

ИНФОРМАТИКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

УДК 614.8; 625.62; 503.56
DOI: 10.17223/19988605/44/9

Е.А. Асламова, М.В. Кривов, В.С. Асламова

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Представлена экспертная система для исследования уровня промышленной безопасности методом логико-аксиологического оценивания качества технических систем. Агрегированная оценка уровня безопасности определяется в зависимости от степени выполнения мероприятий (факторов) классов (оценка аудитора), ценности каждого мероприятия и каждого класса в целом для промышленной безопасности (оценки эксперта). Программное обеспечение написано под платформу MS Windows, поддерживающую MS.Net Framework 4.0. Графический интерфейс создан на основе технологии WPF. Для разделения логики приложения от интерфейса применен паттерн проектирования MVVM. В качестве хранилища данных использована СУБД SQLite. С помощью подхода Database-First в Entity Framework 6.0 сгенерирована ORM (Object-Relational Mapping) данных. **Ключевые слова:** классы факторов; агрегированная оценка; экспертная система; объектно-реляционное отображение модели данных; WPF-приложение.

Несмотря на большое число работ в области оценки риска проблема количественного определения уровня промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО) еще не решена [1]. Уровень промышленной безопасности ОПО оценивают, как правило, вероятностно-статистическими методами по значениям таких эксплуатационных характеристик, как число аварий, случаев смертельного травматизма, отношение числа травмированных работников к объему добытой продукции, величина ущерба последствий от аварий и инцидентов и т.п. [2–7]. Следует отметить, что данные показатели не в состоянии адекватно отразить реальную картину, так как, например, число аварий – от 100 до 200 в год, а общее количество поднадзорных ОПО 110 тыс. [2].

1. Логико-аксиологическое оценивание уровня промышленной безопасности

Большой интерес представляет логико-аксиологическое оценивание качества технических систем, методика которого изложена в работах [8–10]. Используем этот метод для оценки уровня промышленной безопасности на ОПО. Гипотеза: снижение безопасности ОПО обусловлено наличием «НЕ-факторов» – некачественная реализация организационных и технологических мероприятий, неподходящие условия труда, неадекватные средства индивидуальной защиты и тому подобное приводят к авариям и профессиональному поражению (профессиональные заболевания и производственный травматизм) работников. Безаварийное функционирование любого ОПО требует совместного действия всех входящих в него подсистем, и ущерб состояния какой-либо подсистемы влечет за собой ущерб безопасности ОПО в целом. Ущерб описывается набором нечетких причинно-следственных связей (продукций) вида: «Если НЕ- A , то НЕ- B », где B относится к оцениваемому компоненту (уровень безопасности), а A – к одной из непосредственно образующих его подсистем, функциональных элементов (факторов). Состояние каждого из компонентов выражается числами из интервала $[0, 1]$. При этом 1 означает полноценное функционирование компонента, а 0 – его утрату. То есть речь идет о нечеткой

истинности суждений «Компонент A функционирует полноценно» и «Компонент B функционирует полноценно». Нечеткость формализует и степень влияния ущерба компонента A на ущерб компонента B , которая оценивается числом из интервала $[0, 1]$. Фактически речь идет об истинности причинно-следственной связи «Ущерб функционирования A влечет ущерб функционирования B ». Истинность этой связи названа *ценностью A для B* .

Система обеспечения безаварийности и промышленной безопасности на ОПО описывается соответствующей системой продукций, например:

НЕ (верно, что)–«обучение и инструктаж персонала проводятся своевременно и качественно» → НЕ (верно, что)–«организационные мероприятия обеспечены и т.п.

Кроме того, используются агрегирующие продукции вида:

НЕ–«организационные мероприятия обеспечены» → НЕ–«уровень промышленной безопасности в норме» и т.д.

Само оценивание выглядит как нечеткий присоединенный вывод на базе знаний (БЗ), сформированной на сложившихся в технической литературе представлениях о принципах безаварийного и безтравматичного выполнения работ на ОПО. Прямой вывод реализуется на основе технологии экспертных систем (знаниевые технологии) как нечеткий присоединенный вывод на БЗ, состоящей из продукций $A \rightarrow B$. Стартовыми фактами выступают оценки состояния исходных функциональных элементов системы производственной безопасности, а результатом – агрегированная оценка уровня промышленной безопасности в целом [11].

2. Диаграмма использования экспертной системы

Программный продукт AREOI (Aggregated Risk Estimate of Industrial Accidents) является практической реализацией информационной системы для проведения экспертизы в рамках исследования уровня промышленной безопасности ОПО. Диаграмма использования экспертной системы (ЭС) AREOI приведена на рис. 1.

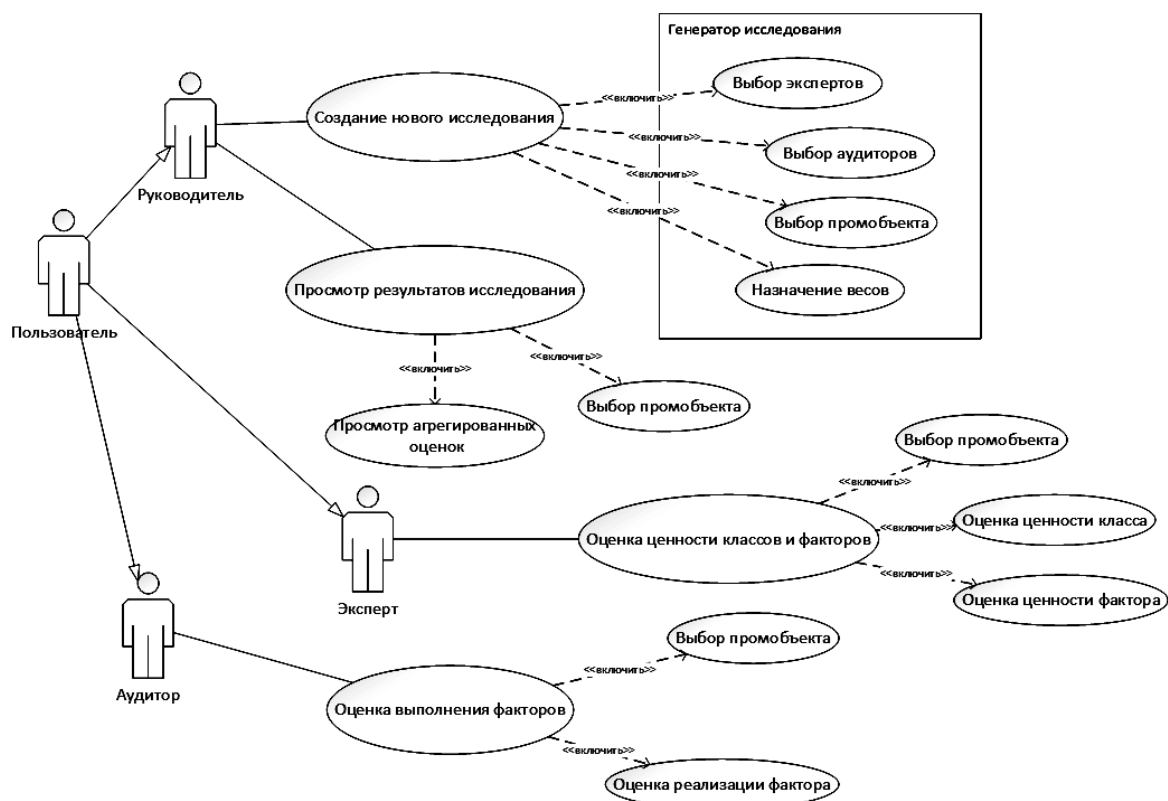


Рис. 1. Диаграмма использования ЭС AREOI

В качестве пользователей могут выступать три категории (разделение прав доступа пользователей предусмотрено, но в данной версии ПО не реализовано): пользователь-руководитель обследования, пользователь-эксперт, пользователь-аудитор.

Пользователь-руководитель обследования может инициировать в программе создание нового обследования (исследования) уровня промышленной безопасности на ОПО. Для реализации этого действия разработан отдельный модуль, который в рамках диалога с пользователем позволяет выбрать производственный объект, назначить аудиторов и экспертов, а также указать значимость (вес) мнения каждого проверяющего.

Для выбора промышленных объектов, экспертов и аудиторов в программе реализована группа расширяемых справочников, и пользователь может в процессе работы привлекать недостающие данные.

Пользователь-эксперт в уже созданном исследовании оценивает ценность влияния каждого фактора на выполнение класса фактора безопасности, а также оценивает степень влияния (ценность) класса на общую оценку уровня промышленной безопасности. После ввода экспертом оценок программа производит перерасчет взвешенной оценки каждого фактора и класса факторов с учетом веса мнения данного эксперта, а также других экспертов, участвующих в обследовании.

Пользователь-аудитор в уже созданном исследовании дает оценку выполнению фактора безопасности на промышленном объекте. После ввода аудитором оценок ЭС производит перерасчет взвешенной оценки каждого фактора с учетом веса мнения данного аудитора, а также других аудиторов, участвующих в обследовании.

3. Архитектура экспертной системы

Архитектура приложения приведена на рис. 2. Программный продукт написан под платформу MS Windows, поддерживающую MS.Net Framework версии 4.0 и выше. То есть программа работает под управлением операционных систем (ОС) MS Windows XP с установленным MS.Net FW 4.0 и более старшими ОС (MS Windows 7, MS Windows 8, MS Windows 10).

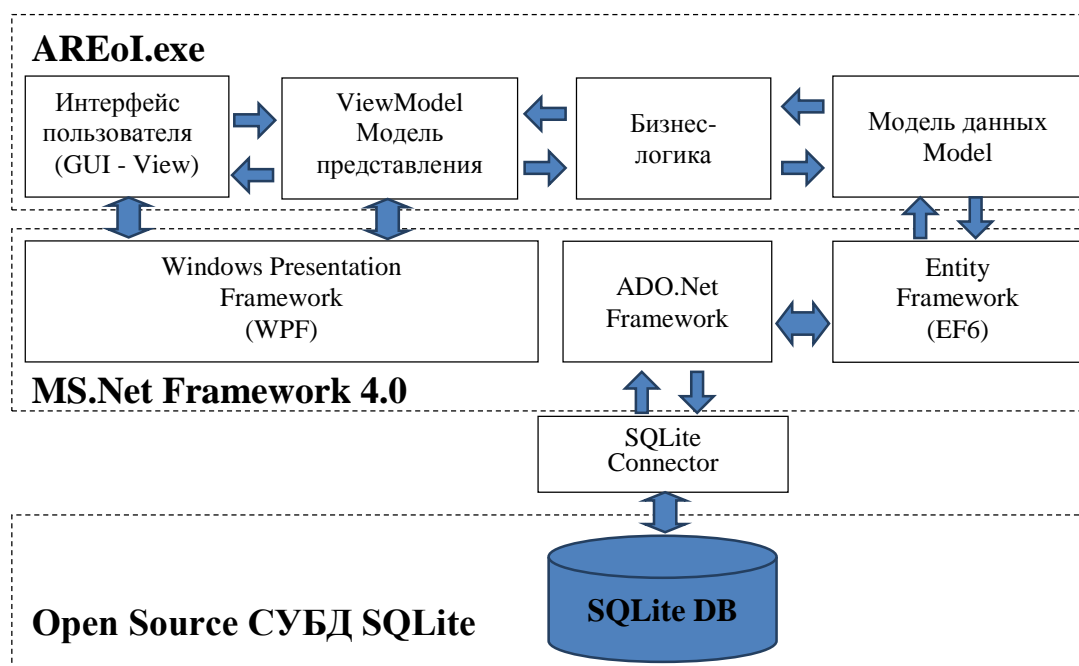


Рис. 2. Архитектура программы AREOI

Программный продукт AREOI является настольным приложением с графическим интерфейсом на основе технологии WPF (Windows presentation foundation). Для разделения логики приложения от интерфейса пользователя был применен паттерн проектирования MVVM (Model–View–ViewModel / модель–представления–модель представления) [12, 13].

Модель представляет бизнес-логику приложения и реализована в формате системы отношений классов сущностей. Эту модель формирует Entity Framework 6.0 [14, 15], являющийся частью платформы MS. Net Framework 4.0. Реализованный в программе механизм взаимодействия с Entity Framework 6.0 считывает из базы данных структуру данных и генерирует данные в форме объектов данных.

В качестве хранилища данных использована свободная (публичное достояние) СУБД SQLite [16]. SQLite представляет внутрипроцессную библиотеку, которая реализует встроенное автономное ядро базы данных SQL без сервера с нулевой конфигурацией. В отличие от большинства других баз данных SQL, SQLite не имеет отдельного серверного процесса. SQLite читает и записывает непосредственно в обычные дисковые файлы. Полная база данных содержится в одном areoi.sqlite. Формат файла базы данных кросс-платформенный, что позволяет свободно копировать базу данных между 32-разрядной и 64-разрядной системами или между различными архитектурами. При всех достоинствах SQLite – это компактная библиотека. При включении всех функций размер библиотеки СУБД может не превышать 500 КБ [17]. С помощью подхода Database-First в Entity Framework 6.0 сгенерирована ORM-модель данных [18]. Имена классов объектной модели классов совпадают с наименованием таблиц БД (таблица).

Структура таблиц базы данных

Имя таблицы данных	Описание сущности
Classes	Множество классов факторов промышленной безопасности
Factors	Множество факторов промышленной безопасности
Expertises	Множество экспертиз промышленной безопасности
Experts	Сведения об экспертах и аудиторах, задействованных в обследовании промышленной безопасности
IndustrialObjects	Множество промышленных объектов
ClassesExpertises	Подмножество классов факторов из Classes, включенных в экспертизы и их экспертная оценка ценности (влияния на промышленную безопасность)
FactorExpertises	Подмножество факторов из Factors, включенных в экспертизу, и их экспертная оценка ценности
FactorsAudits	Оценки аудиторов по экспертизе исполнения факторов промышленной безопасности объектов

Отметим, что в коде, реализующем класс сущности, множественные отношения исполнены обобщенными коллекциями с поддержкой интерфейса ICollection, например такими, как HashSet<...>. В соответствии с паттерном проектирования MVVM, в пространстве имен Areoi.ViewModel созданы модели представлений данных, являющиеся некой оберткой класса (wrapper) модели, поддерживающей интерфейс INotifyPropertyChanged. Реализация данного интерфейса на основе фреймов позволяет динамически обновлять содержимое связанных элементов управления пользовательского интерфейса при изменении данных [12, 13]. То есть главное окно программы, реализованное классом MainWindow, содержит контейнер для размещения фреймов и привязку к контексту данных ApplicationViewModel. В соответствии с диаграммой использования (см. рис. 1) контроллер приложения привязывает представления из пространства имен Areoi.Views, реализованные в виде компонентов, наследуемых от базового класса System.Controls.Frame.

4. Руководство по использованию экспертной системы

При запуске приложения открывается основной экран программы (рис. 3).

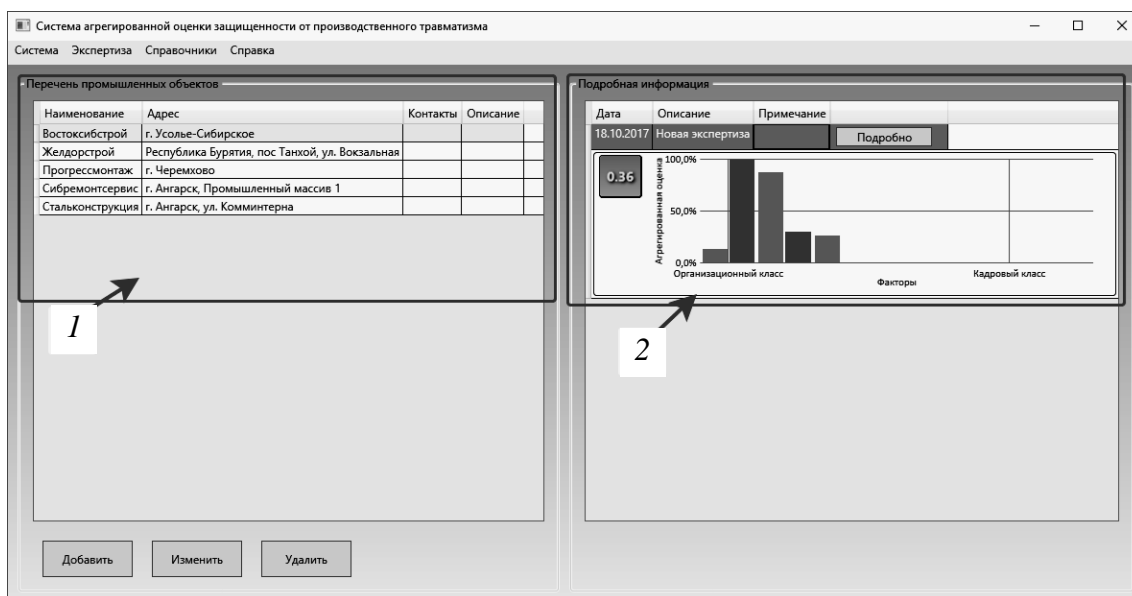


Рис. 3. Главный экран AREOI

В области 1 выводится список промышленных объектов, а в области 2 – список проведенных на выбранном объекте экспертиз промышленной безопасности. При активации экспертизы открывается детализированная информация (рис. 4). В позиции 1 указывается общая информация об экспертизе, включающая описание, заметки и дату проведения экспертизы. В позиции 2 приводится оценка промышленной безопасности и гистограмма распределения степени выполнения факторов и ценности классов факторов промышленной безопасности (позиция 3).

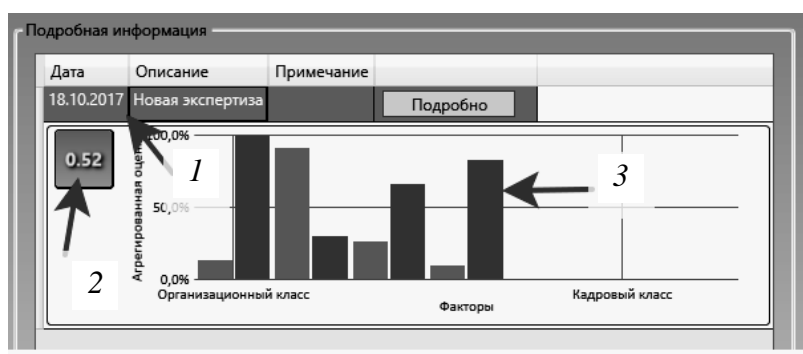


Рис. 4. Сводная информация по экспертизе AREOI

Для детальной информации по экспертизе следует перейти на экран экспертизы, выбрав кнопку «Подробнее». Структура классов построена в форме дерева и содержит систематизированный по классам перечень факторов, а также агрегированные оценки этих факторов и классов.

При выборе в дереве фактора промышленной безопасности, например, организационного класса, (рис. 5) область в позиции 2 отведена для просмотра и редактирования оценок аудитора по выбранному фактору. Фактор «отсутствие или некачественное проведение обучения и инструктажа» является ключевым (его экспертная ценность равна 1).

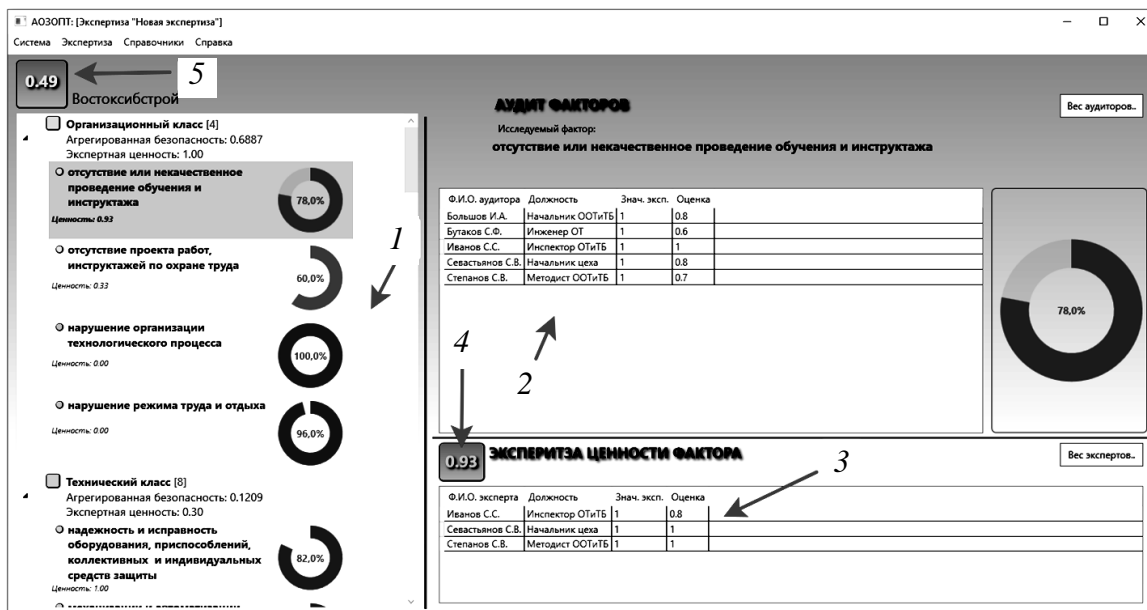


Рис. 5. Детальные сведения об экспертизе (выбор фактора)

В таблице рис. 5 указываются фамилия и инициалы аудитора, должность, вес эксперта (задаются при создании экспертизы) и выставленная им оценка. Изменение оценки приводит к пересчету всех показателей экспертизы. Круговая диаграмма в области 2 выводит взвешенную оценку аудита с учетом весов аудиторов. Взвешенные оценки мнений экспертов и аудиторов определялись с учетом их компетентности [19]. Область в позиции 3 посвящена экспертизе ценности выбранного фактора. Также в таблице приведены фамилии, инициалы, должности, вес эксперта и его оценка. Элемент в поз. 4 выводит взвешенное значение ценности влияния фактора на промышленную безопасность. При изменении оценки ценности производится перерасчет всех показателей экспертизы.

При выборе, например, организационного класса факторов (рис. 6) приводится гистограмма распределения степени выполнения факторов организационного класса на ОПО (по мнению аудиторов), позволяющая визуально оценить, какие факторы сыграли решающую роль в снижении уровня промышленной безопасности.

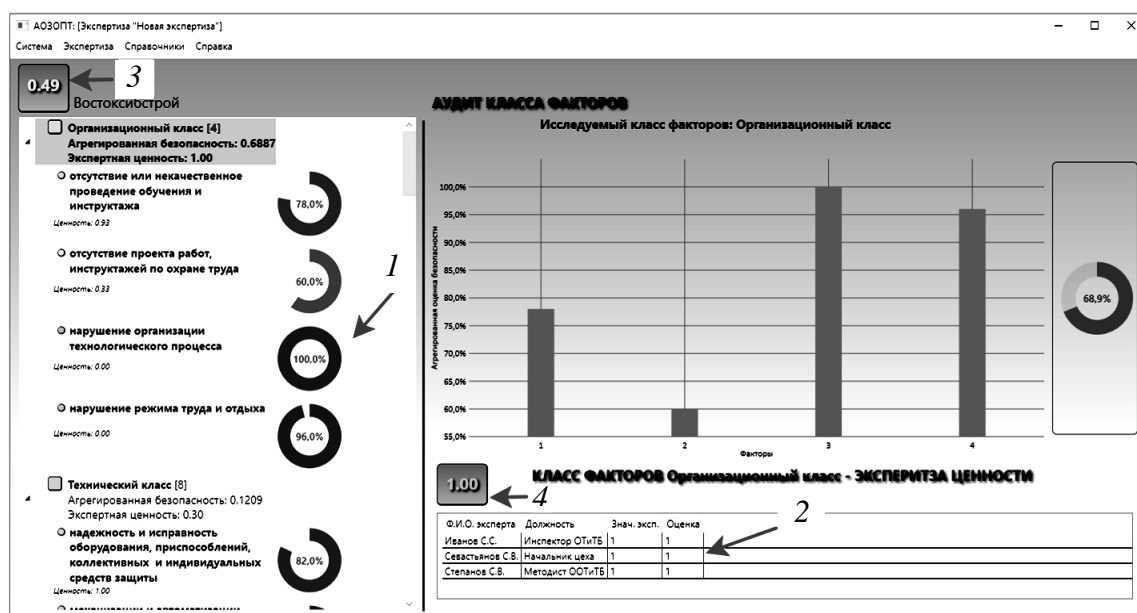


Рис. 6. Детальные сведения об экспертизе (выбор класса фактора)

Перемещая бегунок в области I можно проследить взвешенную степень выполнения всякого фактора каждого класса, по мнению аудиторов, а в левом верхнем углу – рассчитанные агрегированные оценки по данному классу и уровня промышленной безопасности (по всем классам). Кроме того, имеется возможность внести оценки экспертов.

Важным этапом работы программы является создание новой экспертизы. Этот процесс реализован в форме «мастера», представляющего многошаговый диалог с пользователем. Активизируется он с помощью меню ЭКСПЕРТИЗА | НОВАЯ ЭКСПЕРТИЗА. Вначале запрашивается общая информация, далее пользователь должен выбрать промышленный объект. При отсутствии в списке необходимого объекта пользователь может его тут же добавить, внося новую запись в справочник объектов. Затем следует выбрать экспертов и аудиторов и установить их компетентностные веса. После ввода всей информации программа генерирует новые данные для проведения опроса экспертов и аудиторов и вычисления агрегированной оценки.

Справочники для работы информационной системы реализованы в форме ленточных форм с вызовом редакторов. Для редактирования, например, справочника экспертов требуется вызвать пункт меню ЭКСПЕРТИЗА | МЕНЕДЖЕР ЭКСПЕРТОВ.

Системные требования программы AREOI: операционная система Microsoft Windows 7 и выше; установленный MS .Net Framework v. 4.0 и выше. Требования к частоте процессора – минимум 1 ГГц. Размер ОЗУ – минимум 512 МБ. Свободное место на диске (минимум): 32-разрядная версия ОС – 850 МБ, 64-разрядная версия ОС – 2 ГБ.

Заключение

Разработанная экспертная система может быть использована как при проведении аудита и экспертизы промышленной безопасности, так и при разработке мероприятий, направленных по повышение уровня безопасности. Экспертная система выводит гистограмму распределения классов факторов промышленной безопасности, из которой наглядно видно, за счет какого класса факторов снижается уровень промышленной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин А.А., Чириков А.Г. Подход к оценке уровня безопасности опасных производственных объектов с использованием элементов теории квалиметрии // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 4. С. 1–9.
2. Буйко К.В., Пантюхова Ю.В. Подходы к оценке уровня промышленной безопасности в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты. URL: <http://kalugatechnadzor.ru/analitika/371-podxody-k-ocenke-urovnya-promyshlennoj-bezopasnosti-v-organizacziyah-ekspluatiruyushhix-opasnye-proizvodstvennyye-obekty> (дата обращения: 23.11.2017).
3. Кузнецова С.Н. Методы проектирования математического обеспечения систем прогнозирования природных, техногенных и экологических рисков : автореф. дис. ...канд. техн. наук. СПб., 2009. 20 с.
4. Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности. М. : ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности», 2014. Сер. 09, вып. 38. 44 с.
5. Veltri A., Pagell M., Behm M., Das A. A Data-Based Evaluation of the Relationship between Occupational Safety and Operating Performance // Journal of SH&E Research. 2007. V. 4, No. 1. P. 1–22.
6. Ateekh-ur-Rehman L. Safety Management in a Manufacturing Company: Six Sigma Approach // Engineering. 2012. No. 4. P. 400–407.
7. Anvari A., Zulkifli N., Yusuff R.M. Evaluation of Approaches to Safety in Lean Manufacturing and Safety Management Systems and Clarification of the Relationship Between Them // World Applied Sciences Journal. 2011. No. 15 (1). P. 19–26.
8. Аршинский Л.В. Логико-аксиологический подход к оценке состояния систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 3 (39). С. 140–146.
9. Аршинский Л.В. Логико-аксиологическая оценка качественного состояния системы // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Четвертой всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 13–17 мая 2013 г., Иркутск : в 2 т. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2013. Т. 1. С. 57–62.
10. Аршинский Л.В. Методика агрегированного оценивания систем с поддержкой ключевых компонентов // Онтология проектирования. 2015. Т. 5, № 2 (16). С. 223–232.

11. Аршинский Л.В., Асламова Е.А. Разработка системы агрегированной оценки производственной безопасности на предприятии на основе знаний технологий // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Восьмой междунар. науч.-практ. конф., посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 28 марта – 01 апреля 2016 г., Иркутск : в 2 т. Иркутск : ИрГУПС, 2017. Т. 1. С. 401–405.
12. My MVVM article in MSDN Magazine | Josh Smith on WPF. MVVM: полное понимание (+WPF) Ч. 1. URL: <https://habrahabr.ru/post/338518/> (дата обращения: 23.08.2017).
13. Patterns – WPF Apps With The Model-View-ViewModel Design Pattern. MSDN Magazine. URL: <https://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dd419663.aspx>, MSDN/ (дата обращения: 18.07.2017).
14. Hirani Z., Tenny L., Gupta N., Driscoll B., Vettor R. Entity Framework 6 Recipes. APress, 2013. 548 p. URL: <http://www.apress.com/us/book/9781430257882> (access date: 18.07.2017).
15. Кляйн С. Профессионально о Entity Framework 4.0 / Pro Entity Framework 4.0. About SQLite. 2010. URL: <http://www.sqlite.org/about.html> (дата обращения: 18.07.2017).
16. СУБД SQLite. URL: <http://www.sqlite.org> (access date: 28.07.2017).
17. Scott W. Ambler: Mapping Objects to Relational Databases: O/R Mapping In Detail. URL: <http://www.agiledata.org/essays/mappingObjects.html> (access date: 18.07.2017).
18. McDonald M. WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.0 с примерами на C# 2010. М. : Вильямс, 2011. 1020 с. URL: <http://dugtor-focus.ru/forum/viewtopic.php?t=348214> (дата обращения: 02.08.2017).
19. Гуцыкова С. Метод экспертных оценок. Теория и практика. М. : Ин-т психологии РАН, 2011. 144 с. (In Russian).

Поступила в редакцию 28 января 2018 г.

Aslamova E.A., Krivov M.V., Aslamova V.S. (2018) EXPERT SYSTEM OF THE AGGREGATE ASSESSMENT OF THE LEVEL OF INDUSTRIAL SAFETY. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravlenie vychislitel'naja tehnika i informatika* [Tomsk State University Journal of Control and Computer Science]. 44. pp. 84–92

DOI: 10.17223/19988605/44/9

The software product is a practical implementation of the information system for the examination in the framework of researching the level of industrial safety of production facilities using the method of logical and axiological evaluation of the quality of technical systems. The aggregated safety assessment is automatically determined according to the level of performance of class events (the auditor's assessment), the degree of influence of each activity and each class as a whole on industrial safety (expert assessments). The advantage of logical-axiological evaluation is the possibility of introducing key factors and classes of factors. Key factors are factors (classes of factors), the absence (unrealized) of which devalues the entire system. It's new in such an assessment.

As users, there are three categories of users: user-supervisor of the survey, user-expert, user-auditor.

The user-manager of the survey can initiate in the program the creation of a new survey of the level of industrial safety at the production facility. To implement this action, a separate module has been developed that allows you to select a production facility, assign auditors and experts as part of a dialogue with the user, and also indicate the weight (importance) of the opinion of each inspector.

For the selection of industrial facilities, experts and auditors, the program implemented a group of expandable directories. Their user can add missing information during the work.

The user-expert evaluates the degree of influence of each factor on the completeness of the implementation of the corresponding class of security factors in the form of a so-called value; with the help of value, it also determines the degree of influence of the class of factors on the overall assessment of the state of industrial safety. For a key factor, the failure of which leads to an accident, personal injury, the value is one.

After the expert enters the evaluations, the program recalculates the weighted estimate of each factor and factor class, taking into account the weight of the expert's opinion, as well as other experts participating in the survey.

The user-auditor in the already created research assesses the performance of safety factors at the industrial site. After the auditor enters the estimates, the program calculates an aggregate assessment of the state of industrial safety of the enterprise, taking into account the opinions of experts and auditors. Preliminary recalculation of the weighted estimation of each factor taking into account weight of opinion of the given auditor, and also other auditors participating in inspection is made.

When developing the expert system (ES), modern information technologies were used. The information expert system "Areoi" for the aggregate assessment of the level of industrial safety and protection against occupational injuries is written under the MS Windows platform supporting MS.Net Framework version 4.0 and higher. The graphical interface is based on WPF (Windows Presentation foundation) technology based on frames. To separate the application logic from the user interface, the MVVM design pattern was applied, which represents the separation of the application's business logic and is implemented in the format of an entity-class relationship system. The free software of SQLite DBMS is used as data storage. Using the Database-First approach, an ORM object-relational mapping of the data model is generated in Entity Framework 6.0.

The developed expert system can be used both during the audit and examination of industrial safety, and in the development of activities aimed at improving the level of safety.

Keywords: classes of factors; the aggregate estimate; expert system; object-relational mapping of the data model; WPF application.

ASLAMOVA Elizaveta Alexandrovna (Irkutsk State Transport University, Russian Federation).
E-mail: liza.ocean@mail.ru

KRIVOV Maksim Viktorovich (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Angarsk State Technical University, Russian Federation).
E-mail: vmk@angtu.ru

ASLAMOVA Vera Sergeevna (Doctor of Technical Sciences, Professor, Irkutsk State Transport University, Russian Federation).
E-mail: aslamovav@yandex.ru

REFERENCES

1. Kuzmin, A.A. & Chirikov, A.G. (2010) Podkhod k otsenke urovnya bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'yektov s ispol'zovaniyem elementov teorii kvalimetrii [Approach to assessing the level of safety of hazardous production facilities using elements of the theory of qualimetry]. *Nauchnyye i obrazovatel'nyye problemy grazhdanskoy zashchity – Scientific and Educational Problems of The Civil Defence*. 4. pp. 1–9.
2. Buyko, K.V. & Pantukhova, Yu.V. (2017) *Podkhody k otsenke urovnya promyshlennoy bezopasnosti v organizatsiyakh, ekspluatiruyushchikh opasnyye proizvodstvennyye ob'yekty* [Approaches to assessing the level of industrial safety in organizations operating hazardous production facilities]. [Online] Available from: <http://kalugatechnadzor.ru/analitika/371-podxody-k-ocenke-urovnya-promyshlennoj-bezopasnosti-v-organizatsiyax-ekspluatiruyushhix-opasnye-proizvodstvennyye-obekty>. (Accessed: 23rd November 2017).
3. Kuznetsova, S.N. (2009) *Metody proyektirovaniya matematicheskogo obespecheniya sistem prognozirovaniya prirodnykh, tekhnogennykh i ekologicheskikh riskov* [Methods of designing the mathematical support of systems for forecasting natural, technogenic and environmental risks]. Abstract of Engineering Cand. Diss. St. Petersburg.
4. Radionova, S.G. et al. (2014) *Metodika otsenki riska avariyn na opasnykh proizvodstvennykh ob'yektakh neftegazopererabatyvayushchey, nefte- i gazokhi-micheskoy promyshlennosti* [The methodology for assessing the risk of accidents at hazardous production facilities of oil and gas refining, oil and gas chemical industries]. Vol. 38. Moscow: NTTS issledovaniy problem promyshlennoy bezopasnosti.
5. Veltri, A., Pagell, M., Behm, M. & Das, A. (2007) A Data-Based Evaluation of the Relationship between Occupational Safety and Operating Performance. *Journal of SH & E Research*. 4(1) pp. 1–22.
6. Ateekh-ur-Rehman, L. (2012) Safety Management in a Manufacturing Company: Six Sigma Approach. *Engineering*. 4. pp. 400–407. DOI: 10.4236/eng.2012.47053
7. Anvari, A., Zulkifli, N. & Yusuff, R.M. (2011) Evaluation of Approaches to Safety in Lean Manufacturing and Safety Management Systems and Clarification of the Relationship Between Them. *World Applied Sciences Journal*. 15(1). pp. 19–26.
8. Arshinsky, L.V. (2013a) Logic axiological approach to assessment of systems. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye – Modern technologies. System analysis. Modeling*. 3(39). pp.140–146. (In Russian).
9. Arshinsky, L.V. (2013b) [Logical-axiological assessment of the qualitative state of the system]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region]. Proc. of the Fourth All-Russian Conference with International Participation. Irkutsk. May 13–17, 2013. Irkutsk: IrGUPS. pp. 57–62. (In Russian).
10. Arshinsky, L.V. (2015) Aggregated method of estimating systems with support of key components. *Ontologiya proyektirovaniya – Ontology of Designing*. 2(16). pp. 223–232. (In Russian). DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-223-232
11. Arshinsky, L.V. & Aslamova, E.A. (2017) [Development of the system of the aggregate assessment of industrial safety at the enterprise based on knowledge technologies]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region]. Proc. of the Eighth International Conference. Irkutsk. March 28 – April 1, 2016. Irkutsk. pp. 401–405. (In Russian).
12. Anon. (n.d.) *MVVM: polnoye ponimaniye (+WPF) CH. 1.* [MVVM: full understanding (+ WPF) Part 1]. [Online] Available from: <https://habrahabr.ru/post/338518/>. (Accessed: 23rd August 2017).
13. Smith, J. (2009) Patterns – WPF Apps With The Model-View-ViewModel Design Pattern. *MSDN Magazine*. February 2009. [Online] Available from: <https://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dd419663.aspx>. (Accessed: 18th July 2017).
14. Hirani, Z., Tenny, L., Gupta, N., Driscoll, B. & Vettor, R. (2013) *Entity Framework 6 Recipes*. [Online] Available from: <http://www.apress.com/us/book/9781430257882>. (Accessed: 18th July 2017).
15. Klein, S. (2010) *Professionally about Entity Framework 4.0 / Pro Entity Framework 4.0. About SQLite*. [Online] Available from: <http://www.sqlite.org/about.html>. (Accessed: 18th July 2017).
16. *SQLite DBMS*. [Online] Available from: <http://www.sqlite.org>. (Accessed: 18th July 2017).
17. Ambler, S.W. (n.d.) *Mapping Objects to Relational Databases: O / R Mapping In Detail*. [Online] Available from: <http://www.agiledata.org/essays/mappingObjects.html>. (Accessed: 18th July 2017).
18. McDonald, M. (2011) *WPF: Windows Presentation Foundation in .NET 4.0 with examples in C # 2010*. Moscow: Williams. [Online] Available from: <http://dugtor-focus.ru/forum/viewtopic.php?t=348214>. (Accessed: 2nd August 2017).
19. Gutsikova, S. (2011) *Metod ekspertnykh otsenok. Teoriya i praktika* [Method of Expert Assessments. Theory and Practice]. Moscow: RAS.