

УДК 004.412: 004.415.5

**В.С. ХАРЧЕНКО<sup>1</sup>, О.М. ТАРАСЮК<sup>1</sup>, А.В. ВОЛКОВОЙ<sup>1</sup>, Ю.А. БЕЛЫЙ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина*

<sup>2</sup>*ЗАО «Радий», Украина*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РАДИАЛЬНЫХ МЕТРИЧЕСКИХ ДИАГРАММ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОВЕРСИОННЫМИ ПРОГРАММНЫМИ ПРОЕКТАМИ**

Анализируются проблемы, связанные с оценкой многоверсионного программного обеспечения (ПО) с использованием метрик диверсности (МД), применяющихся для анализа степени разнообразия версий. Рассмотрена возможность использования радиальных метрических диаграмм (РМД) для оценки многоверсионных проектов и получения обобщенного показателя разнообразия. Предложены элементы метода управления качеством многоверсионного ПО с использованием МД и динамических РМД.

**радиальные метрические диаграммы, метрики диверсности, многоверсионное программное обеспечение, управление качеством**

### **Введение**

Надежность и безопасность информационно-управляющих систем (ИУС) с интенсивным использованием программного обеспечения (ПО) существенно зависит от совершенства процессов их проектирования. Для некоторых типов систем (например, управляющих систем безопасности АЭС) обязательным является использование принципа диверсности [1]. Многоверсионные технологии (МВТ), базирующиеся на этом принципе, применяются также для интенсификации процесса тестирования и уменьшения рисков невыявленных дефектов ПО и дефектов проектирования в целом [2].

Наиболее сложной задачей, связанной с применением МВТ, является оценка степени диверсности при проектировании ПО и ИУС в целом и управления процессами разработки для обеспечения требуемого уровня качества и надежности при минимальных затратах. В тоже время методики оценки степени диверсности и эффективности использования вносимой версионной избыточности в известных работах отсутствуют.

Для такой оценки могут быть использованы так называемые метрики диверсности. Однако в известных работах [3, 4] эти метрики дают статическую

оценку коррелированности версий. Для оценки и управления качеством обычного (одноверсионного) ПО в работе [5] было предложено использовать так называемые динамические радиальные метрические диаграммы (РМД). Они представляют собой многолучевые диаграммы, фиксирующие состояние (составляющие качества) проекта по фазам жизненного цикла и позволяющие оценивать величину и вектор изменения параметров. РМД обеспечивают визуализацию и обобщение результатов оценки с использованием метрик (численных показателей, оценивающих характеристики качества, разнообразия и т.д.).

В связи с этим целью статьи является разработка элементов метода управления качеством многоверсионных программных проектов на основе применения аппарата динамических РМД.

### **Анализ метрик диверсности**

Для оценки качества и надежности многоверсионных проектов известно значительное количество специальных метрик диверсности. Метрики диверсности можно разделить на две основные группы: программно-ориентированные и версийно-ориентированные. Программно-ориентированные метрики характеризуют многоверсионное ПО в целом, в то

время как версийно-ориентированные метрики используются для оценки отдельных версий. Ниже представлен базовый набор метрик диверсности для двухверсионного ПО в соответствии с [4]. Они разделены на две группы так называемых программно- и версионно-ориентированных метрик диверсности.

Программно-ориентированные метрики диверсности задают:

– соотношение между количеством совпадающих отказов и общим количеством независимых отказов:  $K_{C/H} = N^C / N^H$ , где  $N^H$  – количество независимых отказов двух версий, а  $N^C$  – количество совпадающих отказов двух версий;

– соотношение между количеством совпадающих отказов и общим количеством отказов ПО:  $K_{C/PC} = N^C / N$ , где  $N$  – суммарное количество отказов двух версий;

– соотношение между общим количеством независимых отказов и общим количеством отказов ПО:  $K_{H/PC} = N^H / N$ .

Версийно-ориентированные метрики диверсности определяют:

– соотношение между количеством независимых отказов версии и общим количеством отказов версии (рассчитывается для каждой из версий):  $K_{1H/1} = N_1^H / N_1$  и  $K_{2H/2} = N_2^H / N_2$ , где  $N_1$  – количество отказов первой версии,  $N_2$  – количество отказов второй версии,  $N_1^H$  – количество независимых отказов первой версии,  $N_2^H$  – количество независимых отказов второй версии;

– соотношение между количеством совпадающих отказов и общим количеством отказов версии (рассчитывается для каждой из версий):  $K_{C/1} = N^C / N_1$  и  $K_{C/2} = N^C / N_2$ ;

– соотношение между общим количеством отказов версии и общим количеством отказов ПС (рассчитывается для каждой из версий):  $K_{1/PC} = N_1 / N$  и  $K_{2/PC} = N_2 / N$ ;

– соотношение между количеством совпадающих отказов и количеством независимых отказов версии (рассчитывается для каждой из версий):

$$K_{C/1H} = N^C / N_1^H \text{ и } K_{C/2H} = N^C / N_2^H ;$$

– соотношение между количеством независимых отказов версии и общим количеством независимых отказов (рассчитывается для каждой из версий):

$$K_{1H/H} = N_1^H / N^H \text{ и } K_{2H/H} = N_2^H / N^H ;$$

– соотношение между количеством независимых отказов версии и общим количеством отказов ПО (рассчитывается для каждой из версий):

$$K_{1H/PC} = N_1^H / N \text{ и } K_{2H/PC} = N_2^H / N .$$

### РМД для оценки многоверсионных проектов

При использовании РМД для оценки многоверсионных программных проектов отдельная РМД задает  $q$ -мерное метрическое пространство, в котором осуществляется оценивание одной из версий (или многоверсионного ПО в целом), где  $q$  – число метрик диверсности  $p_i, i \in \overline{0, q}$ , по которым оценивается данная версия, отображающиеся в виде лучей диаграммы. Представление множества метрик диверсности проекта с использованием РМД показано на рис. 1.

Несколько радиальных метрических диаграмм, оценивающих различные версии и многоверсионное ПО в целом, образуют двухуровневую иерархическую структуру. В результате свертки отдельной  $i$ -й РМД нижнего уровня формируется обобщенный показатель  $P_2^i$  (на основании значений метрик диверсности, входящих в состав этой РМД и коэффициентов их весомости), значение которого затем откладывается на соответствующем луче комплексной РМД верхнего уровня, как это показано на рис. 2. Аналогичным образом для комплексной РМД может быть получен интегральный показатель диверсности, характеризующий качество и надежность многоверсионного проекта.

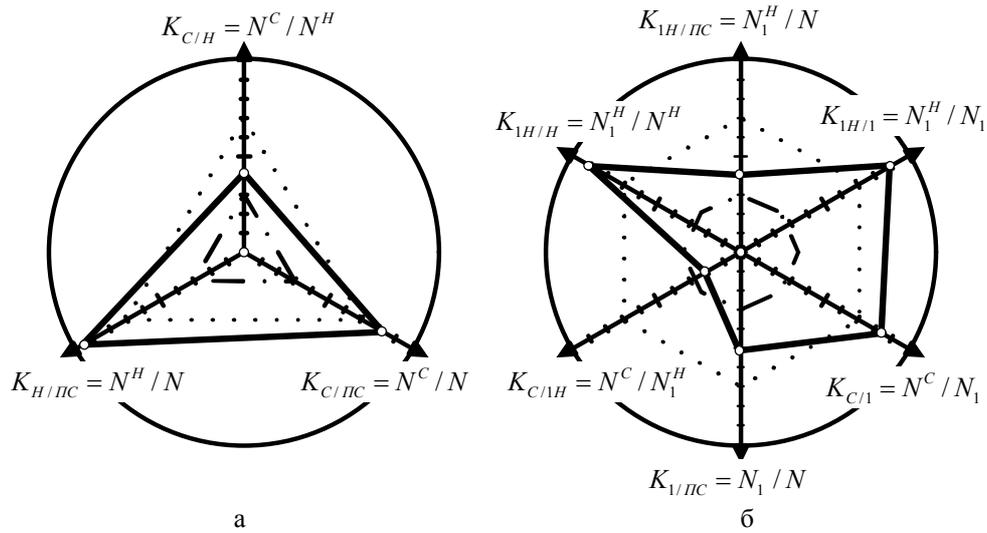


Рис. 1. РМД диверсности:  
 а – програмно-ориентированная РМД; б – версийно-ориентированная РМД (для 1-й версии ПО)

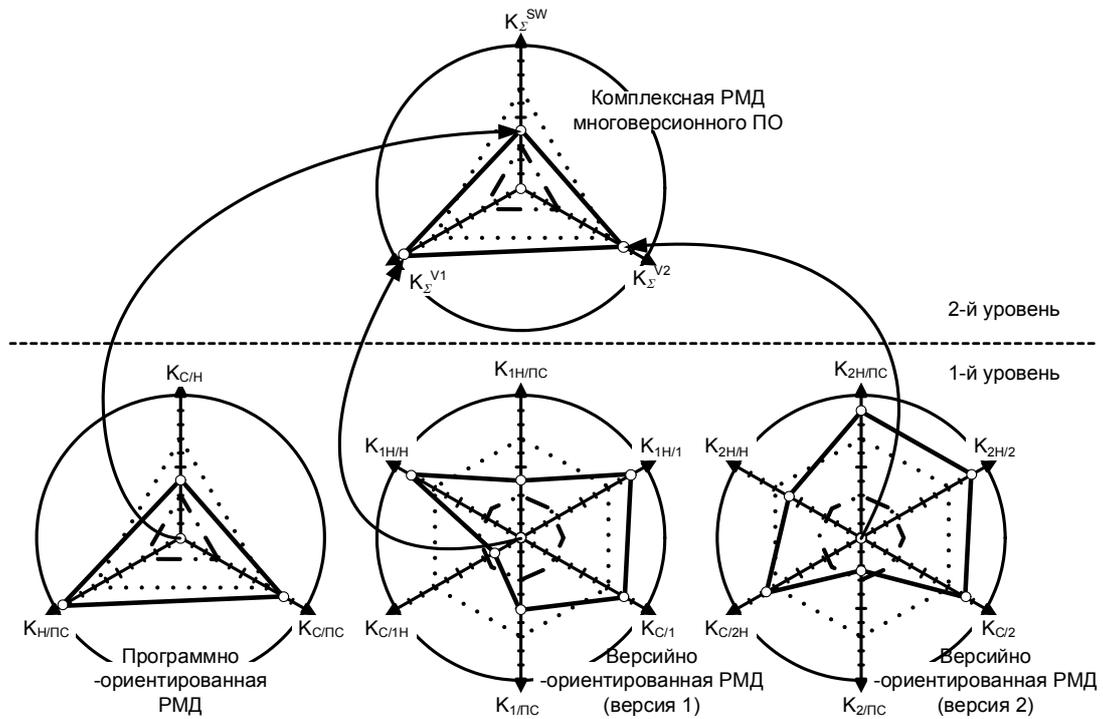


Рис. 2. Свертка РМД диверсности

**Динамические РМД для управления качеством многоверсионных проектов**

Используя динамическую модель РМД, можно выполнять непрерывную оценку многоверсионного проекта программного обеспечения в течение всего жизненного цикла. Такая модель имеет вид:

$$DRDM = \left\{ \left\{ p_i \right\}_{i=1}^q, W, S, P_\Sigma, t \right\} = \{RMD(t)\}, \quad (1)$$

где  $\{p_i\}, i \in \overline{1, q}$  – множество показателей (метрик), входящих в состав РМД;  $W$  – множество весовых коэффициентов  $w_i \sim p$ ;  $S$  – множество шкал показателей (метрик)  $s_i \sim p$ ;  $P_\Sigma$  – обобщенный показатель, являющийся функцией от значения показателей  $p_i$ , входящих в состав динамической РМД, и коэффициентов их весомости  $w_i$ ;  $t$  – параметр времени,

который может определяться календарным временем или этапом жизненного цикла (ЖЦ) программного обеспечения.

Отсчеты на шкале времени, определяющие моменты вычисления метрик диверсности и получения РМД, могут быть как произвольными, так и фиксированными для всех версий ПО (например, неделя или месяц), что более предпочтительно.

При необходимости, масштаб времени может быть укрупнен до этапа жизненного цикла ПО. Однако для проектов, реализующих принцип дивер-

ности, и на уровне ЖЦ ПО, когда каждая версия ПО разрабатывается с использованием своей собственной модели ЖЦ (например, первая версия использует каскадную модель, а вторая – спиральную), необходимо учитывать тот факт, что в один и тот же момент времени разные версии могут находиться на разных этапах.

Поскольку параметры  $p_i$ ,  $P_{\Sigma}$ , а в общем случае и  $W$ , являются функциями времени, то тренды этих функций будут характеризовать динамику изменения надежности оцениваемых версий (рис. 3).

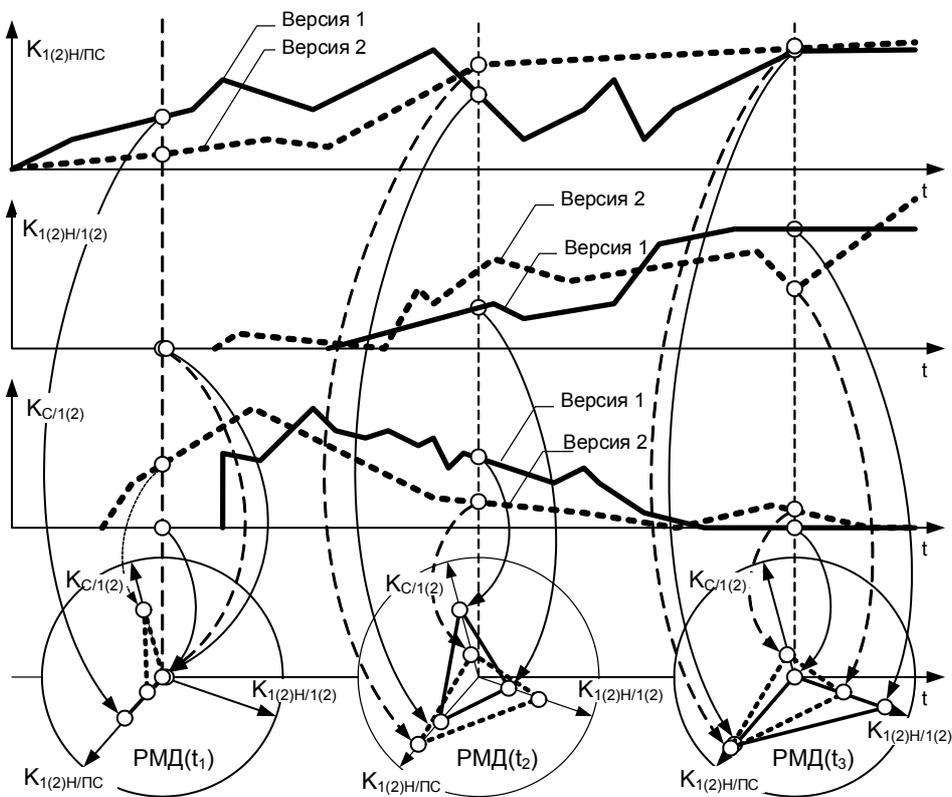


Рис. 3. Изменение характеристик версий ПО в течение ЖЦ

В нижней части этого рисунка показан вид трехмерной динамической РМД для трех временных отсчетов.

Управление качеством и надежностью многоверсионных программных проектов при использовании динамических РМД базируется на анализе приращения значений метрик диверсности при переходе от одного этапа ЖЦ к другому, которое может быть

получено как в векторном, так и в скалярном виде путем выполнения операции векторной разности над РМД или же обобщенными показателями, соответствующими этим РМД:

$$DRMD^{ij} = RMD^i - RMD^j; \quad (2)$$

$$DP_X^{ij} = P_X^j - P_X^i, \quad (3)$$

где  $i, j$  – индексы, соответствующие разным этапам

ЖЦ ПС (или отсчета времени), причем  $i > j$ .

При правильной организации многоверсионного проекта должно наблюдаться позитивное изменение метрик диверсности, входящих в состав динамических РМД. В противном случае это указывает на наличие определенных проблем, для решения которых необходимо сформировать корректирующие воздействия. Таким образом, на основании анализа динамических РМД может быть принято решение о переходе на следующий этап жизненного цикла или

же о возврате к предыдущему этапу для уточнения требований, а также дан прогноз на сроки начала использования ПО с требуемым качеством.

Предлагаемые РМД, оценивающие изменение диверсности, могут использоваться в процессе разработки ПО с другими CASE-средствами и их элементами, в частности, диаграммами Ганта [6] и моделями многоверсионных жизненных циклов, основанными на операциях поэтапной генерации  $G$  и объединения  $U$  версий  $V_i$  (рис. 4), предложенных в [7].

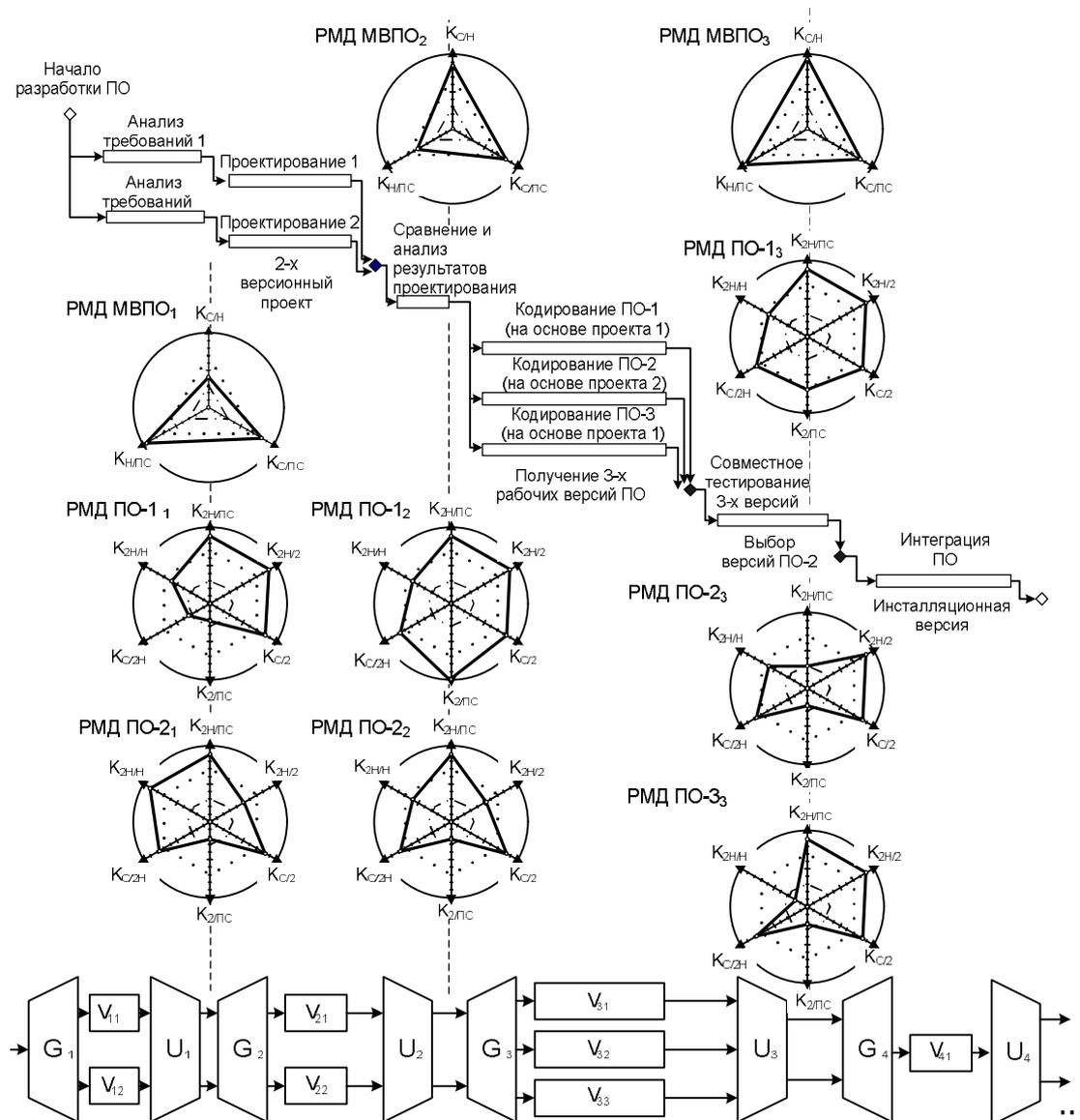


Рис. 4. Применение динамических РМД для оценки и управления многоверсионными программными проектами

Кроме метрик диверсности, динамические РМД могут использоваться для отображения известных

метрик качества в рамках определенной модели, приведенной, например, в стандарте ISO/IEC 9126-1

[8]. Это позволяет контролировать изменение качества и надежности каждой из версий и, путем сравнения результатов, выявлять версии, оказывающие наибольшее влияние на надежность многоверсионного ПО в целом. Полученная информация позволяет оптимизировать процесс управления качеством и надежностью многоверсионного ПО за счет более эффективного распределения затрачиваемых усилий. Такой подход особенно актуален для таких многоверсионных проектов, когда на заключительном этапе проектирования в эксплуатацию передается наиболее качественная и надежная версия, по результатам сравнения этих динамических РМД.

### Заключение

Предложены элементы метода управления качеством многоверсионного ПО с использованием метрик диверсности и динамических радиальных метрических диаграмм. Данный метод отличается тем, что он позволяет комплексно решать задачи оценки качества, уровня диверсности и управления процессом проектирования ПО одно- и многоверсионных ИУС.

Дальнейшее развитие результатов, приведенных в статье, может быть связано с разработкой CASE-средств, поддерживающих многоверсионные технологии проектирования ПО и ИУС.

### Литература

1. Ястребенецкий М.А., Васильченко В.Н., Виноградская С.В. и др. Безопасность атомных станций: Информационные и управляющие системы / Под ред. М.А. Ястребенецкого. – К.: Техніка, 2004. – 472 с.
2. Харченко В.С., Жихарев В.Я., Илюшко В.М., Нечипорук Н.В. Многоверсионные системы, техно-

логии и проекты / Под ред. В.С. Харченко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 486 с.

3. Харченко В.С., Пискачева И.В., Скляр В.В. Метрики диверсности: Классификация, анализ и применение для оценки надежности и безопасности компьютерных систем управления // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2001. – Вып. 9. – С. 194 – 214.

4. Скляр В.В. Анализ метрик многоверсионности программного обеспечения // Электронное моделирование. – 2004. – Т. 26, № 4. – С. 95 – 104.

5. Тарасюк О.М., Харченко В.С. Динамические радиальные метрические диаграммы в задачах управления качеством программного обеспечения // 36. наук. праць ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К.: НАНУ, ІПМЕ, 2003. – Вип. 22. – С. 202 – 205.

6. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 544 с.

7. Волковой А.В., Скляр В.В., Харченко В.С. Метод формирования моделей многоверсионного жизненного цикла для программных проектов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. – № 2 (46). – С. 40 – 44.

8. Липаев В.В. Выбор и оценивание характеристик качества программных средств. Методы и стандарты. Серия «Информационные технологии». – М.: СИНТЕГ, 2001. – 228 с.

*Поступила в редакцию 7.04.05*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный университет сельского хозяйства им. П. Василенка, Харьков.