

УДК 658.511

## ОЦЕНКА РИСКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ

А.И. КУЗЬМИЧ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 24 сентября 2014*

Рассмотрена задача оценки риска при выполнении логистических проектов. Представлено решение для BOL-стадии в рамках методологии CL2M. В результате построена теоретическая основа для автоматизации оценки риска проекта на начальной стадии проектирования, что снижает вероятность ошибок на других стадиях.

*Ключевые слова:* сложные технические объекты, оценка риска.

### Введение

Жизнеспособность экономики любого государства во многом зависит от эффективности логистических проектов (ЛП), обеспечивающих перемещение грузов от производителей к потребителям с использованием мобильных гетерогенных объектов (МГО) (железнодорожных составов, автопоездов, танкеров и т.д.) [1]. Данная группа проектов отличается сложностью, большим объемом затрат и высокими требованиями к персоналу. Вопросы повышения эффективности и безопасности проектов активно исследуются ведущими научными учреждениями. В частности, 22 организации из Евросоюза, Швейцарии, Японии, Австралии и США разработали методологию Closed Loop Lifecycle Management (CL2M), соответствующую современным требованиям бизнеса и экологической безопасности с использованием преимуществ информационной среды [2]. Согласно CL2M жизненный цикл проекта должен включать три стадии: начальную (Beginning of life, BOL) – *проектирование и создание объектов*; среднюю (Middle of life, MOL) – *применение, техническое обслуживание*; конечную (End of life, EOL) – *утилизация или восстановление и повторное применение компонентов объекта*.

Применение методологии CL2M на практике вызывает ряд проблем, основная из которых заключается в отсутствии механизмов анализа риска на начальной стадии проекта [3]. В результате руководитель проекта не может объективно оценить возможность выполнения проекта, что неизбежно приводит к росту неопределенности и снижает эффективность стадий MOL и EOL.

В данной работе рассматривается метод оценки риска ЛП на этапе BOL в рамках парадигмы CL2M на основе экспертных знаний и теории нечетких множеств.

### Основные понятия и определения

Для обеспечения однозначного понимания тематики статьи приведем определения основных терминов.

Проект – совокупность задач и мероприятий, обеспечивающих достижение запланированной цели. В данном случае рассматриваются проекты, относящиеся к логистике. Жизненный цикл проекта – комплекс процессов реализации проекта с момента его инициализации до завершения. В данном случае – BOL, MOL, EOL. Акторы – одушевленные и искусственные участники проекта. В данном случае к актерам относятся менеджер (С),

диспетчер (D), исполнитель (P) и МГО. МГО – сложный мобильный гетерогенный технический объект с изменяемой структурой, используемый для перемещения грузов. Неопределенность – отсутствие или недостаток информации для реализации проекта. Риск – оценка опасности снижения эффективности или невыполнения проекта. Внешняя среда (среда) – комплекс внешних факторов, влияющие на возможность выполнения проекта. Приведенные выше термины используются в литературе для проектировщиков и программистов, поэтому их в известной степени можно считать универсальными.

### Постановка задачи

Стадия BOL является важной частью проекта, т.к. от нее зависит возможность и эффективность реализации стадий MOL и EOL. Спектр возможных рисков при ее выполнении непредсказуем и полностью их избежать в принципе невозможно. Однако учесть наиболее значимые риски, приводящие к тяжелым последствиям, можно, что значительно повысит вероятность успеха.

Постановку задачи оценки риска на стадии BOL сформулируем следующим образом. Дано: проект  $proj$  реализуется в среде с различным уровнем неопределенности  $Z$ . В реализации участвуют факторы  $C, D, P$  и МГО  $M$ , состоящий из  $N$  компонентов, принадлежащих к  $m$  типам. Требуется разработать механизм оценки риска выполнения проекта на стадии BOL в рамках парадигмы CL2M. Основное требование к решению – унификация представления разнородных исходных данных и алгоритмов их обработки.

### Факторы риска

На основе анализа теоретических работ [1, 3–5], можно сделать вывод, что среди прочих на эффективность ЛП влияют три основных фактора риска: уровень неопределенности проекта в целом, уровень компетентности акторов и уровень сложности МГО. Совокупность этих факторов опишем кортежем:  $rBOL = (rZ, rC, rD, rP, rM)$

*Фактор неопределенности проекта.* Первым фактором является неопределенность проекта. Поэтому основным условием выполнимости проекта является возможность уменьшения неопределенности на основе знаний акторов. Соответственно неопределенность можно подразделить на три типа:  $Zp, Zd, Zc$ . Если неопределенность выходит за уровень акторов, проект не следует начинать. Неопределенность выражается словами, текстом, цифрами, сигналами. Несмотря на столь большое разнообразие, все эти способы относятся к компетенции акторов. Соответственно, в рамках каждой компетенции неопределенность можно ранжировать и отобразить на континуум  $0..1$ . Например:  $rZC \rightarrow 0,00 - 0,50 - 1,00$ . Этот очень удобный способ, предложенный Л.Заде [6], будем также применять для оцифровки других факторов риска. В данном случае используется три уровня градации, но в зависимости от специфики проекта может быть пять и более градаций, например:  $rZC \rightarrow 0,00 - 0,25 - 0,50 - 0,75 - 1,00$ .

В результате появляется возможность формального описания неопределенности для каждого актора и обработки формальными методами.

*Фактор компетентности акторов.* Второй фактор – компетентность акторов – является краеугольным фактором успеха любого проекта. Риск включения в проект некомпетентного актора велик, поэтому задаче выбора персонала уделяется столь много внимания в литературе и на практике. Для этого, в частности, используются многочисленные профессиональные тесты, дорогостоящие тренажеры и т.д. Независимо от способа проверки, результаты сводятся к некоторым численным оценкам. В нашем случае с учетом требования унификации, классифицируем уровень компетентности каждого актора на три класса и отобразим на континуум  $[0..1]$ . Например, «высший» –  $0,00$ , «средний» –  $0,05$ , «низкий» –  $1,00$ .

*Фактор сложности МГО.* МГО, применяемые для перемещения грузов, являются сложными техническими устройствами, потенциально опасными для человека и природной среды. В [4] показано, что оценка риска тесно связана со сложностью объекта. Для определения сложности необходимо построить модель, формирующую цельный взгляд на объект на основе анализа наиболее значимых сущностей объекта. В качестве модели МГО используем кортеж:

$$M = (proj, id, FL, N, \langle i. T. q. \rangle, com), \quad (1)$$

где  $id$  – идентификатор;  $FL$  – отношения компонентов ( $F$  – жесткие;  $L$  – гибкие);  $N$  – общее количество компонентов;  $i$  – порядковый номер компонента;  $q$  – количество компонентов данного типа;  $com$  – коммуникации.

В кортеже имеются четыре параметра, определяющих сложность МГО. В данном случае сложность является синонимом риска. Первый фактор сложности – это изменение структуры МГО, например: F-L-F. Такие операции, включая разъединение объекта на компоненты с последующим их объединением в единое целое, относятся к высшему уровню сложности. Соответственно, минимальная сложность будет у объекта, не изменяющего свою первоначальную структуру. Сложность существенно растет при одном изменении и резко увеличивается при двух и более изменениях. Формализуем эти факты и отобразим результат на шкале 0..1: {количество изменений : сложность}  $\rightarrow 0 - 0,00, 1 - 0,50, \geq 2 - 1,00$ .

Количество изменений оказывает столь значимое влияние на сложность, что в некоторых случаях значение параметра умножается на некоторый коэффициент, который изменяется в зависимости от типа МГО и значимости проекта.

Второй фактор сложности – количество типов компонентов. Чем больше типов, тем сложнее организация управления, мониторинга, ремонта и, соответственно, выше затраты. Соответственно, минимальная сложность будет при использовании одного типа и будет расти при увеличении их количества. Усредняя множество мнений в литературе, получим следующую картину: {количество типов : сложность}  $\rightarrow 1 - 0,00, 2-3 - 0,50, \geq 4 - 1,00$ .

Третий фактор – количество компонентов. Чем их больше, тем выше вероятность возникновения аварийных ситуаций. Поэтому важно выбрать то количество, которое соответствует условиям траектории движения и возможностям ремонта в пути. В результате усреднения данных, представленных в литературе, получим следующую шкалу: {количество компонентов : сложность}  $\rightarrow 1-20 - 0,00, 20-40 - 0,50, \geq 40 - 1,00$ .

Четвертый фактор – связь. При перемещении грузов на большие расстояния с изменяющимся уровнем неопределенности важнейшую роль играют средства и каналы связи. Неопределенность  $Z_p$  исполнитель снижает сам, знания для уменьшения неопределенности  $Z_D$  и  $Z_C$  он должен получать дистанционно по каналам связи от акторов  $D$  и  $C$ . Поэтому коммуникационная сложность прямо зависит от количества типов коммуникаций. Соответствующую шкалу можно представить строкой: {количество видов связи : сложность}  $\rightarrow 1 - 0,00, 2 - 0,50, \geq 3 - 1,00$ .

Таким образом, факторы риска с различным генезисом удалось привести к одному типу данных и детерминировать рамками шкалы [0..1] по принципу увеличения риска. Результат представлен в табл. 1.

**Таблица 1. Факторы риска**

	Фактор риска	Класс	Нормализованное значение риска
X1	Неопределенность	Низкая	0,00
		Средняя	0,50
		Высокая	1,00
X2	Компетентность	Высокая	0,00
		Средняя	0,50
		Низкая	1,00
X3	Изменение структуры	0	0,00
		1	0,50
		$\geq 2$	1,00
X4	Типы компонентов	1	0,00
		2–5	0,50
		$> 5$	1,00
X5	Количество компонентов	1–9	0,00
		10–30	0,50
		$> 30$	1,00
X6	Тип коммуникации	1	0,00
		2	0,50
		$\geq 3$	1,00

Очевидно, что при построении таблицы должны использоваться экспертные знания, статистика отказов, аварий и т.д. В данном случае риск классифицируется на три уровня. При необходимости список факторов, их количество можно детализировать до пяти, семи или более уровней.

## Алгоритм оценки сложности

На практике оценка риска на начальной стадии проекта является более искусством, чем объективным процессом. Найти истинного эксперта не всегда удастся, поэтому многие компании пытаются формализовать этот процесс. К сожалению, их результаты описаны в литературе в самых общих чертах, что затрудняет их применение. Для решения в некоторой степени этой проблемы предлагается интуитивно понятный и легко проверяемый алгоритм оценки риска на основе данных таблицы, написанный на языке C#:

```
{
    double porog = 0.40; // порог
    double [] X = { 1.00, 0.00, 0.00*7, 1.00, 0.50, 0.00 }; // исходный вектор
    double sr = Math.Round (X.Sum() / X.Length, 3);
    if (sr > porog) Console.WriteLine("Риск = " + sr + " Высокий уровень.");
    else Console.WriteLine("Риск = " + sr + " Допустимый уровень.");
    Console.ReadKey();
}
```

На вход алгоритма подается вектор параметров риска  $X$ , который строится на основе данных таблицы, требований проекта и ресурсов компании, и порог ( $porog$ ), разделяющий допустимый риск от высокого, который может отличаться в зависимости от оперативности, стоимости и других особенностей проекта. В рассматриваемом случае используется коэффициент 7 для параметра изменчивости структуры, порог равен 0,40. В результате выполнения алгоритма будет выведено сообщение:

Риск = 0,417 Высокий уровень.

Таким образом, любой специалист среднего уровня, знающий требования проекта, может формально оценить риск его выполнения.

Для практического применения алгоритм должен быть интегрирован в графический интерфейс, обеспечивающий ввод элементов вектора  $X$  простым указанием курсора в списке вариантов, представленных в табл. 1.

Для проверки правильности выбранного подхода и алгоритма необходимо сравнить формальный и экспертный результаты. В табл. 2 приведен результат эксперимента для семи векторов с различным значением порога.

Таблица 2. Результаты эксперимента

Вектор	Порог	Формальная оценка	Экспертная оценка
0,50, 0,00, 0,00*7, 1,00, 0,00, 0,50	0,50	0,333	Допустимый уровень риска
0,00, 1,00, 0,00*7, 0,50, 0,00, 0,00	0,50	0,250	Допустимый уровень риска
1,00, 0,00, 0,00*7, 0,50, 1,00, 0,00	0,60	0,417	Допустимый уровень риска
0,50, 1,00, 0,00*7, 0,50, 0,50, 1,00	0,40	0,583	Высокий уровень риска
1,00, 0,00, 1,00*7, 0,50, 1,00, 1,00	0,80	1,750	Высокий уровень риска
0,00, 0,00, 1,00*7, 0,50, 0,00, 0,50	0,50	1,333	Высокий уровень
0,00, 0,00, 0,00*7, 1,00, 1,00, 1,00	0,30	0,500	Высокий уровень риска

Сравнив третий и четвертый столбцы, несложно заметить, что оценка эксперта совпадает с формальной оценкой. Если выполнить типизацию проектов, можно получить унифицированный тандем: <тип проекта – значение порога>. Целесообразно так же установить коэффициент для  $X_3$  в зависимости от типа компонентов и свойств среды (воздушной, наземной, водной), где они будут использоваться. В результате уровень достоверности и стандартизации процесса оценки риска существенно повысится.

## Заключение

Разработан метод оценки риска на стадии BOL в рамках концепции CL2M. Применение метода позволяет существенно сократить время оценки риска и повысить достоверность результата. Разработан интуитивно понятный алгоритм, инвариантный количеству входных параметров и позволяющий адаптировать параметры с помощью коэффициентов и порогового значения риска к специфическим требованиям проекта.

# **RISK ASSESSMENT OF LOGISTICS PROJECT IMPLEMENTATION IN THE INITIAL STAGE**

A.I. KUZMICH

## **Abstract**

The problem of risk assessment in the logistics projects implementation is studied. The solution for BOL-step in the methodology CL2M is presented. As a result, a theoretical basis for automating the risk assessment of the project in the initial stage, which reduces the likelihood of errors in other stages, is offered.

## **Список литературы**

1. *Рушкевич А.В.* // Беспроводные технологии. 2010. № 3. С. 56–60.
2. *Stark J.* Product Lifecycle Management. New York, 2004.
3. *Kuzmich A.I., Shakah G., Valvachev A.N.* // Proceedings of The 10-th International Conference on Pattern Recognition (PRIP'2011). Minsk, May, 18–20, 2011. P. 272–275.
4. *Rausand M.* Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications. San Francisco, 2011.
5. *Casti J.* Connectivity, Complexity and Catastrophe in Large-scale Systems. San Francisco, 1979.
6. *Zadeh L., Klir G., Yuan B.* Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems. Singapore, 1996.