

# АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

**А. А. Дрошкин**

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,  
Москва, Россия

Информационные технологии являются самой динамично развивающейся на данный момент отраслью как мировой экономики, так и экономики России. Большое внимание уделяется методологическим вопросам управления качеством. Одна из задач реализации национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» – повышение качества разрабатываемых программных продуктов. Процессы и этапы разработки программного обеспечения модифицируются с учетом новых требований к конечному продукту, основываясь на принятых отечественных стандартах. В связи с этим задача повышения качества программного продукта является актуальной. Качество программного продукта формируется под воздействием многих детерминированных и случайных внешних и внутренних факторов. Отечественный опыт управления качеством программного обеспечения ссылается как на опыт западных стран, так и на труды отечественных ученых: Г. Г. Азгальдова, Ю. П. Адлера, И. Г. Венецкого, В. В. Липаева, С. Д. Ильенковой, И. Ф. Шишкина, П. Л. Чебышева, В. М. Мишина. В статье рассмотрены методы управления качеством программного продукта, используемые в отечественных IT-компаниях, проведен их сравнительный анализ. Автором сформулированы предложения по устранению выявленных недостатков с использованием методов когнитивного моделирования.

*Ключевые слова:* управление качеством, методы оценки программных продуктов, когнитивное моделирование, когнитивные карты, статистические методы оценки качества, аналитические методы оценки качества.

## ANALYZING CURRENT APPROACHES TO ASSESSING THE QUALITY OF SOFTWARE PRODUCTS

**Alexandr A. Drozhkin**

Plekhanov Russian University of Economics,  
Moscow, Russia

Information technologies are the fastest developing industry today both in global economy and economy of Russia. Serious attention is paid to methodological aspects of quality management. Raising quality of software products is an objective of implementing the national project 'Digital Economy of the Russian Federation'. Processes and stages of software development are modified with regard to new requirements to end product in accordance with adopted home standards. Thus the goal of improving the quality of software products is really topical. The quality of software product is influenced by various determinate and casual external and internal factors. Home experience of managing software quality refers to both western experience and works by Russian scientists, such as G. G. Azgal'dov, Yu. P. Adler, I. G. Venetskiy, V. V. Lipaev, S. D. Il'enkova, I. F. Shishkin, P. L. Chenyshev, V. M. Mishin. The article studies methods of managing software product quality that are used in home IT companies and carries out their comparative analysis. The author formulated proposals aiming at identification of drawbacks by using methods of cognitive modeling.

*Keywords:* quality management, methods of software product appraisal, cognitive modeling, cognitive cards, statistic methods of quality assessment, analytical methods of quality appraisal.

## Введение

С широким распространением цифровых продуктов во всех сферах жизни общества возникают все более строгие требования к их качеству. Существующие стандарты, регламентирующие способы применения методов оценки качества программного продукта, не всегда и не в полной мере используются в большинстве отечественных IT-компаний.

Управление качеством программного продукта представляет собой планомерный процесс воздействия на факторы и условия, обеспечивающие создание продукции оптимального качества и полноценного использования программного продукта. Совершенствование методов оценки качества позволит выпускать более эффективное программное обеспечение, удовлетворяющее требованиям заказчика в полном объеме. В статье проведен сравнительный анализ существующих подходов, выявлены их недостатки, для устранения которых предлагается использовать методы когнитивного моделирования.

## Используемые методы оценки качества программных продуктов

Отечественная практика управления качеством программного обеспечения в отечественных IT-компаниях ссылается на стандарт ISO/IEC 12207. Как в западной, так и в отечественной практике ключевую роль в формировании качества продукта играет концепция зрелости организации-разработчика (Capability Maturity Model – CMM).

Концепция CMM включает 5 уровней [1] (рис. 1):

1) *начальный* – бесструктурный процесс разработки программного обеспечения (ПО), финансовые затраты и сроки хаотичны;

2) *повторяемый* – отделы управления проектами нацелены на контроль плана, стоимости и функциональности разработки;

3) *фиксированный* – процесс разработки документирован, все подходы разработки стандартизированы. Коллективы IT-специ-

алистов сформулировали базовые подходы к проектированию и разработке ПО;

4) *управляемый* – возможна количественная оценка процесса разработки на разных этапах жизненного цикла (ЖЦ) ПО со сбором и анализом данных по проектам;

5) *оптимизируемый* – непрерывное улучшение процессов разработки за счет анализа ЖЦ ПО на основе различных количественных оценок.



Рис. 1. Концепция CMM

Концепция CMM подразумевает использование стандартизованных характеристик программного продукта (ПП), а также его моделей качества. Согласно ISO/IEC 9126, качество ПП определяется совокупностью характеристик, удовлетворяющих требованиям потребителей. Цель их выявления – количественно определить критерии качества программного средства (ПС) по измеримым свойствам (атрибутам) и связанным с ними метрикам (показателям).

В соответствии со стандартом ISO/IEC 9126-2 метрика качества представляет собой единицу измерения атрибута, связываемого с характеристикой качества ПС. Метрика определяет меру атрибута – переменную, которой присваиваются значения в результате измерения. Например, сущность – отчет об обнаруженных дефектах, атрибут – список дефектов, метод измерения – подсчет количества дефектов в списке, шкала – целые числа больше 0, мера атрибута – общее число дефектов. Пример табличного описания представлен в табл. 1. Оценка качества ПП осуществляется в соответствии с моделью, представленной на рис. 2.

Таблица 1

Пример табличного описания количественных характеристик качества

| Характеристика качества | Содержание требований                                                | Мера     | Программный продукт |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| Надежность              | Завершенность (отсутствие ошибок, наработка на отказ)                | Часы     | 100                 |
|                         | Устойчивость к ошибкам                                               | Часы     | 100                 |
|                         | Восстанавливаемость (перезапускаемость, длительность восстановления) | Минуты   | 0,1                 |
| Эффективность           | Время отклика                                                        | Секунды  | 0,6                 |
|                         | Ресурсная экономичность                                              | Проценты | 30                  |

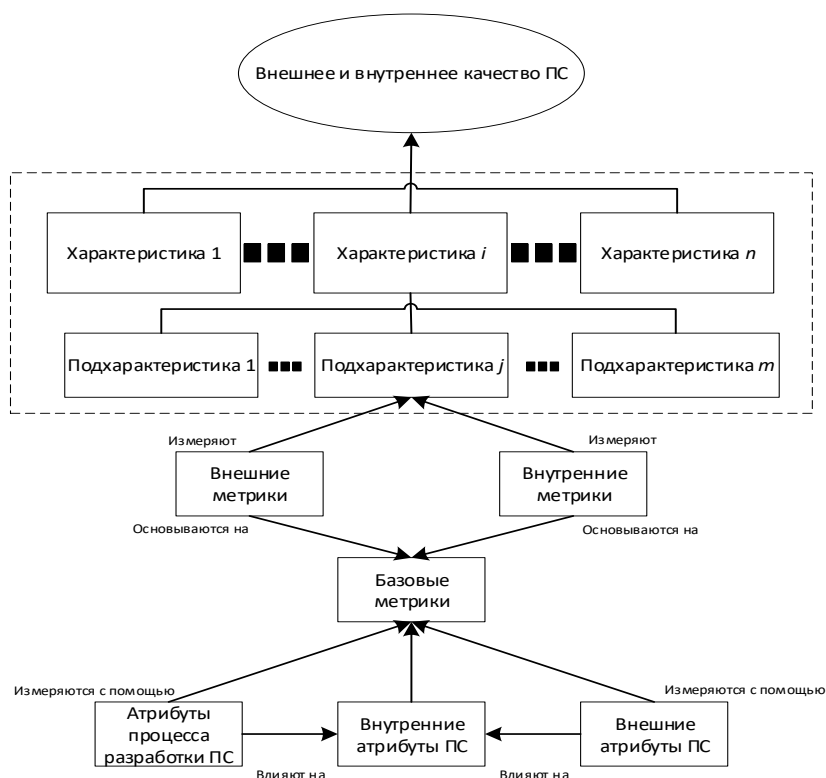


Рис. 2. Обобщенная модель качества согласно стандарту ISO/IEC 9126-2

Источник рис. 2–12: Сорока Е. Г. Управление качеством программного продукта : учебное пособие для вузов. – СПб. : Лань, 2021.

Зарубежная практика допускает использование модели качества, предложенной Д. Джилбом. Основными ее преимуществами являются легкость использования в масштабе организации, а также учет ресурсов наряду с характеристиками качества.

Также находит применение модель качества QEST (Quality Factor, Economic, Social and Technical dimensions), предложенная в 1999 г. А. Абраном и Л. Буглионе. Такая модель может быть удобно задокументирована и визуализирована (рис. 3). Три измерения модели образуют геомет-

рическую фигуру – тетраэдр: экономический аспект (E); социальный аспект (S); технический аспект (T).

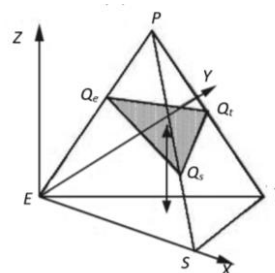


Рис. 3. Модель QEST для оценивания качества программного продукта

Вершина ( $P$ ) описывает максимальный уровень качества ПП. Стороны тетраэдра нормализованы на интервале  $[0; 1]$ . Значения по каждому измерению представляют собой взвешенные суммы списка  $n$  значений нормализованных коэффициентов, отражающих каждую из трех точек зрения экспертов на продукт. Эти значения откладываются на сторонах  $\{Q_e, Q_s, Q_t\}$ . Полученные точки соединяют линиями. В итоге образуется сечение пирамиды, показывающее текущее состояние качества ПП.

В отечественной практике управления качеством программного обеспечения наряду со стандартом ISO 9126 используются вспомогательные стандарты (ISO 9000:2000; ISO/IEC 90003:2004; ISO/IEC TR 19759:2005 и др.). Отечественные организации используют методы оценки качества ПП, представленные на рис. 4.

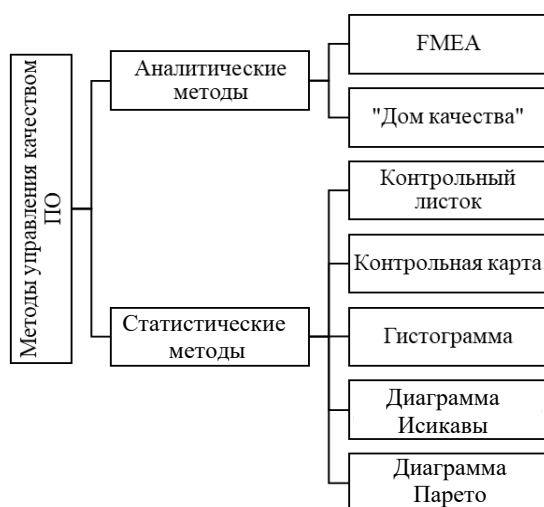


Рис. 4. Используемые методы управления качеством ПО

Группа аналитических методов позволяет в некоторых случаях оценить качество ПП на этапе его проектирования, а во время эксплуатации ПП на основе собираемых статистических данных предоставляет возможность анализа требуемых показателей качества с целью их улучшения.

Группа статистических методов используется для получения количественных данных об исследуемом показателе, например, о количестве блокировок базы данных. Такие методы позволяют наглядно показать тенденции изменения исследуемого показателя качества ПО.

Контрольный листок представляет собой инструмент для сбора данных и автоматического их упорядочивания для облегчения дальнейшего использования полученной информации (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Пример таблицы контрольного листа

| По модулю программного продукта | Число ошибок | Процентное содержание | Примечание                    |
|---------------------------------|--------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1                               | 5            | 10                    | Показатель 1                  |
| 2                               | 2            | 12                    | Событие 2 произошло 2 раза... |
| ...                             | ...          | ...                   | ...                           |
| $n$                             | $N$          | $K$                   | ...                           |

Примечание:  $n$  – количество разных событий в модуле ПП;  $N$  – число ошибок  $n$ -го события;  $K$  – процентное содержание.

Контрольная карта представляет собой графический метод оценки качества ПО (рис. 5), отслеживающий количественное значение показателей в течение некоторого времени по двум границам: верхней и нижней. За счет некоторой ширины разброса определяется среднее значение и проверяется, насколько полученное значение удовлетворяет требуемому уровню качества ПП.

Гистограмма – графический метод представления данных, похожий на контрольные значения, но отображается в другом виде (рис. 6).

Диаграмма Исикавы применяется для определения факторов, влияющих на показатели (рис. 7).

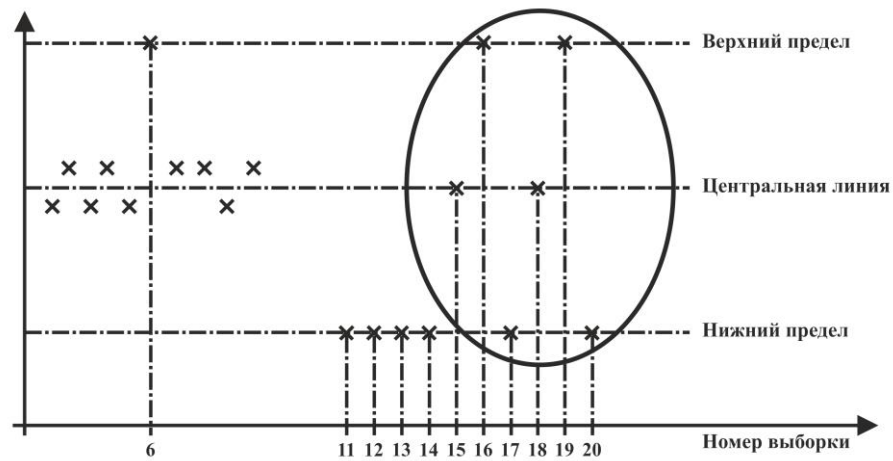


Рис. 5. Контрольная карта

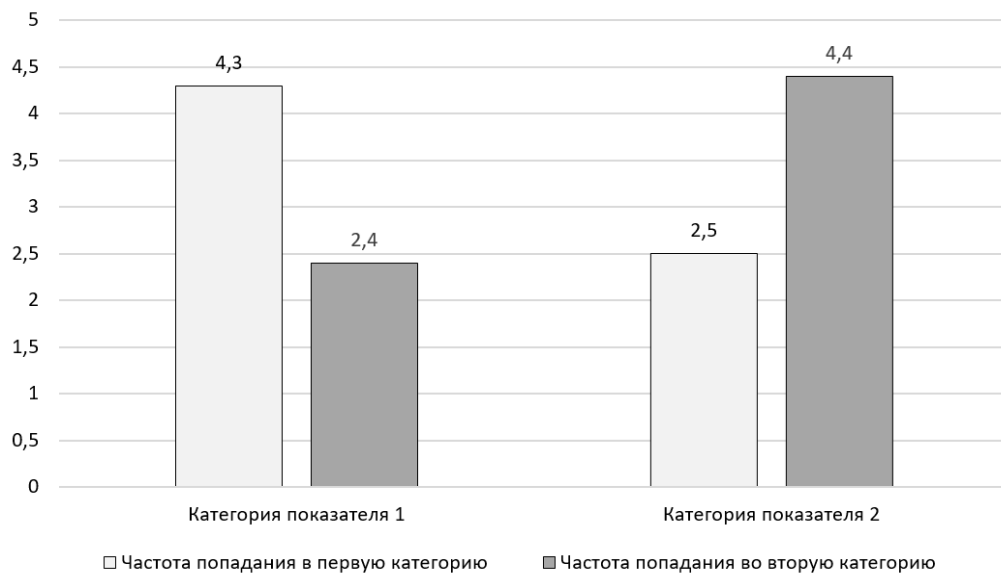


Рис. 6. Обобщенный пример гистограммы

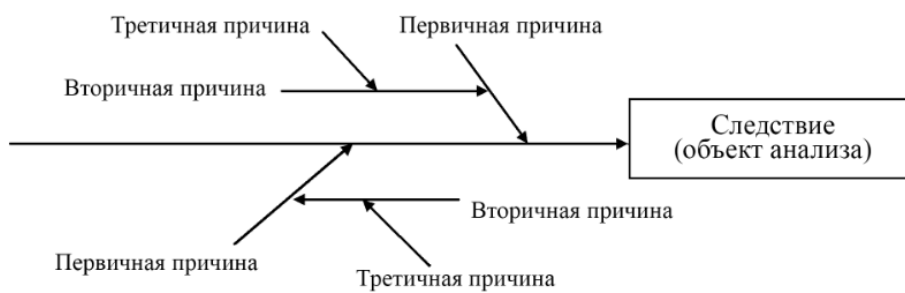


Рис. 7. Схема диаграммы Исикавы

При рассмотрении схемы на уровне первичных стрелок можно воспользоваться правилом шести М. В общем случае существует шесть факторов, влияющих на результат оценки качества: материал (material), оборудование (machine), изме-

рение (measurement), метод (method), люди (man), управление (management). В каждую группу факторов включаются причины, которые можно контролировать и затем принять меры по их устранению. Пример схемы представлен на рис. 8.



Рис. 8. Схема диаграммы Исикавы на уровне первичных стрелок

В процессе построения диаграммы Исикавы необходимо проанализировать проблему в самом широком аспекте. Следует рассмотреть окружающую среду как внутри организации, так и вне.

Диаграмма Парето – универсальный инструмент, с помощью которого можно выявить и отобразить имеющиеся проблемы качества ПП (рис. 9).

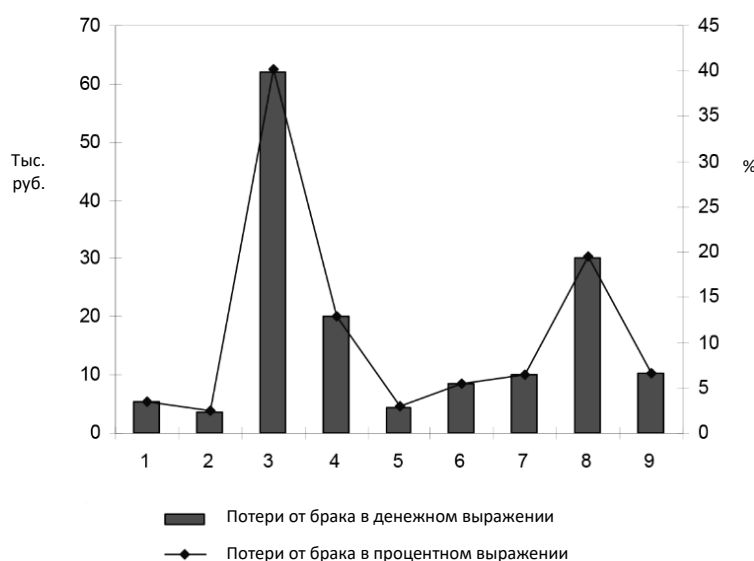


Рис. 9. Диаграмма Парето на примере экспериментальных данных анализа дефектов сканеров

При построении диаграммы Парето необходимо:

- расположить проблемы в порядке важности;
- определиться с критериями, по которым происходит сравнение значений;
- определить временной период;

– сгруппировать данные по категориям, провести сравнение по выбранным критериям.

Метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) – совокупность мероприятий с целью обнаружения и оценки потенциальных отказов продукта. Также опреде-

ляются способы воздействия на показатели качества ПО для устранения или уменьшения вероятности возникновения потенциальных отказов. Обязательным условием является документирование всех проводимых мероприятий.

Концепция FMEA включает следующие этапы:

– построение компонентной, структурной, функциональной и потоковой моделей объекта анализа;

– исследование модулей.

Структура FMEA-анализа представлена на рис. 10.

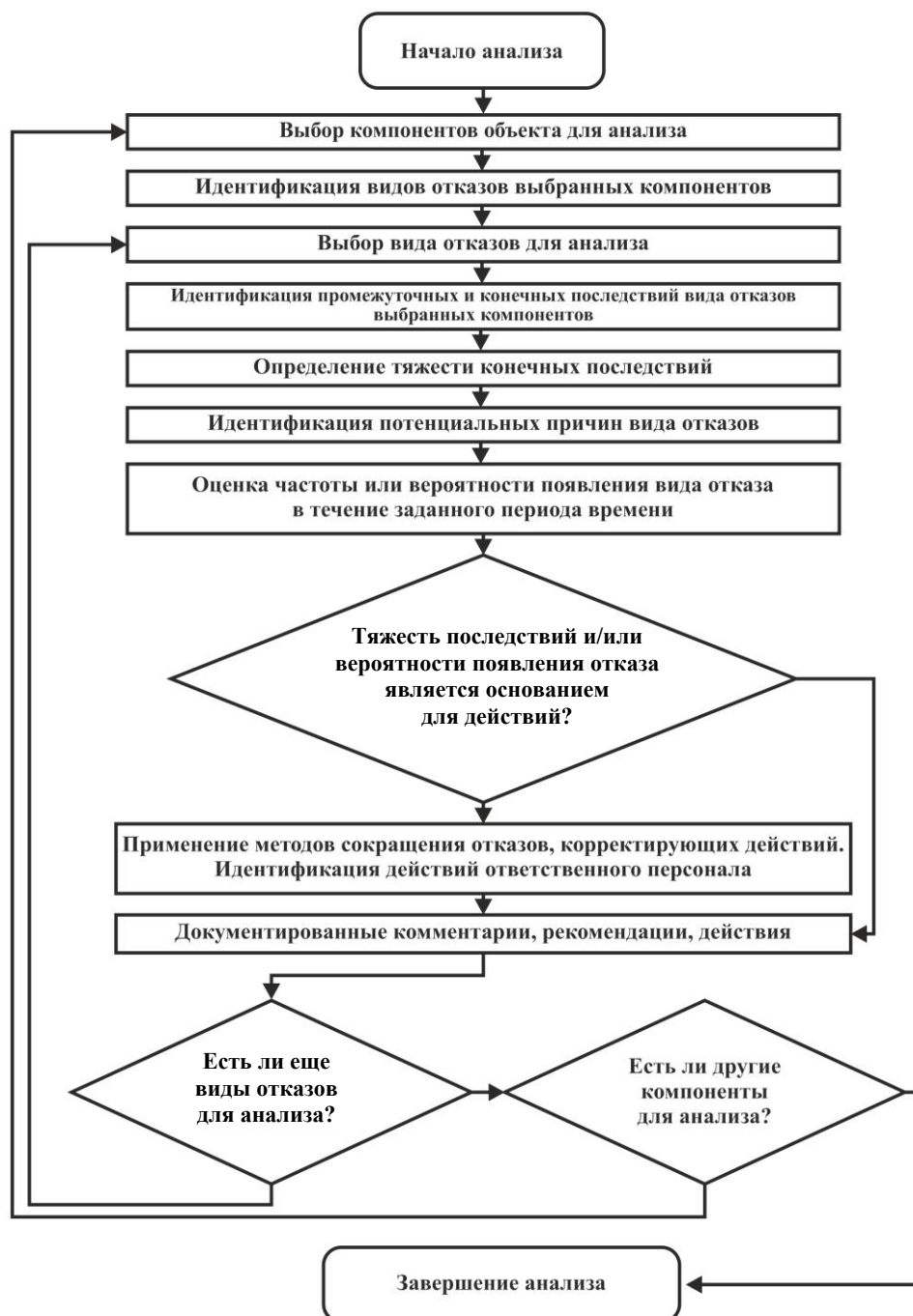


Рис. 10. Структура FMEA-анализа

Метод FMEA подразумевает организацию команды разных специалистов для комплексного анализа ПП.

Основные недостатки метода FMEA:

- пренебрежение мнением заказчика;
- возможность потери информации;
- несогласованность требований ввиду их реализации различными исполнителями.

Если указанные недостатки критичны для организации, то необходимо использовать метод SQFD (Software Quality Function Deployment), более известный как матрица «Дом качества» (рис. 11).



Рис. 11. Система матриц «Дом качества»

Матрица «Дом качества» содержит следующие компоненты:

- *целевое утверждение* – шаг, состоящий в достижении согласия относительно общей цели потребителя продукта и его поставщика. На рис. 11 он не изображен, но подразумевается, и именно с него начинается анализ;
- *голос заказчика* – анализируется полнота учета мнения заказчика, его требований с указанием характеристик будущего проекта;

– *рейтинг важности* – анализ статистических результатов по поводу важности требований проекта;

– *конкурентную оценку заказчика* – оценка конкурентных продуктов;

– *голос поставщика* – рассмотрение способов реализации требований заказчика;

– *адресные цели* – шаг фильтрации требований заказчика и способов их реализации (если цель невозможно оценить количественно, удаляется из списка);

– *конкурентную оценку решений* – сравниваются решения конкурентов подобных продуктов по количественным метрикам;

– *вероятностные коэффициенты* – оценка вероятности успеха проекта;

– *матрицу взаимосвязи* – результат анализа;

– *корреляционную матрицу* – результирующую матрицу, определяющую сочетание решений реализации требований.

Корреляционная матрица представлена на рис. 12.

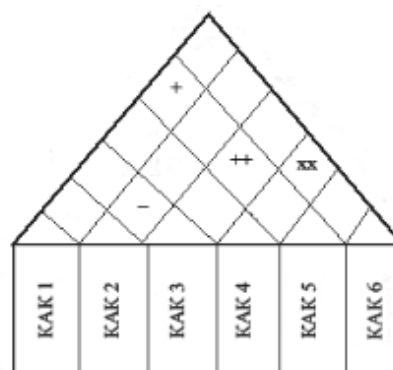


Рис. 12. Корреляционная матрица

В корреляционной матрице используется следующая символика:

«++» – для указания высокого уровня соответствия способа реализации выдвинутым требованиям;

«+» – для указания положительной связи;

«-» – для указания отрицательной связи;

«XX» – для указания конфликта.

Пример результата анализа по методике SQFD представлен на рис. 13. Результаты сравнительного анализа представленных выше методик и подходов сведены в табл. 3.

[illegible]

Рис. 13. «Дом качества» программного продукта

## Сравнительный анализ методов и подходов к оценке качества ПО

| Метод              | Достоинства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контрольный листок | Прост для понимания.<br>Легко интерпретировать результат                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Неудобен для автоматизации.<br>Предоставляет только базовую информацию, которая не всегда позволяет оценить состояние ПП в полном объеме                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Контрольная карта  | Легко автоматизируется.<br>Позволяет измерять разные числовые метрики в реальном времени                                                                                                                                                                                                                                                            | Применим только в случаях измерения метрик относительно времени                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Гистограмма        | Графическое и визуально понятное отображение метрик.<br>Простая возможность документирования полученных результатов                                                                                                                                                                                                                                 | Невозможно выявить проблемный модуль ПП без участия человека.<br>Большой объем информации для анализа.<br>Процесс анализа полученных данных не автоматизируется                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Диаграмма Исикавы  | Позволяет оценивать метрики работы как только выпущенного ПП, так и на этапах его жизненного цикла.<br>Описывает различные состояния продукта в зависимости от условий                                                                                                                                                                              | Высокая сложность автоматизации получения оценки качества ПП.<br>Имеет место субъективность оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Диаграмма Парето   | Универсальность применения.<br>Понятное визуальное отображение данных.<br>Легкость документирования                                                                                                                                                                                                                                                 | Процесс определения дефекта не автоматизируется.<br>Может присутствовать субъективность при анализе метрик                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| FMEA               | Обнаружение потенциальных отказов.<br>Обязательное документирование результатов анализа.<br>Формирование подробных моделей ПП на различных этапах жизненного цикла ПП, позволяющее обнаружить дефекты вовремя и оценить их влияние на потребителей.<br>Наличие команды из разных специалистов значительно снижает субъективность оценки результатов | Без предварительно собранных статистических данных о ПП невозможно дать достаточно точную объективную оценку качества.<br>Эффективность использования становится лучше только со временем на основе уже задокументированных предыдущих результатов.<br>Риск потери информации.<br>Требуется организация команды из различных специалистов.<br>Игнорирование мнения заказчика в процессе оценки.<br>В случаях распределенных команд разработки или наличия нескольких исполнителей появляется несогласованность требований |
| SQFD               | Учет мнения заказчика.<br>Нет прямой зависимости от предыдущих измерений этим методом.<br>Нет несогласованности требований в случае нескольких исполнителей или распределенной команды.<br>Наличие команды из разных специалистов значительно снижает субъективность оценки результатов                                                             | Без предварительно собранных статистических данных о ПП невозможно дать достаточно точную объективную оценку качества.<br>Продолжительное время подготовки и анализа результатов.<br>В процессе построения матрицы «Дом качества» используются и другие методы, например SWOT-анализа при оценке конкурентных решений, что значительно усложняет использование методики                                                                                                                                                   |

На основе сравнительного анализа выявлены следующие недостатки в использовании описанных выше методик:

- процесс анализа данных не подлежит автоматизации и требует наличия экспертов различных сфер;

- аналитические методы оценки качества ПП зависят от статистических показателей;

- процесс анализа данных в аналитических методиках оценки качества занимает продолжительное время;

- статистические методики не универсальны для всех возможных количественных метрик ПП;
- аналитические методики не позволяют быстро оценить состояние ПП в определенный момент времени.

В обобщенной форме система управления качеством ПП представляет собой набор некоторых факторов и их взаимосвязей между собой. Но в явном виде сложно описать все взаимосвязи, а также возникают сложности в их количественной оценке. Исходя из этого можно сделать вывод, что система управления качеством ПО относится к классу слабоструктурированной. Для моделирования таких систем ис-

пользуются методы когнитивного моделирования [4–6]. Стоит отметить, что похожий подход к решению задачи повышения качества ПО используется в диаграмме Исикавы. Метод позволяет определить причинно-следственные связи между факторами и целевыми показателями, однако не предоставляет возможности влиять на факторы качества ПП.

Методы когнитивного моделирования позволяют количественно оценить взаимосвязи между факторами и целевыми показателями, что обеспечивает решение задачи достижения требуемого показателя качества путем воздействия на влияющие на него факторы.

#### Список литературы

1. Белладжио Д., Миллиган Т. Разработка программного обеспечения: управление изменениями. – М. : ДМК Пресс, 2009.
2. Гордиенко В. В., Лисицин А. Л. Технические и организационные методы борьбы с внутренними угрозами утечки информации организаций и предприятий // AUDITORIUM. – 2019. – № 4 (24). – С. 69–76.
3. Коуберн А. Люди как нелинейные и наиболее важные компоненты в создании программного обеспечения. – М. : Human and Technology, 1999.
4. Микрюков А. А. Актуальные задачи цифровой трансформации экономики РФ // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 4. – С. 65–68.
5. Микрюков А. А. Когнитивные технологии в системах поддержки принятия решений в цифровой экономике // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 6. – С. 127–131.
6. Микрюков А. А., Мазуров М. Е. Когнитивная модель сценарного прогнозирования основных векторов интернационализации деятельности университета // НЕЙРОИНФОРМАТИКА-2020 : сборник научных трудов. XXII Международная научно-техническая конференция. – М., 2020. – С. 232–241.
7. Пермякова Н. В., Ехлаков Ю. П. Нечеткая модель оценки рейтинга рискообразующих факторов программного проекта // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2016) : материалы XIII Международной научно-технической конференции, 3–6 октября 2016 г. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. технического ун-та, 2016. – Т. 8. – С. 67–71.
8. Пермякова Н. В., Усачева П. И., Реннер В. О. Когнитивное моделирование в управлении рисками программных проектов // Электронные средства и системы управления : материалы XII Международной научно-практической конференции, 16–18 ноября 2016 г. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2016. – С. 108–110.

#### References

1. Belladzhio D., Milligan T. Razrabotka programmnoho obespecheniya: upravlenie izmeneniyami [Software Development: Change Management]. Moscow, DMK Press, 2009. (In Russ.).

2. Gordienko V. V., Lisitsin A. L. Tekhnicheskie i organizatsionnye metody borby s vnutrennimi ugrozami utechki informatsii organizatsiy i predpriyatiy [Technical and Organizational Methods of Struggle with Internal Threats of Information Leakage of Organizations and Enterprises]. *AUDITORIUM*, 2019, No. 4 (24), pp. 69–76. (In Russ.).
3. Koubern A. Lyudi kak nelineynye i naibolee vazhnye komponenty v sozdanii programmnoy obespecheniya [People as Nonlinear and Most Important Components in Software Creation]. Moscow, Human and Technology, 1999. (In Russ.).
4. Mikryukov A. A. Aktualnye zadachi tsifrovoy transformatsii ekonomiki RF [Actual Tasks of Digital Transformation of the Russian Economy]. *Innovatsii i investitsii* [Innovation and Investment], 2018, No. 4, pp. 65–68. (In Russ.).
5. Mikryukov A. A. Kognitivnye tekhnologii v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy v tsifrovoy ekonomike [Cognitive Technologies in Decision Support Systems in the Digital Economy]. *Innovatsii i investitsii* [Innovation and Investment], 2018, No. 6, pp. 127–131. (In Russ.).
6. Mikryukov A. A., Mazurov M. E. Kognitivnaya model stsenarnogo prognozirovaniya osnovnykh vektorov internatsionalizatsii deyatel'nosti universiteta [Cognitive Model of Scenario Forecasting of the Main Vectors of Internationalization of University Activities]. *NEUROINFORMATIKA-2020: sbornik nauchnykh trudov. XXII Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya* [NEUROINFORMATICS-2020. Collection of scientific papers. 22nd International Scientific and Technical Conference]. Moscow, 2020, pp. 232–241. (In Russ.).
7. Permyakova N. V., Ekhlakov Yu. P. Nechetkaya model otsenki reytinga risikoobrazuyushchikh faktorov programmnoy proekta [Fuzzy Model for Assessing the Rating of Risk Factors of the Program Project]. *Aktualnye problemy elektronnoy priborostroeniya (APEP-2016): materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, 3–6 oktyabrya 2016 g.* [Actual Problems of Electronic Instrumentation (APEP-2016): materials of the 13th International scientific-technical conference, October 3–6, 2016]. Novosibirsk, Izd-vo Novosibirsk State Technical University, 2016, Vol. 8, pp. 67–71. (In Russ.).
8. Permyakova N. V., Usacheva P. I., Renner V. O. Kognitivnoe modelirovanie v upravlenii riskami programmnykh projektov [Cognitive Modeling in Risk Management of Software projects]. *Elektronnye sredstva i sistemy upravleniya: materialy XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 16–18 noyabrya 2016 g.* [Electronic Means and Control Systems: Materials of the 12th International Scientific and Practical Conference, November 16–18, 2016]. Tomsk, Izd-vo Tomsk. State University of Control Systems and Radioelectronics, 2016, pp. 108–110. (In Russ.).

#### Сведения об авторе

**Александр Андреевич Дрошкин**  
аспирант кафедры прикладной информатики  
и информационной безопасности  
РЭУ им. Г. В. Плеханова.  
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский  
экономический университет  
имени Г. В. Плеханова», 117997,  
Москва, Стремянный пер., д. 36.  
E-mail: morgfrimen@yandex.ru

#### Information about the author

**Alexandr A. Drozhkin**  
Post-Graduate Student of the Department  
for Applied Informatics and Information  
Security of the PRUE.  
Address: Plekhanov Russian University  
of Economics, 36 Stremyanny Lane,  
Moscow, 117997,  
Russian Federation.  
E-mail: morgfrimen@yandex.ru