

В. Е. Гвоздев, д-р техн. наук, проф., e-mail: wega55@mail.ru,
Д. В. Блинова, канд. техн. наук, доц., e-mail: blinova.darya@gmail.com,
К. В. Кириллов, аспирант, e-mail: kir-konst@yandex.ru,
Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Информационная поддержка принятия решений по устранению дефектов, выявленных при эксплуатации систем обработки данных¹

Рассматривается формализованная процедура поддержки принятия решений при устранении дефектов, обнаруженных на стадии эксплуатации систем обработки данных (СОД). Основу процедуры составляет системное сочетание моделей "Профиль дефектов", "Интервальное оценивание вероятностей на основе выборочных данных", "Boston Consulting Group — BCG".

Вводится в рассмотрение понятие "профиль дефектов". Цель построения профиля дефектов — разработка систематического базиса для принятия решений при распределении ресурсов на поиск и устранение дефектов с учетом их значимости с точки зрения определенной целевой группы пользователей и степени изученности дефектов.

Описан подход к построению профиля дефектов по фактическим данным при ограниченном числе наблюдений. Особенностью подхода является интервальное оценивание вероятностей состояний, соответствующих различным слоям профиля.

Предложен способ, позволяющий адаптировать описанный в литературе по маркетингу подход к обеспечению информационной поддержки принятия решений по инвестированию средств в деятельность подразделений организации в условиях неопределенности внешней и внутренней среды — подход Boston Consulting Group (BCG), — применительно к задачам информационной поддержки принятия решений по устранению дефектов в СОД.

Использование предлагаемого подхода создает информационную основу целенаправленного распределения ограниченных ресурсов на устранение дефектов с учетом их влияния на оценку пользователями качества СОД. Приводится пример использования предлагаемого подхода по результатам опытной эксплуатации системы электронного документооборота DIRECTUM.

Ключевые слова: дефект, система обработки данных, аппаратно-программный комплекс, профиль дефектов, подход BCG

Введение

Удовлетворенность целевых групп пользователей потребительскими свойствами систем обработки данных (СОД) относится к ключевым условиям инвестирования средств в их развитие [1, 2]. Проявление дефектов в программных компонентах СОД на стадии эксплуатации систем относится к числу факторов, негативно влияющих на представление пользователей о качестве систем. Дефекты в программных компонентах СОД, проявляющиеся на стадии эксплуатации, возникают на разных стадиях жизненного цикла программных средств, обусловлены разными

причинами, относятся к разным классам (проектирования, кодирования, постановки задачи и др.) [3]. Проявления разных дефектов оказывают различное влияние на такую характеристику качества, как функциональная безопасность СОД. Отмеченные обстоятельства обуславливают необходимость дифференцированного подхода к устранению разных дефектов [4–6].

В настоящей работе рассматривается систематическая процедура информационной поддержки принятия решений о целесообразности устранения дефектов в программных компонентах, основанная на учете степени изученности разных дефектов в разных компонентах, а также того влияния, которое оказывает проявление дефектов на оценку пользователями качества СОД.

¹ Работа поддержана грантом РФФИ 16-08-00442.

Профили как компонент системы информационной поддержки принятия решений по управлению свойствами СОД

Профили являются разновидностью структурных (иерархических) моделей СОД. Под профилем понимается полное множество альтернатив (функций, операций, пользователей и т. д.), для каждой из которых существует определенная вероятность появления [5, 7]. Агрегаты профилей [8] являются инструментом информационной поддержки решения задач, связанных с управлением качеством СОД. Концептуальную основу построения профилей составляет стремление разработчиков на ранних стадиях жизненного цикла систем взглянуть на систему глазами пользователей, а также учесть предполагаемые условия их эксплуатации [5]. Обеспечение требуемого качества СОД в условиях ограниченных ресурсов проектов обеспечивается за счет избирательного подхода к назначению требований к свойствам компонентов системы с учетом роли, которую играют разные компоненты в обеспечении качества СОД.

В литературе описано значительное число разных профилей, соответствующих различным подходам к исследованию свойств систем [5]:

- потребительский профиль, предназначенный для исследования целевых групп пользователей;
- профиль системных режимов, предназначенный для исследования возможных условий использования системы;
- функциональный профиль, предназначенный для исследования функций, которые может реализовать система;
- операционный профиль, предназначенный для исследования операций, выполняемых системой и т. д.

В данной работе вводится в рассмотрение "профиль дефектов", представленный на рис. 1. Целью построения этого профиля является создание систематической основы для оценки степени изученности дефектов. Изученность трактуется как свойство, обратное неопределенности, и характеризует возможность успешного устранения дефекта при ограничениях на доступные ресурсы.

Подчеркнем методическое отличие профиля дефектов на стадии эксплуатации СОД от других профилей, используемых на ранних стадиях жизненного цикла систем.

При построении профилей дефектов на ранних стадиях жизненного цикла систем используются точечные оценки вероятностей альтернатив, значения которых обеспечивают выполнение условия нормировки, т. е. равенства единице сум-

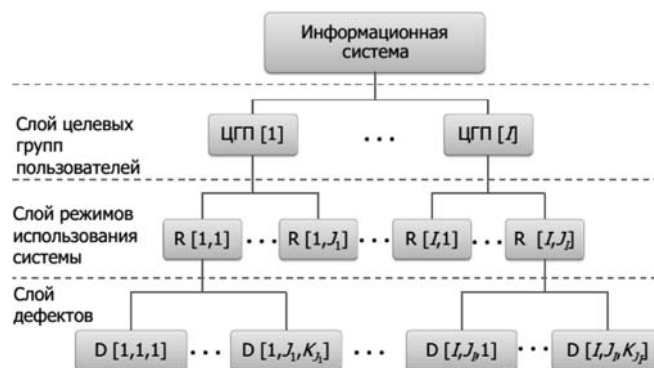


Рис. 1. Профиль дефектов

мы вероятностей. Основанием для построения профиля дефектов по результатам эксплуатации являются фактические сведения о проявлениях дефектов. Если сведения представлены в виде документальных данных, их объем является малым (в статистическом смысле). Часто документальные данные вообще отсутствуют и заменяются экспертными оценками, которые получают при опросе специалистов, проводивших обслуживание и эксплуатацию системы.

Следствием этого является тот факт, что вероятностные оценки характеристик профиля оказываются интервальными [9]. Использование же интервальных оценок осложняет выполнение условия нормировки для полной группы независимых событий [10]. В этом случае применение уже существующих методов анализа профилей для исследования профиля дефектов невозможно.

Ниже приводится описание задачи исследования свойства профиля дефектов при интервальных оценках вероятностей реализации альтернатив.

Содержание задачи построения профиля дефектов

Исходные данные

1. Полагается, что известно число I целевых групп пользователей (ЦГП), число режимов использования СОД J_i ($i = \overline{1; I}$) разными ЦГП, число классов дефектов K_{J_i} , соответствующих разным режимам использования СОД каждой из ЦГП.

2. Из опыта эксплуатации СОД полагаются известными:

2.1. Число обращений n_i ($i = \overline{1; I}$) к СОД каждой из i -й ЦГП, при которых наблюдались проявления дефектов.

2.2. Число использований m_{ij} ($i = \overline{1; I}$, $j = \overline{1; J_i}$) СОД в разных режимах разными ЦГП, при которых наблюдались проявления дефектов.

2.3. Число дефектов l_{ijk} , соотносимых с заранее определенными классами ($k = \overline{1; K_{J_i}}$), зарегистрированных в j -м режиме использования СОД i -й ЦГП.

Допущения

1. Если при разных режимах использования СОД различными ЦГП встречаются проявления одинаковых дефектов, при построении профиля они рассматриваются как разные дефекты. Это обусловлено тем, что одно и то же отклонение поведения СОД от ожидаемого по-разному воспринимается разными субъектами — представителями различных ЦГП (обоснование этого утверждения приводится в работе [5]).

2. Классификация дефектов инвариантна к режимам использования и к характеристикам ЦГП. При построении профиля дефектов выделяются следующие классы дефектов:

2.1. Ошибки пользователей и обслуживающего персонала.

2.2. Дефекты кодирования программной компоненты СОД.

2.3. Дефекты проектирования СОД.

2.4. Дефекты технического задания.

Особенности построения профиля дефектов при ограниченном числе наблюдений

Сложность построения профиля дефектов в условиях ограниченного числа наблюдений обусловлена необходимостью интервального оценивания вероятностей альтернатив, соответствующих различным слоям профиля, что диктуется малым объемом выборочных данных [11]. Следствием интервального оценивания вероятностей является возможность нарушения условия нормировки (равенства единице суммы вероятностей). Соблюдение условия нормировки является принципиальным требованием построения профилей [5, 7].

Кроме того, по мере продвижения от корня к листьям дерева (рис. 1), объемы выборочных данных уменьшаются, следствием чего является расширение границ, в которых с заданной доверительной вероятностью β находится истинное значение вероятности [11].

Основу построения профиля дефектов при интервальном оценивании вероятностей альтернатив составляет следующее. Вероятность пребывания объекта в одном из возможных состояний может трактоваться как весовая характеристика состояния [12]. Известно правило преобразования весовых характеристик α_i ($i = \overline{1; n}$) к виду нормированных весовых характеристик $\alpha_i^{(N)}$:

$$\alpha_i^{(N)} = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i},$$

так что $\alpha_i^{(N)} \in [0; 1] \forall i$.

Предположим, что в результате независимого случайного выбора значений вероятностей p_i , каждая из которых принадлежит интервалу $p_i \in [p_i^{(H)}; p_i^{(B)}]$ ($p_i^{(H)}; p_i^{(B)}$ — соответственно нижняя и верхняя границы интервала), получены значения, для которых не соблюдается условие нормировки $\sum_{i=1}^n p_i \neq 1$. Преобразуем значение p_i к нормированному виду

$$p_i^{(N)} = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^n p_i},$$

что обеспечит возможность реализации формальной процедуры построения профиля, описанного в работах [5, 13].

Основу оценивания степени изученности дефектов на основе профиля дефектов составляет проведение имитационного эксперимента по представленной ниже схеме:

Шаг 1. Инициализация исходных данных в виде:

- n_i — заданное число обращений i -й ЦГП к СОД ($i = \overline{1; I}$), при которых наблюдались проявления дефектов, I — число ЦГП;
- m_{ij} — заданное число обращений i -й ЦГП к СОД в j -м режиме использования ($i = \overline{1; I}, j = \overline{1; J_i}$), при которых наблюдались проявления дефектов, J_i — число режимов использования СОД i -й ЦГП;
- l_{ijk} — заданное число обращений i -й ЦГП к СОД в j -м режиме использования ($i = \overline{1; I}, j = \overline{1; J_i}$), при которых наблюдались проявления дефектов k -го типа ($k = \overline{1; K_{J_i}}$), K_{J_i} — число типов дефектов в j -м режиме использования i -й ЦГП;
- H — граничное значение числа повторений эксперимента.

Шаг 2. Расчет частот обращений к СОД каждой из ЦГП в каждом из режимов использования, в которых проявляются различные типы дефектов:

- $\hat{p}_i = \frac{n_i}{\sum_i n_i}$ — частота обращений i -й ЦГП к СОД ($i = \overline{1; I}$), при которых наблюдались проявления дефектов;
- $\hat{q}_{ij} = \frac{m_{ij}}{\sum_j m_{ij}}$ — частота обращений i -й ЦГП к СОД в j -м режиме использования ($i = \overline{1; I}, j = \overline{1; J_i}$), при которых наблюдались проявления дефектов;

- $\hat{w}_{ij} = \frac{l_{ijk}}{\sum_k l_{ijk}}$ — частота обращений i -й ЦГП

к СОД в j -м режиме использования ($i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J_i}$), при которых наблюдались проявления дефектов k -го типа ($k = \overline{1, K_{J_i}}$).

Шаг 3. Задание значения доверительной вероятности β и расчет на основе вычисленных частот доверительных границ. Верхним индексом $^{(H)}$ и $^{(B)}$ обозначены соответственно нижние и верхние доверительные границы значенных частот, указанных в шаге 2:

$$p_i \in [p_i^{(H)}, p_i^{(B)}]; q_{ij} \in [q_{ij}^{(H)}, q_{ij}^{(B)}];$$

$$w_{ijk} \in [w_{ijk}^{(H)}, w_{ijk}^{(B)}].$$

Шаг 4. Генерация случайного значения частоты $p_i^{(\eta)}$, где η — номер эксперимента ($\eta = \overline{1, H}$), i — номер ЦГП ($i = \overline{1, I}$), соответствующего равномерному закону распределения с плотностью, обратно пропорциональной величине $(p_i^{(B)} - p_i^{(H)})$.

Шаг 5. Расчет случайного числа дефектов в i -й ЦГП в η -м эксперименте:

$$n_i^{(\eta)} = N p_i^{(\eta)} \quad (\eta = \overline{1, H}; i = \overline{1, I}).$$

Шаг 6. Генерация случайного значения частоты $q_{ij}^{(\eta)}$ ($i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J_i}$), i — номер ЦГП, j — номер режима использования СОД, соответствующего равномерному закону распределения с плотностью, обратно пропорциональной величине $(q_{ij}^{(B)} - q_{ij}^{(H)})$.

Шаг 7. Расчет случайного числа дефектов при j -м режиме использования i -й ЦГП в η -м эксперименте:

$$m_{ij}^{(\eta)} = n_i^{(\eta)} q_{ij}^{(\eta)} \quad (\eta = \overline{1, H}; i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J_i}).$$

Шаг 8. Генерация случайного значения частоты $w_{ijk}^{(\eta)}$ ($i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J_i}; k = \overline{1, K_{J_i}}$), соответствующего равномерному закону распределения с плотностью, обратно пропорциональной величине $(w_{ijk}^{(B)} - w_{ijk}^{(H)})$.

Шаг 9. Расчет случайного числа дефектов k -го типа при j -м режиме использования i -й ЦГП в η -м эксперименте:

$$l_{ijk}^{(\eta)} = m_{ij}^{(\eta)} w_{ijk}^{(\eta)} \quad (\eta = \overline{1, H}; i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J_i}; k = \overline{1, K_{J_i}}).$$

Шаг 10. Расчет эмпирической оценки частоты обращений к СОД с проявлением дефектов, т. е. нормированных характеристик явных профилей дефектов в η -м эксперименте:

$$p_i^{*(\eta)} = \frac{n_i^{(\eta)}}{\sum_i n_i^{(\eta)}}; q_{ij}^{*(\eta)} = \frac{m_{ij}^{(\eta)}}{\sum_j m_{ij}^{(\eta)}}; w_{ijk}^{*(\eta)} = \frac{l_{ijk}^{(\eta)}}{\sum_k l_{ijk}^{(\eta)}}.$$

Шаг 11. Расчет характеристик неявного профиля в η -м эксперименте:

$$\text{Вер}_{ijk}^{*(\eta)} = p_i^{*(\eta)} q_{ij}^{*(\eta)} w_{ijk}^{*(\eta)}.$$

Увеличение значения $\eta = \eta + 1$. Переход к шагу 4, если $\eta \leq H$.

Шаг 12. Нахождение граничных значений характеристик неявных профилей:

$$\text{Вер}_{ijk}^{(H)} = \min_{\eta} \{ \text{Вер}_{ijk}^{*(\eta)} \}; \text{Вер}_{ijk}^{(B)} = \max_{\eta} \{ \text{Вер}_{ijk}^{*(\eta)} \}.$$

Шаг 13. Расчет оценки степени изученности дефектов, соответствующих неявным профилям, в виде

$$H_{ijk} = \frac{1}{\text{Вер}_{ijk}^{(B)} - \text{Вер}_{ijk}^{(H)}}.$$

Основанием для оценивания степени изученности дефектов соотношением, представленным в шаге 13, является следующее. Количественной характеристикой неявного профиля согласно работе [7] является произведение вероятностей, соответствующих ребрам простого пути от корня к ijk -му листу дерева (рис. 1).

В случае отсутствия эмпирических данных обоснованной оценкой диапазона возможных значений неявного профиля будет $\text{Вер}_{ijk} \in [0, 1]$, чему соответствует длина интервала $d = 1 - 0 = 1$. После оценки диапазона вероятных значений $\{ \text{Вер}_{ijk}^{(H)}, \text{Вер}_{ijk}^{(B)} \}$ интервал сократится до $d_{ijk} = \text{Вер}_{ijk}^{(B)} - \text{Вер}_{ijk}^{(H)}$. Иными словами, изученность дефекта увеличится в $H_{ijk} = 1 / (\text{Вер}_{ijk}^{(B)} - \text{Вер}_{ijk}^{(H)})$ раз.

Особенностью представленной схемы эксперимента является тот факт, что объемы случайных выборок, соответствующих разным слоям $m_i^{(\eta)}$, $k_i^{(\eta)}$ при η -й реализации эксперимента (шаг 3), определяются с учетом случайных значений вероятностей, находящихся в границах интервалов, соответствующих вышерасположенному слою. Соблюдение условия нормировки обеспечивается тем, что при каждом η -м эксперименте на основе сгенерированных случайных выборок определяются точечные оценки вероятностей (частоты), соответствующие разным состоянием различных слоев профиля (шаг 10). Обозначения, используемые в шаге 3, подчеркивают то обстоятельство, что ширина интервалов определяется выбранной доверительной вероятностью β .

Пример построения профиля дефектов

В табл. 1 приведены значения показателя изученности дефектов, рассчитанные посред-

ством описанной схемы для профиля, представленного на рис. 2.

Результаты, представленные в табл. 1, соответствуют следующим исходным данным:

$$n_1 = 9000; n_2 = 1000;$$

$$m_{1,1} = 8100; m_{1,2} = 900; m_{2,1} = 900; m_{2,2} = 100;$$

$$l_{1,1,1} = 3240; l_{1,1,2} = 2430; l_{1,1,3} = 1620; l_{1,1,4} = 810;$$

$$l_{1,2,1} = 360; l_{1,2,2} = 270; l_{1,2,3} = 180; l_{1,2,4} = 90;$$

$$l_{2,1,1} = 360; l_{2,1,2} = 270; l_{2,1,3} = 180; l_{2,1,4} = 90;$$

$$l_{2,2,1} = 40; l_{2,2,2} = 30; l_{2,2,3} = 20; l_{2,2,4} = 10.$$

В ходе расчетов принималось $\beta = 95\%$. Число повторений эксперимента составляло $H = 10^3$.

Таблица 1

Результаты вычислительного эксперимента

Номер ЦГП	Номер режима	Класс дефекта	$Вер_{ijk}^{(H)}$	$Вер_{ijk}^{(B)}$	$Вер_{ijk}^{(B)} - Вер_{ijk}^{(H)}$	Характеристика изученности дефекта
1	1	1	0,3563	0,4454	0,0891	11,2233
1	1	2	0,2541	0,3503	0,0962	10,3950
1	1	3	0,1535	0,2564	0,1029	9,7182
1	1	4	0,0575	0,1683	0,1108	9,0253
1	2	1	0,2774	0,5366	0,2592	3,8580
1	2	2	0,1788	0,4575	0,2787	3,5881
1	2	3	0,0895	0,3888	0,2993	3,3411
1	2	4	0,0212	0,3634	0,3422	2,9223
2	1	1	0,2774	0,5366	0,2592	3,8580
2	1	2	0,1788	0,4575	0,2787	3,5881
2	1	3	0,0895	0,3888	0,2993	3,3411
2	1	4	0,0212	0,3634	0,3422	2,9223
2	2	1	0,1267	0,7539	0,6272	1,5944
2	2	2	0,0654	0,7240	0,6586	1,5184
2	2	3	0,0236	0,7210	0,6974	1,4339
2	2	4	0,0035	0,7803	0,7768	1,2873

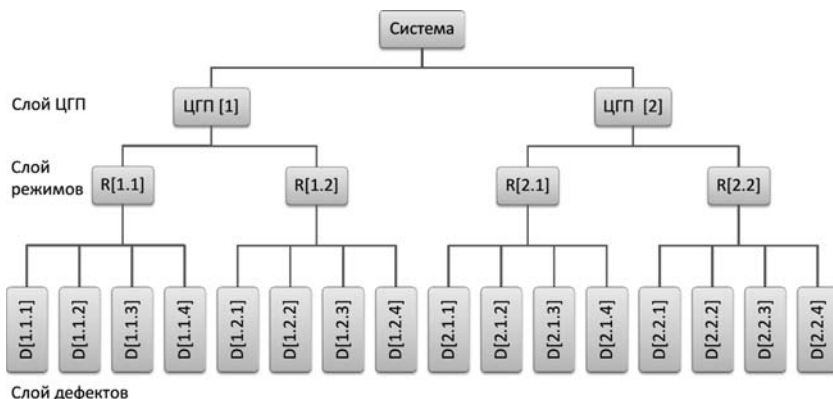


Рис. 2. Пример профиля дефектов

Поддержка принятия решений по устранению дефектов на основе подхода VCG

Уточненная модель Project Triangle, предложенная в 2014 г. [1, 2], ориентирует разработчиков на создание программных систем, во-первых, представляющих ценность для пользователей; во-вторых, приводящих к удовлетворению от работы с ними [14].

Одним из базовых положений применения профилей как инструмента управления качеством СОД является избирательный подход к улучшению потребительских свойств системы, предоставляющей сервисы для разных целевых групп пользователей и функционирующей в разных режимах [5].

Профиль дефектов позволяет оценить степень изученности дефектов. Однако при принятии решения о целесообразности затрат ресурсов на устранение дефекта следует также принимать во внимание степень негативного влияния дефекта на оценку разными пользователями качества СОД. Принимая во внимание различие ролей, которые разные ЦГП могут играть при выделении ресурсов на решение задач в рамках стратегического управления потребительскими свойствами СОД, при анализе дефектов следует учитывать, интересы какой ЦГП и в какой степени затрагиваются проявлениями дефектов.

В работе [15] описан инструмент к обеспечению информационной поддержки принятия решений по инвестированию средств в деятельность разных подразделений организации с учетом (а) доли рынка, контролируемой подразделением, (б) темпов роста рынка (подход Boston Consulting Group — VCG). Рассматривая значимость дефектов как аналог темпа роста рынка, а изученность дефекта как аналог относительной доли рынка, можно адаптировать подход VCG в область принятия решений о

целесообразности расходования ресурсов на устранение дефектов (заметим, что целесообразность адаптации подходов, хорошо зарекомендовавших себя при решении задач управления сложными системами, в область программной инженерии отмечается в работе [6]).

Структура матрицы, соответствующей задаче устранения дефектов, аналогичной матрице, используемой в подходе VCG, приведена на рис. 3.

Выделенным блокам матрицы можно дать следующие толкования.

Если дефекты соотносятся с областью {"Высокая значимость", "Высокая изученность"}, то такие дефекты должны устраняться в первую очередь, так как это создает основу для инвестирования ресурсов в совершенствование потребительских свойств СОД.

Если дефекты соотносятся с областью {"Низкая значимость", "Высокая изученность"}, то такие дефекты могут устраняться даже без дополнительного непосредственного инвестирования ресурсов со стороны разработчиков, поскольку этот вид деятельности способствует повышению репутации разработчиков (обслуживающего персонала) в глазах пользователей. Это, в свою очередь, создаст предпосылки для появления заказов в будущем.

Дефекты, соотносящиеся с областью {"Высокая значимость", "Низкая изученность"}, соответствуют подключению к системе новых функций. Выделение инвестиций на устранение дефектов целесообразно, так как подключение новых функций обусловлено решением задач развития возможностей СОД.

Если дефекты соотносятся с областью {"Низкая значимость", "Низкая изученность"}, то тратить ресурсы на их устранение не имеет смысла.

Диаметр кругов, показанных на рис. 3, соответствует числу зафиксированных дефектов, соотносимых с каждым из выше определенных классов. Цифры в кругах соответствуют классам дефектов. Наличие этих сведений, а также экспертные оценки объемов ресурсов, затрачиваемых на устранение дефектов разных классов, создают основу для планирования суммарных объемов ресурсов, необходимых для устранения дефектов в целом.

Модель, учитывающая использование СОД разными целевыми группами пользователей (куб матриц ЦГП), представлена на рис. 4.

В модели, представленной на рис. 4, учитываются различные возможности влияния разных ЦГП на инвестирование в содержание и развитие СОД. Необходимость ранжирования пользователей (правообладателей) по степени их влияния на проекты и процессы обсуждается в работах [14, 16–22 и др.].

Пример из практики

На российском рынке информационных систем представлена система электронного документооборота (СЭД) DIRECTUM. Данная система может гибким образом подстраиваться под нужды каждого заказчика, специфику деятельности и особенности внутренних процессов и электронного документооборота того или иного предприятия. Это достигается путем разработки пользовательских программных компонентов системы (типовых маршрутов, мастеров действий и др.) как силами самого предприятия, так и силами компаний-партнеров, специализирующихся в разработке программного обеспечения.

В любом случае при разработке программных компонентов возможно возникновение дефектов.

На этапе опытной эксплуатации данной системы на одном из предприятий в течение одного месяца было выявлено 90 ошибок. Пользователи системы относятся к двум основным целевым группам:

- 1) рядовые специалисты;
- 2) руководители подразделений.

На этапе эксплуатации работа с системой каждой из ЦГП осуществлялась только в одном режиме. Выявленные ошибки (дефекты) были соотнесены с каждым из выше определенных классов, а именно:

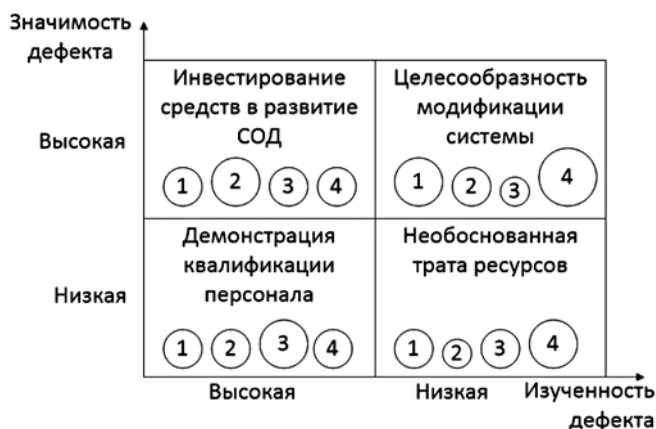


Рис. 3. Аналог матрицы BCG применительно к описанию дефектов признаками "изученность дефекта", "значимость дефекта"

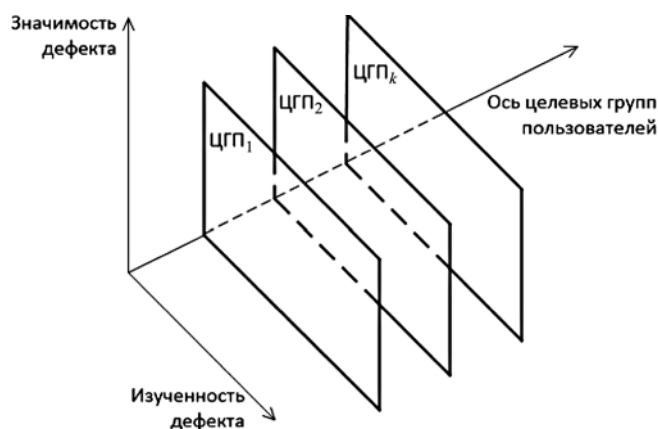


Рис. 4. Куб матриц BCG, соответствующих разным целевым группам пользователей

- 1) ошибки пользователей и обслуживающего персонала;
- 2) дефекты кодирования программного компонента;
- 3) дефекты проектирования;
- 4) дефекты технического задания (в том числе — постановки задач).

Объемы выборочных данных составили:

- 1) $n_1 = 79, n_2 = 11$ — число дефектов, обнаруженных ЦГП "Рядовые специалисты" и "Руководители подразделений" соответственно;
- 2) $l_{1,1,1} = 54, l_{1,1,2} = 10, l_{1,1,3} = 8, l_{1,1,4} = 7$ — число дефектов вышеуказанных классов, обнаруженных ЦГП "Рядовые специалисты";
- 3) $l_{2,1,1} = 7, l_{2,1,2} = 2, l_{2,1,3} = 1, l_{2,1,4} = 1$ — число дефектов вышеуказанных классов, обнаруженных ЦГП "Руководители подразделений".

На основе вычислительного эксперимента, схема которого была представлена выше, были рассчитаны неявные профили, на основе которых была сформирована табл. 2, аналогичная табл. 1, для целевой группы пользователей "Рядовые специалисты".

На основе полученных значений была сформирована матрица (рис. 5), аналогичная матрице, представленной на рис. 3.

На основе матрицы, изображенной на рис. 5, с учетом доступных финансовых и вре-

менных ресурсов, выделяемых на устранение дефектов, были приняты решения о распределении ресурсов на устранение разных классов дефектов. На рис. 5 наглядно показано, каких дефектов было больше (диаметр кругов) и к какой категории в системе координат "Изученность — Значимость" они относятся. На основании данных матрицы возможно принятие решения о целесообразности устранения того или иного дефекта.

Аналогичные исследования были проведены для ЦГП "Руководители подразделений".

В качестве примеров ошибок, имевших место при эксплуатации системы, можно привести следующие:

1. Расчет сроков для согласования осуществляется не в рабочих, а в календарных днях. Это является ошибкой кодирования.

2. Неправильно вычисляется роль куратора (документ может попасть на согласование к работнику, не имеющему отношения к нему, в вычислениях используются нестандартные, специально разработанные реквизиты). Это ошибка проектирования.

3. Отсутствует проверка на наличие электронной подписи, но это не критично, поскольку для данной категории документов не требуется обеспечение юридической значимости с использованием электронной подписи. Это ошибка в постановке задач, поскольку данный аспект не был учтен при формулировании задания на программирование.

4. Возможен ввод отрицательного числа в поле суммы документа. Это пользовательская ошибка, обусловленная недочетами в эксплуатационной документации.

Согласно опыту разработчиков и аналитиков было установлено, что дефект № 1 относится к категории {"Высокая значимость", "Высокая изученность"}, дефект № 2 — {"Высокая значимость", "Низкая изученность"}, а дефекты № 3 и № 4 относятся к категории {"Низкая значимость", "Высокая изученность"}. Аналогичным образом происходила идентификация остальных дефектов в приведенном примере.

Таким образом, в соответствии с полученными результатами были приняты следующие решения по организации процесса сопровождения системы на этапе эксплуатации:

1. Направить дополнительные ресурсы на повышение качества разработки пользовательской документации. В связи с тем что номенклатура пользовательской документации обширна, то целесообразно увеличить штат системных аналитиков, ответственных за раз-

Таблица 2

Расчет неявных профилей на основе примера из практики для ЦГП "Рядовые специалисты"

Класс дефекта	$Ver_{ijk}^{(B)} - Ver_{ijk}^{(H)}$	Характеристика изученности дефекта
1	0,0279	35,8423
2	0,0464	21,5517
3	0,0472	21,1864
4	0,0475	21,0526

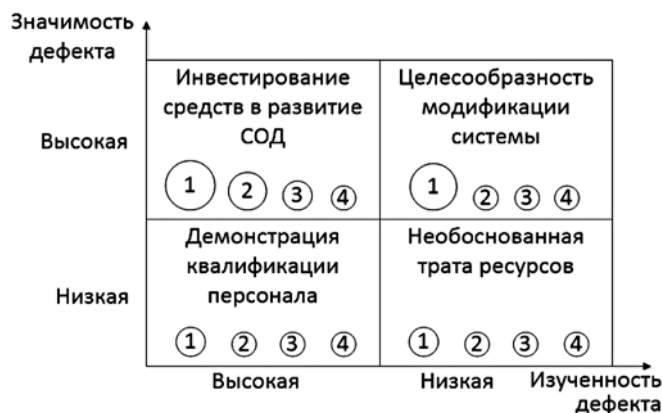


Рис. 5. Матрица "Изученность дефекта — значимость дефекта" для ЦГП "Рядовые специалисты" СЭД DIRECTUM

работку документации, по крайней мере, на одну штатную единицу.

2. Провести мониторинг пользовательской документации, провести ее обновление, привести ее к единому формату.

3. Направить дополнительные ресурсы на осуществление очного обучения пользователей работе в системе на регулярной основе. Для этого целесообразно увеличить штат системных аналитиков, ответственных за обучение пользователей, по крайней мере, на одну штатную единицу.

Заключение

В работе описана систематическая процедура поддержки принятия решений по устранению дефектов, выявленных на стадии эксплуатации СОД. Основу процедуры составляет сочетание моделей "Профиль дефектов", "Интервальное оценивание вероятностей", "BCG". Предлагаемый подход позволяет повысить обоснованность принятия решений по инвестированию ресурсов в повышение качества СОД за счет совместного использования формальных методов структурного моделирования, методов математической статистики и знаний экспертов.

Список литературы

1. **Chaos Manifesto** 2014: Value versus Success & The Orthogonal. The Standish Group International, Incorporated. URL: <http://blog.standishgroup.com/post/14> (дата обращения 19.02.2017).
2. **Тимофеев А. Н.** Почему падают IT-проекты // Практика проектирования систем. 2017. С. 2–11.
3. **Gvozdev V. E., Kirillov K. V., Subhangulova A. S., Morozov A.** Effect of different defect types on static parameters of reliability assessment // The 18th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2016) September 26–29, 2016 Czech Republic, Prague (p. 57–61).
4. **Гвоздев В. Е., Абдрафиков М. А., Блинова Д. В., Кириллов К. В.** Анализ влияния дефектов различных типов на оценку показателей качества программно-аппаратных комплексов на

стадии сопровождения // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. Т. 13, № 2. С. 33–40.

5. **Мороз Г. Б., Коваль Г. И., Коротун Т. М.** Концепция операционных профилей в инженерии надежности программных систем // Математические машины и системы. 2004. № 1.

6. **Липаев В. В.** Функциональная безопасность программных средств. М.: СИНТЕГ, 2004. 348 с.

7. **Lyu M. R. et al.** Handbook of Software Reliability Engineering. IEEE Computer Society Press and McGraw-Hill Book Company, 1996.

8. **Антонов А. В.** Системный анализ. Учеб. пособ. для вузов. М.: Высшая школа, 2004. 454 с.

9. **Гвоздев В. Е., Костюкова А. П., Кириллов К. В.** Статистическое оценивание показателей надежности систем обработки данных и управления по неполным сведениям о выборочных данных // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2016. № 4, Т. 12. С. 73–78.

10. **Макконел С.** Сколько стоит программный проект. СПб.: Питер, 2007. 297 с.

11. **Вентцель Е. С.** Теория вероятностей. М.: Издательский центр "Академия", 2003. 576 с.

12. **Вентцель Е. С.** Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1980. 208 с.

13. **Cheung R. A.** User-oriented Software Reliability Model // IEEE Trans. Soft. Eng. 1980, SE-6, N. 2.

14. **Брю Г.** Шесть сигм для менеджеров / Пер. с англ. В. Н. Егорова. М.: ФАИР-ПРЕСС. 2004. 272 с.

15. **Котлер Ф.** Маркетинг Менеджмент / Пер. с англ. под ред. С. Г. Божук. СПб.: Питер, 2006. 464 с.

16. **Гельруд Я. Д., Логиновский О. В.** Управление проектами: методы, модели, системы. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. 330 с.

17. **Bourne L.** Project Relationships and stakeholder Circle // PMI Research Conference, 2006.

18. **Worthington D., Al-Chaith T., Brown D.** Stakeholder dynamics in strategic ICT projects: appreciate systems perspective. Paper presented at BAM, Liverpool, 2013.

19. **Olander S.** Stakeholder impact analysis in construction project management // Construction Management and Economics. 2007. Vol. 25 (3). P. 277–287.

20. **Виттих В. А.** Неоднородный актор и повседневность как ключевые понятия эвергетики: препринт. Самара: Изд. ИПУСС РАН, 2014. 12 с.

21. **Hu Wenhua, Jeffrey C. Carver, Vaibhav Anu, Gursimran Wilia, Gary Bradshaw.** Defect Prevention in Requirements Using Human Error Information: An Empirical Study // Springer International Publishing. Ab 2017. P. Grnbacher and A. Perinin (sds) REFSQ 2017. LNCS 10153. P. 61–76.

22. **Embrey D.** Understanding Human Behavior and Error // Human Reliability Associates, Ltd. 10 p.

V. E. Gvozdev, D. Sc., Professor, wega55@mail.ru,
D. V. Blinova, Ph. D., Associate Professor, blinova.darya@gmail.com,
K. V. Kirillov, Postgraduate Student, kir-konst@yandex.ru,
Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

Information Decision-Making Support on Elimination of the Defects Detected at Exploitation of Data Processing Systems

We consider a formalized decision support procedure for eliminating defects found during the operation of data processing systems. The procedure is based on a system combination of the models "Defect Profile" and "Interval Probability Estimation Based on Sample Data" by "Boston Consulting Group — BCG".

The concept of "Defect Profile" is introduced into consideration. The purpose of building a defect profile is to develop a systematic basis for decision-making in the allocation of resources for finding and eliminating defects, taking into account their importance from the point of view of a certain target user group and the degree of knowledge of the defects.

An approach to constructing a defect profile using actual data with a limited number of observations is described. The approach features the interval estimation of the probabilities of states corresponding to different layers of the profile.

A method is proposed for adapting the approach described in the marketing literature to providing information support for decision-making on investing funds into the activities of the organization's units under uncertainty of the external and internal environment — the Boston Consulting Group (BCG) approach — to the problems of information support for decision-making on defects elimination in Data Processing Systems (DPS).

The use of the proposed approach creates an informational basis for the targeted allocation of limited resources for defects elimination, taking into account their impact on the users' assessment of quality of DPS. An example of the use of the proposed approach based on the results of trial operation of the DIRECTUM electronic document management system is given.

Keywords: defect, data processing system, hardware and software complex, Defects' Profile, BCG approach

Acknowledgements: This article was prepared with the financial support of Russian Foundation for Basic Research (project no. 16-08-00442).

DOI: 10.17587/it.25.165-173

References

1. **The Standish Group** International, Incorporated, CHAOS MANIFESTO 2014: Value versus Success & The Orthogonal, Available at: <http://blog.standishgroup.com/post/14>
2. **Timofeev A. N.** *Pochemu padayut IT-proekty* (Why are IT-projects fail?), *Praktika Proektirovaniya Sistem*, pp. 2—11, 2017 (in Russian).
3. **Gvozdev V. E., Kirillov K. V., Subhangulova A. S., Morozov A.** Effect of different defect types on static parameters of reliability assessment, *Proc. the 18th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2016)*, Czech Republic, Prague, September 26—29, 2016, pp. 57—61.
4. **Gvozdev V. E., Abdrafikov M. A., Blinova D. V., Kirillov K. V.** *Analiz vliyaniya defektov razlichnyh tipov na ocenku pokazatelej kachestva programmno-apparatnyh kompleksov na stadii soprovozhdeniya* (Analysis of different defect types influence on quality indicators assessment of hardware and software complexes at the maintenance stage), *Jelektrotehnicheskie i Informacionnye Kompleksy i Sistemy*, 2017, vol. 13, no. 2, pp. 33—40 (in Russian).
5. **Moroz G. B., Koval G. I., Korotun T. M.** *Primenenie koncepcii operacionnyh profilej v inzhenerii nadezhnosti programnyh sistem* (The application of the operational profiles' concept in reliability engineering software systems), *Matematicheskie Mashiny i Sistemy*, 2004, no. 1 (in Russian).
6. **Lipaev V. V.** *Funktsional'naya bezopasnost' programnykh sredstv* (Software functional safety), Moscow, SINTEG, 2004, 348 p. (in Russian).
7. **Lyu M. R. et al.** *Handbook of Software Reliability Engineering*, IEEE Computer Society Press and McGraw-Hill Book Company, 1996.
8. **Antonov A. V.** *Sistemnyj analiz* (System analyses. Textbook for high schools), Moscow, Vysshaya shkola, 2004, 454 p. (in Russian).
9. **Gvozdev V. E., Kostjukova A. P., Kirillov K. V.** *Statisticheskoe otsenivanie pokazatelej nadezhnosti sistem obrabotki dannykh i upravleniya po nepolnym svedeniyam o vyborochnykh dannykh* (Statistical estimation of reliability indices of data processing and management systems based on incomplete information on sample data), *Jelektrotehnicheskie i Informacionnye Kompleksy i Sistemy*, 2016, vol. 12, no. 4, pp. 73—78 (in Russian).
10. **McConnel S.** *Software estimation: Demystifying the Black Art*, Saint-Petersburg, Piter, 2007, 297 p. (in Russian).
11. **Ventsel E. S.** *Teoriya veroyatnostej* (Probability theory. Textbook for students of high schools), Moscow, Izdatelskiy Tsentr "Akademiya", 2003, 576 p. (in Russian).
12. **Ventsel E. S.** *Operation research. Objectives, principles, methodology*, Moscow, Nauka, 1980, 208 p. (in Russian).
13. **Cheung R. A.** *User-oriented Software Reliability Model // IEEE Trans. Soft. Eng.* 1980, SE-6, N 2.
14. **Bru G. S.** *Shest' sigm dlya menedzherov* (The six sigma for managers), Moscow, FAIR-PRESS, 2004, 272 p. (in Russian).
15. **Kotler F.** *Marketing Menedzhment* (Marketing. Management), Saint-Petersburg, Piter, 2006, 464 p. (in Russian).
16. **Gelrud Ya. D.** *Upravlenie proektami: metody, modeli, sistemy* (Projects Management: methods, models, systems), Russia, Chelyabinsk, Publishing Center of SUSU, 2015, 330 p. (in Russian).
17. **Bourne L.** *Project Relationships and stakeholder Circle, Proc. the PMI Research Conference*, 2006.
18. **Worthington D., Al-Chaith T., Brown D.** *Stakeholder dynamics in strategic ICT projects: appreciate systems perspective*, Liverpool, BAM, 2013.
19. **Olander S.** *Stakeholder impact analysis in construction project management*, *Construction Management and Economics*, 2007, vol. 25 (3), pp. 277—287.
20. **Vittikh V. A.** *Neodnorodnyj aktor i povsednevnost' kak klyucheveye ponyatiya ehvergetiki: preprint* (Heterogeneous actor and everyday life as key concepts of evergetic), Russia, Samara, Publishing house of Institut problem upravleniya slozhnyimi sistemami RAN, 2014, p. 64 (in Russian).
21. **Wenhua Hu, Jeffrey C. Carver, Vaibhav Anu, Gursimran Wilia, Gary Bradshaw.** *Defect Prevention in Requirements Using Human Error Information: An Empirical Study*, Springer International Publishing, Ab 2017, P. Grnbacher and A. Perinin (eds) REFSQ 2017, LNCS 10153, pp. 61—76.
22. **Embrey D.** *Understanding Human Behavior and Error*, Human Reliability Associates, Ltd, 10 p.