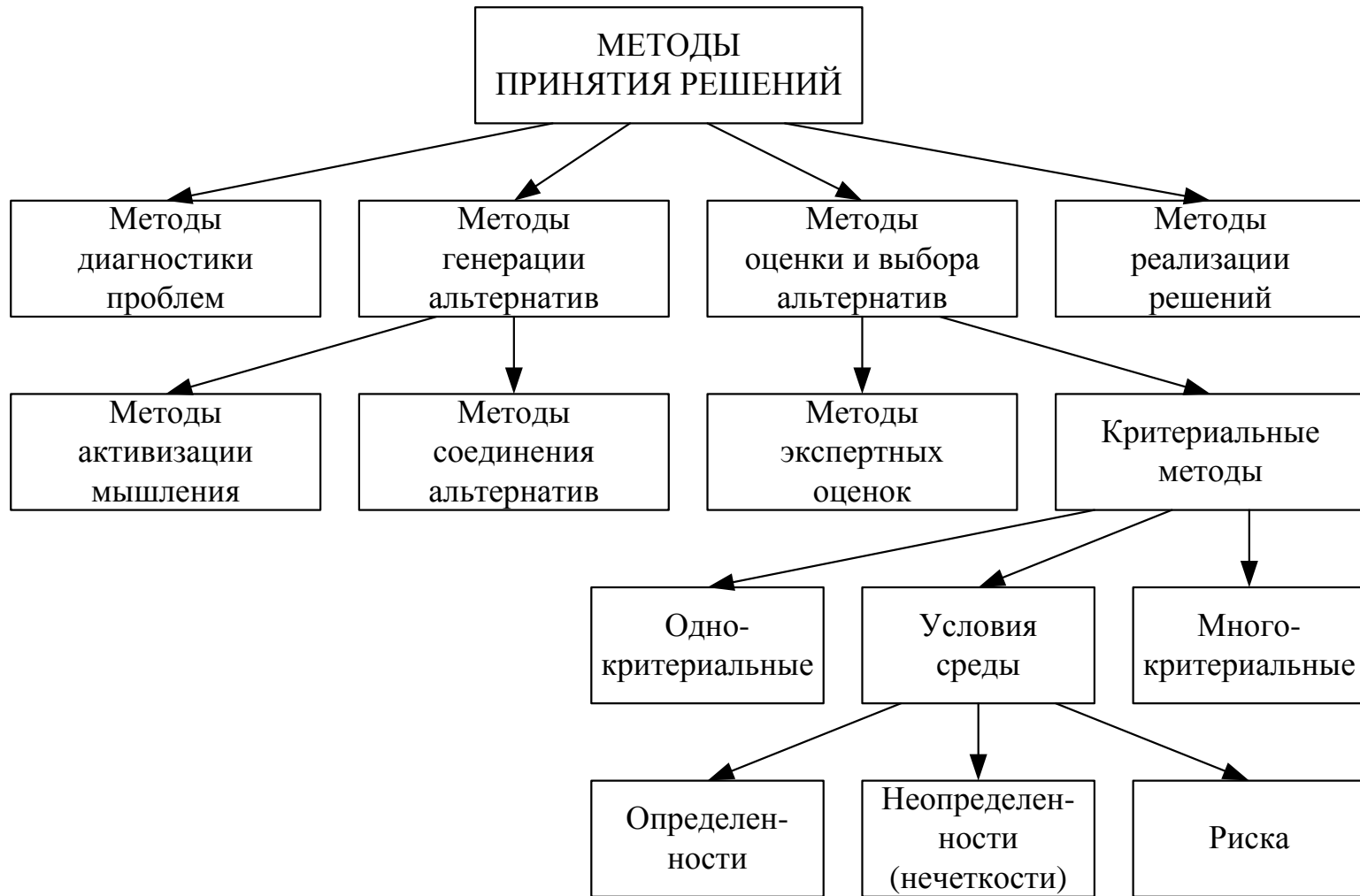
3) множество исполнителей заданий $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$;

4) критерии распределения заданий (характеристики исполнителей):

- C_1 – текущий уровень загруженности исполнителя,
- C_2 – работоспособность исполнителя,
- C_3 – уровень квалификации исполнителя.

Требуется: распределить задания с целью поддержки принятия решений ЛПР по рациональному выбору исполнителей для каждого из N заданий с учетом числа, состава, квалификации, работоспособности и текущей загруженности исполнителей.

Классификация методов рационального выбора альтернатив



Вывод: для решения поставленной задачи необходимо использовать методы, учитывающие ее многокритериальность и нечеткий характер – нечеткие методы выбора альтернатив.

Сравнительная характеристика нечетких методов рационального выбора альтернатив (исполнителей заданий)

Критерии Методы	Интерпретируемость решений	Необходимость привлечения эксперта	Необходимость наличия обучающей выборки
максиминной свертки	—	+	—
аддитивной свертки	—	+	—
отношения предпочтений	—	+	—
нечеткого логического вывода	+	+	—
нечетких нейронных сетей	+	—	+
нечетких деревьев решений	+	—	+

Вывод: актуально построение модели распределения заданий на основе систем нечетко-продукционных правил и алгоритма логического вывода на правилах.

Постановка задачи автоматизации распределения заданий по ведению реестра операторов персональных данных

Требуется разработка математического и программного обеспечения

1. Параметрической нечетко-продукционной модели распределения заданий с учетом числа, состава, квалификации, работоспособности и текущей загруженности исполнителей.
2. Алгоритма логического вывода на правилах модели для поиска решения задачи по распределению заданий.
3. Методов идентификации значений параметров модели: параметров функций принадлежности и достоверности нечетких правил.
4. Метода оценки адекватности нечетко-продукционной модели распределения заданий.
5. Программного комплекса автоматизации распределения заданий на основе предложенных методов, модели и алгоритма.

2. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

Вид нечетко-продукционных правил для распределения заданий

$$\text{If } \bigwedge (x_1 \text{ is } \tilde{A}_1, x_2 \text{ is } \tilde{A}_2, \dots, x_n \text{ is } \tilde{A}_n, x_{n+1} \text{ is } A_{n+1}) \text{ Then } y = a_i \quad [CF_i] \quad (1)$$

где $x_i, i = \overline{1, n}$ – загруженность i -го исполнителя;

x_{n+1} – сложность задания;

$\tilde{A}_i = \{x_i, \mu_{\tilde{A}_i}(x_i)\}, i = \overline{1, n}$ – значения (нечеткие градации)
загруженности исполнителей;

$\mu_{\tilde{A}_i}(x_i) \in [0;1]$ – степени принадлежности значений x_i к НМ \tilde{A}_i ;

A_{n+1} – значение сложности задания из множества $\{S_1, S_2, S_3\}$;

y – выходная переменная, определяющая исполнителя задания;

$a_i, i = \overline{1, n}$ – конкретный исполнитель задания из $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$;

CF_i – полезность выбора i -го исполнителя.

Методика построения системы нечетко-продукционных правил для конкретного числа и состава исполнителей заданий

1. Задать число n и состав исполнителей заданий $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$
2. Задать количество m и наименование нечетких градаций загруженности исполнителей (при $m=3$: $\tilde{A}_1 = \text{«низкая»}$, $\tilde{A}_2 = \text{«средняя»}$, $\tilde{A}_3 = \text{«высокая»}$)
3. Построить множество комбинаций из значений входных (x_i и x_{i+1}) и выходного (y) параметров правил при условии, что множество значений сложности заданий (x_{i+1}) равно $\{S_1, S_2, S_3\}$
(число комбинаций $N = 3mn^2$)
4. Для каждой комбинации задать правило вида (1)

Вывод: система нечетко-продукционных правил S_R представляет собой комбинацию входных условий (различных значений загруженности исполнителей и сложности заданий) с исполнителями заданий.

Общий вид системы нечетко-продукционных правил

$$S_R : \begin{cases} \text{If } \wedge (x_1 \text{ is } \tilde{A}_1^j, \dots, x_n \text{ is } \tilde{A}_n^j, x_{n+1} \text{ is } A_{n+1}^k) \text{ Then } y = a_1 \text{ [CF}_1\text{]} \\ \text{If } \wedge (x_1 \text{ is } \tilde{A}_1^j, \dots, x_n \text{ is } \tilde{A}_n^j, x_{n+1} \text{ is } A_{n+1}^k) \text{ Then } y = a_2 \text{ [CF}_2\text{]} \\ \dots \\ \text{If } \wedge (x_1 \text{ is } \tilde{A}_1^j, \dots, x_n \text{ is } \tilde{A}_n^j, x_{n+1} \text{ is } A_{n+1}^k) \text{ Then } y = a_n \text{ [CF}_n\text{]} \end{cases}$$

где $\overline{j = 1, m}$ – определяет значение (нечеткую градацию)
загруженности исполнителя из $\{\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_j, \dots, \tilde{A}_m\}$
 $\overline{k = 1, 3}$ – определяет сложность задания из $\{S_1, S_2, S_3\}$

Алгоритм логического вывода на системе нечетко-продукционных правил вида (1)

Для каждого правила введем следующие обозначения:

- $V \in [0;1]$ (*veracity*) – степень достоверности antecedента правила:

$$V = \min\left(\mu_{\tilde{A}_1^j}(x_1^*), \dots, \mu_{\tilde{A}_i^j}(x_i^*), \dots, \mu_{\tilde{A}_n^j}(x_n^*), \mu_{A_{n+1}^k}(x_{n+1}^*)\right) \quad (2)$$

где $x_i^*, i = \overline{1, n}$ – число заданий у i -го исполнителя,

x_{n+1}^* – сложность задания,

$$\text{причем } \mu_{\tilde{A}_i^j}(x_i^*) \in [0;1], \quad \mu_{A_{n+1}^k}(x_{n+1}^*) = \begin{cases} 1, & \text{if } x_{n+1}^* = A_{n+1}^k \\ 0, & \text{if } x_{n+1}^* \neq A_{n+1}^k \end{cases}$$

- $C \in [0;1]$ (*complex*) – комплексная оценка достоверности решения правила:

$$C = V * CF \quad (3)$$

где CF – полезность выбора исполнителя в правиле.

Алгоритм вывода на правилах (алгоритм распределения задания):

1. Определение уровня сложности x_{n+1}^* поступившего задания по категории оператора персональных данных.
2. Определение числа одновременно выполняемых заданий x_i^* у каждого исполнителя.
3. Для каждого r -го правила $Rule_r$, $r = \overline{1, N}$ системы S_R расчет степеней срабатывания $\mu_{\tilde{A}_i^j}(x_i^*)$ и $\mu_{A_{n+1}^k}(x_{n+1}^*)$ его условий.
3. Расчет степеней достоверности antecedентов каждого правила V_r по формуле (2).
4. Формирование конфликтного множества, включающего правила с ненулевой степенью достоверности: $S_{conf} = \{Rule_r \mid V_r \neq 0\}$, $r = \overline{1, N}$.
5. Для всех правил из конфликтного множества $Rule_r \in S_{conf}$ расчет комплексной оценки C_r по формуле (3).
6. Разрешение конфликта: выбор правила с максимальной комплексной оценкой:
$$Rule_r^* : \max_{r: Rule_r \in S_{conf}} C_r .$$
7. Получение значения консеквента a_i^* выбранного правила $Rule_r^*$ в качестве искомого решения задачи (исполнителя задания).

Таким образом, параметрическая нечетко-продукционная модель распределения заданий – это система S_R нечетко-продукционных правил вида (1), определяемых комбинацией входных условий с исполнителями заданий, а также алгоритм логического вывода на правилах.

Параметры модели:

- 1) функции принадлежности $\mu_{\tilde{A}_i}(x_i)$ в правилах;
- 2) полезность выбора исполнителя в каждом правиле CF .

Вывод: для практического использования модели требуется идентификация значений ее параметров.

Построение функций принадлежности в правилах модели (метод аппроксимации субъективных оценок исполнителей)

Пусть имеется n исполнителей $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, каждому из которых необходимо субъективно оценить уровни своей загруженности по числу одновременно выполняемых ими заданий по следующей шкале уверенности в своих оценках:

Числовое значение уверенности, α	1	0.8	0.6	0.4	0.2
Лингвистическое значение уверенности	абсолютно уверен	существенно уверен	сильно уверен	более или менее уверен	слабо уверен

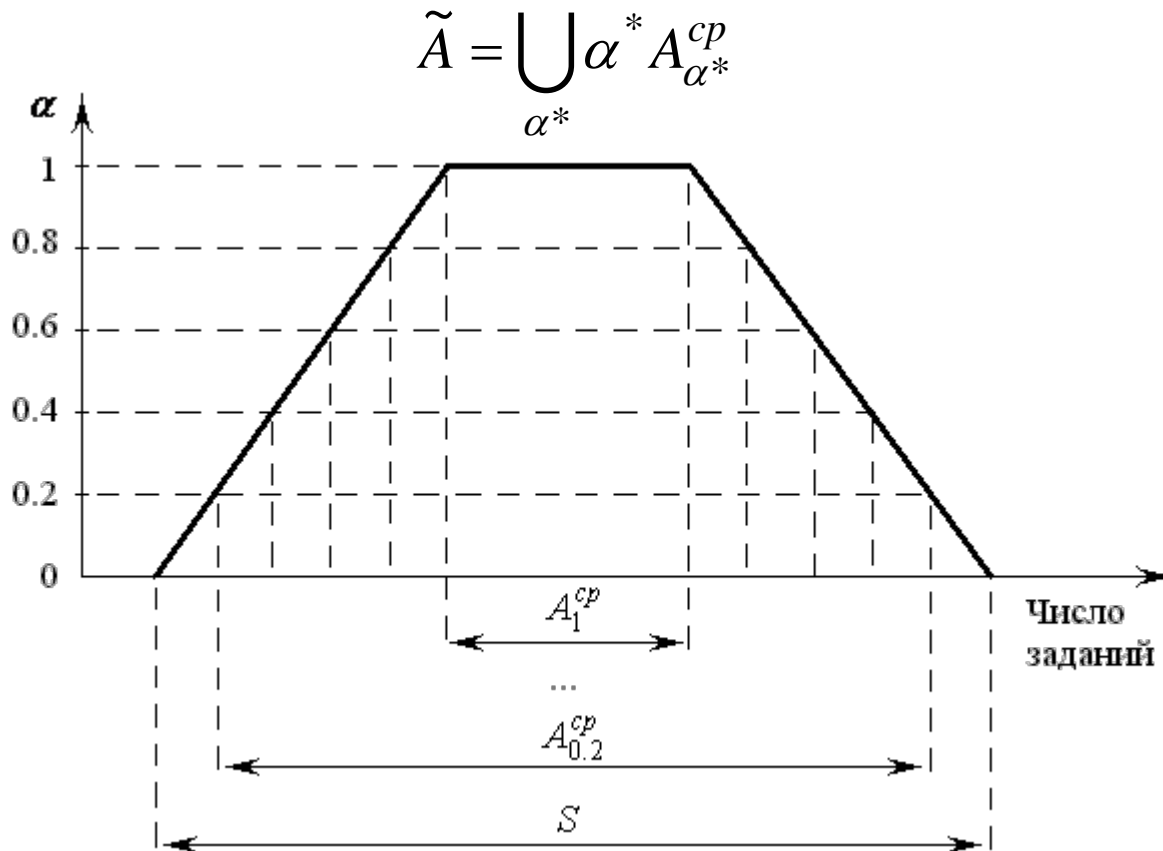
Этапы работы метода АСОИ для построения ФП:

1. Задание экспертом носителя S нечеткого множества \tilde{A} , соответствующего ФП конкретного уровня загруженности.
2. Поочередный опрос исполнителей и формирование их субъективных оценок соответствия левой $L_i(\alpha^*)$ и правой $R_i(\alpha^*)$ границ выбранного уровня загруженности конкретному значению $\alpha^* \in \{1; 0.8; 0.6; 0.4; 0.2\}$, причем $[L_i(\alpha^*); R_i(\alpha^*)] = A_{\alpha^*} \subset S$, где A_{α^*} – α^* -срез НМ \tilde{A} .

3. Для каждого $\alpha^* \in \{1; 0.8; 0.6; 0.4; 0.2\}$ вычисление средних значений левых и правых границ α^* -среза $A_{\alpha^*}^{cp} = [L_{cp}(\alpha^*); R_{cp}(\alpha^*)]$ по формулам:

$$L_{cp}(\alpha^*) = \sum_{i=1}^n \frac{L_i(\alpha^*)}{n}; \quad R_{cp}(\alpha^*) = \sum_{i=1}^n \frac{R_i(\alpha^*)}{n} \quad (4)$$

4. Построение функции принадлежности нечеткого множества \tilde{A} путем объединения полученных α^* -срезов и линейной аппроксимации их вершин (*методом наименьших квадратов*):



Идентификация значений достоверности нечетких правил (метод CF -эксперт)

Пусть CF – достоверность правила $Rule$, выражающая степень уверенности ЛПР в правильности распределения текущего задания конкретному исполнителю (полезность выбора исполнителя).

Полезность выбора исполнителя в любой момент времени зависит от следующих факторов:

- текущей загруженности исполнителя;
- работоспособности исполнителя;
- квалификации исполнителя.

Введем обозначения:

$\mu_{\tilde{C}_1}(a_i)$ – полезность выбора i -го исполнителя по его загруженности;

$\mu_{\tilde{C}_2}(a_i)$ – полезность выбора i -го исполнителя по его работоспособности;

$\mu_{\tilde{C}_{3k}}(a_i)$ – полезность выбора i -го исполнителя по его квалификации для выполнения заданий k -го уровня сложности;

Этапы работы метода **CF-эксперт** для определения достоверности правил:

1. Расчет полезности выбора i -го исполнителя по его текущей загруженности на основе следующей эвристической формулы:

$$\mu_{\tilde{C}_1}(a_i) = \begin{cases} 1 - \frac{n_i}{N}, & \text{при } N \neq 0; \\ 1, & \text{при } N = 0 \end{cases} \quad (5)$$

где n_i – число одновременно выполняемых заданий у i -го исполнителя,
 N – общее число заданий у всех исполнителей ($N = \sum_{i=1}^n n_i$).

2. На основе **метода парных сравнений** (метода анализа иерархий Саати) определение полезностей $\mu_{\tilde{C}_2}(a_i)$ и $\mu_{\tilde{C}_{3k}}(a_i)$.

3. Расчет искомой достоверности правил (полезности выбора i -го исполнителя для выполнения задания k -го уровня сложности) по формуле:

$$CF_k^i = \mu_{\tilde{C}_1}(a_i) * \mu_{\tilde{C}_2}(a_i) * \mu_{\tilde{C}_{3k}}(a_i) \quad (6)$$

Использование метода парных сравнений для определения полезностей выбора исполнителей

Пусть имеется n исполнителей $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, для каждого из которых необходимо определить полезность выбора $\mu_{\tilde{C}}(a_i), i = \overline{1, n}$ по критерию C .

1. Произвести опрос эксперта для сравнения исполнителей a_i по критерию C .

Результаты записать в матрицу парных сравнений

$$\begin{matrix}
 & a_1 & a_2 & \dots & a_n \\
 a_1 & \left(a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \right) \\
 a_2 & \left(a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \right) \\
 \dots & & \dots & & \\
 a_n & \left(a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \right)
 \end{matrix}
 \qquad
 a_{ii} = 1; a_{ij} = 1/a_{ji}, i \neq j$$

Значения элементов матрицы выбрать из эмпирической шкалы Саати

	Смысл		Значение
a_i	одинаково значимо с	a_j	1
a_i	слабо превосходит	a_j	3
a_i	превосходит	a_j	5
a_i	значительно превосходит	a_j	7
a_i	абсолютно превосходит	a_j	9

(значения шкалы 2, 4, 6, 8 отражают промежуточные степени превосходства)

2. Произвести обработку матрицы парных сравнений:

2.1) вычислить коэффициенты важности исполнителей

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

2.2) вычислить индекс согласованности для определения степени согласованности ответов эксперта

$$IS = \frac{\lambda - n}{\sigma \cdot (n - 1)}$$

где $\lambda \approx \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{y_1}{w_1} + \frac{y_2}{w_2} + \dots + \frac{y_n}{w_n} \right)$, $\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix}$

σ – случайный индекс:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
σ	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57

(при $IS \leq 0,2$ – ответы эксперта согласованы, иначе повторный опрос эксперта)

3. Вычислить значения полезностей выбора исполнителей по формуле:

$$\mu_{\tilde{C}}(a_i) = \frac{w_i}{\max(w_i)}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

В результате применения методов АСОИ и *CF*-эксперт определяются значения параметров функций принадлежности $\mu_{\tilde{A}_i}(x_i)$ и достоверности *CF* каждого нечеткого правила – происходит параметрическая идентификация нечетко-продукционной модели распределения заданий.

Таким образом, построение совокупности систем правил для различного числа и состава исполнителей заданий, идентификация значений параметров модели, а также использование алгоритма логического вывода на системе правил позволяет сформировать нечетко-продукционную модель распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота.

Состав разработанного математического обеспечения и его соответствие решаемым задачам



На базе предложенных методов, методики и алгоритма разработан программный комплекс распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота.

3. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

Средства разработки программного комплекса

Среда разработки:

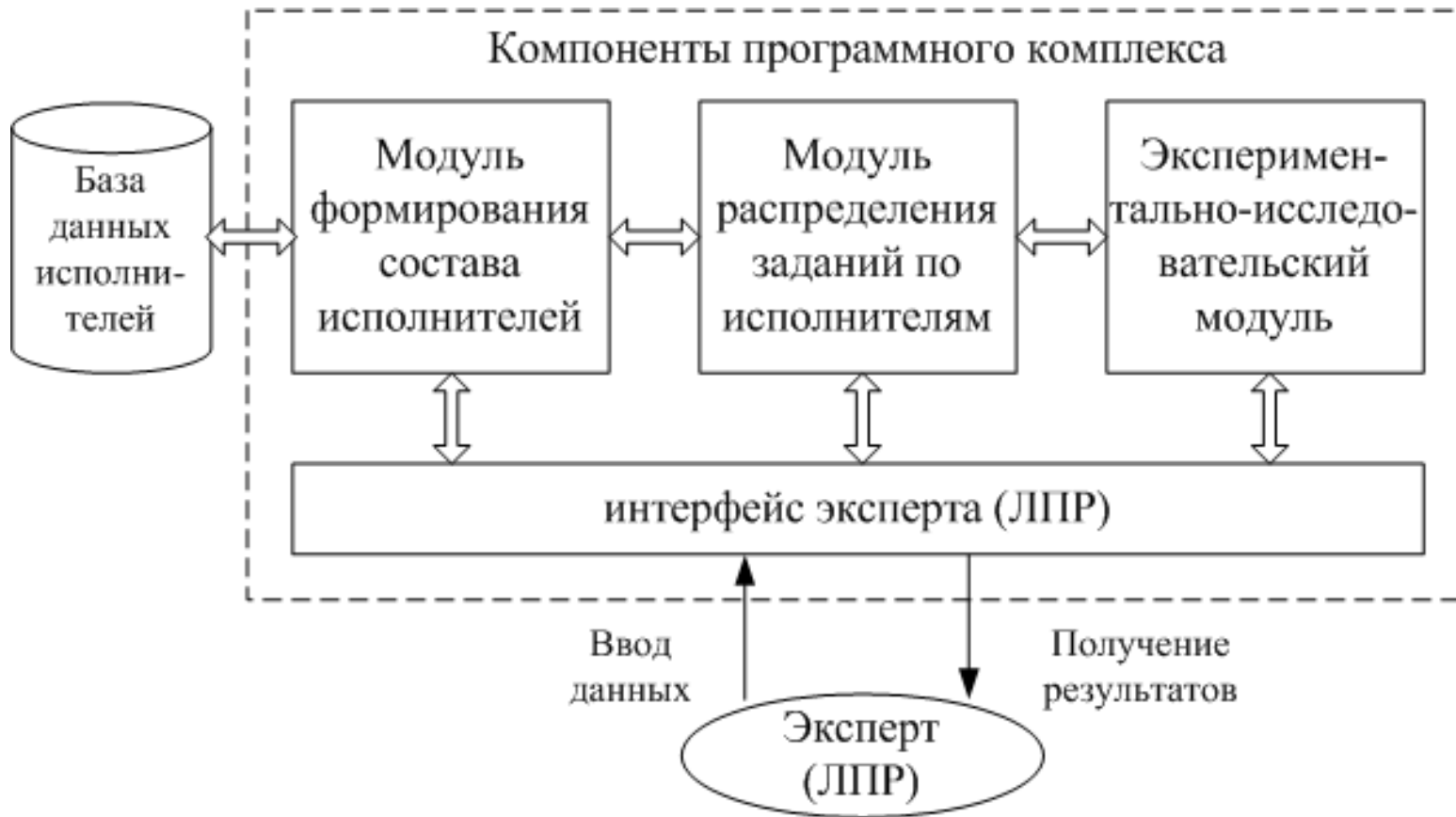
Microsoft Visual Studio 2012



Visual Studio®

Язык программирования: C#

Структурная схема программного комплекса



Модуль формирования состава исполнителей:

1. Блок добавления исполнителей
2. Блок формирования характеристик исполнителей

Модуль распределения заданий:

1. Блок построения нечетко-продукционной модели распределения заданий
2. Блок нечеткого логического вывода для распределения заданий по исполнителям

Экспериментально-исследовательский модуль:

1. Блок генерации заданий
2. Блок оценки точности модели распределения заданий
3. Блок визуализации полученных результатов

Главное окно программного комплекса

Интеллектуальная система распределения заданий

Файл Корректировка весов Метод распределения (нечёткие правила) Настройки метода

Сотрудники Нераспределенные задания: 74

	Должность	Загруженность	Начальное количество заданий	Текущее количество заданий
▶ 1	Главный специа...	100%	0	20
2	Ведущий специа...	95%	0	19
3	Специалист-экс...	85%	0	17
4	Специалист пер...	90%	0	18

	Уровень сложности
▶ 0	Средний
0	Средний
0	Средний
0	Средний
0	Средний
0	Средний
0	Высокий
0	Высокий

Уровень сложности задания	Загруженность 1-го	Загруженность 2-го	Загруженность 3-го	Загруженность 4-го	Исполнитель	Число заданий 1-го	Число заданий 2-го
Высокий	95%	90%	75%	65%	3	19	18
Высокий	95%	95%	75%	65%	2	19	19
Высокий	95%	95%	80%	65%	3	19	19
Средний	100%	95%	85%	80%	4	20	19
Средний	100%	95%	85%	85%	4	20	19
Средний	100%	95%	85%	90%	4	20	19

Пример фрагмента эталонной (экспертной) схемы распределения заданий

№ п/п	Уровень сложности задания	Текущее число заданий у исполнителей				Исполнитель задания
		a_1	a_2	a_3	a_4	
1	высокий	14	16	14	6	a_1
2	высокий	15	16	14	6	a_3
3	низкий	15	16	15	6	a_4
4	средний	15	16	15	7	a_4
5	средний	15	16	15	8	a_4
6	средний	15	16	15	9	a_4
7	высокий	15	16	15	10	a_3
8	высокий	15	16	16	10	a_3
9	высокий	15	16	17	10	a_3
...

Общее количество эталонных схем распределения заданий
(для различного числа и состава исполнителей): 10

Среднее число заданий в каждой схеме: 166

Характеристики сформированных эталонных схем

№ схе- мы	Всего за- да- ний	Число заданий по уровням сложности			Всего испол- ните- лей	Структура экспертного распределения заданий по исполнителям					
		низкий (Н)	средний (С)	высокий (В)		a_1 (Н,С,В)	a_2 (Н,С,В)	a_3 (Н,С,В)	a_4 (Н,С,В)	a_5 (Н,С,В)	a_6 (Н,С,В)
1	148	2	36	110	4	 	0,0,40	0,0,36	 	0,6,34	2,30,0
2	156	21	109	26	4	0,37,11	0,36,12	 	13,15,3	 	8,21,0
3	180	15	82	83	4	0,18,38	 	0,17,35	6,22,10	9,25,0	
4	174	18	78	78	4	 	0,21,27	0,19,29	6,18,22	12,20,0	
5	190	14	116	60	5	0,16,21	0,20,19	0,23,15	 	4,28,5	10,29,0
6	163	12	89	62	5	0,18,22	 	0,20,19	1,23,13	2,12,8	9,16,0
7	127	14	65	48	5	0,5,18	0,8,14	0,11,12	1,18,4	13,23,0	
8	135	17	65	53	6	0,4,22	0,7,16	0,11,9	0,14,6	4,15,0	13,14,0
9	207	20	119	68	6	0,10,23	0,19,17	0,22,16	0,24,11	8,23,1	12,21,0
10	179	21	111	47	6	0,8,18	0,12,16	0,24,9	0,26,4	7,25,0	14,16,0

Проверка адекватности модели распределения заданий (метод сравнения модели с эталонными схемами)

Пусть в эталонной схеме S_j имеется n_j исполнителей $\{a_1, a_2, \dots, a_{n_j}\}$ и общее число заданий в схеме для распределения равно N_j , $j = 1..10$.

Для каждой j -й схемы введем следующие обозначения:

$n(M_{ki}^j)$ – количество заданий k -го уровня сложности, распределенных *моделью* i -му исполнителю ($i=1..n_j$) – структура распределения заданий моделью;

$n(\Omega_{ki}^j)$ – количество заданий k -го уровня сложности, распределенных *экспертом* i -му исполнителю ($i=1..n_j$) – структура распределения заданий экспертом.

Причем,
$$\sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} n(M_{ki}^j) = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} n(\Omega_{ki}^j) = N_j$$

Этапы работы метода СМЭС для проверки адекватности модели:

1. Для каждой эталонной схемы S_j , j от 1 до 10:

1.1) получение заданий в объеме N_j для их распределения по исполнителям в количестве n_j человек

1.2) определение структуры $n(\Omega_{ki}^j)$ экспертного распределения заданий

1.3) использование модели для распределения всех заданий и определение структуры их распределения $n(M_{ki}^j)$

1.4) расчет точности P_j распределения заданий по формуле:

$$P_j = \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} |n(M_{ki}^j) - n(\Omega_{ki}^j)|}{N_j} \right) * 100\% \quad (8)$$

2. Расчет общей точности модели P по формуле:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^{10} P_j}{10} \quad (9)$$

Экспериментальная оценка точности нечетко-продукционной модели распределения заданий

№ схемы, S_j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
точность										
$P_j, \%$	93,24	94,23	94,44	96,55	95,79	95,71	96,06	95,56	94,69	95,53
$P, \%$	95,18									

Вывод: средняя ошибка нечетко-продукционной модели распределения заданий составляет не более 5% => построенная модель адекватна, т.е. соответствует цели моделирования (получение схем распределения заданий, близких к экспертным).

Сравнение точности нечетко-продукционной модели с точностью других методов нечеткого выбора альтернатив

Методы	Максиминной свертки	Аддитивной свертки	Отношения предпочтений	Нечеткого логического вывода
Точность	85,95%	64,4%	81%	95,18%

Вывод: метод на основе системы нечеткого логического вывода (нечетко-продукционной модели) показал результаты, наиболее точно согласующиеся с интуитивным представлением эксперта по рациональному выбору исполнителей заданий.

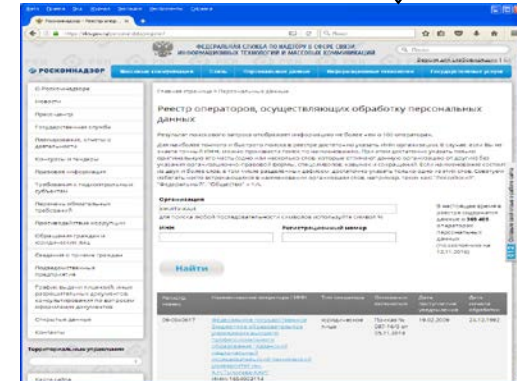
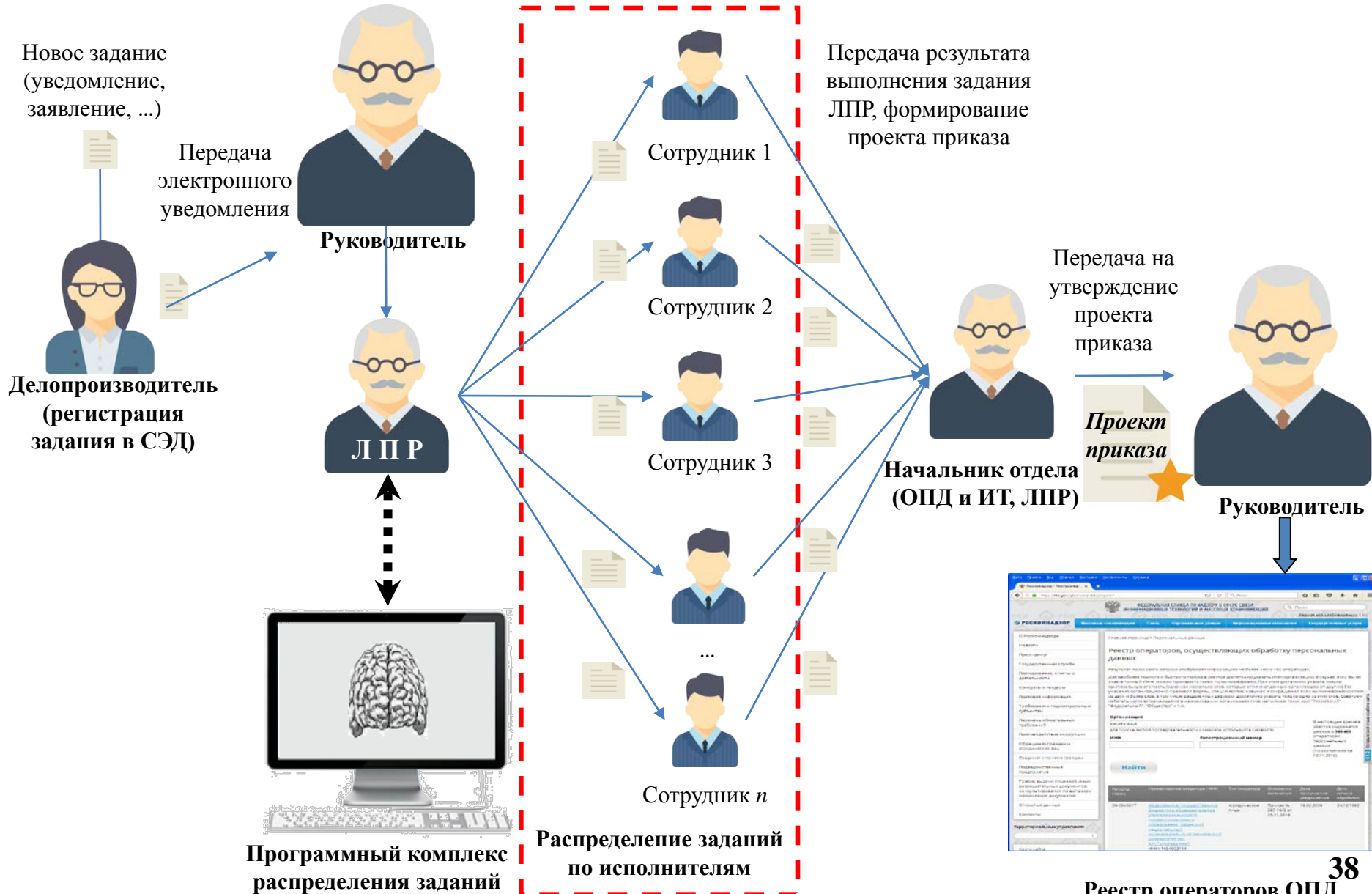
4. ВНЕДРЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОРГАНА РОСКОМНАДЗОРА

Подсистема распределения заданий в составе СЭД



Схема обработки и распределения заданий

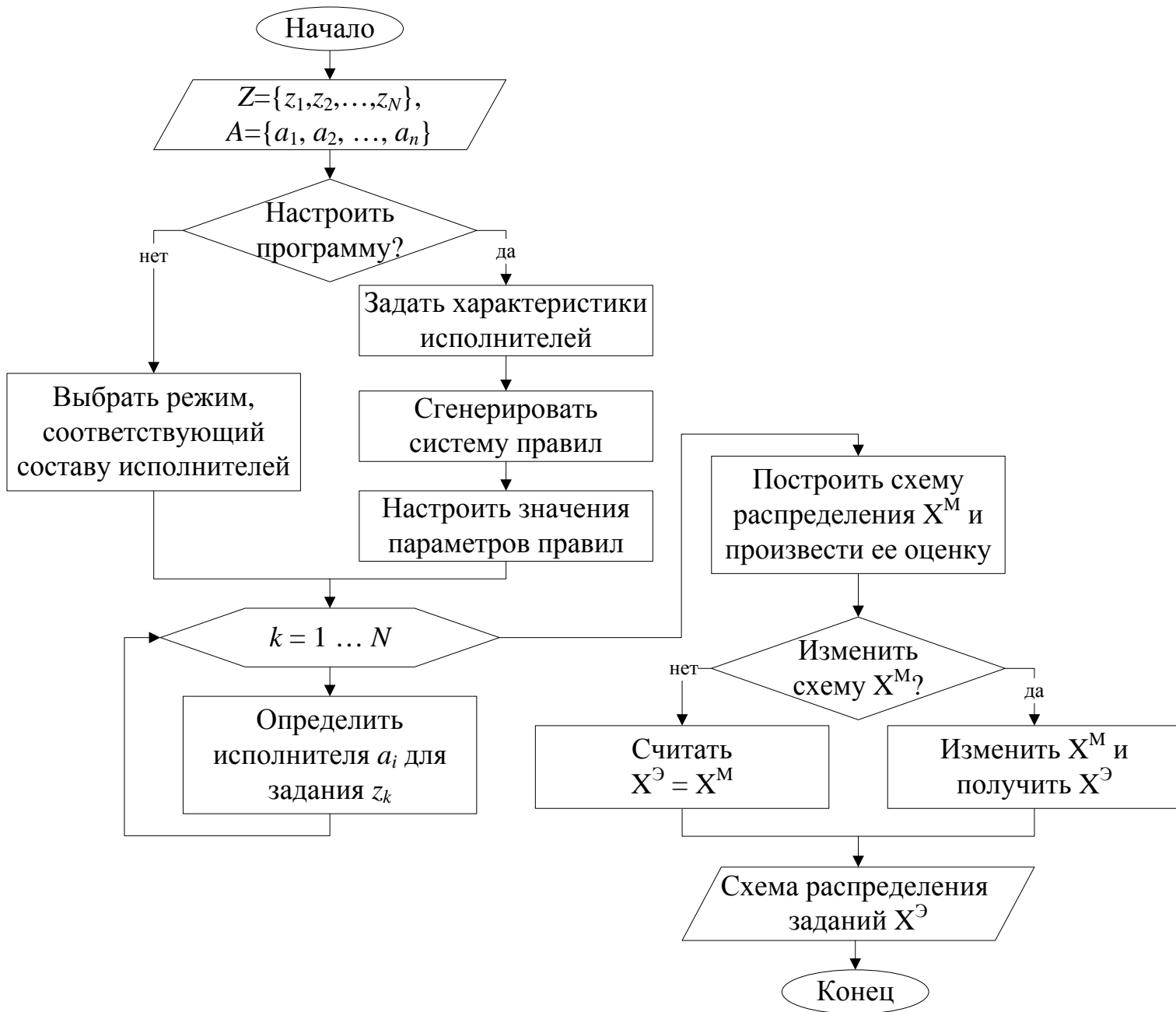
с использованием разработанного программного комплекса



Алгоритм использования программного комплекса при распределении заданий по исполнителям

1. Получить входные данные: множество заданий $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_N\}$, множество исполнителей заданий $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.
2. При необходимости настроить программный комплекс на текущий состав исполнителей (иначе выбрать готовый режим и перейти на шаг 3):
 - 2.1) задать характеристики каждого исполнителя a_i , (i от 1 до n);
 - 2.2) сгенерировать систему нечетко-продукционных правил вида (1), соответствующую текущему составу исполнителей;
 - 2.3) произвести идентификацию значений параметров правил.
3. Подать очередное задание из множества Z на вход алгоритма распределения заданий и определить соответствующего исполнителя.
4. Построить схему X^M распределения заданий по исполнителям (конкретное множество заданий $Z_i^* \in Z$ для каждого исполнителя a_i)
5. ЛПР произвести экспертную оценку схемы распределения заданий X^M и, при необходимости, внести в нее изменения (получить схему X^Θ).
6. Распределить задания по исполнителям согласно окончательной схеме распределения заданий.

Блок-схема алгоритма использования программного комплекса



Интеллектуальная нагрузка на ЛПР при распределении заданий (до и после внедрения программного комплекса)

№ п/п	Основные задачи ЛПР	Способ решения задачи	
		до внедрения	после внедрения
1	Оценка уровня сложности поступившего задания	вручную	автоматически + оценка ЛПР
2	Определение загруженности исполнителей	вручную	автоматически
3	Построение схемы распределения заданий для конкретного состава исполнителей с учетом их работоспособности, квалификации и загруженности	вручную	автоматически + оценка ЛПР

Вывод: автоматизация выбора исполнителей с использованием программного комплекса позволяет существенно снизить интеллектуальную нагрузку на человека, ответственного за распределение заданий (ЛПР).

Оценка времени распределения заданий
(до и после внедрения программного комплекса)
(в среднем 35 заданий в день)

№ п/п	Основные задачи ЛПР	Среднее время решения задачи, мин	
		до внедрения	после внедрения
1	<i>Оценка уровня сложности 1 задания</i>	5	1
	Оценка уровня сложности 35 заданий	$5 \times 35 = 175$	$1 \times 35 = 35$
2	Определение загруженности исполнителей	5	0,5
3	Построение схемы распределения заданий для конкретного состава исполнителей с учетом их работоспособности, квалификации и загруженности	10	2
Итого:		190	37,5

Вывод: автоматизация выбора исполнителей с использованием программного комплекса позволяет повысить среднюю скорость принятия решений на 80,3% (уменьшить время, затрачиваемое ЛПР на принятие решений, в 5 раз)

Внедрение и использование результатов диссертации

Решенная задача	Объект внедрения	Место внедрения
Распределение заданий по ведению реестра операторов персональных данных	Автоматизированная система электронного документооборота	Управление Роскомнадзора по Республике Татарстан
Обновлены разделы программы учебного курса повышения квалификации специалистов в области информационной безопасности	Учебный курс повышения квалификации: «Обеспечение безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных»	Учебно-научный центр информационной безопасности
Разработаны новые разделы программ учебных дисциплин подготовки бакалавров направления «Информационная безопасность» и магистров направления «Информатика и вычислительная техника»	Учебные дисциплины: «Системы электронного документооборота», «Базы знаний интеллектуальных систем»	Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева-КАИ

Выводы

1. На основе анализа существующей системы электронного документооборота (СЭД) и нечетких методов рационального выбора альтернатив сформулирована задача и обоснована необходимость разработки математического и программного обеспечения автоматизации распределения заданий по ведению реестра операторов персональных данных.
2. Разработано математическое обеспечение для распределения заданий в СЭД:
 - 2.1) нечетко-продукционная модель распределения заданий, представляющая собой совокупность систем нечетко-продукционных правил, соответствующих конкретному числу и составу исполнителей заданий, и алгоритма логического вывода на правилах;
 - 2.2) алгоритм логического вывода, позволяющий распределять задания различного уровня сложности по исполнителям с учетом их числа, состава, квалификации, работоспособности и текущей загруженности;
 - 2.3) эффективный численный метод идентификации значений параметров функций принадлежности в правилах модели, позволяющий сформировать нечеткие категории загруженности исполнителей;
 - 2.4) эффективный численный метод идентификации значений достоверности нечетких правил, позволяющий определить полезность выбора исполнителей;
 - 2.5) эффективный численный метод оценки адекватности модели, основанный на сравнении результатов ее работы с эталонными схемами распределения заданий.
3. На основе предложенных методов и алгоритма реализован программный комплекс, позволяющий автоматизировать процесс распределения заданий в СЭД.

Выводы (продолжение)

4. Проведены исследования оценки эффективности разработанного математического обеспечения. Результаты исследований показали, что предложенная нечетко-продукционная модель распределения заданий является адекватной, а ее точность составляет 95,18%, что существенно превышает точность других нечетких методов рационального выбора альтернатив.

5. Произведено внедрение программного комплекса в виде прикладной подсистемы «Распределение заданий по ведению реестра операторов персональных данных» в автоматизированную систему электронного документооборота Территориального органа Роскомнадзора.

Практическое использование программного комплекса позволило:

- существенно снизить интеллектуальную нагрузку на человека, ответственного за принятие решений по распределению заданий;
- повысить скорость принятия решений в среднем на 80,3% (уменьшить время, затрачиваемое ЛПР на принятие решений, в 5 раз).

5. Результаты проведенных исследований и апробации показали эффективность разработанного математического обеспечения и его пригодность к решению практических задач распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота с высокой степенью точности.

Спасибо за
внимание!