

Управление рисками в нечетких бизнес-процессах

Сеньков Алексей Викторович

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

доцент

Аннотация

В рамках настоящей работы рассмотрены проблемы управления рисками нечетких бизнес-процессов. Предложен метод управления рисками нечетких бизнес-процессов, основанный на модели нечеткого бизнес-процесса, способе её построения на основе диаграмм ARIS eEPC и применения для задач оценивания рисков. Предложен способ управления рисками в сложных организационно-технических системах и его разновидности для параллельного и последовательного управления.

Ключевые слова: нечеткий бизнес-процесс, нейро-нечеткие модели для управления рисками.

Risk management in fuzzy business processes

Senkov Aleksey Victorovich

Smolensk branch of NRU MPEI

associated professor

Abstract

Within the real operation problems of control of risks of fuzzy business processes are considered. The method of management of risks of fuzzy business processes, model-based fuzzy business process, a method of its creation on the basis of the ARIS eEPC charts and application for tasks of estimation of risks is offered. The risk management method in complex organizational-technical systems and its variety for parallel and sequential control is offered.

Keywords: fuzzy business-process, neuro-fuzzy models for risk-management

В настоящее время большинство крупных предприятий, таких как ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», ПАО «ИНТЕР ПАО ЕЭС» и др. имеют значительные наработки в формализации и стандартизации бизнес-процессов на базе методологии ARIS.

Бизнес-процессы на таких предприятиях (далее – сложные организационно-технические системы, СОТС) могут быть охарактеризованы:

1. Значительными масштабами выполнения как географическими, организационными, так и количественными (в плане объема результатов их выполнения);
2. Неясными, противоречивыми и часто изменяющимися требованиями к их выполнению;

3. Зачастую, незнанием исполнителей бизнес-процессов требований к выполнению как отдельных действий бизнес-процессов, так и бизнес-процессов в целом, и, как следствие, применение неверных методов, подходов, способов и инструментов выполнения таких действий.

Приведенные выше особенности позволяют говорить о неуверенности владельца бизнес-процесса (человека, или организационной единицы) в результатах выполнения таких процессов, их качестве и количественном соответствии плану. Такая неуверенность приводит к необходимости управления рисками выполнения бизнес-процессов в СОТС, однако, такое управление должно учитывать возможную неточность исполнения бизнес-процессов, неопределенности выбираемых исполнителями методов, подходов, способов и инструментов их исполнения. Всё выше сказанное позволяет говорить о недостаточной детерминированности бизнес-процессов.

Таким образом, налицо наличие неопределенности, нечеткости в бизнес-процессах, которая неизменно ведет к реализации рисков невыполнения бизнес-процессов, либо получения результатов непотребного качества.

Проблематика моделирования бизнес-процессов широко рассмотрена в работах A.V. Sheer, W. van der Aalst, И.А. Ломазовой и других [1, 2]. Что же касается нечетких бизнес-процессов, то им посвящено всего несколько статей, T.Oliver [3], в которых лишь обозначен подход к учету характеристик таких процессов, но не уделяется достаточного внимания вопросам их моделирования и решения на этой основе конкретных практических задач (управления рисками в рассматриваемом контексте).

В проделанной работы получен способ интеллектуальной поддержки принятия решений для управления рисками нечетких бизнес-процессов, а также его модификации, позволяющие учесть различные типы иерархической подчиненности СОТС, и обеспечивающие возможность осуществления как последовательного, так и параллельного управления рисками.

Предложенный способ ИППР (рисунок 1) включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Анализ и классификация требований документации, разработка совокупности моделей для поддержки принятия решений при управлении рисками нечетких бизнес-процессов.

Этап 2. Анализ особенностей функционирования системы, анализ влияний, оказываемых окружением систем; выявление специфических особенностей функционирования системы; формирование дополнений регламентов, необходимых для корректного функционирования системы.

Этап 3. Мониторинг функционирования системы, составление диаграмм бизнес-процессов в нотации ARIS eEPC (при их отсутствии). В результате этого этапа осуществляется подготовка к идентификации рисков. Кроме того, осуществляется сбор исходных данных для обучения нечетких моделей.

Этап 4. Управление рисками, включающее в себя: идентификацию рисков; оценку рисков; выработку управляющих решений (мероприятий); мониторинг исполнения управляющих решений.

Этап 5. Консультации по вопросам исполнения (уточнение) распоряжений.

Этап 6. Формирование отчетности по результатам выполнения распоряжений.

Этап 7. Пополнение базы знаний лучших практик.

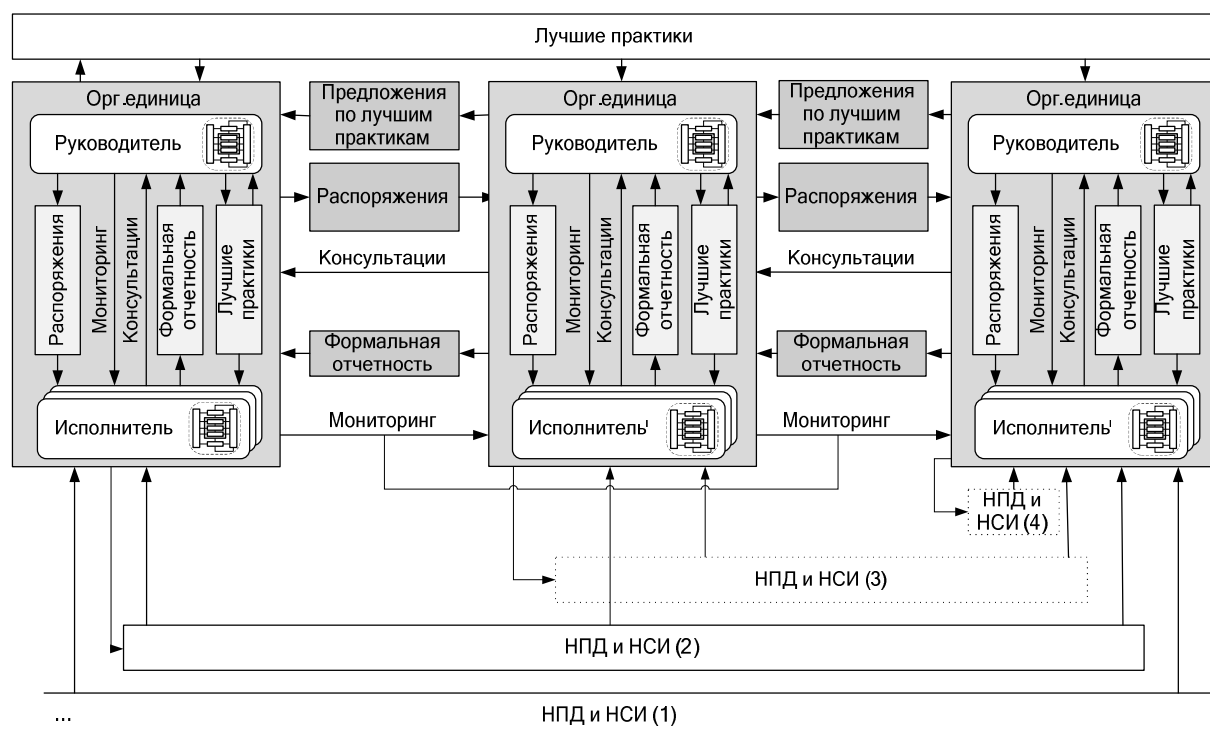


Рисунок 1 – Обобщенная схема способа ИППР при управлении рисками нечетких бизнес-процессов

Предложены разновидности способа интеллектуальной поддержки принятия решений при последовательном (рисунок 2а) и параллельном управлении (рисунок 2б) рисками нечетких бизнес-процессов.

Для программной реализации этапов способа ИППР для управления рисками нечетких бизнес-процессов разработаны следующие модели:

- модель нечеткого бизнес-процесса, основанная на высокоуровневых нечетких сетях Петри;
- модель оценки рисков и необходимости управления рисками;
- нейро-нечеткая модель формирования ранжированных групп мероприятий для управления рисками.

Предложена схема взаимодействия разработанных моделей для ИППР для управления рисками нечетких бизнес-процессов (рисунок 3). Обобщенный алгоритм взаимодействия этих моделей схематически может быть представлен в следующем виде:



Рисунок 2 – Разновидности способа ИППР для управления рисками нечетких бизнес-процессов

$$P_{R_1}^1 \dots P_{R_1}^N \rightarrow [Nec_*, Nec^*]_{R_i} \rightarrow Nec_{R_i} \rightarrow Rang_{Gr_k} \rightarrow L_{Mes_o} \tag{1}$$

где R_i – i -й риск нечеткого бизнес-процесса;

$[Nec_*, Nec^*]_{RS_i}$ – граничная оценка необходимости управления i -м риском,

$Nec_* \in [0, 1]$, $Nec^* \in [0, 1]$;

Nec_{R_i} – оценка необходимости управления i -м риском, $Nec_{R_i} \in [0, 1]$

$Rang_{Gr_k}$ – ранг k -й группы мероприятий, направленных на устранение рисков, $Rang_{Gr_k} \in [0, 1]$;

L_{Mes_l} – уровень применения o -го мероприятия, направленного на источники рисков, $L_{Mes_l} \in [0, 1]$.

В общем виде, схема взаимодействия моделей представлена на рисунке 3.

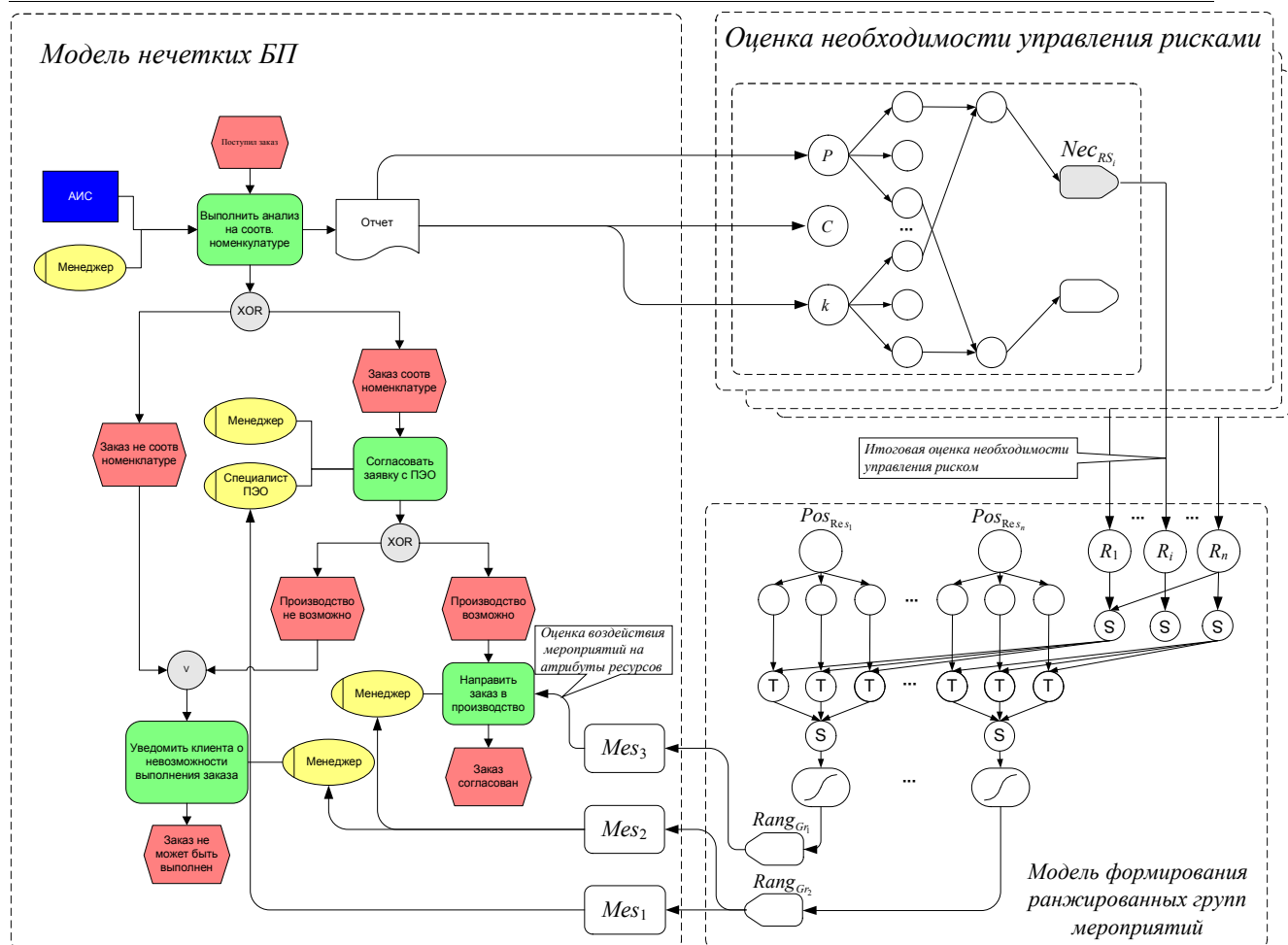


Рисунок 3 – Схема взаимодействия моделей интеллектуальной поддержки принятия решений для управления рисками нечетких бизнес-процессов

Предлагаемая модель нечеткого бизнес-процесса представляет собой нечеткую высокоуровневую сеть Петри и позволяет моделировать влияние нечетких, неточных и неопределенных факторов на характеристики бизнес-процесса и его результаты.

Основными элементами бизнес-процессов являются:

- $F = \{f_1 \dots f_h\}$ - множество функций ARIS eEPC, где h – количество функций в бизнес-процессе;
- $E = \{e_1 \dots e_r\}$ - множество событий ARIS eEPC, где r – количество событий в бизнес-процессе;
- $P = \{p_1 \dots p_c\}$ - множество организационных единиц ARIS eEPC, где c – количество организационных единиц в бизнес-процессе;
- $D = \{d_1 \dots d_v\}$ - множество документов ARIS eEPC, где v – количество документов в бизнес-процессе;
- $S = \{s_1 \dots s_z\}$ - множество прикладных систем ARIS eEPC, где z – количество прикладных систем в бизнес-процессе;

- $K = \{k_1 \dots k_y\}$ - k множество кластеров информации ARIS eEPC, где y – количество кластеров информации в бизнес-процессе.

Совместно, множества P , D , S , K обозначим в виде множества Res – ресурсов бизнес-процесса.

Таким образом, модель бизнес-процесса, представленного в нотации ARIS eEPC, является 3-х дольным графом. Для установления связей между элементами, введем следующие матрицы переходов:

- EF – матрица размерности $g \times h$, отражающая связи между событиями и вызываемыми ими функциями;
- FE – матрица размерности $h \times g$, отражающая связи между функциями и порождаемыми ими событиями;
- RF – матрица размерности $(c+v+z+y) \times h$, отражающая связи ресурсов с функцией, в которую они передаются;
- FR – матрица размерности $h \times (c+v+z+y)$, отражающая связи функции с порождаемыми ей ресурсами.

Таким образом, опишем бизнес-процесс в виде кортежа:

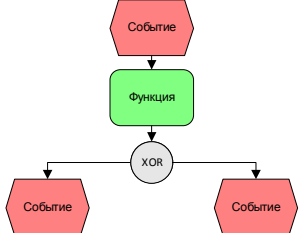
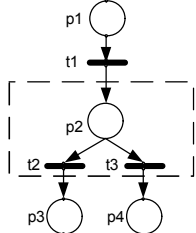
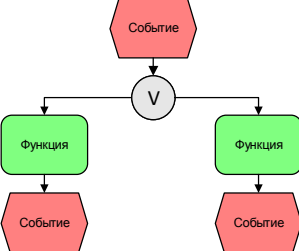
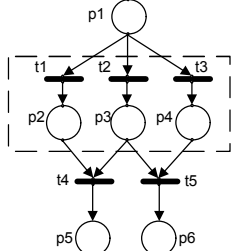
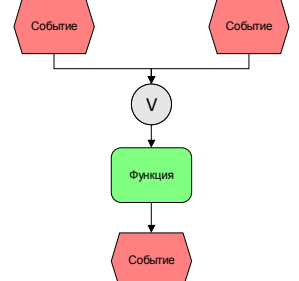
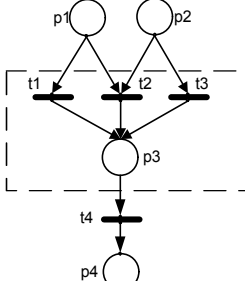
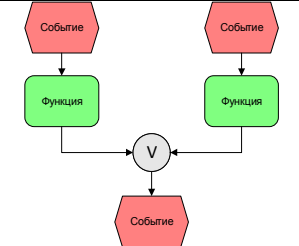
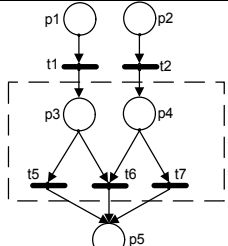
$$BP = \langle F, E, P, D, S, K, EF, FE, RF, FR \rangle \Leftrightarrow BP = \langle F, E, R, EF, FE, RF, FR \rangle.$$

Для перевода модели бизнес-процесса на язык нечетких высокоуровневых сетей Петри [4] предложен способ интерпретации, основанный на следующих правилах:

1. события бизнес-процесса интерпретируются как позиции сети Петри;
2. действия бизнес-процесса интерпретируются как переходы сети Петри;
3. логические элементы учитываются в сети Петри путем комбинации позиций и переходов;
4. время, затрачиваемое на выполнение действий (функций) учитывается как время, необходимое для выполнения переходов;
5. прочие элементы бизнес-процесса также рассматриваются как позиции, отражающие наличие/отсутствие элемента (например, наличие и способность выполнить функцию некоторым исполнителем);
6. все ненаправленные соединения трактуются как соединения, входящие в функцию.

При замене логических операций используют следующий подход [5](таблица 1).

Таблица 1 – Способ замены логических операторов ARIS eEPC

№ п/п	Вид композиции в нотации ARIS eEPC	Вид аналогичной композиции в виде сети Петри ¹
1		
2		
3		
4		

Пример интерпретации приведен на рисунке 4.

Однако, полученная таким образом сеть Петри ещё не является высокоуровневой сетью Петри (HLFPN).

В состав данной сети входят:

1. двудольный ориентированный граф вида

$$HLFPN = \langle P, T, F \rangle,$$

где P и T – два непересекающихся множества вершин ($P \cap T = \emptyset$), называемых позициями и переходами соответственно, а F – множество направленных дуг, каждая из которых соединяет позицию $p \in P$ с переходом $t \in T$. Позиции соответствуют переменным, переходы представляют оценку новых нечетких подмножеств;

¹ Представление логических элементов в сети Петри обведено пунктирной линией

2. маркированные дуги с кортежами переменных, длина каждого кортежа является арностью базового набора переменной, связанной с дугой;
3. структура, расположенная в переходах T , реализует нечеткий продукционный вывод.

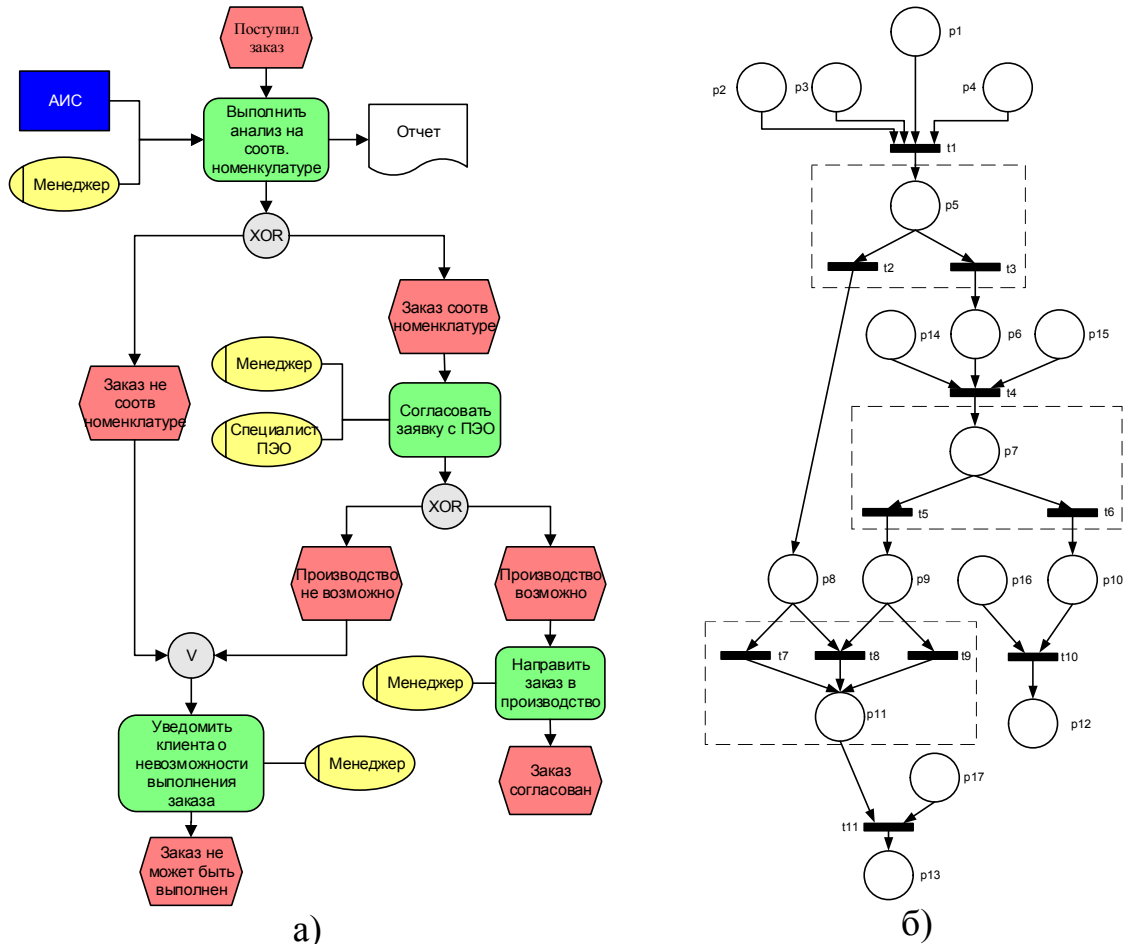


Рисунок 4 – Пример интерпретации БП в сеть Петри

Определим V как лингвистическую переменную множества X . Маркер A – нечеткое число (значение) или функция принадлежности, определяющая множество $T(V)$.

Для каждого перехода $t \in T$ может быть задано множество входных $I(t) = \{p \in P | \langle p, t \rangle \in F\}$ и выходных позиций $O(t) = \{p \in P | \langle t, p \rangle \in F\}$. Аналогичные множества могут быть заданы и для каждой позиции $p \in P$. Переход $t \in T$ активен, когда каждая позиция $p \in I(t)$ содержит маркер с меткой $\langle p, t \rangle$. При срабатывании перехода $t \in T$ маркеры с меткой $\langle p, t \rangle$ удаляются из каждого входа и для каждого выхода добавляется маркер $\langle t, p' \rangle$. Переход может моделировать нечеткий продукционный вывод или конъюнкцию антецедентов, что определяет значения маркёров выходных позиций.

В соответствии с подходом, изложенным в разделе 2, между формальным описанием бизнес-процесса в нотации ARIS eEPC и HLFPN устанавливается следующее соответствие:

- множество функций F соответствует множеству переходов T HLFPN - $F \leftrightarrow T$;
- множество атрибутов событий и ресурсов ARIS eEPC E, P, D, S, K ставится в соответствие множеству позиций P HLFPN - $E \cup P \cup D \cup S \cup K \cup P$;
- множества переходов ARIS eEPC EF, FE, RF, FR ставятся в соответствие с набором направленных дуг F HLFPN $EF \cup FE \cup RF \cup FR \longleftrightarrow F$.

Перед моделированием осуществляется наполнение HLFPN знаниями [6].

Шаг 1. Проводится извлечение информации об обстоятельствах протекания бизнес-процессов (атрибутах ресурсов бизнес-процессов) и их результатах (атрибутах выходных ресурсов каждой функции) из экспертов и/или баз данных. Эта выборка станет обучающей выборкой для каскада продукционных моделей, представленных HLFPN.

Шаг 2. Для всех атрибутов всех ресурсов с привлечением экспертов формируются функции принадлежности (membership functions).

Шаг 3. Набор нечетких продукционных правил образуется путем полного комбинаторного перебора всех возможных комбинаций всех термов всех атрибутов всех ресурсов, поступающих на вход перехода.

Следует учитывать, что ряд атрибутов ресурсов может одновременно являться и входными и выходными для нечеткой продукционной модели. Так, например, при выполнении функции бизнес-процесса, может изменяться эмоциональное состояние исполнителя как в лучшую сторону (получение удовлетворенности от работы), так и в худшую сторону (угнетение от выполнения работы с некачественными исходными данными, документами и т.д.).

Шаг 4. Проводится обучение каждой отдельной нечеткой продукционной модели, выполняемое, например с использованием подходов, предложенных в [7-9].

Рассмотрим обучение на примере продукционной модели Сугэно 0-го порядка, в которой консеквент каждого из нечетких продукционных правил является константой. Такая модель может быть достаточно быстро обучена на нескольких примерах с использованием, например, метода генетического алгоритма. В качестве хромосом особи будут выступать набор консеквентов всех правил модели (то есть количество хромосом особи для нечеткой продукционной модели Сугэно 0-го порядка будет совпадать с количеством правил такой модели).

Моделирование с использованием HLFPN заключается в последовательном применении каскада продукционных моделей в

соответствии со структурой HLFPN. Рассмотрим моделирование на примере (рисунок 5).

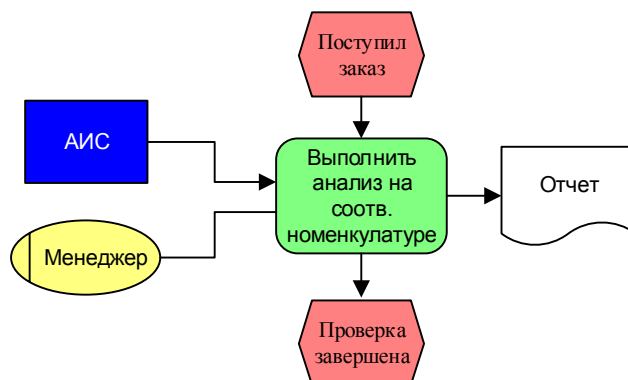


Рисунок 5 – Часть бизнес-процесса оформления заказов

Предположим, что каждый ресурс имеет по одному атрибуту. АИС – атрибут «Удобство выполнения функции в АИС», Менеджер – «Эмоциональное состояние», Отчет – «Риск допущения ошибок в отчете», события «Поступил заказ» и «Проверка завершена» для упрощения исключим из рассмотрения. В таком случае, представленная часть бизнес-процесса будет интерпретирована в следующую *PN* (рисунок 6).

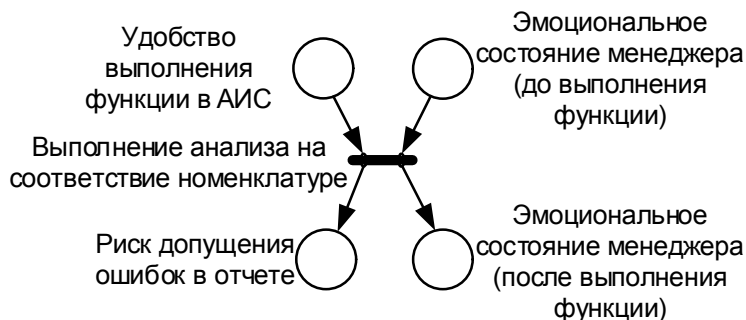


Рисунок 6 – Часть бизнес-процесса оформления заказов, представленная сетью Петри

Особенностью выбранной части бизнес-процесса является то, что атрибут «Эмоциональное состояние менеджера» входит как в косеквент, так и в антецедент продукционного правила перехода «Выполнение анализа на соответствие номенклатуре». Такой подход позволяет не только оценить риск допущения ошибок в отчете, но и учесть изменение состояния менеджера в динамике в ходе выполнения бизнес-процесса в целом.

Зададим функции принадлежности атрибутов ресурсов следующим образом (см. рисунок 7).

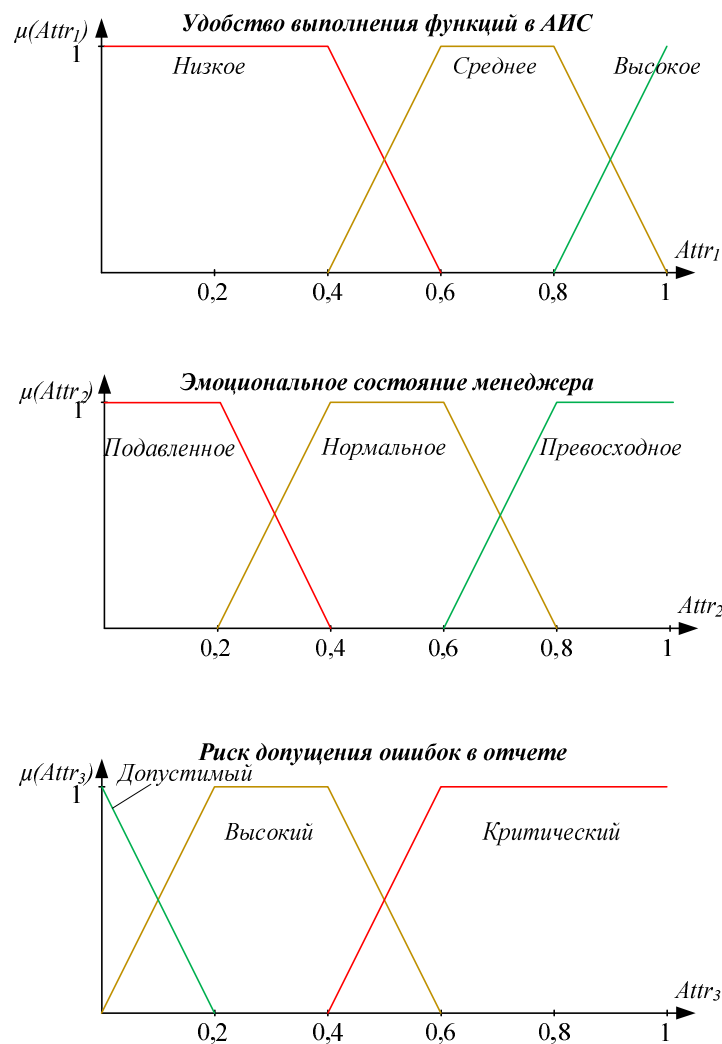


Рисунок 7 – Функции принадлежности атрибутов ресурсов бизнес-процесса

Для предложенного набора функций принадлежности, количество нечетких продукционных правил составит $3^2=9$. Предположим, что после обучения продукционные правила после обучения представлены следующим образом (таблица 2).

При моделировании выполнения анализа на соответствие номенклатуре с удобством использования, оцененным в 0.85 и эмоциональным состоянием менеджера, оцененным в 0.65 сработают правила №№ 5, 6, 8, 9 с уровнями срабатывания (при определении уровня как минимума функций принадлежности) 0.75, 0.25, 0.25, 0.25 соответственно.

Таблица 2 – Продукционные правила для перехода «Выполнение анализа на соответствие номенклатуре»

№ п/п	Inputs		Outputs	
	Удобство выполнения функции в АИС	Эмоциональное состояние менеджера до выполнения функции	Эмоциональное состояние менеджера после выполнения функции	Риск допущения ошибок в отчете
1	2	3	4	5
1	Low	Подавленное	0.12	0.91
2	Low	Нормальное	0.37	0.55
3	Low	Превосходное	0.55	0.25
4	Medium	Подавленное	0.22	0.76
5	Medium	Нормальное	0.59	0.17
6	Medium	Превосходное	0.63	0.13
7	High	Подавленное	0.25	0.37
8	High	Нормальное	0.72	0.15
9	High	Превосходное	0.95	0.07

При определении итогового значения по формуле

$$y' = \frac{\sum_{i=1}^9 \beta_i y_i}{\sum_{i=1}^9 \beta_i},$$

где β_i - уровень срабатывания i -го нечеткого правила. Тогда:

$$Attr'_2 = \frac{0.75*0.59+0.25*0.63+0.25*0.72+0.25*0.95}{0.75+0.25+0.25+0.25} = 0.68$$

$$Attr'_3 = \frac{0.75*0.17+0.25*0.13+0.25*0.15+0.25*0.07}{0.75+0.25+0.25+0.25} = 0.14$$

При использовании полученного отчета на последующих шагах бизнес-процесса, полученный риск допущения ошибок в отчете может оказать влияние, например, на оценку правильности выбора ветви процесса при его делении.

Также и эмоциональное состояние менеджера может улучшаться или ухудшаться в ходе выполнения бизнес-процесса, что может оказать значительное влияние на результаты бизнес-процесса.

Аналогичным образом могут быть оценены атрибуты ресурсов, при наличии нескольких атрибутов у ресурсов. Например, вероятность появления некачественного документа P_R , уровень прямых финансовых потерь от

некачественного документа C_{R_i} и уровень последствий от получения такого документа (например, репутационных издержек) k_{R_i} , т.е.:

$$\begin{aligned} P_{R_i}^1 &\Leftrightarrow P_{R_i} \\ P_{R_i}^2 &\Leftrightarrow C_{R_i} \\ P_{R_i}^3 &\Leftrightarrow k_{R_i} \end{aligned}$$

В дальнейшем, полученная тройственная оценка риска может быть обработана с использованием интеллектуальных моделей, рассмотренных, в [10]. Это позволит ранжировать риски, а также подобрать наиболее эффективные мероприятия по управлению ими.

Таким образом, разработана модель нечетких бизнес-процессов, отличающаяся подходом к интерпретации бизнес-процесса, а также возможностью её обучения на основе данных об исходных характеристиках элементов, участвующих в бизнес-процессе, и результатах бизнес-процесса, которые могут быть выражены нечетко. Кроме того, предложенная модель нечетких бизнес-процессов гибко интегрирована в процесс управления рисками (риск-ситуациями) и обеспечивает реализацию способа ИППР при управлении рисками нечетких бизнес-процессов.

Библиографический список

1. Шерр А.-В. Моделирование бизнес-процессов. М.: Весть-МетаТехнология, 2000.
2. ван дер Аалст В., ван Хей К. Управление потоками работ: модели, методы и системы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
3. Thomas O., Dollmann T., Loos P. Rules integration in business process models- a fuzzy oriented approach //Enterprise Modelling and Information Systems Architectures. 2015. Т. 3. №. 2. С. 18-30.
4. Scarpelli H., Gomide F. Fuzzy reasoning and high level fuzzy Petri nets //Proc. First European Congress on Fuzzy and Intelligent Technologies, Aachen, Germany. 1993. С. 600-605.
5. Сеньков А.В., Марголин М.С., Сорокин Е.В. Способ интерпретации бизнес-процессов в нечеткие временные сети Петри / Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2016. № 7. С. 34-38
6. Senkov A., Borisov V. Risk assessment in fuzzy business processes based on High Level Fuzzy Petri net //International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. №. 16. С. 9052-9057.
7. Hoffmann F., Nelles O. Structure identification of TSK-fuzzy systems using genetic programming //Proceedings of IPMU. 2000. Т. 99. С. 438-445.
8. Зернов М.И., Сак-Саковский В.И., Сеньков А.В., Букачев Д.С. Генетический алгоритм обучения системы нечеткого вывода // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2016. № 7. С. 57-60.
9. Kumar A., Agrawal D.P., Joshi S.D. A GA-based method for constructing TSK fuzzy rules from numerical data // Fuzzy Systems, 2003. FUZZ'03. The 12th

IEEE International Conference on. IEEE, 2003. Т. 1. С. 131-136.

10. Борисов В.В., Сеньков А.В. Интеллектуальное управление рисками в сложных организационно-технических системах // Информационные технологии. 2011. № 10. С. 47–51.