

На правах рукописи

Сакр Садек Саллам Нассер

**МОДЕЛЬ, МЕТОДИКА И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Специальность 05.13.06

«Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (промышленность)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2015

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университете «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), на кафедре автоматизированных систем обработки информации и управления.

Научный руководитель: Падерно Павел Иосифович, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Горохов Владимир Леонидович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательного учреждения высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Ивакин Ян Альбертович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории объектно-ориентированных геоинформационных систем.

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

Защита диссертации состоится «12» октября 2015г. в 14-00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.07 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу:

197376, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайте <http://www.eltech.ru>.

Автореферат разослан «01» июля 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.07

К.Т.Н

Цехановский В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования: В последние годы значительно изменилась структура деятельности в различных областях труда, меняются и риски, связанные с возможными заболеваниями, обусловленными появлением принципиально новых автоматизированных рабочих мест. В то же время возрастают роль и значение управления рисками на производстве как инструмента снижения потерь и повышения эффективности национальных экономик. Значение этого инструмента возрастает из-за роста самих рисков, что является общемировой тенденцией, обусловленной усложнением функционирования современного общества.

Однако подходы и способы управления профессиональными рисками меняются крайне медленно, что обусловлено недостаточной формализацией методик оценки рисков (имеющиеся методики основаны практически на устном счете) и слабым использованием возможностей современных информационных технологий. Данный факт связан с тем, что изначально, а зачастую и по сей день оценкой производственных рисков, связанных с производством, занимались медики (травмы, несчастные случаи и др.), а также небольшая группа социальных работников, знания которых в области автоматизации обработки данных не соответствуют современным возможностям информационных технологий. Оценки профессиональных рисков на производстве в настоящий момент основаны на устаревших данных, носят балльный характер, и в основном относятся к травмоопасности и др., оставляя в стороне возможное возникновение хронических заболеваний, обусловленных спецификой профессии и производства.

Это противоречие приводит к необходимости автоматизации процедуры анализа и оценки производственных рисков для различных видов деятельности, что реализуется только на основе использования современных информационных технологий. Для этого необходима разработка автоматизированной системы оценки производственных рисков (АСОПР), интегрированная в имеющуюся АСУП и расширяющая ее возможности. Включение в систему соответствующих баз данных (БД) и баз знаний (БЗ) позволит объективно и комплексно определить влияние факторов рабочей среды, особенностей деятельности (информационной нагрузки, сложности деятельности и др.) и компонент рабочего места (РМ) на здоровье операторов.

Анализ производственного риска с использованием БД и БЗ позволяет производить оценку (расчет) по различным факторам риска, а также учитывать возможные совокупные влияния различных, в том числе и взаимосвязанных факторов профессионального и эргономического риска.

Использование информационных технологий даёт возможность построить автоматизированную систему, учитывающую имеющиеся наработки, содержащую данные о факторах, влияющих на здоровье и самочувствие людей разных профессий, работающих в различных производственных условиях. Зная зависимость влияния различных факторов на человека, можно свести их воедино и, используя соответствующие алгоритмы, получить объективную оценку профессиональных рисков.

Процесс создания подобной системы включает следующие этапы:

- анализ используемых моделей и методик оценки производственных рисков;
- построение модели производственного риска;
- разработка методики оценки производственного риска и комплекса соответствующих алгоритмов;
- построение инфологических и даталогических моделей предметной области для последующей реализации их в среде универсальной СУБД;
- разработка структуры АСОПР;
- реализация АСОПР и БД в среде программирования;
- тестирование и отладка отдельных компонент АСОПР и их использование на отдельных предприятиях.

Целью диссертационной работы является расширение возможностей АСУП по управлению производством за счет включения в нее АСОПР.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- проведение анализа методов оценки производственных рисков для различных видов деятельности;
- построение модели производственного риска;
- разработка методики оценки производственных рисков на основе обработки мнений экспертов;
- разработка и реализация комплекса алгоритмов, реализующих основные этапы вышеуказанной методики;
- разработка структуры и создание основных компонент АСОПР и их программная реализация.

Объект исследования – профессиональные риски.

Предмет исследования – модели и алгоритмы автоматизированной оценки профессиональных рисков на производстве.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Модель производственного риска.
2. Методика оценки производственного риска.
3. Комплекс алгоритмов, реализующих оценку производственного риска.
4. Структура и основные компоненты АСОПР.

Новизна выносимых на защиту научных результатов:

1. Разработанная модель производственного риска, отличается от известных иерархичностью структуры, а также тем, что позволяет учитывать мнения (отсутствие мнений) различных экспертов и, в соответствии с ними адаптировать модель к условиям конкретного производства.

2. Методика, реализующая оценку производственного риска, отличается не только возможностью комплексного учета влияния различных факторов производства на здоровье работника и компетентности экспертов, за счет различных способов обработки мнений экспертов, но и способом комплексирования полученных результатов.

3. Комплекс алгоритмов является новым для данной проблемной области и может быть положен в основу при реализации АСОПР.

4. Структура и основные компоненты АСОПР.

Структура и основные компоненты АСОПР являются новыми для области анализа рисков: включают БД и БЗ, содержащие комплекс разработанных алгоритмов; обеспечивают всестороннюю информацию об объектах, а также обработку имеющейся информации в соответствии с разработанными моделью и методикой и обмен информацией внутри АСУП.

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечивается корректным использованием математического аппарата, подтверждается апробацией полученных результатов, а также их использованием при решении практических задач.

Теоретическая значимость

Разработанная модель, методика оценки рисков и реализующие ее алгоритмы могут быть использованы при решении широкого класса научных задач, связанных с обработкой мнений экспертов.

Практическая значимость

Практическая значимость работы обусловлена её прикладной направленностью – автоматизированной оценкой профессиональных рисков на базе созданного алгоритмического и информационно-программного обеспечения, а также практической апробацией отдельных компонент АСОПР.

Методы исследования. В работе использовались методы экспертных оценок, анализа иерархий, теории множеств, теории графов, теории баз данных и баз знаний.

Апробация работы: Результаты исследований докладывались на:

Научной конференции «XXXIX Гагаринские чтения» 09.04.2013, Москва;

XIII Международной научной конференции «Психология и эргономика единство теории и практики» 24.09-25.09.2013, г. Тверь;

Научно-практической конференции «Геополитические факторы устойчивого развития Арктики и инновационные технологии прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций», 15.11-16.11. 2013 г. СПб;

Международной научно-практической конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика» 2014, СПб;

XX международной научно-методической конференции СПбГЭТУ «ЛЭТИ» «Современное образование, технологии, качество» 23.04.2014, СПб;

II Международной научно-методической конференции «Безопасность в строительстве» СПбГАСУ 27–28 ноября 2014 г.

Внедрение результатов исследования. Результаты диссертационной работы внедрены и использованы в учебном процессе СПбГЭТУ «ЛЭТИ», в работах ОАО «Корпорация «Аэрокосмическое оборудование» и ООО «ИНТЕРДУМ» о чем имеются соответствующие акты.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе: 5 работ в рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень изданий, рекомендуемых ВАК; 1 статья в зарубежном научно-техническом сборнике (*Scopus*), 6 материалов докладов. Имеется свидетельство о регистрации Программного продукта.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Общий объём работы – 200 стр., в том числе – рисунков 41, таблиц 14, список литературы – 84 назв., приложения – 4.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы; определены: цель, задачи, объект и предмет исследования, выносимые на защиту научные результаты и их научная новизна, достоверность основных положений и выводов, теоретическая и практическая значимость, методы исследования, апробация и внедрение результатов диссертации, публикации, структура и объём диссертации.

В главе 1 проведены обзор и анализ проблемы идентификации и оценки производственных рисков. Исследованы используемые критерии классификации рисков, конкретные классификации по различным признакам и проведен анализ основных подходов к идентификации, прогнозированию и оценке рисков. Проанализированы наиболее известные информационные системы, используемые в области оценки и управления различными рисками, выявлены их особенности и ограничения. Несмотря на достаточно большое число систем оценки рисков в различных областях, на рынке отсутствуют АСОПР, позволяющие сформировать иерархическую модель рисков и получить необходимые оценки с учетом особенностей производства, рабочего места и профессии работника, и предполагающие интеграцию в имеющиеся АСУП. Все вышесказанное и предопределило тему настоящей диссертационной работы.

Глава 2 посвящена разработке модели и методики комплексной оценки производственных рисков на основе отдельного опроса экспертов.

Модель – иерархия производственных рисков и их значимость.

Начальная вершина иерархии соответствует комплексному риску, промежуточные и высшие вершины соответствуют отдельным показателям риска (факторам), веса элементов отражают вклад соответствующих показателей в комплексную оценку. Сложность предметной области обуславливает необходимость привлечения экспертов к решению задачи формирования и оценки значимости факторов риска.

Формирование модели

Имеется n экспертов, каждый из которых формирует иерархию I_k (рис.1.2) путем удаления элементов и дуг (штрихи) из базовой иерархии I_B (рис 1.1).

Учитывая, что i -й эксперт по каждому показателю имеет свою компетентность, то с использованием модификации метода анализа иерархий, определяется вес (значимость) каждого показателя. В результате мнение каждого эксперта отражает нормированный вектор коэффициентов относительной значимости показателей для каждого уровня иерархии.

После окончания работы экспертов все иерархии объединяются в общую I_P

(рис.1.2). При этом $I_P = \bigcup_{k=1}^n I_k$, $I_P \subset I_B$.

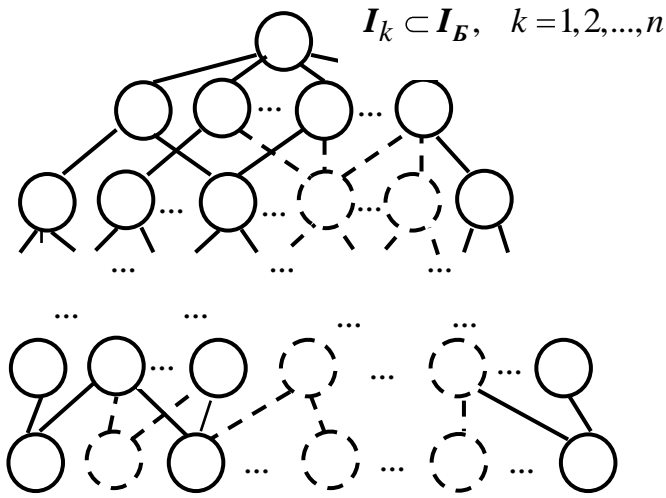


Рис.1.1

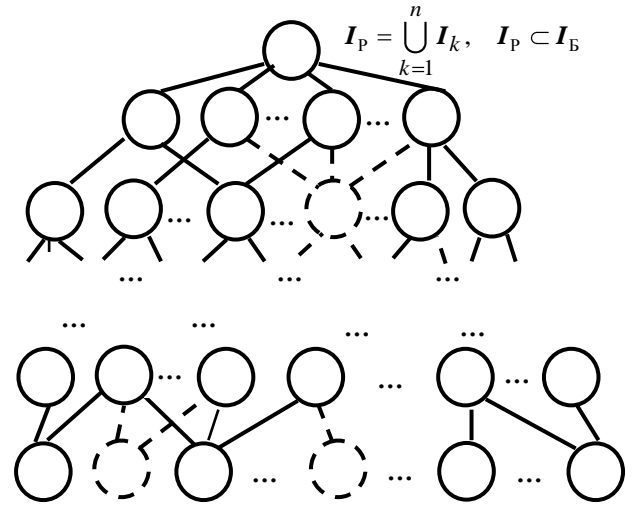


Рис.1.2

Рис.1. Иерархия, полученная от эксперта (рис.1.1) и иерархия после слияния мнений всех экспертов (рис. 1.2). Штрихами выделены удаленные дуги и вершины в каждой из иерархий.

После получения общей иерархии I_P комплексируют мнения экспертов, относительно весов элементов.

Рассмотрим этот процесс на примере *одного* уровня иерархии.

Исходная информация

$U_i = \langle u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ik_i} \rangle$ – элементы (показатели), оставленные i -м экспертом;

$\alpha_i = \langle \alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{ik_i} \rangle$, $\sum_{j=1}^{k_i} \alpha_{ij} = 1$ – веса элементов (показателей);

$Q_i = \langle q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik_i} \rangle$, $0 \leq q_{ij} \leq 1$ – компетентности i -го эксперта по элементам U_i .

Каждому i -му эксперту можно поставить в соответствие вектор

$\bar{S}_i = \langle s_{1i}, s_{2i}, s_{3i}, s_{4i} \rangle$, где: $s_{1i} = \max_{u_{ij} \in U_i} q_{ij}$ – наивысшая, $s_{2i} = \min_{u_{ij} \in U_i} q_{ij}$ – наихудшая, $s_{3i} = \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij}$ –

средняя, а $s_{4i} = \sqrt[k_i]{\prod_{j=1}^{k_i} q_{ij}}$ – нижняя средняя квалификация i -го эксперта. Элементы \bar{S}_i

могут быть использованы и для оценки стабильности компетентности экспертов:

$$s_{1i} - s_{2i} = \max_{u_{ij} \in U_i} q_{ij} - \min_{u_{ij} \in U_i} q_{ij}, \quad s_{3i} - s_{4i} = \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} - \sqrt[k_i]{\prod_{j=1}^{k_i} q_{ij}}.$$

Образуем полное множество показателей уровня $U = \bigcup_{i=1}^n U_i = \langle u_1, u_2, \dots, u_m \rangle$.

При оценке весомости показателей каждого уровня сначала вычисляют значения, характеризующие известность этих показателей

$$d_j = G(u_j) / n \cdot 100\% = \sum_{i=1}^n g_i(u_j) / n \cdot 100\%, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad G(u_j) = \sum_{i=1}^n g_i(u_j), \quad g_i(u_j) = \begin{cases} 1, & u_j \in U_i, \\ 0, & u_j \notin U_i. \end{cases}$$

Значение d_j показывает процент экспертов, у которых j -й показатель присутствовал на нижнем уровне. Все показатели разделены на 5 категорий: $d_j \geq 85\%$ — общеизвестные; $60\% \leq d_j < 85\%$ — известные (признанные); $35\% \leq d_j < 60\%$ — среднеупотребительные; $15\% \leq d_j < 35\%$ — редкие; $d_j < 15\%$ — очень редкие. Различие категорий показателей *учитывается при выборе способов* вычисления комплексных коэффициентов относительной значимости.

Предложен ряд способов для вычисления коэффициентов относительной значимости показателей в зависимости от их известности.

1. Для общеизвестных показателей используется средневзвешенное арифметическое: $\bar{\alpha}_A(R) = \sum_{i: g_i(R)=1} \alpha_i(R) q_i(R) / \sum_{i: g_i(R)=1} q_i(R)$.

Для вычисления коэффициентов относительной значимости показателей других категорий (не являющихся общеизвестными) логика способов основана на необходимости учета факта, что показатель не назвало большое число экспертов.

Вес показателя должен быть занижен.

Разработаны и проанализированы следующие варианты.

2. Для известных $60\% \leq d_j < 85\%$ и средне употребительных $35\% \leq d_j < 60\%$.

Используются мнения и компетентность экспертов, включивших данный показатель в уровень иерархии, а остальные учитываются как «виртуальной» эксперт с нулевым мнением. Коэффициент значимости показателя может быть получен по формуле $\bar{\alpha}_{Ah}(R) = \sum_{i: g_i(R)=1} \alpha_i(R) q_i(R) / \left(\sum_{i: g_i(R)=1} q_i(R) + q_h(R) \right)$, где $q_h(R)$ компетентность виртуального эксперта, h — номер способа ее назначения:

$$q_1(R) = \min_{i: g_i(R) \neq 1} s_{2i}(R). \quad q_2(R) = \max_{i: g_i(R) \neq 1} s_{1i}(R). \quad q_3(R) = \sum_{i: g_i(R) \neq 1} s_{2i}(R) / (n - G(R)). \quad q_4(R) = \sum_{i: g_i(R) \neq 1} s_{1i}(R) / (n - G(R)).$$

3. Для редких $15\% \leq d_j < 35\%$ и очень редких $d_j < 15\%$ показателей учитывается мнение *только тех* экспертов, которые включили элемент в уровень иерархии, а мнение остальных игнорируется. Снижение значимости достигается использованием средневзвешенного геометрического, которое повышает влияние низких оценок, поставленных экспертами с высоким уровнем компетентности:

$$\bar{\alpha}_\Gamma(R) = \sum_{i: g_i(R)=1} q_i(R) \sqrt{\prod_{i: g_i(R)=1} \alpha_i(R)^{q_i(R)}} = \exp \left(\frac{\sum_{i: g_i(R)=1} q_i(R) \cdot \ln \alpha_i(R)}{\sum_{i: g_i(R)=1} q_i(R)} \right).$$

4. Возможно также использование следующих способов:

4.1. Учитываются мнения *только тех* экспертов, которые оставили данный показатель. Снижение значимости достигается за счет использования средневзвешенного арифметического и сниженных компетенций экспертов:

$$\bar{\alpha}_h(R) = \sum_{i: g_i(R)=1} \alpha_i(R) p_{hi}(R) / \sum_{i: g_i(R)=1} q_i(R), \text{ где } p_{hi}(R) - \text{ сниженная компетентность}$$

$$\text{экспертов: } p_{1i}(R) = \begin{cases} q_i(R), & \text{если } q_i(R) \leq s_{3i} \\ s_{3i}, & \text{если } q_i(R) > s_{3i} \end{cases} \quad p_{2i}(R) = \begin{cases} q_i(R), & \text{если } q_i(R) \leq s_{4i} \\ s_{4i}, & \text{если } q_i(R) > s_{4i} \end{cases} \quad p_{3i}(R) = s_{2i}.$$

4.2. Учитываются мнения всех экспертов, которые оставили данный показатель с понижением компетентности и добавлением виртуального эксперта:

$$p_{hi}(R) \bar{\alpha}_{Av}(R) = \sum_{i: g_i(R)=1} \alpha_i(R) q_i(R) / \left(\sum_{i: g_i(R)=1} q_i(R) + \sum_{i: g_i(R)=0} p_{vi}(R) \right), \quad p_{1i}(R) = s_{2i}, p_{2i}(R) = s_{3i}, p_{3i}(R) = s_{4i}.$$

После получения всех коэффициентов значимости элементов данного уровня реализуется операция их нормирования: $\bar{\alpha}_{NiR} = \bar{\alpha}_i(R) / \sum_i \bar{\alpha}_i(R)$, которой и заканчивается работа на данном уровне.

Процесс повторяется для всех уровней иерархии.

Получением вектора значимостей показателей нижнего уровня иерархии (всех уровней), заканчивается построение *модели* – иерархической структуры рисков, комплексирующей и в структуре, и в весах отдельных показателей мнения (отсутствие мнений) экспертов.

Методика оценки профессиональных рисков

Методика оценки профессиональных рисков включает следующие этапы:

Этап 1. Строится базисная иерархическая модель профессиональных рисков для типовых РМ, рабочих пространств, специфики работы и условий труда.

Построение базисной модели вызвано необходимостью избежать путаницы при заочной работе экспертов. Обобщенная модель предъявляется экспертам для последующей корректировки.

Этап 2. Каждый из экспертов удаляет из базисной модели незначимые, по его мнению, риски или группы рисков. Для своей частной иерархии каждый из экспертов высказывается относительно сравнительной значимости различных рисков (групп рисков). Мнения каждого эксперта обрабатываются в соответствие с модифицированным методом анализа иерархий, при этом учитывается компетентность эксперта относительно различных групп показателей рисков.

Частные иерархические модели передаются для комплексирования.

Этап 3. Строится комплексная иерархическая модель рисков путем объединения иерархий, построенных каждым экспертом. Полученная иерархия

рисков для анализируемого рабочего места может быть использована для оценки профессиональных рисков работающих на нем сотрудников.

Этап 4. Производится пересчет весов дуг и узлов (рисков) для полученной комплексной иерархии с учетом квалификации и числа экспертов, посчитавших значимой конкретную дугу (узел). Результатом является получение общих оценок значимостей элементов комплексной иерархии рисков на основании мнений всех экспертов. Естественно, что больший вес приобретают показатели, указанные большим числом экспертов.

Данным этапом заканчивается реализация построения модели.

Этап 5. Получение экспертных оценок для профессиональных рисков (показателей нижнего уровня иерархии) для конкретного РМ.

Все показатели предварительно приводятся к единой нормированной шкале оценок для корректного их последующего комплексирования. Для этого, путем соответствующей обработки мнений экспертов, устанавливаются поддиапазоны для частных показателей и вычисляются значения для этих поддиапазонов.

Рассматривая модель, эксперты (может быть другие) определяют значения показателей нижнего уровня иерархии: $B_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ir}), i = 1, 2, \dots, k$.

Этап 6. Комплексирование полученных частных оценок по различным показателям и факторам $\bar{b}_l = \frac{\sum_{i=1}^k q_i \cdot b_{il}}{\sum_{i=1}^k q_i}, l = 1, 2, \dots, r$. Это дает возможность распределить факторы по степени риска, выстраивая их в определенной последовательности.

Этап 7. Получение интегральной оценки $I = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \bar{b}_i$.

Наличие единой оценки позволяет всесторонне отразить производственный риск на конкретном рабочем месте.

Использование предложенных модели и методики является научно-методической основой для автоматизации оценки производственных рисков.

В главе 3 представлены алгоритмы анализа профессиональных рисков и предложена автоматизированная система оценки профессиональных рисков (АСОПР).

Для решения задач автоматизации процедуры анализа и оценки производственных рисков разрабатывается АСОПР. Включение в АСОПР БД и БЗ позволяет достаточно объективно и комплексно определять влияние различных факторов рабочей среды, особенностей деятельности (информационной нагрузки, сложности деятельности и др.) и отдельных компонент РМ на утомляемость

операторов. Использование БД и БЗ позволяет учитывать все возможные совокупные влияния факторов профессионального и эргономического риска, которые, в свою очередь, взаимосвязаны между собой.

Разработан комплекс алгоритмов, поддерживающих автоматизированное выполнение всех этапов реализации приведенной методики оценки производственных рисков.

Рассмотрим некоторые алгоритмы, реализующие решение основных задач.

1. Построение базисной иерархии факторов и показателей риска.

Автоматизированный процесс построения базисной иерархической модели для оценки производственных рисков включает следующие операции:

Оп1 – выбор отрасли промышленности;

Оп2 – определение типа рабочего места;

Оп3 – выбор группы факторов риска для данного рабочего места на основе классификаторов ГОСТ;

Оп4 – выбор всего возможного спектра факторов и показателей риска для данного рабочего места.

Построение базисной иерархии.

Блок-схема алгоритма построения базисной иерархии представлена на рис.2.

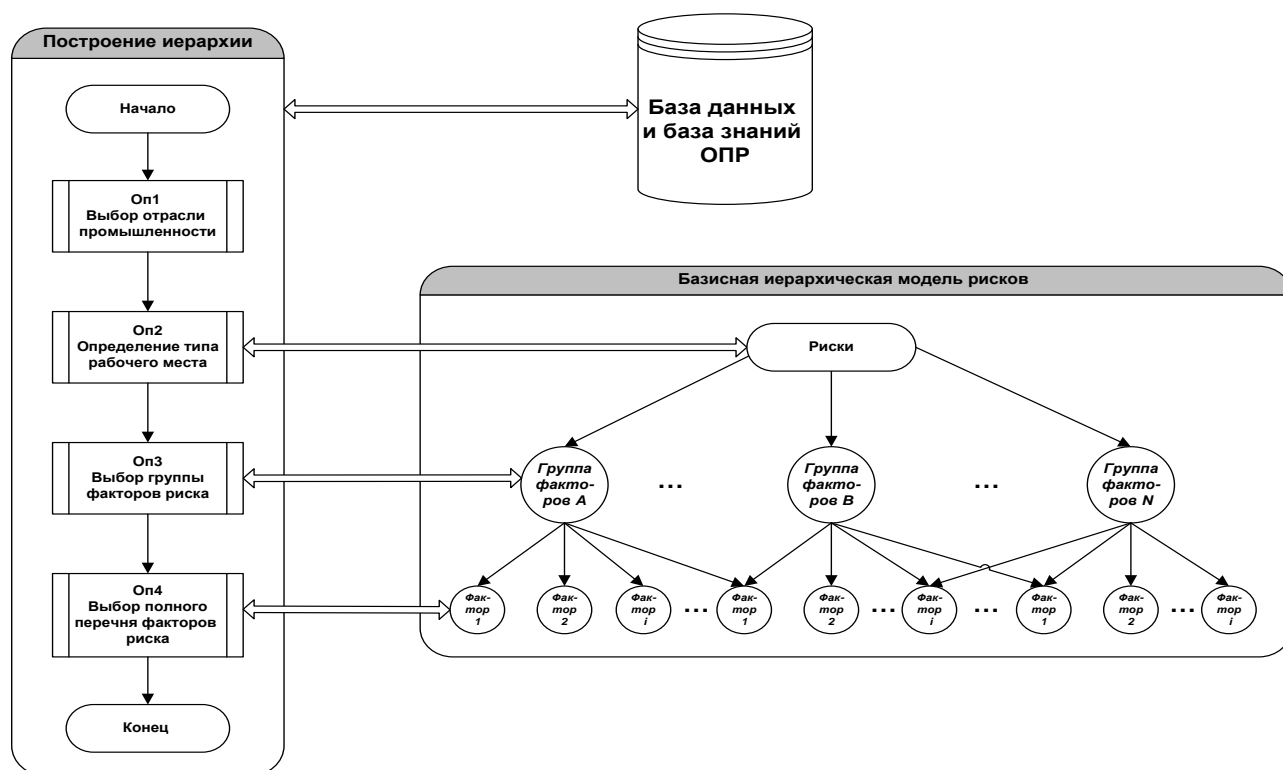


Рис.2 Алгоритм построения базисной иерархической модели

При выполнении соответствующих операций необходимо использовать информацию из БД и БЗ. Реализация процесса автоматизированной оценки

производственных рисков в АСОПР предполагает использование технологий баз данных и создания БД оценки профессиональных рисков (БДОПР).

При создании полной обобщенной модели данных для построения БДОПР необходимо учесть информацию обо всех объектах предметной области и их связях. К таким объектам, относятся: пользователи (*Users*); эксперты (*Experts*); модели рисков (*Models*); риски (*Risks*); факторы рисков (*Factors*); типы промышленности (*Industry*); профессии (*Profession*).

2. Комплексирование частных оценок (рис.3).

Данный алгоритм реализует выполнение этапа 4 методики оценки профессиональных рисков, т.е. операции комплексирования мнений экспертов и вычисления значимостей показателей.

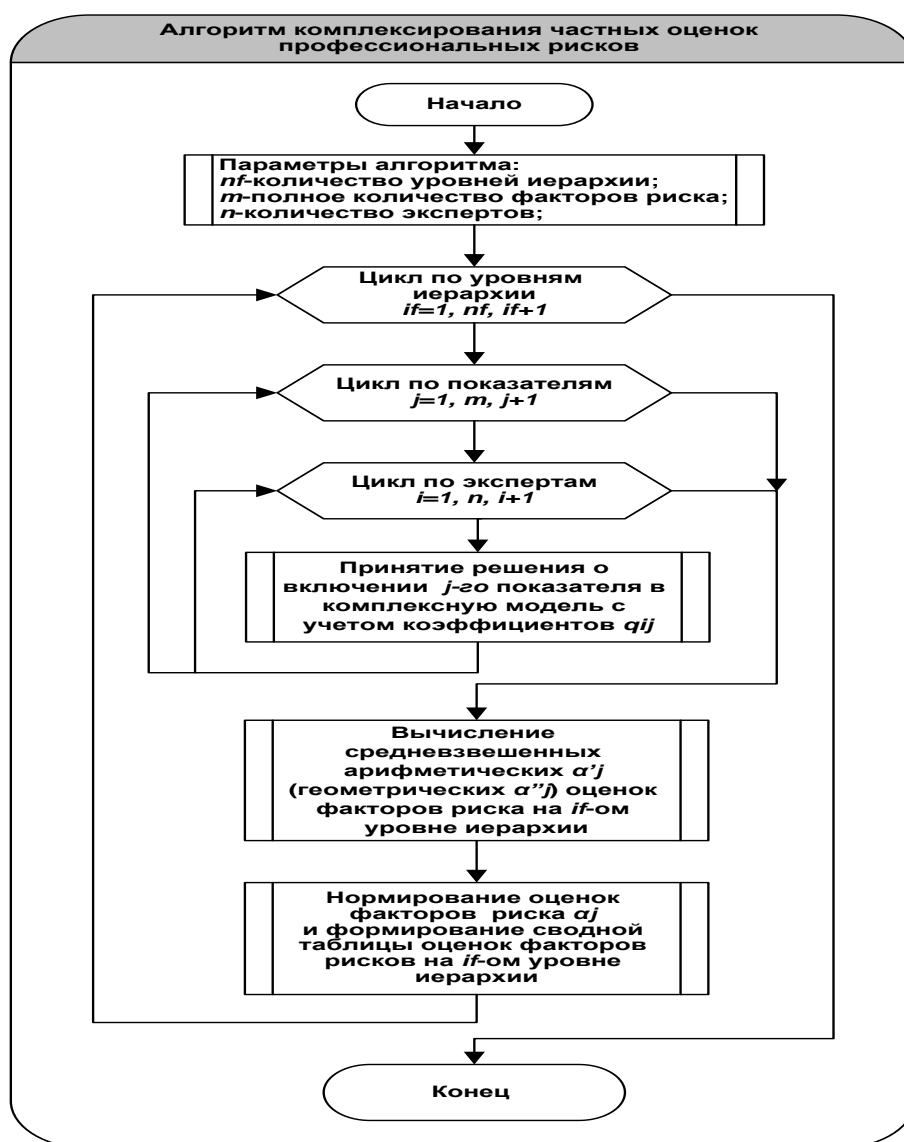


Рис. 3 Алгоритм комплексирования частных оценок различных показателей

На основе анализа современных подходов и методов построения информационных систем разработана обобщенная структура АСОПР, представленная на рисунке 4.

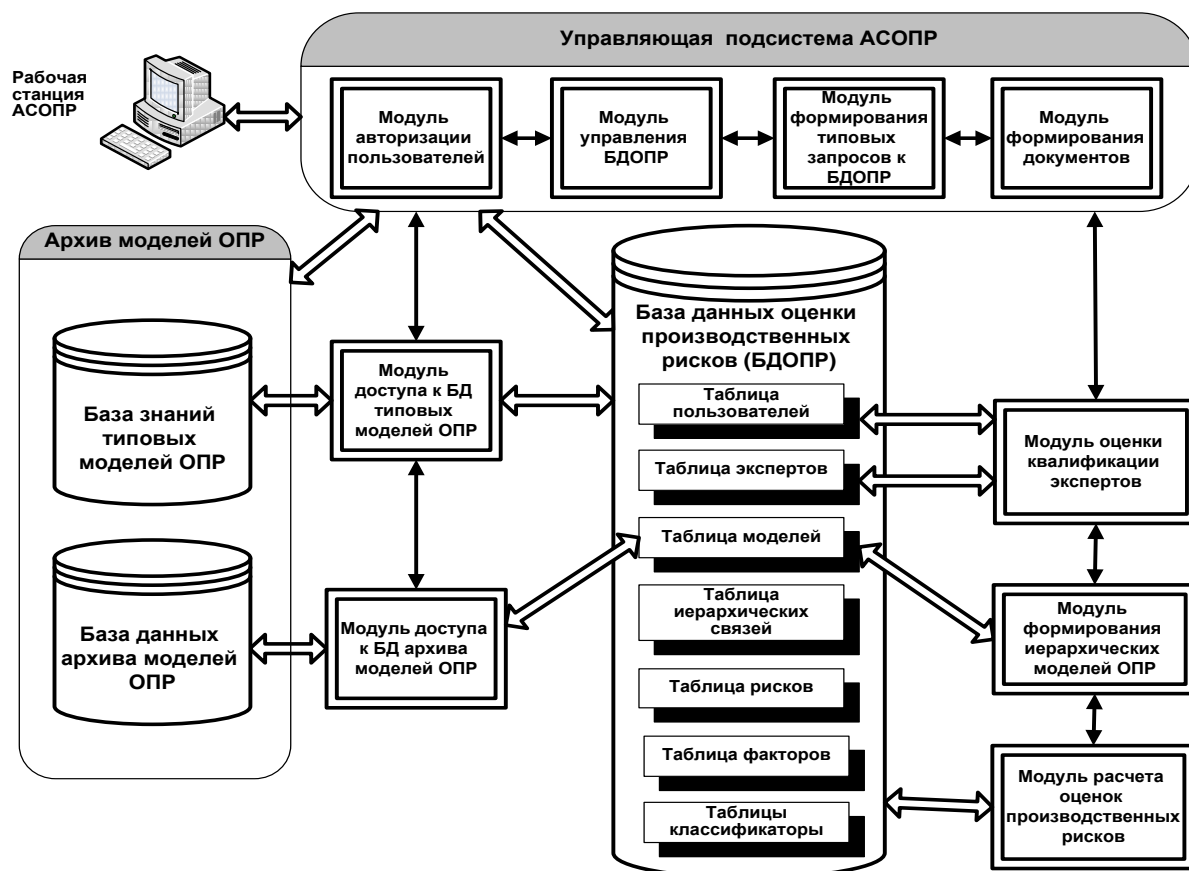


Рис.4 Структура АСОПР

Основным объектом хранения БД ОПР является *иерархическая модель (ИМ) оценки производственных рисков (ОПР)*, которая отражает структуру производственных рисков и их оценки для определенного рабочего места. Данная модель хранится в БДОПР в виде совокупности связанных таблиц, перечень которых и их взаимосвязи рассмотрены выше. Дополнительными элементами хранения данных в системе являются:

БД типовых моделей ОПР, также построена на основе реляционной модели данных и содержит связанную совокупность таблиц, ориентированных на хранение информации о типовых моделях ОПР, используемых для наиболее распространенных рабочих мест во всех областях промышленности. Типовые модели ОПР могут являться прототипами для оценки рисков и построения новых моделей в случае создания нетиповых (новых) РМ.

БД архива моделей ОПР, предназначенная для хранения законченных решений по оценке производственных рисков для конкретных типов производств и может служить основой для построения новых моделей и поиска готовых решений.

Основные функции по ведению БДОПР, формированию моделей ОПР и выпуску документов выполняет *управляющая подсистема АСОПР*, включающая следующие модули:

Модуль авторизации пользователей – предназначен для регистрации и входа пользователя системы в среду БДОПР.

Модуль управления системой ОПР – служит для выбора и инициализации основных функций системы и реализует диалоговый интерфейс с пользователями системы.

Модуль формирования типовых запросов к БДОПР – используется для реализации основных функций по ведению БДОПР, включающих запросы поиска, удаления и добавления информации.

Модуль формирования документов – обеспечивает формирование и печать комплекта документов по оценке производственных рисков для конкретного рабочего места.

Модуль оценки компетенции экспертов – предназначен для определения коэффициента компетенции эксперта в зависимости от его квалификации, стажа работы в данной предметной области и уровня знаний, определяемых в результате заполнения опросных листов по каждой группе параметров (рисков).

Модуль формирования иерархических моделей ОПР – служит для формирования и редактирования ИМОПР всех уровней, начиная от типовой обобщенной ИМОПР и заканчивая комплексной ИМОПР, построенной на основе анализа частных моделей, предложенных экспертами. Построение ИМОПР выполняется в рамках диалогового сеанса с пользователем системы и позволяет подключать вспомогательные встроенные «мастера» для упрощения процесса построения моделей.

Модуль расчета оценок производственных рисков – реализует необходимые вычисления для получения количественных оценок производственных рисков.

Модуль доступа к БД типовых моделей ОПР – служит для поиска и извлечения моделей оценки производственных рисков для типовых рабочих мест, кроме того он позволяет сохранить текущую модель ОПР в качестве типовой.

Модуль доступа к БД архива моделей ОПР – предназначен для перемещения в архив готового решения, полученного для конкретного РМ или типа РМ. Сохраненное решение может быть в дальнейшем использовано для повторной оценки производственных рисков в случае изменения условий труда.

Особенностью предложенной структуры АСОПР, как подсистемы АСУП, является открытость системы к возможным изменениям нормативов в области охраны труда и возникновению новых типов РМ и производств.

В главе 4 описаны подходы к реализации подсистем АСОПР. Обоснован выбор среды программирования и универсальной СУБД. Рассмотрены особенности реализации управляющей подсистемы и диалоговых форм взаимодействия с пользователем, подробно представлен модуль расчета оценок производственных рисков.

Приведен пример применения АСОПР для оценки производственных рисков..

Для реализации эффективного приложения базы данных *DB-Industrial Risks* была выбрана наиболее распространенная среда для разработки прикладных программных систем высокой степени сложности *Microsoft Visual Studio 2010*, которая упрощает создание, отладку и развертывание клиентских приложений. В рассматриваемой среде программирования имеются мощные редакторы кода и новейшие средства координирования совместной деятельности разработчиков и дизайнеров. Среда поддерживает создание приложений для любых платформ, включая *Microsoft Share Point®* и *Windows Azure*, и позволяет использовать для написания кода уже имеющиеся навыки, ускоряя тем самым процесс разработки. Интегрированная поддержка разработки через тестирование и новые инструменты отладки позволяют быстро и без труда находить и устранять ошибки, обеспечивая высокое качество решений.

В качестве среды реализации базы данных *DB-Industrial Risks* была выбрана универсальная СУБД *MSSQL-server*, интегрированная в *Microsoft Visual Studio 2010*. Доступ к *Microsoft SQL Server 2005* поддерживается из среды *Common Language Runtime (CLR)*, что позволяет использовать все возможности, предоставляемые *.NET Framework*. Для создания приложения БД *DB-Industrial Risks* использован объектно-ориентированный язык программирования *C#*, включающий широчайший спектр встроенных возможностей классов и методов *.NET Framework*.

Подробно описана управляющая подсистема АСОПР и приведена ее структура на уровне модулей среды программирования.

Разработаны специальные экранные формы, всесторонне обеспечивающие диалог конечного пользователя с АСОПР и поддерживающие визуализацию результатов выполнения основных операций по оценке производственных рисков.

Реализован модуль оценки производственных рисков, включающий 4 этапа:

Этап 1. Эксперт посылает запрос к БД и, в соответствии с типом РМ, получает обобщенную (базовую) иерархическую модель производственных рисков. Если в БД отсутствует требуемая модель, то модель формируется заново.

Этап 2. Эксперт вводит свои суждения относительно рисков или групп рисков, вводя в программу коэффициенты значимости.

Этап 1 и Этап 2 повторяются для всех экспертов, участвующих в оценке.

Этап 3. Вводятся коэффициенты компетентности по каждому эксперту, и автоматически строится модель рисков путем объединения иерархий каждого эксперта.

Этап 4. Осуществляется пересчет весов дуг и узлов для полученной иерархии. Результат расчета выводится в отдельном окне (рис. 5).



Рис. 5 Результат работы модуля расчета производственных рисков

Созданная АСОПР позволяет в автоматизированном режиме в зависимости от типа производства и специфики РМ сформировать иерархическую модель профессиональных рисков, обработать экспертные оценки с учетом важности факторов и квалификации экспертов, рассчитать комплексную оценку риска и передать информацию (через АСУП) руководству предприятия с целью повышения эффективности производства, безопасности труда работника и предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты, полученные на основе проведенных в диссертационной работе исследований.

В приложениях 1 и 2 приведены примерный классификатор рисков для некоторой организации и его реализация в виде иерархической структуры, в приложении 3 – тексты программ, обеспечивающих оценку производственных рисков

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Оценка значимости критериев профессиональных рисков на основе отдельного опроса экспертов/ Е. А. Бурков, С.С.С. Нассер, П.И. Падерно, И.П. Лукин // Известия Лесотехнической Академии. - 2013. - № 202. - С. 168-177.
2. Комплексная оценка условий среды на рабочем месте / Н.А. Назаренко, С.С.С. Нассер, А.В. Осетров, П.И. Падерно //Биотехносфера. – 2013. –№ 3 (27). - С. 11-15.
3. Куракина, Н.И. Автоматизированная система оценки и управления рисками. / Н. И. Куракина, С.С.С. Нассер // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Информатика, управление и компьютерные технологии. - 2013. - № 6 . - С. 78-80.
4. Бурков, Е.А. Поддержка идентификации и оценки рисков на производстве (на примере операторов блочных щитов управления/ Е. А. Бурков, С.С.С. Нассер //Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Информатика, управление и компьютерные технологии. - 2013. - № 3. - С. 32-37.
5. Нассер, С.С.С. Архитектура автоматизированной системы оценки профессиональных рисков / С.С.С. Нассер // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Информатика, управление и компьютерные технологии. - 2015. - № 4. - С. 43-48.

Зарубежная публикация (SCOPUS)

6. *Integrated Environment Assessment at Work Station of a Specialist/ S.S.S. Nasser, P.I. Paderno, N.I. Kurakina, N.A. Nazarenko. //World Applied Sciences Journal. – 2014. - № 32 (6). - P. 1163-1166.*

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:

7. Нассер, С.С.С. Программные windows- приложения для оценки значимости профессиональных рисков / С.С.С. Нассер // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам «РОСПАТЕНТ». – М., 2014.– №2014613791.

Материалы конференций по теме диссертации:

8. Нассер, С.С.С. Информационное обеспечение системы оценки профессиональных рисков/ С.С.С. Нассер// Психология и эргономика: единство теории и практики: материалы XIII Междунар. науч. конф., г. Тверь, 24 – 25 сент. 2013 г. – Тверь, 2013. - Ч. 3. – С. 96-97.
9. Нассер, С.С.С. Автоматизация оценки профессиональных рисков/ С.С.С. Нассер // Психология труда, инженерная психология и эргономика: док. Междунар. науч.-практич. конф., г. С.-Петербург., 3-5 июля 2014 г. – СПб., 2014. – С. 417-422.
- 10.Нассер, С.С.С. Алгоритм оценки профессиональных рисков /С.С.С. Нассер // XXXIX Гагаринские чтения: материалы Междунар. молодежной науч. конф., г. Москва, 9 апр. 2013 г. – М., 2013.
- 11.Нассер, С.С.С. Автоматизированная система поддержки оценки профессиональных рисков (ПОПР) / С.С.С. Нассер// Безопасность в строительстве: материалы II Междунар. науч.-метод. конф., г. С.-Петербург., 27-28 ноя. 2014 г. – СПб., 2014. – С. 162-165.
- 12.Нассер, С.С.С. Способ количественной оценки условий среды на рабочем месте / С.С.С. Нассер // Современное образование, технологии, качество: материалы XX междунар. науч.-метод. конф., г. С.-Петербург., 23 апр. 2014 г. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. - С. 127-128.
13. Нассер, С.С.С. Инновационные технологии в вопросах оценки и управления рисками / С.С.С. Нассер // Геополитические факторы устойчивого развития Арктики и инновационные технологии прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций: материалы науч.-практич. конф., г. С.-Петербург., 15-16 нояб. 2013 г. – СПб., 2013. - С. 54-56.