

В. Е. Гвоздев, Н. И. Ровнейко

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ПРОДУКТУ

В данной статье рассматривается подход к ранжированию альтернативных вариантов формирования требований на разных стадиях проекта. Предлагаемый подход основан на представлении процессов формирования требований в виде последовательных компонентов, каждому из которых ставится в соответствие свой закон распределения времени выполнения, что позволяет сформировать численную интегральную характеристику процессов в виде значения Шенноновской энтропии. *Время реализации требований; альтернативные варианты реализации этапов проекта; экспертно-статистические оценки*

В литературе, посвященной вопросам управления качеством программных продуктов и программных проектов, подчеркивается важность построения эффективной системы управления требованиями к программному продукту. Анализ литературных источников [1, 2] позволяет утверждать, что ошибки, допущенные при формировании требований, влекут за собой тяжелые последствия, вплоть до провала проекта. В [3] подчеркивается, что слабая подготовленность специалистов в вопросах выявления проблем и требований заказчиков, недостаточная инструментальная поддержка этого вида деятельности является одной из основных причин выпуска программных продуктов, свойства которых в недостаточной степени удовлетворяют ожиданиям заказчиков и пользователей.

В [1] отмечается, что ещё достаточно широко распространён взгляд на разработку комплексов программ только как на создание идей и методов управления без учета необходимости регламентирования самого процесса проектирования и изготовления программных систем. Рост сложности программных продуктов, повышение требований к их качеству, необходимость создания программных систем в ограниченные сроки, вынуждает разрабатывать эффективные системы управления программными проектами, что, в том числе, требует разработки методологических, методических, модельных, инструментальных, информационных основ управляемого формирования качественных требований.

Управление формированием требований необходимо рассматривать с позиций управления

сложными системами. Этот вывод обусловлен тем, что управление созданием программного продукта, по сути, является управлением организационно-технической системой, то есть учет человеческого фактора имеет принципиальное значение. Из анализа литературных источников можно сделать заключение, что функциональная архитектура системы управления требованиями имеет три составляющие: управление правообладателями; управление извлечением требований; управление представлением требований к программному продукту [4, 5].

В [6, 7] отмечается важность организации эффективной системы коммуникаций между заинтересованными сторонами как основы формирования рационального подхода к управлению сложными системами. Пользуясь терминологией программной инженерии, можно изложить этот тезис в следующем виде: обеспечение эффективных коммуникаций и информационного обмена между правообладателями программного продукта является необходимым условием управления формированием требований к программной системе. При этом, следуя [6], коммуникация не отождествляется с более узким понятием связи или передачи сообщений. Назначение коммуникации состоит в формировании компромиссного решения, приемлемого для всех правообладателей на основе обмена мнениями и обсуждения разных точек зрения на программный продукт.

В настоящей работе рассматривается одна из задач информационной поддержки управления формированием требований – построение структурных и вычислительных моделей процессов формирования требований к программному продукту на разных стадиях его жизненного цикла.

---

Контактная информация: 8-937-307-74-00

Работа выполнена в рамках работ, поддержанных грантом РФФИ 10-08-00359-а.

## СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ

Взаимодействие правообладателей в момент формирования требований можно представить в виде схемы, которая состоит из трех уровней (рис. 1).

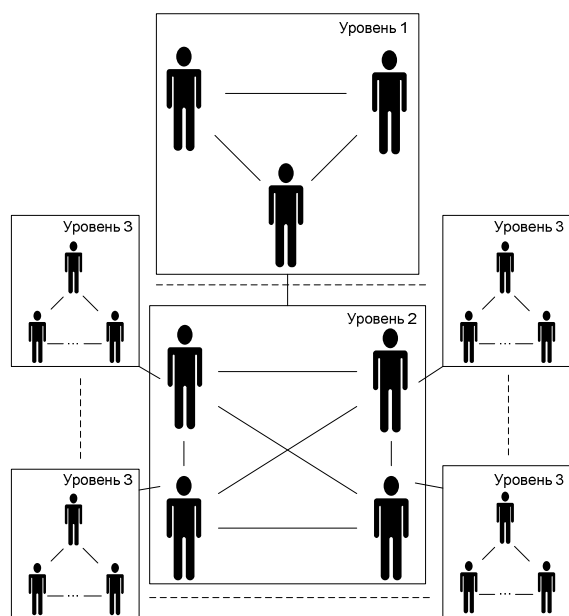


Рис. 1. Схема взаимодействия правообладателей

На первом уровне (уровне концептуальных решений) располагаются правообладатели, принимающие стратегические решения относительно осуществимости проекта, осуществляющие концептуальное проектирование программного продукта и программного проекта, в том числе формирование показателей системной эффективности как продукта, так и проекта. При этом мнение внешних правообладателей имеет больший, нежели внутренних, вес [8].

Основной целью концептуальной фазы является согласование интересов заказчика; главного специалиста-исполнителя; главного пользователя. Результатом концептуальной фазы является компромиссное решение относительно границ программного продукта.

На начальной стадии программного проекта, с одной стороны, высока степень неопределенности свойств программного продукта (в известной литературе [9, 10 и др.] описана модель, именуемая «конусом неопределенности»), с другой стороны, принимаются стратегические решения, ошибки в которых имеют наиболее тяжелые последствия для программного проекта [1]. С третьей стороны, необходимо вовлечь

в процесс разработки требований правообладателей, представляющих интересы как бизнеса, так и пользователей, а также руководителей программного продукта [10]. В связи с этим конструктивным, с организационной точки зрения, подходом является свободный обмен мнениями между правообладателями. Следует отметить реалистичность такого подхода, что обусловлено малым числом участников обсуждения (на этой стадии проекта для формирования требований привлекаются лишь высококвалифицированные специалисты, обладающие широким кругозором). Обмен мнениями участников обсуждения способствует выработке консолидированной точки зрения на свойства ожидаемого продукта, что означает получение ответов на ключевые вопросы «ЗАЧЕМ ЭТО ДЕЛАТЬ» и «ЧТО ОЖИДАЮТ ПРАВООБЛАДАТЕЛИ ПОЛУЧИТЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА».

Этому этапу формирования требований соответствует логическая структура процесса, представленная на рис. 2.

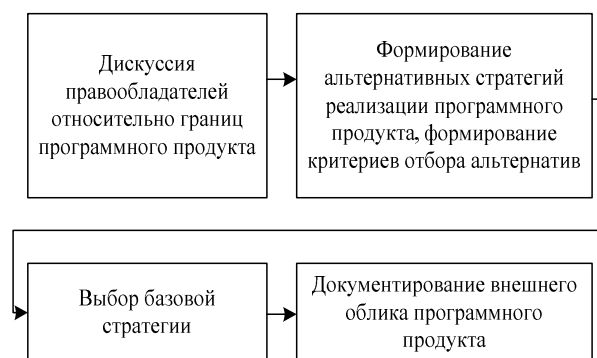
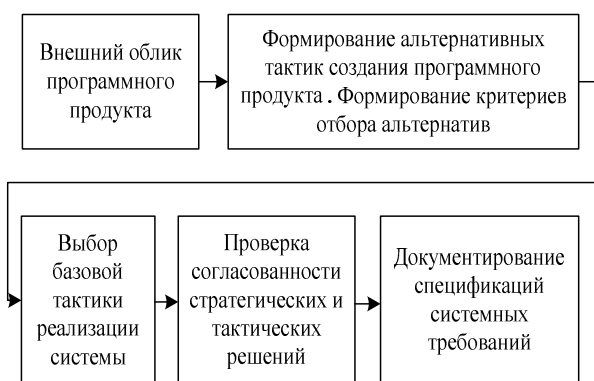


Рис. 2. Логическая структурная схема процесса формирования внешнего облика программного продукта

Правообладатели второго уровня (уровня архитектурных решений) формируют систему требований к подсистемам программной системы исходя из концептуальных решений, принятых на предыдущем уровне. Второй уровень – это уровень взаимодействия внешних и внутренних правообладателей. Главная задача этого уровня – организация коммуникаций как внутри проекта, так и с внешней средой программного проекта, а также обмен информацией между подсистемами программной системы.

Внешний облик программного продукта служит основой формирования системных требований. Логическая структура процесса формирования системных требований представлена

на рис. 3. Обратим внимание на то, что этому этапу разработки соответствует большая детальность представления программного продукта и меньшая, по сравнению с уровнем концептуальных решений, неопределенность относительно его свойств. Кроме того, на этой фазе проекта возрастает число участников, а также степень их ориентации на решение задач определенных классов. В силу этого, отчасти, меняется содержание компонентов логической структуры. На предыдущей стадии для участников обсуждения принципиально важно было (естественно не до мелких деталей, а в достаточно общем виде) понять содержание, функционирование, способы взаимодействия и подходы к испытанию программной системы. На стадии же формирования системных требований разные правообладатели понимают содержание и функционирование отдельных подсистем, воспринимая другие подсистемы как черные ящики с понятными входами/выходами. В силу этого центр тяжести обсуждений начинает перемещаться от обмена представлениями о свойствах ожидаемого продукта к выделению частей системы и согласованию способов их взаимодействия.



**Рис. 3.** Логическая структурная схема процесса формирования системных требований

Подчеркнем также то, что на этом этапе от ключевого вопроса «ЧТО ОЖИДАЕТСЯ ПОЛУЧИТЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА» начинают переходить к ключевому вопросу «ЧТО ДОЛЖНА ДЕЛАТЬ ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА». Центр тяжести разработки начинает перемещаться к правообладателям-разработчикам.

На третьем уровне выполняются работы и решаются задачи оперативного характера, связанные с реализацией программного продук-

та. Этот уровень – уровень внутренних правообладателей (команды проекта). Главная задача этого уровня – целенаправленные скоординированные действия, направленные на обеспечение, сформированных на предыдущем уровне характеристик качества программных компонентов и работ по реализации программного проекта.

Основной целью данного этапа является конструирование программного продукта. В качестве результата данной фазы выступает готовый к использованию программный продукт.

Спецификации системных требований служат основой формирования спецификаций компонентов программной системы. Логическая структура процесса формирования спецификаций компонентов системы представлена на рис. 4.

На этой стадии разработки неопределенность свойств программного продукта ещё более уменьшается; модели программного продукта становятся все более формальными. Число участников проекта еще более увеличивается, центр тяжести разработки все более перемещается к вопросам практической реализации компонентов программной системы (процедур обработки данных). Формирование требований практически полностью сосредотачивается на согласовании интерфейсов компонентов программной системы.



**Рис. 4.** Логическая структура процесса формирования спецификаций компонентов программной системы

Сформированная система спецификаций программных компонентов создает основу для практически автономной работы специалистов по проектированию, кодированию, тестированию компонентов и испытанию системы. Взаимодействие разработчиков практически полностью сводится к отчетам о выполнении опорного плана проекта. Этот этап жизненного цикла

подробно описан в многочисленных литературных источниках [3, 9, 10 и др.].

На каждом из выделенных уровней одним из ключевых факторов успеха является организация коммуникаций между правообладателями [7, 8 и др.]. Основу коммуникаций составляют непосредственные контакты между правообладателями. В [8] подчеркивается, что уход от непосредственного общения между правообладателями, стремление свести контакты лишь к выполнению положений контракта, представляет собой угрозу для успешной реализации проекта.

В начале обсуждения каждый из правообладателей независимо от того, к кому из вышеперечисленных уровней он принадлежит, владеет субъективными персональными аксиоматическими знаниями, опираясь на которые он приступает к диалогу с другими правообладателями. В результате диалога (коммуникативного процесса) каждый из правообладателей получает возможность воспользоваться персональными знаниями других правообладателей, ознакомиться с их представлением относительно свойств создаваемого продукта, т. е. их подходами к определению ценности программного продукта. Фактически имеет место явление, называемое в работе [6] интересубъективностью.

Например, разработчик программного продукта имеет субъективное, определяемое его персональным опытом создания программных продуктов, представление о том, как должен быть организован «дружественный пользовательский интерфейс». Однако в результате дискуссии с другими правообладателями (представителями заказчика, представителями конечных пользователей, группы эксплуатации и развития и др.), у которых свое представление о рациональной организации пользовательского интерфейса, были коллегиально сформированы приемлемые, с точки зрения всех правообладателей, требования к характеристикам этого функционального компонента программного продукта.

Ограничениями такого подхода является, во-первых, предположение о том, что самоорганизация осуществляется на уровне локальных взаимодействий правообладателей, имеющих сопоставимые возможности влиять на проект. Разногласия между ними можно урегулировать путем прямых переговоров, без привлечения лиц, обладающих большими возможностями и влиянием. Во-вторых, предположение о том, что свободная дискуссия не сводится к «забалтыванию» одним участником других (на такую опасность обращается внимание в работе [11]).

Из приведенного описания состава и содержания компонентов процессов разработки требований можно заключить следующее. Внутри каждой фазы формирования требований реализуются действия, относящиеся к синтезу, анализу, согласованию характеристик программного проекта и программного продукта. Синтез сводится к формированию системы «хороших» требований как к программному продукту, так и к программному проекту. Признаки «хороших» требований к программному продукту описаны в известных литературных источниках, например, в [4]. Признаки «хороших» требований к программному проекту описаны, например, в [12]. Анализ сводится к проверке и верификации полученных результатов на соответствие признакам «хороших» требований. Согласование требований сводится к утверждению подготовленных документов разными правообладателями. При этом цели работ, их содержание, алгоритмы и способы реализации, форма представления результатов зависят от стадии реализации проекта. Вместе с тем структуры процессов на разных стадиях одинаковые.

Сформулированное заключение позволяет утверждать, что если рассматривать компоненты процесса формирования требований как «черные ящики», можно разработать унифицированный подход для моделирования процессов формирования требований на разных стадиях реализации программного проекта (свойство изоморфизма моделей).

#### **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ**

Ожидаемая функциональность программного продукта является одним из ключевых факторов, определяющим требования к программному проекту.

Можно утверждать, что время выполнения работ, связанных с реализацией проекта, является интегральной характеристикой уникального сочетания свойств внешней и внутренней сред проекта, в которых реализуется программный продукт.

Одним из базовых принципов «хороших» требований является их реализуемость. Время является косвенной интегральной характеристикой, которая зависит от квалификации персонала, от сложности задачи, от доступности технологических ресурсов, от глубины понимания и прочее. Одним из базовых положений системной инженерии в управлении проектами

является генерация альтернативных вариантов выполнения процессов и их ранжирование по критерию реализуемости.

Предложение использовать время как интегральную косвенную характеристику свойств сложной системы, допускающую измерение, не нова. Достаточно вспомнить теорию надежности технических систем. Возможность использования времени в качестве интегральной метрической характеристики программного проекта упоминается, например, в [3, 9, 13].

Сложный характер процессов, протекающих во внешней и внутренней средах проекта, ограниченные возможности исследования формирующих их механизмов, позволяет утверждать, что построение математических моделей проекта целесообразно выполнять на основе концепции «черного ящика». Это, в свою очередь, приводит к мысли о возможности использования математико-статистических методов как инструмента моделирования программных проектов. Вместе с тем такое свойство любого проекта как уникальность [14] является серьезным методологическим препятствием на пути использования математико-статистических методов как инструмента моделирования программных проектов. В работе [15] подчеркивается возможность построения сложной (другими словами – уникальной) системы на базе типовых элементов. Отсюда следует, что модель процесса формирования требований может быть представлена в виде системы математико-статистических моделей, соответствующих разным компонентам фазы.

Одной из ключевых проблем управления программными проектами является сложность получения измерительных данных о ходе проекта [2, 9, 13 и др.]. В силу этого (особенно на начальном этапе проекта) в качестве возможного подхода к моделированию процесса формирования требований следует рассматривать экспертно-статистический подход (термин заимствован из [16]). Если рассматривать процесс формирования требований как совокупность взаимосвязанных компонентов, то квалифицированный эксперт сможет оценить, например, в каком временном интервале предполагается завершить дискуссию относительно границ программного продукта при разных способах организации процедуры проведения обсуждения (различные процедуры проведения обсуждения описаны, например, в [2, 5, 9, 10, 13 и др.]).

В табл. 1 описаны четыре типовые модели для оценивания экспертами времени выполне-

ния работ. Каждому из них ставится в соответствие закон распределения времени выполнения работы. Представление процесса формирования требований в виде последовательно соединенных компонентов позволяет рассматривать случайное время реализации процесса в виде

$$T = \sum_{i=1}^m \tau_i, \quad (1)$$

где  $\tau_i$  – случайное время завершения  $i$ -го компонента процесса формирования требований,  $m$  – количество компонент процесса формирования требований. Если закон распределения  $F_i(t)$   $i$ -го компонента процесса известен, то (1) можно преобразовать к виду

$$T = \sum_{i=1}^m (F_i^{-1}(t)), \quad (2)$$

где  $\tau_i = F_i^{-1}(t)$  – случайное время реализации  $i$ -й компоненты процесса.

Выделение законов распределения разных компонентов процесса формирования требований, а также оценка общего времени формирования требований в виде (1) делает возможным оценить закон распределения времени завершения формирования требований посредством численного моделирования. Для этого  $N$  раз формируются реализации случайного времени  $\tau_i^j$ , где  $j$  – номер реализации случайного процесса ( $j = 1, 2, \dots, N$ ), по значениям которых посредством (2) формируется выборка  $\{T_1, T_2, \dots, T_N\}$ . На основе выборки строится оценка закона распределения  $\hat{F}(t)$ . Построение  $\hat{F}(t)$  для разных процедур согласования требований делает возможным решение задачи сравнительного анализа альтернативных вариантов процедур формирования требований по критерию неопределенности. В качестве метрической характеристики неопределенности может выступать, например, энтропия Шеннона. Выбор такого критерия обусловлен, во-первых, тем, что количественная оценка неопределенности однозначно рассчитывается на основе закона распределения непрерывной случайной величины, что делает возможным сопоставлять объекты, которым ставятся в соответствие разные законы распределения. Во-вторых, тем, что такая системная модель как «конус неопределенности» широко используется в литературе, посвященной управлению программными проектами.

Предположим, имеется  $K$  альтернативных процедур формирования требований (интервьюирование, JAD, CORE, VOID и т. д.). Оценка

времени реализации  $i$ -го компонента ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) в рамках  $k$ -го варианта ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) формирования требований имеет смысл стохастической оценки. Установление соответствия между разными оценками эксперта и типами законов распределения времени выполнения работы (см. табл. 1), позволяет генерировать выборки  $\{T\}$  требуемого объема  $N$ , по которым строятся оценки законов распределения времени завершения процесса  $\hat{F}^{(k)}(t)$ . Оценки  $\hat{F}^{(k)}(t)$ , в свою очередь, позволяют получить интегральную характеристику  $k$ -й альтернативы (представленную в виде меры неопределенности) в виде

$$S_k = - \int_0^b \frac{dF^{(k)}(t)}{dt} \ln\left(\frac{dF^{(k)}(t)}{dt}\right) dt. \quad (3)$$

Здесь  $b$  – область фактически возможных значений случайной величины  $T$ .

Если значение  $b$  не может быть определено из каких-либо содержательных соображений, в качестве  $b$  может использоваться оценка вида  $b = 6\sigma$ , где  $\sigma$  определяется по известным правилам через  $\hat{F}^{(k)}(t)$ . Использование оценки (3) создает предпосылки ранжирования альтернативных вариантов формирования требований.

Рассмотрим пример использования предлагаемого подхода для оценки процесса формирования требований к программному продукту. Допустим, что в оценке формирования требова-

ний участвуют три эксперта ( $M = 3$ ) и имеются 4 альтернативные процедуры формирования требований ( $K = 4$ ). В табл. 2 представлены оценки экспертов для каждого этапа формирования требования и для каждой альтернативы. Время измеряется в рабочих днях. Необходимо получить интегральные характеристики альтернатив в виде меры неопределенности.

Для каждой известной альтернативы с использованием моделей, представленных в табл. 1, а также (1), были построены законы распределения времени завершения процесса формирования требований  $F^{(k)}(t)$ . На рис. 5, а в качестве примера приведены модели, соответствующие первой альтернативе и рассчитанные по данным табл. 2.

На рис. 5, б для сравнения представлены модели, полученные на основе лишь оценок среднего времени выполнения  $i$ -го этапа. При этом фактически отбрасывается информация о границах интервала возможных значений случайной величины. В известной литературе это именуется «эффектом ряби» [13]. Результаты исследования информативности границ диапазонов возможных значений непрерывной случайной величины приведены в [17]. Как видно из рис. 5, «эффект ряби» достаточно сильно искажает вероятностные характеристики альтернативных вариантов процесса формирования требований.

Таблица 1

Форма оценки эксперта	Модель закона распределения непрерывной случайной величины
Известны нижняя и верхняя границы времени выполнения работы $[0, b]$	Равномерный закон распределения $f(t) = 1/b$
Известно ожидаемое время выполнения работы, $M(t)$ , где $t \in [0, \infty)$	Показательный закон распределения $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$
Известно ожидаемое время выполнения работы $M(t)$ , а также нижняя и верхняя границы времени выполнения работы $[0, b]$ , $(M(t) \in [0, b])$	$f(t) = \exp(\mu_0 + \mu_1 t)$ , где параметры $\mu_0, \mu_1$ находятся в результате решения системы уравнений $\begin{cases} \int_0^b \exp(\mu_0 + \mu_1 t) dt = 1, \\ \int_0^b t \exp(\mu_0 + \mu_1 t) dt = M(t). \end{cases}$
Известно ожидаемое время выполнения работы $M(t)$ , а также нижняя и верхняя границы времени выполнения работы $[0, b]$ , $(M(t) \in [0, b])$ , а также то, что по мере удаления от $M(t)$ к границам интервала вероятность уменьшается	Треугольное распределение $f(t) = \begin{cases} \frac{2t}{bM(t)} & \text{при } 0 \leq t \leq M(t); \\ \frac{2(b-t)}{b(b-M(t))} & \text{при } M(t) < t \leq b. \end{cases}$

Таблица 2

Альтернатива формирования требований	Эксперт	Оценки эксперта для $k$ -го этапа формирования требования				
		1	2	3	4	5
1	1	[0; 6]	[0; 4]	$M(t) = 5$	$M(t) = 6$	[0; 2]
	2	[0; 7]	[0; 4]	[0; 10]	[0; 6]	[0; 1]
	3	$M(t) = 4$	$M(t) = 3, [0; 4]$	[0; 10]	$M(t) = 4, [0; 7]$	[0; 2]
2	1	[0; 5]	[0; 4]	$M(t) = 6, [0; 9]$	$M(t) = 6$	[0; 2]
	2	[0; 5]	[0; 3]	[0; 9]	[0; 5]	$M(t) = 1, [0; 2]$
	3	$M(t) = 4, [0; 5]$	$M(t) = 2, [0; 3]$	[0; 9]	$M(t) = 4, [0; 6]$	[0; 3]
3	1	[0; 7]	$M(t) = 7, [0; 10]$	[0; 4]	[0; 6]	[0; 3]
	2	[0; 7]	[0; 10]	$M(t) = 2$	$M(t) = 4, [0; 6]$	$M(t) = 2, [0; 3]$
	3	$M(t) = 5, [0; 7]$	$M(t) = 7, [0; 10]$	[0; 4]	$M(t) = 3$	[0; 2]
4	1	$M(t) = 7, [0; 10]$	[0; 6]	[0; 7]	[0; 4]	[0; 3]
	2	[0; 10]	$M(t) = 4, [0; 6]$	[0; 7]	$M(t) = 2$	[0; 2]
	3	$M(t) = 7, [0; 10]$	$M(t) = 3, [0; 6]$	$M(t) = 5, [0; 7]$	[0; 4]	[0; 2]

В табл. 3 приведены значения мер неопределенности, рассчитанные согласно (3) с использованием моделей, перечисленных в табл. 1.

Результаты, представленные в табл. 3, служат основанием для ранжирования альтернативных вариантов согласования требований по совокупности оценок, даваемых разными экспертами. Первым этапом ранжирования является формирование «эталонной» модели, с которой будут сравниваться имеющиеся варианты формирования требований. Параметрами «эталонной» модели будут наилучшие оценки, даваемые разными экспертами имеющимся альтернативам (в случае, когда характеристикой альтернативы является мера неопределенности, лучшая оценка соответствует меньшему значению неопределенности).

Формирование «эталонной» модели позволяет реализовать следующую процедуру ранжирования.

Шаг 1. На основе евклидовой метрики рассчитывается интегральная характеристика расстояния каждой альтернативы от эталонной (4).

$$W_k = \sum_{i=1}^M (x_i^{(k)} - x_i^{(э)})^2, \quad (4)$$

где  $k = \overline{1;4}$ ,  $x_i^{(э)}$  – эталонное значение  $i$ -го параметра, формируемое по правилу  $x_i^{(э)} = \min_k \{x_i^{(k)}\}$ .

Шаг 2. Альтернативные варианты ранжируются в порядке возрастания соответствующих им значений  $W_k$  ( $k = \overline{1;4}$ ). Рассчитанные значения  $W_k$  представлены в табл. 3.

Заметим, что предлагаемая процедура ранжирования является известным методом, име-

мым в маркетинге «внутренним бенчмаркингом» [18].

В табл. 4 приведены значения аналогичных оценок, получаемых в условиях «эффекта ряби».

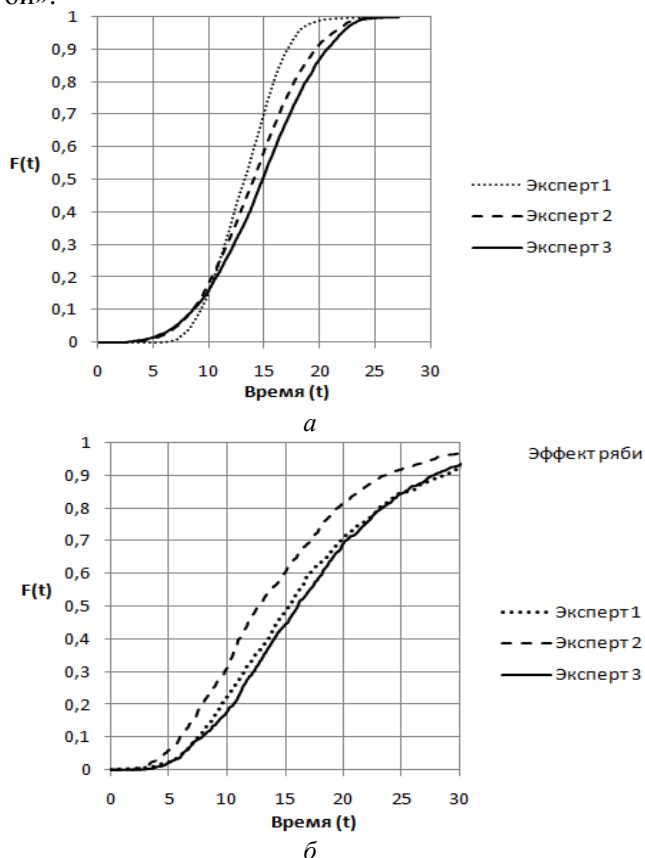


Рис. 5. Вероятностные характеристики реализации первой альтернативы формирования требований: а – по данным табл. 2; б – влияние «эффекта ряби»

Таблица 3

		Эксперт			
		1	2	3	Расстояние от «эталонной альтернативы», $W_k$
Альтернатива	1	0,51	0,53	0,57	0,0001
	2	0,59	0,58	0,60	0,0105
	3	0,60	0,54	0,61	0,0107
	4	0,65	0,63	0,56	0,0296
Параметры «эталонной» альтернативы		0,51	0,53	0,56	

Таблица 4

		Эксперт			
		1	2	3	Расстояние от «эталонной альтернативы», $W_k$
Альтернатива	1	0,62	0,68	0,67	0,0294
	2	0,60	0,62	0,68	0,0179
	3	0,57	0,55	0,62	0,0025
	4	0,64	0,60	0,57	0,0074
Параметры «эталонной» альтернативы		0,57	0,55	0,57	

### ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТА

Предложенный подход к ранжированию проектов на основе меры неопределенности создает основу решения одной из задач начальной стадии проектирования – наглядного представления ключевых параметров альтернативных вариантов проекта [3]. В [14] описывается системная модель начальной стадии проекта, в рамках которой ключевыми измерениями проекта являются: ожидаемые результаты; затраты на реализацию; время реализации проекта.

Описанный ранее подход позволяет ранжировать альтернативные варианты проекта по двум показателям: «требования (т. е. ожидаемые результаты) – время реализации проекта». Описанная схема может быть использована для ранжирования альтернативных вариантов проекта по показателям «требование – затраты на реализацию». Полученные результаты позволяют визуализировать расположение альтернатив в плоскости «требования – затраты на реализацию – требования – время реализации проекта», что служит информационной поддержкой для

принятия решения о выборе варианта реализации проекта.

Предположим, что в результате сравнительного анализа вариантов проекта по показателям «требования – затраты на реализацию» получены результаты, представленные в табл. 5.

Таблица 5

		Эксперт			
		1	2	3	Расстояние от «эталонной альтернативы», $W_k$
Альтернатива	1	0,51	0,57	0,59	0,0001
	2	0,56	0,7	0,58	0,0194
	3	0,53	0,63	0,62	0,0056
	4	0,62	0,62	0,67	0,0227
Параметры «эталонной» альтернативы		0,51	0,57	0,58	

На основании табл. 3, 5 построена диаграмма, представляющая взаимное расположение альтернативных вариантов проекта по признаку «время реализации – затраты на реализацию».

На осях диаграммы указаны ранги альтернативных вариантов проекта по разным совокупностям признаков. Из этой диаграммы (рис. 6) можно заключить, что предпочтительным является первый вариант реализации проекта.

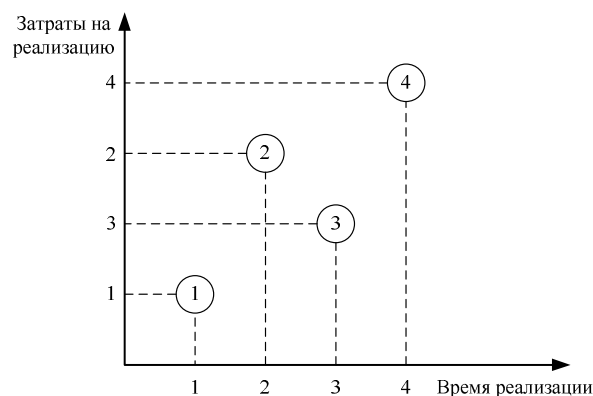


Рис. 6. Диаграмма альтернативных вариантов проекта в пространстве «время реализации – затраты на реализацию»

Предлагаемый экспертно-статистический подход может использоваться для обработки и других наборов ключевых параметров на разных стадиях проекта, в особенности на стадии инициации проекта. В [3] со ссылкой на первоисточники приводится обширный перечень параметров, которые необходимо принимать во



внимание при выборе стратегических решений на начальной стадии проекта.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предлагаемый подход следует рассматривать лишь как дополняющий другие способы информационной поддержки принятия решений при управлении программными проектами. В [19] отмечается, что в условиях неопределенности всякая модель имеет ценность, если только позволяет получить полезную информацию о свойствах сложной системы, к классу которых относится программный проект.

Описанный подход позволяет формализовать процедуру ранжирования альтернативных вариантов выполнения этапов проекта в условиях неопределенности. Он является достаточно универсальным и может быть использован при сопоставлении вариантов реализации других, помимо формирования требований, работ на ранних стадиях проекта.

2. Полученные результаты позволяют заключить, что игнорирование границ диапазона возможных значений случайной величины, которые во многих случаях могут быть определены из содержания работ, ориентация лишь на среднее значение, влияет на результаты ранжирования альтернативных вариантов формирования требований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Липаев В. В.** Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств. М.: СИНТЕГ, 2005. 224 с.
2. **Christel M. G., Kang K. C.** Issues in Requirements Elicitation. Technical Report CMU/SEI – 92-TR-012 ESC-TR-92-012, September 1992.
3. **Милошевич Д.** Набор инструментов для управления проектами М.: Компания АйТи: ДМК Пресс, 2008. 729 с.
4. IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications IEEE STD 830-1998, June 1998.
5. **Халл Э., Джексон К., Дик Д.** Разработка и управление требованиями. Telelogic, 2005.
6. **Витгих В.А.** Организация сложных систем. Самара: Самарск. науч. центр РАН, 2010. 66 с.
7. **Yang J., Shen G. Q.** Exploring critical success factors for stakeholder management in construction

projects // Journal of civil engineering and management. 2009. № 15(4). P. 337–348.

8. **Olander S., Landin A.** Evaluation of stakeholder influence in implementation of construction projects // International Journal of Project Management 23(4): 321, doi 10.1016/j.ijproman.2005.02.002.

9. **Макконнелл С.** Сколько стоит программный проект. СПб.: Питер, 2007. 297 с.

10. **Беркун С.** Искусство управления IT-проектами. СПб.: Питер, 2007. 400 с.

11. **Йордан Э.** Путь камикадзе. Как разработчику программного обеспечения выжить в безнадежном проекте. М.: ЛОРИ, 2000. 255 с.

12. IEEE Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. SWEBOOK, 2004.

13. **Мацяшек Л. А.** Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML. М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. 432 с.

14. **Бэбьюли Ф.** Управление проектом. М.: ФАИР ПРЕСС, 2002. 208 с.

15. **Емельянов А. И.** Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М.: Энергоатомиздат, 1983. 399с.

16. **Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д.** Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1983. 471 с.

17. Статистические исследования территориальных систем: монография / М. Б. Гузаиров [и др.]. М.: Машиностроение, 2008. 187 с.

18. **Котлер Ф.** Маркетинг менеджмент. Экспресс-курс. СПб.: Питер, 2006. 464 с.

19. **Розенберг Г. С., Шитиков В. К., Брусилоский Г. Н.** Экологическое прогнозирование (функциональные предикторы временных рядов). Тольятти, 1994. 182 с.

### ОБ АВТОРАХ

**Гвоздев Владимир Ефимович**, проф., зав. каф. автоматиз. проектирования инф. систем. Дипл. инженер электронной техники (УАИ, 1978). Д-р техн. наук по АСУ (УГАТУ, 2000). Иссл. в обл. АСУ, открытых инф. систем, прикл. статистики, теории надежности, контроля и управ. сост. окр. среды, управл. прогр. проектами.

**Ровнейко Николай Иванович**, асп. той же каф. Дипл. магистр по информатике и вычислительн. технике (УГАТУ, 2010). Готовит дис. в обл. управления программными проектами.