



УДК 51.74

APPLICATION OF FUZZY SETS FOR THE SOLUTION OF TASKS ON APPOINTING EMPLOYEES TO THE WORKS OF THE INNOVATIVE PROJECT

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ О НАЗНАЧЕНИИ СОТРУДНИКОВ НА РАБОТЫ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА.

Titov Yu.P. / Титов Ю.П.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

SPIN: 8866-5903

Moscow Aviation Institute, Moscow, Volokolamskoe, 4, 125080

Московский Авиационный Институт, Москва, Волоколамское ш., 4, 125080

Аннотация. В современном мире из-за развития технологий поддержки жизненного цикла все больше новых проектов приобретают статус инновационных. Для таких проектов не существует аналогов, вследствие чего возникают проблемы с управлением такими проектами. Одной из таких проблем является задача о назначении сотрудников на отдельные работы проекта, так как механизма оценки времени, которое может потребоваться на выполнение инновационной работы нет. В работе предложен подход, позволяющий применить нечеткие множества для оценки времени выполнения работы при условии учета личных особенностей сотрудников, их взаимодействия и усталости.

Ключевые слова: нечеткое множество, задача о назначениях, календарное планирование, взаимодействие сотрудников, сложность задачи.

Вступление.

Основой решения о приеме на работу сотрудника обычно оказываются только его профессиональные навыки. Это приводит к тому, что часто сотрудник попадает на задачу, для выполнения которой ему требуется дополнительное изучение материала. В серьезных фирмах новому сотруднику на собеседовании иногда предлагают решить, или предположить решение, одной из существующих в фирме задач. В данном подходе появляется вопрос: что делать с сотрудником после выполнения требуемой задачи. Обычно такую проблему решают путем создания команды разработчиков, и эта команда разработчиков в процессе выполнения работы назначается на различные задачи. Эти факторы сильно усложняют процесс оценки времени выполнения проекта.

Планирование сроков выполнения всего проекта обычно выполняют путем построения сетевого графика работ. При этом до сих пор основным методом расчета сроков проекта остается метод критического пути (Critical Path Method, СРМ). Применение данного метода накладывает ограничения на сетевой график, основным из которых является необходимость знать точное время выполнения работы. Точно определить это время крайне сложно, поэтому для определения времени выполнения работы используется метод PERT, разработанный в 1958 году и определяющий время выполнения каждой работы по формуле, использующей оптимистичное, пессимистичное и ожидаемое время выполнения работы. Для вычисления времени используют менеджеров, имеющих опыт в управлении подобными проектами. В таком случае время



выполнения каждой задачи берется исходя из опыта в выполнении аналогичных задач в других, аналогичных проектах. Но данный подход не применим, если проект является инновационным. Ситуацию усложняет необходимость учета того, что на каждую задачу может быть назначена команда разработчиков. В работе предлагается рассмотреть возможность применения нечетких множеств для решения задачи вычисления времени выполнения работы в инновационном проекте.

Основной текст

Необходимо выполнить некоторый процесс (в данном примере рассмотрим процесс написания программного обеспечения), который может быть разбит на множество задач. Для каждой задачи устанавливается сложность его выполнения в виде некоторой величины sl_i , где $i \in (1..m)$ – номер задачи; m – количество задач.

Для выполнения задачи имеется множество работников. Эти работники уже могут работать в компании или могут предполагаться к найму в компанию. У каждого работника имеется некоторая нечеткая функция «Выполнение работы/задачи в срок», определяющая возможность решения задачи в срок определенной сложности работником и заданная «четкой» функцией принадлежности с насыщением: $\mu_{i,j}(sl_i)$, где $i \in (1..m)$ – номер задачи; $j \in (1..n)$ – номер работника; n – количество работников; N – множество всех работников. Предлагаемая нечеткая функция зависит от сложности выполняемой работы sl_i .

Например, при разработке программного продукта можно выделить несколько типов задач, и набирать команду для выполнения каждого типа задач. Но в случае достаточно компактных групп программистов, действующих, например, по методологии SCRUM, большинство работников являются универсальными. В данном случае в каждый конкретный момент времени требуется распределить задачи между работниками с учетом, как сложности задачи, так и возможностей работников. Для определения функций принадлежности можно использовать метод PERT, при этом при опросе работников необходимо определить некоторую задачу, имеющую условную «базовую» сложность. Если значение «четкой» функцией принадлежности с насыщением нечеткой функции выполнения задачи в срок для определенной сложности работы равна 1, то данную задачу сотрудник точно сможет выполнить полностью в срок. Значение функции принадлежности равное 0 говорит о невозможности выполнения данной работы сотрудником в срок или недостаточной компетенции сотрудника для выполнения данной работы.

Решение данной задачи тривиально, так как если на этап можно назначить только одного работника, то она решается любым методом линейной оптимизации, как типовая задача о назначениях, так как вместо всей функции принадлежности нас интересуют только определенные значения, соответствующие сложностям задач – $\mu_{i,j}$.

Но не всегда на одну работу назначается только один сотрудник, часто команда выполняет коллективную работу над одной задачей. Для учета этой



особенности необходимо ввести коэффициент увеличивающий сложность задачи за счет необходимости взаимодействия работников. В результате нечеткая функция «Выполнения работы/задачи в срок» может быть оценена по следующей формуле:

$$\begin{aligned}
 slg_i &= sl_i + vz_i(n_i), \text{ для } \forall i \in (1..m) \\
 \mu_i &= \min_{k \in Mp_i} (\mu_{k,j}(slgp_k)) , \text{ для } \forall i \in (1..m) \\
 \sum_{k \in Mp_i} slgp_k &= slg_i , \text{ для } \forall i \in (1..m) \\
 \sum_{k \in Mp_j} slgp_k &\leq b_j, \text{ для } \forall j \in (1..n) \\
 \mu_i &\rightarrow \max, \text{ для } \exists i \in (1..m)
 \end{aligned}$$

где vz_i - функция увеличения сложности разработки за счет взаимодействия работников; n_i - количество работников, назначенных на i -ю задачу; slg_i - результирующая сложность выполнения задачи группой из n_i - работников; k - номер подзадачи; $slgp_k$ - сложность выполнения k -ой подзадачи; Mp_i - множество всех подзадач относящихся к i -ой задачи; Mp_j - множество всех подзадач выполняемых j -м работником; b_j - ограничение на суммарную сложность задач, которую может выполнить j -ый работник.

Кроме задачи о назначении необходимо решить задачу об определении сложности выполнения подзадач в соответствии с назначенными на них работниками. Так как целевая функция для каждой отдельной задачи – сепарабельна, а ограничения аддитивны, то можно применить функцию Белмана для вычисления оптимального распределения общей сложности задачи на подзадачи, назначенные конкретным работникам.

Предложенная задача учитывает возможность выполнения различных работ одним сотрудником только в виде ограничения. При этом не учитывается «усталость» сотрудников в связи с большим объемом работ, при этом удовлетворяющих ограничениям. Данную зависимость тоже можно задать в виде функции (тут можно будет рассмотреть нечеткие функции, но они по смыслу не очень подходят, только как удобный инструмент для задания), определяющей работоспособность работника в зависимости от нагрузки –

$$ng_{i,j} \left(\sum_{k \in Mp_{i,j}} slgp_k \right)$$

где $i \in (1..m)$ – номер задачи; $j \in (1..n)$ – номер работника; m – количество задач; Mp – множество всех подзадач; $Mp_{i,j}$ – множество всех подзадач i -ой задачи, назначенных j -му работнику; $slgp_k$ - сложность k -ой подзадачи с учетом необходимого взаимодействия между работниками. Параметр i у предложенной функции показывает, что на усталость работника влияет не только общая сложность работы, но и какой именно тип задачи



необходимо выполнять работнику. Данная функция принимает значение 1 до тех пор, пока нагрузка на работника не влияет на его работоспособность, далее она убывает до 0, т.е. до момента, когда работник не в состоянии выполнять работу (хотя этот случай в задачах оптимизации рассматриваться не должен).

В результате нечеткая функция «Выполнения работы/задачи в срок» может быть оценена по следующей формуле:

$$slg_i = sl_i + vz_i(n_i), \text{ для } \forall i \in (1..m)$$

$$\mu_i = \min_{k \in Mp_i} \left(\mu_{k,j} \left(\frac{slgp_k}{ng_{i,j} \left(\sum_{k \in Mp_{i,j}} slgp_k \right)} \right) \right), \text{ для } \forall i \in (1..m)$$

$$\sum_{k \in Mp_i} slgp_k = slg_i, \text{ для } \forall i \in (1..m)$$

$$\mu_i \rightarrow \max, \text{ для } \exists i \in (1..m)$$

При такой постановке задача назначения работников на задачи не решается простыми методами. Для решения данной задачи предлагается применить модифицированный метод муравьиных колоний.

Дальнейшее развитие задачи. Добавить время работы и коэффициент усталости, может добавить календарный план. Исходя из времени, необходимого для выполнения отдельных задач вычисляется итоговое время выполнения работы. Из времени выполнения работы и времен занятости отдельных работников вычислить стоимость проекта и перейти к многокритериальной оптимизации. Появится возможность назначать не всех работников на работы и тем самым рассматривать еще не нанятых сотрудников, или сотрудников, занятых в других проектах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-01-00520 А

Заключение и выводы.

В работе рассматривается возможность применения нечетких множеств для задач вычисления времени выполнения инновационной работы группой сотрудников. Задачи разделяются на несколько типов, и определяется их сложность, а для работника задается нечеткая функция возможности выполнения работы определенного типа в срок в зависимости от сложности работы. Определены три подхода, позволяющие учесть влияние взаимодействия между работниками и усталости от большого количества задач. Определены базовые подходы к решению задачи о назначении.

Литература:

1. Акимов В.А., Балашов В.Г., Заложнев А.Ю. Метод нечеткого критического пути // Управление большими системами: сборник трудов, 2003, №3, с 5-10.
2. Piegat A. Fuzzy modeling and control. — Berlin– Heidelberg: Springer, 2001. 371 p
3. Зацаринный А. А., Коротков В. В., Матвеев М. Г. Моделирование процессов сетевого планирования портфеля проектов с неоднородными



ресурсами в условиях нечеткой информации // Информатика и ее применения, 2019, Том №13, Вып. 2, с. 92-99.

4. Чернов, В. Г. Основы теории нечетких множеств : учеб. пособие: Изд-во Владимирского государственного университета, 2010, 96 с.

5. Kumanan, S., G. J. Jose, and K. Raja. Multi-project scheduling using a heuristic and a genetic algorithm. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 2006, №31(3-4), pp. 360–366

References:

1. Akimov V.A., Balashov V.G., Zalozhnev A.Yu. The fuzzy critical path method // Management of large systems: proceedings, 2003, No. 3, pp. 5-10.

2. Piegat A. Fuzzy modeling and control. - Berlin– Heidelberg: Springer, 2001.371 p

3. Zatsarinny A. A., Korotkov V. V., Matveev M. G. Modeling of network planning processes for a portfolio of projects with heterogeneous resources in the conditions of fuzzy information // Informatics and its applications, 2019, Volume No. 13, Issue. 2, p. 92-99.

4. Chernov, V. G. Fundamentals of the theory of fuzzy sets: textbook. allowance: Publishing House of the Vladimir State University, 2010, 96 p.

5. Kumanan, S., G. J. Jose, and K. Raja. Multi-project scheduling using a heuristic and a genetic algorithm. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 2006, No. 31 (3-4), pp. 360-366

Abstract.

In the modern world, due to the development of life cycle support technologies, more and more new projects are becoming innovative. For such projects there are no analogues, as a result of which there are problems with the management of such projects. One of these problems is the task of appointing employees to separate work of the project, since there is no mechanism for assessing the time that may be required to complete innovative work. The paper proposes an approach that allows the use of fuzzy sets to estimate the time to complete work, subject to the personal characteristics of employees, their interaction and fatigue.

Key words: *fuzzy set, assignment problem, scheduling, employee interaction, task complexity.*

Статья отправлена: 11.11.2019 г.

© Титов Ю.П.