

Посилання на статтю

Яни А.Ю. Оценка операционных рисков с учетом стохастической зависимости между факторами на основе дерева отказов / А.Ю. Яни // Управление проектами и развитие: 3б.наук.пр. - М.: изд-во ВНУ им. Даля, 2010. - № 2 (34). - С. 116-121. - Режим доступа: <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/34/10yauodo.pdf>

УДК 005.8:005.334

А.Ю. Яни

ОЦЕНКА ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ С УЧЕТОМ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ФАКТОРАМИ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВА ОТКАЗОВ

Модифицирован логико-вероятностный метод оценки дерева отказов с учетом стохастических причинно-следственных связей. Представлен математический аппарат, который позволяет выполнять оценку дерева отказов со стохастическими связями. Выполнена оценка вероятности риска невыполнения бизнес-процесса «Изготовление секции» на основе дерева отказов со стохастическими связями. Рис. 3, табл. 2, ист. 5.

Ключевые слова: операционный риск, дерево отказов, бизнес-процесс, оценка рисков, оценка вероятности.

Г.Ю. Яні

ОЦІНКА ОПЕРАЦІЙНИХ РИЗИКІВ З УРАХУВАННЯМ СТОХАСТИЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ФАКТОРАМИ НА ОСНОВІ ДЕРЕВА ВІДМОВ

Модифіковано логічно-вірогіднісний метод оцінки дерева відмов з урахуванням стохастичної причинно-наслідкових зв'язків. Представлено математичний апарат, який дозволяє виконати оцінку дерева відмов зі стохастичними зв'язками. Виконано оцінку вірогідності ризику невиконання бізнес-процесу «Виготовлення секції» на основі дерева відмов зі стохастичними зв'язками.

A.J. Yani

OPERATIONAL RISKS EVALUATION CONSIDERING STOCHASTIC DEPENDENCE BETWEEN FACTORS BASED ON THE REFUSALS TREE

Logical-probabilistic method of the refusals tree evaluation considering stochastic reason-consequence ties is modified. Mathematical system which allows evaluating the refusals tree with stochastic ties is presented. Risk probability of non-implementing the business process "Section producing" based on the refusals tree with stochastic ties is evaluated.

Введение. Операционные риски оказывают значительное влияние на результат проекта. Они возникают в бизнес-процессах производства продукта проекта из-за неадекватных действий персонала, недостатков функционирования технологий, сбоев технических и информационных систем, внешних событий. Оценка операционных рисков требует специфических знаний в технологических, процессных областях; осложняется трудной прогнозируемостью факторов, которые их инициируют, отсутствием исторических данных.

Постановка проблемы. Метод дерева отказов широко используется для оценки технологических операционных рисков, надежности и безопасности промышленных систем [1,2,3]. Дерево отказов представляет собой графическую модель различных параллельных и последовательных сочетаний элементарных неблагоприятных событий (базовых событий) и промежуточных событий, реализация которых может привести к заранее определенному опасному событию (главному событию) [1].

Преимуществом данного метода в оценке операционных рисков является то, что он позволяет оценивать риск с учетом причинно-следственных взаимосвязей между факторами и комбинации их воздействия.

Возможность реализации/нереализации главного события (риска) определяется через оценку состояния базовых и промежуточных событий (факторов риска). В литературе описано два метода оценки состояний элементов дерева отказов [1,2,3].

Оценка отказов на основе булевой алгебры. Каждый элемент дерева отказов имеет только два состояния: рабочее (1) и отказавшееся (0). Следовательно, состояние главного события может быть оценено только лишь как исправное либо неисправное.

Недостаток. Использование этого метода не дает возможности оценить частичный отказ промежуточных и главного событий с учетом вероятностной природы базовых событий.

Логика-вероятностная оценка дерева отказов. Данный метод позволяет устранить вышеописанную проблему метода оценки отказов на основе булевой алгебры. Каждое событие дерева отказов имеет вероятность реализации. Вероятности базовых событий являются исходными данными для оценки вероятности промежуточных и главного событий и определяются с помощью статистических или экспертных методов. Данная оценка выполняется так же, как и в первом методе, с использованием операций дизъюнкции и конъюнкции на основе логических взаимосвязей (И, ИЛИ) между элементами дерева отказов.

Недостаток. Причинные связи между событиями, выраженные логическими знаками И, ИЛИ, являются строго детерминированными, появление выходного события полностью определяется входными событиями. Однако на практике не только реализация неблагоприятного события имеет вероятностную природу, но также и воздействие данного события на другие может быть условным. То есть реализация входного события может определять появление выходного события, а может и не определять. Учет не только детерминированных, но и стохастических причинных связей между элементами позволит повысить точность оценки операционных рисков.

Целью статьи является модификация метода логико-вероятностной оценки дерева отказов, которая позволит выполнять оценку операционных рисков с учетом стохастических причинных связей между факторами риска.

Основная часть. В Дереве отказов события располагаются по уровням. На вершине находится главное событие. На нижних уровнях располагаются причины, которые инициируют главное событие – промежуточные и базовые события. Главное событие в системе связано с многочисленными базовыми событиями через промежуточные события.

Базовые события являются стохастическими событиями, вероятности их возникновения является случайными величинами. Вероятности промежуточных и главного событий детерминированные, они зависят от вероятностей базовых событий.

Все элементы дерева отказов связаны между собой с помощью причинных связей. В данной статье рассматриваются только связи И, ИЛИ. Эти связи

позволяют оценивать вероятности промежуточных и главного событий на основе вероятностей базовых событий.

На рисунке 1 и 2 приведены соответственно схемы причинно-следственных связей И и ИЛИ. В соответствии с рис.1. и рис.2. вероятность события А определяется через вероятности событий В и С.

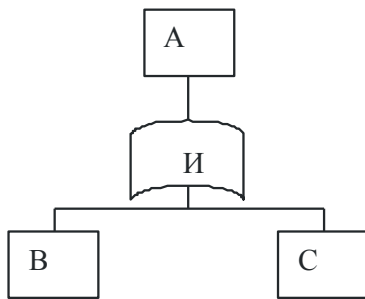


Рис.1. Причинно-следственная связь И

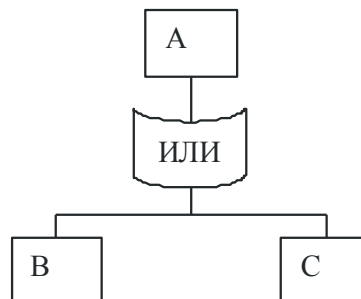


Рис.2. Причинно-следственная связь ИЛИ

Оценка вероятностей событий Деревя отказов с детерминированными причинными связями

Детерминированная причинно-следственная связь И. Связь И означает, что событие А наступает в случае одновременной реализации независимых событий В и С. Вероятность события А определяется с помощью формулы 1.

$$P(A) = P(B \cap C) = P(B) \cdot P(C). \quad (1)$$

Детерминированная причинно-следственная связь ИЛИ. Связь ИЛИ означает, что выходное событие А наступает в том случае, если имеет место любое из входных событий В и С. Вероятность события А при условии, что события В и С являются несовместными, определяется по формуле 2. С помощью формулы 3 определяется вероятность события А при условии совместности входных событий.

$$P(A) = P(B \cup C) = P(B) + P(C), \quad (2)$$

$$P(A) = P(B \cup C) = P(B) + P(C) - P(B) \cdot P(C). \quad (3)$$

Оценка вероятностей событий Деревя отказов со стохастическими причинными связями

При детерминированных причинных связях вероятность воздействия входных событий на выходное по умолчанию равна 1. В случае стохастических причинных связей учитывается степень воздействия входных неблагоприятных событий на наступление выходного события с помощью условных вероятностей.

$P(A|B)$ – вероятность того, что событие В инициирует наступление события А, если событие В произошло.

$P(A|C)$ – вероятность того, что событие В инициирует наступление события А, если событие С произошло.

Исходя из того, что события А и В, А и С являются попарно зависимыми, вероятность наступления события А при реализации событий В и С определяется с помощью формул 4 и 5 соответственно.

$$P(A \cap B) = P(B) \cdot P(A | B), \quad (4)$$

$$P(A \cap C) = P(C) \cdot P(A | C). \quad (5)$$

Стохастическая причинно-следственная связь И означает, что событие А может наступить в случае одновременной реализации событий В и С. События АВ и АС являются совместными, следовательно вероятность события А в случае одновременной реализации событий В и С с учетом стохастической связи между выходным и входными событиями определяется по формуле 6.

$$P(A) = P(A \cap B) \cap P(A \cap C) = P(B) \cdot P(A | B) \times \times P(C) \cdot P(A | C) \quad (6)$$

Стохастическая причинно-следственная связь ИЛИ означает, что при наступлении одного из событий В и С (либо при одновременной их реализации) событие А может наступить.

Вероятность события А при условии несовместимых событий В и С определяется по формуле 7 на основе формул 2, 4 и 5. С помощью формулы 8 определяется вероятность события А при условии совместности входных событий на основе формул 3-5.

$$P(A) = P(A \cap C) \cup P(B \cap C) = P(B) \cdot P(A | B) + + P(C) \cdot P(A | C) \quad (7)$$

$$P(A) = P(A \cap C) \cup P(B \cap C) = P(B) \cdot P(A | B) + P(C) \cdot P(A | C) - P(B) \cdot P(A | B) \cdot P(C) \cdot P(A | C) \quad (8)$$

Оценка риска невыполнения бизнес-процесса «Изготовление секций» с использованием дерева отказов со стохастическими причинными связями между элементами.

Первый этап – это определение цели анализа ДО. Целями анализа является оценка риска невыполнения БП «Изготовление секции» с учетом влияния всех неблагоприятных факторов и причинно-следственных связей между ними. Далее, в соответствии со сформулированной целью определяются элементы ДО и причинные связи между ними.

Элементами дерева отказов являются [4]:

1. Главное событие – риск невыполнения бизнес-процесса «Изготовление секции».

2. Главные промежуточные события – факторы риска невыполнения БП «Изготовление секции» (недостаток входной информации, недостаток ресурсов, низкое качество).

3. Промежуточные события – факторы риска БП, которые являются входными событиями по отношению к главным промежуточным событиям и выходными – по отношению к другим промежуточным и(или) базовым событиям.

4. Базовые события – факторы БП, которые являются случайными событиями, их появление не зависит от наступления других событий.

5. Логические символы «И», «ИЛИ», которые связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями.

Следующим этапом является определение исходных данных для анализа – вероятности базовых событий и условные вероятности выходных событий, которые связаны с входными стохастической причинной связью. В данном случае все связи дерева отказов являются стохастическими. Модель дерева отказов для риска невыполнения БП «Изготовление секции» с исходными значениями вероятностей базовых событий изображена на рисунке 3. Здесь в качестве базовых событий определены также отдельные поддеревья отказов:

- 1 - невыполнение БП «Подготовка конструкторской документации»;
- 2 - невыполнение БП «Подготовка производственного плана»;
- 3 - невыполнение БП «Обеспечение цехов документацией»;
- 4 - невыполнение БП «Материальное снабжение».

Исходные условные вероятности содержатся в таблице 1. Все исходные данные определены с помощью экспертов.

Таблица 1

Условные вероятности для выходных событий

Название выходного события	Название входного события	Условная вероятность
Риск невыполнение БП «Изготовление секции»	Недостаток ресурсов	0,35
	Недостаток входной информации	0,55
	Низкое качество	0,4
	Низкий контроль процесса	0,5
Недостаток ресурсов	Неполадки оборудования	0,3
	Сбои в работе ИС	0,1
	Недостаток персонала	0,2
	Недостаток оборудования	0,5
Недостаток входной информации	4	0,15
	1	0,5
	2	0,4
Низкое качество	3	0,45
	Повреждения в процессе строительства	0,5
Повреждения при транспортировке	Повреждения при транспортировке	0,5
	Низкий контроль	0,25
Повреждения в процессе строительства	Природные воздействия	0,5
	Неполадки оборудования	0,3
	Низкая квалификация персонала	0,4

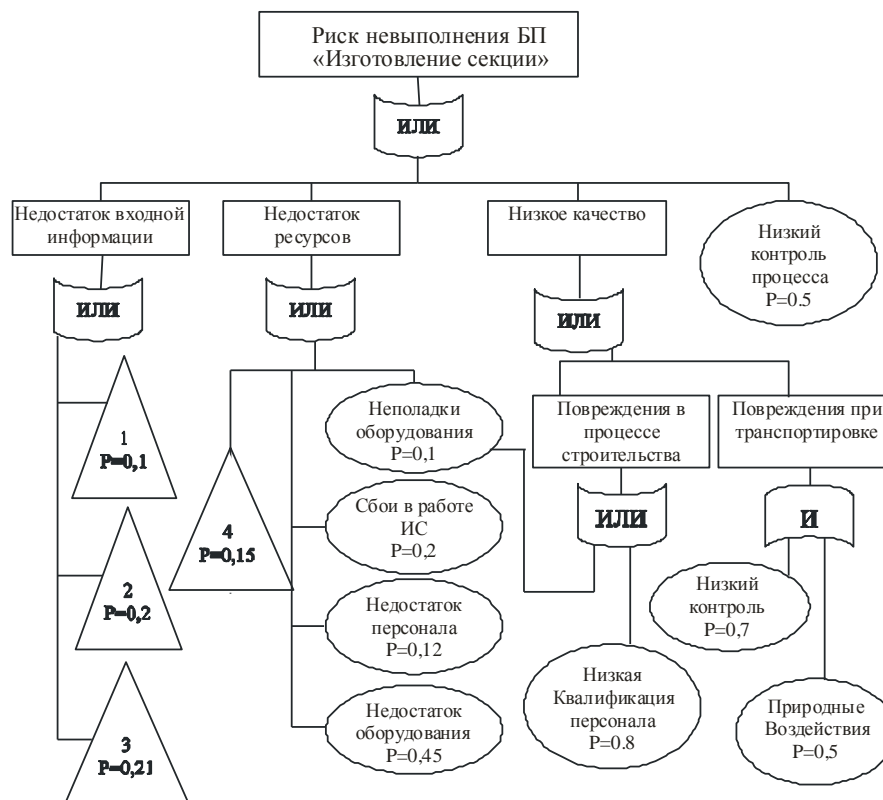


Рис. 3. Дерево отказов для риска невыполнения бизнес-процесса «Изготовление секции»

Заключительный этап в соответствии с целью – оценка риска главного события. Оценка выполнялась по дереву отказов снизу вверх с помощью формул 6, 8 (для ДО со стохастическими связями), с помощью формул 1, 3 (для ДО с детерминированными связями). Результаты расчетов, представленные в таблице 2, позволяют сделать вывод, что оценка операционных рисков с учетом детерминированных связей между факторами значительно преувеличивает итоговые значения вероятности.

Таблица 2

Итоговые значения вероятности для событий дерева отказов

Название события	Вероятность (детерминированные связи)	Вероятность (стохастические связи)
Риск невыполнения БП «Изготовление секции»	2,46	0,66
Низкое качество	0,37	0,19
Недостаток ресурсов	1,01	0,32
Недостаток входной информации	0,5	0,22
Повреждения в процессе строительства	0,82	0,34
Повреждения при транспортировке	0,35	0,04

Риск невыполнения БП «Изготовление секции» определяется как произведение потерь от невыполнения БП и вероятности его реализации[5], которая найдена с помощью ДО и обозначена в таблице 2.

К недостатку метода Дерева отказов относится сложность расчетов. Реализация метода требует значительных затрат средств и времени, так как увеличение детальности рассматриваемой инфраструктуры приводит к геометрическому увеличению числа влияющих событий. Данная проблема может быть решена с помощью разработки специализированного программного продукта, способного автоматизировать метод Дерева отказов.

Выводы. Логико-вероятностная оценка дерева отказов с учетом стохастических связей между элементами позволяет использовать метод ДО применительно к оценке операционных рисков.

Стохастические связи между факторами риска способствуют повышению точности оценки операционных рисков за счет учета степени влияния факторов на риск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветошкин А.Г. Техногенный риск и Безопасность / А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2001. – 171 с.
2. Бабешко Е.В. Возможности совместного использования современных методов анализа отказов систем важных для безопасности / Е.В. Бабешко, В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 6(40). – С. 60-64.
3. Серебровский А.Н. Алгоритм формирования и минимизации логического представления дерева отказов / А.Н. Серебровский, Л.П. Ситченко, В.Г. Пилипенко // Математичні машини і системи. – Киев, 2009. – № 1. – С. 165-172.
4. Кошкин К.В. Модель многофакторной оценки рисков бизнес-процессов / К.В. Кошкин, А.Ю. Яни // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2010. – № 1(43). – С. 22-24.
5. Волков И.М. Проектный анализ / И.М. Волков, М.В. Грачева. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 423 с.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2009 р.