

УДК 004.412:519.876.5

А.В. ГАХОВ, В.О. МИЩЕНКО

*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина***ПОИСК МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ АНАЛИЗЕ СВЯЗИ
МЕЖДУ ВИДАМИ КАЧЕСТВА РАСЧЁТНЫХ ПРОГРАММ**

Прогноз и коррекция качества исследовательского программного обеспечения (ПО) научных расчётов является мощным резервом повышения достоверности таких расчётов. Ранее авторы разработали систему метрик внутреннего и внешнего качества для ПО, которое реализует методы дискретных особенностей в математическом моделировании сложных дифракционных явлений. В статье на основе опыта первых попыток анализируются важные аспекты математического моделирования зависимости внешнего качества такого ПО от его внутреннего качества. Полученные результаты относятся к вопросам принципиальной и практической пригодности метрик и обоснованного выбора формы математической модели.

программное обеспечение, внутреннее и внешнее качество, метрики, математическое моделирование**Общая проблема и актуальность задачи**

Общая проблема, к которой относится наша работа, была сформулирована в [1]. Речь шла о том, что качество ПО, которое разрабатывалось исследователями для поддержки численного решения сложных задач электродинамики, являлось, как правило, слабым звеном в обосновании достоверности получаемых результатов вычислительных экспериментов. Затем было предложено определять трудоёмкость и скрытые негативные тенденции в программной реализации МДО задач электродинамики, с помощью программных метрик [2]. Начиная с [2], накапливается опыт оценки затратности и надёжности ПО данного класса с помощью научных метрик Холстеда и энергетического анализа программ [3-5].

Однако главной тенденцией современного подхода к качеству ПО является не оценивание готовых программ постфактум, а целенаправленная работа по формированию нужного качества. Для этого необходим прогноз внешнего качества продукции, который можно делать еще на стадии разработки кода, оценивая его текущее качество, то есть внутреннее качество программ [6]. Такой прогноз может базироваться только на математической модели.

Это делает актуальным изучение возможностей и разработку способов построения для программной продукции нужного класса математических моделей для оценки вероятных показателей внешнего качества на основе оценки мер внутреннего качества.

Цель работы и постановка задачи

Ограничимся следующим классом программной продукции. Это будут разработанные на универсальных языках программирования средства проведения исследовательских расчётов в области дифракции волн (обычно электромагнитных) на структурах в пространстве.

Ограничимся реализациями, основанными на методах дискретных особенностей [7] или родственных им. И пусть авторами этого ПО являются магистры, аспиранты, специальность которых – прикладная математика или информатика.

Поток такой продукции не мал (до десятка работ в год в одном только ХНУ). Это в сочетании со значительной наукоёмкостью и оригинальностью (то есть, рискованностью) продукции оправдывает затраты на желательное моделирование её качества.

Наша работа отправляется от модели качества, разработанной авторами ранее.[8]. Эта модель фиксирует характерные функции ПО данного на-

значения и систему апробированных мер внутреннего и внешнего качества.

Цель данной работы состояла в анализе характера связи между двумя видами качества ПО МДО в задачах дифракции, базируясь на оценках мер качества нескольких программных проектов.

Поставим задачу, как план действий, учитывая, что для указанного класса ПО расчёты необходимых метрик и исследование связей между видами качества ранее не проводились. Нет сведений о подобных исследованиях и для родственных классов ПО.

Первое. Проверить пригодность метрик [8] для прогноза качества ПО данного класса.

Второе. Определить, показатели каких уровней будут задействованы при построении эмпирических зависимостей между параметрами внутреннего и внешнего качества (уровень мер качества или уровни интегральных подхарактеристик, характеристик). Сформулировать гипотезы о видах зависимостей.

Третье. Ради надёжной оценки параметров зависимостей указать усовершенствования в оценивании метрик и требования к данным по проектам ПО.

Особенности экспериментальной части

Было отобрано 6 проектов 2001-2008 гг., непосредственно в которых авторы статьи участия не принимали. Выборка содержала типичные примеры проектов: отлаженная программа аспиранта, 3 завершенных проекта магистерских работ, 2 модельные реализации поставленных задач (курсовые проекты магистров). На подготовку экспертиз и их проведение были отведены сроки. Журналы экспертиз, протоколы испытаний и др. документы, которые перечислены в [6] как источники данных для оценивания качества, буквально отсутствовали. Их заменили соответствующими разделами пояснительных записок защищенных проектов и рабочими материалами (тесты, исходные коды версий и т.п.). Но в поставленные сроки эти материалы с необходимой полнотой были получены в половине случаев. Сведения об оставшихся для исследования проектах см.

в табл. 1. Все эти работы выполнены на кафедре математического моделирования ХНУ. В одном из проектов использована процедура, разработанная в ИРА НАНУ. Объём кода в таблице равен сумме объёмов разработки [9] всех модулей проекта.

Таблица 1

Общие характеристики исследованных проектов

№	Назначение	Интерфейс	Исполнители	Общ. объём
1	Параметры дифракции на решетке, 3D	Графич. форма для ввода	2 чел	130_000 (130 Хд)
2	Расчёт поля заряженных проводников, 2D	Графич. ввод-вывод	2 чел	200_000 (200 Хд)
3	Расчёт эл.-маг. поля, рассеянного провод, 2D	Консольный ввод-вывод	1 чел	89_000 (89 Хд)

Оценивание и вытекающие результаты

Меры нормализованы на $[0; 1]$ (1 – наилучшее). В систему [8] метрики входят смысловыми парами вида («внутренняя», «внешняя»). Но в паре 1.2.3 мы заменим «внутреннюю» метрику более адекватным вариантом «обнаружение дефектов» [6].

Для проверки прогностической пригодности метрик (точнее, их пар) дадим специальную интерпретацию известных условий [6]. Она отражает понятие о минимуме согласованности для прогноза.

А. «Исключающая корреляция». Значение метрики 0 (или «почти» 0) означает, что ситуация, которая по смыслу метрики ею так отражается, считается наихудшей из возможных, а для значения 1 – наилучшей. При некотором $\varepsilon > 0$, если одна из парных метрик качества [8] (одна «внутренняя», другая «внешняя») имеет значение на $[0; \varepsilon]$, то другая не может принимать значение на $[1 - \varepsilon; 1]$.

В. «Монотонность». Пусть добавление (изъятие) кода привело к повышению (понижению) значения «внутренней» метрики. Тогда значение соответствующей «внешней» не должно убывать (вырасти).

С. «Прогностическая согласованность». При неком $\delta > 0$, если значение «внутренней» меры для одного проекта или версии на δ больше (меньше) её значения для другого, то и значение соответствующей «внешней» меры будет больше (меньше).

Д. «Значимость равенства». Если для двух проектов значения «внутренней» метрики совпадают с точностью, скажем, 0.01, то разность значений соответствующей «внешней» не должна превышать 1/3.

Мы приняли для метрик

$$\varepsilon = 0.2, \quad \delta = 0.2. \quad (1)$$

В табл. 2 перечислены меры системы [8], нарушающие наши условия по итогам оценивания проектов из табл. 1. Это – не основание для их исключения из построения характеристик путём усреднения. Но их прямое использование для целей прогноза рискованно. Этим проблемных мер свыше трети от общего числа. Поэтому на уровне метрик откажемся от математического моделирования связи внешнего и внутреннего качеств исследуемого ПО.

Таблица 2

Сводка нарушений валидационных условий

Нарушено	Метрики-нарушители условий (указаны номера, принятые в [8])	% от всех
A	1.3.1, 3.2.1	5.6
C	1.2.1, 2.3.1, 2.4.1, 3.1.3, 3.3.4, 5.2.1, 5.2.2, 6.1.2	22.2
D	1.1.3, 1.5.1, 2.3.1, 4.2.1, 6.1.3	13.9
A,C,D	см. выше	38.9

Обратимся к высшему уровню (характеристики), где неточности метрик нивелированы двойным усреднением. По диаграммам качества, рис. 1-6, руководствуясь аналогами правил минимальной корректности A-D можно предположить следующее.

Предполагать прямую зависимость «внешней» **модифицируемости** от «внутренней» нельзя.

Для **практичности, эффективности и переносимости** есть основания выдвинуть гипотезы вида

$$Q = \alpha \cdot P, \quad (2)$$

где P – значение одной из этих «внутренних» характеристик; а Q – значение такой же «внешней».

С **надёжностью**, а, особенно, **функциональностью** дело не просто. Необходимо обратиться к подхарактеристикам. Но для функциональности после исключения невалидных мер согласованность значений подхарактеристик отсутствовала. Это имеет объективную причину. Здесь оценки зависят от тестов, которые для разных проектов не согласованы и могли иметь для своих проектов разную «пробивную силу». А вот ведущая (в смысле приписанного ей в [8] веса) подхарактеристика надёжности **завершённость** допускает гипотезу вида (2), демонстрируя согласованность своих значений, а все её «внутренние» и «внешние» метрики пригодны.

Потребуем относительно оценивания качества ПО рассматриваемого класса выработки в будущем для этого класса правил разработки «равносильных» тестов и тестовых процедур. Это особо актуально для метрик функциональности, переносимости и надёжности. Нужна также процедура согласования интерпретаций и степеней строгости и надёжности тестов для парных «внутренних» и «внешних» мер.

В процессе оценки мер качества, правила подсчёта для некоторых были существенно уточнены или подправлены в сравнении со стандартными [6]. Критерием выступала эффективность, то есть большая объективность оценки при сохранении смысла и меньших затратах на оценивание. Вот примеры.

Для метрик за номером 2.1.1 [8] необходимый прогноз числа дефектов кода для «внутренней» метрики «обнаружение дефектов» полагался равным

$$B = V/3000, \quad (3)$$

где B – холстедовский прогноз; V – суммарный объём разработки модулей [9] (см. табл. 1).

Для парной «внешней» метрики «оценка плотности остаточных дефектов» прогноз брали равным 0.

Для «внутренней» метрики «локализация влияния изменений» (номер 5.3.1), опустив требуемую в

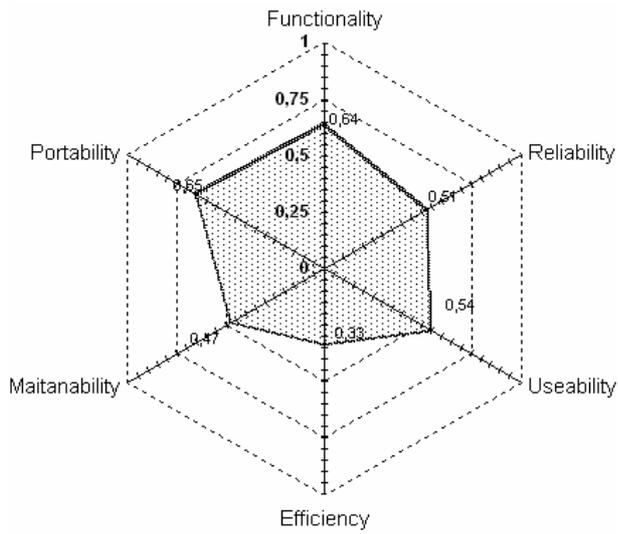


Рис. 1. Оценка внутреннего качества проекта №1

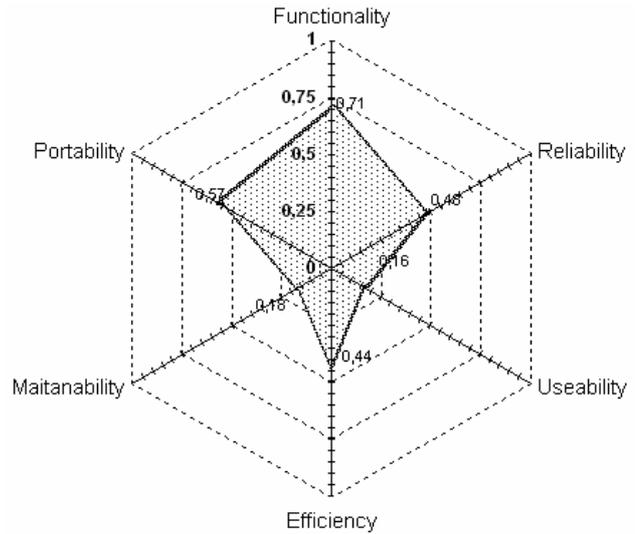


Рис. 4. Оценка внешнего качества проекта №2

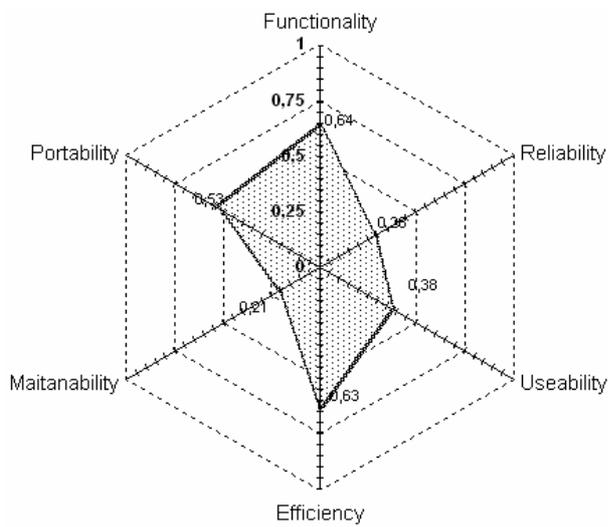


Рис. 2. Оценка внешнего качества проекта №1

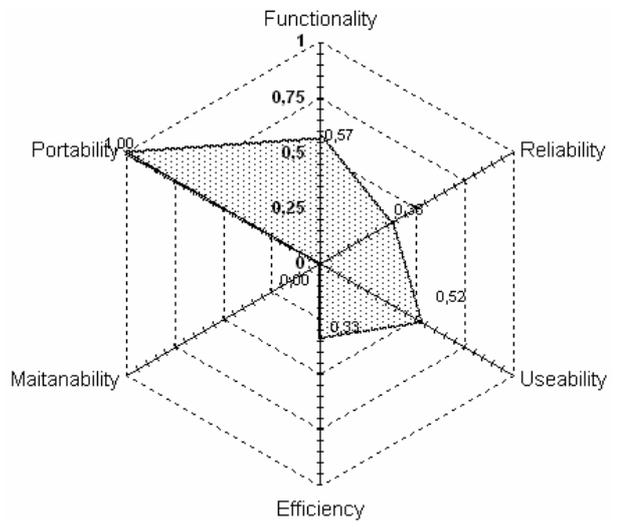


Рис. 5. Оценка внутреннего качества проекта №3

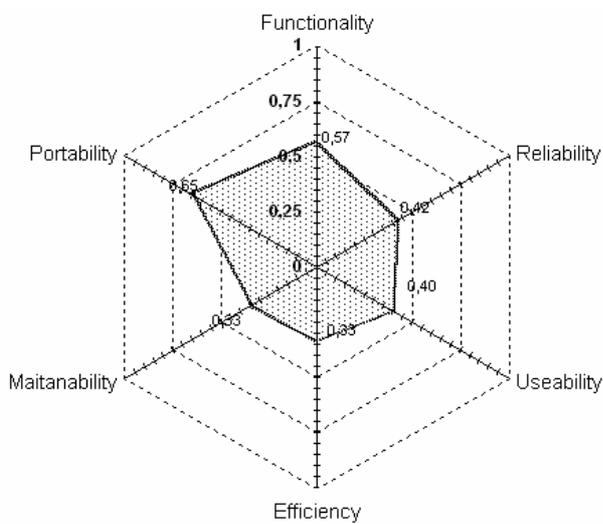


Рис. 3. Оценка внутреннего качества проекта №2

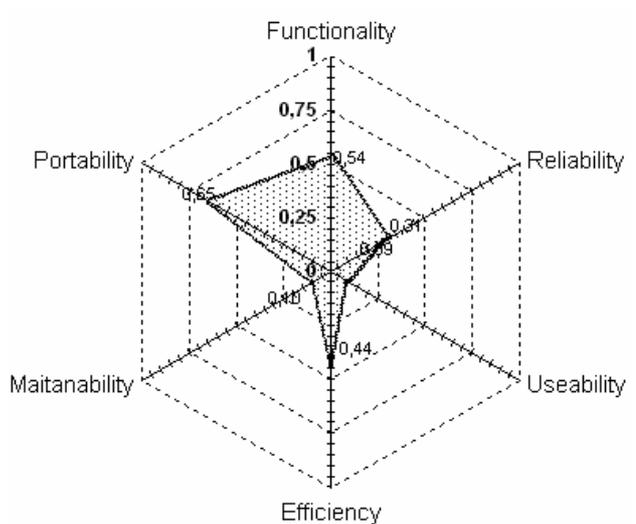


Рис. 6. Оценка внутреннего качества проекта №3

[6] оценку для «числа переменных», мы полагали

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i / V, \quad (4)$$

где X – числовой атрибут данной метрики; V_i ($i = 1..n$) – объёмы разработки неинтерфейсных модулей СПС [8], в которых можно ждать изменений (правки) в будущих фазах жизненного цикла.

Заключение

В результате проведенного исследования авторами получены следующие новые результаты.

Общие валидационные требования [8] адаптированы к использованию систем парных метрик, существующих для оценки ПО расчётного назначения.

Опробован метод обоснованного подбора гипотез в виде математических зависимостей для параметров внешнего качества от внутреннего.

Дана эффективная интерпретация формул для нескольких стандартных метрик.

Для практики важны выдвинутые в статье гипотезы о форме математической связи двух видов качества рассмотренного ПО и выводы по стандартизации требований к тестам. Это поможет управлению качеством разработки программных средств, реализующих МДО в задачах дифракции.

Естественным продолжением данной работы было бы получение оценок числовых параметров связей вида (2) (и их значимости) методами регрессионного анализа по расширенной выборке проектов.

Авторы благодарят за предоставленные материалы И. Баранова, А. Боровинского, С. Ивахненко, В. Кузнецова и, особо, С.Л. Просвирнина.

Литература

1. Гандель Ю.В., Мищенко В.О. Математическое моделирование в электродинамике на базе сингулярных интегральных уравнений и проект программной системы. // Математическое моделирование. Сб. науч. тр. / НАН Украины. Ин-т математики. Киев. – 1996. – С. 70-74.

2. Мищенко В.О. Применение математического моделирования в системном анализе проекта программного обеспечения методом дискретных особенностей // Труды VII Международного симпозиума «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». – Феодосия. – 1997. – С. 117-120.

3. Gahov A.V. Testing a New Approach to the Analysis of the Projects Development Using Generalization Parameters Offered by Software Science // Proceedings of SCALNET-2004. – Kremenchug: KSPU, 2004. – P. 118-120.

4. Мищенко В.О. Программное обеспечение МДО: роль математических моделей надежности и трудоемкости // Труды Международных школ-семинаров «ММДОЗМФ», вып. 4. – Орел: ОГУ, 2005. – С. 73-80.

5. Mishchenko V.O. One experiment in using energy metrics proposed for software process assessment // Radio-electronic and computer systems. – 2007. – № 8. – P. 121 – 124.

6. ISO/IEC TR 9126 3:2003 [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=22891>.

7. Белоцерковский С.М., Лифанов И.К. Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях. – М.: Наука, 1985. – 256 с.

8. Gahov A.V., Mishchenko V.O. The Validation of the Software that Was Developed for Calculations Related to the Design of Antennas // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – N 6. – P. 180-185.

9. Мищенко В.О. Энергетический анализ программного обеспечения с примерами реализации для Ада-программ. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2007. – 119 с.

Поступила в редакцию 14.01.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.