



"Издательство Радиотехника":
научно-техническая литература.
Книги, журналы издательств
ИПРЖР, РС-ПРЕСС, САЙНС-ПРЕСС

E-mail: info@radiotec.ru
Тел.: +7 (495) 625-9241



НОВОСТИ КОНТАКТЫ ДЛЯ АВТОРОВ ПОДПИСКА ВАКАНСИИ ПРАЙС-ЛИСТ ЗАКАЗ ЛИЦЕНЗИОННЫЙ ДОГОВОР КОРЗИНА ПОКУПОК

::Журналы

Радиотехника

Радиосистемы

Антенны

Успехи современной
радиоэлектроники

Электромагнитные волны и
электронные системы

Биомедицинская радиоэлектроника

Нейрокомпьютеры: разработка,
применение

Наукоемкие технологии

Информационно-измерительные и
управляющие системы

Нелинейный мир

Спутниковые системы связи и
вещания

Технологии живых систем

Системы высокой доступности

Динамика сложных систем — XXI век

Нанотехнологии: разработка,
применение — XXI век

Нanomатериалы и наноструктуры —
XXI век

::Книги

Радиолокация и радионавигация

Статистическая радиолокация,
телекоммуникации и спутниковая
радиосвязь

Журнал Информационно-измерительные и управляющие системы №11 за 2018 г.

Математическое моделирование процессов измерения, обработки и управления

От редакторов выпуска

DOI j20700814-201811-01

А.Н. Афанасьев - Доктор технических наук

К.К. Васильев - Доктор технических наук

4

Метод согласования технологий когерентных сетей с системой прямой коррекции ошибок

DOI 10.18127/j20700814-201811-02

А.А. Гладких - д.т.н., профессор, кафедра телекоммуникации, Ульяновский государственный технический университет

E-mail: a_gladkih@mail.ru, a_gladkih@ulstu.ru

А.В. Меновщиков - аспирант, кафедра телекоммуникации, Ульяновский государственный технический университет

E-mail: m.art.vl@mail.ru

5-10

Траекторная фильтрация в связанных координатах

DOI 10.18127/j20700814-201811-03

К.К. Васильев - д.т.н., профессор, кафедра телекоммуникации, Ульяновский государственный технический университет

E-mail: vkk@ulstu.ru

А.В. Маммус - к.т.н., гл. конструктор, ФНПЦ ОАО «НПО «Марс» (г. Ульяновск)

E-mail: mattisav@rambler.ru

11-18

Эффективность траекторной фильтрации в связанных координатах

DOI 10.18127/j20700814-201811-04

А.В. Маммус - к.т.н., гл. конструктор, ФНПЦ ОАО «НПО «Марс» (г. Ульяновск)

E-mail: mattisav@rambler.ru

О.В. Саверкин - аспирант, кафедра телекоммуникации, Ульяновский государственный технический университет

E-mail: saverkin-oleg@mail.ru

19-23

Комбинированный подход к определению шума в цепях приемников

24-32

Найти

[ВСЕ НОВОСТИ](#)

Математические методы в радиотехнике, фракталы, хаос
Обработка сигналов и вычислительная техника
Автоматика и авиационные системы радиоуправления
Антенны и распространение радиоволн
СВЧ и вычислительная техника
Защита информации
Информационные технологии и живые системы
Нейрокомпьютеры и их применение
Интеллектуальные системы
Радиоэлектронная борьба и разведка
Учебники и учебные пособия
Справочные издания
Разное

радиолокационных станций DOI 10.18127/j20700814-201811-05 <i>В.А. Гульшин - к.т.н., доцент, кафедра «Радиотехника», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: vgulshin@yandex.ru</i>	
Оптимальное евклидово расстояние рассогласования оценок при псевдоградиентном оценивании параметров межкадровых геометрических деформаций изображений DOI 10.18127/j20700814-201811-06 <i>А.Г. Ташлинский - д.т.н., профессор, зав. кафедрой радиотехники, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: tag@ulstu.ru</i> <i>Г.Л. Сафина - к.т.н., доцент, кафедра прикладной математики, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет</i> <i>E-mail: minkinag@mail.ru</i> <i>Р.О. Коваленко - аспирант, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: r.kovalenko.o@yandex.ru</i>	33-39
Численные характеристики поведения вектора оценок при стохастическом оценивании параметров геометрических деформаций изображений DOI 10.18127/j20700814-201811-07 <i>Д.Г. Краус - аспирант, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: kraus_bak@mail.ru</i> <i>П.В. Смирнов - к.т.н., начальник научно-исследовательского отдела, АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»</i> <i>E-mail: rtcis@mail.ru</i> <i>А.Г. Ташлинский - д.т.н., профессор, зав. кафедрой радиотехники, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: tag@ulstu.ru</i>	40-46

Спутниковые мобильные и виртуальные системы

Двухэтапное некаузальное оценивание пространственно неоднородных изображений DOI 10.18127/j20700814-201811-08 <i>В.Е. Дементьев - к.т.н., зав. кафедрой «Телекоммуникации», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: vitawed@mail.ru</i>	47-51
Повышение эффективности обнаружения радиолокационных целей с использованием данных дистанционного зондирования DOI 10.18127/j20700814-201811-09 <i>В.Е. Дементьев - к.т.н., зав. кафедрой «Телекоммуникации», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: vitawed@mail.ru</i> <i>Д.С. Кондратьев - аспирант, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: kondratev.dmitriy@gmail.com</i>	52-55

Совместная оценка координат группы автономных аппаратов DOI 10.18127/j20700814-201811-10 <i>К.К. Васильев - д.т.н., профессор, кафедра «Телекоммуникации», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: vkk@ulstu.ru</i>	56-60
Разработка системы навигации беспилотного летательного аппарата DOI 10.18127/j20700814-201811-11 <i>В.Е. Дементьев - к.т.н., зав. кафедрой «Телекоммуникации», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: vitawed@mail.ru</i> <i>А.Г. Френкель - аспирант, кафедра «Телекоммуникации», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: j.skvoll@gmail.com</i>	61-66
Проектирование информационных систем	
Архитектура, математическое и программно-информационное обеспечения комплексной системы проектирования сложных технических объектов и обучения DOI 10.18127/j20700814-201811-12 <i>А.Н. Афанасьев - д.т.н., профессор, первый проректор – проректор по ДиДО, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: a.afanasev@ulstu.ru</i> <i>Н.Н. Войт - к.т.н., доцент, кафедра «Вычислительная техника», зам. директора по НИР ИДДО, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: n.voit@ulstu.ru</i> <i>Д.С. Канев - к.т.н., начальник НИО ИДДО, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: dima.kanev@gmail.com</i> <i>С.Ю. Кириллов - магистр техники и технологии, аспирант, начальник НИО ИДДО, Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: kirillovsyu@gmail.com</i> <i>В.А. Гульшин - к.т.н., доцент, кафедра «Радиотехника», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: vgulshin@yandex.ru</i>	67-76
Метод автоматизированного поиска похожих проектов по числовым характеристикам DOI 10.18127/j20700814-201811-13 <i>Т.В. Афанасьева - д.т.н., профессор, доцент, кафедра «Информационные системы», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: tv.afanasjeva@gmail.com</i> <i>И.В. Сибирев - аспирант, кафедра «Информационные системы», Ульяновский государственный технический университет</i> <i>E-mail: ivan.sibirev@yandex.ru</i>	77-83
Методы и средства автоматизации проектирования потоков работ DOI 10.18127/j20700814-201811-14	84-89

*Н.Н. Войт -- к.т.н., доцент, кафедра «Вычислительная техника», зам. директора по НИР ИДДО, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: n.voit@ulstu.ru*

Автоматизация структурно-параметрического анализа проектных решений и обучения проектировщика изделий машиностроения средствами САПР КОМПАС

DOI 10.18127/j20700814-201811-15

*С.И. Бригаднов - аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: sergbrig@yandex.ru*

*С.И. Бочков - аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: bochkovsam1@rambler.ru*

90-97

Разработка семантической модели организационно-технических компонентов конструкторского проектирования на основе онтологии

DOI 10.18127/j20700814-201811-16

*М.Е. Уханова - аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет; вед. инженер-программист, АО «Ульяновский механический завод»
E-mail: mari-u@inbox.ru*

98-108

Организация сохранения процессов проектирования в виртуальной платформе инженерных компетенций

DOI 10.18127/j20700814-201811-17

*И.В. Горбачев - к.т.н., доцент, начальник Учебного управления, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: giv.uln@gmail.com*

*Ю.Э. Бужерак - студент, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: juliabuzherak@mail.ru*

*Е.В. Степашкина - аспирант, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: e.stepashkina85@mail.ru*

106-109

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА ПОХОЖИХ ПРОЕКТОВ ПО ЧИСЛОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ¹

Т.В. Афанасьева, И.В. Сибирев
T.V. Afanasjeva, I.V. Sibirev

В статье сформулирована постановка задачи и описан метод автоматизированного поиска проектных решений, схожих с новым планируемым проектом, на основе извлечения из проектных репозиториев числовых статических и динамических характеристик проектов. Идея метода заключается в кластеризации проектов по статическим и динамическим характеристикам, определении группы проектов, наиболее близких к новому планируемому. При реализации метода возникает возможность определить внутри каждого кластера множество описательных характеристик проектов, включенных в кластер, тем самым, на этапе эскизного проектирования определить варианты проектных решений. Приведен пример применения метода автоматизации поиска проектных решений в компании, занимающейся разработкой программного обеспечения.

This article describes method of automation search for design solutions similar to the new planned project, based on the extraction of numerical static and dynamic characteristics of projects from the project repositories. The idea of the method is to cluster projects by static and dynamic characteristics, to determine the group of projects closest to the new planned. When implementing the method, it is possible to determine within each cluster a set of descriptive characteristics of the projects included in the cluster and, thus, at the stage of preliminary design to determine options for design solutions. Results of approbation of a method and means of automation of search of design decisions in the company which is engaged in development of the software are resulted.

Ключевые слова: проект, поиск проектных решений, кластеризация, числовые статические характеристики проекта, временной ряд.

Keywords: project, search for design solutions, clustering, numerical static characteristics of the project, time series.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 16-47-730715 и № 16-47-732112

Реферат

В настоящее время актуальна и востребована разработка автоматизированных средств поддержки производства на основе поиска аналогичных проектных решений по множеству их статических и динамических характеристик из проектных репозиторий. В статье сформулирована постановка задачи и описан метод автоматизации поддержки поиска проектных решений, схожих с новым планируемым проектом, на основе извлечения из репозиторий числовых статических и динамических характеристик проектов.

Метод поиска проектных решений основан на методах кластеризации статических данных и временных рядов, на методах нечеткого анализа. Он использует предлагаемые авторами: модель процессов реализации проектных решений, предусматривающую возможность совместного анализа числовых статических и динамических характеристик проектов из репозиторий; алгоритм восстановления числовых характеристик проектов из репозиторий ПО на основе методов нечеткой кластеризации; метод кластеризации временных рядов на основе интеграции параметрического, поточечного и модельного подходов к кластеризации временных рядов, отличающийся от известных методов применением кластеризации на трех иерархических уровнях (основных тенденций, компонент тренда и колебаний).

В статье предлагается пошаговое описание метода автоматизированного поиска похожих проектов, включающего этапы: 1 – работа с проектным репозиторием, которая заключается в извлечении числовых статических и динамических характеристик из проектных репозиторий; предобработке гетерогенных данных; восстановлении пропусков числовых таблиц; кластеризации проектов по статическим и динамическим характеристикам; 2 – определение группы проектов, схожих с новым планируемым проектом, на основе нахождения минимального расстояния между вектором ключевых характеристик планируемого проекта и центрами кластеров.

Рассмотрено экспериментальное исследование предложенного метода автоматизированного поиска похожих проектных решений по данным компании, занимающейся разработкой программного обеспечения.

Abstract

Currently, the development of automated production support tools based on the search for similar design solutions for a variety of their static and dynamic characteristics from project repositories is relevant and in demand. The article describes a method of automating the search

support for design solutions similar to the new planned project, based on the extraction of numerical static and dynamic characteristics of projects from the repositories.

The method of search of design solutions is based on methods of clustering of static data and time series, on methods of fuzzy analysis. It uses suggested by the authors: the process model the design decisions, including the joint analysis of the static and dynamic numerical characteristics of the projects from the repository; reconstruction algorithm the numerical characteristics of the projects repositories on the basis of fuzzy clustering; the method of clustering time series based on the integration of parametric pointwise and model-based approaches for clustering time series, different from the known methods of applying clustering on three hierarchical levels (major trends, component trends and fluctuations).

The article offers a step-by-step description of the method of automated search for similar projects, including the following stages: 1-work with the project repository, which consists in extracting numerical static and dynamic characteristics from the project repositories; preprocessing heterogeneous data; restoring missing numeric tables; clustering projects by static and dynamic characteristics; 2-determination of a group of projects similar to the new planned project, based on finding the minimum distance between the vector of key characteristics of the planned project and cluster centers.

The article considers an experimental study of the proposed method of automated search for similar design solutions according to a small company engaged in custom software development.

Введение

При проектировании технических, организационно-технических систем, информационно-измерительных средств, измерительно-вычислительных комплексов и их элементов автоматизированный поиск их аналогов и прототипов, похожих проектов и проектных решений, удовлетворяющих требованиям технического задания (ТЗ), является актуальной задачей. В настоящее время проблема автоматизированного поиска вариантов проектных решений для вновь разрабатываемой системы недостаточно исследована. В то же время автоматизация процесса поиска похожих проектов по их статическим и динамическим характеристикам, извлекаемым из баз данных, позволит сократить трудозатраты, повысить качество проектирования и снизить количество неудачных решений. Поэтому рассматриваемая в статье проблема разработки метода

автоматизированного поиска похожих проектов по статическим и динамическим характеристикам, извлекаемым из репозитория проектов, актуальна и востребована.

Краткий обзор подходов решения проблемы поиска проектов

При решении задачи автоматизации поиска проектных решений известны подходы на основе интегрального индекса, вычисляемого по множеству характеристик программных артефактов, и подходы на основе методов кластеризации, позволяющие группировать проекты по множеству характеристик. Это позволяет сократить время поиска и повысить его результативность по сравнению с традиционными средствами. В первом подходе по множеству характеристик проектного решения вычисляется интегральный индекс [1], [2], который используется для поиска проектных решений. Недостаток первого подхода – в том, что при интеграции характеристик может быть потеряна значимая информация. Работы, основанные на втором подходе, при анализе проектных решений используют кластеризацию текстовой информации проектных документов [12], [13], [14], программного кода из репозитория или кластеризацию статических численных характеристик проектов [3-11],[15-18]. При этом не учитывается информация о том, как проект развивался, какие тенденции положительно влияли на процесс разработки, а какие – отрицательно.

Постановка задачи автоматизированного поиска похожих проектов

Рассмотрим проект системы, информация о котором хранится в проектном репозитории, в виде совокупности его статических и динамических характеристик. Статические характеристики включают числовые характеристики параметров разработанной системы и ее элементов, а также описательные характеристики, содержащие текстовые или иные описания. Динамические характеристики образованы упорядоченными по времени значениями числовых характеристик параметров (временными рядами), задающих поведение и закономерности изменения системы и ее элементов, в том числе функциональные.

Обозначим множество проектов разработанных и разрабатываемых систем в проектном репозитории $P = \{P_i\}$, где $i = 1..I$, I – количество проектов. Рассматривая проекты в виде совокупности свойств, задаваемых статическими, динамическими характеристиками, и отношений между ними, представим P в виде

$$P = \{S, D, O, R_{SDO}, R_{SS}, R_{DD}\}, \quad (1)$$

где $S = \{S_{ij}\}, j = 1, 2, \dots, J$ обозначает множество из J статических числовых характеристик проектов P (например, время разработки, количество разработчиков, параметры и погрешности элементов, количество изменений, количество коммитов, количество ошибок, стоимость проекта, количество задач и др.); $D = \{D_{ijt}\}, t = 1, 2, \dots, T$ содержит динамические числовые характеристики проектов P , описывающие изменение во времени $t = 1, 2, \dots, T$ статических числовых характеристик S , рассматриваемые в виде BP . Отметим, что динамические характеристики являются производными от статических числовых характеристик; $O = \{O_{iq}\}, q = 1, 2, \dots, Q$ обозначает множество из Q статических текстовых характеристик, содержащих текстовые и графические описания проектных решений и необходимых пояснений проектов P (название проекта; проектная документация, техническое задание, отчёты; диаграммы и модели; тексты программных кодов, комментарии к ним); R_{SDO} определяет отношение связи характеристик S, D, O ; R_{SS} задает отношение сходства между проектами, по S ; R_{DD} обозначает отношение сходства между проектами по D .

Предположим, в проектном репозитории содержатся несколько похожих по своим статическим и динамическим характеристикам проектов. Тогда проекты P можно разделить на следующие группы (кластеры) похожих проектов $Cl_{rw}, Cl_r^{static}, Cl_w^{dynamic}: P = \bigcup Cl_r^{static} \quad (r = 1..R)$, где кластеры Cl_r^{static} включают проекты P_i , схожие по их статическим числовым характеристикам S на основе отношения R_{SS} , $P = \bigcup Cl_w^{dynamic} \quad (w = 1..W)$, где кластеры $Cl_w^{dynamic}$ содержат проекты P_i , схожие по их динамическим

числовым характеристикам D на основе отношения R_{DD} , $Cl_{rw} = Cl_r^{static} \cap Cl_w^{dynamic} (wr = 1..WR)$ обозначают кластеры, которые состоят из проектов P_i , схожих по статическим и по динамическим числовым характеристикам, WR определяет количество таких кластеров.

На основе введенных обозначений и модели (1) сформулируем формальную постановку задачи автоматизированного поиска похожих проектов (вариантов проектных решений) для заданного проекта G .

Пусть в результате анализа требований к системе были сформулированы некоторое множество из $K < J$ числовых характеристик S_k^{new} , $k = 1, 2, \dots, K$ заданного проекта G . В дальнейшем эти K числовые характеристики, известные для нового проекта, будем называть ключевыми числовыми характеристиками проекта.

Необходимо определить подмножество, состоящее из проектов некоторого кластера $cl^* \in \{Cl_{rw}\}$, $Cl_{rw} \subset P$, которым отвечают варианты возможных значений остальных характеристик S, D, O для нового проекта G .

Метод автоматизированного поиска похожих проектов из проектных репозитория

Идея метода автоматизированного поиска похожих проектов основана на разделении по времени двух этапов: формирование подмножества проектов в кластерах $Cl_{rw} \subset P$ на основе кластеризации проектов репозитория и определение подмножества проектов из некоторого кластера $cl^* \in \{Cl_{rw}\}$, имеющих сходство с проектом G по его ключевым характеристикам S_k^{new} , $k = 1, 2, \dots, K$. Рассмотрим пошаговое описание предлагаемого метода автоматизированного поиска похожих проектов.

Этап 1. Работа с репозиторием проектов P . Подготовка данных и формирование кластеров проектов $P = \{P_i\}$, где $i = 1..I$, I – количество проектов, хранимых в репозитории, сходных по статическим и динамическим характеристикам $Cl_{rw} \subset P$.

Шаг 1.1. Подключение к проектному репозиторию, получение числовых характеристик проектов $S = \{S_{ij}\}, j = 1, 2, \dots, J$, согласно модели (1). В случае невозможности получения некоторых значений числовых характеристик из репозитория – восстановление недостающих числовых характеристик проектов, например, методом, описанным в работе [19].

Шаг 1.2. По числовым характеристикам S формирование динамических характеристик проектов $D = \{D_{ijt}\}, t = 1, 2, \dots, T$ в виде множества временных рядов.

Шаг 1.3. Кластеризация всех проектов P из проектного репозитория по числовым статическим характеристикам S и формирование R кластеров проектов $Cl_r^{static} \subset P, (r = 1..R)$, схожих по статическим характеристикам. Для решения этой задачи могут быть использованы любые методы кластеризации, например, метод Варда [20].

Шаг 1.4. Кластеризация динамических характеристик проектов D , представленных временными рядами, и формирование W кластеров проектов $Cl_w^{dynamic} \subset P, (w = 1..W)$. Для этой цели могут быть использованы методы кластеризации множества временных рядов, например, FBC-метод [21], [22].

Шаг 1.5. Формирование RW кластеров проектов $Cl_{rw} \subset P$, сходных по статическим и динамическим характеристикам: $Cl_{rw} = Cl_r^{static} \cap Cl_w^{dynamic}$, $(wr = 1..WR)$.

Этап 2. Определение проектов, похожих с заданным проектом G . Определение для данного проекта G кластера, содержащего проекты, схожие по ключевым числовым характеристикам $cl^* \in \{Cl_{rw}\}$.

Шаг 2.1. Получение вектора ключевых характеристик $S_k^{new}, k = 1, 2, \dots, K$ заданного проекта G , для которого будет выполняться поиск похожих проектов.

Шаг 2.2. Вычисление векторов центров кластеров $C_r (r = 1..R)$ для ключевых характеристик проектов, образующих кластеры $Cl_r \subset P$. Длина

каждого вектора определяется количеством ключевых характеристик заданного проекта G , то есть равна K .

Шаг 2.3. Вычисление евклидовых расстояний между векторами ключевых характеристик S_k^{new} проекта G и векторами центров кластеров C_r ($r = 1..R$), выбор минимального расстояния.

Шаг 2.4. Вывод информации о проектах из кластера $cl^* \in \{Cl_{rw}\}$, имеющего минимальное евклидово расстояние по ключевым характеристикам от центра кластера до S_k^{new} . Эта информация содержит характеристики S^* , D^* , O^* проектов, имеющих сходство между собой и сходных по ключевым характеристикам с заданным проектом G .

Пример применения метода поиска проектов

Приведем экспериментальное исследование предложенного метода автоматизированного поиска похожих проектных решений по данным небольшой компании, занимающейся заказной разработкой ПО. Пусть известны характеристики девяти проектов $P = \{P_i\}$, $i = 1, 2, \dots, 9$, хранимые в проектном репозитории (таблица 1). Пусть в результате анализа требований к новому проекту G определены 4 ключевые статические характеристики: длительность разработки ($S1$), количество библиотек ($S4$), количество функций пользователя ($S6$), количество исполнителей ($S8$). Ставится задача: по ключевым характеристикам нового проекта G найти похожие проекты из множества $P = \{P_i\}$, $i = 1, 2, \dots, 9$, из которых определить возможные варианты значений недостающих характеристик проекта G для использования при создании проекта и при его разработке. Для решения этой задачи применим предложенный метод поиска похожих проектов.

На первом этапе в результате выполнения шага 1.3 с использованием метода Варда проекты репозитория $P = \{P_i\}$, $i = 1, 2, \dots, 9$ были сгруппированы в 5 кластеров (см. таблицу 2, второй столбец): $Cl_1^{static} = \{P3, P6, P1\}$; $Cl_2^{static} = \{P2, P7\}$; $Cl_3^{static} = \{P4\}$; $Cl_4^{static} = \{P5\}$; $Cl_5^{static} = \{P8, P9\}$. Результатом выполнения кластеризации по динамическим характеристикам

ФВС-методом (шаг 1.4 предложенного метода) явилось разделение исходных проектов $P = \{P_i\}, i = 1, 2, \dots, 9$ на 3 кластера, которые были сформированы по ежемесячному изменению числовой характеристики количество задач S_2 (см. таблицу 2, третий столбец).

Таблица 1. Характеристики проектов репозитория

Проекты	Статические числовые характеристики S								Динамические числовые характеристики D	Статические текстовые характеристики O	
	Длительность (лет)	Кол-во задач	Иерархия	Кол-во библиотек	Объем кода	Кол-во функций пользователя	Кол-во замечаний от заказчика	Кол-во исполнителей	Ежемесячное изменение количества задач	Уровень исполнителей	Описания решений, документация
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8			
P1	2	91	2	4	782	26	11	4	D_{11}	S,J, S,J	O_{21}
P2	2	143	3	2	2813	78	20	5	D_{12}	S,M,J S,J	O_{22}
P3	5	70	4	2	3613	67	31	3	D_{13}	M,J,S	O_{23}
P4	2	108	3	2	3109	57	56	3	D_{14}	J,M,S	O_{24}
P5	0.5	83	3	1	2514	32	25	2	D_{15}	J,S	O_{25}
P6	4	202	4	4	1541	30	78	2	D_{16}	J,S	O_{26}
P7	3	112	2	1	1917	28	31	2	D_{17}	J,M	O_{27}
P8	3	97	2	1	1746	41	21	2	D_{18}	J,S	O_{28}
P9	0.5	91	3	0	1303	44	20	2	D_{19}	J,S	O_{29}
G	0.7			1		36		2			

Результаты совместной группировки проектов $P = \{P_i\}, i = 1, 2, \dots, 9$ по статическим и по динамическим характеристикам представлены в таблице 2, четвертый столбец (шаг 1.5 предложенного метода). На втором этапе метода поиска похожих проектов выполнены последовательно шаги 2.1 и 2.2. Вычислим евклидовы расстояния между вектором ключевых характеристик S_k^{new} проекта G и векторами центров кластеров C_r ($r = 1..5$), определим среди них минимальное (шаг 2.3 разработанного метода). Результаты указанных вычислений представлены в таблице 3. Из таблицы 3 следует, что между проектом G и центром кластера Cl_5^{static} евклидово

расстояние минимально.

Таблица 2. Результаты первого этапа метода поиска похожих проектов

Название проекта	Результаты кластеризации проектов методом Варда $Cl_r^{static}, (r = 1..5)$	Результаты кластеризации проектов FBC-методом $Cl_w^{dynamic}, w = 1..3$	Результаты совместной кластеризации $Cl_{rw}, rw = 1..7$
P1	Cl_1^{static}	$Cl_1^{dynamic}$	Cl_{11}
P2	Cl_2^{static}	$Cl_2^{dynamic}$	Cl_{22}
P3	Cl_1^{static}	$Cl_3^{dynamic}$	Cl_{13}
P4	Cl_3^{static}	$Cl_2^{dynamic}$	Cl_{32}
P5	Cl_4^{static}	$Cl_3^{dynamic}$	Cl_{43}
P6	Cl_1^{static}	$Cl_1^{dynamic}$	Cl_{11}
P7	Cl_2^{static}	$Cl_3^{dynamic}$	Cl_{23}
P8	Cl_5^{static}	$Cl_3^{dynamic}$	Cl_{53}
P9	Cl_5^{static}	$Cl_3^{dynamic}$	Cl_{53}

Это позволяет сделать вывод, что заданные ключевые характеристики проекта G наиболее близки к статическим числовым характеристикам проектов P8, P9, входящим в кластер Cl_5^{static} . Используя эту информацию и данные таблицы 2, проект G по динамическим характеристикам следует отнести к кластеру $Cl_3^{dynamic}$, содержащему проекты P8 и P9.

Таблица 3. Евклидовы расстояния между нормированными векторами центров кластеров и вектором ключевых характеристик нового проекта G

Центры кластеров $C_r (r = 1..5)$	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Проект G	1.161	1.065	1.388	0.653	0.503

Таким образом, применение метода поиска похожих проектов позволило определить подмножество проектов, сходных между собой и с заданным проектом G . Следовательно, характеристики проектов P8 и P9 могут быть использованы как варианты возможных параметров нового проекта G . В таблице 4 полученные варианты (оценки) значений для нового проекта G указаны с помощью указания диапазона или перечисления значений (для ссылок на источники сложно-структурированных данных, представленных временными рядами и текстовыми документами).

Таблица 4. Характеристики нового проекта G, полученные в результате применения предложенного метода поиска похожих проектов, и характеристики похожих проектов

Проекты	Статические числовые характеристики S^*								Динамические числовые характеристики D^*	Статические текстовые характеристики O^*	
	Длительность (лет)	Кол-во задач	Иерархия	Кол-во библиотек	Объем кода	Кол-во функций пользователя	Кол-во замечаний от заказчика	Кол-во исполнителей	Ежемесячное изменение количества задач	Уровень исполнителей	Описания решений, документация
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	D1	O1	O2
P8	3	97	2	1	1746	41	21	2	D18	J,S	O28
P9	0.5	91	3	0	1303	44	20	2	D19	J,S	O29
G	0.7	91-97	2-3	0-1	1303-1746	36	20-21	2	D18, D19	J,S	O28, O29

Заключение

Итак, предлагаемый нами алгоритм поиска проектных решений позволяет автоматизировать поиск проектных решений из репозитория по множеству статических и динамических характеристик проектов на основе их кластеризации, определить группу проектных решений, сходных с заданным.

1. Филиппов А.А., Наместников А.М. Концептуальная индексация проектных документов // Автоматизация процессов управления №2(20). – 2010. – С. 34-39.
2. Филиппов А.А., Наместников А.М. Реализация системы кластеризации концептуальных индексов проектных документов // Автоматизация процессов управления №3(25). – 2011. – С. 46-50.
3. Allier S., Sadou S., Sahraoui H., Fleurquin R. From Object-Oriented Applications to Component-Oriented Applications via Component oriented Architecture. Ninth Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture, 2011, pp. 214-223.
4. Srinivas C, Radhakrishna V, Guru Rao C.V. Clustering and Classification of Software Component for Efficient Component Retrieval and Building Component Reuse Libraries. 2nd International Conference on Information Technology and Quantitative Management, ITQM 2014, 2014, pp. 1044-1050.
5. Puro S., Vaishnavi V. K. Product metrics for object-oriented systems. ACM Computing Surveys 35, 2, June 2003, pp. 191-221. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doi.acm.org/10.1145/857076.857090> (дата обращения: 11.05.2018).

6. Wahyudin D., Ramler R., Biffl S. A framework for Defect Prediction in Specific Software Project Contexts. In Proceedings of the 3rd IFIP Central and East European Conference on Software Engineering Techniques CEE-SET 2008, Brno, Czech Republic, October 13-15, 2008, pp. 295-308.
7. Jureczko M., Madeyski L. Towards identifying software project clusters with respect to defect prediction PROMISE. Wrocław University of Technology, Poland, 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://madeyski.e-informatyka.pl/download/JureczkoMadeyski10f.pdf> (дата обращения: 11.05.2018).
8. Zimmermann T., Nagappan N., Gall H., Giger E., Murphy B. Cross-project Defect Prediction. In Proceedings of the 7th joint meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering, ESEC/FSE 2009, Amsterdam, The Netherlands, August 24-28, 2009, pp. 91-100.
9. Nagappan N., Ball T., Zeller A. Mining Metrics to Predict Component Failures. In Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering, Shanghai, China, May 20-28, ICSE'06. ACM Press New York, NY, 2006, pp. 452-461.
10. Jureczko M., Madeyski L. Towards identifying software project clusters with respect to defect prediction PROMISE. Wrocław University of Technology, Poland, 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://madeyski.e-informatyka.pl/download/JureczkoMadeyski10f.pdf> (дата обращения: 11.05.2018).
11. Ярушкина, Н.Г. Чекина А.В. Кластеризация информационных ресурсов на основе генетического алгоритма // Автоматизация процессов управления. №4. – 2010. – С. 66-70.
12. Ярушкина Н.Г., Островский А.А. Параллельный алгоритм FCM-кластеризации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. № 10. 2008. – С. 212-218
13. Островский А.А. Кластеризация документов интеллектуального проектного репозитория на основе FCM метода. // Программные продукты и системы. №4. – 2008. – С. 55 - 56.
14. Schank R. Dynamic Memory: A Theory of Learning in Computers and People. – New York: Cambridge University Press. – 1982. – 205p.
15. Некрасов А.Б., Лысенко Д.Э., Соколова Н.А. Метод кластеризации и оценки множества аналогов проектных решений / Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2008, випуск 2(17). – С. 141-145.
16. Варшавский П.Р. Применение метода аналогий в рассуждении на основе прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Тр. Девятой нац. конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием КИИ-2004. В 3-х т. Т.1. – М.: ФизМатЛит, 2004. – С. 218-226.
17. Mockus A. How to run empirical studies using project repositories. 4th International Advanced School of Empirical Software Engineering, September 20, 2006, Rio de Janeiro, Brazil 2006. Tutorial. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mockus.org/papers/isese06tutorial.pdf> (дата обращения: 11.05.2018).
18. Сибирев И.В., Афанасьева Т.В. Алгоритм предобработки и восстановления анкетных данных // Открытые семантические

- технологии проектирования интеллектуальных Систем (OSTIS-2016): материалы VI Междунар. научно-техн. конф. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 271-274. (http://conf.ostis.net/images/e/e3/40_Сибирев_И.В._АлгорПиВАД.pdf)
19. Вятчин Д.А., Нечёткие методы автоматической классификации: Монография. – Минск.: УП "Технопринт", 2004. – 219 с.
 20. Afanasieva T., Yarushkina N., Sibirev I. Time Series Clustering using Numerical and Fuzzy Representations. In Proceedings 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. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/319568944_Time_series_clustering_using_numerical_and_fuzzy_representations (дата обращения: 11.05.2018).
 21. Сибирев И.В. Применение FBC–кластеризации временных рядов к анализу динамики оценок персонала // Сборник научных трудов Первой Всероссийской научно-практической конференции Нечеткие системы и мягкие вычисления. Промышленные применения. Fuzzy Technologies in Industry (FTI-2017).– Ульяновск: УлГТУ, 2017. – С. 149-158.

Сведения об авторах

Афанасьева Татьяна Васильевна, доктор технических наук, профессор, доцент кафедры «Информационные системы» Ульяновского государственного технического университета.

E-mail: tv.afanasjeva@gmail.com

Afanasieva Tatiana Vasiljevna, Ulyanovsk State Technical University, Doctor of Engineering, Professor, Associate professor of the Department of Information Systems at Ulyanovsk State Technical University.

Сибирев Иван Валерьевич, аспирант кафедры «Информационные системы» Ульяновского государственного технического университета. E-mail: ivan.sibirev@yandex.ru

Sibirev Ivan V Valerievich, post-graduate student of the Department of Information Systems at Ulyanovsk State Technical University.