



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.42

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИИ НЕЧЕТКИХ АВТОМАТОВ И СПОСОБА ВЫБОРА СЦЕНАРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ЕЕ ОСНОВЕ

Сидоров И.А.

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, Россия, (214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1), e-mail: igorsidorov770@gmail.com.

Статья посвящена разработке композиции нечетких автоматов и способа выбора сценариев управления рисками на ее основе. Рассмотрена терминология композиции нечетких автоматов, нечеткий автомат, композиция нечетких автоматов, способ построения композиции нечетких автоматов, сценарий управления рисками и способ выбора сценариев управления рисками.

Ключевые слова: события, риск-события, логические операторы, ситуации, риск-ситуации, мероприятия, сценарий управления рисками, композиция нечетких автоматов.

DEVELOPMENT OF A COMPOSITION OF FUZZY AUTOMATIC MACHINES AND A METHOD FOR SELECTING RISK MANAGEMENT SCENARIOS ON ITS BASIS

Sidorov I.A.

Smolensk Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Smolensk, Russia (214013, Smolensk, Energeticheskyy proezd, 1), e-mail: igorsidorov770@gmail.com.

The article is devoted to the development of a composition of fuzzy automata and a method for selecting risk management scenarios based on it. The terminology of a composition of fuzzy automata, a fuzzy automaton, a composition of fuzzy automata, a method for constructing a composition of fuzzy automata, a risk management scenario, and a method for selecting risk management scenarios are considered.

Keywords: events, risk events, logical operators, situations, risk situations, events, risk management scenario, composition of fuzzy automata.

Введение

При возрастании масштабов сложных организационно-технических систем и происходящих в них процессов все большее значение приобретает управление рисками. Особенно актуальной является разработка способа выбора сценариев управления рисками, определяющих последовательность действий, необходимых для перевода системы из одного состояния в другое, при котором общий ущерб от наступления рисков, а также расходы на мероприятия будут минимальными. Таким способом является способ выбора сценариев управления рисками на основе композиции нечетких автоматов.

Терминология композиции нечетких автоматов

Перед тем как переходить к композиции нечетких автоматов необходимо познакомиться с тем, что такое событие, риск-событие, логический оператор И, логический оператор ИЛИ, ситуация и риск-ситуация.

Событие – это то, что может произойти с определенной вероятностью [1-4]. Событие можно описать с помощью следующей формулы:

$$E_i = \langle D, P \rangle, \quad (1.1)$$

где E – событие; i – номер события; D – описание события; P – вероятность наступления события.

Риск-событие – это то, что может произойти с определенной вероятностью и нанести ущерб [1-4]. Риск-событие можно описать с помощью следующей формулы:

$$RE_i = \langle D, P, C \rangle, \quad (1.2)$$

где RE – риск-событие; i – номер риск-события; D – описание риск-события; P – вероятность наступления риск-события; C – ущерб от наступления риск-события.

Логический оператор И – данный оператор связывает входные события или риск-события с выходным событием или риск-событием. При наступлении всех входных событий или риск-событий происходит наступление выходного события или риск-события [5]. Логический оператор И можно описать с помощью следующей формулы:

$$AND_i = \langle X_1, X_2, Y \rangle, \quad (1.3)$$

где AND – логический оператор И; i – номер логического оператора И; X_1 – первое входное событие или риск-событие; X_2 – второе входное событие или риск-событие; Y – выходное событие или риск-событие.

Причем вероятность выходного события или риск-события вычисляется по следующей формуле [6]:

$$P_y = \min(P_{x1}, P_{x2}), \quad (1.4)$$

где P_y – вероятность выходного события или риск-события; P_{x1} – вероятность первого входного события или риск-события; P_{x2} – вероятность второго входного события или риск-события.

На рисунке 1 представлен пример использования логического оператора И.

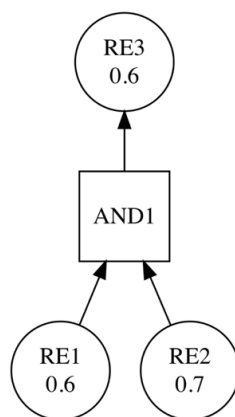


Рисунок 1 – Пример использования логического оператора И

Логический оператор ИЛИ – данный оператор связывает входные события или риск-события с выходным событием или риск-событием. При наступлении хотя бы одного входного

события или риск-события или всех событий или риск-событий происходит наступление выходного события или риск-события [5]. Логический оператор ИЛИ можно описать с помощью следующей формулы:

$$OR_i = \langle X_1, X_2, Y \rangle, \quad (1.5)$$

где OR – логический оператор ИЛИ; i – номер логического оператора ИЛИ; X_1 – первое входное событие или риск-событие; X_2 – второе входное событие или риск-событие; Y – выходное событие или риск-событие.

Причём вероятность выходного события или риск-события вычисляется по следующей формуле [6]:

$$P_y = \max(P_{x1}, P_{x2}), \quad (1.6)$$

где P_y – вероятность выходного события или риск-события; P_{x1} – вероятность первого входного события или риск-события; P_{x2} – вероятность второго входного события или риск-события.

На рисунке 2 представлен пример использования логического оператора ИЛИ.

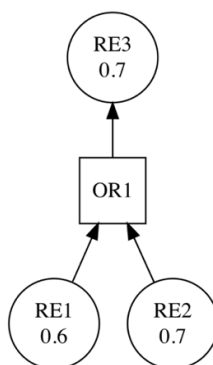


Рисунок 2 – Пример использования логического оператора ИЛИ

Иногда несколько логических операторов И или ИЛИ приводят к наступлению одного события или риск-события. Пример представлен на рисунке 3.

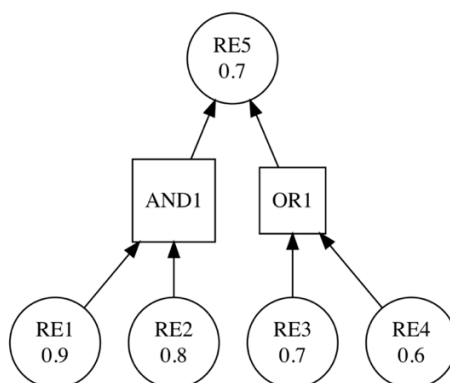


Рисунок 3 – Пример, в котором несколько логических операторов И или ИЛИ приводят к наступлению одного события или риск-события

Если несколько логических операторов И или ИЛИ приводят к наступлению одного события или риск-события, то вероятность выходного события или риск-события вычисляется по следующей формуле [6]:

$$P_y = \min(P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n), \text{ при } i = 1 \dots n, \quad (1.7)$$

где P_y – вероятность выходного события или риск-события; i – номер логического оператора И или ИЛИ; P_i – вероятность выходного события или риск-события логического оператора И или ИЛИ под номером i .

Ситуация – это множество событий и риск-событий, приводящих к результирующему событию. Ситуацию можно описать с помощью следующей формулы:

$$S_{E_i} = \{e, re | e \in E, re \in RE\}, \quad (1.8)$$

где E_i – результирующие событие; S_{E_i} – ситуация, описывающая E_i ; e – событие; re – риск-событие; E – множество событий; RE – множество риск-событий.

Риск-ситуация – это множество событий и риск-событий, приводящих к результирующему риск-событию. Риск-ситуацию можно описать с помощью следующей формулы:

$$RS_{RE_i} = \{e, re | e \in E, re \in RE\}, \quad (1.9)$$

где RE_i – результирующие риск-событие; S_{RE_i} – ситуация, описывающая RE_i ; e – событие; re – риск-событие; E – множество событий; RE – множество риск-событий.

2. Нечеткий автомат

Композиция нечетких автоматов представляет собой множество нечетких автоматов. Поэтому необходимо для начала разобраться тем, что такое нечеткий автомат.

Структурно нечеткий автомат представляется собой ориентированный граф, узлами которого являются его состояния, а дуги характеризуют переходы между состояниями [6-8]. Нечеткий автомат можно описать с помощью следующей формулы:

$$FA = \langle Q, s, f, A, T \rangle, \quad (2.1)$$

где FA – нечеткий автомат; Q – множество состояний; s – вектор начальных состояний; f – вектор конечных состояний; A – множество входных символов (алфавит); T – множество нечетких матриц переходов.

Множество состояний можно описать с помощью следующей формулы:

$$Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_n\}, \text{ при } i = 1 \dots n, \quad (2.2)$$

где Q – множество состояний; i – номер состояния; Q_i – состояние под номером i .

Вектор начальных состояний можно описать с помощью следующей формулы:

$$s = (s_{Q_1}, s_{Q_2}, \dots, s_{Q_i}, \dots, s_{Q_n}), \quad (2.3)$$

где s – вектор начальных состояний; s_{Q_i} – статус состояния Q_i , если состояние начальное, то $s_{Q_i} = 1$, иначе $s_{Q_i} = 0$.

Вектор конечных состояний можно описать с помощью следующей формулы:

$$f = (f_{Q_1}, f_{Q_2}, \dots, f_{Q_i}, \dots, f_{Q_n}), \quad (2.4)$$

где f – вектор конечных состояний; f_{Q_i} – статус состояния Q_i , если состояние конечное, то $f_{Q_i} = 1$, иначе $f_{Q_i} = 0$.

Множество входных символов (алфавит) можно описать с помощью следующей формулы:

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m\}, \text{ при } i = 1 \dots m, \quad (2.5)$$

где A – множество входных символов; i – номер входного символа; A_i – входной символ под номером i .

Множество нечетких матриц переходов можно описать с помощью следующей формулы:

$$T = \{T_{A_1}, T_{A_2}, \dots, T_{A_i}, \dots, T_{A_m}\}, \quad (2.6)$$

где T – множество нечетких матриц переходов; T_{A_i} – нечеткая матрица переходов для входного символа A_i .

Нечеткую матрицу переходов можно описать с помощью следующей формулы:

$$T_{A_i} = \begin{pmatrix} \mu_{Q_1 Q_1} & \dots & \mu_{Q_1 Q_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{Q_n Q_1} & \dots & \mu_{Q_n Q_n} \end{pmatrix}, \quad (2.7)$$

где T_{A_i} – нечеткая матрица переходов для входного символа A_i ; $\mu_{Q_j Q_k}$ – степень принадлежности перехода из состояния Q_j в состояние Q_k под действием входного символа A_i .

На нечеткий автомат можно подать входное слово, которое можно описать с помощью следующей формулы:

$$W = \{A_i | A_i \in A\}, \quad (2.8)$$

где A – множество входных символов; W – слово, состоящие из элементов множества A .

Отклик нечеткого автомата на входное слово можно определить рассчитав степень принадлежности по следующей формуле:

$$\mu_W = s \circ T_W \circ f, \quad (2.9)$$

где μ_W – степень принадлежности под воздействием входного слова W ; s – вектор начальных состояний; f – вектор конечных состояний.

На рисунке 4 представлен пример нечеткого автомата.

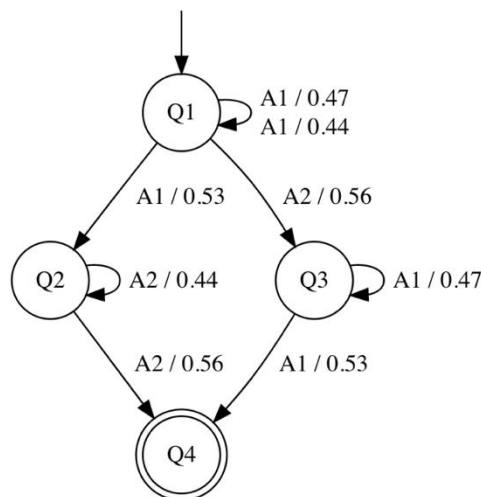


Рисунок 4 – Пример нечеткого автомата

Достоинством нечеткого автомата является его наглядность. А недостатком – сложность построения, при большом количестве состояний и переходов.

3. Композиция нечетких автоматов

Нечеткий автомат становится слишком большим и сложным, при большом количестве состояний и переходов между ними. Композиция нечетких автоматов лишена этих недостатков.

Композиция нечетких автоматов представляет собой множество нечетких автоматов.

Каждый логический оператор И или ИЛИ имеет свой нечеткий автомат. Также каждое начальное событие или риск-событие, это такое событие и риск-событие, которое не является выходом ни одного из логических операторов И или ИЛИ, имеет свой нечеткий автомат.

В качестве алфавита для нечетких автоматов выступают события и риск-события. Причем, символы данного алфавита не только подаются на вход нечеткого автомата, но и когда автомат переходит в финальное состояние он генерирует новые символы для алфавита.

В качестве состояний для нечетких автоматов выступают ситуации и риск-ситуации.

Для построения множества нечетких матриц переходов используются вероятности событий и риск-событий.

Пример композиции нечетких автоматов представлен на рисунке 6. А структура событий и риск-событий, на основе которой построена композиция нечетких автоматов, представлена на рисунке 5.

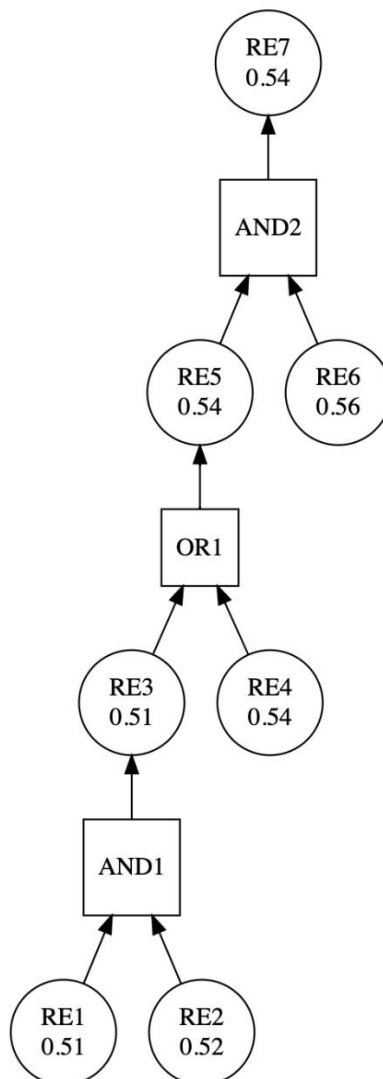


Рисунок 5 – Структура событий и риск-событий

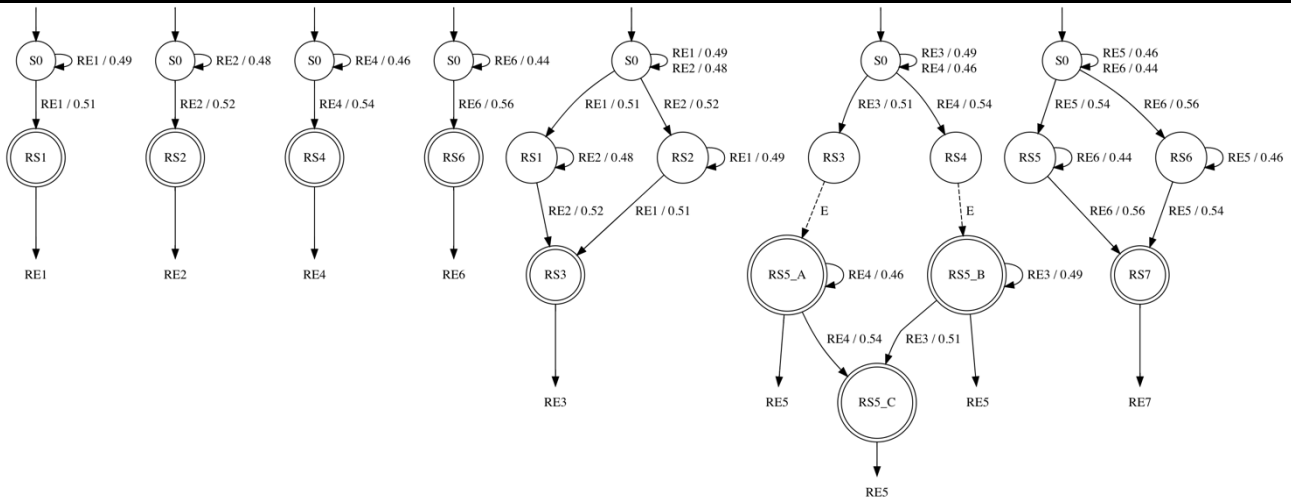


Рисунок 6 – Композиция нечетких автоматов для оценки ситуаций и риск-ситуаций

Композиция нечетких автоматов нужна для оценки ситуаций и риск-ситуаций, то есть, по сути, для оценки событий и риск-событий. А уже после оценки событий и риск-событий можно переходить к выбору сценариев управления рисками.

4. Способ построения композиции нечетких автоматов

Способ построения композиции нечетких автоматов состоит из следующих этапов:

Этап 1. Среди всех событий и риск-событий находятся начальные, это такие события и риск-события, которые не являются выходами логических операторов И или ИЛИ.

Этап 2. Для каждого начального события задается ситуация следующего вида:

$$S_{E_i} = \{E_i\} \quad (4.1)$$

Затем создается нечеткий автомат, в частности по формуле (2.2) задается множество состояний:

$$Q = \{S_0, S_{E_i}\}, \quad (4.2)$$

где S_0 – начальное состояние.

По формуле (2.3) задается вектор начальных состояний:

$$s = (1, 0) \quad (4.3)$$

По формуле (2.4) задается вектор конечных состояний:

$$f = (0, 1) \quad (4.4)$$

По формуле (2.5) задается множество входных символов (алфавит):

$$A = \{E_i\} \quad (4.5)$$

По формулам (2.6) и (2.7) задается множество нечетких матриц переходов:

$$T = \{T_{E_i}\} \quad (4.6)$$

$$T_{E_i} = \begin{pmatrix} 1 - P_{E_i} & P_{E_i} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

На рисунке 7 представлен пример нечеткого автомата для начального события.

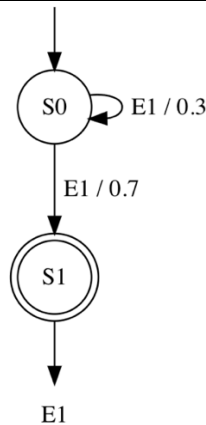


Рисунок 7 – Пример нечеткого автомата для начального события

Этап 3. Для каждого начального риск-события задается риск-ситуация следующего вида:

$$RS_{RE_i} = \{RE_i\} \quad (4.7)$$

Затем создается нечеткий автомат, в частности по формуле (2.2) задается множество состояний:

$$Q = \{S_0, RS_{RE_i}\}, \quad (4.8)$$

где S_0 – начальное состояние.

По формуле (2.3) задается вектор начальных состояний:

$$s = (1, 0) \quad (4.9)$$

По формуле (2.4) задается вектор конечных состояний:

$$f = (0, 1) \quad (4.10)$$

По формуле (2.5) задается множество входных символов (алфавит):

$$A = \{RE_i\} \quad (4.11)$$

По формулам (2.6) и (2.7) задается множество нечетких матриц переходов:

$$T = \{T_{RE_i}\} \quad (4.12)$$

$$T_{RE_i} = \begin{pmatrix} 1 - P_{RE_i} & P_{RE_i} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

На рисунке 8 представлен пример нечеткого автомата для начального риск-события.

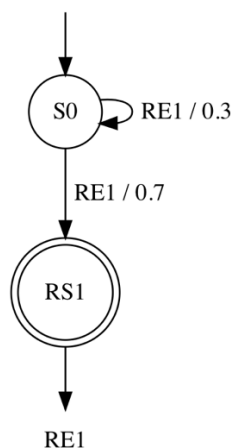


Рисунок 8 – Пример нечеткого автомата для начального риск-события

Этап 4. Для каждого логического оператора И задаются ситуации или риск-ситуации его входов и выхода.

Затем создается нечеткий автомат, в частности по формуле (2.2) задается множество состояний:

$$Q = \{S_0, (S_{E_i}|RS_{RE_i}), (S_{E_j}|RS_{RE_j}), (S_{E_k}|RS_{RE_k})\}, \quad (4.13)$$

где S_0 – начальное состояние; $S_{E_i}|RS_{RE_i}$ – ситуация или риск-ситуация для первого входа логического оператора И; $S_{E_j}|RS_{RE_j}$ – ситуация или риск-ситуация для второго входа логического оператора И; $S_{E_k}|RS_{RE_k}$ – ситуация или риск-ситуация для выхода логического оператора И.

По формуле (2.3) задается вектор начальных состояний:

$$s = (1,0,0,0) \quad (4.14)$$

По формуле (2.4) задается вектор конечных состояний:

$$f = (0,0,0,1) \quad (4.15)$$

По формуле (2.5) задается множество входных символов (алфавит):

$$A = \{(E_i|RE_i), (E_j|RE_j)\} \quad (4.16)$$

По формулам (2.6) и (2.7) задается множество нечетких матриц переходов:

$$T = \{T_{E_i|RE_i}, T_{E_j|RE_j}\} \quad (4.17)$$

$$T_{E_i|RE_i} = \begin{pmatrix} 1 - P_{E_i|RE_i} & P_{E_i|RE_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - P_{E_i|RE_i} & 0 & P_{E_i|RE_i} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$T_{E_j|RE_j} = \begin{pmatrix} 1 - P_{E_j|RE_j} & 0 & P_{E_j|RE_j} & 0 \\ 0 & 1 - P_{E_j|RE_j} & 0 & P_{E_j|RE_j} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

На рисунке 9 представлен пример нечеткого автомата для логического оператора И.

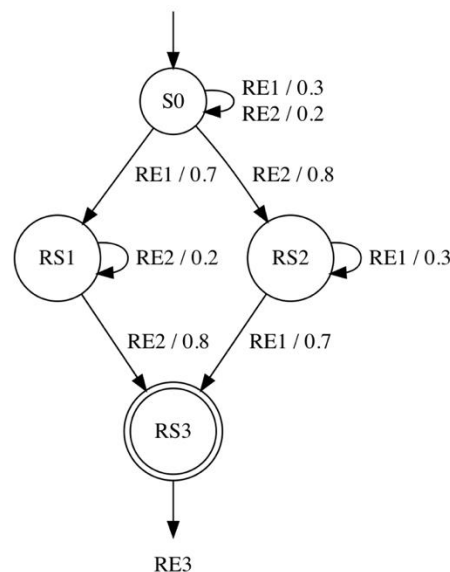


Рисунок 9 – Пример нечеткого автомата для логического оператора И

Этап 5. Для каждого логического оператора ИЛИ задаются ситуации или риск-ситуации его входов и выхода.

Затем создается нечеткий автомат, в частности по формуле (2.2) задается множество состояний:

$$Q = \left\{ \begin{array}{l} S_0, \\ (S_{E_i} | RS_{RE_i}), \\ (S_{E_j} | RS_{RE_j}), \\ (S_{E_{kA}} | RS_{RE_{kA}}), \\ (S_{E_{kB}} | RS_{RE_{kB}}), \\ (S_{E_{kC}} | RS_{RE_{kC}}) \end{array} \right\}, \quad (4.18)$$

где S_0 – начальное состояние; $S_{E_i} | RS_{RE_i}$ – ситуация или риск-ситуация для первого входа логического оператора ИЛИ; $S_{E_j} | RS_{RE_j}$ – ситуация или риск-ситуация для второго входа логического оператора ИЛИ; $S_{E_{kA}} | RS_{RE_{kA}}$ – ситуация или риск-ситуация для выхода логического оператора ИЛИ, при срабатывании первого входа; $S_{E_{kB}} | RS_{RE_{kB}}$ – ситуация или риск-ситуация для выхода логического оператора ИЛИ, при срабатывании второго входа; $S_{E_{kC}} | RS_{RE_{kC}}$ – ситуация или риск-ситуация для выхода логического оператора ИЛИ, при срабатывании первого и второго входов.

По формуле (2.3) задается вектор начальных состояний:

$$s = (1, 0, 0, 0, 0, 0) \quad (4.19)$$

По формуле (2.4) задается вектор конечных состояний:

$$f = (0, 0, 0, 0, 0, 1) \quad (4.20)$$

По формуле (2.5) задается множество входных символов (алфавит):

$$A = \{(E_i | RE_i), (E_j | RE_j), \varepsilon\} \quad (4.21)$$

По формулам (2.6) и (2.7) задается множество нечетких матриц переходов:

$$T = \{T_{E_i|RE_i}, T_{E_j|RE_j}\} \quad (4.22)$$

$$T_{E_i|RE_i} = \begin{pmatrix} 1 - P_{E_i|RE_i} & P_{E_i|RE_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 - P_{E_i|RE_i} & P_{E_i|RE_i} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$T_{E_j|RE_j} = \begin{pmatrix} 1 - P_{E_j|RE_j} & 0 & P_{E_j|RE_j} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 - P_{E_j|RE_j} & 0 & P_{E_j|RE_j} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

На рисунке 10 представлен пример нечеткого автомата для логического оператора ИЛИ.

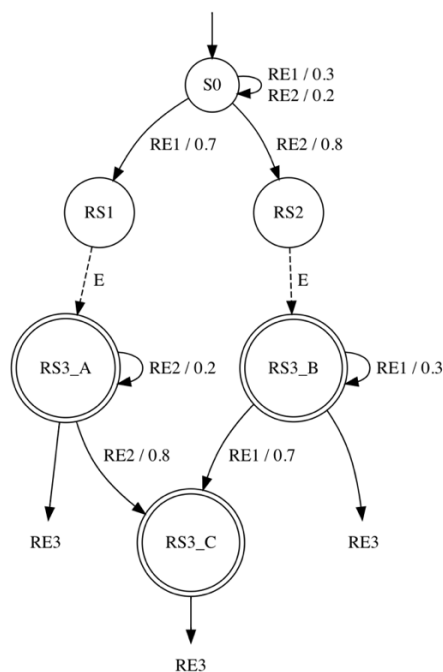


Рисунок 10 – Пример нечеткого автомата для логического оператора ИЛИ

5. Сценарий управления рисками

Сценарий управления рисками – это совокупность мероприятий. Сценарий можно описать с помощью следующей формулы:

$$SC = \{m|m \in M\}, \quad (5.1)$$

где SC – сценарий управления рисками; m – мероприятие; M – множество мероприятий.

Мероприятие – это совокупность действий нацеленных либо на событие или риск-событие, либо на логический оператор И или ИЛИ [1]. Мероприятие можно описать с помощью следующей формулы:

$$M_i = \langle T, D, C \rangle, \quad (5.2)$$

где M – мероприятие; i – номер мероприятия; T – тип мероприятия; D – описание мероприятия; C – стоимость мероприятия.

Мероприятие может иметь один из следующих типов:

- удаление события или риск-события;
- изменение события или риск-события;
- удаление логического оператора И или ИЛИ;
- изменение логического оператора И или ИЛИ.

Мероприятие, направленное на удаление события или риск-события, производит не только удаление события или риск-события, но и удаляет все логические операторы И или ИЛИ, которые используют в качестве входов или выхода данное событие или риск-событие. Данное удаление приводит к пересчету вероятностей наступления событий или риск-событий, которые раньше зависели от удаляемого события или риск-события.

Мероприятие, направленное на изменение события, может изменить вероятность наступления, данного события, а также сделать его риск-событием с добавлением ущерба от наступления, данного риск-события. Данное изменение приводит к пересчету вероятностей наступления событий или риск-событий, которые раньше зависели от изменяемого события.

Мероприятие, направленное на изменение риск-события, может изменить вероятность наступления, данного риск-события, а также изменить ущерб от наступления, данного риск-события. Также данное мероприятие может убрать полностью ущерб от наступления, данного риск-события, то есть сделать его обычным событием. Данное изменение приводит к пересчету вероятностей наступления событий или риск-событий, которые раньше зависели от изменяемого риск-события.

Мероприятие, направленное на удаление логического оператора И или ИЛИ, производит не только удаление логического оператора, но и приводит к пересчету вероятностей наступления событий или риск-событий, который раньше зависели от удаляемого логического оператора.

Мероприятие, направленное на изменение логического оператора И, может изменить входные и выходные события и риск-события. Также данное мероприятие может сделать его логическим оператором ИЛИ. Данное изменение приводит к пересчету вероятностей наступления событий или риск-событий, который раньше зависели от изменяемого логического оператора.

Мероприятие, направленное на изменение логического оператора ИЛИ, может изменить входные и выходные события и риск-события. Также данное мероприятие может сделать его логическим оператором И. Данное изменение приводит к пересчету вероятностей наступления событий или риск-событий, который раньше зависели от изменяемого логического оператора.

6. Способ выбора сценариев управления рисками

Способ выбора сценариев управления рисками состоит из следующих этапов:

Этап 1. Задается количество сценариев N , между которыми будет выбираться лучший сценарий управления рисками.

Этап 2. Среди всех событий и риск-событий находятся начальные, это такие события и риск-события, которые не являются выходами логических операторов И или ИЛИ.

Этап 3. Среди начальных событий и риск-событий находятся начальные активные события и риск-события.

Этап 4. Подаем все начальные активные события и риск-события на композицию нечетких автоматов, тем самым получая все активные события и риск-события.

Этап 5 Подсчитываем общий ущерб, как сумму ущербов всех активных риск-событий:

$$TC_{RE} = \sum C_{RE}, \quad (6.1)$$

где TC_{RE} – общий ущерб; C_{RE} – ущерб одного активного риск-события.

Этап 6. Формируем сценарий управления рисками SC , как пул случайных мероприятий и применяем его.

Этап 7. Подсчитываем стоимость сценария управления рисками по следующей формуле:

$$C_{SC} = \sum C_M, \quad (6.2)$$

где C_{SC} – стоимость сценария управления рисками; C_M – стоимость одного мероприятия из сценария управления рисками.

Этап 8. Повторяем этапы с 2 по 5. Если новый общий ущерб TC_{RE} меньше старого и стоимость сценария управления рисками C_{SC} не превышает новый общий ущерб, то помещаем кортеж $\langle SC, TC_{RE}, C_{SC} \rangle$ в массив всех сценариев управления рисками.

Этап 9. Если в массиве всех сценариев управления рисками достаточно сценариев, то есть совпадает с количеством сценариев N , то переходим к этапу 10, а иначе к этапу 6.

Этап 10. Среди сценариев из массива всех сценариев управления рисками выбираем тот, у которого наименьший общий ущерб и наименьшая стоимость:

$$\begin{aligned} TC_{RE} &\rightarrow \min \\ C_{SC} &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (6.3)$$

Заключение

Сценарии управления рисками невозможно составить без идентификации, анализа и оценивания рисков. Поэтому, для идентификации, анализа и оценивания рисков используется композиция нечетких автоматов. А способ выбора сценариев управления рисками базируется на композиции нечетких автоматов.

Список литературы

1. Сеньков А.В. Управление рисками: интеллектуальные модели, методы, средства. – Смоленск: Универсум, 2016. – 217 с.: ил;
2. Основы анализа и управления риском в природной и технологической сферах. В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. - М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.;
3. Остапенко Г.А., Карпеев Д.О., Плотников Д.Г., Батищев Р.В., Гончаров И.В., Маслихов П.А., Мешкова Е.А., Морозова Н.М., Рязанов С.А., Субботина С.В., Транин В.А. Риски распределенных систем: методики и алгоритмы оценки и управления // Информация и безопасность. 2010. Т. 13. № 4. С. 485-530;
4. Бадалова А.Г., Пантелеев А.В. Управление рисками деятельности предприятия // Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 080200

- "Менеджмент" (профиль "Производственный менеджмент") / Москва, 2016. (2-е издание);
5. Математическая логика и теория алгоритмов [Текст]: учеб. пособие / О. Ю. Агарева, Ю. В. Селиванов. – М.: МАТИ, 2011. – 80 с.;
 6. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с.: ил;
 7. Сперанский Д.В. Эксперименты с нечеткими автоматами // Автоматика и телемеханика. - 2015. - №2 С. 107-124;
 8. Девятков В.В., Алфимцев А. Н. Нечеткая конечно-автоматная модель интеллектуального мультимодального интерфейса // Проблемы управления. - 2011. - №2 С. 69-77.

References

1. Senkov A.V. Risk management: intellectual models, methods, tools. - Smolensk: Universum, 2016. -- 217 p.: Silt;
 2. Basics of risk analysis and management in the natural and technological fields. V.A. Akimov, V.V. Lesnykh, N.N. Radaev. - М.: Business Express, 2004. - 352 p. ;
 3. Ostapenko G.A., Karpeev D.O., Plotnikov D.G., Batishchev R.V., Goncharov I.V., Maslikhov P.A., Meshkova E.A., Morozova N.M., Ryazanov S.A., Subbotina S.V., Tranin V.A. Risks of distributed systems: methodologies and algorithms for assessment and management // Information and Security. 2010. Т. 13. №. 4. S. 485-530;
 4. Badalova A.G., Pantelev A.V. Enterprise Risk Management // Textbook for students in the field of preparation 080200 "Management" (profile "Production Management") / Moscow, 2016. (2nd edition);
 5. Mathematical logic and theory of algorithms [Text]: textbook. allowance / O. Yu. Agareva, Yu. V. Selivanov. - М.: МАТИ, 2011. -- 80 s. ;
 6. Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. Fuzzy models and networks. - 2nd ed., Stereotype. - М.: Hot line - Telecom, 2012. -- 284 p.: Silt;
 7. Speransky D.V. Experiments with fuzzy automata // Automation and Telemechanics. - 2015. - No. 2 S. 107-124;
 8. Devyatkov VV, Alfimtsev AN N. Fuzzy finite-automaton model of an intelligent multimodal interface // Management Problems. - 2011. - No. 2 S. 69-77.
-