

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АДАПТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ

Ю.И. Володина¹, julia_volodina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0936-0638>
К.А. Старикова², xenista@mail.ru

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Березниковский филиал, Березники, Россия

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема недооценки или переоценки времени выполнения задач в компании. Произведена выгрузка задач из системы управления проектами. Определены основные причины неправильного оценивания, которые связаны с тем, что оценку задач проводит только руководитель компании и при этом не учитывается проект, по которому выполняется задача, и сотрудник, который ее выполняет. **Цель исследования:** повышение точности оценки продолжительности выполнения задач с учетом выбранного сотрудника и проекта, по которому выполняется задача. **Материалы и методы.** Для повышения точности оценки продолжительности задач была разработана модель, описывающая процесс постановки задач и работы над задачами. Для корректной постановки задачи были определены управляемые, неуправляемые внешние факторы и внутренние параметры рассматриваемой системы, сформулирован критерий точности оценки продолжительности выполнения задачи. Проведен анализ исходной ситуации, вычисленная точность оценки составила 1,26. В процессе анализа были выделены 3 категории и 33 типа задач. Произведен выбор экспертов в группы для оценки времени выполнения задач разных типов. Вычислены коэффициенты компетентности каждого эксперта. Рассчитана оценка времени выполнения каждого типа задачи с учетом веса значимости голоса экспертов. Сделан вывод, что экспертная оценка не в полной мере решает поставленную проблему. Предложен алгоритм адаптивной оценки продолжительности выполнения задач, в основу которого входит время, вычисленное экспертами, с учетом личных коэффициентов сотрудников, выполняющих поставленную задачу. Составлена трехмерная матрица весовых коэффициентов, в которой учитывается проект, тип задачи и сотрудник, который будет выполнять задачу. Соответствующие коэффициенты матрицы регулярно обновляются после выполнения задач, что позволяет учитывать индивидуальные особенности каждого сотрудника и отслеживать прогресс в скорости выполнения однотипных задач. Ввиду специфики работы в компании при расчете коэффициентов был введен параметр «забывания», позволяющий увеличивать планируемое время выполнения задачи ввиду давности работы над проектом. **Результаты.** Представленный алгоритм был реализован в существующей системе управления проектами. Разработанная система пытается адаптироваться под личные особенности каждого сотрудника и как можно более точно оценить лично его время выполнения какой-либо задачи. Предложенный алгоритм адаптивной оценки работал в течение 3 месяцев, за которые было выполнено более 2000 задач. Вычисленная точность оценки составила 0,74. Улучшение точности составило 41 %. **Заключение.** Разработанный алгоритм и модуль для системы управления проектами позволил существенно повысить точность определения времени выполнения каждой задачи в системе управления, время на оценку задач уменьшилось до нескольких секунд за счет возможности оценки любым из сотрудников, а также улучшился процесс декомпозиции задач. В дальнейшем планируется добавить систему автоматического определения типа задачи.

Ключевые слова: оценка продолжительности задач, экспертная оценка, адаптивная оценка, поддержка сайтов, алгоритм, матрица коэффициентов, система поддержки пользователей, управление проектами

Для цитирования: Володина Ю.И., Старикова К.А. Разработка алгоритма адаптивной оценки продолжительности выполнения проектных задач // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2023. Т. 23, № 1. С. 67–81. DOI: 10.14529/ctcr230106

ADAPTIVE ALGORITHM OF ESTIMATING PROJECT TASK DURATION

Yu.I. Volodina¹, julia_volodina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0936-0638>
K.A. Starikova², xenista@mail.ru

¹ Perm National Research Polytechnic University, Berezniki Branch, Berezniki, Russia

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Abstract. The article deals with the problem of underestimation or overestimation of time required for any particular task in a company to be completed. Tasks were exported from the help desk software. The main reasons of incorrect time evaluation are determined: tasks complete time is evaluated only by the head of the company, and tasks project and employee who perform the task are not considered. **Objective of the study.** Increasing the accuracy of estimating task duration with considering of selected employee and task project. **Materials and methods of research.** A model that describes the process of setting tasks and working on tasks is developed for increasing task duration estimation. Controllable, uncontrollable external factors and internal parameters of the system are defined for the right problem definition and criteria for estimating the duration of the task is drafted. The analysis of the initial situation is carried out, the computed estimation accuracy is 1.26. 3 categories and 33 types of tasks are identified during the analysis. The experts are grouped to estimate the execution time of tasks of different types. The coefficients of each expert's competences are calculated. An estimate of the execution time for each type of task is calculated, with considering the weight of the relevance of each expert. The conclusion that expert assessment do not fully solve the problem is made. Adaptive algorithm of estimating project task duration is proposed, which is based on the time calculated by experts, with considering the personal coefficients of employee who performs the task. A three-dimensional weighting matrix, which consider the project, the type of task, and the employee who will perform the task, is created. The corresponding matrix coefficients are regularly updated after the task is completed, which makes it possible to take into account the individual characteristics of each employee and track the time progress of performing tasks of the same type. Due to the specifics of work in the company, when calculating the coefficients, the "forgetting" parameter is introduced, which allows to increase the planned time for completing the task due to last time when employee completed task of this project. **Results.** The algorithm is implemented in the company help desk software. The system with the algorithm is trying to adapt to the personal characteristics of each employee and to estimate more accurately personally his time to complete any task. The suggested adaptive algorithm worked for 3 months, during which more than 2000 tasks were completed. The calculated estimation accuracy is 0.74. The improvement in accuracy is 41%. **Conclusion.** The algorithm and developed module for company help desk software made it possible to significantly increase the accuracy of determining the time to complete each task, the time for task evaluation is reduced to several seconds due to the possibility of evaluation by any of the employees, and the task decomposition process is improved. In the future, it is planned to add a text recognition system to automatically determine the type of task.

Keywords: estimating task duration, expert evaluation, adaptive evaluation, website technical support, algorithm, coefficient matrix, help desk software, project management

For citation: Volodina Yu.I., Starikova K.A. Adaptive algorithm of estimating project task duration. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics.* 2023;23(1): 67–81. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr230106

Введение

В современном мире трудно представить компанию, у которой вообще нет никакого сайта. Сайты используют для представления своей компании, для рекламы, для продажи товаров, а некоторые учреждения вообще не могут не иметь сайта, так как их обязывает закон РФ [1].

В Пермском крае существует компания, которая занимается разработкой и поддержкой сайтов по всей России. Компании уже 14 лет, а на протяжении 10 лет в ней используется система управления проектами [2]. В эту систему могут добавлять задачи как клиенты, так и сотрудники компании.

Система управления учитывает абсолютно все задачи в компании, всех исполнителей и тех, кто ставит задачи, также фактическое время выполнения задачи, срок и т. п.

1. Анализ текущей ситуации

Одним из важных аспектов работы компании является планирование работы [3–5]. Для того чтобы правильно планировать работу компании и загруженность сотрудников, очень важно знать продолжительность выполнения каждой задачи [6]. Оценка продолжительности задач нужна не только для того, чтобы знать общую продолжительность работы над проектом, но и для того, чтобы по каждой задаче можно было сказать клиенту, когда она будет выполнена, чтобы самим понимать, сколько задач можно взять в работу, например, одну задачу в день или 10 задач и так далее [7].

На рис. 1 представлена выгрузка выполненных задач в *Excel* из системы управления. Указаны задача, проект, к которому она относится, планируемое время, фактическое время выполнения и, собственно, специалист, который эту задачу выполнял. Как правило, фактическое время не совпадает с плановым.

Проект	Заголовок	Описание	Дата	Время факт	Время план	Вложений	Исполнитель
Музей	Отрисовать баннер	На главной странице	01.03.2021	0:37:15	0:30:00	1	Специалист 2 (Д)
Музей	Разместить выставку на сайте музея	Экспозиция «Фридрих Лехт»	01.03.2021	0:10:15	0:05:00	1	Специалист 6 (П)
Больница	Разместить статистику по коронавирусу на сайте	По состоянию на 1 марта 2021 года...	01.03.2021	0:02:00	0:05:00	0	Специалист 7 (П)
Сайт доставки суши	Добавление функционала отключения корзины после закрытия заведения	Сейчас нужно сделать так, чтобы оплата за заказ не принималась после 22:50 с ВС - ЧТ, а в ПТ - СБ после 00:20 (за 10 мин до закрытия). С 8 каждый день уже можно эту функцию отключать и снова принимать заказы.	01.03.2021	4:36:00	3:00:00	0	Специалист 3 (Р)
Льбжная база	Нужно разместить информацию на сайте	Памятки во вложении	01.03.2021	0:07:30	0:05:00	1	Специалист 8 (П)
ГТО	Разместить расписание ГТО	Фото расписания во вложении	01.03.2021	0:03:12	0:05:00	1	Специалист 6 (П)
УДНТ	Разместить виджет Культура РФ	Код виджета прикрепляю	01.03.2021	0:03:10	0:05:00	0	Специалист 5 (Р)
Архив	Продление домена	Пришло письмо, что истекает домен сайта, прошу продлить	01.03.2021	0:09:15	0:10:00	0	Специалист 7 (П)
Музыкальная школа	Разместить информацию	Всероссийская акция "Мы Вместе". Описание во вложении	01.03.2021	0:12:15	0:10:00	1	Специалист 6 (П)
Медицинский центр	Дополнить раздел УЗИ новым врачом	Информацию и фото возьмите с сайта	01.03.2021	0:07:13	0:10:00	0	Специалист 8 (П)
Управление культуры	Удалить документы	Удалить из раздела План ФХД документы 2015 года	01.03.2021	0:05:46	0:03:00	0	Специалист 6 (П)
Банный комплекс	Верстка главной страницы сайта	Макет доступен в Figma	01.03.2021	6:13:00	5:00:00	0	Специалист 4 (Р)
Стоматология	Разместить режим работы стоматологов на март	Таблица во вложении	01.03.2021	0:12:39	0:15:00	1	Специалист 7 (П)
Магазин детских товаров	Добавление формы задать вопрос на сайте	Добавьте, пожалуйста, форму для клиентов на сайте	01.03.2021	1:15:36	0:45:00	0	Специалист 3 (Р)

Рис. 1. Пример выполненных задач
Fig. 1. An example of completed tasks

Основной причиной задержки выполнения задач является неправильная оценка времени. Если объем работы можно посчитать и оформить это в техническом задании, то оценка времени обычно является субъективным параметром. Это негативно влияет на работу компании, на планирование следующих задач, на работу с клиентами.

Следовательно, в компании существует проблема недооценки или переоценки планового времени выполнения задач по следующим причинам.

1. Каждая задача оценивается субъективно только руководителем; руководитель не всегда имеет время правильно оценить задачу, так как задач много, на оценку также тратится много времени.

2. Руководитель не всегда достаточно компетентен в вопросе сложности выполнения всех задач и может ошибиться со временем в большую или меньшую сторону.

3. Оценка задачи происходит без учета особенностей проекта и исполняющего ее сотрудника (сотрудники бывают разные, проекты бывают разные, сотрудники могут заменять друг друга, сотрудник может медленнее выполнять задачу, если он давно занимался этим проектом или это новый сотрудник) [8].

Исходя из этого, была сформулирована цель работы, которая заключается в повышении точности оценки продолжительности выполнения задач с учетом особенностей сотрудников и проектов, по которым выполняется задача.

При исследовании были рассмотрены существующие методы оценки продолжительности задач [9, 10]:

- экспертные оценки;
- оценки по аналогам;
- оценка по трем точкам (*PERT*);
- параметрическая оценка;
- метод *Planning Poker*.

Все эти методы не подходят для решения существующей проблемы, так как требуют постоянную экспертную оценку каждой поступающей задачи – это неудобно, не везде учитываются специалисты, выполняющие задачу, и при переназначении специалиста придется проводить оценку заново [11]. Также были рассмотрены несколько существующих программных продуктов, но они в основном помогают удаленно провести голосование между сотрудниками по оценке задач каким-либо методом [12–15].

2. Постановка задачи

Для повышения точности оценки продолжительности задач была разработана модель, описывающая процесс постановки задач и работы над задачами.

Для корректной постановки задачи были определены управляемые \vec{X}_1 , неуправляемые \vec{Z} внешние факторы и внутренние параметры \vec{X}_2 рассматриваемой системы, а также \vec{W} – вектор условий, при которых считается приемлемой реакция системы Y .

Общая постановка задачи выглядит следующим образом: вектор внешних факторов \vec{X}_1^0 , значения элементов которого сложились к начальному моменту, требуется изменить на $\vec{\Delta X}_1$ так, чтобы разница между начальным значением реакции системы Y_0 и значением, достигнутым по истечении заданного времени Y_1 , улучшилась за счет ресурсов управления и была не меньше некоторой наперед заданной величины ε , часто задаваемой процентным отношением, при условиях \vec{W} , а также известных пределах, в которых могут меняться компоненты векторов \vec{X}_2 и \vec{Z} .

$$\vec{\Delta X}_1 : \frac{|Y_1 - Y_0|}{Y_0} \geq \varepsilon \left/ \begin{cases} W_i \geq W_i^{\min} \quad \forall i = \overline{1, I} \\ X_{2j}^{\min} \leq X_{2j} \leq X_{2j}^{\max} \quad \forall j = \overline{1, J}, \\ Z_k^{\min} \leq Z_k \leq Z_k^{\max} \quad \forall k = \overline{1, K} \end{cases} \right.$$

где верхними индексами \max и \min обозначены пределы изменения элементов соответствующих векторов размерностей I, J и K соответственно, $Y_0 = Y(\vec{X}_1^0, \vec{X}_2, \vec{W}, \vec{Z})$, $Y_1 = Y(\vec{X}_1^0 + \vec{\Delta X}_1, \vec{X}_2, \vec{W}, \vec{Z})$.

В качестве внешнего управляемого фактора для оценки продолжительности задач выступает вектор \vec{X}_1 , в данном случае представленный скалярной величиной $t_{\text{п}}$ – планового времени, ко-

торое задается руководителем при поступлении задачи. Этот фактор зависит от таких решений руководителя, как:

- выбор сотрудника. Разные сотрудники в зависимости от своей квалификации, набора компетенций и опыта работы над конкретным проектом могут выполнять задачи за разное время;
- декомпозиция задач. Задачи могут быть достаточно объемными по количеству работы, что затрудняет оценку их продолжительности. Например, одна большая задача может включать в себя подзадачи, которые выполняются сотрудниками разных направлений, и оценить суммарное время их совместной работы сложно, ведь подзадачи могут выполняться как последовательно, так и одновременно. Также при плохой декомпозиции существует проблема нехватки исходных данных, которая обнаружится в процессе выполнения задачи и приостановит ее выполнение на неопределенный срок.

В качестве внутреннего параметра модели \vec{X}_2 в нашем случае по аналогии с внешними управляемыми факторами выступает фактическое время выполнения задачи t_{ϕ} , которое зависит от индивидуальных человеческих особенностей:

- компетенции сотрудника. Каждый сотрудник имеет свое направление деятельности и выполняет свои типы задач. Есть «универсальные» сотрудники, которые обладают полным набором компетенций (дизайн, разработка, поддержка), но даже в этом случае скорость выполнения «нетипичных» задач будет существенно ниже;
- давность работы над проектом. За то время, пока сотрудник не занимался данным проектом в силу различных причин, в нем могли произойти существенные изменения, и необходимо время, чтобы заново разобраться. Также понадобится дополнительное время, чтобы вспомнить структуру или особенности давнего проекта, даже если в нем не произошло изменений;
- переквалификация сотрудников или новые сотрудники. В случае изменения направления работы старых сотрудников или приема на работу новых необходимо больше времени на выполнение задач.

Неуправляемыми факторами модели \vec{Z} являются следующие:

- смена сотрудника в процессе выполнения задачи. Время выполнения задач может составлять несколько часов, за это время могут возникнуть различные обстоятельства, которые не позволят данному сотруднику продолжать работу над задачей, следовательно, задача перейдет другому сотруднику. Это повлечет за собой временные потери на «погружение» в задачу, понимание, что уже было сделано предыдущим сотрудником и т. д., а значит, планируемое время не сможет совпасть с фактическим;
- добавление данных в процессе выполнения задачи. Заказчик в процессе работы над задачей может «вспомнить» некоторые детали, добавить новые файлы или даже попытаться расширить функционал разрабатываемого сайта;
- сбой в работе. В ходе работы данные могут не сохраниться ввиду перебоев в работе хостинга, вирусов на сайте и др., а это значит, что работу придется делать повторно;
- смена ответственного за постановку задач. Чаще всего на проект назначается один представитель от заказчика, ответственный за постановку задач компании (или несколько, но каждый по своему направлению). В случае смены ответственного постановка задачи может меняться, что потребует увеличения времени на выполнение. Бывали ситуации, когда после смены ответственного текст новости и фотографии к ней начинали присылаться не отдельными файлами, а в одном документе MS Word, что увеличивало время на сохранение фотографий из документа в нужном формате. Также в текстах задач может появиться большое количество грамматических ошибок, и сотрудникам приходится редактировать тексты для приемлемого вида на страницах сайта.

Для вектора ограничений \vec{W} :

- на задачу должен быть назначен только один сотрудник в каждый момент времени;
- количество сотрудников в компании ограничено;
- максимальное время на выполнение основывается на здравом смысле и условиях работы над задачей и не должно стремиться к бесконечности.

Для оценки точности планирования задач будем использовать формулу

$$S = \sqrt{\sum_{k=1}^n \left(1 - \frac{t_k^\phi}{t_k^п}\right)^2} / n, \quad (1)$$

где $k = 1, 2, \dots, n$ – номер задачи; t_k^ϕ – фактическое время выполнения задачи; $t_k^п$ – планируемое время выполнения задачи; n – количество задач. В качестве Y_0 примем значение S , рассчитанное по исходным данным, а Y_1 – значение S , изменившееся за счет ресурсов управления. Будем считать, что улучшение точности оценки должно составлять $\varepsilon = 20\%$.

Также следует учитывать, что необходимо точно спрогнозировать время выполнения задачи в зависимости от различных факторов и возможностей сотрудников, а не пытаться заставить сотрудников укладываться в назначенное время.

3. Расчет ошибки

Для оценки исходной ситуации была сделана выгрузка из 1000 задач с 1 марта 2021 г. по 31 мая 2021 г., фрагмент её показан на рис. 2.

Проект	Заголовок	Описание	Дата	Время факт	Время план	Вложений	Исполнитель	Отклонение
...
Сайт доставки суши	Ari Tillypad + iKO сравнение	Необходимо сравнить две системы, сделать выводы	31.05.2021	3:00:00	2:00:00	0	Специалист 3 (Р)	0,5000
Больница	Разместить новость на сайте	Новость во вложении	31.05.2021	0:05:16	0:05:00	1	Специалист 6 (П)	0,0533
Больница	Разместить новость на сайте	Новость можно скопировать из группы вк от 27.05	31.05.2021	0:04:50	0:05:00	0	Специалист 7 (П)	0,0333
Больница	Разместить статистику по коронавирусу на сайте	По состоянию на 31 мая 2021 года...	31.05.2021	0:03:15	0:03:00	0	Специалист 6 (П)	0,0833
ИМ кирпичей	изменение наименования у газоблока	В наименовании газоблока неверно указана ширина, пожалуйста, исправьте	31.05.2021	0:03:12	0:05:00	0	Специалист 6 (П)	0,3600
ИМ соли для ванн	Разместить новый отзыв	Разместите отзыв с сайта. Ссылка на отзыв...	31.05.2021	0:16:00	0:20:00	0	Специалист 6 (П)	0,2000
Учебный центр	Ошибка безопасного подключения на сайте	Установка ssl сертификата	31.05.2021	0:03:00	0:05:00	0	Специалист 6 (П)	0,4000
Учебный центр	Продление домена		31.05.2021	0:05:00	0:05:00	0	Специалист 6 (П)	0,0000
ИМ мебели	Отображение кликабельных фото на главной странице - откорректировать работу шаблона		31.05.2021	5:05:00	4:00:00	0	Специалист 4 (Р)	0,2708
ИМ мебели	Включить / Выключить отображение добавления текста названия установленной ткани к названию товара	Необходимо завести свойство товара, для того, чтобы можно было включать вывод ткани у названия товара	31.05.2021	2:05:00	1:30:00	0	Специалист 3 (Р)	0,3889
Музей	Разместить новость на сайте	Летняя оздоровительная кампания – 2021	31.05.2021	0:10:50	0:05:00	0	Специалист 6 (П)	1,1667
Займы	Метатег на главную	Для работы яндекс метрики, разместите, пожалуйста, метатег в title на главной странице	31.05.2021	0:01:00	0:01:00	0	Специалист 3 (Р)	0,0000
СШОР	Разместить на закладке "Для родителей"	Документ во вложении	31.05.2021	0:04:50	0:05:00	1	Специалист 6 (П)	0,0333
Строительная компания	Изменения на сайте	Добавить новый объект строительства. Информация во вложении	31.05.2021	0:04:25	0:10:00	1	Специалист 6 (П)	0,5583
Стройматериалы	СОУТ (специальная оценки условий труда)	Разместить документы на вкладке "Основные документы"	31.05.2021	0:08:50	0:05:00	2	Специалист 7 (П)	0,7667
							Ошибка	1,2614

Рис. 2. Вычисление отклонения от планируемого времени
Fig. 2. Calculation of deviation from the planning time

По списку задач можно заметить, что некоторые задачи выполняются 5–15 мин, а некоторые занимают несколько часов, следовательно, точность в расчете времени неправильно считать в минутах. Поэтому, чтобы отклонение не зависело от размера задачи, считаем его в процентах. Вычислив точность по формуле (1), получили значение $S = 1,26$. Также было замечено, что 54 % задач было недооценено, 38 % – переоценено. Недооцененные задачи часто приводят к недовольству клиентов, поэтому необходимо сократить их количество.

4. Выделение типов задач

Проведен анализ задач с целью узнать, есть ли в выгрузке похожие задачи. В результате было определено несколько категорий задач, схожих по сложности и функционалу: разработка, поддержка, дизайн, и также все задачи поделены на 33 типа (рис. 3).

Дизайн	Отрисовать баннер/отрисовать элемент сайта	Создание дизайн-макета одной страницы/дизайн лендинга	
Поддержка	Создать почту корпоративного пользователя/изменить пароль	Разместить новость с вложениями (2 и более)	Разместить/заменить/удалить документ (1-2шт)
	Разместить отзыв	Работа с хостингом	Разместить прайс (таблица)
	Создать страницу и разместить информацию (без верстки)/внести изменения на странице сайта	Разместить новость без вложений/отредактировать новость (макс. 1 вложение)	Создать фильтрацию/переадресацию на почте корпоративного пользователя
	Изменение цен на товары интернет-магазина	Провести анализ статистики посещения сайта	Предоставить статистику просмотра видео/новости, загрузок документа
	Разработка рекламной компании	Разместить баннер	Добавить товар в интернет-магазине
	Разместить/заменить/удалить документы (более 3)		
Разработка	Внесение изменений на страницы сайта+верстка	Перенос сайта с тестового домена на основной	Подготовка вопросов по макету Figma перед версткой
	Разбор API сервиса	Создание базы данных	Перенос сайта с одной CMS на другую
	Установка CMS	Подключение шрифтов к сайту	Перевод сайта на https протокол
	Установка лицензии на CMS	Верстка страницы сайта	Добавить метрику/виджет на сайт
	Разработка модуля	Интеграция в верстку функционала CMS (обратная связь, инфоленты)	Доработка функционала сайта

Рис. 3. Категории и типы задач
Fig. 3. Categories and types of tasks

5. Экспертная оценка времени выполнения задач

Далее было решено оценить плановое время на выполнение задач по всем типам. Не все специалисты в коллективе обладают достаточной компетенцией для оценки. Специалист поддержки, который занимается только размещением новостей, не может, например, правильно оценить задачу по разработке. Поэтому выбраны экспертные группы, которые будут оценивать задачи каждой категории. Все специалисты компании голосовали «за» или «против» вступления сотрудника в ту или иную группу, в том числе можно было голосовать «за» или «против» себя (рис. 4).

По результатам опроса составлены таблицы, по строкам и столбцам которых записываются эксперты, а элементами таблиц являются переменные

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й эксперт назвал } i\text{-го;} \\ 0, & \text{если } j\text{-й эксперт не назвал } i\text{-го.} \end{cases}$$

На примере группы по дизайну (табл. 1) видно, что все эксперты считают руководителя и дизайнера компетентными в задачах дизайна (в табл. 1 стоит «1»). Также несколько экспертов проголосовали за эксперта 3 (разработчик) и эксперта 6 (поддержка). Остальных экспертов никто не считает достаточно компетентным по задачам дизайна (в табл. 1 стоит «0»).

* ФИО

* Оценка задач по ДИЗАЙНУ: * Оценка задач по РАЗРАБОТКЕ: * Оценка задач по ПОДДЕРЖКЕ:

Эксперт 1 (руководитель) Эксперт 1 (руководитель) Эксперт 1 (руководитель)

Эксперт 2 (дизайнер) Эксперт 2 (дизайнер) Эксперт 2 (дизайнер)

Эксперт 3 (разработчик) Эксперт 3 (разработчик) Эксперт 3 (разработчик)

Эксперт 4 (разработчик) Эксперт 4 (разработчик) Эксперт 4 (разработчик)

Эксперт 5 (разработчик) Эксперт 5 (разработчик) Эксперт 5 (разработчик)

Эксперт 6 (поддержка) Эксперт 6 (поддержка) Эксперт 6 (поддержка)

Эксперт 7 (поддержка) Эксперт 7 (поддержка) Эксперт 7 (поддержка)

Эксперт 8 (поддержка) Эксперт 8 (поддержка) Эксперт 8 (поддержка)

Рис. 4. Выбор экспертной группы
Fig. 4. Expert group selection

Результаты голосования по включению экспертов в команды

Таблица 1

Voting results for grouping experts

Table 1

За кого голосовал	Кто голосовал							
	Эксперт 1 (Рук.)	Эксперт 2 (Д)	Эксперт 3 (Р)	Эксперт 4 (Р)	Эксперт 5 (Р)	Эксперт 6 (П)	Эксперт 7 (П)	Эксперт 8 (П)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
	Разработка							
Эксперт 1 (руководитель)	1	1	1	1	0	1	0	1
Эксперт 2 (дизайнер)	0	0	0	0	0	0	0	0
Эксперт 3 (разработчик)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 4 (разработчик)	1	1	0	1	1	1	1	1
Эксперт 5 (разработчик)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 6 (поддержка)	0	0	0	0	0	0	0	0
Эксперт 7 (поддержка)	0	0	0	1	0	0	1	0
Эксперт 8 (поддержка)	0	0	0	0	0	1	0	0
	Дизайн							
Эксперт 1 (руководитель)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 2 (дизайнер)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 3 (разработчик)	1	1	1	0	0	1	0	0
Эксперт 4 (разработчик)	0	0	0	0	0	0	0	0
Эксперт 5 (разработчик)	0	0	0	0	0	0	0	0
Эксперт 6 (поддержка)	0	1	1	0	0	0	1	0
Эксперт 7 (поддержка)	0	0	0	0	0	0	0	0
Эксперт 8 (поддержка)	0	0	0	0	0	0	0	0

Окончание табл. 1
Table 1 (end)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Поддержка							
Эксперт 1 (руководитель)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 2 (дизайнер)	1	0	1	0	0	1	0	0
Эксперт 3 (разработчик)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 4 (разработчик)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 5 (разработчик)	0	0	0	1	0	0	0	0
Эксперт 6 (поддержка)	1	1	1	1	1	1	1	1
Эксперт 7 (поддержка)	1	1	1	1	1	1	0	1
Эксперт 8 (поддержка)	1	1	1	1	1	1	1	1

По полученным данным можно вычислить относительные коэффициенты компетентности h -порядка, используя алгоритм, предложенный С.П. Хабаровым [16]:

$$K_i^h = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{h-1}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{h-1}}, \tag{2}$$

где m – число экспертов в списке; h – порядок коэффициента компетентности. Коэффициенты компетентности нормированы так, что их сумма равна единице:

$$\sum_{i=1}^m k_i^h = 1, \quad h = 1, 2, \dots$$

На первом шаге, полагая равную компетентность всех экспертов, принимаем $k^0 = [1 \ 1 \ \dots \ 1]^T$. Таким образом, коэффициент компетентности первого порядка – это относительное число экспертов, высказавшихся за включение i -го эксперта в команду.

Так, например, для команды экспертов, которые планируют оценивать задачи по разработке, получились значения k_j^1 , представленные в табл. 2.

Вычисленные k_j^1 для команды экспертов по разработке
Table 2
Calculated k_j^1 for a group of development experts

Эксперт 1 (руководитель)	Эксперт 2 (дизайнер)	Эксперт 3 (разработчик)	Эксперт 4 (разработчик)	Эксперт 5 (разработчик)	Эксперт 6 (поддержка)	Эксперт 7 (поддержка)	Эксперт 8 (поддержка)
0,1875	0	0,25	0,21875	0,25	0	0,0625	0,03125

Уже на первой итерации видно, что сотрудники проголосовали таким образом, что в команде по оценке задач по разработке будут участвовать не все работники. Так, например, Эксперт 2 (дизайнер) и Эксперт 6 (поддержка) гарантированно не будут включены в данную команду, что достаточно явно подтверждается оценками из табл. 1.

Относительный коэффициент компетентности второго порядка получают из (2) для $h = 2$ при условии, что k_j^1 ($j = 1, 2, \dots, m$) определены на первом шаге. Коэффициенты второго порядка представляют собой относительное количество голосов, взвешенных коэффициентом компетентности первого порядка.

Далее последовательно были вычислены относительные коэффициенты компетентности более высоких порядков до тех пор, пока k_i^h не будут отличаться от k_i^{h+1} с точностью $\Delta = 0,001$. Для рассмотренной ранее группы экспертов, участвующих в оценке задач на разработку, коэффициенты достигли требуемой точности на 4 итерации (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты компетентности группы экспертов по оценке задач по разработке

Table 3

Coefficients of competence of the group of experts on the assessment of development tasks

	k^1	k^2	k^3	k^4	$\Delta k^4 - k^3 $
Эксперт 1 (руководитель)	0,1875	0,1849	0,1789	0,1783	0,0006
Эксперт 2 (дизайнер)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Эксперт 3 (разработчик)	0,2500	0,2689	0,2729	0,2737	0,0008
Эксперт 4 (разработчик)	0,2188	0,2017	0,1995	0,1990	0,0005
Эксперт 5 (разработчик)	0,2500	0,2689	0,2729	0,2737	0,0008
Эксперт 6 (поддержка)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Эксперт 7 (поддержка)	0,0625	0,0756	0,0757	0,0753	0,0004
Эксперт 8 (поддержка)	0,0313	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Следовательно, команда по оценке задач на разработку будет включать всего 5 экспертов (Эксперт 1, Эксперт 3, Эксперт 4, Эксперт 5 и Эксперт 7) с коэффициентами компетентности, представленными в табл. 3. Эксперты 2, 6 и 8 не попали в данную команду.

Аналогичным способом определены составы команд по оценке задач по дизайну и поддержке.

Далее группами выбранных экспертов была проведена процедура оценки времени всех типов задач. Было определено нормальное время работы, каждый выбирал время, основываясь на своем опыте. Далее каждую минуту умножили на вес значимости голоса и получили предполагаемую оценку времени выполнения с учетом мнения всех экспертов (рис. 5).

№	Наименование и описание задачи задачи	Категория задачи	Оценка времени								Предполагаемая оценка времени выполнения с учетом мнения всех экспертов
			Эксперт 1 (руководитель)	Эксперт 2 (дизайнер)	Эксперт 3 (разработчик)	Эксперт 4 (разработчик)	Эксперт 5 (разработчик)	Эксперт 6 (поддержка)	Эксперт 7 (поддержка)	Эксперт 8 (поддержка)	
1	Отрисовать баннер/отрисовать элемент сайта	Дизайн	0:30:00	0:30:00	0:25:00	–	–	0:26:00	–	–	0:27:58
2	Создание дизайн-макета одной страницы/дизайн лендинга	Дизайн	6:00:00	5:00:00	7:00:00	–	–	7:00:00	–	–	6:09:28
3	Добавить товар в интернет-магазине	Поддержка	0:10:00	0:15:00	0:10:00	0:09:00	0:09:00	0:13:00	0:10:00	0:10:00	0:10:38
4	Изменение цен на товары интернет-магазина	Поддержка	0:30:00	0:40:00	0:35:00	0:35:00	0:25:00	0:25:00	0:25:00	0:30:00	0:30:42
...	...										
16	Создать почту корпоративного пользователя/изменить пароль	Поддержка	0:05:00	0:03:00	0:03:00	0:05:00	0:03:00	0:04:00	0:04:00	0:03:00	0:03:54
17	Создать фильтрацию/переедресацию на почте корпоративного пользователя	Поддержка	0:15:00	0:15:00	0:10:00	0:10:00	0:10:00	0:08:00	0:08:00	0:08:00	0:10:15
18	Разработка рекламной компании	Поддержка	3:00:00	3:00:00	3:00:00	2:30:00	3:00:00	5:00:00	4:00:00	3:00:00	3:21:54
19	Внесение изменений на страницы сайта+верстка	Разработка	1:00:00	–	1:30:00	1:00:00	1:20:00	–	2:00:00	–	1:18:12
20	Верстка страницы сайта	Разработка	5:00:00	–	6:00:00	6:00:00	7:00:00	–	6:00:00	–	6:05:44
21	Добавить метрики/виджета на сайт	Разработка	0:05:00	–	0:03:00	0:02:00	0:04:00	–	0:05:00	–	0:03:35
...	...										
32	Перенос сайта с тестового домена на основной	Разработка	0:20:00	–	0:10:00	0:20:00	0:10:00	–	0:20:00	–	0:14:32
33	Доработка функционала сайта	Разработка	5:00:00	–	6:00:00	6:00:00	5:00:00	–	7:00:00	–	5:37:24

Рис. 5. Оценка времени с учетом веса значимости голоса

Fig. 5. Estimation of time considering the weight of the expert significance

Это решает проблему постоянной оценки задач, потому что, когда приходит новая задача, достаточно будет выбрать ее тип, который способен определить любой сотрудник.

Несмотря на то, что была получена оценка продолжительности выполнения задач с учетом мнений всех экспертов, специалисты все равно не всегда могут уложиться в это время по причинам, описанным в постановке задачи. Поэтому полностью ориентироваться на предполагаемую

оценку времени выполнения экспертами неправильно. Было решено учитывать основные особенности и ввести повышающие коэффициенты.

6. Модификация метода

Для повышения точности оценки времени выполнения задач необходима адаптивная оценка их продолжительности с учетом особенностей конкретных:

- проекта;
- типа задачи;
- сотрудника, который будет выполнять задачу.

Матрица коэффициентов будет заполняться значениями по мере выполнения задач – поступила задача, сотрудник назначен, тип выбран, задача выполнена – ячейка заполнена.

7. Алгоритм заполнения матрицы коэффициентов и расчета времени выполнения задачи

Когда в компанию поступает новая задача, для того чтобы вычислить время ее выполнения, любой из сотрудников должен определить ее тип и исполнителя, если исполнитель не был выбран при поступлении задачи. Проект клиента будет определен автоматически.

При отсутствии значения в ячейке матрицы при поступлении задачи коэффициент будет равен 2, т. е. время на выполнение будет увеличено в 2 раза относительно времени, определенного ранее экспертами.

Если в ячейке уже было записано какое-то значение, то при вычислении планового времени по данной формуле коэффициент будет равен этому значению (рис. 6).

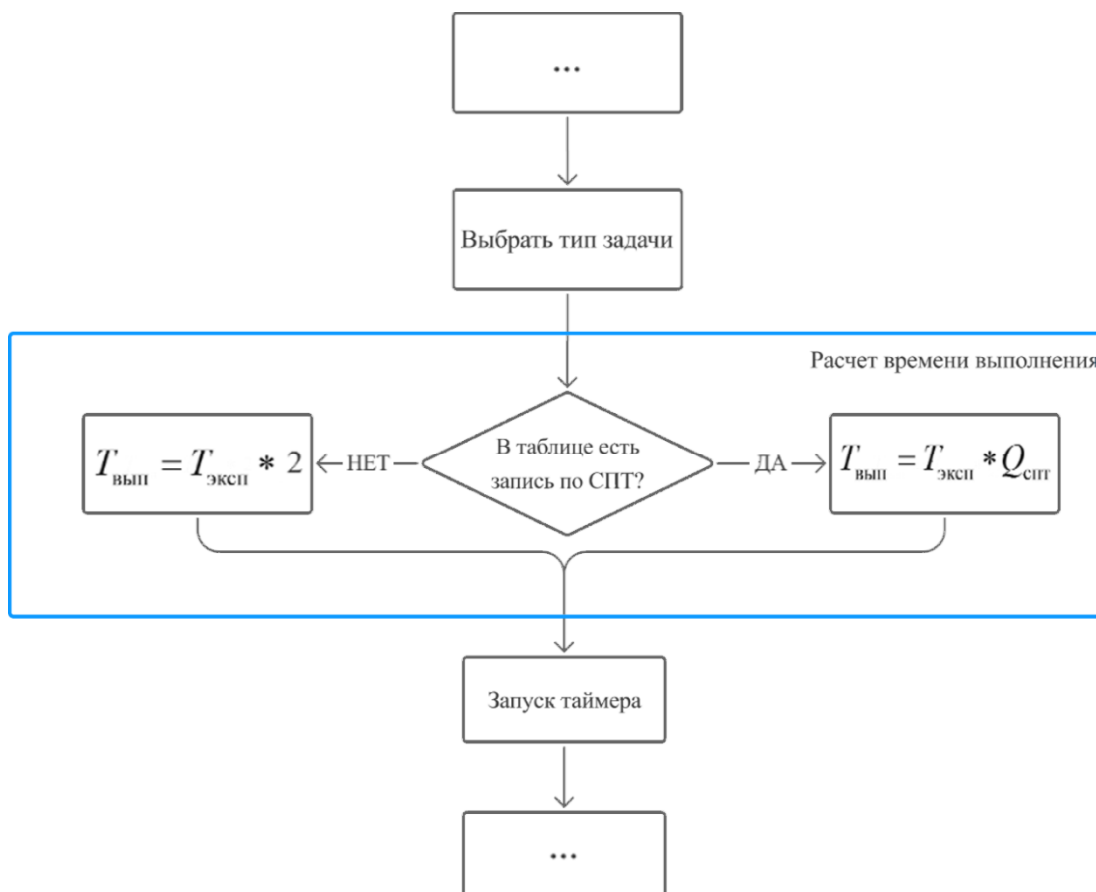


Рис. 6. Расчет времени выполнения
Fig. 6. Execution time calculation

Если в ячейке уже был какой-то коэффициент, то его необходимо обновить по формуле, представленной на рис. 7.

При поступлении новой аналогичной задачи плановое время выполнения будет рассчитываться с применением обновленного коэффициента.

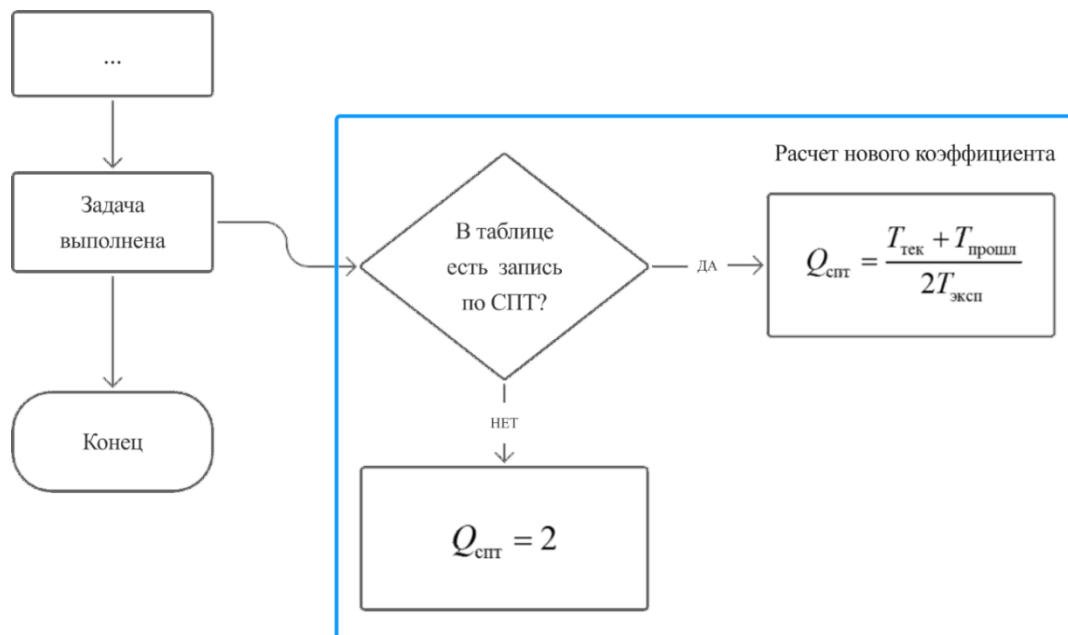


Рис. 7. Расчет нового коэффициента
Fig. 7. Calculation of the new coefficient

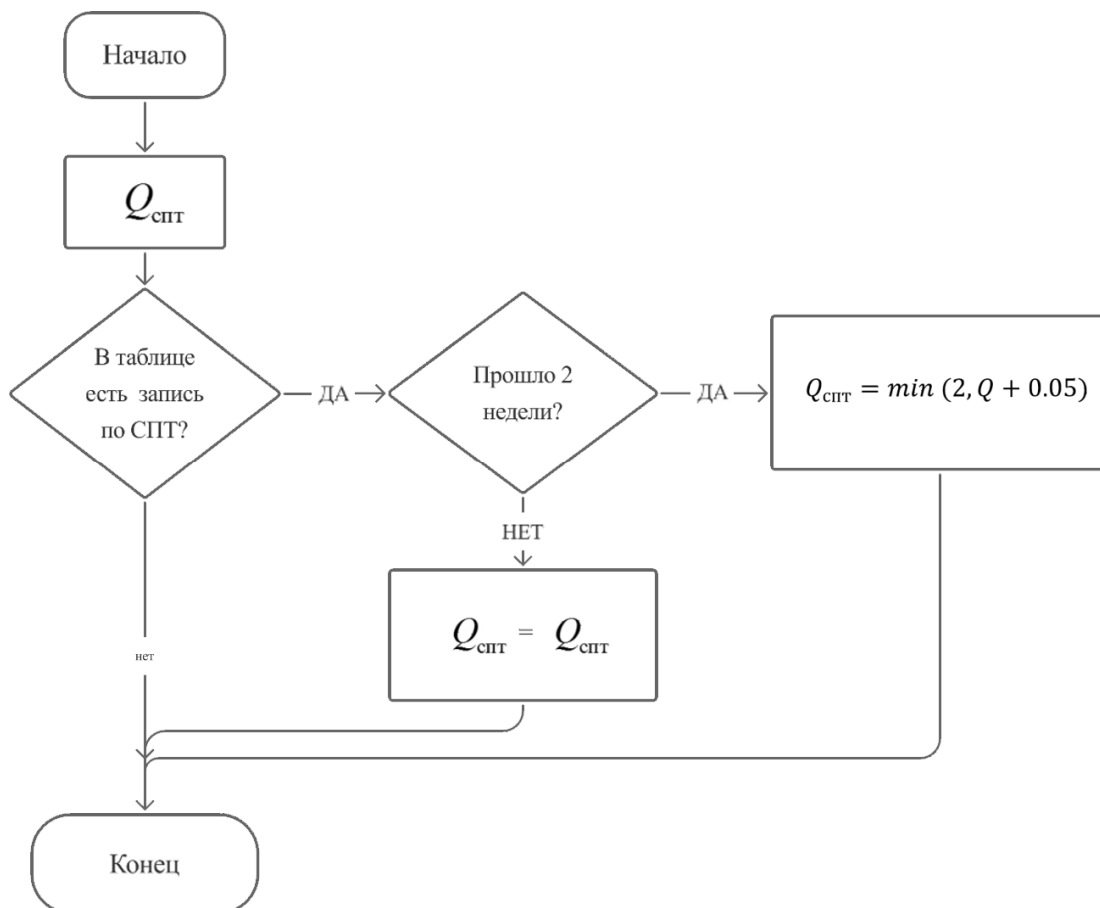


Рис. 8. Расчет параметра «забывания»
Fig. 8. Calculation of the “forgetting” parameter

Если задачи данного типа давно не выполнялись сотрудником, учитывается их «забывание» (рис. 8). Невозможно всегда помнить всех особенностей проекта и разных систем управления сайтом, как и обновления и доработки самого сайта. Каждый день с утра запускается проверка:

если в таблице есть запись с коэффициентом по конкретному сотруднику, проекту и типу задачи, проверяем, когда задача последний раз выполнялась. Если после выполнения задачи прошло две недели, повышаем коэффициент на 0,05, но не более 2. Выбор такого значения обусловлен анализом времени выполнения предыдущих задач.

Представленный алгоритм был реализован в существующей системе управления проектами. Помимо хранения самой таблицы коэффициентов была предусмотрена возможность просмотра истории изменения этих коэффициентов. Это нужно, в первую очередь, для анализа работы системы. Так, например, можно проанализировать работу сотрудника по тем или иным типам задач: понижаются ли коэффициенты при регулярном выполнении однотипных задач по одному проекту или без объективных на то причин, наоборот, начали расти. Это поможет руководителю вовремя отреагировать и принять соответствующие решения.

Также стоит отметить, что, несмотря на то, что все сотрудники будут стремиться выполнять задачи за минимально возможное время, даже при регулярном выполнении однотипных задач можно не достигнуть коэффициента, равного 1, т. е. выполнять задачу ровно за то время, которое предположили эксперты. Разработанная система пытается адаптироваться под личные особенности каждого сотрудника и как можно более точно оценить лично его время выполнения какой-либо задачи, а не минимизировать, например, общую продолжительность выполнения проекта.

Заключение

Разработанный алгоритм адаптивной оценки работал в течение 3 месяцев. За этот период выполнено более 2000 задач и снова сделана выгрузка. Новая ошибка, рассчитанная по формуле (1), равна 0,7435.

Первоначальная ошибка была равна 1,2614, ставилась задача улучшить точность оценки не менее чем на 20 %. В итоге улучшение составило 41,06 %, а количество недооцененных задач уменьшилось до 23 %. Также улучшился процесс декомпозиции задач.

В дальнейшем планируется добавить систему автоматического определения типа задачи [17]. Это позволит еще больше сократить время на оценку продолжительности выполнения задачи и освободит сотрудников от необходимости просматривать каждую задачу для определения ее типа.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 16.04.2022) «Об образовании в Российской Федерации».
2. Ципес Г.Л., Товб А.С. Проекты и управление проектами в современной компании: учеб. пособие. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2010. 463 с.
3. Фунтов В.Н. Основы управления проектами в компании. СПб.: Питер, 2008. 489 с.
4. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление проектами: учеб. пособие. Омга-Л, 2010. 960 с.
5. Разу М.Л. Управление проектом. Основы проектного управления. М.: КноРус, 2007. 760 с.
6. Кушнер М.А. Модель минимизации сроков выполнения проекта в рамках сетевых технологий // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2010. № 2. С. 124–129.
7. Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fifth Edition. An American National Standard ANSI/PMI 99-001-2013. Project Management Institute, Inc., 2013. 616 p.
8. Кононенко И.В., Емельянова Е.В. Программная реализация методов оптимизации сроков и стоимости осуществления проекта с учетом заданных альтернативных вариантов выполнения работ // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2009. Т. 4, № 8. С. 57–61.
9. Милошевич Д. Набор инструментов для управления проектами. М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2008. 729 с.
10. Этапы оценки проекта: понятия, методы и полезные инструменты. URL: <https://netology.ru/blog/05-2021-ocenka-proekta>.
11. Экспертная оценка в проектном управлении. URL: <http://grznt.ru/articles.html?id=89>.
12. Scrum Poker Cards. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=artarmin.android.scrum.poker>.

13. Planning Poker. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.inspearit.android.planningpoker>.
14. PERT. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.olekstomek.pert>.
15. Yandex Forms. URL: <https://forms.yandex.ru/admin/>.
16. Хабаров С.П. Выявление знаний от экспертов. URL: http://www.habarov.spb.ru/new_es/exp_sys/es02/es2.htm.
17. Володина Ю.И., Зекирьяев М.Я. Методы и средства текстового анализа в системе поддержки пользователей // Прикладная математика и вопросы управления. 2019. № 4. С. 71–86. DOI: 10.15593/2499-9873/2019.4.05

References

1. *Federal'nyy zakon ot 29.12.2012 N 273-FZ (red. ot 16.04.2022) "Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii"* [Federal Law "On Education in the Russian Federation" No. 273-FZ]. (In Russ.)
2. Tsipes G.L., Tovb A.S. *Proekty i upravlenie proektami v sovremennoy kompanii: uchebnoe posobie* [Projects and Project Management in a Modern Company: Study Guide]. Moscow: Olimp-Biznes; 2010. 463 p. (In Russ.)
3. Funtov V.N. *Osnovy upravleniya proektami v kompanii* [Fundamentals of Project Management in a Company]. St. Petersburg: Piter; 2008. 489 p. (In Russ.)
4. Mazur I.I., Shapiro V.D. *Upravlenie proektami: ucheb. posobie* [Project Management: Study Guide]. Omega-L; 2010. 960 p. (In Russ.)
5. Razu M.L. *Upravlenie proektom. Osnovy proektnogo upravleniya* [Project Management. Fundamentals of Project Management]. Moscow: KnoRus; 2007. 760 p. (In Russ.)
6. Kushner M.A. Minimization model of project due dates in the form of network technologies and a fixed budget. *Vestnik of Astrakhan state technical university. Series Economics*. 2010;2:124–129. (In Russ.)
7. Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fifth Edition. An American National Standard ANSI/PMI 99-001-2013. Project Management Institute, Inc.; 2013. 616 p.
8. Kononenko I.V., Emel'yanova E.V. [Software Implementation of Methods for Optimizing the Timing and Cost of the Project, Considering the Given Alternative Options for Performing Work]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2009;4(8):57–61. (In Russ.)
9. Miloshevich D. *Nabor instrumentov dlya upravleniya proektami* [Project Management Toolkit]. Moscow: Kompaniya AyTi; DMK Press; 2008. 729 p. (In Russ.)
10. *Etapy otsenki proekta: ponyatiya, metody i poleznye instrument* [Project Evaluation Stages: Concepts, Methods and Useful Tools]. (In Russ.) Available at: <https://netology.ru/blog/05-2021-ocenka-proekta>.
11. *Ekspertnaya otsenka v proektnom upravlenii* [Expert assessment in project management]. (In Russ.) Available at: <http://grznt.ru/articles.html?id=89>.
12. Scrum Poker Cards. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=artarmin.android.scrumpoker>.
13. Planning Poker. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.inspearit.android.planningpoker>.
14. PERT. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.olekstomek.pert>.
15. Yandex Forms. Available at: <https://forms.yandex.ru/admin/>.
16. Khabarov S.P. *Vyyavlenie znaniy ot ekspertov* [Revealing Knowledge From Experts]. (In Russ.) Available at: http://www.habarov.spb.ru/new_es/exp_sys/es02/es2.htm.
17. Volodina Yu.I., Zekiryayev M.Ya. Text analysis methods and tools in the user support system. *Applied mathematics and control sciences*. 2019;4:71–86. (In Russ.) DOI: 10.15593/2499-9873/2019.4.05

Информация об авторах

Володина Юлия Игоревна, канд. техн. наук, доц. кафедры автоматизации технологических процессов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, Березники, Россия; julia_volodina@mail.ru.

Старикова Ксения Андреевна, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия; xenista@mail.ru.

Information about the authors

Yuliya I. Volodina, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University, Berezniki Branch, Berezniki, Russia; julia_volodina@mail.ru.

Kseniya A. Starikova, Postgraduate Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; xenista@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 29.11.2022

The article was submitted 29.11.2022