

УДК 004.415.2.052.03

М.Э. ЯНОВСКИЙ

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

## ОЦЕНКА ДИВЕРСНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСВЕННЫХ МЕТРИК

*Проведен анализ прямых и косвенных метрик диверсности программного обеспечения. Сформулирована гипотеза об использовании косвенных метрик для оценки диверсности. Рассматриваются прямой и обратный вариант решения задачи оценки многоверсионного проекта. Разработаны элементы методики проведения эксперимента по оценке диверсности программного обеспечения с использованием эталонных прямых и расчётом комплексной косвенной метрики. Решается задача применения на практике методики оценки многоверсионной технологии разработки программного продукта, позволяющая дать числовую характеристику проектной диверсности.*

**Ключевые слова:** метрика, оценка, диверсность, эксперимент.

### Введение

**Актуальность темы исследования.** Одними из ключевых требований к большинству критических и бизнес-критических систем, относящихся к авиации, атомной энергетике, транспортным коммуникациям, медицинским системам и др., являются требования к надежности и безопасности, объединяемые понятием гарантоспособность [1,2]. Основными факторами, влияющими на гарантоспособность систем, построенных с применением этих технологий, являются отказы, связанные с проявлением дефектов проектирования, архитектуры и ошибками при разработке [1].

Общим принципом, который может быть положен в основу обеспечения гарантоспособности – устойчивости систем ко всем видам дефектов, является принцип диверсификации, сущность которого состоит в использовании различных видов версионной избыточности (сигнальной, функциональной, проектной, программной и др.) [3].

В известных работах, посвященных использованию этого принципа, рассматриваются варианты многоверсионных систем и технологий применительно к информационно-управляющим системам АЭС [4], бортовым системам управления [2,5], сервис-ориентированным WEB-системам [6].

Анализ публикаций [7-8] показывает, что специфика построения надежных и безопасных микроконтроллерных систем на базе современных технологий STMicroelectronics, Schneider и др. и принципа многоверсионности учитывается недостаточно. В частности, борьба с программными дефектами включает в себя цикл многократного тестирования на различных стадиях разработки. При данном под-

ходе, несмотря на высокие требования, предъявляемые к конечному продукту, в сложных системах зачастую остаются невыявленные дефекты. Основные причины таких скрытых дефектов – недостаток времени и несовершенство технологий тестирования [9]. Следовательно, актуальным является использование процессно-продуктивной избыточности [10] при разработке, тестировании и верификации таких систем с учетом особенностей архитектуры.

**Целью** данной работы является повышение надежности программного обеспечения с использованием многоверсионных технологий разработки.

Для достижения поставленной цели решается **задача** разработки методов и средств оценивания и проектирования. Для этого необходимо:

- проанализировать и разработать методы оценивания степени диверсности проектов;
- разработать элементы методики проведения эксперимента по оценке диверсности программного обеспечения.

### 1. Оценка диверсности на основе прямых и косвенных метрик

Анализируя многоверсионную систему, необходимо использовать оценочный подход, который дал бы качественную и количественную оценку диверсности. При этом можно выделить два основных подхода. Первый – это использование прямых метрик диверсности, а второй – это использование косвенных метрик диверсности.

Рассмотрим использование прямых метрик диверсности на примере трехверсионной системы.

Все дефекты в многоверсионной системе можно разделить на пять групп.

Первая – это относительные дефекты, характерные только для  $i$ -той версии, то есть проявляются на определенном наборе выходных данных только в одной версии.

Вторая – это групповые различимые дефекты, вызывающие различным образом проявляющиеся ошибки при одинаковых входных данных для нескольких версий ( $i$ -той и  $j$ -той).

Третья – это групповые неразличимые дефекты, вызывающие одинаковым образом проявляющиеся ошибки при одинаковых входных данных для нескольких версий ( $i$ -той и  $j$ -той).

Четвертая – это абсолютные различимые дефекты, характерные для всех версий системы, вызывающие различным образом проявляющиеся ошибки при одинаковых входных данных.

Пятая – это абсолютные неразличимые дефекты, вызывающие одинаковым образом проявляющиеся ошибки при одинаковых входных данных для всех версий системы.

## 2. Прямые метрики диверсности, основанные на выделении всех групп дефектов

Точками на плоскости (элементами множеств) обозначим соответствие дефектам версии  $d_{i,j}$  ( $i$ -номер версии,  $k$ -номер дефекта). Для дефекта справедливо:

$$\exists X_v \in X : Z_{d_{i,k}}(X_v) \neq Z_0(X_v),$$

где  $X, Z$  – выходные и выходные сигналы (алфавит)  
 $Z_0(X_v)$  – требуемое значение выходных сигналов при входных сигналах  $X_v$ ,

$Z_{d_{i,k}}$  – выходные сигналы при дефекте  $d_{i,k}$ .

Множество дефектов версии (например,  $v_1$ ) описывается выражением:

$$MD_{v_1} = MD_{r_1} \cup_{s=2}^e (MD_{g_{1,s}}^{dst} \cup MD_{g_{1,s}}^{ind}) \cup MD_{abs}^{dst} \cup MD_{abs}^{ind},$$

где  $MD_{r_1}$  – это относительное множество дефектов для первой версии;

$MD_{g_{1,s}}^{dst}$  – это групповые различимые дефекты 1 и  $s$  версии;

$MD_{g_{1,s}}^{ind}$  – групповые неразличимые дефекты 1 и  $s$  версии;

$MD_{abs}^{dst}$  – абсолютные различимые дефекты для всего множества версий;

$MD_{abs}^{ind}$  – абсолютные неразличимые дефекты для всего множества версий,  $e$  – количество версий.

Для случая трех версий ( $e = 3$ ) схема множеств иллюстрируется рис. 1. Из всего множества получаемых метрик используются те, которые определяют долю дефектов отдельных версий (например,  $\mu_1 - \mu_3$ ), долю относительных ( $\mu_{17} - \mu_{19}$ ), групповых ( $\mu_{81} - \mu_{85}$ ) и абсолютных дефектов ( $\mu_{225} - \mu_{228}$ ), а так же другие метрики.

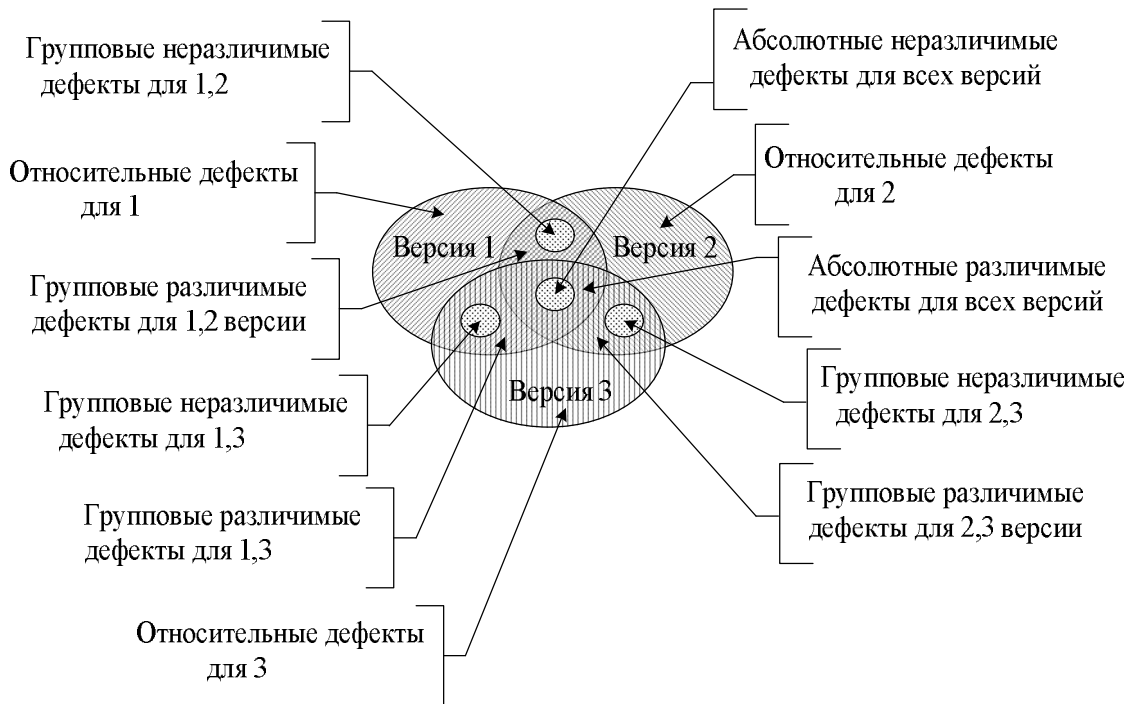


Рис. 1. Классификация дефектов для трехверсионной системы

Таблица 1

Метрики диверсности

Множество дефектов	$MD_r^s$	$MD_{r1}$	$MD_{r2}$	$MD_{r3}$	$MD_{\Sigma g}^s$	$MD_{g1,2}^s$	$MD_{g1,2}^{dst}$	$MD_{g1,2}^{ind}$	$MD_{g1,3}^s$	$MD_{g1,3}^{dst}$	$MD_{g1,3}^{ind}$	$MD_{g2,3}^s$	$MD_{g2,3}^{dst}$	$MD_{g2,3}^{ind}$	$MD_{abs}^s$	$MD_{abs}^{dst}$	$MD_{abs}^{ind}$
$MD_r^s$	X	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	$\mu_7$	$\mu_8$	$\mu_9$	$\mu_{10}$	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	$\mu_{13}$	$\mu_{14}$	$\mu_{15}$	$\mu_{16}$
$MD_{r1}$	$\mu_{17}$	X	$\mu_{18}$	$\mu_{19}$	$\mu_{20}$	$\mu_{21}$	$\mu_{22}$	$\mu_{23}$	$\mu_{24}$	$\mu_{25}$	$\mu_{26}$	$\mu_{27}$	$\mu_{28}$	$\mu_{29}$	$\mu_{30}$	$\mu_{31}$	$\mu_{32}$
$MD_{r2}$	$\mu_{33}$	$\mu_{34}$	X	$\mu_{35}$	$\mu_{36}$	$\mu_{37}$	$\mu_{38}$	$\mu_{39}$	$\mu_{40}$	$\mu_{41}$	$\mu_{42}$	$\mu_{43}$	$\mu_{44}$	$\mu_{45}$	$\mu_{46}$	$\mu_{47}$	$\mu_{48}$
$MD_{r3}$	$\mu_{49}$	$\mu_{50}$	$\mu_{51}$	X	$\mu_{52}$	$\mu_{53}$	$\mu_{54}$	$\mu_{55}$	$\mu_{56}$	$\mu_{57}$	$\mu_{58}$	$\mu_{59}$	$\mu_{60}$	$\mu_{61}$	$\mu_{62}$	$\mu_{63}$	$\mu_{64}$
$MD_{\Sigma g}^s$	$\mu_{65}$	$\mu_{66}$	$\mu_{67}$	$\mu_{68}$	X	$\mu_{69}$	$\mu_{70}$	$\mu_{71}$	$\mu_{72}$	$\mu_{73}$	$\mu_{74}$	$\mu_{75}$	$\mu_{76}$	$\mu_{77}$	$\mu_{78}$	$\mu_{79}$	$\mu_{80}$
$MD_{g1,2}^s$	$\mu_{81}$	$\mu_{82}$	$\mu_{83}$	$\mu_{84}$	$\mu_{85}$	X	$\mu_{86}$	$\mu_{87}$	$\mu_{88}$	$\mu_{89}$	$\mu_{90}$	$\mu_{91}$	$\mu_{92}$	$\mu_{93}$	$\mu_{94}$	$\mu_{95}$	$\mu_{96}$
$MD_{g1,2}^{dst}$	$\mu_{97}$	$\mu_{98}$	$\mu_{99}$	$\mu_{100}$	$\mu_{101}$	$\mu_{102}$	X	$\mu_{103}$	$\mu_{104}$	$\mu_{105}$	$\mu_{106}$	$\mu_{107}$	$\mu_{108}$	$\mu_{109}$	$\mu_{110}$	$\mu_{111}$	$\mu_{112}$
$MD_{g1,2}^{ind}$	$\mu_{113}$	$\mu_{114}$	$\mu_{115}$	$\mu_{116}$	$\mu_{117}$	$\mu_{118}$	$\mu_{119}$	X	$\mu_{120}$	$\mu_{121}$	$\mu_{122}$	$\mu_{123}$	$\mu_{124}$	$\mu_{125}$	$\mu_{126}$	$\mu_{127}$	$\mu_{128}$
$MD_{g1,3}^s$	$\mu_{129}$	$\mu_{130}$	$\mu_{131}$	$\mu_{132}$	$\mu_{133}$	$\mu_{134}$	$\mu_{135}$	$\mu_{136}$	X	$\mu_{137}$	$\mu_{138}$	$\mu_{139}$	$\mu_{140}$	$\mu_{141}$	$\mu_{142}$	$\mu_{143}$	$\mu_{144}$
$MD_{g1,3}^{dst}$	$\mu_{145}$	$\mu_{146}$	$\mu_{147}$	$\mu_{148}$	$\mu_{149}$	$\mu_{150}$	$\mu_{151}$	$\mu_{152}$	$\mu_{153}$	X	$\mu_{154}$	$\mu_{155}$	$\mu_{156}$	$\mu_{157}$	$\mu_{158}$	$\mu_{159}$	$\mu_{160}$
$MD_{g1,3}^{ind}$	$\mu_{161}$	$\mu_{162}$	$\mu_{163}$	$\mu_{164}$	$\mu_{165}$	$\mu_{166}$	$\mu_{167}$	$\mu_{168}$	$\mu_{169}$	$\mu_{170}$	X	$\mu_{171}$	$\mu_{172}$	$\mu_{173}$	$\mu_{174}$	$\mu_{175}$	$\mu_{176}$
$MD_{g2,3}^s$	$\mu_{177}$	$\mu_{178}$	$\mu_{179}$	$\mu_{180}$	$\mu_{181}$	$\mu_{182}$	$\mu_{183}$	$\mu_{184}$	$\mu_{185}$	$\mu_{186}$	$\mu_{187}$	X	$\mu_{188}$	$\mu_{189}$	$\mu_{190}$	$\mu_{191}$	$\mu_{192}$
$MD_{g2,3}^{dst}$	$\mu_{193}$	$\mu_{194}$	$\mu_{195}$	$\mu_{196}$	$\mu_{197}$	$\mu_{198}$	$\mu_{199}$	$\mu_{200}$	$\mu_{201}$	$\mu_{202}$	$\mu_{203}$	$\mu_{204}$	X	$\mu_{205}$	$\mu_{206}$	$\mu_{207}$	$\mu_{208}$
$MD_{g2,3}^{ind}$	$\mu_{209}$	$\mu_{210}$	$\mu_{211}$	$\mu_{212}$	$\mu_{213}$	$\mu_{214}$	$\mu_{215}$	$\mu_{216}$	$\mu_{217}$	$\mu_{218}$	$\mu_{219}$	$\mu_{220}$	$\mu_{221}$	X	$\mu_{222}$	$\mu_{223}$	$\mu_{224}$
$MD_{abs}^s$	$\mu_{225}$	$\mu_{226}$	$\mu_{227}$	$\mu_{228}$	$\mu_{229}$	$\mu_{230}$	$\mu_{231}$	$\mu_{232}$	$\mu_{233}$	$\mu_{234}$	$\mu_{235}$	$\mu_{236}$	$\mu_{237}$	$\mu_{238}$	X	$\mu_{239}$	$\mu_{240}$
$MD_{abs}^{dst}$	$\mu_{241}$	$\mu_{242}$	$\mu_{243}$	$\mu_{244}$	$\mu_{245}$	$\mu_{246}$	$\mu_{247}$	$\mu_{248}$	$\mu_{249}$	$\mu_{250}$	$\mu_{251}$	$\mu_{252}$	$\mu_{253}$	$\mu_{254}$	$\mu_{255}$	X	$\mu_{256}$
$MD_{abs}^{ind}$	$\mu_{257}$	$\mu_{258}$	$\mu_{259}$	$\mu_{260}$	$\mu_{261}$	$\mu_{262}$	$\mu_{263}$	$\mu_{264}$	$\mu_{265}$	$\mu_{266}$	$\mu_{267}$	$\mu_{268}$	$\mu_{269}$	$\mu_{270}$	$\mu_{271}$	$\mu_{272}$	X

### 3. Косвенные метрики диверсности

Одна из важнейших проблем при подсчете метрики диверсности – это сложность получения параметров такой метрики. На практике такие параметры, как множество дефектов для каждой версии, групповые и общие множества дефектов, неизвестны. Вследствие этого, в большинстве случаев прямую метрику на практике рассчитать будет затруднительно, так как это связано с большими накладными расходами на тестирование и специализированную документацию.

Использование косвенных метрик диверсности предполагает две стратегии применения.

**Задача 1** (задача с "идеальным экспертом").

Известно, что  $V_i$  и  $V_j$  "наиболее диверсны" из множества  $V$ . Измерив их метрики сложности (другие косвенные метрики), определить те, которые характеризуют пару  $(V_i, V_j)$ . На рис. 2 представлен алгоритм решения задачи 1.

С использованием экспертного мнения берутся наиболее диверсные проекты, то есть проекты, у которых заведомо минимальное пересечение общих дефектов. На основе этого измеряются различные косвенные метрики сложности и др. Далее получаем статистические данные для нескольких групп проектов, что позволит выделить метрические приоритеты, которые будут говорить о том, насколько тот или иной показатель косвенной метрики характеризует диверсность проектов.

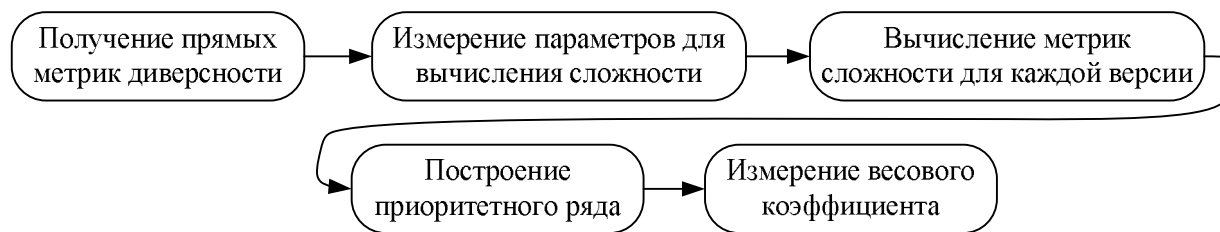


Рис.2. Алгоритм решения задачи 1

Получаем общую формулу косвенной диверсности:

$$\mu_k = \sum_{i=1}^e \mu_{ci} \times \delta_i,$$

где  $\mu_k$  – косвенная метрика диверсности,  $e$  – количество всех используемых версий,  $\mu_{ci}$  – метрика слож-

ности (и др.) для  $i$ -той версии и  $\delta_i$  – приоритет  $i$ -той метрики, учитывая  $\sum_{i=1}^e \delta_i = 1$ .

На основе общей статистики по большому количеству проектов формируются общие приоритет-

ные коэффициенты для каждой метрики, которые в дальнейшем могут использоваться в общей для проектов формуле без привлечения экспертного мнения.

**Задача 2.** Провести измерение метрик сложности и других косвенных метрик, после чего сделать выбор пары  $(V_i, V_j)$ .

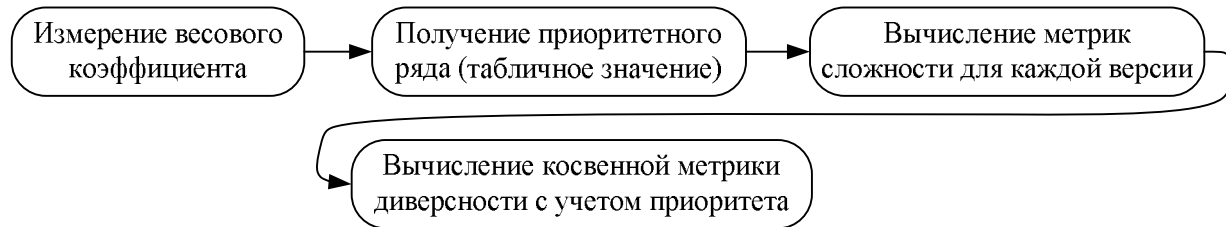


Рис. 3. Алгоритм решения задачи 2

Измеряются метрики сложности, на основе которых выбираются пары проектов  $(V_i, V_j)$ , абсолютная совокупность общих показателей которых имеет максимальную разницу относительно всего множества проектов.

#### 4. Методики проведения эксперимента по оценке диверсности программного обеспечения с использованием прямых и косвенных метрик

Для того, чтобы получить приоритетные коэффициенты для косвенной метрики, необходимо провести ряд экспериментов, которые бы показали соотношения между прямыми метриками диверсности и косвенными. При проведении эксперимента необходимо сформулировать основную цель проектного задания и разделить все работы по проекту на следующие этапы:

1. Подготовка
  - составление таблицы соответствий метрик сложности и инструментальных средств для расчёта метрик в рамках выбранных языковых средств;
  - составление таблицы классификаций дефектов;
  - формулировка детальных требований к проекту;
  - разработка детализированного технического задания;
  - описание требований к ведению документации;
  - установка временных и информационных ограничений на разработку;
  - составление требований к документации разработчика;
  - разработка шаблона тестирования, который

На рис. 3 представлен алгоритм решения задачи 2.

На основе решения задачи 1, то есть получения приоритетных коэффициентов для каждой метрики, необходимо вычислить косвенную метрику диверсности без использования экспертного мнения для многоверсионного проекта.

должен содержать масштаб времени, момент времени, тип дефектов, число дефектов и др.;

- формирование команды разработки;
2. Разработка
    - разработка архитектуры и алгоритма функционирования системы;
    - кодирование и комментирование кода;
    - документирование процесса разработки;
    - тестирование разработчиком (поиск и исправление дефектов);
    - документирование процесса тестирования при разработке;
  3. Пост-тестирование
    - разработка test case наборов;
    - поиск и выявление дефектов;
    - заполнение таблицы дефектов по классификации;
    - построение детерминированного графика временной зависимости нахождения дефектов;
    - документирование процесса пост-тестирования;
  4. Анализ полученных результатов
    - получение метрик сложности для всех проектов;
    - получение (расчёт) прямых метрик диверсности на основе результатов пост-тестирования;
    - метрический анализ usability системы;
    - получение на основании прямой метрики диверсности и метрик сложности приоритетных коэффициентов для косвенных метрик;
    - расчёт косвенной метрики диверсности;
    - сравнение и анализ прямых и косвенных метрик диверсности.

На рис. 4 представлена диаграмма Ганта, иллюстрирующая план работ по эксперименту.

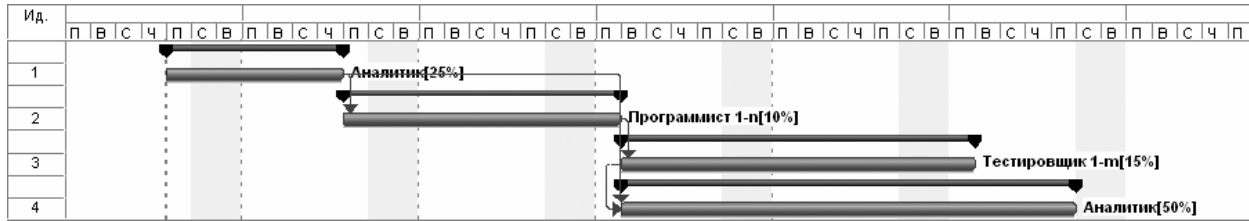


Рис. 4. Диаграмма Ганта, иллюстрирующая план работ по эксперименту

Результатом данной подробной классификации этапов разработки является составление плана и графика работ проведения эксперимента, на основе которого можно формализовать весь процесс разработки, тем самым улучшив управляемость и повысив коэффициент достоверности полученных результатов.

При проведении эксперимента необходимо использовать систему обмена данными о тестировании всех разрабатываемых версий проекта. При этом сами разработчики не должны получать информацию о параллельно разрабатываемых версиях для того, чтобы не использовать одинаковых решений.

Разработчики должны быть примерно одинакового уровня, но иметь разный технологический и практический опыт. Это увеличило бы вероятность использования разных подходов к решению одной задачи.

Все дефекты, вносимые в общую документацию, должны быть использованы для тестирования всех проектов в независимости от того, в каком проекте они были выявлены. То есть, каждый этап тестирования постоянно будет сопровождаться тестированием всех проектов на общие дефекты. Все места, где были выявлены дефекты (проектирования и логики), должны быть вынесены в общую сводную статистику по проекту. Эти места могут быть потенциальным источником дополнительных дефектов.

Из каждой версии необходимо выделить все используемые технологии. Для каждой используемой технологии, языкового средства должен быть составлен список потенциально возможных дефектов, а также возможные часто допускаемые ошибки (с помощью использования статистических данных). Каждый разработчик должен фиксировать места системы, которые, на его взгляд, являются более слабыми в проекте. Итоговая информация должна быть отражена, в первую очередь, в индивидуальном и перекрестном тестировании.

## Заключение

В данной работе решена задача разработки методов и средств оценивания диверсной системы.

Получены следующие научные результаты:

- сформулированы принципы повышения надежности программного обеспечения с использованием версионной избыточности;

- проанализированы и разработаны методы оценивания степени диверсности проектов;
- разработаны элементы методики проведения эксперимента по оценке диверсности программного обеспечения.

Практическим результатом данной работы являются разработанные методика, документация и инструментальные средства для проведения эксперимента.

Эти результаты позволяют сделать вывод о достижении поставленной цели – организации эксперимента по оценке диверсности на основе прямых и косвенных метрик, что впоследствии даст возможность повысить надёжность, а также уменьшить затраты на разработку.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку средств поддержки многоверсионных программных систем, использующих избыточность для повышения надежности специализированных критических и бизнес-критических приложений.

## Литература

1. Avizienis A Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing / A.Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell, C. Landwehr // IEEE Trans. On Dependable and Secure Computing. – 2004. – Vol. 1. – №1. – P. 11-33.
2. Харченко В.С. Гарантоздатність комп'ютерних систем: проблеми та результати. / В.С. Харченко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2005. – №7(23). – С. 352-357.
3. Wood R.T. Diversity Approaches for Common Cause Failure Mitigation. / R.T Wood // IAEA Technical Meeting on Integrating Analog and Digital I&C Systems in Hybrid Main Control Rooms at Nuclear Power Plants. – Toronto, Canada, October 28 – November 2, 2007.
4. Ястребенецький М.А. Безопасність атомних станцій: Інформаційні та управляючі системи. / М.А. Ястребенецький, В.Н. Васильченко, С.В. Виноградская. / под ред. М.А.Ястребенецького. – К.: Техніка. – 2004. – 472 с.
5. Харченко В.С. Анализ рисков аварий для ракетно-космической техники: эволюция причин и тенденций. / В.С. Харченко, В.В. Скляр, О.М.Тарасюк // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2003. – № 3. – С. 135-149.

6. Gorbenko A. *F(I)MEA-Technique of Web-services Analysis and Dependability Ensuring*. LNCS 4157. *Rigorous Development of Complex Fault-Tolerant Systems* / A. Gorbenko, V. Kharchenko, O. Tarasyuk, A. Furmanov, Butler M., Jones C., Romanovsky A., Trubitsyna E. (eds.). Springer. – 2006. – P. 153-168.

7. Littlewood B. *Redundancy and diversity in security*. / B. Littlewood, L. Strigini // *Proc. 9th European Symposium on Research in Computer Security (ESORICS'2004)*, France. – 2004. – P. 117-126.

8. Харченко В.С., Многоверсионные системы, технологии, проекты. / В.С. Харченко, В.Я. Жихарев, В.М. Илюшко. под ред. В.С. Харченко. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2002. – 486 с.

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

10. Kharchenko V. *Diversity Assessment of Nuclear Power Plants Instrumentation and Control Systems*. / V. Kharchenko, M. Yastrebenetsky, V. Sklyar // *Proceeding by 7th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management and European Safety and Reliability Conference*. – Berlin (Germany). – 14-18 June 2004. – Volume 3. – P. 1351-1356.

11. Sklyar V. *A Method of Multiversion Technologies Choice on Development of Fault-Tolerant Software Systems*. / V. Sklyar, V. Kharchenko // *Proceeding of Workshop on Methods, Models and Tools for Fault Tolerance*. – Oxford, UK. – 2007. – P. 148-157.

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

Поступила в редакцию 17.02.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.М. Конорев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

### ОЦІНКА ДИВЕРСНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕПРЯМИХ МЕТРИК

*М.Е. Яновський*

Проведений аналіз прямих та непрямих метрик диверсності програмного забезпечення. Сформульована гіпотеза про використання непрямих метрик для оцінки диверсності. Розглядаються прямий і зворотний варіант розв'язання завдання оцінки багатоверсійного проекту. Розроблені елементи методики проведення експерименту з оцінки диверсності програмного забезпечення з використанням еталонних прямих і розрахунками комплексної непрямой метрики. Вирішується завдання застосування на практиці методики оцінки багатоверсійної технології розробки програмного продукту, що дозволяє дати числову характеристику проектної диверсності.

**Ключові слова:** метрика, оцінка, диверсність, експеримент.

### THE DIVERSITY APPRAISAL OF SOFTWARE WITH THE USE OF INDIRECT METRICS

*M.E. Yanovsky*

The analysis of direct and indirect diversity metrics of the software is resulted. The hypothesis about the use of indirect metrics for the diversity estimation is formulated. Direct and reverse estimation variants of task solution of multi-version project are overviewed. The elements of method of lead through of experiment are developed as evaluated by diversity of software with the use of standard lines and by the calculation of complex indirect metrics. The task of practically applicable methods of estimation of multi-version technology of software product development allowing obtain numerical description of project diversity is solved.

**Key words:** metrics, appraisal, diversity, experiment.

**Яновський Максим Едуардович** – магістрант кафедри комп'ютерних систем і мереж Національного аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: m.yanovsky@csac.khai.edu.