

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОЙ ПРОДУКЦИИ НА МНОЖЕСТВЕ ПРИЗНАКОВ

Бурый А.С., д-р техн. наук, ФГБУ «РСТ»

Морин Е.В., канд. техн. наук, ФБУ «Ростест-Москва»

Рассмотрена задача оценивания качества программной продукции по результатам испытаний в ходе их сертификации. Сформулированный подход основывается на взаимосвязи критериев, факторов, метрик и оцениваемых признаков качества программных изделий и может быть использован при формировании баз данных результатов испытаний разнотипного программного обеспечения. С позиций системного подхода на предварительном этапе целесообразно проводить анализ по моделям качества отдельных модулей и процедур программного комплекса, а на заключительном этапе проводить интегральную оценку качества с учетом ранжирования оценок предварительного этапа. Заявленные признаки качества программной продукции формируют фактический образ качества объекта испытания, который в ходе тестирования сравнивается с требуемыми показателями качества, и на основе статистических алгоритмов распознавания образов принимается итоговое решение.

Ключевые слова: качество программного продукта, признак качества, эталонный показатель, эталонные данные, распознавание образов.

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение контроля качества программных продуктов, а также технологий их разработки в условиях цифровой трансформации (ЦТ) общества не только не утратило своей актуальности, но и приобрело новые задачи. Это вызвано стремительным внедрением компьютерных технологий в таких научно-технических направлениях, как предиктивная аналитика, аддитивное производство, виртуальное моделирование, робототехника, Интернет вещей, создание цифровых моделей (двойников) как новых проектируемых изделий, так и других [1].

Риски, связанные с возможными ошибками в программном обеспечении (ПО) сложных динамических объектов управления, могут привести к неприемлемым последствиям [2, 3]. В этих условиях возрастают требования к методам и стандартам программной инженерии, направленным на развитие программных средств (ПС), баз данных (БД) и способных обеспечить эффективный жизненный цикл (ЖЦ) программной продукции [2].

Вопросы качества ПС традиционно рассматриваются на нескольких уровнях [4, 5]:

- на *целевом* уровне – качество ПС определяет качество информационных подсистем, решаю-

щих задачи в планирования и организационного управления в составе автоматизированных систем управления сложными динамическими объектами [6];

- на *сущностном* уровне – при исследовании свойств, характеристик программных продуктов, оптимизации и выборе информационных признаков оценки качества ПС [7, 8];
- на *функциональном* уровне – при реализации технологий переработки, поиска, хранения информации в составе БД [9];
- на *общесистемном* уровне – при комплексной оценке качества [10], а также реализации моделей сокращения проектных рисков программной продукции [11] с учетом целостности, устойчивости, конфиденциальности информационной системы, определяемой также параметрами ПС.

Требования к качеству программной продукции, заложенные международным стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126–1993 [5] активно развиваются, в частности в серии 25000 стандартов ИСО/МЭК. Так разработке моделей качества вычислительных систем и ПО посвящен ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015 [12].

Практически невозможно измерить или оценить все характеристики качества для комплексов ПС. На ос-

новании системного подхода существуют комплексные решения задачи повышения качества программной продукции [4, 13], включающие: 1) этап формирования «рабочего» подмножества признаков качества на основе предварительной декомпозиции, выявления приоритетных процессов в разрабатываемом программном комплексе [3] и ранжирования признаков; 2) этап разработки моделей качества [12] оценки признаков (характеристик качества) для отдельных процедур или программных модулей, после чего проводят определение интегральных оценок качества, что может быть использовано на этапах испытаний или сертификации программных средств.

С целью оценки качества программных продуктов в ходе испытаний ПС представим решаемую задачу, как задачу распознавания образов фактически полученных признаков качества по результатам их сравнения с эталонными или опорными значениями, после чего принимается решение о соответствии или несоответствии испытываемого объекта требованиям к данному типу ПС.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ

Отметим, что процесс ЖЦ программной продукции включает стадии: разработки требований к ПС, разработки непосредственно ПС, кодирования, тестирования, интеграции, установки (инсталляции), а также стадию модификации. Иногда окончательным этапом ЖЦ программных изделий считают этап снятия с эксплуатации.

Сертификация программной продукции является для пользователей дополнительным фактором – гарантом качества, обеспечивающего заданный уровень совместимости ПС (по операционным системам, приложениям, а также входным или выходным форматам данных) [4, 14].

Основные тенденции в области тестирования ПС представлены на рис. 1. Так адаптивность предполагает постоянную координацию целевых и функциональных задач [15]. Машинное обучение означает отслеживание и учет уникальных, в том числе и нестандартных ситуаций, например при выявлении сбоев и ошибок, для корректировки применяемых тестов. Тестирование в процессе разработки ПС предполагает параллельный процесс тестирования по завершению определенных этапов разработки программ. Направления 1, 2, 4, 5 напрямую связаны с разработкой программных продуктов под технологии ЦТ.

К направлениям 2 и 3 можно отнести разработку моделей оценки признаков качества ПС на основе развития классических теоретических методов, к которым относится теория распознавания образов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задача распознавания образов является широко востребованной в современных компьютерных системах наблюдения различного назначения [16], постоянно расширяя области применения:

- в системах машинного зрения на базе систем видеонаблюдения;
- системах диагностики в медицине и диагностики сложных технических систем;
- системах распознавания символов, текстов [8], товарных знаков, магнитных карт, QR-кодов, штрих-кодов и т. д.

Распознавание представляет собой задачу преобразования входной информации, полученной от любых сенсорных элементов (измерителей), которые будем рассматривать как некоторые параметры или признаки распознаваемых образов. Полученный входной образ сравнивают с некоторой библиотекой образов.

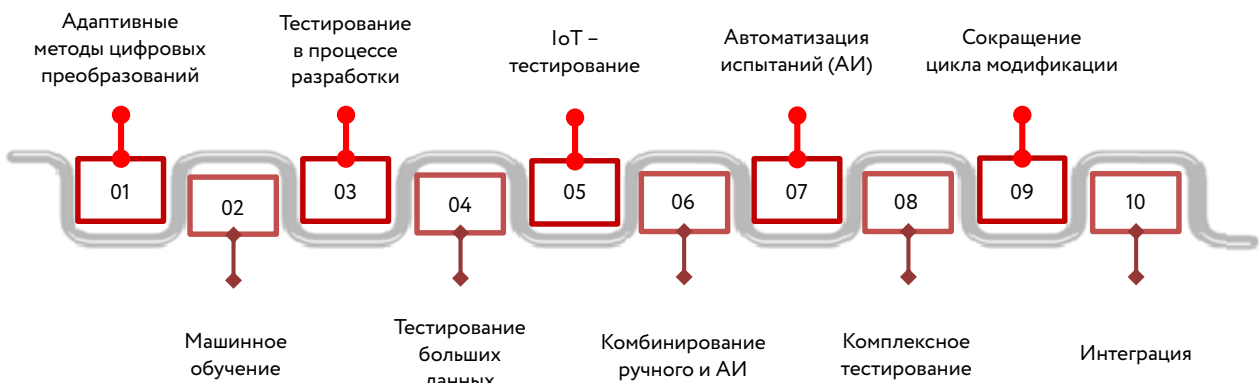


Рис. 1. Основные направления развития методов тестирования программного обеспечения

Представим процесс распознавания в следующей вербальной постановке. Будем рассматривать задачу сертификации программных продуктов средствами испытательной лаборатории [4], как задачу распознавания тестируемого программного средства, в результате которого должно быть принято решение о соответствии или несоответствии испытываемого объекта требованиям к данному типу ПС. Предполагается, что множество признаков качества для объектов распознавания априорно известны и хранятся в БД либо они формируются для вновь появившихся программных продуктов до проведения тестирования и также пополняют БД. Указанные вопросы составляют этап обучения (рис. 2), который является обязательным при подготовке к основным задачам тестирования [2].

Программа испытаний составляется исходя из заявленного заказчиком уровня применения ПС, требований нормативной документации по качеству ПП и представляет собой перечень процедур тестирования, методик испытаний, показателей качества, которые должны быть проконтролированы и получены, а также ответственных за проведение указанных проверок. На этапе принятия решения по результатам проведенных работ (циклов испытаний) делается вывод о соответствии объекта распознавания заявленным качествам (см. рис. 2).

Формализуем задачу распознавания объектов сертификации в следующем виде. Для заданного множества объектов испытаний S :

$$S = \{S_1, \dots, S_i, \dots, S_{N_s}\}, \quad i = \overline{1, N_s}, \quad N_s = \sum_{\mu=1}^h m_{\mu}, \quad (1)$$

причем мощность множества $|S| = N_s$ определяется множеством типов ПС – $T^{\text{ПС}} = \{T_1^{\text{ПС}}, T_2^{\text{ПС}}, \dots, T_h^{\text{ПС}}\}$, где h чис-

ло типов ПС, а количество программ (образов) в каждом типе – m_{μ} . Известна совокупность признаков качества, как множество $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ объема n , который объединяет все возможные признаки качества программных продуктов. Для тестируемого типа ПС – $T_{\mu}^{\text{ПС}}$ формируется соответствующий массив признаков объема m_{μ} .

На предварительном этапе для всех типов ПС составляется область эталонных значений признаков, которую для плоского случая (в системе координат двух признаков качества w_1 и w_2) представим на рис. 3, где выделена область изменения признаков – W_3 , причем

$$w_i = \theta(y) \in [y_{i\text{н}}; y_{i\text{в}}],$$

где $y_{i\text{н}}$ и $y_{i\text{в}}$ – соответственно нижняя и верхняя границы интервала значений признака для вещественных чисел. Для признака w_1 диапазон изменения соответствует интервалу $[w_1^{\text{эн}}, w_1^{\text{эв}}]$, с границами признака, ограниченными по координатам осей признаков.

Объекты тестирования на рис. 3 обозначены либо кружком – несоответствующие требованиям по признакам w_1 и w_2 , либо заштрихованным прямоугольником, если эти признаки качества в пределах области W_3 . Будем называть область W_3 эталонных значений признаков, соответствующих опорному («эталонному») программному обеспечению, которыми должен характеризоваться тестируемый объект, классом эталонов. «Эталонное» программное обеспечение, как отмечено в Методике аттестации ПО (МИ 2955-2010, п. 3.1) [17], должно «отвечать высшим требованиям к его вычислительным и функциональным характеристикам, подтвержденным при его неоднократном тестировании и применении».

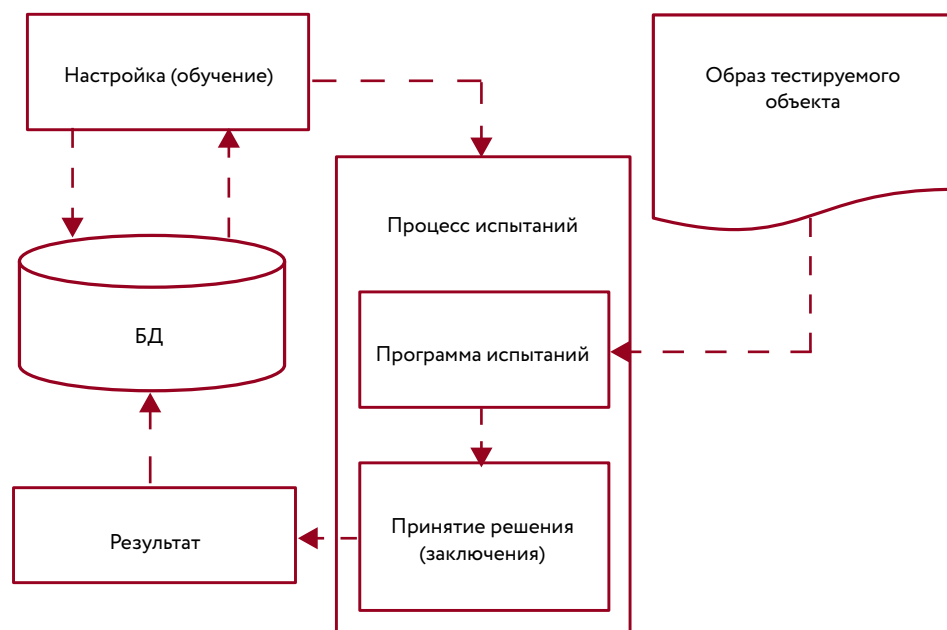


Рис. 2. Функциональная схема процесса распознавания признаков объектов в ходе тестирования

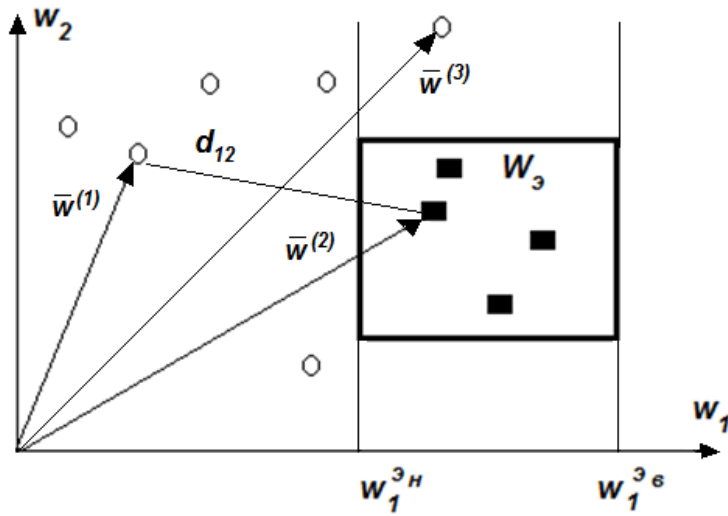


Рис. 3. Область и параметры эталонных признаков объектов тестирования

Пусть существует разбиение множества S на подмножества, каждое из которых содержит классы объектов (программных средств), характеризуемые определенным набором признаков качества, составляющих множество классов – Ω .

Распознавание заключается в том, чтобы каждому объекту испытания с заданным числом признаков качества и существующей априорной информации статистического характера о тестируемом типе ПС, вычислить значения предикатов (функций, принимающих два значения: 0 «ложь» или 1 «истина»)

$$P_i = (S_i \in \Omega_s), i = (\overline{1, N_s}) \tag{2}$$

истинные значения которых соответствует факту принадлежности объектов эталонному классу, т. е. положительному исходу процесса сертификации программного продукта.

Задача сводится к измерению меры близости (сходства), заданной расстоянием в признаковом пространстве между тестируемым образцом и эталоном. Чаще для этих целей используют метрику, основанную на понятии евклидова расстояния $d(s_i, s_i^э)$ между i -м объектом испытаний и вектором эталонных (требуемых) показателей качества:

$$d(s_i, s_i^э) = \|\delta_i\| = \sqrt{(\delta_i^T \delta_i)} \tag{3}$$

где δ_i – разностный вектор, определяемый в соответствии с выбранной метрикой.

На рис. 3 для двухмерного случая это расстояние d_{12} между векторами $\bar{w}^{(1)}$ и $\bar{w}^{(2)}$. Однако на практике не всегда целесообразно оперирование с точными расстояниями. Когда мы рассматриваем показатели качества, нам необходимо обеспечить заданный уровень показателя качества, значение ниже которого является неприемлемым. Так, например, для представленного на рис. 3 вектора

$\bar{w}^{(3)} = \{w_1^{(3)}; w_2^{(3)}\}$ можно констатировать, что по признаку качества w_1 тестируемый объект соответствует требованиям, а по w_2 – нет.

СТРУКТУРА И ЛОГИКА ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ

Алгоритмы распознавания, базирующиеся на детерминированных признаках, основываются на геометрических мерах близости между сравниваемыми объектами испытаний.

Однако когда задача распознавания носит вероятностный характер, т. е. существуют вероятностные связи в цепочке «признак – измерение – оценивание – принятие решения», целесообразно воспользоваться методами существующей теории статистических решений, широко применяемой в задачах оценивания, обработки результатов измерений и многих других [4]. Критерий Байеса, как наиболее простой и физически близкий к решаемой в работе задаче, целесообразно использовать, когда производят многократное распознавание объектов, а признаковое пространство остается неизменным или может дополняться новыми элементами на этапе обучения [16], что соответствует случаю тестирования ПС при их сертификации.

Применение байесовского подхода возможно в случае существования вероятностных мер. Это вполне соответствует характеру проводимых измерений, тестов для определения признаков качества, когда возможны ошибки в действиях экспертов, погрешности различного уровня при проведении измерений, что позволяет говорить о случайных факторах и вероятностных характеристиках процессов тестирования. Для рассматриваемого в работе подхода к проведению сертификационных ис-

пытаний, если имеется объект испытаний $S_i \in S$, характеризующий его набор признаков качества, записанный в виде множества

$$W_j = \{w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{j\mu}\} \quad (4)$$

где индекс μ соответствует факту принадлежности данной совокупности признаков μ -му типу ПС – $T_{\mu}^{\text{ПС}}$. При этом признаки могут быть представлены в различных шкалах (количественных, порядковых, номинальных) [18]. Номинальные признаки часто представляются в бинарном виде, для порядковых выполняется их ранжирование, а метрические меры близости (расстояния) практически не учитываются.

На декартовом произведении множеств $S \times W$ соответственно состояний $S_i \in S$ и признаков $W_j \in W$ зададим распределение совместных вероятностей в виде отображения:

$$P_{SW}: S \times W \rightarrow \mathcal{R},$$

где \mathcal{R} – множество вещественных чисел.

Формула Байеса для вероятностного представления событий для процесса распознавания состояния (образа) тестируемого объекта принимает вид [16, 19]:

$$P(S_i | W_j) = P(S_i)P(W_j | S_i) / P(W_j), \quad (5)$$

где $P(S_i | W_j)$ – вероятность состояния S_i после того, как получены все результаты тестирования по соответствующему множеству признаков W_j из (4), т.е. признаков, задействованных при испытании конкретного типа ПС; $P(S_i)$ – вероятность констатации состояния S_i по априорным данным.

Для независимых признаков качества вероятность подтверждения каждого из них есть вероятность совместного события:

$$P(W_j | S_i) = \prod_{k=1}^{\mu} P(w_{jk} | S_i), \quad (6)$$

где $P(w_{jk} | S_i)$ – вероятность проявления конкретного частного признака w_{jk} , $k = \overline{1, \mu}$ для типа ПС – $T_{\mu}^{\text{ПС}}$.

Вероятность проявления комплекса признаков при тестировании любого программного средства S_i при $i = \overline{1, N_S}$ с учетом [16] запишем в виде:

$$P(W_j) = \sum_{i=1}^{N_S} P(S_i)P(W_j | S_i).$$

Поскольку все составляющие у нас формально определены, то из выражений (5) и (6) можно записать, что справедливо

$$\sum_{i=1}^{N_S} P(S_i | W_j) = 1,$$

так как состояние тестируемого объекта явно проявится, хотя бы одно из двух: соответствует или не соответствует установленным требованиям испытываемый образец.

С учетом хрестоматийной записи формулы Байеса [16] выражение (5) перепишем в виде

$$P(S_i, W_j) = P(S_i)P(W_j | S_i),$$

тогда для апостериорной вероятности определения состояния ПС запишем

$$P(S_i | W_j) = P(S_i, W_j) / \sum_{i=1}^{N_S} P(S_i, W_j).$$

Оценим уровень риска, существующий в задаче тестирования ПС. Это может быть ситуация, когда, например, программное средство, удовлетворяющее требованиям качества, признается несоответствующим критериям сертификации. Это ведет к определенным потерям как со стороны заказчика, так и со стороны испытательной лаборатории [4, 9], что учитывается платежной матрицей [16, 18]. Для случая, когда пространство признаков разделено на две области:

1. талонные значения признаков качества – область Ω_3 (по опорному ПО);
2. значения признаков, не отвечающих требованиям нормативной документации на испытываемый тип ПС и образующих область Ω .

Здесь уместно предположить, что области классов признаков $\Omega_3 \cap \Omega = \emptyset$.

Платежная матрица в этом случае имеет размерность (2×2) :

$$\begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{vmatrix},$$

где c_{11} и c_{22} – выигрыши за правильные решения, а c_{12} и c_{21} – потери при ошибках первого и второго рода. Таким образом, индексы «1» и «2» соответствуют областям Ω_3 и Ω .

Для пояснения сформулируем следующее определение для ошибок распознавания [19].

Определение

Вероятность

$$P_e = P(w \in R, \Omega_3) + P(w \in R_3, \Omega) \quad (7)$$

назовем ошибкой распознавания, когда объект характеризуется признаками, не удовлетворяющими требованиям, а принимается заключение о выдаче сертификата, что соответствует ошибке первого рода, или когда объект характеризуется признаками из пространства эталонных признаков опорного ПО, а его относят к общему пространству признаков и считают непрошедшим сертификацию, т.е. это ошибка второго рода.

При этом области решений эталонного класса и класса с признаками, несоответствующими требованиям, представляются следующим образом:

$$R_3 = \{w : P(\Omega_3)P(w|\Omega_3) > P(\Omega)P(w|\Omega)\};$$

$$R = \{w : P(\Omega_3)P(w|\Omega_3) < P(\Omega)P(w|\Omega)\}.$$

Критерий Байеса, как известно, сводится к выполнению следующего правила [16, 18]: если измеренное значение признака у объекта исследования расположено в области R_3 , то объект относится к классу Ω_3 , т. е. полностью соответствует требованиям эталонных параметров опорного ПО, попадание в область R – требует считать рассматриваемый объект как несоответствующий требованиям. Данное решение обеспечивает минимум среднего риска по множеству возможных решений задачи распознавания (оценивания) объектов испытаний.

Общее выражение для среднего риска, если положить, что $c_{11} = c_{22} = 0$, а $c_{12} = c_1$ и $c_{21} = c_2$ для априорных вероятностей появления объектов из соответствующих классов $P(\Omega_3)$ и $P(\Omega)$ имеет вид [16]:

$$R = c_1 P(\Omega_3)\alpha + c_2 P(\Omega)\beta$$

где α и β – соответственно ошибки первого и второго рода (7).

Разделяющую функцию – $\varphi(W)$ [18] при этом можно представить как

$$\varphi(W) = c_1 P(\Omega_3)P(W|\Omega_3) - c_2 P(\Omega)P(W|\Omega), \quad (8)$$

где вектор признаков W соответствует одному из двух состояний объекта сертификации – удовлетворяет или

нет требованиям к признакам качества тестируемого ПС. Здесь в (8), не вводя новых обозначений, вектор признаков W обозначен тем же символом, что и множество признаков из выражения (4). Сложность аналитического представления условных вероятностей $P(W|\Omega_3)$ приводит к необходимости использования таблиц с экспериментальными значениями признаков качества, полученных для тестируемых объектов, состояние которых оценивается и сравнивается с эталонными параметрами для данного типа ПС.

Рекомендации по применению показателей качества для различных типов ПС, составленные на основе [4, 20], представлены в таблице «Рекомендации по применимости показателей качества для типов ПС», где учтены следующие типы ПС:

- «1» – операционные системы;
- «2» – ПС управления базами данных;
- «3» – сервисные, а также интерфейсные программы;
- «4» – прикладные ПС (ППС) для научных и инженерных расчетов;
- «5» – ППС для проектирования, например в составе САПР;
- «6» – ППС управления технологическими процессами.

Рекомендации по применимости показателей качества для типов ПС

| ПРИМЕРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА (ГОСТ 28195-99) | ПРИМЕНИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ПС | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Устойчивость функционирования | + | + | + | - | + | + |
| 2. Работоспособность | + | + | + | + | + | + |
| 3. Структурность | +/- | +/- | +/- | +/- | +/- | +/- |
| 4. Наглядность | +/- | +/- | +/- | - | +/- | +/- |
| 5. Легкость освоения | +/- | +/- | + | +/- | + | +/- |
| 6. Удобство обслуживания | + | + | + | - | + | + |
| 7. Полнота реализации | + | + | + | + | + | + |
| 8. Защищенность | + | + | +/- | +/- | +/- | +/- |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлен подход к формированию показателей качества программной продукции в зависимости от типа программного средства в ходе сравнения их с «эталонными» данными – показателями качества, установленными стандартами или требованиями технической документации на аттестуемую программную продукцию.

Результаты исследования могут быть использованы как для экспресс-анализа соответствия тестируемой продукции, так и для формирования обоснованного заключения для оценки качества ПС, на основе многофакторного вы-

бора при тестировании партии однотипных ПС. Процесс контроля качества ПО является постоянно выполняемой функцией при разработке программных средств, сопровождающий практически все этапы проектирования и производства программной продукции. Дальнейшим, на наш взгляд, шагом в повышении качества программ является применение языков программирования, в которых поддерживается функция защиты к появлению сбоев и ошибок. Это, например, язык Go, который рекомендуют использовать для систем, работающих большими данными (Big data). Функциональная направленность в выборе языков дает дополнительные преимущества в обеспечении качества ПС.

Список использованных источников и литературы

1. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская [и др.]. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 239 с.
2. Липаев В.В. Программная инженерия сложных заказных программных продуктов: учеб. пособие. – М.: Макс Пресс, 2014. 312 с.
3. Ананьева Т.Н., Новикова Н.Г., Исаев Г.Н. Стандартизация, сертификация и управление качеством программного обеспечения. – М.: ИНФРА-М, 2017. 232 с.
4. Бурый А.С., Морин Е.В. Модельно-алгоритмические структуры оценки качества программных изделий. – М.: Горячая линия-Телеком, 2019. 160 с.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126–93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководство по применению [Текст]. – Введ. 1994-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 12 с.
6. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. 248 с.
7. Бурый А.С., Морин Е.В. Оценивание программных средств по множеству признаков // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2019. Т. 62. № 10. С. 907–913. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-10-907-913
8. Колесникова С.И., Янковская А.Е. Оценка значимости признаков для тестов в интеллектуальных системах // Известия РАН. Теория и системы управления. 2008. № 6. С. 99–112.
9. Бурый А.С., Морин Е.В. Структурирование информационных данных при сертификации программных продуктов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2017. № 5 (39). С. 9.
10. Комплексная оценка качества эксплуатации автотранспортных средств на основании анализа слабоструктурированных данных / А.С. Бабкина, С.В. Потапова, Ю.И. Авадэни, О.М. Куликова // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 2. С. 20–25.
11. Таганов А.И. Основы идентификации, анализа и мониторинга проектных рисков качества программных изделий в условиях нечеткости. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. 224 с.
12. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов [Текст]. – Введ. 2016-06-01. – М.: Стандартиформ, 2015. 36 с.
13. Buryi A.S., Lomakin M.I., Dokukin A.V. [et al.] A Study the Techniques of Assessing the Quality of Software Products // International Journal for Quality Research. 2021. Vol. 15. No 2. P. 619–636.
14. Бурый А.С. Тестирование качества программного обеспечения в процессе его сертификации // Правовая информатика. 2019. № 1. С. 46–55. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-1-46-55
15. Стеллман Э., Грин Дж. Постигая Agile. Ценности, принципы, методологии. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. 448 с.
16. Горелик А.Л., Скрипник В.А. Методы распознавания: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1989. 232 с.
17. МИ 2955–2010. Рекомендация. ГСИ. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений [Текст]. – Введ. 2010-05-24. – М.: ФГУП «ВНИИМС», 2010. 22 с.
18. Беркетов Г.А., Микрюков А.А., Цуркин А.П. Решение задач прогнозирования состояния и управления жизненным циклом сложных технических комплексов методами распознавания образов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. № 1. С. 138–143.
19. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов. Курс лекций. М.: Ф-т ВМиК МГУ, кафедра ММП, 2002. – URL: <http://www.ccas.ru/frc/papers/mestetskii04course.pdf> (дата обращения 29.12.2021).
20. ГОСТ 28195–89. Оценка качества программных средств. Общие положения [Текст]. – Введ. 1990-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1990. 30 с.

A CONCEPTUAL MODEL OF SOFTWARE QUALITY CONTROL BASED ON A STATISTICAL APPROACH TO PATTERN RECOGNITION

Buryi A.S., doctor of technical sciences, Director of the Department, FSBI «RST»

Morin E.V., Candidate of Technical Sciences, FBI Rostest-Moscow

The problem of evaluating the quality of software products based on the results of tests during their certification is considered. The formulated approach is based on the interrelation of criteria, factors, metrics and assessed quality features of software products and can be used in the formation of databases of test results of different types of software. From the standpoint of a systematic approach, it is advisable at the preliminary stage to analyze the quality models of individual modules and procedures of the software package, and at the final stage to conduct an integral quality assessment taking into account the ranking of the preliminary stage estimates. The declared quality features of software products form an actual image of the quality of the test object, which is compared with the required quality indicators during testing, and a final decision is made based on statistical pattern recognition algorithms.

Keywords: software product quality, quality feature, reference indicator, reference data set, image recognition.

References

1. Cifrovaya transformaciya otraslej: startovye usloviya i priority: dokl. k XXII Apr. mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 13–30 apr. 2021 / G.I. Abdrahmanova, K.B. Byhovskij, N.N. Veselitskaya [et al.]. Moscow, Izd. dom Vysshej shkoly ekonomiki Publ., 2021, 239 p.
2. Lipaev V.V. Programmnyaya inzheneriya slozhnyh zakaznyh programmnyh produktov: ucheb. posobie. Moscow, Maks Press Publ., 2014, 312 p.
3. Anan'eva T.N., Novikova N.G., Isaev G.N. Standartizaciya, sertifikaciya i upravlenie kachestvom programmno obespecheniya. Moscow, INFRA-M Publ., 2017, 232 p.
4. Buryi A.S., Morin E.V. Model'no-algoritmicheskie struktury ocenki kachestva programmnyh izdelij. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2019, 160 p.
5. GOST R ISO/IEC 9126–93 Information technology. Software product evaluation. Quality characteristics and guidelines for their use [Tekst]. Vved. 1994-07-01. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2003, 12 p. (In Russian)
6. Lovtchov D.A. Informacionnaya teoriya ergasistem: Tezaurus. Moscow, Nauka Publ., 2005, 248 p.
7. Buryi A.S., Morin E.V. Ocenivanie programmnyh sredstv po mnozhestvu priznakov. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie, 2019, vol. 62, no 10, pp. 907–913. doi: 10.17586/0021-3454-2019-62-10-907-913
8. Kolesnikova S.I., YAnkovskaya A.E. Ocenka znachimosti priznakov dlya testov v intellektual'nyh sistemah. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya, 2008, no 6, pp. 99–112.
9. Buryi A.S., Morin E.V. Strukturirovanie informacionnyh dannyh pri sertifikacii programmnyh produktov. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2017, no 5 (39), P. 9.
10. Babkina A.S., Potapova S.V., Avadeni YU.I., Kulikova O.M. Kompleksnaya ocenka kachestva ekspluatatsii avtotransportnyh sredstv na osnovanii analiza slabostrukturirovannyh dannyh. Sovremennye naukoemkie tekhnologii, 2019, no 2, pp. 20–25.
11. Taganov A.I. Osnovy identifikacii, analiza i monitoringa proektnykh riskov kachestva programmnyh izdelij v usloviyah nechetkosti. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2015, 224 p.
12. GOST R ISO/IEC 25010–2015 Information technology. Systems and software engineering. Systems and software Quality

- Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models [Tekst]. Vved. 2016-06-01. Moscow, Standartinform Publ., 2015, 36 p. (In Russian)
13. Buryi A.S., Lomakin M.I., Dokukin A.V. [et al.] A Study the Techniques of Assessing the Quality of Software Products. *International Journal for Quality Research*, 2021, vol. 15, no 2, pp. 619–636. doi: 10.24874/IJQR15.02-16
 14. Buryi A.S. Testirovanie kachestva programmnoho obespecheniya v processe ego sertifikacii. *Pravovaya informatika*, 2019, no 1, pp. 46–55. doi: 10.21681/1994-1404-2019-1-46-55
 15. Stellman A., Greene J. Postigaya Agile. Cennosti, principy, metodologii. Moscow, “Mann, Ivanov i Ferber” Publ., 2019, 448 p.
 16. Gorelik A.L., Skripnik V.A. *Metody raspoznavaniya: uchebnoe posobie dlya vuzov*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1989, 232 p.
 17. MI 2955-2010 GSI. Tipovaya metodika attestacii programmnoho obespecheniya sredstv izmerenij [Tekst]. Vved. 2010-05-24. Moscow, FGUP «VNIIMS» Publ., 2010, 22 p. (In Russian)
 18. Berketov G.A., Mikryukov A.A., Curkin A.P. Reshenie zadach prognozirovaniya sostoyaniya i upravleniya zhiznennym ciklom slozhnyh tekhnicheskikh kompleksov metodami raspoznavaniya obrazov. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO*, 2014, no 1, pp. 138–143.
 19. Mesteckii L.M. *Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov. Kurs lekciy*. Moscow, Faculty VMiK MGU, department MMP. Available at: <http://www.ccas.ru/frc/papers/mestetskii04course.pdf> (accessed 29.12.2021).
 20. GOST 28195–89. Quality control of software systems. General principles [Tekst]. Vved. 1990-07-01. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1990, 30 p. (In Russian)