

М.А. Грудев

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТНОЙ КОМАНДОЙ

Рассмотрен подход применения теории очередей в планировании проектной деятельности. Приведен пример расчета необходимой численности команды для реализации проекта, описанного с помощью методологии Scrum. Определены необходимые показатели команды и проекта, необходимые для моделирования проектной деятельности с применением теории очередей. Установлена состоятельность использования теории очередей в планировании проектной деятельности.

Ключевые слова: теория массового обслуживания, система массового обслуживания, управление проектами, agile, scrum.

М.А. Grudev

APPLICATION OF QUEUING SYSTEMS THEORY IN PROJECT
TEAM MANAGEMENT

An approach to applying the theory of queues in planning project activities is considered. An example of calculating the required size of a team for the implementation of a project described using the Scrum methodology is given. The necessary indicators of the team and the project are determined, which are necessary for modeling project activities using the theory of queues. The consistency of using the theory of queues in planning project activities has been established.

Keywords: queuing theory, queuing system, team management, agile, scrum.

Введение

Для достижения успеха каждый из проектов должен нести в себе две основные составляющие – идею, которая вдохновляет участников, и продуманный план реализации, позволяющий дойти до победного финиша. Любое планирование проекта зависит от двух составляющих – формализованного и релевантного опыта исполнителей прошлых подобных проектов, а также методики планирования работ, которые необходимо будет выполнить в будущем для реализации проекта.

Формализованный и релевантный опыт необходим, чтобы на начальном этапе продумать все необходимые шаги для реализации проекта. Конечно, в проекте могут быть «темные углы», которые будут освещены только в ходе работы, но их не должно быть множество, и они не должны затрагивать основополагающие элементы будущего проекта. Чем меньше таких «темных углов» существует в проекте, тем меньше риски его реализации.

Методика планирования работ необходима для формализации того, каким образом и в каком порядке будут выполнены шаги, разработанные исполнителями на основании их предыдущего опыта работы. Кроме того, правильно выстроенный план реализации позволяет определить ключевые критерии для команды исполнителей на каждом из этапов. Это касается как количества исполнителей, так и их квалификации.

В данной статье в рамках реализации типового проекта в сфере информационных технологий рассмотрен вопрос методики планирования работ, представления команды работки в качестве системы массового обслуживания (СМО) и получения практически

Грудев Максим Андреевич

аспирант 3-го курса Российского нового университета. Москва. Сфера научных интересов: управление проектами, управление проектными командами, разработка интеллектуальных информационных систем, блокчейн. Автор 2 опубликованных научных работ.

E-mail: maksgrudev@mail.ru

применимых и полезных данных в ходе расчета основных показателей такой СМО и ее математического моделирования.

Команда проекта

Для имитационного моделирования команды разработки необходимо определить основные правила проекта. Рассмотрим гибридную методологию ведения проекта со следующими характеристиками:

1. Требования к реализации проекта будут формализованы на этапе аналитики. В ходе разработки могут быть внесены небольшие корректировки в этот план.

2. Большая часть реализуемого в проекте функционала уже была реализована участниками команды в прошлом на других подобных проектах.

3. Срок проекта ограничен, но может быть сдвинут при достаточных на это основаниях.

4. Реализация проекта происходит в ходе двухнедельных спринтов [1, с. 92] с промежуточными демонстрациями и возможностью внесения корректировок в план разработки (бэклог [1, с. 95] проекта или продукта и бэклог последующих спринтов). Спринт – фиксированный промежуток времени, в рамках которого реализуется итерация функционала продукта, пригодная для промежуточной демонстрации. Бэклог продукта – список задач, которые необходимо выполнить для реализации проекта или его части. Бэклог спринта – состоит из списка задач из бэклога продукта, которые необходимо выполнить в рамках планируемого спринта.

5. Каждый этап разработки проекта должен быть формализован в элементах методологии Scrum [1, с. 38]: эпик, пользовательская история и задача. Каждый элемент бэклога должен быть оценен по нескольким критериям:

a. время выполнения – оценка необходимого количества времени для реализации и внедрения элемента бэклога. В данную оценку также может входить определение даты, до которой необходимо внедрить элемент бэклога.

b. сложность – оценка по сложности происходит в ходе «покера планирования» [1, с. 149]. Покер планирования – это процедура, которая проводится командой исполнителей при обсуждении задачи. В качестве шкалы оценки используются числа из ряда Фибоначчи: 1, 3, 5, 8, 13, где 1 – минимальная сложность, а 13 – максимальная сложность. Каждый из участников команды предлагает свою оценку сложности. Оценка и ее обсуждение происходят до момента, когда все оценки участников совпадут.

c. приоритет – оценка по приоритету используется для определения очередности внедрения элементов бэклога в рамках спринта.

6. После начала работы над очередным спринтом допускается добавление в него задач, но не более 15 % от начального объема по времени выполнения.

7. После завершения спринта допускается перенос части его бэклога в следующий спринт, но не более 10 % от начального объема бэклога по времени выполнения.

Применение теории систем массового обслуживания в управлении проектной командой

Участники команды разделены на две подкоманды. Каждая из подкоманд обрабатывает только задачи определенной сложности. Первая подкоманда обрабатывает задачи со сложностью 1, 3 и 5, вторая подкоманда – со сложность 5, 8 и 13. Можно заметить, что обе подкоманды обрабатывают задачи со сложностью 5. Так как задачи со сложностью 5 являются средними, то выполнить их могут как участники первой подкоманды, так и второй, что позволит более гибко распределить задачи между командами и не допустить чрезмерной загрузки или отсутствия задач у исполнителей.

Имитационное моделирование

Входящий поток заявок

Для формирования входящего потока проектируемой СМО необходимо определить правила, по которым будут заданы параметры элементов бэклога, а именно: оценки по сложности, приоритету и времени.

Правила процентного распределения задач по уровням сложности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Правила процентного распределения задач по уровням сложности

Сложность	Процент от общего количества элементов бэклога спринта, %
1	15
3	10
5	50
8	15
13	10

Правила процентного распределения задач по приоритету представлены в таблице 2.

Таблица 2

Правила процентного распределения задач по приоритету

Приоритет	Процент от общего количества элементов бэклога спринта, %
Критический	5
Высокий	15
Средний	60
Низкий	10
Низший	10

Правила процентного распределения задач по оценке времени выполнения представлены в таблице 3.

Таблица 3

Правила процентного распределения задач по оценке времени выполнения

Оценка по времени, мин	Процент от общего количества элементов бэклога спринта, %
5...60	10
60...90	15
90...240	50

Окончание таблицы 3

240...360	20
360...480	5

На основе представленных данных был сгенерирован бэклог двухнедельного спринта из 100 элементов в котором случайным образом распределились значения оценки по времени, сложности и приоритету в приведенных выше пропорциях. Ниже представлены сводные таблицы, построенные на основании сгенерированного списка задач для бэклога спринта.

В таблице 4 представлено распределение задач, выраженное в количестве, по оценкам приоритета и уровням сложности.

Таблица 4

Количество задач по оценкам приоритета и уровням сложности

Сложность	Приоритет					Итого
	Низший	Низкий	Средний	Высокий	Критический	
1	3		10	1	1	15
3	1	2	6	1		10
5	2	6	31	9	2	50
8	2	1	9	1	2	15
13	2	1	4	3		10
Итого	10	10	60	15	5	100

В таблице 5 представлена сумма оценки задач по времени, мин, для каждого из уровней сложности и приоритета. Общая оценка задач, по времени входящих в бэклог, составила 18195 мин.

Таблица 5

Сумма оценки задач по времени для каждого из уровней сложности и приоритета, мин

Сложность	Приоритет					Итого
	Низший	Низкий	Средний	Высокий	Критический	
1	285		1635	270	60	2250
3	120	570	1155	210		2055
5	330	1275	5430	1440	660	9135
8	360	180	2085	330	300	3255
13	390	60	720	330		1500
Итого	1485	2085	11025	2580	1020	18195

Линии обработки входящего потока

Моделируемая команда разработки разделена на две подкоманды, из чего следует, что в проектируемой СМО необходимо сформировать две линии обработки входящего потока. Каждая из линий будет обладать собственной очередью входящих заявок. Входящими заявками являются элементы бэклога спринта, поступающие на обработку узлам линий – участникам каждой из подкоманд.

Применение теории систем массового обслуживания в управлении проектной командой

Для моделирования СМО необходимо определить время, в течение которого каждый из узлов, то есть участников команды, сможет обрабатывать входящие заявки. Предположим, что участники команды работают по стандартному рабочему графику с нормальной продолжительностью рабочего времени – 40 часов в календарную неделю [3]. В рамках двухнедельного спринта каждый из участников команды сможет обрабатывать входящие заявки на протяжении 80 ч, или 4800 мин. Необходимо принять во внимание человеческий фактор и допустить, что 10 % рабочего времени будет потрачено неэффективно. Также следует учесть объем элементов бэклога, которые могут быть добавлены после начала работы над спринтом, а именно 15 % от начального объема бэклога спринта. С учетом этих поправок каждый из участников команды сможет обрабатывать входящие заявки на протяжении 60 ч в рамках двухнедельного спринта или 3600 мин. В рамках моделируемого спринта ни один из участников не пропустит ни одного рабочего дня.

Учитывая общую оценку по времени элементов бэклога спринта и время, в течение которого каждый из участников команды сможет обрабатывать заявки в рамках спринта, можно рассчитать общее количество участников команды по формуле

$$\text{Количество участников команды} = \frac{\text{Общее время задач бэклога}}{\text{Рабочее время сотрудника}} = \frac{18195 \text{ минут}}{3600 \text{ минут}}$$

В данном случае общее количество участников команды после округления результата равно 5. Для вычисления количества участников в каждой из подкоманд необходимо сгруппировать задачи по сложности, характерной для каждой из линий и разделить их общее время оценки на время работы каждого из участников команды. Так как задачи со сложностью 5 могут быть обработаны каждой из линий, то такие задачи могут быть распределены между линиями для полной загрузки каждого из участников. Для первой линии сумма оценки по времени задач со сложностью 1, 3 и 5 равна 13 440 мин. В чистом выражении для реализации такого объема задач в рамках двухнедельного спринта потребуются усилия 3,73 работников. Для второй линии сумма оценки по времени задач со сложностью 8 и 13 составляет 4 755 мин. В чистом выражении для реализации такого объема задач в рамках двухнедельного спринта потребуются усилия 1,32 работника. При явной нехватке задач на второй линии и явном переизбытке на первой необходимо распределить задачи со сложностью 5 между ними. Таким образом, общее время задач из бэклога распределилось следующим образом: 10995 мин для первой линии и 7200 мин для второй линии. Данные показатели соответствуют 3 работникам на первой линии и 2 работникам на второй линии.

Динамическое моделирование

Моделируемая СМО будет разделена на две подсистемы. Каждая из подсистем содержит несколько параллельных каналов обслуживания, свой накопитель входящих заявок и обладает уникальными параметрами интенсивности потока и интенсивности обслуживания (табл. 6).

Таблица 6

Две подсистемы моделируемой СМО

Параметр	1-я линия	2-я линия
Количество заявок в бэклоге, $r_{\text{бэклог}}$	62	38
Количество заявок с учетом возможного превышения 15 %, $r_{\text{общее}}$	71	44

Окончание таблицы 6

Общее время оценки заявок в бэклоге, $t_{\text{бэклога}}$	10995 мин	7200 мин
Общее время оценки заявок с учетом возможного превышения 15 %, $t_{\text{общее}}$	12644 мин	8280 мин
Количество рабочих часов в спринте, $t_{\text{спринта}}$	80	80
Среднее время пребывания заявки в системе, $t_{\text{обс}} = \frac{t_{\text{общее}}}{r_{\text{общее}}}$	178,04 мин	188,18 мин
Интенсивность потока заявок, $\lambda = \frac{r_{\text{общее}}}{t_{\text{спринта}}}$	0,8875 задачи/ч	0,55 задачи/ч
Количество обслуживающих приборов	3	2

Расчет характеристик СМО

На основании этих параметров необходимо рассчитать (табл. 7) основные показатели систем массового обслуживания, которыми являются 1-я и 2-я линии обработки задач из бэклога спринта.

Таблица 7

Основные показатели систем массового обслуживания

1-я линия	2-я линия
Интенсивность потока обслуживания [2, с. 11]	
$\mu = t_{\text{обс}}^{-1} = \frac{60}{178,04} = 0,337$	$\mu = t_{\text{обс}}^{-1} = \frac{60}{188,18} = 0,319$
Интенсивность нагрузки [2, с. 12]	
$\rho = \frac{\lambda t_{\text{обс}}}{60} = \frac{0,89 \cdot 178,04}{60} = 2,641$	$\rho = \frac{\lambda t_{\text{обс}}}{60} = \frac{0,54 \cdot 188,18}{60} = 1,694$
Вероятность, что канал свободен (доля времени простоя каналов) [2, с. 45]	
$\rho_0 = \frac{1}{\sum \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \left(1 - \left(\frac{\rho}{n} \right)^m \right)} = 0,0813$	$\rho_0 = \frac{1}{\sum \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \left(1 - \left(\frac{\rho}{n} \right)^m \right)} = 0,211$
Следовательно, 8,13 % в течение часа канал будет не занят, время простоя $t_{\text{пр}} = 4,9$ мин	Следовательно, 21,1 % в течение часа канал будет не занят, время простоя $t_{\text{пр}} = 12,7$ мин
Вероятность отказа (вероятность того, что канал занят) (доля заявок, получивших отказ) [2, с. 46]	
$\rho_{\text{отк}} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} \rho_0 = 0,0698$	$\rho_{\text{отк}} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} \rho_0 = 0,0575$
Значит, 7 % из числа поступивших заявок не принимаются к обслуживанию	Значит, почти 6 % из числа поступивших заявок не принимаются к обслуживанию
Вероятность обслуживания поступающих заявок (вероятность того, что заявка будет обслужена) [2, с. 46]	
$Q = \rho_{\text{обс}} = 1 - \rho_{\text{отк}} = 0,93$	$Q = \rho_{\text{обс}} = 1 - \rho_{\text{отк}} = 0,943$

Окончание таблицы 7

Среднее время простоя СМО, ч [2, с. 46]	
$t_{np} = \rho_{отк} t_{обс} = 0,207$	$t_{np} = \rho_{отк} t_{обс} = 0,18$
Среднее время простоя канала, ч [2, с. 46]	
$t_{н.к} = t_{обс} \frac{1 - \rho_{отк}}{\rho_{отк}} = 4,493$	$t_{н.к} = t_{обс} \frac{1 - \rho_{отк}}{\rho_{отк}} = 5,228$

Из полученных показателей вероятности отказа и вероятности обслуживания заявок можно сделать заключение о том, что конфигурация линий СМО соотносится с планируемой нагрузкой. Каждая линия сможет обработать более 90 % задач, поступивших на обработку. Показатель среднего простоя канала также соотносится с ожидаемым временем, в течение которого работник не будет выполнять свои прямые обязанности.

Заключение

Рассмотрен подход к планированию проектной деятельности при помощи теории массового обслуживания. Определено, можно ли рассчитать производительность команды на основании формализованного списка планируемых задач и методов теории СМО. В результате проведенных расчетов были получены данные, которые подтверждают корректность применения такого подхода для планирования проектной работы.

Для расчета основных характеристик СМО необходимо определить:

- оценку задач, которые необходимо выполнить в рамках фиксированного промежутка времени – спринта – по нескольким критериям: время выполнения, сложность, приоритет;
- расчет времени, в течение которого каждый из участников команды способен обрабатывать задачи.
- целевые показатели команды, например, такие как вероятность обслуживания входящей заявки.
- на основании списка задач рассчитать параметры входного потока для СМО.

Применение теории массового обслуживания позволяет вычислить следующие командные показатели:

- возможный процент выполненных задач в рамках спринта;
- возможное среднее время простоя участника команды в рамках спринта;
- возможное среднее время простоя всей команды в рамках спринта;
- вероятность возникновения очереди входящих заявок в рамках спринта;
- количество участников, необходимых для обработки заявок бэклога в рамках спринта.

Данные показатели могут быть вычислены как на начальном этапе планирования, так и на промежуточных этапах с целью получения сигналов о движении к планируемому результату. Это позволит своевременно реагировать и предотвращать задержки при производстве, а также не допускать простоев производства.

Литература

1. Сазерленд Джефф. Scrum. Революционный метод управления проектами: пер. с англ. М. Гескиной. 2-е изд. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017.

2. Солнышкина И.В. Теория систем массового обслуживания: учеб. пособие. Комсомольск-на-Амуре, 2015. 76 с.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации (ред. от 28.06.2021).

References

1. Sutherland Jeff (2017) *Scrum. Revolyutsionnyy metod upravleniya proektami* [Scrum. A revolutionary method of project management]. Moscow, Mann, Ivanov i Ferber Publishing (in Russian).
2. Solnyshkina I.V. (2015) *Teoriya sistem massovogo obsluzhivaniya* [Theory of queuing systems]. Komsomol'sk-na-Amure, 76 p. (in Russian).
3. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii (red. ot 28.06.2021) [Labor Code of the Russian Federation (as amended on 06/28/2021)] (in Russian).