

УДК 658.012.23-629.78.064

В.Н. КРАСНИКОВ, Е.В. СОКОЛОВА, И.Б. ТУРКИН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ СЛОЖНЫХ ПРОЕКТОВ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Предложен энтропийный подход с целью выявления рискованных ситуаций на этапе планирования или прогнозирования сложных научно-технических проектов, учитывающий вероятности перехода от одного состояния проекта к последующему. Изложенный метод позволяет эффективно управлять финансовыми средствами и надежно планировать временные ресурсы при решении сложных задач, которые характеризуются сложными взаимосвязями и редко могут быть описаны односторонними причинно-следственными отношениями. Рассмотрен пример модели реализации проекта с несколькими схемами реализации, который иллюстрирует применение энтропийного подхода, позволяющего дать оценку выбора того или иного пути для лица, принимающего решение.

Ключевые слова: проект, управление рисками, вероятность, энтропия, прогнозирование, планирование ресурсов, принятие решения, оценка неопределенности.

Введение

Начиная с отдельных исследований околоземного пространства, передовые в техническом отношении страны перешли к реализации крупномасштабных проектов и программ научного и специального назначения. В настоящее время действуют спутниковые системы телевидения, навигации, связи, мониторинга Земли и многое другое.

Общегосударственная целевая научно-техническая космическая программа Украины (ЗКПУ) на 2008-2012 годы является четвертой космической программой независимой Украины и третьей, которая имеет статус Закона Украины [1]. Ее достижение будет обеспечиваться участием в перспективных и актуальных научных программах и международных исследовательских проектах; модернизацией имеющихся и разработкой перспективных ракет-носителей и космических аппаратов, опережающими разработками систем ракетно-космической техники, приборов, наземных программно-аппаратных комплексов, информационной технологии и материалов, а также реализацией целевых проектов эффективного использования информации, которая непрерывно будет поступать от космической системы.

Выполнение программы позволит:

– создать современные национальные космические системы, в том числе «Сичь» для наблюдения Земли и геофизического мониторинга, спутниковые телекоммуникационные сети связи и вещания общего пользования, специальные телекоммуникационные сети, с использованием национального

спутника связи, системы геоинформационного обеспечения, как составной части европейской системы GMES и мировой GEOSS, системы координатно-временного и навигационного обеспечения Украины при участии Российской Федерации и ЕС;

– обеспечить производство РН («Зенит», «Циклон», «Днепр»), разработку перспективных космических ракетных комплексов и КА нового поколения;

– модернизировать технические средства Национального центра управления и испытаний космических средств в г. Евпатории для использования их в международной космической программе;

– создать условия для коммерческого использования перспективных украинских РН в проектах «Циклон-4», «Наземный старт», «Днепр-М»;

– провести космические исследования в отрасли астрофизики, космической биологии и материаловедения, в частности в пределах международных проектов «СПЕКТР-Р», «Международная космическая станция», Exploration, Aurora;

– обеспечить Вооруженные Силы, другие военные формирования и правоохранительные органы современными космическими средствами и информацией.

Общая тенденция развития космической деятельности требует активного поиска Украиной своего места на космических рынках и в международном разделении труда. Украина объективно принадлежит к космическим державам мира не только по формальной характеристике космического потенциала, но и по доказанной возможности практически реализовывать современные космические про-

екты, примером которых являются уникальные международные проекты «Морской старт», EgyptSat-1.

На пути реализации таких сложных проектов неизбежны риски, которые могут существенно повлиять на время, затраченное на достижение поставленных целей и, следовательно, привести к увеличению сметной стоимости по достижению результатов проекта. Возникновение неблагоприятных для выполнения проекта событий обусловлено неполнотой исходной информации, особенно в случае новейших научных разработок и их вероятностным характером.

Принятие управленческих решений в подобных ситуациях всегда является непростой задачей в силу действия непрерывно меняющихся во времени многих как зависимых, так и независимых событий. Сложность решений задач в подобных условиях обусловлена совокупным влиянием большого числа различных факторов, действующих совместно и порождающих неопределенность.

При планировании работ проекта трудно предусмотреть заранее все возможные неблагоприятные события и разработать меры по снижению и парированию объективно имеющих место рисков. Поскольку известные количественные методы анализа рисков не всегда можно с успехом применять, то проектный менеджмент из методов управления рисками охотнее всего использует самострахование и страхование рисков, причем на основе качественного их анализа. Такая стратегия приводит к дополнительному росту издержек при выполнении проекта.

Обычно при реализации проектов в ситуации неопределенности менеджмент вынужден опираться на собственный практический опыт, часто лишенный возможности использовать надежные математические модели и методы, что приводит к неадекватной реакции на риск от предположений причинности.

Анализ существующих публикаций в области разработки надежных количественных методов оценки неопределенности ситуации при выполнении проектов и связанных с ней рисков позволяет утверждать, что для достижения поставленных целей сложных научно-технических проектов необходимо разработать метод оценки и регулярного мониторинга текущего состояния проекта с целью выявления рискованных ситуаций на этапе планирования или прогнозирования. Решение этой задачи позволит эффективно управлять финансовыми средствами и надежно планировать временные ресурсы.

Решение задачи

Рассмотрим модель реализации проекта. В простейшем случае предположим, что возможно шесть

состояний его реализации (рис. 1). Состояние «0» считаем исходным, например, проект на стадии его инициации либо отказ выполнения проекта. Состояние «1» означает первую фазу выполнения действий по проекту, состояние «2» – вторую, а фаза «3» означает успешное завершение намеченного плана.

Рассматриваемая модель предполагает возможность остановки действий по проекту вне намеченного плана с переходом в состояние 1', или 2' (доработка, замораживание и т.п.) или возвращение в исходное состояние.

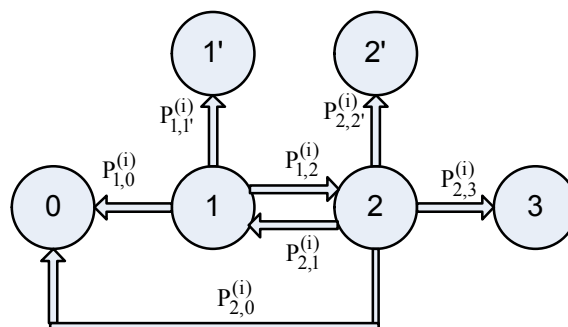


Рис. 2. Пример возможных состояний реализации проекта

Считаем известными следующие параметры:

- $P_{1,0}^{(i)}$ – вероятность срыва при условии, что проект находился в момент срыва в состоянии 1 и пребывал в этом состоянии ровно i раз;
- $P_{1,2}^{(i)}$ – вероятность перехода из состояния 1 в состояние 2 при условии, что проект находился в состоянии 1 ровно i раз;
- $P_{1,1'}^{(i)}$ – вероятность остановки выполнения действий по проекту при условии, что проект находился в состоянии 1' и пребывал в этом состоянии ровно i раз;
- $P_{2,0}^{(i)}$ – вероятность срыва при условии, что проект находился в момент срыва в состоянии 2 и пребывал в этом состоянии ровно i раз;
- $P_{2,3}^{(i)}$ – вероятность успешного завершения проекта при условии, что проект находился в состоянии 2 ровно i раз;
- $P_{2,2'}^{(i)}$ – вероятность выполнения действий по проекту при условии, что проект находился в состоянии 2' и пребывал в этом состоянии ровно i раз;
- $P_{2,1}^{(i)}$ – вероятность перехода из состояния 2 в состояние 1 при условии, что проект находился в состоянии 2 ровно i раз;
- N – ограничение на число возможных пребываний в состояниях 1 и 2 ($i = \overline{1, N}$).

Полагаем, что переходы из состояния 1 в состояние 2 не могут повторяться бесконечно.

Вероятности $\{P_{k,j}^{(i)}\}$ переходов могут быть определены непосредственными расчетами, исходя из статистических данных относительно средств реализации проектов (например, наработка на отказ применяемых машин-механизмов и т.п.).

Естественными являются следующие вопросы: какова вероятность достижения успеха? Какова вероятность полного срыва плановых заданий? Какова вероятность остановки выполнения действий по проекту вне намеченного плана в состоянии 1' и 2'?

Пусть P_1 – вероятность успешного выполнения задания, P_2 – вероятность полного срыва плановых заданий, P_3 – вероятность остановки выполнения действий по проекту в состоянии 1' и P_4 – вероятность остановки выполнения действий в состоянии 2'.

Используя стандартные методы теории вероятностей [2], получаем следующие формулы для вычисления величин P_1, P_2, P_3 и P_4 :

$$P_1 = \sum_{S=1}^N P_{1,2}^{(S)} \cdot P_{2,3}^{(S)} \cdot \prod_{K=1}^{S-1} P_{1,2}^{(K)} \cdot P_{2,1}^{(K)}, \quad (1)$$

$$P_2 = \sum_{S=1}^N \left(P_{1,0}^{(S)} + P_{1,2}^{(S)} \cdot P_{2,0}^{(S)} \right) \cdot \prod_{K=1}^{S-1} P_{1,2}^{(K)} \cdot P_{2,1}^{(K)} + \prod_{K=1}^N P_{1,2}^{(K)} \cdot P_{2,1}^{(K)} \cdot P_{1,0}^{(N+1)}; \quad (2)$$

$$P_3 = \sum_{S=1}^N \left(1 - P_{1,2}^{(S)} - P_{1,0}^{(S)} \right) \cdot \prod_{K=1}^{S-1} P_{1,2}^{(K)} \cdot P_{2,1}^{(K)} + \prod_{K=1}^N P_{1,2}^{(K)} \cdot P_{2,1}^{(K)} \cdot \left(1 - P_{1,0}^{(N+1)} \right); \quad (3)$$

$$P_4 = \sum_{S=1}^N P_{1,2}^{(S)} \cdot \left(1 - P_{2,0}^{(S)} - P_{2,3}^{(S)} - P_{2,1}^{(S)} \right) \times \prod_{K=1}^{S-1} P_{1,2}^{(K)} \cdot P_{2,1}^{(K)}. \quad (4)$$

В работе [3] предлагается использовать идентификатор алгебраической энтропии (ИАЭ), который может быть вычислен при наличии полученных значений вероятностей $P_1 \div P_4$. Так, например, если для одного проекта имеются две схемы (два пути) его реализации, обладающих неопределенностью, то проект с большим показателем ИАЭ будет выбран как более предпочтительный по сравнению с другими, поскольку это будет свидетельствовать о меньшей неопределенности благоприятного развития событий (работ) при выполнении проекта, т.е. меньшим объективно обладающим для данного случая риском.

Отметим, что при выполнении сложных научно-технических проектов может быть несколько схем их реализации и в этом случае ИАЭ позволит дать оценку выбора того или иного пути для лица, принимающего решение (ЛПР). Если схема реализации работ по проекту имеет ИАЭ, не превосходящий нуля, то использование этой схемы реализации проекта следует считать нецелесообразной, в связи с высоким уровнем рисков (см.рис.2 в [3]).

Пусть имеем две схемы реализации проекта, причем относительно первой известно, что:

$$\begin{aligned} N=1, \\ P_{1,0}^{(1)} = 0,05, P_{1,2}^{(1)} = 0,9, \\ P_{2,0}^{(1)} = 0,02, P_{2,1}^{(1)} = 0,08, \\ P_{2,3}^{(1)} = 0,8, P_{1,0}^{(2)} = 0,3. \end{aligned}$$

Используя формулы (1) – (4), получаем значения:

$$P_1 = 0,72; P_2 = 0,1184; P_3 = 0,0716 \text{ и } P_4 = 0,09.$$

Естественно, считаем позитивным исходом успешное завершение работ по проекту, а полный срыв, остановку в состояниях 1' или 2' – негативным исходом, рассчитываем ИАЭ:

$$\rho = 1 - \frac{H_m}{\ln m} = 1 + \frac{\sum_{i=1}^4 P_i \cdot \ln P_i}{\ln 4} = 0,354645.$$

Оценим уровень неопределенности второй схемы реализации проекта. Пусть:

$$\begin{aligned} N=1, \\ P_{1,0}^{(1)} = 0,01, P_{1,2}^{(1)} = 0,98, \\ P_{2,0}^{(1)} = 0,01, P_{2,1}^{(1)} = 0,01, \\ P_{2,3}^{(1)} = 0,9, P_{1,0}^{(2)} = 0,9. \end{aligned}$$

Тогда $P_1 = 0,882; P_2 = 0,02862, P_3 = 0,01098, P_4 = 0,0784$, что дает значение $\rho = 0,53804$.

Таким образом, вторую схему реализации работ по проекту следует считать более предпочтительной по сравнению с первой.

Уместно заметить, использование ИАЭ даёт возможность сравнения схем различной структуры и сложности (с большим числом связей и самих объектов) и дать оценку объективно имеющей место неопределенности, а, следовательно, и связанной с ней риском.

Выводы

Предлагаемый подход к оценке рисков сложных научно-технических проектов позволяет разрешить проблему количественной их оценки в ситуации неопределенности. Необходимо отметить, что изложенный в работе подход даёт надёжные

результаты при решении сложных задач, которые никогда не существуют изолировано и редко могут быть описаны односторонними казуальными отношениями.

Литература

1. Горбулин, В.П. Збереження статусу ракетно-космічного господарства – національне завдання України [Текст] / В.П. Горбулин, А.И. Шевцов //

Стратегические приоритеты. – 2008. – № 1 (6). – С. 144 – 152.

2. Гнеденко, Б.В. Курс Теории вероятностей [Текст] / Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1988. – 447 с.

3. Красников, В.Н. Энтропийный анализ проектных рисков [Текст] / В.Н. Красников, В.А. Макаричев // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2009. – № 1 (35). – С. 100 – 104.

Поступила в редакцию 25.04.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. зав. каф. «Информационные технологии проектирования ЛА» Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ СКЛАДНИХ ПРОЄКТІВ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ

В.М. Красніков, Є.В. Соколова, І.Б. Туркин

Запропоновано ентропійний підхід з метою виявлення ризикових ситуацій на етапі планування або прогнозування складних науково-технічних проєктів, що враховує ймовірність переходу від одного стану проєкту до подальшого. Викладений метод дозволяє ефективно управляти фінансовими коштами і надійно планувати часові ресурси при вирішенні складних завдань, які характеризуються складними взаємозв'язками і рідко можуть бути описані односторонніми причинно-наслідковими відносинами. Розглянуто приклад моделі реалізації проєкту з кількома схемами реалізації, який ілюструє застосування ентропійного підходу, що дозволяє дати оцінку вибору того чи іншого шляху для особи, яка приймає рішення.

Ключові слова: проєкт, управління ризиками, вірогідність, ентропія, прогнозування, планування ресурсів, прийняття рішення, оцінка невизначеності.

RISK MANAGEMENT OF COMPLEX PROJECTS AEROSPACE INDUSTRY

V.N. Krasnikov, E.V. Sokolova, I.B. Turkin

Proposed entropy approach to identifying risk situations in the planning stage or predict the complex scientific and technical projects, taking into account the probability of transition from one state of the project to the next. The method allows to efficiently manage financial resources to plan and secure temporary resources to solve complex problems, which are characterized by complex relationships and rarely can be described by one-way causal relationship. An example of a model project with the implementation of several schemes, which illustrates the application of the entropy approach, which allows to evaluate the choice of a path for the decision maker.

Key words: project management, risk, probability, entropy, forecasting, planning of resources, decision making, evaluation of uncertainty.

Красников Владимир Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. менеджмента, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Соколова Евгения Витальевна – канд. техн. наук, доцент каф. инженерии программного обеспечения, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Туркин Игорь Борисович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерии программного обеспечения, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.