

УДК 004.9

DOI: 10.46548/21vek-2020-0952-0001

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© 2020

Вайнилович Юлия Викторовна, старший преподаватель
кафедры «Автоматизированные системы управления»

Белорусско-Российский университет

(212030, Беларусь, г. Могилев, пр-т Мира, 43, e-mail: ylia.v@tut.by)

Аннотация. Статья посвящена разработке технологии комплексного повышения эффективности процессов управления ИТ-проектами. Актуальность решения задачи обусловлена возрастающим уровнем сложности ИТ-проектов, необходимостью учета специфики управления ИТ-проектами, отсутствием технологий комплексного повышения эффективности управления ИТ-проектами, обеспечивающих эффективное использование современных гибких методологий управления ИТ-проектами. В статье предлагается новая информационная технология повышения эффективности управления ИТ-проектами, основанная на применении алгоритмов эволюционного моделирования в сочетании с современными методиками оценки личностных и психологических качеств участников проектных команд, методами кластерного анализа для ранжирования кандидатов на участие в проектах с учетом комплексной оценки сочетания личностных и психологических качеств и профессиональных компетенций, методикой СОСОМО II для оценки трудоемкости и времени разработки ИТ-проекта, методом экспертных оценок для определения примерного количества строк программного кода, методом парных сравнений Т. Саати для определения уровня факторов масштаба и трудоемкости в методике СОСОМО II. Предложенная информационная технология обеспечивает комплексную автоматизацию следующих этапов реализации ИТ-проекта: формирование структуры и состава проектных команд, формирование состава проектных задач, распределение участников проектных команд на задачи, многоуровневый контроль качества решения задач. Апробация и внедрение разработанной технологии выполнено в ООО «Стэпл Инк».

Ключевые слова: эффективность процесса управления ИТ-проектами, эволюционное моделирование.

TECHNOLOGY FOR INTEGRATED IMPROVEMENT OF IT PROJECTS MANAGEMENT EFFICIENCY BASED ON EVOLUTIONARY MODELING

© 2020

Vajnilovich Julija Viktorovna, senior Lecturer of Department of Automated Control Systems

Inter-State Educational Institution of Higher Education «Belarusian-Russian University»

(212000, Mira Ave, 43, Mogilev, Republic of Belarus, E-mail: ylia.v@tut.by)

Abstract. The article is devoted to the development of the technology for integrated improvement of the efficiency of IT projects management processes. The relevance of solving the problem is due to the increasing level of complexity of IT projects, the need to take into account the specifics of IT projects management, and the lack of technologies for integrated improvement of the efficiency of IT projects management that ensure the effective use of up-to-date flexible methodologies for IT projects management. The article proposes a new information technology for improving the efficiency of IT projects management based on the use of evolutionary modeling algorithms in combination with such modern methods as methodologies for evaluating the personal and psychological qualities of project teams participants, cluster analysis methods for ranking candidates for participation in projects taking into account a comprehensive assessment of the combination of personal and psychological qualities and professional competencies, COCOMO II method for evaluating the labor intensity and time of IT project development, the method of expert estimates to determine the approximate number of lines of program code, T. Saati's paired comparisons method to determine the level of factors of scale and labor intensity in COCOMO II method. The proposed information technology provides integrated automation of the following stages of IT project implementation: formation of the structure and composition of project teams, formation of the composition of project tasks, allocation of project teams' participants to tasks, multilevel quality control of tasks solving. Testing and implementation of the developed technology was carried out in «Staple Inc» LLC.

Keywords: efficiency of the process of IT projects management, evolutionary modeling.

Введение. Созданию методов, средств и технологий в области теории управления ИТ-проектами посвящены научные работы отечественных и зарубежных ученых [1-5]. Существующие подходы обеспечивают решение задач планирования работ, подбора участников проектных команд [6-10]. При этом отсутствуют информационные технологии, обеспечивающие комплексную автоматизацию решения задач управления ИТ-проектами на всех этапах разработки программно-

го обеспечения в соответствии с современными методологиями [11].

В соответствии с ежегодным аналитическим отчетом специалистов компании *The Standish Group International* [12] около 70% всех ИТ-проектов завершаются с нарушением сроков, имеют существенные недоработки или не были завершены вообще. Ключевыми факторами успешного завершения ИТ-проектов являются: эффективное планирование проектных за-

дач, компетентный персонал, перераспределение задач между участниками на каждой итерации проекта с учетом изменения требований заказчика. Невысокий процент успешно выполненных ИТ-проектов обуславливает актуальность задачи повышения эффективности управления ИТ-проектами и создания новых информационных технологий, обеспечивающих автоматизацию решения данной задачи.

Целью данной работы является разработка новой информационной технологии повышения эффективности управления ИТ-проектами на основе эволюци-

онного моделирования.

Материалы и результаты исследований. Повышение эффективности за счет применения новых подходов к решению задач управления ИТ-проектами осуществляется на следующих этапах реализации проекта: формирование проектных команд, распределение участников проектных команд на задачи, многоуровневый контроль качества решения задач. Состав задач каждого этапа, обеспечивающих повышение эффективности управления ИТ-проектами, представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав задач, обеспечивающих повышение эффективности управления ИТ-проектами

№ этапа (шага)	Цель	Задачи организации процесса	Задачи управления	Результат
Этап 1 Повышение эффективности управления формированием проектных команд				
Шаг 1.1	Комплексная оценка личностно-психологических качеств (ЛПК) участников проекта	1) Организация прохождения комплекса психологических тестов 2) Оценка результатов прохождения тестов	Предварительная обработка информации о результатах анализа ЛПК для разделения участников проекта на группы	Повышение эффективности управления проектами за счет сокращения количества конфликтных ситуаций при реализации проектов
Шаг 1.2	Комплексная оценка результатов решения задач каждым участником команды проекта	Обработка информации о результатах многоуровневого контроля качества решения проектных задач	Поддержка принятия решений (ППР) по разделению участников проектов на группы по результатам обработки информации о результатах решения проектных задач	Повышение мотивации участников проекта, позволяющее сократить сроки решения проектных задач за счет повышения производительности труда
Шаг 1.3	Ускорение работы алгоритмов эволюционного моделирования в процессе синтеза структуры и состава проектных команд	1) Разделение участников проекта на группы с использованием кластерного анализа на основе комплексной обработки информации о ЛПК 2) Применение метода Т.Саати для ранжирования проектов по приоритету	Предварительная обработка информации для ППП по составу и структуре проектных команд	Повышение эффективности работы алгоритмов эволюционного моделирования за счет сокращения объема обработки информации при формировании проектных команд
Шаг 1.4	Формирование рациональной структуры и состава проектных команд	Применение эволюционного моделирования для синтеза структуры и состава проектной команды	1) Синтез состава и структуры проектных команд на основе результатов шагов 1.1 и 1.2;	Сокращение времени решения проектных задач за счет подбора рационального состава и структуры проектных команд
Этап 2 Повышение эффективности управления распределением участников проектных команд на задачи				
Шаг 2.1	Формирование рационального состава проектных задач	1) Декомпозиция задачи проекта на подзадачи на основе методологии SADT 2) Расчет трудоемкости проекта на основе методики СОСОМОИ.	Синтез состава и структуры проектных задач	Сокращение трудоемкости проекта
Шаг 2.2	Формирование рационального распределения участников проектной команды между задачами проекта	3) Рациональное распределение задач проектов между участниками проектных команд на основе эволюционного моделирования.	Оценка распределения участников проектных команд ЛПП, с учетом результатов расчета трудоемкости проекта	
Этап 3 Повышение эффективности многоуровневого контроля качества решения проектных задач				
Шаг 3.1	Повышение качества решений проектных задач	Построение многоуровневой системы контроля качества готовых решений	Оценка результатов контроля качества решения проектных задач для ППП по структуре и составу участников проектных команд, распределению участников проектов на задачи	Повышение эффективности решения проектных задач за счет сокращения количества ошибок в программных решениях, более раннего выявления ошибок в решении проектных задач

Для решения задач формирования проектных команд и распределения участников проектных команд на задачи при управлении ИТ-проектами проекта разработан программный комплекс [13], обеспечивающий автоматизацию решения задач, представленных в таблице 1.

Разработанный программный комплекс многоуровневого управления ИТ-проектами включает следующие модули:

Модуль обработки результатов тестирования обеспечивает автоматизацию классификацию претендентов на участие в проектах на четыре кластера на основе результатов тестирования методом кластерного анализа k -средних. Количество кластеров выбрано по

количеству групп командных ролей – лидерование, деятельность, мышление, социализация. Результаты психологического тестирования участников проектов загружаются из внешнего модуля психологических тестов. Модуль формирования структуры проектных команд позволяет руководителю проектов формировать и изменять в ходе выполнения проекта структуру проектных команд. Модуль обработки результатов многоуровневого контроля качества решения проектных задач автоматизирует оценку уровня владения технологиями и инструментами участниками проектов на основании данных о качестве решения задач законченных проектов каждым участником. Данные, полученные в результате работы рассмотренных мо-

дулей, являются входными параметрами для модуля формирования состава проектных команд. Модуль формирования состава проектных команд решает задачу формирования проектных команд на основе алгоритмов эволюционного моделирования с учетом информации о ЛПК, уровне владения технологиями и инструментами участниками проектов. Модуль формирования состава и структуры задач проектов предоставляет средства для декомпозиции задач проекта на подзадачи с использованием методологии *IDEF0*. Модуль распределения участников проектных команд на задачи осуществляет распределение участников про-

ектных команд на задачи с использованием алгоритмов эволюционного моделирования. Модуль расчета трудоемкости проектов осуществляет расчет по методике *COCOMO II* [14] в сочетании с методом парных сравнений Т. Саати [15] и методом экспертных оценок [16]. Модуль обработки результатов многоуровневого контроля решения проектных задач обеспечивает сбор данных о качестве решения задач участниками проектов.

Технология управления ИТ-проектами с использованием разработанного программного комплекса представлена на рисунке 1.

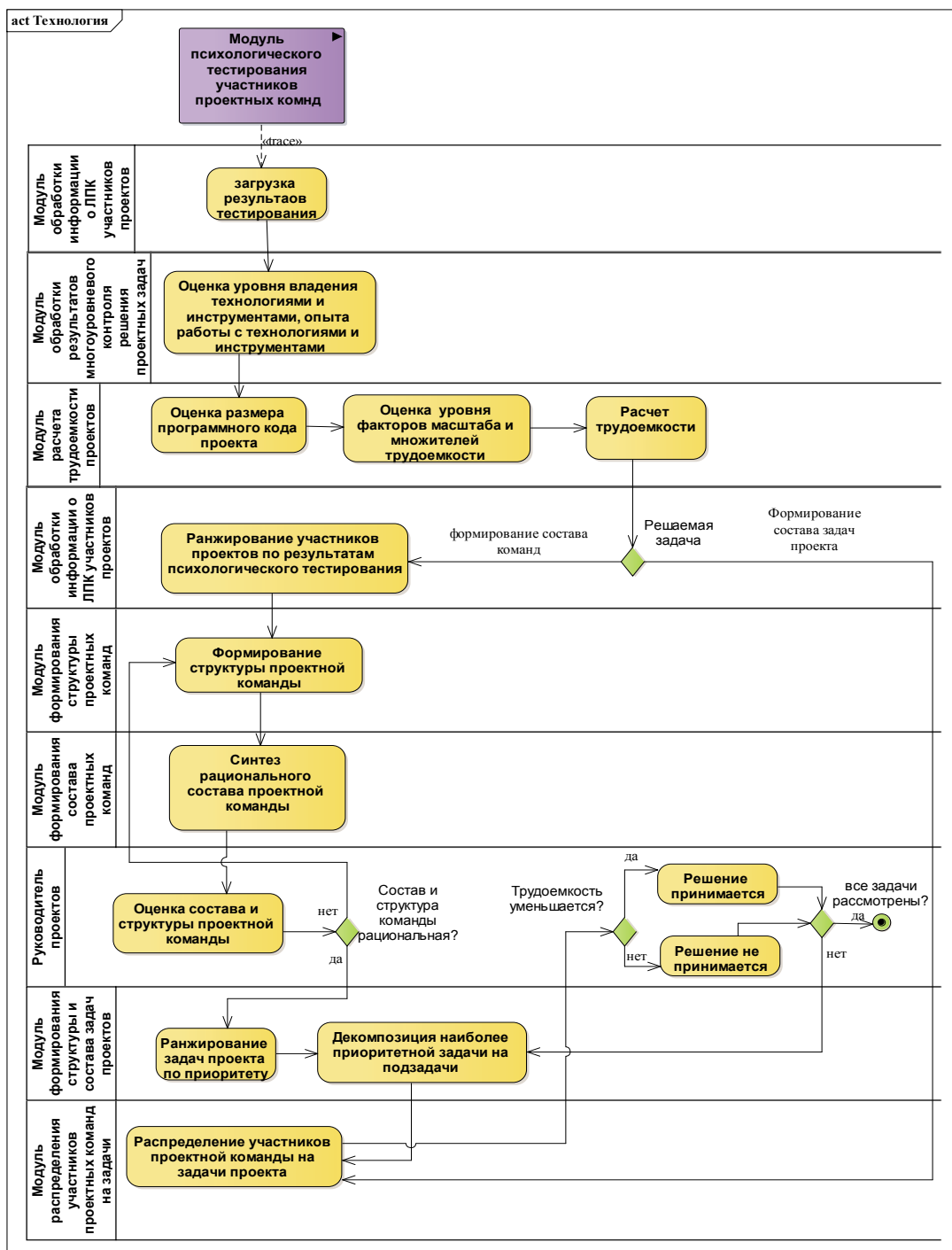


Рисунок 1 – Структурная схема технологии повышения эффективности управления ИТ-проектами

Технологические этапы формирования проектных команд.

Этап 1. Оценка личностных и психологических качеств участников проектных команд на основе результатов психологических тестов. Данные о результатах психологических тестов загружаются в программный комплекс из программы, реализующей прохождение и обработку результатов тестов М. Белбина [17] К. Томаса [18]. По результатам теста М. Белбина осуществляется ранжирование ролей участников проектных команд в зависимости от их личностных и психологических качеств. На основе теста К. Томаса определяется выраженность форм поведения участников проектов в конфликтных ситуациях.

Этап 2. Комплексная обработка информации о результатах решения проектных задач участниками проектных команд. Оценка уровня владения технологиями и инструментами, опыта работы с технологиями и инструментами осуществляется на основании результатов участия в предыдущих проектах по результатам оценки качества решения проектных задач. Для этого используется модуль обработки результатов многоуровневого контроля решения проектных задач. Исходные данные для оценки уровня владения технологиями и инструментами участниками проектных команд поступают в модуль в процессе выполнения проектов.

Этап 3. Предварительная оценка трудоемкости и длительности проекта по методике *COCOMO II* в модуле формирования проектных команд.

Шаг 3.1. Оценка размера программного кода проекта. Размер программного кода определяется методом экспертных оценок. В качестве экспертов выступают представители заказчика и разработчика. Эксперты дают оптимистическую, пессимистическую и реалистическую оценки количества строк исходного кода. Программный модуль рассчитывает среднюю оценку по бета-распределению [19]. Выходными данными являются количество строк программного кода.

Шаг 3.2. Оценка уровня факторов масштаба (гибкость процесса разработки, архитектура и разрешение рисков, зрелость процессов) и множителей трудоемкости (сложность и надежность продукта, разработка для повторного использования, сложность платформы разработки, оборудование) с использованием метода парных сравнений Т. Саати. Выходными данными этапа является оценка уровня сложности по семибальной шкале в соответствии с методикой *COCOMO II*.

Шаг 3.3. Расчет предварительной трудоемкости проекта по методике *COCOMO II*.

Этап 4. Предварительная обработка информации для формирования состава и структуры проектной команды в модуле обработки результатов тестирования и в модуле обработки результатов многоуровневого контроля качества решения проектных задач.

Этап 4.1. Ранжирование участников проектов по результатам психологического тестирования.

Этап 4.2. Формирование структуры проектной команды руководителем проектов. Кандидаты на участие в проекте отбираются из числа зарегистрирован-

ных в системе, не занятых в проектах работников.

Этап 5. Синтез рационального состава и структуры проектной команды на основе алгоритмов эволюционного моделирования [20] в модуле формирования состава проектных команд.

Шаг 5.1. Первоначальное создание проектных команд. Задается максимальное количество проектных команд, существующих одновременно $population_{max}$, число шагов N_{step} , номер итерации $i=1$, количество команд, формируемых на первом шаге m . Функция приспособленности для каждой команды рассчитывается по формуле:

$$PM_{it_{pr}} = \sum_{k=1}^N (PM_k^B \cdot \prod_{i=1}^6 EM_i) \rightarrow \min$$

где $PM_{it_{pr}}$ – трудоемкость проекта,

EM_i – множители трудоемкости,

PM_k^B – трудоемкость задачи проекта в чел. мес.

Шаг 5.2. Селекция проектных команд. Используется селективный отбор, при котором следует выбирать только те команды, значения функции приспособленности которых не больше пороговой величины – среднего значения приспособленности по всем командам:

$$PM_{it_{pr}}^k \leq \frac{\sum_{k=1}^m PM_{it_{pr}}^k}{m}$$

Шаг 5.3. Скрещивание при формировании проектных команд. Для формирования новых команд используется метод одноточечного кроссинговера.

Шаг 5.4. Мутация при формировании проектных команд. Мутация в рамках решаемой задачи заключается в удалении случайным образом выбранного участника команды и присоединении случайно выбранного нового участника из числа возможных.

Шаг 5.5. Сокращение промежуточного количества проектных команд путем применения стратегии элитарного отбора.

Шаг 5.6. Окончание работы алгоритма эволюционного моделирования. В качестве решения задачи выбирается проектная команда с наилучшим значением функции приспособленности.

Результатом этапа 5 является состав участников проектной команды, трудоемкость и длительность выполнения проекта.

Технологические этапы формирования рациональной структуры и состава проектных задач и распределения участников проектных команд на задачи. Все перечисленные ниже этапы автоматизированы в модуле формирования структуры и состава задач проектов.

Этап 1. Ранжирование задач проекта по приоритету. Заказчик формирует перечень задач, упорядоченный по приоритету.

Этап 2. Декомпозиция наиболее приоритетной задачи на подзадачи на основе методологии *SADT*.

Этап 3. Распределение участников проектной команды на задачи проекта с применением алгоритмов

эволюционного моделирования

Шаг 3.1. Методом экспертных оценок оценивается количество строк программного кода каждой задачи.

Шаг 3.2. На основе метода парных сравнений Т. Саати оценивается сложность каждой задачи.

Шаг 3.3. Распределение участников проектной команды на задачи проекта с применением алгоритма эволюционного моделирования:

3.3.1. Первоначальное распределение исполнителей на задачи. Задается максимальное количество вариантов распределения, существующих одновременно $population_{max}$, число шагов N_{step} , номер итерации $i=1$, количество вариантов распределения.

3.3.2. Селекция в процессе распределения задач между участниками ИТ-проекта. Используется селективный отбор, при котором следует выбирать только те варианты распределения, значение функции приспособленности которых не больше пороговой величины – среднего значения приспособленности по всем вариантам:

$$PM_{it,pr}^k \leq \frac{\sum_{k=1}^m PM_{it,pr}^k}{m}.$$

3.3.3. Скрещивание в процессе распределения задач между участниками ИТ-проекта. Для получения нового варианта распределения используется однородный кроссинговер.

3.3.4. Мутация в процессе распределения задач между участниками ИТ-проекта. Выполняется перестановка местами двух исполнителей в вариантах распределения участников проектных команд на задачи.

3.3.5. Сокращение промежуточной популяции вариантов распределения. Применяется стратегия элитарного отбора.

Лицом, принимающим решение, оценивается целесообразность проведенной декомпозиции.

Этапы 2-3 повторяются, пока не выполнится условие прекращения дальнейшей декомпозиции.

Результатом этапа 3 является структура и состав задач проекта и распределение задач между участниками проектных команд.

Апробация результатов исследований. Апробация разработанной технологии выполнялась в ООО «Стэйпл Инк» (г.Минск, Республика Беларусь). Для расчета был выбран ИТ-проект, при реализации которого участники проектных команд должны были иметь опыт использования пяти технологий промышленного программирования. Для реализации проекта были отобраны 15 претендентов.

Расчетная трудоемкость и длительность проекта для проектной команды из пяти человек, сформированной руководителем проекта составила 46,73 чел./мес.

Расчетная трудоемкость и длительность проекта для трех команд, сформированных на шаге 5.1 алгоритмом эволюционного моделирования составили

$$\begin{aligned} PM_{team1} &= 33,34; TDEV_{team1} = 0,111, \\ PM_{team2} &= 40,65; TDEV_{team2} = 0,118, \\ PM_{team3} &= 33,74; TDEV_{team3} = 0,111. \end{aligned}$$

После трех итераций селекции, скрещивания и мутации были сформированы новые составы проектных команд, для которых трудоемкость и длительность проекта составили соответственно:

$$\begin{aligned} PM_{team1} &= 32,63; TDEV_{team1} = 0,109, \\ PM_{team2} &= 32,63; TDEV_{team2} = 0,109 \\ PM_{team3} &= 33,74; TDEV_{team3} = 0,111. \end{aligned}$$

На следующем этапе выполнялось назначение исполнителей на задачи. На первой итерации выполнения проекта необходимо было назначить исполнителей на три задачи, которые должны быть завершены до начала выполнения последующих задач. Расчетная трудоемкость и длительность решения задач при назначении исполнителей на задачи руководителем проекта составила 15,95 чел./мес.

Расчетная трудоемкость и длительность решения задач для каждого варианта назначения исполнителей на шаге 3.3.1 алгоритма эволюционного моделирования составила соответственно:

$$\begin{aligned} PM_{selectTeam1} &= 11,52; TDEV_{selectTeam1} = 0,079, \\ PM_{selectTeam2} &= 7,44; TDEV_{selectTeam2} = 0,069, \\ PM_{selectTeam3} &= 8,74; TDEV_{selectTeam3} = 0,072. \end{aligned}$$

После трех итераций селекции, скрещивания и мутации задачи были перераспределены между исполнителями которых трудоемкость и длительность проекта составили соответственно:

$$\begin{aligned} PM_{selectTeam1} &= 7,44; TDEV_{selectTeam1} = 0,069, \\ PM_{selectTeam2} &= 8,74; TDEV_{selectTeam2} = 0,072, \\ PM_{selectTeam3} &= 9,80; TDEV_{selectTeam3} = 0,075. \end{aligned}$$

Соответственно, применение эволюционного моделирования при формировании проектных команд и распределении проектных задач между участниками позволило уменьшить расчетную трудоемкость ИТ-проекта на 30%.

Заключение. В статье представлена новая технология комплексного повышения эффективности управления ИТ-проектами на основе эволюционного моделирования. Предложенная технология обеспечивает повышение эффективности за счет автоматизации следующие этапов реализации ИТ-проекта: формирование структуры и состава проектных команд, формирование состава проектных задач, распределение участников проектных команд на задачи, многоуровневый контроль качества решения задач.

Внедрение разработанной технологии для управления ИТ-проектами в ООО «Стэйпл Инк» (г.Минск, Республика Беларусь) позволило снизить трудоемкость выполнения проекта на 20-30% за счет повышения эффективности управления ИТ-проектами на основе эволюционного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Бурков В.Н., Коргин Н. А., Новиков Д. А. Как управлять проектами. М. : Либроком, 2009. 264 с.
- Бурков В.Н., Новиков Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М. : Синтег, 1999. 128 с.
- ДеМарко Том, Листер Тимоти. Человеческий фактор:

успешные проекты и команды. Издательство: Символ-Плюс, 2005 г. – 256 стр.

4. Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения. Унифицированный подход. М.: Лори, 2002. – 434 с.

5. Томсетт Р. Радикальное управление ИТ-проектами. Лори, 2005 г. 294 стр.

6. Баркалов С.А., Воропаев В.И., Секлетова Г.И. и др. Математические основы управления проектами: учеб. пособие / под ред. В.Н. Буркова. М.: Высшая школа, 2005.

7. Антонова, А. С. Применение мультиагентного и эволюционного моделирования при планировании работ / А. С. Антонова, К. А. Аксенов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2013. – № 6 (186). – С. 126–136.

8. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации. – «Автоматика и телемеханика», журнал. 2009. №10. С. 15-21.

9. Захарченков, К.В. Методика многоуровневого управления учебными ИТ-проектами / К.В. Захарченков, Ю.В. Вайнилович // Энергетика, информатика, инновации – 2018 (инновационные технологии и оборудование в промышленности, управление инновациями, экономика и менеджмент, научные исследования в области физической культуры, спорта и общественных наук): сб. трудов VIII междунар. науч.-техн. конф. Смоленск: «Универсум», 2018. Т 3. С. 18–21.

10. Борисов, В.В. Метод управления процессом обучения промышленному программированию на основе алгоритмов роевого интеллекта / В.В. Борисов, С.П. Янукович, К.В. Захарченков, Ю.В. Вайнилович // CloudOfScience, 2020. – Т.7. №1. – С.189–206.

11. Кон М. Agile: оценка и планирование проектов. – М.: ООО «Альпина Диджитал», 2018. – 460 с.

12. The CHAOS Manifesto. The Standish Group International, 2014. 16 p.

13. Вайнилович, Ю.В. Программный комплекс многоуровневого управления ИТ-проектами / Ю. В. Вайнилович, К. В. Захарченков // Инновации, 2019. – № 8(250). – С. 88–96.

14. Boehm V., et al. «Software cost estimation with COSOMO II». Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall, 2000.

15. Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях : аналитические сети. М.: URSS : ЛКИ, 2008. – 357 с

16. Гуцыкова, С.В. Метод экспертных оценок. Теория и практика / С.В. Гуцыкова. - М.: Институт психологии РАН, 2012. - 144 с.

17. Белбин Р.М. Команды менеджеров. М. : НIPPO, 2003. - 315 с.

18. Гришина Н.В. Психология конфликта. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2008. — 544 с:

19. Королук В.С., Турбин А.Ф., Портенко Н.И., Скороход А.В., Справочник по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Наука, 1985. 640 с

20. Саймон Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации. — М: ДМК Пресс, 2020. 940 с.

Статья поступила в редакцию 28.07.2020

Статья принята к публикации 14.09.2020