МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФОВ С ВОЗВРАТАМИ

Ю.Ю. Гусева,

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

г. Харьков, Украина

Постановка проблемы и ее связь с практическими заданиями

Возникновение в процессе разработки изделия работ, подлежащих переделке либо доработке, существенно изменяет время выполнения проекта, ресурсы, необходимые для его осуществления, стоимость и т.д. Так, на некоторых машиностроительных предприятиях работы по доводке после испытаний занимают иногда до 50% всего цикла разработки нового изделия. Таким образом, задача сокращения работ по доводке проекта или изделия является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций

Задача сокращения длительности создания и освоения образца новой техники рассматривалась нами в предыдущих работах, в частности, [1, 2]. В данной статье рассматривается возможность применения графов с возвратами вместо классических сетевых моделей, явно или неявно используемых нами ранее.

Постановка задачи

Применение стохастических графов с возвратами [3] подразумевает определение вероятности реализации дуги возврата, соединяющей событие, при котором обнаружен дефект, с событием, с которого необходимо начинать доводку. Возвраты на доработку являются недетерминированными событиями.

В случае, когда о реализациях недетерминированного исхода нельзя собрать статистику, используется экспертная оценка. Нами было принято решение использовать при построении анкет опроса и для обработки ответов экспертов методы теории нечетких множеств. Это дает возможность принимать ответы экспертов в виде лингвистических вероятностей и

лингвистических критериев предпочтения, что значительно упрощает процедуру опроса для эксперта, в то же время (при использовании соответствующих методик, например, [4, 5]) не снижая достоверности результатов.

В итоге предполагается получить функцию принадлежности нечеткой переменной «вероятность возникновения ошибки (возврата на доработку)». Функция принадлежности определяет степень принадлежности элемента множеству и принимает значения из интервала $[0,1]$. В нашем случае функция принадлежности будет характеризовать каждый фактор с точки зрения его соответствия понятию «вероятность возникновения фактора равна единице».

Методика исследований

В [4] предлагается метод построения функции принадлежности на основе количественного сравнения степеней принадлежности. Исходными данными является матрица размером $n \times n$, где n – число точек, в которых сравниваются значения функции принадлежности. Значения функции принадлежности определяются на основе решения задачи о нахождении собственного вектора матрицы. Поскольку результатом проводимого нами группового экспертного опроса будет матрица, аналогичная матрице в [4], считаем, что идея об использовании собственного вектора как основы для построения функции принадлежности применима в рассматриваемом нами случае.

Для облегчения принятия решений экспертами и повышения достоверности экспертной оценки введем следующие характеристики каждой из работ, при выполнении которых возможны ошибки:

- опыт исполнителя (О) характеризуется выполненными ранее сходными работами (по проектированию сходных деталей, элементов, техпроцессов);
- квалификация исполнителя (К) может оцениваться в соответствии с методиками оценки квалификации эксперта [6];
- степень заимствования (З) определяет уровень новизны выполняемой работы, проектируемого элемента объекта;
- сложность работы (С) определяется группой сложности проектируемого элемента, а также такими факторами, как степень автоматизации выполняемой работы (принятия решения).

Указанные факторы были выбраны с учетом анализа практических наблюдений и рекомендаций экспертов.

Для получения параметров функции принадлежности применяем методические указания РДМУ 109-77 [7]. По данной методике могут быть решены задачи с числом факторов от двух до тридцати одного. Для построения математических моделей применяют полный или дробный факторный эксперимент, обладающий оптимальной матрицей планирования. Для нас эта методика особенно удобна тем, что при проведении эксперимента используются кодированные значения факторов (максимальное и минимальное). Это позволяет сократить затраты на эксперимент и использовать в качестве эксперимента экспертный опрос.

Пусть О, К, З, С – контролируемые факторы. Тогда исследуемый процесс может быть описан с помощью математической модели

$$\mu_p = f(O; K; Z; C), \quad (1)$$

где μ_p – функция принадлежности вероятности возникновения ошибочного решения;

f – функция отклика, представляющая собой зависимость математического ожидания от факторов.

Поскольку при применении методики используются реализации всех возможных сочетаний упорядоченных комбинаций минимальных и максимальных значений факторов, при формировании матрицы экспертного опроса, выступающего в качестве экспери-

мента, мы можем использовать сочетания следующих уровней факторов: опыт высокий (ОВ), опыт низкий (ОН); квалификация высокая (КВ), квалификация низкая (КН); степень заимствования высокая (ЗВ), степень заимствования низкая (ЗН); сложность высокая (СВ), сложность низкая (СН).

Все точки плана для реализации всех возможных сочетаний уровней факторов определяют по формуле [7]:

$$N = 2^k, \quad (2)$$

где N – общее число различных точек в плане;

2 – общее число уровней;

k – общее число факторов.

Таким образом, число точек плана для рассматриваемых условий равно $2^4 = 16$ (табл. 1).

Таблица 1

Возможные сочетания уровней факторов

№ точки	К	О	З	С
1	кн	он	зн	св
2	кн	он	зн	сн
3	кн	он	зв	св
4	кн	он	зв	сн
5	кн	ов	зн	св
6	кн	ов	зн	сн
7	кн	ов	зв	св
8	кн	ов	зв	сн
9	кв	он	зн	св
10	кв	он	зн	сн
11	кв	он	зв	св
12	кв	он	зв	сн
13	кв	ов	зн	св
14	кв	ов	зн	сн
15	кв	ов	зв	св
16	кв	ов	зв	сн

Значения функции при различных комбинациях факторов получаем в результате экспертного опроса, проводимого методом парных сравнений. Совокупность полученных величин образует матрицу n x n, на основе которой можно построить ранжировку всех точек плана и определить коэффициенты их относительной важности k_i . Коэффициенты относительной важности точек плана, представленные в виде компонент собственного вектора матрицы, позволяют измерить предпочтительность объектов сравнения как в

шкале отношений, так и в шкале порядка, при этом объекты ранжируются так, что первым объектом считается объект, у которого коэффициент относительной важности наибольший.

Для реализации поставленной цели необходимы данные не только о сравнительной предпочтительности точек плана, но и о сравнительной предпочтительности каждой из точек плана и некоторой точки, соответствующей вероятности возникновения ошибки, равной единице. Для получения таких соотношений сделаем следующее предположение: точка плана под номером один, соответствующая ситуации, когда принимается решение с высокой степенью сложности, без использования аналогов, лицом, не имеющим опыта подобных решений и с низкой квалификацией, отвечает максимальной вероятности возникновения ошибки при принятии решения, для практического использования принимаемой равной единице. Приняв такое предположение и используя данные о сравнительной предпочтительности каждой из точек плана и точки под номером один, мы можем получить величину μ_i , показывающую, насколько вероятность ошибки в точке i приближается (соответствует) к значению, равному единице:

$$\begin{aligned} k_1 &\Rightarrow \mu_1 = 1 \\ k_i &\Rightarrow \mu_i = \frac{k_i}{k_1} \end{aligned} \quad (3)$$

Значения μ_i , полученные в результате обработки данных экспертного опроса, используются как данные эксперимента при получении зависимости (1). Этап реализации эксперимента состоит в построении полного плана матрицы планирования, который дает возможность определить влияние на функцию отклика не только каждого отдельного фактора, но и их комбинаций.

Выводы и перспективы дальнейшего развития

Приведенная методика позволяет определять параметры стохастических графов с возвратами при моделировании процессов создания техники. Создание библиотеки таких графов для отдельных типов деталей и узлов позволит упростить и автоматизиро-

вать процедуру моделирования и управления технической подготовкой производства.

Литература

1. Гусева Ю.Ю. Управление длительностью доводки авиационных агрегатов // Вестник двигателестроения.- 2002.- №. 1.- С. 7-10.
2. Божко В.П., Гусева Ю.Ю. Управление экономическими потерями при принятии технических решений в авиационном производстве // Системы обработки информации: Зб. наук. пр.- Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002.- Вип. 5 (21).- С. 129-133.
3. Мироносецкий Н.Б. Моделирование процессов создания и выпуска новой продукции.- Новосибирск: Наука, 1976.- 170 с.
4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова.- М.: Наука, 1986.- 312 с.
5. Евланов Л.Г., Кутузов В.А. Экспертные оценки в управлении.- М.: Экономика, 1978.- 133 с.
6. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Под ред. В.С. Авдеевский.- М.: Машиностроение, 1988.- Т. 3. Эффективность технических систем / Под ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова.- 328 с.
7. Методические указания. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов РДМУ 109-77.- М.: Изд-во стандартов, 1978.- 63 с.

Поступила в редакцию 12.06.03

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор В.Е. Ведь, Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков; д-р техн. наук, профессор В.Н. Доценко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.