

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ

А. А. Дрошкин

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

В статье рассматривается общепринятое определение качества программного продукта, которое отражает степень его соответствия ожиданиям пользователей. Исследование посвящено изучению качества программного обеспечения и требований к нему, при этом акцентируется внимание на том, что качество программного обеспечения зависит от степени его соответствия ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Предлагается использование общей модели качества для оценки программного обеспечения посредством анализа экспертных оценок и их агрегирования с использованием математического инструмента когнитивных карт. Применение когнитивных карт позволяет оценить текущее качество программного продукта. Вместе с тем появляется возможность выявления управляемых факторов качества программного продукта, воздействуя на которые возможно увеличить его целевой показатель качества. Результаты представленного исследовательского труда могут быть использованы на практике при разработке и оценке качества программного обеспечения различного уровня сложности и специфики.

Ключевые слова: качество программного продукта, характеристика качества, подхарактеристика качества, модель качества программного продукта, когнитивная карта, нечеткая когнитивная карта.

THE APPROACH TO ESTIMATING SOFTWARE QUALITY BASED ON COGNITIVE MODEL

Aleksandr A. Drozhkin

Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia

The article studies generally accepted estimation of software quality, which shows its compliance with users' expectations. The research deals with investigation of software quality and requirements to it and focuses on the fact that software quality depends on its correspondence to GOST R ISO/MEK 25010-2015. It is proposed to use a common model of quality in order to estimate software by analyzing expert appraisals and their aggregation through the mathematic tool of cognitive maps. The use of cognitive maps gives an opportunity to estimate the quality of software product. At the same time we can get a possibility to identify controlled factors of software product quality, affecting which we can increase its target factor of quality. Findings of the research can be used in practice to develop and estimate software quality on different levels of difficulty and specialization.

Keywords: software quality, quality characteristic, quality sub-characteristic, model of software product quality, cognitive map, odd cognitive map.

Введение

На сегодняшний день при существующей тенденции глобализации социально-экономических процессов одним из стратегических направлений развития всех сфер человеческой деятельности является внедрение

информационно-коммуникационных технологий и систем нового поколения, которые, как правило, отличаются большей сложностью, наукоемкостью, высокой стоимостью проектно-конструкторских работ.

На практике подсистемы управления обычно представляют собой совокупность методов, производственных процессов, программно-технических средств, программных продуктов (программного обеспечения), которые составляют технологический комплекс, обеспечивающий сбор, хранение, обработку, поиск и передачу информации.

Особое место в комплексной оценке перспективных проектов подсистем управления занимают вопросы анализа их качества. Так, в любом государстве существуют стандарты и документы, на основе которых производится оценка качества программного продукта. В России она базируется на отечественных стандартах.

В научной среде под понятием «качество программного продукта» подразуме-

вают соответствие конечного информационного продукта требованиям к нему потребителей или заинтересованных сторон. Другими словами, качество программного продукта является интегральной характеристикой всех его положительных сторон [2].

При оценке качества программного продукта уделяют внимание следующей совокупности его качественных характеристик, которая может увеличиваться на базе определенных методов его оценки: производительности, эффективности, удовлетворенности, свободе от риска, покрытию контекста. Названные качественные характеристики составляют модель качества при использовании программного продукта. Структура данной модели представлена на рис. 1.

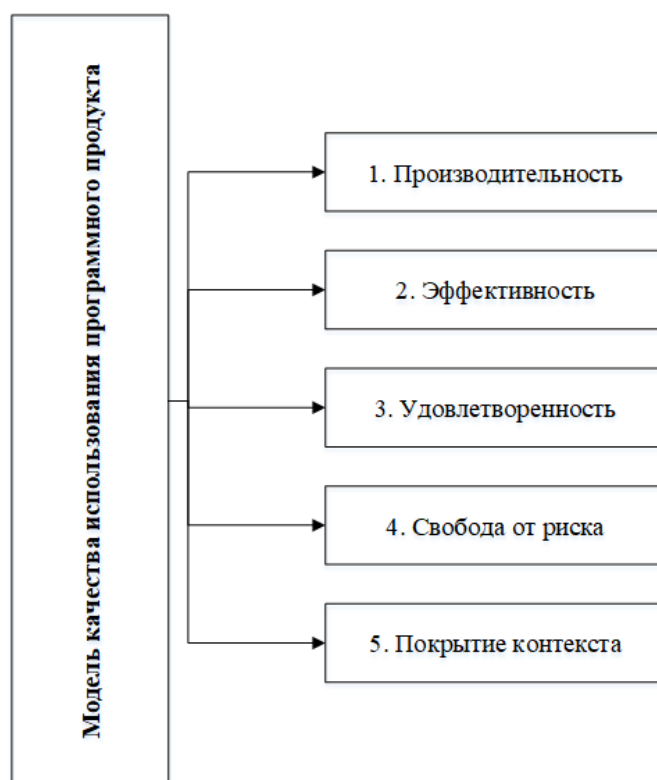


Рис. 1. Структура модели качества при использовании программного продукта (характеристики модели)

Также на практике выделяют вторую модель качества программного продукта, которая является общей моделью [8]. Структура данной модели представлена на

рис. 2. Основные качественные характеристики программного продукта, представленные на общей модели (рис. 2), невозможно выразить числовым значением, по-

этому данную модель заменяют абстрактной, которая помогает разделить общие характеристики качества программного продукта на подхарактеристики, тем са-

мым создавая что-то вроде смоделированного дерева решения для оценки качества продукта.

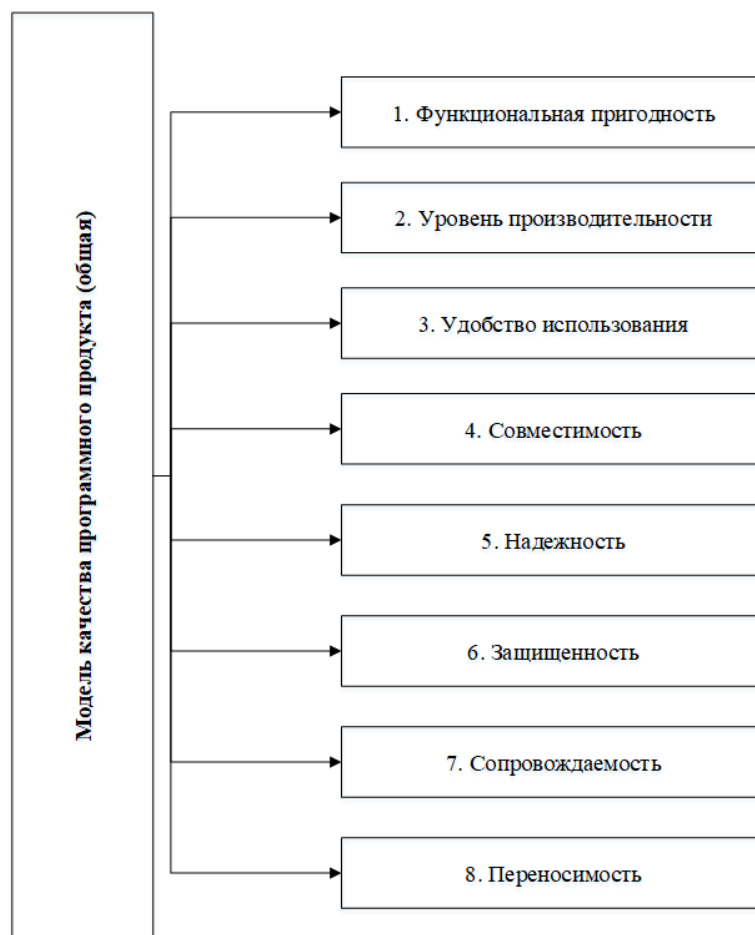


Рис. 2. Структура модели качества программного продукта (общая модель)

За подхарактеристику качества программного продукта принимают более детализированный показатель определенной характеристики [2].

Обобщенная модель качества программного продукта представлена на рис. 3.

Для того чтобы осуществить оценку качественных характеристик программного обеспечения (продукта), каждую характеристику детализируют на важные (нужные) наборы свойств, которым на практике можно присвоить определенное числовое значение по шкале, либо определяют ее вес (рейтинг), чтобы впоследствии была возможность присвоить подхарактеристи-

ке определенное числовое значение по шкале. После такого измерения наборов свойств осуществляют оценку родительской подхарактеристики, а затем и общего показателя качества программного продукта – общей характеристики.

Важно отметить, что приобретенный опыт IT-специалистов свидетельствует о том, что характеристики качества программного обеспечения должны определяться всеми заинтересованными лицами с целью убрать риски предоставления некачественного продукта потребителям, так как данные риски приводят к достаточно емким экономическим и репутационным потерям. Именно применение различных

подходов к оценке качества программного обеспечения может снизить возникновение рисков, поскольку математический аппарат многих качественных средств оценки позволяет формализовать числен-

но неизмеримые факторы, которыми являются характеристики и подхарактеристики в обобщенной модели качества программного продукта.

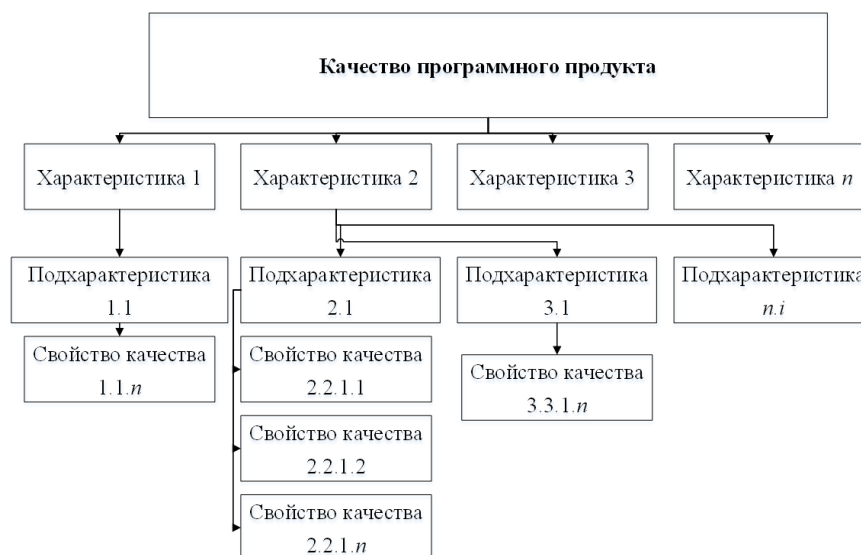


Рис. 3. Обобщенная модель качества программного продукта

На сегодняшний день существуют различные подходы к оценке качества программного обеспечения, которые делятся на количественные и качественные [5].

Среди средств качественной оценки программного обеспечения выделяют [4]:

- когнитивные карты;
- имитационное моделирование;
- когнитивные игры;
- методы классификации, типологизации и систематизации данных;
- экспертное оценивание, теорию поведения и иерархический факторный анализ.

Средствами количественной оценки программного обеспечения являются:

- дифференциальные или разностные уравнения;
- теория оптимального управления;
- динамические игры;
- детерминированный и стохастический факторные анализы.

Классификация подходов к оценке качества программного обеспечения в зави-

симости от цели его оценки представлена на рис. 4.

Для оценки ряда факторов, влияющих на процесс создания (разработки и проектирования) и использования сложных подсистем управления (программных продуктов), на практике все чаще используются когнитивные модели. Достоинство подобного подхода заключается в том, что для конкретной предметной области удается выявить индикаторы (факторы), определяющие уровень программного обеспечения [2].

Когнитивное моделирование базируется на слабоструктурированных сценариях, когда в контурах информационного взаимодействия подсистем управления (программного обеспечения) учитывают элементы, а также технологические особенности различной природы, организационные структуры, экономические, социальные, культурные и правовые факторы [3; 4; 6]. Список факторов может быть достаточно широким в зависимости от анализируемо-

го программного продукта, наличия у о структуре его внутренних и внешних аналитика важной (нужной) информации связей.



Рис. 4. Классификация подходов к оценке качества программного обеспечения [4]

Когнитивное моделирование при оценке качества программного обеспечения базируется на построении когнитивных карт (КК), являющихся мощным средством для формирования и уточнения модели функционирования (обеспечения) программного продукта. Если полностью известна модель состояний продукта, то с помощью, например, аппарата дифференциальных (либо разностных) уравнений и теории оптимального управления можно получить результаты оценивания вектора состояния объекта (программного продукта) либо решать задачи выбора и принятия решений [7].

Дополнительные возможности при использовании когнитивного моделирования для оценки качества программного обеспечения появляются при совмещении

КК и аппарата нечетких множеств [1], что составляет суть нечетких КК (НКК).

На сегодняшний день когнитивное моделирование с использованием нечетких КК позволяет шире рассматривать проблемы повышения качества программных продуктов либо их элементов (программного обеспечения). В ходе проведения сертификации программного обеспечения наряду с контролем его качества осуществляется оценка процесса разработки тестируемого продукта. КК позволяют дополнительно учитывать факторы не только технологического уровня производства продукта, но и технологии его внедрения, экономические аспекты рыночной реализации, социального восприятия. Это дает возможность своевременно улавливать и внедрять в производство новые запросы рынка.

В ходе исследования была осуществлена практическая апробация метода НКК на основе оценки определенного программного обеспечения, а именно оценка качества программного продукта, позволяющая клиентам совершать покупки инвестиционных монет и слитков онлайн, а также хранить активы (взимая единовременную выплату с клиента за хранение), благодаря чему инвестиционная монета не теряет в цене из-за различных физических воздействий.

Оценка качества программного обеспечения и разработка общей модели качества продукта рассматривались с позиции их функциональной пригодности (А), что является основной и важной характеристикой продукта для конечного пользователя.

Функциональной пригодностью программного продукта называют степень выполнения функций в соответствии с заявленными, подразумеваемыми потребностями пользователей при использовании в указанных условиях. Понятие «пригодность», которое обобщено в рамках стандарта, включает следующие подхарактеристики:

В – функциональную полноту;

С – функциональную корректность;

Д – функциональную целесообразность.

Описание факторов (наборов свойств), влияющих на подхарактеристики характеристики «Функциональная пригодность» программного продукта и определяющих его уровень, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Описание факторов, влияющих на подхарактеристики характеристики «Функциональная пригодность» программного продукта

Характеристика	Подхарактеристика	Фактор (свойство)	Примечание
А – функциональная пригодность	В – функциональная полнота	Е – онлайн-покупка (онлайн-продажа) инвестиционных монет	Обеспечение конечного пользователя функционалом онлайн-покупок и онлайн-продаж инвестиционных монет
		Ф – онлайн-пополнение (онлайн-вывод) денежных средств	Обеспечение конечного пользователя функционалом онлайн-пополнения и онлайн-вывода денежных средств
		Г – онлайн-информирование об определенном инвестиционном продукте (цена покупки, цена продажи, количество в наличии и пр.)	Обеспечение конечного пользователя функционалом онлайн-информирования об определенном инвестиционном продукте
	С – функциональная корректность	Н – онлайн-хранение купленных инвестиционных монет в онлайн-кошельке	Обеспечение конечного пользователя функционалом онлайн-кошелька для хранения купленных инвестиционных монет
	Д – функциональная целесообразность	І – онлайн-идентификация пользователя	Обеспечение конечного пользователя функционалом онлайн-идентификации с целью безопасности при операциях с инвестиционными монетами в программном продукте

При оценке качества программного обеспечения было также учтено, что фак-

торы, которые представлены в табл. 1, могут влиять не только на одну подхарактер-

ристику качества продукта, но и на несколько. Основные факторы, влияющие на подхарактеристики характеристики «Функциональная пригодность» программного продукта, напрямую влияют на подхарактеристику В – функциональную полноту.

Для упрощения оценки качества программного продукта на основе НКК в исследовании была принята следующая система (шкала) оценивания:

1. Диапазон значений (шкала оценивания) – от –1 до +1.
2. –1 – полное отсутствие заявленного функционала программного продукта либо отсутствие связи фактора и подхарактеристики.
3. +1 – полное соответствие заявленного функционала программного продукта.
4. 0 – частичное соответствие заявленного функционала программного продукта либо отсутствие связи фактора и подхарактеристики (табл. 2) [9].

Таблица 2

Система (шкала) оценивания оценки качества программного продукта на основе НКК

Интервал значений	Текстовая интерпретация
–1,00	Полное отсутствие соответствия
(+0,00)–(+0,99)	Частичное соответствие
+1,00	Полное соответствие

По данной шкале оценивания была произведена оценка влияния представленных в табл. 1 факторов на определенную подхарактеристику качества программного продукта.

Расчет влияния основных факторов (свойств) на подхарактеристики характеристики «Функциональная пригодность» программного продукта при оценке его качества на основе НКК был произведен при помощи составления матрицы влияния, которая представлена в табл. 3.

Таблица 3

Матрица влияния основных факторов (свойств) на подхарактеристики характеристики «Функциональная пригодность» программного продукта

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	-	+1,00	0,00	+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	-	+1,00	+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	-	+0,55	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H	-	+1,00	+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
I	-	-1,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

На основе результатов расчета фрагмента НКК при оценке качества программного продукта, которые представлены в табл. 3, был сделан вывод, что отсутствие онлайн-идентификации конечного пользователя в программном обеспечении сильнее всего оказывает негативное влияние на качество программного продукта.

Изменить влияние данного фактора на качество программного продукта в положительную сторону возможно, если в общий функционал программного обеспечения добавить (разработать, создать, предоставить) онлайн-идентификацию конечных пользователей.

Фрагмент НКК при оценке качества программного обеспечения, где основной его качественной характеристикой выде-

лена функциональная пригодность, представлен на рис. 5.

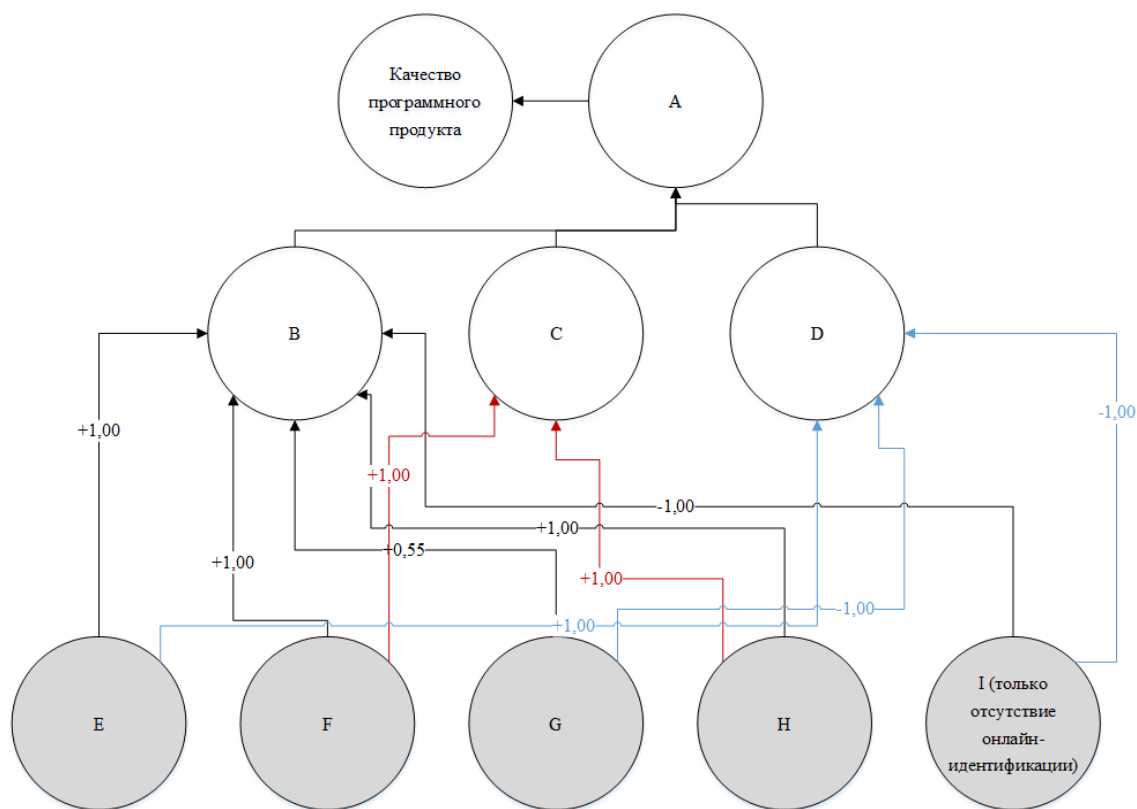


Рис. 5. Фрагмент НКК при оценке качества программного обеспечения

Так, у конечного пользователя данным программным продуктом есть возможность совершать онлайн-продажу и онлайн-покупку инвестиционных монет. Она предоставлена в полном объеме, поэтому влияние данного фактора на подхарактеристику было оценено на +1. Также конечный пользователь имеет возможность осуществлять онлайн-пополнение кошелька и онлайн-вывод из него денежных средств. Она также предоставлена в полном объеме с заявленной функциональностью, поэтому влияние данного фактора на подхарактеристику было оценено на +1. Но функционал онлайн-информирования конечного пользователя об определенном инвестиционном продукте (цена покупки, цена продажи, количество в наличии и пр.) в данном программном продукте соответ-

ствует заявленной функциональности не в полной мере (указывается не вся информация в личном кабинете пользователя), поэтому влияние данного фактора на подхарактеристику было оценено на 0. Аналогичными рассуждениями были соединены все остальные факторы с подхарактеристиками, т. е. определено их влияние на них.

Поскольку был сделан вывод, что именно отсутствие онлайн-идентификации конечного пользователя в программном обеспечении сильнее всего оказывает негативное влияние на качество программного продукта, то было принято решение изменить влияние данного фактора на качество программного продукта в положительную сторону, предположив, что общий функционал программного обеспечения вклю-

чает онлайн-идентификацию конечных пользователей. При этом структура НКК при оценке качества программного про-

дукта изменилась и приняла вид, представленный на рис. 6.

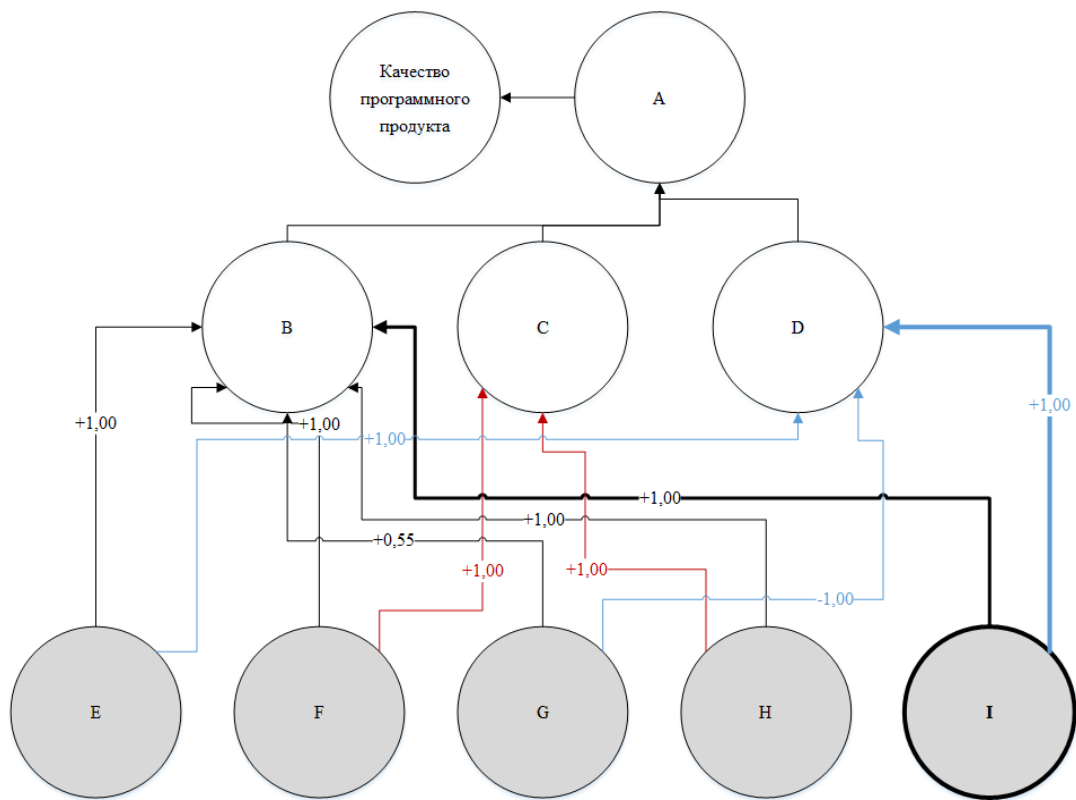


Рис. 6. Фрагмент НКК при оценке качества программного обеспечения (с учетом положительного влияния фактора I)

Расчет фрагмента НКК при оценке качества программного продукта с учетом положительного влияния фактора I (он-

лайн-идентификации пользователя) произведен при помощи составления матрицы влияния, которая представлена в табл. 4.

Таблица 4
Матрица влияния основных факторов (свойств) на подхарактеристики характеристики «Функциональная пригодность» программного продукта (с учетом положительного влияния фактора I)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	-	+1,00	0,00	+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	-	+1,00	+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	-	+0,55	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H	-	+1,00	+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
I	-	+1,00	0,00	+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

На основе результатов расчета фрагмента НКК при оценке качества программного продукта, которые представлены в табл. 4, был сделан вывод, что отсутствие негативных факторов при положительном влиянии фактора I повышает качество программного продукта, который приобретает свойство максимального соответствия функциональной пригодности.

Заключение

Исходя из результатов исследования можно сделать ряд выводов.

Важной составляющей оценки любого разработанного программного продукта является определение его качества, которое не всегда можно измерить точным числом. Поэтому на практике в основном применяется обобщенная модель качества.

Для различных ИТ-разработок качественные характеристики к программному продукту должны определяться еще в начале его разработки всеми заинтересованными лицами (конечными пользователями), что помогает снижать экономические и репутационные риски. При оценке качественных характеристик программного продукта наиболее эффективно применение построения когнитивной модели и

нечеткой когнитивной карты, которая является мощным средством наглядного представления оценки качества в виде взвешенного ориентированного графа и позволяет численно формализовать неизмеримые факторы.

Применение нечетких когнитивных моделей на практике позволяет построить НКК, спрогнозировать изменение целевого фактора в зависимости от других факторов. Построение НКК базируется на статическом анализе, в результате которого оцениваются факторы влияния на целевой показатель (функциональную пригодность и удовлетворенность), и на динамическом анализе, в результате которого происходит прогнозирование изменения целевого показателя в зависимости от изменения каких-либо значимых (на которые можно влиять) факторов.

В качестве примера эффективного применения когнитивных карт была осуществлена практическая апробация метода НКК на основе оценки функциональной пригодности программного продукта, а также оценки удовлетворенности им конечных пользователей.

Список литературы

1. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. – 2-е изд. – М. : Горячая линия – Телеком, 2017.
2. Бурый А. С. Информационно-поисковые социотехнические системы: термины и определения. – М. : Горячая линия – Телеком, 2018.
3. Бурый А. С., Стреха А. А. Когнитивный подход к управлению организационными изменениями предприятий // Транспортное дело России. – 2015. – № 4. – С. 3–6.
4. Горелова Г. В. О когнитивном моделировании сложных систем, инструментарий исследований // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 6 (131). – С. 236–240.
5. Мельник М. С., Орехов В. Д., Подвесовский А. Г., Солодуха П. В., Причина О. С. Многофакторная оценка показателей динамического моделирования программ управления эффективностью научного труда. – URL: https://world-evolution.ru/pdf/9R_93_Multifactor_Assessment.pdf (дата обращения: 20.03.2023).
6. Монахов М. Ю., Семенова И. И. Когнитивная модель оценки уровня достоверности информации в синтезируемой научно-производственной документации // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.
7. Федулов А. С., Борисов В. В. Модели системной динамики на основе нечетких реляционных когнитивных карт // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 1. – С. 66–80.

8. Щербатов И. А. Математические модели сложных слабо формализуемых систем: компонентный подход // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 2 (22). – С. 70–78.

9. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 24 (1). – P. 65–75.

References

1. Borisov V. V., Kruglov V. V., Fedulov A. S. Nechetkie modeli i seti [Illegible Models and Nets]. 2nd edition. Moscow, Hot Line – Telecom, 2017. (In Russ.).

2. Buryy A. S. Informatsionno-poiskovyie sotsiotekhnicheskie sistemy: terminy i opredeleniya [Information and Search Socio-Technical Systems: Terms and Definitions]. Moscow, Hot Line – Telecom, 2018. (In Russ.).

3. Buryy A. S., Strekha A. A. Kognitivnyy podkhod k upravleniyu organizatsionnymi izmeneniyami predpriyatiy [Cognitive Approach to Managing Organizational Changes at Enterprises]. *Transportnoe delo Rossii* [Transportation in Russia], 2015, No. 4, pp. 3–6. (In Russ.).

4. Gorelova G. V. O kognitivnom modelirovanii slozhnykh sistem, instrumentariy issledovaniy [Concerning Cognitive Modeling of Complicated Systems, Tools of Research]. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya YUFU. Technical Sciences], 2012, No. 6 (131), pp. 236–240. (In Russ.).

5. Melnik M. S., Orekhov V. D., Podvesovskiy A. G., Solodukha P. V., Prichina O. S. Mnogofaktornaya otsenka pokazateley dinamicheskogo modelirovaniya programm upravleniya effektivnostyu nauchnogo truda [Multi-Factor Assessment of Figures of Dynamic Modeling Programs for Managing Academic Labour Efficiency]. (In Russ.). Available at: https://world-evolution.ru/pdf/9R_93_Multifactor_Assessment.pdf (accessed 20.03.2023).

6. Monakhov M. Yu., Semenova I. I. Kognitivnaya model otsenki urovnya dostovernosti informatsii v sinteziruемой nauchno-proizvodstvennoy dokumentatsii [Cognitive Model of Assessing Reliability of Information in Synthesized Scientific and Industrial Documents]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Current Problems of Science and Education], 2014, No. 1. (In Russ.).

7. Fedulov A. S., Borisov V. V. Modeli sistemnoy dinamiki na osnove nechetkikh relyatsionnykh kognitivnykh kart [Models of System Dynamics Based on Illegible Reporting Cognitive Maps]. *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti* [Systems of Management, Communication and Security], 2016, No. 1, pp. 66–80. (In Russ.).

8. Shcherbatov I. A. Matematicheskie modeli slozhnykh slabo formalizuemyykh sistem: komponentnyy podkhod [Mathematic Models of Complicated Poorly Formalized Systems: Component Approach]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2014, No. 2 (22), pp. 70–78. (In Russ.).

9. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1986, Vol. 24 (1), pp. 65–75.

Сведения об авторе

Александр Андреевич Дрожкин

соискатель кафедры прикладной информатики и информационной безопасности РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 109992, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: morgfrimen@yandex.ru

Information about the author

Aleksandr A. Drozhkin

Candidate of the Department for Applied Informatics and Information Security of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 109992, Russian Federation;

E-mail: morgfrimen@yandex.ru