

УДК 681.3.07

Л.В. МАНДРИКОВА, Ю.С. МАНЖОС, В.В. ХОМЕНКО

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

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ РИСКОВ ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА

Рассматриваются вероятностные модели оценки рисков, связанных с разработкой программного продукта, согласно которым жизненный цикл программного продукта рассматривается как Марковский процесс. Предложена формальная модель жизненного цикла программного продукта, представленная в виде графа состояний и соответствующей системы алгебро-дифференциальных уравнений Колмогорова, связывающая риски программного проекта и риски программной инженерии. Для оценки рисков программного проекта, связанных с превышением ресурсных ограничений, предлагается использование экспертных оценок рисков программной инженерии.

Ключевые слова: модель жизненного цикла, риски программной инженерии, жизненный цикл программного обеспечения, вероятностное моделирование, система уравнений Колмогорова, экспертная оценка.

Введение

Программные продукты являются самыми сложными системами, создаваемыми человеком. Несмотря на определенные успехи, продолжается кризис программной инженерии (ПИ).

Так согласно [1] США ежегодно расходует около \$200 млрд. на более чем 170 тыс. программных проектов, из которых 31,1% остаются незавершенными, а 52,7% имеют превышения бюджета или сроков.

Необходимы новые методы количественной оценки рисков, связанных с разработкой программных продуктов. Это позволит поднять не только рентабельность индустрии программного обеспечения (ПО), но и эффективность экономики.

1. Обзор литературы

Решающую роль в повышении рентабельности индустрии ПО играет управление рисками связанными с разработкой ПО.

Процессы управления качеством в организации определяют не только качество ПО, но и рентабельность индустрии ПО [2, 3].

Управление качеством в разработке ПО – компромисс между творческим характером деятельности и потребностью в создании устойчивых и повторяющихся процессов разработки. На решение оказывает влияние объем проекта, характер рисков разработки и эксплуатации ПО [2].

В настоящее время известна классификация рисков ПО, не связанная с этапами жизненного цикла [2]. Решение задач, связанных с идентификацией

рисков программных проектов, требует рассмотрения их связей с этапами жизненного цикла (ЖЦ) и рисками ПИ.

2. Цель исследований

Целью данной статьи является разработка вероятностной модели ЖЦ, использующих экспертные оценки рисков ПИ, и метода идентификации рисков программных проектов, что повысит качество управления программными проектами и рентабельность индустрии ПО.

3. Вероятностная модель жизненного цикла программного обеспечения

Вероятностный подход к оценке рисков ПИ основывается на рассмотрении ЖЦПО, как Марковского случайного процесса [4,5]. Модель, как совокупность взаимосвязанных состояний, каждое из которых соответствует определенному этапу ЖЦПО, показана на рис.1.

При построении модели ЖЦ этапы были обозначены следующим образом: U – формулировка требований пользователем; E – эксплуатация программного продукта; 1, 2, 3 – формирование требований заказчика, системных и архитектурных требований; 4 – детальное проектирование; 5 – кодирование; 6, 7, 8, 9 – модульное, интеграционное, системное и приемо-сдаточное тестирование. Символами λ с соответствующей индексацией показаны интенсивности переходов.

Стрелки, направленные от старшего узла к младшему соответствуют повторам этапов ЖЦ,

вызванным внесенными дефектами. Каждый из повторов приводит к затягиванию сроков разработки или превышению иных ресурсных ограничений. Значения $\lambda_{ij}, \forall i < j$ обратны средним продолжительностям этапов ЖЦ.

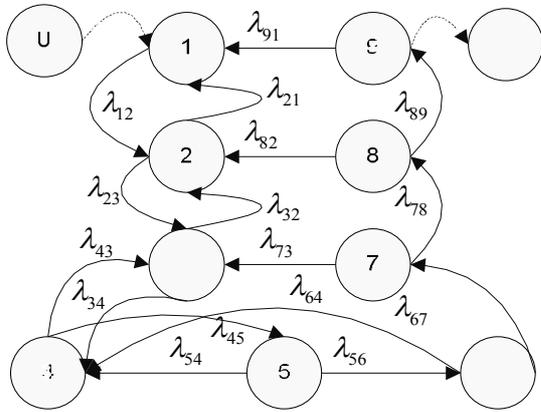


Рис. 1. Упрощенная вероятностная модель жизненного цикла ПО

Стрелки, направленные от старшего узла к младшему соответствуют повторам этапов ЖЦ, вызванным внесенными дефектами. Каждый из повторов приводит к затягиванию сроков разработки или превышению иных ресурсных ограничений. Значения $\lambda_{ij}, \forall i < j$ обратны средним продолжительностям этапов ЖЦ.

Обозначив вероятности нахождения процесса разработки на каждом из этапов ЖЦ, как P_i и используя направления вероятностных потоков, а также требование для единичного значения суммы вероятностей полной группы событий, получим систему алгебро-дифференциальных уравнений Колмогорова

$$\begin{cases} \dot{P}_1 = P_9\lambda_{91} + P_2\lambda_{21} - P_1\lambda_{12} \\ \dot{P}_2 = P_8\lambda_{82} + P_1\lambda_{12} + P_3\lambda_{32} - P_2(\lambda_{21} + \lambda_{23}) \\ \dot{P}_3 = P_2\lambda_{23} + P_4\lambda_{43} + P_7\lambda_{73} - P_3(\lambda_{32} + \lambda_{34}) \\ \dot{P}_4 = P_3\lambda_{34} + P_5\lambda_{54} + P_6\lambda_{64} - P_4(\lambda_{43} + \lambda_{45}) \\ \dot{P}_5 = P_4\lambda_{45} - P_5(\lambda_{54} + \lambda_{56}) \\ \dot{P}_6 = P_5\lambda_{56} - P_6(\lambda_{64} + \lambda_{67}) \\ \dot{P}_7 = P_6\lambda_{67} - P_7(\lambda_{73} + \lambda_{78}) \\ \dot{P}_8 = P_7\lambda_{78} - P_8(\lambda_{82} + \lambda_{89}) \\ \dot{P}_9 = P_8\lambda_{89} - P_9\lambda_{91} \\ \sum P_i = 1 \end{cases}$$

Численное решение системы позволит оценить значение вероятности нахождения ЖЦПО в любом

из состояний, а значит и риски превышения ресурсных проектных ограничений.

Однако такое решение требует знания значений интенсивностей перехода между состояниями, что возможно как на основании статистической обработки множества данных по различным программным проектам, так и с использованием экспертных оценок для рисков ПИ, приведенных ниже:

- текучесть разработчиков;
- изменение в управлении организацией;
- неготовность аппаратных средств;
- изменение требований;
- задержка в разработке спецификации;
- недооценка размера разрабатываемой системы;
- недостаточная эффективность case-средств;
- изменения в технологии разработки ПО;
- появление конкурирующего программного продукта.

Количественный вклад каждого из рисков в программный проект для различных этапов ЖЦПО показан на рис. 2.

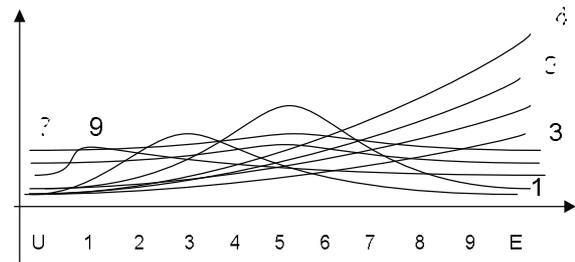


Рис. 2. Вклад рисков ПИ в программный проект

Дальнейшая оценка рисков программного проекта предполагает знание вероятностей каждого из рисков ПИ, что может быть получено посредством экспертной оценки.

Трактовка распределения рисков ПИ по этапам ЖЦ как плотностей вероятностей позволяет оценить вклад каждого из рисков на интенсивности $\lambda_{ij}, \forall i > j$, влияющие на продолжительность проектной разработки. К сожалению, система уравнений не может быть решена численно из-за неопределенных интенсивностей $\lambda_{ij}, \forall i > j$.

Это потребовало разработки более детальной модели ЖЦ ПО, показанной на рис. 3.

Где горизонтальны соответствуют этапам ЖЦ, λ_i – обратны средним продолжительностям, $\bar{\lambda}_i$ – интенсивности внесения дефектов на каждом из этапов ЖЦ, E – единичные интенсивности переходов. Узлы 1...9, соответствуют этапам ЖЦ, показанным на рис. 1.

Узлы, имеющие λ_{ix} , где x – некоторое число соответствуют i -этапам ЖЦ разработки программного продукта, имеющего дефекты, внесенные на предыдущих этапах. Например: узел 61 соответствует модульному тестированию продукта, имеющего дефекты, внесенные на этапе детального проектирования; узел 41 – детальному проектированию

продукта, имеющего дефекты, внесенные на этапе архитектурного проектирования; узел 31 – архитектурному проектированию продукта, имеющего дефекты, внесенные на этапе системных требований; узел 21 – системному проектированию продукта, имеющего дефекты, внесенные на этапе требований заказчика.

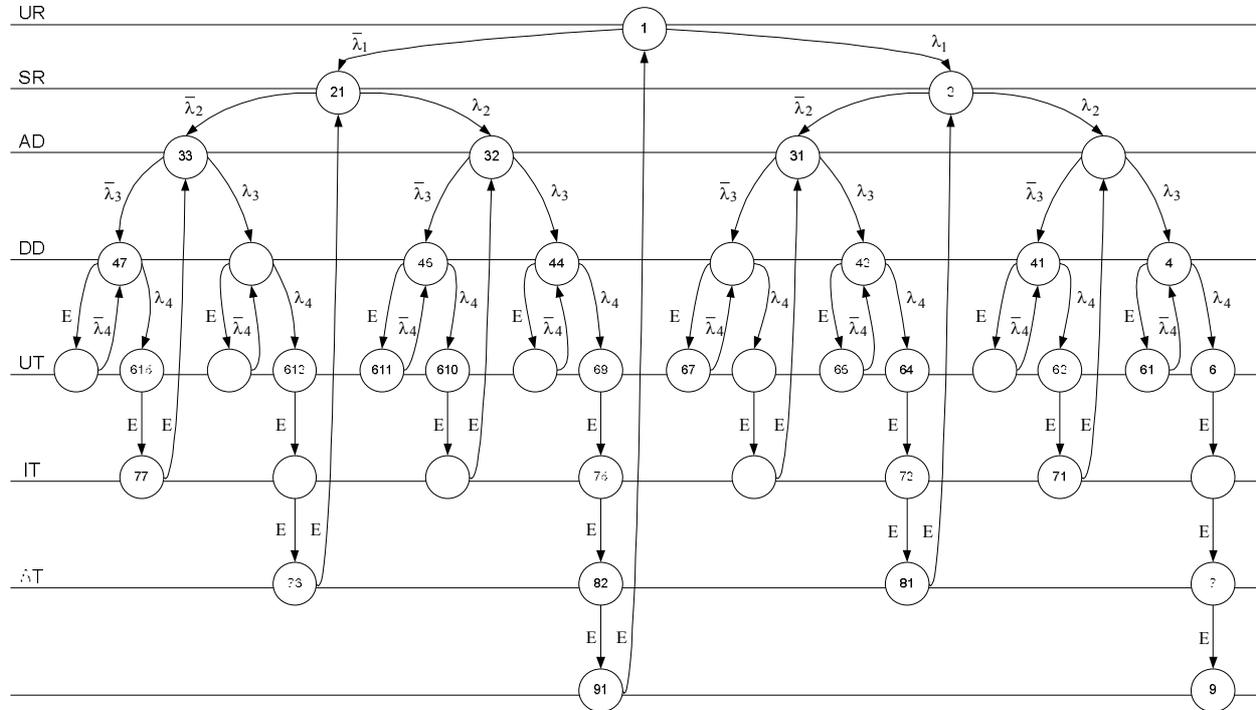


Рис. 3. Детальная модель ЖЦ ПО

Дальнейший смысл узлов ясен из графа детальной модели ЖЦ, при построении которой предполагалось, что вероятности внесения дефектов определяются только этапом ЖЦ ПО и не зависят от наличия дефектов, внесенных на предыдущих этапах.

События, связанные с внесением и невнесением дефектов представляют полную группу. Это уменьшает количество неизвестных интенсивностей в два раза.

Детальная модель ЖЦ ПО посредством объединения состояний, связанных переходами, имеющими единичные интенсивности, приводится к эквивалентному виду, показанному на рис. 4.

Потоки вероятностей приведенной модели связаны условием нормировки:

$$P_1 + P_{21} + P_2 + P_{33} + P_{32} + P_{31} + P_3 + P_{47} + P_{46} + P_{45} + P_{44} + P_{43} + P_{42} + P_{41} + P_4 + P_6 = 1$$

Полагая, что $\bar{\lambda}_1 + \lambda_1 = 1$ $\bar{\lambda}_2 + \lambda_2 = 1$ $\bar{\lambda}_3 + \lambda_3 = 1$ $\bar{\lambda}_4 + \lambda_4 = 1$, система уравнений

Колмогорова имеет вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \dot{P}_1 &= P_{44}\lambda_4 - P_1 \\ \dot{P}_2 &= P_1\lambda_1 + P_{42}\lambda_4 - P_2 \\ \dot{P}_{21} &= P_1\bar{\lambda}_1 + P_{46}\lambda_4 - P_{21} \\ \dot{P}_3 &= P_2\lambda_2 + P_{41}\lambda_4 - P_3 \\ \dot{P}_{31} &= P_2\bar{\lambda}_2 + P_{43}\lambda_4 - P_{31} \\ \dot{P}_{32} &= P_{21}\lambda_2 + P_{45}\lambda_4 - P_{32} \\ \dot{P}_{33} &= P_{21}\bar{\lambda}_2 + P_{47}\lambda_4 - P_{33} \\ \dot{P}_4 &= P_3\lambda_3 - P_4\lambda_4 \\ \dot{P}_{41} &= P_3\bar{\lambda}_3 - P_{41}\lambda_4 \\ \dot{P}_{42} &= P_{31}\lambda_3 - P_{42}\lambda_4 \\ \dot{P}_{43} &= P_{31}\bar{\lambda}_3 - P_{43}\lambda_4 \\ \dot{P}_{44} &= P_{32}\lambda_3 - P_{44}\lambda_4 \\ \dot{P}_{45} &= P_{32}\bar{\lambda}_3 - P_{45}\lambda_4 \\ \dot{P}_{46} &= P_{33}\lambda_3 - P_{46}\lambda_4 \\ \dot{P}_{47} &= P_{33}\bar{\lambda}_3 - P_{47}\lambda_4 \\ \dot{P}_6 &= P_4\lambda_4 \end{aligned} \right.$$

где

$$\lambda_k = 1 - \sum_i L_{ik};$$

$$\bar{\lambda}_k = \sum_i L_{ik};$$

L_{ik} – вклад i -риска в интенсивность внесения дефектов в проектируемый продукт на k -этапе ЖЦ ПО, который может быть вычислен исходя из трактовки распределения рисков, как соответствующих плотностей вероятностей [6].



Рис. 4 Приведенная модель жизненного цикла

Значение вклада каждого из рисков может быть получено как:

$$L_{ik} = \int_{a_k}^{b_k} f_i(x) dx,$$

где $f_i(x)$ – функция распределения i -риска по этапам ЖЦ (плотность вероятности);

a_k, b_k – временной интервал, определяющий продолжительность k -этапа ЖЦ;

При этом следует учитывать, что условие $\int_{-\infty}^{+\infty} f_i(x) dx = 1$ определяет обязательность проявления соответствующего риска в программном проекте. Задание экспертных оценок вероятностей для каждого из рисков приводит к необходимости использования условия

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f_i(x) dx = P_{Ri},$$

где P_{Ri} – экспертная оценка вероятности i -риска.

Численное решение системы уравнений для приведенной модели ЖЦ, с учетом вклада каждого из рисков, основанных на экспертных оценках, позволит оценить риск выхода за ресурсные ограничения для конкретного программного проекта.

Заключение

Предложенный в статье метод идентификации рисков программного проекта, основанный на численном решении систем дифференциальных уравнений, позволяет оценить риски, связанные с превышением ресурсных ограничений на разработку.

Следует отметить, что системы дифференциальных уравнений основаны на априорно заданных вероятностях рисков программной инженерии.

При этом задание значений вероятности успешного прохождения программным продуктом приемосдаточных испытаний позволяют оценить с необходимой достоверностью ресурсы, требуемые для реализации продукта.

Дальнейшие исследования авторов будут направлены на разработку методов адаптации функций распределения рисков по результатам реальных проектов.

Это позволит создать информационные технологии, решающие как прямые задачи, связанные с оценками рисков программных проектов на основе экспертных оценок рисков программной инженерии, так и обратные задачи, связанные с оценкой ресурсных затрат, необходимых для создания программных продуктов.

Литература

1. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения / И. Соммервилл – 6-е издание: Пер. с англ. – М.: Изд. дом Вильямс, 2002. – 624 с.
2. Макконнелл С. Совершенный код. Мастер-класс / С. Макконнелл – Пер. с англ. – М.: Издательско-торговый дом Русская редакция; СПб.: Питер, 2005. – 896 с.
3. Брауде Э. Технология разработки программного обеспечения / Э. Брауде. – СПб.: Питер, 2004. – 655 с.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – Учебное пособие для вузов. / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд. стер. – М.: Высшая школа, 2000. – 383 с.
5. Потапенко Н.И., Скороход А.В. Марковские процессы / Н.И. Потапенко, А.В. Скороход // Итоги

науки и техники. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. – ВИНТИ, 1989, – № 46. – С. 5-248.

б. Венцель Е.С. Теория вероятностей: Учебное пособие для вузов / Е.С. Венцель – 7-е изд. стер. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с.

Поступила в редакцию 18.01.2009

Рецензент: д-р тех. наук, проф., зав. кафедрой В.М. Вартамян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ ПРОГРАМНОГО ПРОЕКТУ НА ПІДСТАВІ ЙМОВІРНІСНОГО ПІДХОДУ

Л.В. Мандрікова, Ю.С. Манжос, В.В. Хоменко

Розглянуті моделі ризиків програмного проекту. Ймовірнісний підхід до оцінки ризиків базується на розгляді процесів розробки програмного продукту, як Марковського випадкового процесу. Оцінка ризиків програмного продукту передбачає знання ймовірностей ризиків програмної інженерії, що може бути отримано за результатами експертних оцінок. В статті розглянута детальна модель життєвого циклу програмного забезпечення, подана її графову реалізацію та відповідну систему алгебро-диференціальних рівнянь Колмогорова. Представлено зв'язок експертних оцінок інформаційних ризиків програмної інженерії з етапами життєвого циклу, що надало можливість отримання достовірної оцінки ймовірностей перевищення проектних ресурсних обмежень – ризиків програмних проектів, або величину ресурсів, що необхідні для реалізації програмного проекту на підставі необхідної достовірності.

Ключові слова: моделі ЖЦ, ризики програмної інженерії, життєвий цикл програмного забезпечення, ймовірнісне моделювання, система рівнянь Колмогорова, експертна оцінка

THE METHOD FOR SOFTWARE PROJECT RISKS IDENTIFICATION BASED ON THE PROBABILIC ESTIMATION

L.V. Mandrikova, Y.S. Manzhos, V.V. Khomenko

This article presents the models of the software product risks evolution. The probabilistic estimation of the risks based on the view of the Software product elaboration, as the Markov random process.

The software product risk estimation proposes that the value of Software Engineer risk probability can be estimate via expert estimation. This article devoted the model of the Software Product Life circle as a graph and the Kolmogorov algebra-differential equations. In this article proposed the relation between expert estimation of the software information Risks and Software Product Life Circle as a base for the correct estimation of the probability for resource limits overflowing.

Keywords: life circle model, software engineer risks, software life circle, probabilistic modeling, Kolmogorov equation system, expert estimation.

Мандрікова Людмила Васильевна – ассистент кафедры программной инженерии Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина. Lusiya65@mail.ru.

Манжос Юрий Семенович – канд. тех. наук, ст. преп. кафедры программной инженерии Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина. Manzhos@ukr.net.

Хоменко Владимир Васильевич – ст. преподаватель кафедры высшей математики Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.