

УДК 004.8

А.А. Сапунков, Т.В. Афанасьева

## МЕТОДИКА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ПРИОРИТЕЗАЦИИ ЗАПРОСОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТАХ<sup>1</sup>

**Сапунков Алексей Андреевич**, окончил факультет информационных систем и технологий Ульяновского государственного технического университета, ассистент кафедры «Информационные системы» УлГТУ. Имеет статьи в области анализа и прогнозирования временных рядов. [e-mail: sapalks@gmail.com].

**Афанасьева Татьяна Васильевна**, доктор технических наук, доцент, окончила радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института, профессор кафедры «Информационные системы» УлГТУ. Имеет статьи в области анализа и прогнозирования временных рядов. [e-mail: tv.afanasjeva@gmail.com].

### Аннотация

В данной работе анализируются подходы и описывается методика поддержки принятия решения о приоритезации запросов пользователей на модификацию программного обеспечения (ПО), полученных через службу технической поддержки. Эта задача актуальна для итерационно развивающегося ПО, так как в течение каждой итерации поступает поток запросов конечных пользователей на модификацию ПО. Целью предлагаемой методики является автоматизация процесса оценки и приоритезации (ранжирования) запросов для их преобразования в требования. Отличительной особенностью методики является включение в оценку запросов информации об источниках запросов, а также точечных и темпоральных оценок. Для анализа изменения количества запросов каждого вида предложено использовать их прогнозирование на основе моделей нечеткого временного ряда. Предложенная методика позволит сократить менеджерам и разработчикам ПО временные затраты на анализ проблем и принятие решения об их устранении. В статье приводится формальное описание этапов предложенной методики и рассматривается пример ее применения как средства поддержки принятия решения о включении высокоприоритетных запросов в список требований на разработку ПО. В заключении делаются выводы о границах применимости предложенной методики.

Ключевые слова: поддержка принятия решения, приоритезация требований, системный анализ, развивающиеся программные продукты, прогнозирование, нечеткие модели прогнозирования, временные ряды.

doi: 10.35752/1991-2927-2020-1-5-55-64

## A DECISION SUPPORT METHODOLOGY FOR PRIORITIZING USER REQUESTS FOR SOFTWARE MODIFICATIONS

**Aleksei Andreevich Sapunkov**, graduated from the Faculty of Information Systems and Technologies of Ulyanovsk State Technical University; Assistant Professor at the Department of Information Systems of UISTU; an author of articles in the field of analyzing and forecasting the time series. e-mail: sapalks@gmail.com.

**Tatiana Vasilevna Afanaseva**, Doctor of Sciences in Engineering, Associate Professor; graduated from the Radioengineering Faculty of Ulyanovsk Polytechnic Institute, Professor of the Department of Information Systems of UISTU; an author of articles in the field of analyzing and forecasting the time series. e-mail: tv.afanasjeva@gmail.com.

### Abstract

In this paper, approaches are analyzed and a decision support methodology for prioritizing user requests for software modifications received through a technical support service is described. This task is relevant for iteratively developing software, since at each iteration a stream of requests from end users for software modification is received. The aim of the

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Субъекта РФ Ульяновская область в рамках научных проектов 19-47-730001 p\_a и 18-47-730025.

proposed methodology is to automate the process of evaluating and prioritizing (ranking) requests to convert them into requirements. A distinctive feature of the methodology is the inclusion in the query assessment of information about the sources of queries, as well as point and temporal estimates. To analyze the changes in the number of requests of each type, it is proposed to use their forecasting based on fuzzy time series models. The proposed methodology will reduce the time costs for managers and software developers to analyze problems and make decisions on how to fix them. The article provides a formal description of the stages of the proposed methodology and considers an example of its application as a means of supporting decision-making on the inclusion of high-priority requests in the list of requirements for software development. In conclusion, conclusions are drawn on the limits of applicability of the proposed methodology.

Key words: intellectual decision support, prioritization of requirements, system analysis, developing software products, forecasting, fuzzy forecasting models, time series.

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня большую часть IT-решений составляют итерационно развивающиеся программные продукты (ИРПП). Примерами таких программных продуктов являются SaaS решения как сегмента B2C (поисковые сервисы, социальные сети, мессенджеры и др.), так и B2B (CRM-системы, системы бухгалтерского учета, системы автоматизации службы технической поддержки, так же известные как HelpDesk-системы и др.). Особенности процесса разработки ИРПП являются сложная модульная инфраструктура, большое количество пользователей, использование распределения нагрузок и хранения данных, 100% время работы системы, использование методологий непрерывной поставки. Это приводит к необходимости постоянно анализировать потребности пользователей и дорабатывать собственное решение в направлении наиболее приоритетных запросов пользователей на модификацию программного обеспечения (ПО).

Именно за счет систематического анализа и приоритизации большого потока запросов пользователей, извлеченных из их обращений в службу поддержки ПО, и возникает возможность эффективно дорабатывать ИРПП. Однако с увеличением сложности инфраструктуры ИРПП и ростом пользовательской аудитории, анализировать все обращения становится слишком сложно и затратно.

Стоит отметить, что большинство наиболее популярных и часто используемых на практике методик приоритизации запросов пользователей на модификацию ПО опирается на их дескриптивный анализ и не использует возможности методов интеллектуального анализа и предиктивной аналитики. В то же время их применение обеспечит интеллектуальную поддержку принятия решений (ППР) при определении приоритетов запросов пользователей на модификацию ПО применительно к разработке ИРПП, позволит повысить его конкурентоспособность и степень удовлетворенности пользователей.

Также при применении таких методик предпочитают проводить повторные взаимодействия с пользователями (анкетирования), результатом чего является большие временные затраты. С другой стороны, существуют системы автоматизации технической поддержки ИРПП, в которой хранится наиболее релевантная информация о пользовательских запросах на модификацию ПО, связанных с проблемами использования и предложения

ми на улучшение. Так как принятие решений по включению запросов пользователей на модификацию в список задач разработки ИРПП обычно выполняется один раз в итерацию разработки, а количество таких итераций достаточно большое, то возникает возможность не только вычислять приоритеты в текущую итерацию, но и прогнозировать временные ряды (ВР) их изменений. Особенностью таких ВР является их небольшая длина, это накладывает ограничение на модели прогнозирования. В исследованиях [1–4] для анализа и прогнозирования коротких ВР хорошо показали себя нечеткие модели ВР.

Поэтому эти модели являются наиболее предпочтительными для предиктивного анализа приоритетов, к тому же они обладают высокой степенью интерпретируемости. Поэтому объектом исследования в настоящей статье является процесс анализа пользовательских потребностей, выявленных на этапе поддержки ИРПП. Подобный анализ на основе вычисления точечных и темпоральных оценок, в том числе прогнозных, позволит упорядочить и приоритизировать потребности конечных пользователей, что безусловно обеспечит ППР в задаче формирования новых функциональных требований в процессе разработки ИРПП [5, 6].

Анализ методик приоритизации запросов пользователей на модификацию ПО [7–11] для объекта исследования показал, что существуют подходы, опирающиеся на мнение экспертов или анкетирование пользователей, они не учитывают прогнозные значения и тенденции.

В то же время, применение методов прогнозирования в приоритизации запросов пользователей на модификацию ИРПП повысит актуальность релевантной информации, необходимой лицу, принимающему решение (ЛПР). Также за счет автоматизации и отказа от повторного анкетирования пользователей будут снижены временные затраты и субъективность при решении задачи приоритизации запросов.

В следующем разделе приведен анализ современных практических методик ППР в задачах приоритизации запросов пользователей и пользовательских требований для ПО. В третьей главе описывается предложенная методика ППР. В четвертой главе приводятся описание применения предложенной методики в реальных условиях и полученные результаты. В завершении обсуждаются границы применимости данной методики и направления дальнейшего развития.

## 1 ОБЗОР МЕТОДИК ППР В ЗАДАЧЕ ПРИОРИТЕЗАЦИИ ЗАПРОСОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА МОДИФИКАЦИЮ ПО

Рассмотрим методики ППР в задачах приоритизации пользовательских требований, образованных на основе их запросов на модификацию ПО в процессе его использования. Сгруппируем рассматриваемые методики в две группы: внешние и внутренние методики.

Под внешними методиками подразумеваются методики, в которых принимает участие пользователь ИРПП, внутренние методики основаны на мнениях экспертов.

**Внешние методики. Метод клиентской удовлетворенности Кано (Noriaki Kano) [7]** – метод, используемый для оценки эмоциональной реакции потребителей на отдельные пользовательские требования. Полученные с помощью данного метода результаты позволяют управлять удовлетворенностью и лояльностью пользователя. Метод базируется на анкетировании пользователей. Его главная особенность в формулировках вопросов, что требует серьезных усилий на подготовку к анкетированию. Недостаток метода в том, что анкетирование занимает много времени. Анализ результатов анкетирования проходит по четкому алгоритму, поэтому может быть частично автоматизирован. Главным достоинством метода клиентской удовлетворенности Кано является качественный результат, основанный на мнении пользователей. Данной методикой чаще пользуются на начальных этапах развития программного обеспечения, так как она позволяет оценить не только удовлетворенность пользователей, но и определить факторы, игнорирование или некачественное представление которых будет приводить к значительному увеличению неудовлетворенности пользователя. В работе [8] Люк Хохман описывает 13 инновационных игр (другими словами, методик) для определения приоритетов как проектам и направлениям развития, так и требованиям пользователей. Наиболее подходящей методикой для решения поставленной в данном исследовании задачи является методика **Buy a Feature**. Основная суть заключается в том, что группе пользователей предоставляется список требований, для которых надо оценить приоритеты, а также определенная сумма игровых денег, которые можно инвестировать в перечисленные требования. Фокус-группа, участвующая в подобной игре, не должна превышать восьми человек. Из-за этого для получения репрезентативных результатов необходимо проводить несколько партий игр. Хотя сама игра проходит довольно быстро, процесс формирования фокус-групп требует существенных временных затрат. Преимущество данной методики в её простоте. Единственная сложность заключается в формировании корректной фокус-группы, так как от этого зависит качество результатов. Сам процесс игры и анализ результатов может быть частично автоматизирован, однако все отзывы пользователей о причинах своих выборов чаще всего обрабатываются вручную.

Методика **User Story Mapping** была предложена Джеффом Паттоном в [9]. Автор данной методики счита-

ет неудобным и недопустимым использование одностраничного списка задач при разработке ИРПП. В работе предлагается следующая структура списка задач:

- Требования пользователей размещаются вдоль горизонтальной оси в той последовательности, в которой они выполняются пользователем;
- Вертикальная ось означает критичность запросов пользователей на модификацию ПО:
  - Требования пользователей расположены по вертикали относительно того, насколько они важны (сверху вниз);
  - Требования равной степени важности можно поставить на одну высоту, но имейте в виду, что в целом важно различать относительную критичность требования, чтобы иметь возможность создавать лучшие планы релизов;
- Множества связанных требований пользователей могут быть сгруппированы как «Activities» относительно вертикальной оси.

Основными преимуществами данного подхода являются его простота и прозрачность в понимании. Кроме этого, данная методика является визуальным инструментом, который позволяет пользователям, заинтересованным сторонам и членам команды разработчиков делиться общим пониманием того, что делает система. К недостаткам этого метода можно отнести высокие временные и трудозатраты, необходимые для создания карты и поддержания её в актуальном состоянии. Так же она не очень удобна при работе с ПО, чье окружение, а соответственно и требования постоянно изменяются (из-за чего необходимо постоянно пересматривать данную карту и нельзя построить её с запасом на 3–6 месяцев). Методика **Speed Boat** – это еще одна инновационная игра Хохмана, описанная в [8]. Если попросить пользователей рассказать о недостатках продуктов, то можно получить очень большое количество отзывов. Проведение занятия «выпусти пар» с клиентами может генерировать большой объем обратной связи с большим количеством шума. Данная игра предлагает сделать тоже самое, только с позитивным уклоном и ограничением на количество недостатков, что позволяет выявить основные жалобы клиентов со значительно меньшим негативом. В результате можно получить приоритизированный список главных недостатков системы на основе мнений клиентов. Недостатки данной методики такие же, как и у остальных игр Хохмана, – это высокие трудозатраты.

**Внутренние методики.** Методика **Value vs. Cost** является широко используемой для определения приоритетов запросов пользователей на модификацию ПО [10]. Основным преимуществом является его простота. Приоритеты требований оцениваются по отношению их ценности и стоимости реализации. Те требования, у которых лучшие коэффициенты, будут иметь более высокий приоритет. Как недостаток данной методики стоит отметить то, что приоритет у простых требований будет чаще всего выше, а сложные требования, которые могут стать основой для дальнейшего развития, всегда будут им уступать в приоритете. Поэтому данная методика

обычно используется в дополнение к другим методикам оценки приоритетов.

Методика **Systemico** направлена на создание основы для определения приоритетов запросов пользователей на модификацию ПО в отношении ценности для пользователя и представления этого процесса как системного и целостного [11]. Требования к продукту становятся наглядными с точки зрения того, как они затрагивают цели пользователей и уровни взаимодействия. Данная методика наиболее эффективна при работе с новыми продуктами и малоизвестными предметными областями, которые должны быть ориентированы на клиентов и/или пользователей. Эта методика связана с Story Mapping, поскольку она также создает двумерную сетку, которая позволяет легко визуализировать область действия продукта и различные уровни приоритета. Данная сетка делится на четыре горизонтальные области:

- **Core:** Особенности для удовлетворения основных потребностей пользователей. Это базовые ожидания для пользователей в этом пространстве продукта;
- **Use:** новые и улучшенные функции для повышения удобства использования продукта. Без них продукт имеет минимальную привлекательность для пользователя;
- **Engage:** функциональность позволяет пользователю больше взаимодействовать с продуктом и побуждает его вернуться в будущем;
- **Explore:** функции, которые создают более прочную связь между пользователем и продуктом, поскольку они способствуют выходу за рамки простых взаимодействий.

Как и в Story Mapping, можно создать план релиза, который увеличивает ценность для клиента и в то же время собирает отзывы, прежде чем вкладывать значительные средства в данный набор функций. В методике **Feature Buckets** считается, что приоритетность требований сильно различается в разных типах продуктов и отраслях, поэтому автор подчеркивает, что этот метод был разработан специально для потребительских интернет-продуктов.

Требования должны быть размещены в одной из четырех областей:

1. Ключевые метрики – требования, которые значительно изменят целевые показатели бизнеса и продукта.

2. Запросы клиентов – это требования, которые были запрошены непосредственно клиентами.

3. Восторженные – инновационные функции, которые создаются внутри компании на основе понимания дизайна или технологии.

4. Стратегические – требования, которые включены по стратегическим причинам, связанным с обучением или будущими целями (например, экспериментирование и сбор данных).

Методика Feature Buckets позволяет подготавливать хорошо сбалансированные релизы продукта, которые содержат требования из каждой области. Однако данный метод включает в себя использование других уже описанных методов, из-за чего является сложным, трудоемким и требующим больших временных затрат.

В таблице 1 приведено сравнение рассмотренных методик ППР в задачах приоритизации на основании таких критериев как:

- временные затраты – количество времени, необходимое для получения результата при использовании указанной методики, включая затраты на повторные формирования фокус-групп, проведение опросов и т. д.;
- учет пользователей – участвуют ли конечные пользователи в процессе получения результата, учитывается ли их мнение как экспертов по ИРПП;
- учет экономических метрик – учитываются ли в методике экономические показатели, к примеру: доходы с новой функциональности или расходы на разработку.

Все описанные методики приоритизации запросов пользователей на модификацию ПО имеют как сильные, так и слабые стороны. Однако данные методики не рассматривают изменение актуальности проблем при использовании ИРПП и соответственно не могут оценить, как изменится степень актуальности пользовательских требований в будущем. Также все методики используют либо мнение пользователей, либо экономические показатели. Единственная методика, которая использует и мнение пользователей, и экономические показатели, – это Feature Buckets, которая является агрегатором нескольких методик. Предложенная в данной работе методика вычисляет и прогнозирует приоритет запросов пользователей на модификацию ПО

Таблица 1

Сравнение рассмотренных методик ППР

Название метода	Временные затраты	Участие пользователей	Учет экономических метрик
Модель клиентской удовлетворенности Канон	Высокие	+	-
Buy a Feature	Высокие	+	-
User Story Mapping	Очень высокие	-	-
Speed Boat	Высокие	+	-
Value vs. Cost	Низкие	-	+
Модель Systemico	Очень высокие	-	-
Feature Buckets	Очень высокие	+	+
Предложенная методика	Низкие	+	+



при использовании ИРПП с помощью количественных (количество обращений пользователя с запросом на модификацию в техподдержку) и качественных (ключевые характеристики пользователей) характеристик. Предложенная в этой статье методика основана на работе с большим количеством запросов пользователей, полученных из HelpDesk-систем. Отсюда можно сделать вывод, что предложенная методика будет эффективна при выполнении задач принятия решения о разработке новых пользовательских требований на следующей итерации разработки ПО.

## 2 МЕТОДИКА ППР В ЗАДАЧАХ ПРИОРИТЕЗАЦИИ ЗАПРОСОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА МОДИФИКАЦИЮ ПО

Целью предложенной методики является сокращение временных и трудовых затрат процесса вычисления приоритетов запросов пользователей на модификацию ИРПП, а также повышение их качества на основе применения методов прогнозирования. Прогнозирование оценки приоритетов возможно благодаря представлению истории пользовательских запросов в виде ВР, в котором каждому моменту времени соответствует номер итерации разработки ПО.

Далее приведем определения, необходимые для описания методики ППР приоритезации запросов пользователей на модификацию ПО. На вход предложенная методика получает информацию о пользователях ( $U$ ), их обращениях ( $Q$ ) и их запросах ( $D$ ) на модификацию ПО. На основе этих данных по каждому пользовательскому запросу формируется ВР изменения оценок приоритетов:

$$X = \{x_t, t = t', \dots, N\}, \quad (1)$$

где  $t$  – номер наблюдения (или номер итерации разработки РПП, когда был получен пользовательский запрос),  $t \in (1, \dots, N)$ ;

$t'$  – номер наблюдения, в котором впервые был зафиксирован пользовательский запрос;

$x_t$  – значение приоритета пользовательского запроса на момент начала итерации разработки с номером  $t$ ;

$N$  – количество итераций, в течение которых ведется мониторинг и приоритезация запросов пользователей разработки ИРПП.

В результате работы предложенной методики ЛПР получает рекомендации  $P_j$  в виде ранжированных по степени важности интегральных оценок запросов на модификацию ПО в следующем виде:

$$P_j = F(x_{N+1,j}, B(X_j)), j = 1, \dots, L, \quad (2)$$

где  $x_{N+1,j}$  – прогнозная оценка приоритета пользовательского запроса на следующую итерацию разработки ПО;

$j$  – идентификатор пользовательского запроса;

$L$  – количество запросов пользователей на модификацию ПО;

$B(X_j)$  – оценка тенденции изменения приоритета пользовательского запроса, полученная по ВР  $X_j$ ;

$F$  – процедура интеграции точечной прогнозной  $x_{N+1,j}$  и темпоральной  $B(X_j)$  оценок приоритета пользовательского запроса на модификацию ПО.

Предложенная методика ППР в задаче приоритезации запросов пользователей на модификацию РПП состоит из следующих этапов:

1. Этап извлечения и преобразования данных для вычисления оценок приоритетов:

а. Извлечение информации из HelpDesk об обращениях пользователей по проблемам при использовании ПО. Извлечение характеристик пользователей ИРПП, отправивших обращение о проблеме в HelpDesk-систему. Преобразование обращений в запросы пользователей на модификацию ПО. В результате этапа формируются информация о пользователях ( $U$ ), их обращениях ( $Q$ ) и их запросах ( $D$ ) на модификацию ПО.

б. Формирование матрицы отношений запросов и пользователей. Результатом этапа является матрица  $R$ .

с. Вычисление точечных и темпоральных оценок приоритетов запросов на модификацию по каждой проблеме, полученных от множества пользователей, в виде ВР  $X_j$  (1) и нечеткой тенденции  $B(X_j)$ .

2. Этап моделирования и прогнозирования оценок приоритетов по ВР  $X_j$ :

а. Построение моделей нечетких ВР  $\tilde{X}$  с помощью лингвистических переменных  $L$  и прогнозирование точечных оценок приоритетов на основе нечетких моделей. Результатом этапа является прогноз  $x_{N+1,j}$ ,  $j = 1, \dots, L$ .

3. Этап формирования рекомендаций для ППР на основе лингвистического резюмирования прогнозных и темпоральных оценок приоритетов запросов пользователей на модификацию ПО

а. Генерация интегральных ранжированных оценок на основе правил, с помощью которых ответственное лицо может принять решение о преобразовании пользовательского запроса в новое требование на разработку. Результатом этапа является модель рекомендаций  $P$  (2).

Таким образом, кратко схема предложенной методики ППР в задаче приоритезации запросов пользователей РПП следующая:

$$(U, Q, D) \rightarrow R \rightarrow X \rightarrow (B(X), L) \rightarrow \rightarrow \tilde{X} \rightarrow x_{N+1} \rightarrow P. \quad (3)$$

Главная отличительная особенность предлагаемой методики ППР приоритезации запросов пользователей на модификацию РПП заключается в том, что ЛПР получает информацию не только по приоритетам запросов пользователей, но и тенденцию их изменения и интегральную оценку приоритета для нового требования на разработку в РПП, а также прогнозное значение интегральной оценки на потенциальный момент завершения разработки запроса, что повысит объективность в принятии решений и будет служить поддержкой ЛПР

в этом процессе. Подробнее этапы предложенной методики будут рассмотрены в следующих разделах.

## 2.1 Извлечение и преобразование данных для вычисления оценок приоритетов

### 2.1.1 Извлечение информации из HelpDesk

Исходными данными являются ключевые характеристики пользователей ИРПП и информация об их обращениях в службу техподдержки, полученные из базы данных программного продукта и его HelpDesk-системы. Данные о ключевых характеристиках пользователей представляются в следующем формате:

$$U = \{u_i, i = 1, \dots, M\}, \quad (4)$$

где  $u_i$  – ключевая характеристика пользователя;

$i$  – идентификатор пользователя;

$M$  – количество пользователей.

В качестве ключевых характеристик пользователей могут выступать их экономические показатели (минимальный чек следующей оплаты), показатели использования системой (степень настройки или использования ПО) и др.

Из HelpDesk-системы выгружаются обращения пользователей, полученные за исследуемый период.

Базовой функциональностью большинства HelpDesk-систем является возможность идентификации пользователя, обратившегося с некоторой проблемой (e-mail, телефон или пользовательский Id), что позволяет связать его характеристики с его обращением в службу техподдержки.

Тогда список обращений в техподдержку  $Q$  представим в виде:

$$Q = \{q_k, k = 1, \dots, K\}, \quad (5)$$

$$q_k = \{i, j, t\}, \quad (6)$$

где  $q_k$  – описание обращения пользователя в службу технической поддержки;

$k$  – индекс обращения;

$i$  – идентификатор пользователя;

$j$  – идентификатор пользовательского обращения;

$t$  – номер наблюдения (или номер итерации разработки, когда был получен пользовательский запрос),  $t \in (1, \dots, N)$ ;

$N$  – количество итераций, в течение которых ведется мониторинг обращений.

К базовой функциональности большинства HelpDesk-систем относится и возможность классифицировать обращения пользователя, что позволяет группировать их по смыслу, а в нашем случае – по типам запросов на модификацию ПО. Таким образом, мы получаем список запросов пользователей на модификацию ПО, представленный в виде:

$$D = \{d_j, j = 1, \dots, L\}, \quad (7)$$

где  $d_j$  – описание пользовательского запроса;

$j$  – идентификатор пользовательского запроса;

$L$  – количество запросов пользователей на модификацию ПО.

В качестве запросов пользователей на модификацию ПО выступают различные обращения пользовате-

лей по доработке ПО (к примеру, если ПО специализируется на работе с e-mail, то интеграция с gmail).

Еще одним интересующим нас параметром является дата обращения пользователя, за счет чего можно соотносить само обращение с соответствующей итерацией разработки ПО, которая проходила в данный момент времени. Этот параметр будет учитываться при формировании ВР оценок приоритетов запросов на модификацию ПО.

### 2.1.2 Формирование матрицы отношений запросов и пользователей

Чтобы вычислить приоритет запроса на модификацию ПО будем использовать связь пользователя и его запроса, для формирования этой связи сформируем матрицу отношений  $R$  в виде:

$$R = \{r_{i,j}\}, \quad (8)$$

$$r_{i,j} = \begin{cases} t', & \text{если } \{i, j, t\} \in Q, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (9)$$

Значение  $r_{i,j}$  содержит в себе номер итерации разработки  $t'$ , когда было впервые зафиксировано обращение пользователя  $i$  с пользовательским требованием  $j$ . Если данный пользователь не обращался с подобным требованием, то в ячейке  $r_{i,j}$  указывается 0.

### 2.1.3 Вычисление точечных и темпоральных оценок приоритетов запросов

На этом этапе предлагается выполнить вычисление точечных и темпоральных оценок приоритетов запросов на модификацию по каждой проблеме, полученных от множества пользователей в виде ВР  $X_j$  (1) и нечеткой тенденции  $B(X_j)$ . Вычисление этих оценок позволит иметь более полную информацию об изменении приоритетов запросов на модификацию ПО и более объективно генерировать рекомендации для ППР.

Сначала необходимо на основе полученной на предыдущих этапах информации вычислить оценку приоритета запроса пользователя в некоторую итерацию разработки, а затем сформировать темпоральную оценку, которую будем рассматривать в виде нечеткой тенденции ВР изменения этого приоритета.

Для вычисления оценки приоритета  $x_t$  некоторого запроса пользователей на модификацию ПО в момент времени  $t$  и формирования из них ВР, на основе которого будет реализовано прогнозирование приоритета  $x_t$ , был разработан алгоритм OTS. При описании разработанного алгоритма в целях упрощения ограничимся рассмотрением оценки приоритета одного запроса, тогда матрица  $\{r_{i,j}\}$  (9) будет рассматриваться как вектор  $\{r_i\}$ , при  $j = \text{const}$ . На вход данный алгоритм принимает вектор  $\{r_i\}$  и модель пользователей  $U$  (4). Результатом работы алгоритма OTS является ВР приоритетов запросов  $X = \{x_t, t = t', \dots, N\}$ , где  $t'$  – номер итерации разработки с первым упоминанием о пользовательском запросе, а каждая точка ВР  $x_t$  – это оценка приоритета.

**Описание алгоритма OTS:**

**Шаг 1.** Определить номер итерации разработки ПО, в которой было зафиксировано первое упоминание о пользовательском обращении. Для этого находим  $t'_i$ , который является минимальным и ненулевым значением вектора  $\{r_i\}$ , так как значение 0 в векторе  $\{r_i\}$  означает, что пользователь не обращался по данной проблеме:

$$t' = \min(r_i), r_i > 0. \quad (10)$$

**Шаг 2.** Вычислить значения оценки приоритета  $x_t$  некоторого запроса пользователей на модификацию ИРПП в момент времени  $t$ . Для расчета введем коэффициент  $\gamma_i(t)$ , который определяет, обращался ли пользователь по данной проблеме в течение конкретной итерации разработки ПО:

$$x_t = \frac{\sum_{i=1}^M (u_i \cdot \gamma_i(t))}{\sum_{i=1}^M (\gamma_i(t))}, \quad (11)$$

$$\gamma_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } r_i = t, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (12)$$

где  $u_i$  – значение ключевой характеристики пользователя,

$\gamma_i(t)$  – индекс отношения пользователя к исследуемому запросу на модификацию ПО в момент времени  $t$ .

Рассматривая упорядоченное по номерам итераций множество вычисленных оценок приоритетов по конкретному запросу, получим ВР оценок приоритета  $X = \{x_t, t = t', \dots, N\}$ .

**2.1.4 Определение тенденции изменения оценок приоритетов пользовательского запроса**

Для определения тенденции изменений оценок приоритетов запросов используется алгоритм, основанный на анализе нечетких элементарных тенденций ВР [1, 12]. Данный алгоритм, подробно описанный в работах [13, 14], сначала группирует интенсивности нечетких тенденций разных типов, а затем на основе эвристических правил формирует лингвистическую оценку основной тенденции ВР. Результатом работы данного алгоритма применительно к рассматриваемой методике ППР является одно из лингвистических значений, характеризующих основную тенденцию ВР оценок приоритетов запросов: «Рост», «Падение», «Стабильность», «Хаос», «Колебание», «Колебание с ростом», «Колебание с падением». Применяя алгоритм идентификации нечеткой тенденции ВР для каждого запроса пользователя и для соответствующего ему ВР, определяется лингвистический терм, несущий качественную информацию об изменении приоритетов, которая будет использоваться в процессе формирования рекомендаций ЛПР согласно выражению (2).

**2.2 Моделирование и прогнозирование ВР оценок приоритетов запросов пользователей**

Основной мотив использования нечетких моделей ВР определялся следующими факторами. Во-первых, небольшой длиной ВР оценок приоритетов запросов

пользователей на модификацию ИРПП. Так как моменты времени сопоставлялись с номерами итераций разработки ИРПП в итерационной методологии разработки ИРПП, размер исследуемых ВР не может быть очень большим и, как правило, не превышает значения 50. Во-вторых, нечеткие модели генерируют лингвистические оценки прогноза, не требующие дополнительной интерпретации ЛПР. Основным отличием нечетких моделей является то, что их значения представлены нечеткими множествами, поэтому в предложенной методике для каждого ВР была построена лингвистическая переменная. В целях автоматизации количество нечетких множеств было установлено 10, а форма нечетких термов – треугольная.

В данной методике ППР для моделирования и прогнозирования ВР изменения приоритета запроса используется модель нечеткого ВР, предложенная в работе [15] при изменении порядка от 1 до 5.

Пусть  $X = \{x_t, \forall x_t \in \mathbb{R} | t = 1, 2, \dots, N\}$  есть числовой ВР оценки приоритета исследуемого запроса. Предположим, что для  $X$  определена лингвистическая переменная  $L$ , с помощью которой сформируем нечеткий ВР  $\tilde{X} = \{\tilde{X}_t | t = 1, 2, \dots, N\}$ , такой, что  $\tilde{X}_t$  есть нечеткое множество для соответствующего  $x_t$ . Тогда модель нечеткого ВР определяется в виде:

$$\tilde{X}_t = (\tilde{X}_{t-1} \times \tilde{X}_{t-2} \times \dots \times \tilde{X}_{t-p}) \circ R(t, \dots, t-p), \quad (13)$$

где « $\times$ » – декартово произведение;

$R(t, \dots, t-p)$  – нечеткое отношение;

$p$  – порядок модели;

« $\circ$ » – минимаксная композиция.

Для получения числового значения прогноза применяется дефазификация по методу центра тяжести.

Для выбора лучшей модели был использован метод выбора модели на основе показателя точности SMAPE [13, 14].

Прогнозирование в предложенной методике ППР выполняется на один интервал, то есть на одну итерацию вперед, для каждого  $j$ -го запроса. В результате дефазификации получаем числовую оценку приоритета согласно формуле (2) в виде  $x_{N+1,j}$ .

Таким образом, после выполнения всех вышеописанных этапов на текущей итерации разработки ИРПП получаем полезную для ЛПР информацию о текущих приоритетах запросов пользователей на модификацию ИРПП, об их прогнозах и тенденциях изменения. Автоматическое формирование интегральной оценки приоритета на основе этой информации представлено в следующем разделе.

**2.3 Формирование рекомендаций для ППР**

На основании оценок приоритетов запросов пользователей на модификацию ПО и тенденций их изменений генерируется рекомендация  $P$  на преобразование пользовательского запроса в функциональное требование на разработку на следующей итерации РПП. Рекомендации основаны на предиктивном анализе priori-

тетов запросов, которые автоматически ранжируются по степени важности и принимают одно из следующих лингвистических значений: «Очень важно», «Важно», «Не очень важно», «Не важно». Для этого используются соответствующие лингвистические переменные на множестве значений  $x_{N+1,j}, j = 1, \dots, L$ , где  $j$  – это номер запроса на модификацию ИРПП.

Предложены следующие шаги формирования рекомендаций для ППР, основанные на преобразовании оценок приоритетов пользовательского запроса, представленного в виде правой части выражения (2), в интегральную оценку приоритета  $P$  для нового требования на модификацию ИРПП:

**Шаг 1.** Все запросы пользователей сортируются по вычисленной прогнозной оценке приоритета  $x_{N+1,j}, j = 1, \dots, L$ , в порядке убывания значений.

**Шаг 2.** Всем пользовательским запросам в первой трети отсортированных данных  $x_{N+1,j}$  назначается предварительная оценка  $P = \text{«Важно»}$ , иначе  $P = \text{«Не важно»}$ .

**Шаг 3.** Если запрос  $x_{N+1,j}$  имеет предварительную оценку «Важно» и его значение тенденции  $B(X_j) \in \{\text{Рост, Колебание с ростом}\}$ , то интегральная оценка  $P = \text{«Очень важно»}$ .

**Шаг 4.** Если запрос  $x_{N+1,j}$  имеет предварительную оценку «Важно» и его значение тенденции  $B(X_j) \in \{\text{Падение, Колебание с падением}\}$ , то интегральная оценка  $P = \text{«Не очень важно»}$ .

**Шаг 5.** Всем требованиям с рекомендацией «Не важно» и значением тенденции  $B \in \{\text{Рост, Колебание с ростом}\}$   $P = \text{«Не очень важно»}$ .

Таким образом, формируются интегральные оценки приоритетов запросов пользователей в лингвистической форме для ППР создания нового требования на модификацию ИРПП согласно выражению (2). Полученные лингвистические оценки являются интегральными, так как они объединяют точечные прогнозные и темпоральные оценки исходных запросов множества пользователей. Эти оценки получены на основе автоматизированной процедуры, что позволяет повысить объективность и снизить время в процессе принятия решения о назначении приоритетов новых задач на разработку, сформированных на основе автоматизированной обратной связи с пользователями ИРПП.

### 3 ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для эксперимента по применению предложенной методики ППР в задаче формирования новых функциональных требований на основе приоритизации запросов в процессе разработки ИРПП было разработано ПО. Эксперимент проводился в компании, разрабатывающей ИРПП «B2B Family». В исследуемом ИРПП анализировались около 600 обращений от 120 различных пользователей за 8 итераций разработки ПО. На основе пользовательских обращений в службу технической

поддержки было выявлено более 30 запросов пользователей на модификацию и улучшение ИРПП «B2B Family», пример исходных данных (требований, ключевых характеристик пользователей, а также их обращений в службу технической поддержки) представлены в таблицах 2–4.

Таблица 2

Описание запросов пользователей на модификацию ПО

Индекс $j$	Описание пользовательского запроса $d$
1	Возможность управлять файлами менеджеров (удалять лишние файлы)
2	Учет длительности звонка при постановке задачи о перезвоне в CRM-систему
3	Перевод формы вложения e-mail на английский язык
4	Механизм массовой рассылки писем
5	Возможность генерации ссылок на документы
6	Снятие ограничений на формат пересылаемых данных

Таблица 3

Описание ключевых характеристик пользователей

Индекс пользователя $i$	Ключевая характеристика пользователя $u$
1	4942
2	1827
3	7074
4	20002
5	5137
...	
118	13774
119	15479
120	11112

Таблица 4

Описание обращений пользователей в службу технической поддержки

Индекс пользователя $i$	Индекс запроса $j$	Номер спринта $t$
26	3	2
22	1	7
64	2	1
32	1	4
15	5	4
...		
2	2	3
114	6	7
75	1	5



Применяя предложенную методику, на основе запросов пользователей на модификацию ПО были вычислены их приоритеты, сформированы и спрогнозированы их ВР с помощью нечетких моделей.

Результаты применения предложенной методики ППР представлены в таблице 5.

Согласно данным таблицы 5 был сделан вывод, что пользовательский запрос с индексом  $j=2$  «Учет длительности звонка при постановке задачи о перезвоне в CRM-систему» является наиболее приоритетным для ИРПП по сравнению с остальными, так как его прогнозное значение приоритета на момент следующей итерации разработки ПО является наивысшим и тенденция его изменения соответствует росту.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой статье предлагается методика ППР в задачах приоритизации запросов пользователей на модификацию ИРПП, чтобы сократить временные затраты и минимизировать ошибки при анализе запросов пользователей и формировании новых функциональных требований. Однако для того чтобы данная методика показывала себя максимально эффективно, необходима большая аудитория пользователей ИРПП. Отсюда можно сделать вывод, что данная методика не подходит узкоспециализированным решениям компаний на начальных этапах развития. Ключевой особенностью предложенной методики является представление и прогнозирование запросов пользователей на модификацию ПО в виде оценки приоритетов на основе ключевых характеристик пользователей и изменения данных оценок на основе нечетких тенденций. Прогнозирование изменения приоритета запроса необходимо, так как ЛПР опирается на предиктивный анализ, то есть ему необходима информация о будущем уровне количества запросов, а не только общая тенденция ВР и текущие значения приоритетов. Этот подход позволяет оценить приоритет пользовательского запроса и спрогнозировать его на ближайшее будущее, а результаты представить в виде лингвистических интегральных оценок, что

позволяет рассматривать их в виде рекомендаций ЛПР для включения высокоприоритетных запросов в список задач для разработки ИРПП.

В дальнейшем планируется развитие алгоритма формирования рекомендаций путем кластеризации оценок приоритетов запросов пользователей на модификацию ПО и присвоение нечетких меток на основании расстояния между центрами кластеров, а также учета оценок сроков реализации запросов пользователей на модификацию ПО.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Time series forecasting using fuzzy techniques / T. Afanasieva, N. Yarushkina, M. Toneryan, D. Zavarzin, A. Sapunkov and I. Sibirev // International Joint Conference IFSA-EUSFLAT (16th World Congress of the International Fuzzy Systems Association (IFSA), 9th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT)), June 30th – July 3rd, Gijon (Asturias) Spain, 2015. pp. 1068–1075.
2. Afanasieva T., Yarushkina N., Sibirev I. Time Series Clustering using Numerical and Fuzzy Representations // In Proc. of Joint 17th World Congress of international Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems IFSA-SCIS 2017. Otsu, Shiga, Japan, June 27–30, 2017. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8023356> (дата обращения: 22.11.2019).
3. Afanasieva T., Moiseev V. Assessing the software developer's quality using fuzzy estimates // Proceedings of the Third International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ITI'18). Springer Int. Publ., 2018. Vol. 1. pp. 203–212.
4. Time Series Processing and Forecasting Using Soft Computing Tools / N. Yarushkina et al. // Proceedings of 13-th International Conf. RSFDGrC-2011. Springer-Verlag, 2011. pp. 155–162.
5. Engineering Data Logistics for Agile Automation Systems Engineering: Requirements and Solution Concepts with AutomationML / S. Biffel, A. Lujder, F. Rinker,

Таблица 5

Формирование рекомендаций новых функциональных требований на основе приоритизации запросов пользователей ИРПП

Запрос	Оценка приоритета запроса, $x_{N+1}$	Ранг приоритета запроса	Лингвистическая оценка запроса	Тенденция изменения приоритета запроса, $B$	Рекомендация для создания функционального требования, $P$
$X_2$	17877	1	Важно	Рост	Очень важно
$X_1$	16225	2	Важно	Хаос	Важно
$X_4$	12657	3	Не важно	Колебание с ростом	Не очень важно
$X_3$	11721	4	Не важно	Колебание	Не важно
$X_5$	5804	5	Не важно	Падение	Не важно
$X_6$	3845	6	Не важно	Хаос	Не важно

- L. Waltersdorfer, D. Winkler // Security and Quality in Cyber-Physical Systems Engineering. Nov. 2019. pp. 187–225.
6. Huang D., Zhang W. Study on investment decision-making in software development project // 6th IEEE Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference, August 20th-22th, (Chongqing) China, 2011. pp. 109–115.
  7. Berger C., Kano's Methods for Understanding Customer-defined Quality. // Center for Quality Management Journal. 1993. Vol. 2, no. 4. pp. 3–36.
  8. Hohmann L. Innovation Games: Creating Breakthrough Products Through Collaborative Play. Pearson Education. Boston, 2006. pp. 133–136.
  9. Patton J., Economy P. User Story Mapping: Discover the Whole Story, Build the Right Product. O'Reilly Media, New York, 2014. pp. 8–20.
  10. Plan Your Next Sprint By Bang For The Buck: Part 2 – Tyner Blain. URL: <http://tynerblain.com/blog/2008/10/20/planning-sprints-part-2> (дата обращения: 22.11.2019).
  11. The Systemico Model – Barry O'Reilly URL: <https://barryoreilly.com/the-systemico-model> (дата обращения: 22.11.2019).
  12. Time series analysis using soft computing methods / I. Perfilieva, N. Yarushkina, T. Afanasieva, A. Romanov // International Journal of General Systems. 2013. 42:6. pp. 687–705.
  13. Afanasieva T., Sapunkov A. Selection of time series forecasting model, using a combination of linguistic and numerical criteria // 2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), October 12th-14th, (Baku) Azerbaijan, 2016. pp. 341–346.
  14. Afanasieva T., Sapunkov A. Calculating the priorities of user problems in software development // 2018 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), October 17th-19th, (Almaty) Kazakhstan, 2018. pp. 234–240.
  15. Song Q., Chissom B. Fuzzy time series and its models // Fuzzy Sets and Systems. 1993. Vol. 54. pp. 269–277.
- REFERENCES
1. Afanasieva T., N. Yarushkina, M. Toneryan, D. Zavarzin, A. Sapunkov and I. Sibirev. Time Series Forecasting Using Fuzzy Techniques. *International Joint Conference IFSA-EUSFLAT (16th World Congress of the International Fuzzy Systems Association (IFSA), 9th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT))*. Gijon (Asturias) Spain, June 30th-July 3rd, 2015, pp. 1068–1075.
  2. Afanasieva T., Yarushkina N., Sibirev I. Time Series Clustering using Numerical and Fuzzy Representations. *In Proc. of Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems IFSA-SCIS 2017*. Otsu, Shiga, Japan, June 27–30, 2017. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8023356> (accessed 22.11.2019).
  3. Afanasieva T., Moiseev V. Assessing the Software Developer's Quality using Fuzzy Estimates. *Proceedings of the Third International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (IITI'18)*. Springer Int. Publ., 2018, vol. 1, pp. 203–212.
  4. Yarushkina N. et al. Time Series Processing and Forecasting Using Soft Computing Tools. *Proceedings of 13-th International Conf. RSFDGrC-2011*. Springer-Verlag, 2011, pp. 155–162.
  5. Biffl S., A. Lujder, F. Rinker, L. Waltersdorfer, D. Winkler. Engineering Data Logistics for Agile Automation Systems Engineering: Requirements and Solution Concepts with AutomationML. *Security and Quality in Cyber-Physical Systems Engineering*, Nov. 2019, pp. 187–225.
  6. Huang D., Zhang W. Study on Investment Decision-Making in Software Development Project. *The 6th IEEE Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference*. August 20th-22th, (Chongqing) China, 2011, pp. 109–115.
  7. Berger C. Kano's Methods for Understanding Customer-defined Quality. *Center for Quality Management Journal*, 1993, vol. 2, no. 4, pp. 3–36.
  8. Hohmann L. *Innovation Games: Creating Breakthrough Products through Collaborative Play*. Pearson Education, Boston, 2006. pp. 133–136.
  9. Patton J., Economy P. *User Story Mapping: Discover the Whole Story, Build the Right Product*. O'Reilly Media, New York, 2014. pp. 8–20.
  10. *Plan Your Next Sprint by Bang for the Buck: Part 2 – Tyner Blain*. Available at: <http://tynerblain.com/blog/2008/10/20/planning-sprints-part-2> (accessed 22.11.2019).
  11. Barry O'Reilly. *The Systemico Model*. Available at: <https://barryoreilly.com/the-systemico-model> (accessed 22.11.2019).
  12. Perfilieva I., N. Yarushkina, T. Afanasieva, A. Romanov. Time Series Analysis using Soft Computing Methods. *International Journal of General Systems*, 2013, 42:6, pp. 687–705.
  13. Afanasieva T., Sapunkov A. Selection of Time Series Forecasting Model, using a Combination of Linguistic and Numerical Criteria. *IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*. October 12th-14th, (Baku) Azerbaijan, 2016, pp. 341–346.
  14. Afanasieva T., Sapunkov A. Calculating the Priorities of User Problems in Software Development. *IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*. October 17th-19th, (Almaty) Kazakhstan, 2018, pp. 234–240.
  15. Song Q., Chissom B. Fuzzy Time Series and its Models. *Fuzzy Sets and Systems*, 1993, vol. 54, pp. 269–277.