

УДК 004.891.2

А.Н. Целых, Л.А. Целых, О.С. Причина

**МЕТОДЫ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В УПРАВЛЕНИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ***

Предлагается применение методов нечеткой логики для оценки риска операционной деятельности в управлении производственными процессами при решении проблемы создания механизмов и инструментальных средств на основе информационных технологий. Данное исследование применяет метод нечеткой логики для поддержки процесса принятия управленческих решений в производственном менеджменте и повышении управляемости производственных процессов. Этот подход иллюстрируется моделью, в которой в качестве факторов, влияющих на принятие управленческих решений, рассматриваются некоторые параметры управляющей системы безопасности на предприятии и последствия неконтролируемых воздействий производственных процессов на окружающую среду. Целью исследования является выработка представления решаемых задач (управления рисками) в информационной системе, предназначенной для управления производственными процессами в аспекте их развития в сторону интеллектуальных и экспертных систем. Применение метода нечеткой логики предполагает улучшение количественного информационного обоснования мониторинга и контроля рисков, что приводит к аналитически определенным приоритетам для параметров, включенных в анализ, и делает их информативными и полезными.

Экспертные системы; оценка риска; производственный менеджмент; управление производственными процессами.

A.N. Tselykh, L.A. Tselykh, O.S. Prichina

**FUZZY LOGIC METHODS IN THE MANAGEMENT OF PRODUCTION
PROCESSES**

Proposed use of fuzzy logic methods for risk assessment of operating activities in the management of production processes at the decision of problems of creation of mechanisms and tools based on information technologies. This study applies the method of fuzzy logic to support managerial decision making in business administration and manageability of production processes. This approach is illustrated with a model in which as factors influencing on decision-making, discusses some of the parameters of the control system of security in the enterprise and the consequences of uncontrolled impacts of production processes on the environment. The aim of the research is to develop presentation tasks (risk management) in the information system, intended for controlling production processes in terms of their development in the direction of intelligence and expert systems. Application of the method of fuzzy logic assumes improvement of quantitative information the monitoring and control of risks, which leads to analytically defined priorities for the parameters included in the analysis, and makes them informative and useful.

Expert systems; risk assessment; management; production management; production management.

Введение. Постановка проблемы. В статье предлагается метод оценки риска операционной деятельности в нечетких условиях при решении проблемы создания механизмов и инструментальных средств на основе информационных технологий для поддержки процесса принятия управленческих решений на предприятии. В системе управления производственными процессами количественная оценка параметров управляющей системы, когда информация по своей природе неполная, является сложной задачей. Основу метода исследования составляет теория нечетких множеств [11], которая оперирует нечетким представлением понятий и событий.

* Работа выполнена при поддержке РГНФ, проект № 13-02-00198.

Целью исследования является выработка представления решаемых задач (управления рисками) в информационной системе, предназначенной для управления производственными процессами в аспекте их развития в сторону интеллектуальных и экспертных систем. Применение метода нечеткой логики предполагает улучшение количественного информационного обоснования мониторинга и контроля рисков, что приводит к аналитически определенным приоритетам для параметров, включенных в анализ, и делает их информативными и полезными.

Этот подход иллюстрируется моделью, в которой в качестве факторов, влияющих на принятие управленческих решений, рассматриваются некоторые параметры управляющей системы безопасности на предприятии и последствия неконтролируемых воздействий производственных процессов на окружающую среду (на примере предприятий черной металлургии). В металлургическом производстве почти всегда существует риск попадания избыточного количества вредных веществ в воздух в чистом виде и в соединениях в виде твердых фракций и газов (диоксид серы, оксид азота, оксид углерода, сернистый ангидрид, пыль и т.д.), что ухудшает экологическую ситуацию на прилегающей территории. Пылегазовые выбросы в черной металлургии имеют постоянный характер, образуются на всех стадиях металлургического передела, и в борьбе с ними на современном этапе развития производства возможно лишь снижение их уровня за счет внедрения новых технологий и больших капитальных и эксплуатационных затрат. Дело осложняется еще и тем, что выбросы могут носить неорганизованный характер. В системах очистки выбросов не всегда качественно обеспечивается контроль результатов, особенно в случаях неорганизованных выбросов. На металлургических предприятиях существует проблема оценки степени риска воздействия производственной деятельности на жизнедеятельность сотрудников предприятия и жителей близлежащих территории, а также угрозы экологической безопасности внешней среды. Последствия влияния на здоровье и жизнь людей и экологическую обстановку оцениваются для различных концентраций вредных веществ в воздухе. На многих предприятиях действует система экологического менеджмента (МС ИСО 14001:2004), которая и должна в принципе обеспечить высокую экологическую результативность, «контролируя воздействия на окружающую среду своей деятельности, продукции или услуг в соответствии со своими экологической политикой и целями» (ГОСТ Р ИСО 14001-2007).

Однако необходимо оценивать надёжность функционирования системы экологической безопасности, которая зависит от функциональных возможностей технических средств, их технического состояния, от обученности персонала и системы оповещения населения. Система оценки параметров таких управляющих систем, в первую очередь, степени рисков, как оценочной категории, лежит в плоскости нечетких условий и событий. Таким образом, можно представить решение задачи управления рисками производственных систем на основе метода нечеткой логики.

Методы нечеткой логики в управлении производственными процессами

Для построения демонстрационного примера соответствующей системы по оценке риска операционной производственной деятельности предприятия используем атрибуты «Надёжность системы экологической безопасности»: «НАДЁЖНОСТЬ» или «ВХОДНОЕзначение1» и «Последствия от выброса вредных веществ», атрибут назовём «ВРЕД» или «ВХОДНОЕзначение2».

Для описания этих атрибутов введём одноимённые лингвистические переменные «НАДЁЖНОСТЬ» и «ВРЕД». Атрибут «НАДЁЖНОСТЬ» определён на предметной шкале значений $[0, \max_1=100]$. Размерность переменной можно представить в баллах или процентах. Терм-множество лингвистической переменной «НАДЁЖНОСТЬ» после экспертного опроса выглядит следующим образом:

$T1 = \{\text{«НИЗКАЯ»}, \text{«СРЕДНЯЯ»}, \text{«ВЫСОКАЯ»}\}$. Каждый терм (термин) представим функцией принадлежности некоторого конкретного значения x_i предметной шкалы $[0, 100]$ нечеткому множеству «НАДЕЖНОСТЬ» «НИЗКАЯ», «НАДЕЖНОСТЬ» «СРЕДНЯЯ», «НАДЕЖНОСТЬ» «ВЫСОКАЯ» (рис. 1).

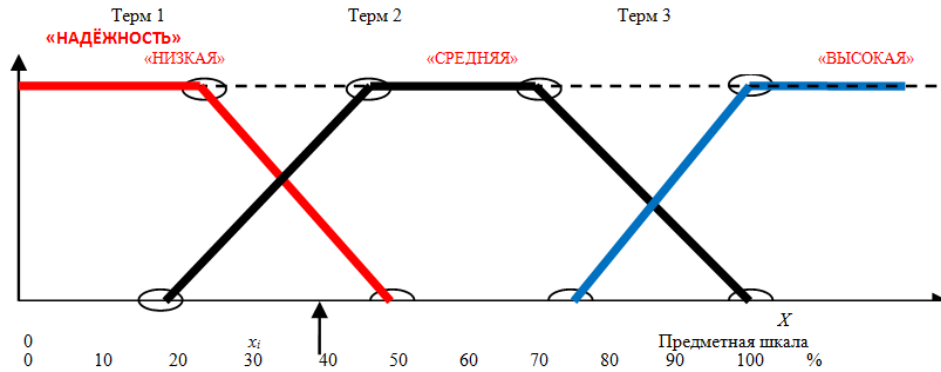


Рис. 1. Терм-множество лингвистической переменной «НАДЕЖНОСТЬ»

Оценивается группой экспертов на предприятии посредством системы критериев, связанных с выбранными терм-множествами входных переменных нечеткого вывода. Например, значение «НАДЕЖНОСТЬ»-«НИЗКАЯ» терм-множества «НАДЕЖНОСТЬ» можно увязать с такими критериальными оценками системы: «Система не отвечает (или в значительной степени – более 50 %) требованиям ISO 14001-2004: отсутствует контроль вредных выбросов на определенных участках (система разорвана); отсутствует система реагирования на соответствующие ситуации и т.п.».

Атрибут «ВРЕД» определим на предметной шкале значений $[0, \max 2=100]$. Размерность переменной или единицы измерения переменной определим в «баллах». Терм-множество лингвистической переменной «ВРЕД» $T2 = \{\text{«УМЕРЕННЫЙ»}, \text{«ВЫСОКИЙ»}, \text{«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»}\}$. Каждый терм (термин) представим функцией принадлежности некоторого конкретного значения y_j предметной шкалы $[0, 100]$ нечетким множествам «ВРЕД» «УМЕРЕННЫЙ», «ВРЕД» «ВЫСОКИЙ», «ВРЕД» «ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ».

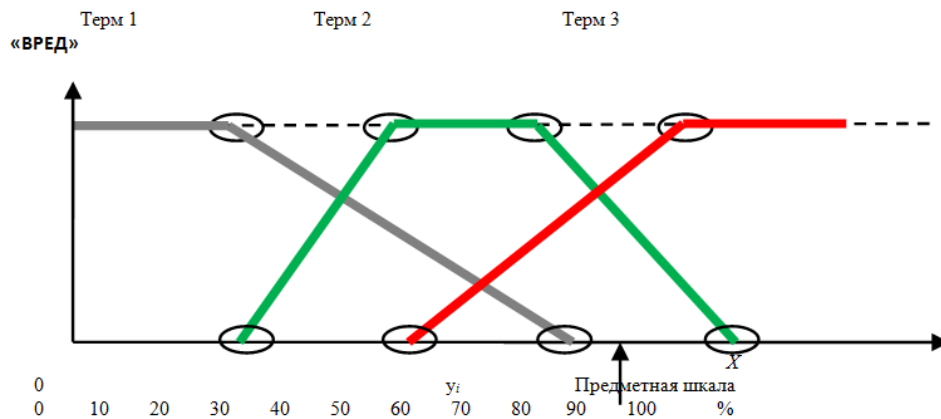


Рис. 2. Терм-множество лингвистической переменной «ВРЕД»

Умеренный риск соответствует наличию вероятности легких повреждений для здоровья. Высокий риск соответствует высокой вероятности нанесения вреда здоровью и даже некоторой (низкой) вероятности смертельных исходов. Очень высокий риск соответствует высокой вероятности смертельных исходов на предприятии и прилегающей территории.

Атрибут «РИСК» определим на предметной шкале значений $[0,100]$. Размерность переменной или единицы измерения переменной – «%».

Терм-множество лингвистической переменной «РИСК» $T_3 = \{\text{«УМЕРЕННЫЙ»}, \text{«ВЫСОКИЙ»}, \text{«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»}\}$. Каждый терм (термин) представим функцией принадлежности некоторого конкретного значения предметной шкалы z_k $[0,100]$ нечетким множествам «РИСК»«УМЕРЕННЫЙ», «РИСК»«ВЫСОКИЙ», «РИСК»«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ».

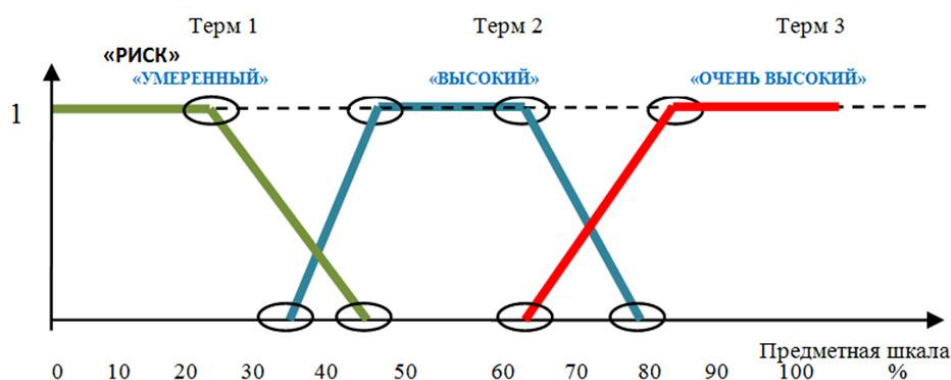


Рис. 3. Терм-множество лингвистической переменной «РИСК»

Функции принадлежности можно строить с использованием описанного выше редактора многими способами. Например, собираем несколько экспертов и, перебирая последовательно значения предметной шкалы с некоторым шагом, задаём экспертам такой вопрос: «Кто считает, что значение «m1» соответствует термину «ВХОДНОЕзначение1»«НИЗКОЕ»? Нормируем значение числа проголосовавших «n1» (делим на общее число экспертов N) и отмечаем в прямоугольной системе координат «достоверность\ предметная шкала» точку (m1, n1:N). Повторяя эту процедуру для всех значений предметной шкалы с выбранным шагом и для всех термов мы получим все функции принадлежности лингвистической переменной «ВХОДНОЕзначение1».

Такие же операции проведем для лингвистических переменных «ВХОДНОЕ-значение2» «ВЫХОДНОЕзначение».

Для того чтобы описать связь входных и выходного значений используем продукции или правила и описанный выше редактор правил.

Лингвистическая переменная «НАДЁЖНОСТЬ» определена на терм-множестве $T_1 = \{\text{«НИЗКАЯ»}, \text{«СРЕДНЯЯ»}, \text{«ВЫСОКАЯ»}\} = \{t_{11}, t_{12}, t_{13}\}$.

Лингвистическая переменная «ВРЕД» определена на терм-множестве $T_2 = \{\text{«УМЕРЕННЫЙ»}, \text{«ВЫСОКИЙ»}, \text{«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»}\} = \{t_{21}, t_{22}, t_{23}\}$.

Лингвистическая переменная «РИСК» определена на терм-множестве $T_3 = \{\text{«УМЕРЕННЫЙ»}, \text{«ВЫСОКИЙ»}, \text{«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»}\} = \{t_{31}, t_{32}, t_{33}\}$.

Множество продукций представим в виде графа (рис. 4).

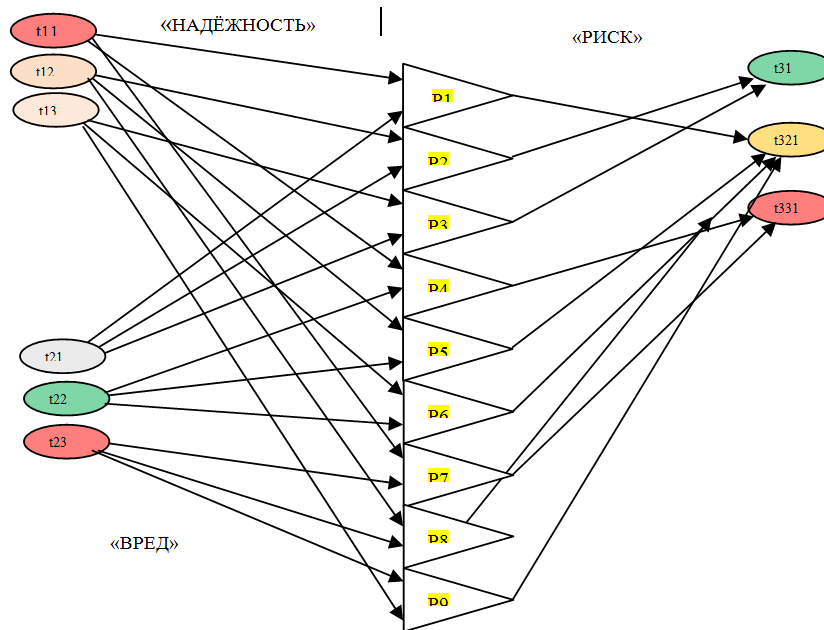


Рис. 4. Граф представления терм-множеств

Перечислим ниже полученные продукции с их идентификаторами P1–P9:

P1

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«НИЗКАЯ» И «ВРЕД»=«УМЕРЕННЫЙ»,
ТО «РИСК»=«ВЫСОКИЙ».

P2

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«СРЕДНЯЯ» И «ВРЕД»=«УМЕРЕННЫЙ»,
ТО «РИСК»=«УМЕРЕННЫЙ».

P3

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«ВЫСОКАЯ» И «ВРЕД»=«УМЕРЕННЫЙ»,
ТО «РИСК»=«УМЕРЕННЫЙ».

P4

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«НИЗКАЯ» И «ВРЕД»=«ВЫСОКИЙ»,
ТО «РИСК»=«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ».

P5

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«СРЕДНЯЯ» И «ВРЕД»=«ВЫСОКИЙ»,
ТО «РИСК»=«ВЫСОКИЙ».

P6

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«ВЫСОКАЯ» И «ВРЕД»=«ВЫСОКИЙ»,
ТО «РИСК»=«ВЫСОКИЙ».

P7

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«НИЗКАЯ» И «ВРЕД»=«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»,
ТО «РИСК»=«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ».

P8

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«СРЕДНЯЯ» И «ВРЕД»=«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»,
ТО «РИСК»=«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ».

P9

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»=«ВЫСОКАЯ» И «ВРЕД»=«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»,
ТО «РИСК»=«ВЫСОКИЙ».

Теперь предположим, что пользователь советующей системы намеревается получить оценку степени риска воздействия операционной деятельности предприятия на жизнедеятельность сотрудников предприятия и жителей территории вблизи завода.

«Надёжность системы безопасности жизнедеятельности» («НАДЁЖНОСТЬ») оценивается в 55 %.

Оценка «Последствий от выброса вредных примесей» («ВРЕД») составляет 66 баллов. После процедуры фазсификации скрытой от пользователя, получим следующие значения лингвистических переменных:

«НАДЁЖНОСТЬ»(55) = {<0/«НИЗКАЯ»>, <1/«СРЕДНЯЯ»>, <0/«ВЫСОКАЯ»>};

«ВРЕД»(66) = {<0/«УМЕРЕННЫЙ»>, <1/«ВЫСОКИЙ»>, <0,7/«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»>}. 13-02-00198.

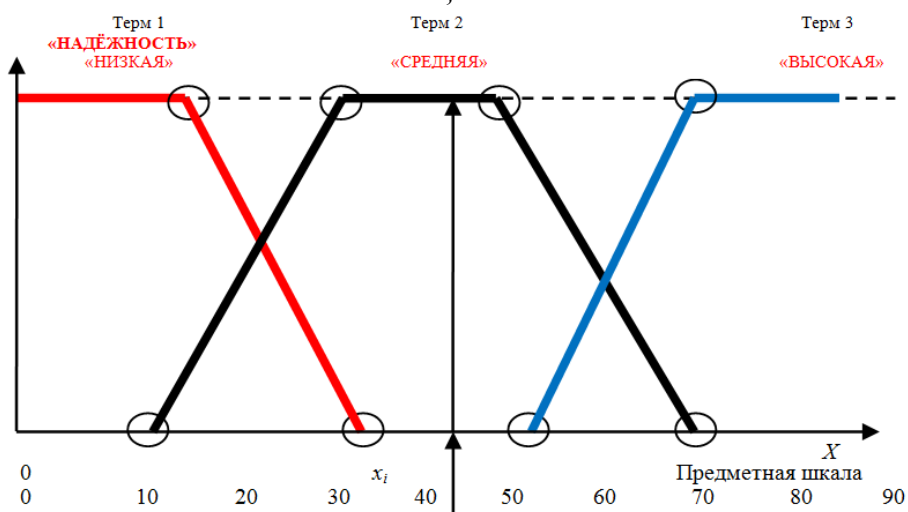


Рис. 5. Оценка значения 55 % на терм-множестве лингвистической переменной «НАДЕЖНОСТЬ»

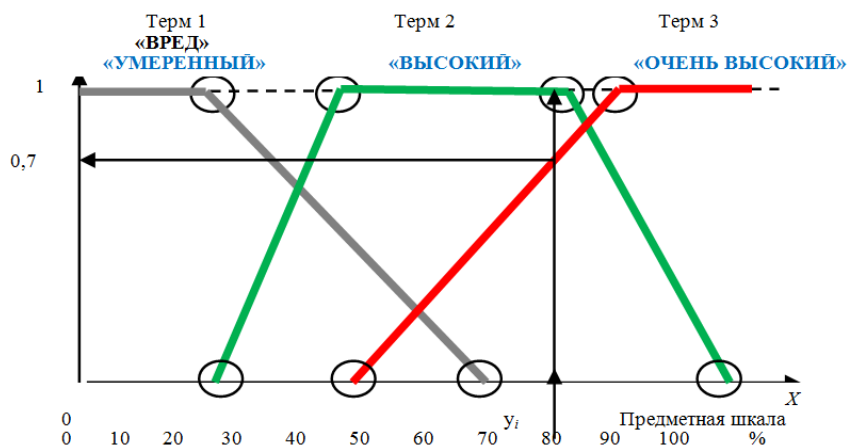


Рис. 6. Оценка значения 66 % терм-множества лингвистической переменной «ВРЕД»

После этого поисковая системы выбрала подходящие для применения правила, т.е. те, в которых встречаются термины с ненулевыми значениями функций принадлежности: P5; P8 (рис. 7).

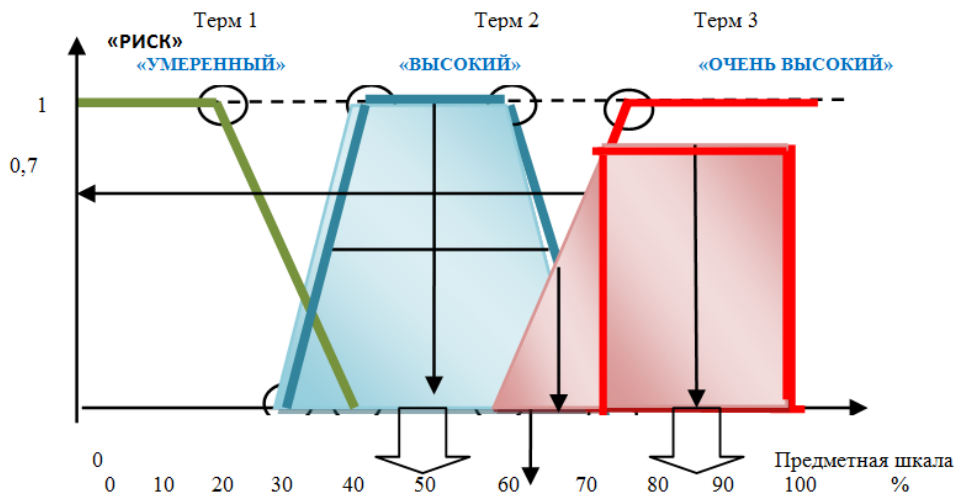


Рис. 7. Прогноз степени «РИСКА» 68 % на терм-множестве лингвистической переменной «РИСК»

Таким образом,

P5

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»= $<1/«СРЕДНЯЯ»>$ **И** «ВРЕД»= $<1/«ВЫСОКИЙ»>$,
ТО «РИСК»= $<«ВЫСОКИЙ»>$.

P8

ЕСЛИ «НАДЁЖНОСТЬ»= $<1/«СРЕДНЯЯ»>$ **И** «ВРЕД»= $<0,7/«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»>$,

ТО «РИСК»= $<«ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»>$.

Применив правила P5; P8 и произведя процедуру дефаззификации, получим прогноз степени «РИСКА» 68 %.

Поскольку мы рассматриваем решение данной задачи в аспекте решения проблемы создания механизмов и инструментальных средств на основе информационных технологий, то получение количественных значений риска не будет единственным результатом. Не менее важное значение имеет взаимосвязь и взаимовлияние предложенной системы оценки риска с другими элементами информационной системы (ИС). Так, чтобы данный элемент ИС действительно работал, необходимо решить задачу взаимодействия следующих элементов управленческой системы в ИС:

1. Оценки риска (автоматизированная, с заданной периодичностью).
2. Системы уведомлений (автоматически).
3. Системы управленческих.
4. Системы реагирования (наказание ÷ поощрение).

Необходимо предусмотреть действие следующего алгоритма управленческих решений (рис. 8):

1. Вынесение оценки риска.
2. Формирование уведомления пользователей в ИС и триггер1 (индикатор ситуации) на экране (на основании п.1).

3. Принятие некоего управленческого решения и формирование триггера 2 (индикатора решения) (на основании п. 2).
4. Вынесение оценки риска (п.1) по результатам процесса после принятия управленческого решения и далее процесс повторяется.
5. Действие системы реагирования: поступают данные триггера 2 (например, начисления зарплаты – уменьшение или увеличение) и далее с п.1.

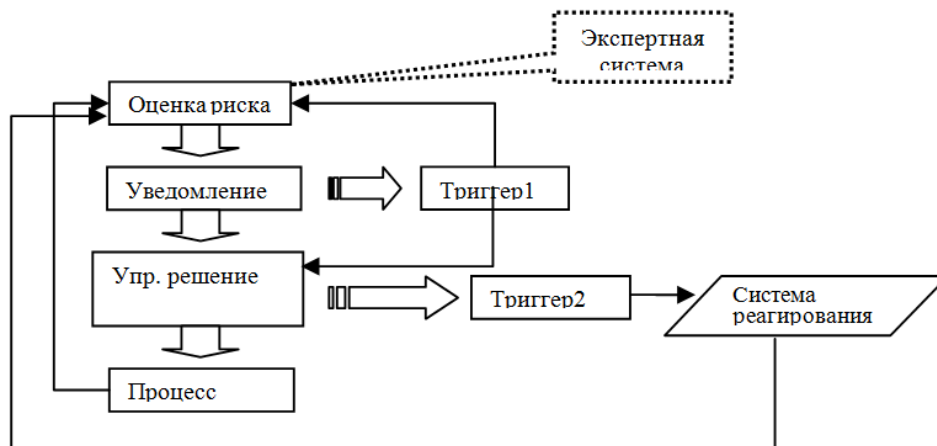


Рис. 8. Схема алгоритма управленческих решений в ИС

Таким образом, результаты экспертной системы увязываются с системой принятия решений и системой реагирования.

Для визуализации индикаторов (триггеров) оценки ситуаций на экране может быть предложена система цветовых обозначений, например, по аналогии с британской, американской шкалой предупреждений или любой другой вариант. Слежение за этими показателями должно вестись автоматически, что позволит руководителю своевременно увидеть опасность и принять необходимое управленческое решение. Для реализации системы оповещения необходимо выделить систему индикаторов (триггеров) оценки ситуаций. Состояние установленной системы триггеров должно сигнализировать руководителю об отклонениях от обычной (запланированной) ситуации. Основным ядром создания системы триггеров является выявление отклонений индикаторов и установление причинно-следственных связей по возникшему отклонению.

Система реагирования может быть представлена любым элементом управленческой системы: например, системой начисления зарплаты (за правильные решения – автоматическое начисление определенной суммы вознаграждения; за допущенные нарушения – уменьшение начислений и т.п.) или любой другой системой (административной, экономической, социально-психологической).

Выводы. Таким образом, применение метода нечеткой логики предполагает улучшение количественного информационного обоснования мониторинга и контроля рисков, что приводит к аналитически определенным приоритетам для параметров, включенных в анализ, и делает их информативными и полезными. Показана необходимость увязки результатов экспертной системы с системой принятия решений и системой реагирования в ИС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Целых А.Н., Дикарев С.Б., Гура В.В. Некоторые подходы к проектированию адаптивных систем // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2006. – № 5. – С. 37-41.

2. *Saeed Rouhani, Mehdi Ghazanfari, Mostafa Jafari*. Evaluation model of business intelligence for enterprise systems using fuzzy TOPSIS [Электронный ресурс] // *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 3, 15 February 2012, P. 3764-3771 / – Режим доступа: URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411013972>.
3. *Jun Liu1, Luis Martínez, Hui Wang1, Rosa M.Rodríguez, V. Novozhilov*. Computing with Words in Risk Assessment // *International Journal of Computational Intelligence Systems*. – October, 2010. – Vol. 3, № 4. – P. 396-419.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Целых Александр Николаевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: ant@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: +79185562047; кафедра ИАСБ; д.т.н.; профессор.

Причина Ольга Сергеевна – e-mail: OlgaPrichina@sfedu.ru; тел.: +78634315118; кафедра менеджмента; д.э.н.; профессор.

Целых Лариса Анатольевна – Таганрогский государственный педагогический институт им. А.П. Чехова; e-mail: larisa@tgn.sfedu.ru; 347936, г. Таганрог, ул. Инициативная, 48; тел.: +79897207928; кафедра менеджмента; доцент; к.э.н.

Tselykh Alexander Nikolaevich – Federal State Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»; e-mail: ant@sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79185562047; the department IASB; dr. of eng. sc.; professor.

Prichina Olga Sergeevna – e-mail: OlgaPrichina@sfedu.ru; phone: +78634315118; the department of management; professor; dr. of ec. sc.

Tselykh Larisa Anatolievna – Chekhov Taganrog State Pedagogical Institute; e-mail: larisa@tgn.sfedu.ru; 48, Initsiativnaya, Taganrog, 347936, Russia; phone: +79897207928; the department of management; associate professor; cand. of ec. sc.