

УДК 51-74

**АЛГОРИТМ ОБОБЩЕНИЯ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ЗАДАЧИ  
НАЗНАЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ НА РАБОТЫ**

**Титов Ю.П.**

*к.т.н., доцент кафедры №304 МАИ,  
Московский авиационный институт,  
Москва, Россия*

**Давыдкина Е.А.**

*старший преподаватель кафедры №304 МАИ,  
Московский авиационный институт,  
Москва, Россия*

**Аннотация**

В работе рассматривается алгоритмическая и программная реализация принципов обобщения нечетких множеств, заданных на различных несущих множествах. Рассматривается вычисления времени выполнения работы группой работников, для каждого из которых время выполнения данной работы задано в виде нечеткой функции. Для выполнения алгоритма необходимо наложение ограничений на функцию принадлежности: монотонность, непрерывность на интервале  $(0, 1)$  и заданных в виде кусочной функции. В результате разработан алгоритм, позволяющий вычислять «четкую» функцию принадлежности с насыщением нечеткой функции времени выполнения для каждой задачи группой работников с учетом времени, затрачиваемым на их взаимодействие.

**Ключевые слова:** нечеткие множества, процедура обобщения, управление персоналом, Delphi.

**ALGORITHM FOR GENERALIZING FUZZY SETS FOR THE PROBLEM OF  
APPOINTING WORKERS TO WORKS.**

***Titov Yu.P.***

*Ph.D., no, associate professor of the department №304 MAI,*

*Moscow Aviation Institute,*

*Moscow, Russia*

***Davydkina E.A.***

*Senior Lecturer, Department №304 MAI,*

*Moscow Aviation Institute,*

*Moscow, Russia*

### **Annotation**

The paper considers the algorithmic and software implementation of the principles of generalization of fuzzy sets given on different bearing sets. We consider the calculation of the execution time of a group of workers, for each of which the execution time of this work is given in the form of a fuzzy function. To execute the algorithm, it is necessary to impose restrictions on the membership function: monotonicity, continuity on the interval  $(0, 1)$  and given in the form of a piecewise function. As a result, an algorithm has been developed that allows one to calculate the “clear” membership function with saturation of the fuzzy function of the lead time for each task by a group of workers, taking into account the time spent on their interaction.

**Keywords:** fuzzy sets, generalization procedure, personnel management, Delphi.

В настоящий момент все больше развития получают вопросы, связанные с задачами подбора персонала и назначения работников на конкретные задачи. Одним из самых распространенных методов в данной области является построение сетевого графика и вычисление времени выполнения работы с помощью алгоритма критического пути (Critical Patch Method). [1-3]  
Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

Единственным существенным расширением этого метода, применяемого при наборе и распределении работников является метод вычисления оценок времени выполнения работы PERT. [4]

Дальнейшее развитие методов оценки времени выполнения, как отдельных задач, так и всего проекта предполагает использование методов нечетких множеств.[5-9] В таком случае задается «четкая» функция принадлежности с насыщением для нечеткой функции времени выполнения работы. В случае, когда необходимо решать задачу о назначении сотрудников на работы или о приеме новых сотрудников под определенную задачу, то в виде нечеткой функции задается время выполнения конкретной задачи конкретным работником. Для данной задачи проводится опрос каждого сотрудника относительно времени выполнения каждой задачи (из тех, которые работник сможет выполнять). При этом для работника задаются только нечеткие функции времени выполнения задач, которые работники готовы или могут выполнять.

Но подобный подход позволяет назначить нескольких работников на одну задачу. В результате для определения времени выполнения задачи необходимо учесть нечеткие функции времени выполнения задачи для всех работников, назначенных на ее выполнение. Для учета нечетких функций времени выполнения работы каждого работника в составе нечеткой функции времени выполнения задачи необходимо вычислить производительность каждого работника.

$$\mu_{i,j}(p_{i,j}) = 1 - v_{i,j}(t_{i,j}) \quad (1)$$

$$p_{i,j} = 1/t_{i,j} \quad (2)$$

Где:  $t_{i,j}$  – время выполнения  $j$ -ой задачи  $i$ -м работником;  $p_{i,j}$  – производительность  $i$ -го работника при выполнении  $j$ -ой задачи;  $v_{i,j}$  – «четкая» функция принадлежности с насыщением нечеткой функции времени

Дневник науки | [www.dnevnika.ru](http://www.dnevnika.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

выполнения  $j$ -ой задачи  $i$ -м работником;  $\mu_{i,j}$  – «четкая» функция принадлежности с насыщением нечеткой функции производительности  $i$ -го работника при выполнении  $j$ -ой задачи;

Для получения общей производительности всех работников, назначенных на задачу необходимо провести операцию обобщения. Но операция обобщения определена для нечетких чисел или для нечетких функций, определенных на одинаковых несущих множествах. [10] В работе [11] предложен подход, позволяющий обобщить нечеткие функции, заданные на различных несущих множествах при условии монотонности, непрерывности на интервале  $(0, 1)$  «четкой» функции принадлежности с насыщением нечеткой функции. Кроме того для работы предложенного метода необходимо задать «четкую» функцию принадлежности в виде кусочной функции.

В результате предложена следующая последовательность проведения процедуры обобщения нечетких функций, заданных на различных несущих множествах:

$$p_j = \sum_{i \in I_j} p_{i,j}; \mu_j(p_j) = \mu_{i,j}(p_{i,j}), \text{ для } \forall i \in I_j, \forall \mu_j(p_j) \in (0..1)$$

(3)

Где  $p_{i,j}$  – производительность  $i$ -го работника при выполнении  $j$ -ой задачи;  $p_j$  – «общая» производительность коллектива при выполнении  $j$ -ой задачи;  $I_j$  – множество всех работников, назначенных на  $j$ -ю задачу;  $\mu_{i,j}$  – «четкая» функция принадлежности с насыщением нечеткой функции производительности  $i$ -го работника при выполнении  $j$ -ой задачи;  $\mu_j$  – «четкая» функция принадлежности с насыщением нечеткой функции «общей» производительности при выполнении  $j$ -ой задачи;

Для проведения вычислений с использованием предложенной формулы необходимо рассмотреть все значения функции

принадлежности  $\mu_j(p_j) \in (0..1)$ . Для сокращения перебора предлагается рассматривать только «узловые» точки, то есть точки, которые были точками перегиба в исходных «четких» функций принадлежности с насыщением нечеткой функции времени выполнения  $j$ -ой задачи  $i$ -м работником. Кроме того в работе предложены различные алгоритмы учета необходимости взаимодействия работников при выполнении одной задачи.

Ниже приведен алгоритм вычисления «четкая» функция принадлежности с насыщением нечеткой функции «общей» производительности при выполнении для каждой задачи. Для хранения информации о кусочной функции создается массив точек, имеющих 2 значения: время/производительность и значение функции принадлежности. Для каждого работника и каждой задачи определено два таких массива: один для функции принадлежности нечеткой функции времени выполнения, второй – для производительности. Для определения второй функции при заданной первой необходимо в цикле пройти по всем точкам кусочной функции и для каждой выполнить преобразования по формулам 1 и 2. Для каждой задачи необходимо хранить множество всех работников, назначенных на нее. В общем виде алгоритм представлен на рисунке 1.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

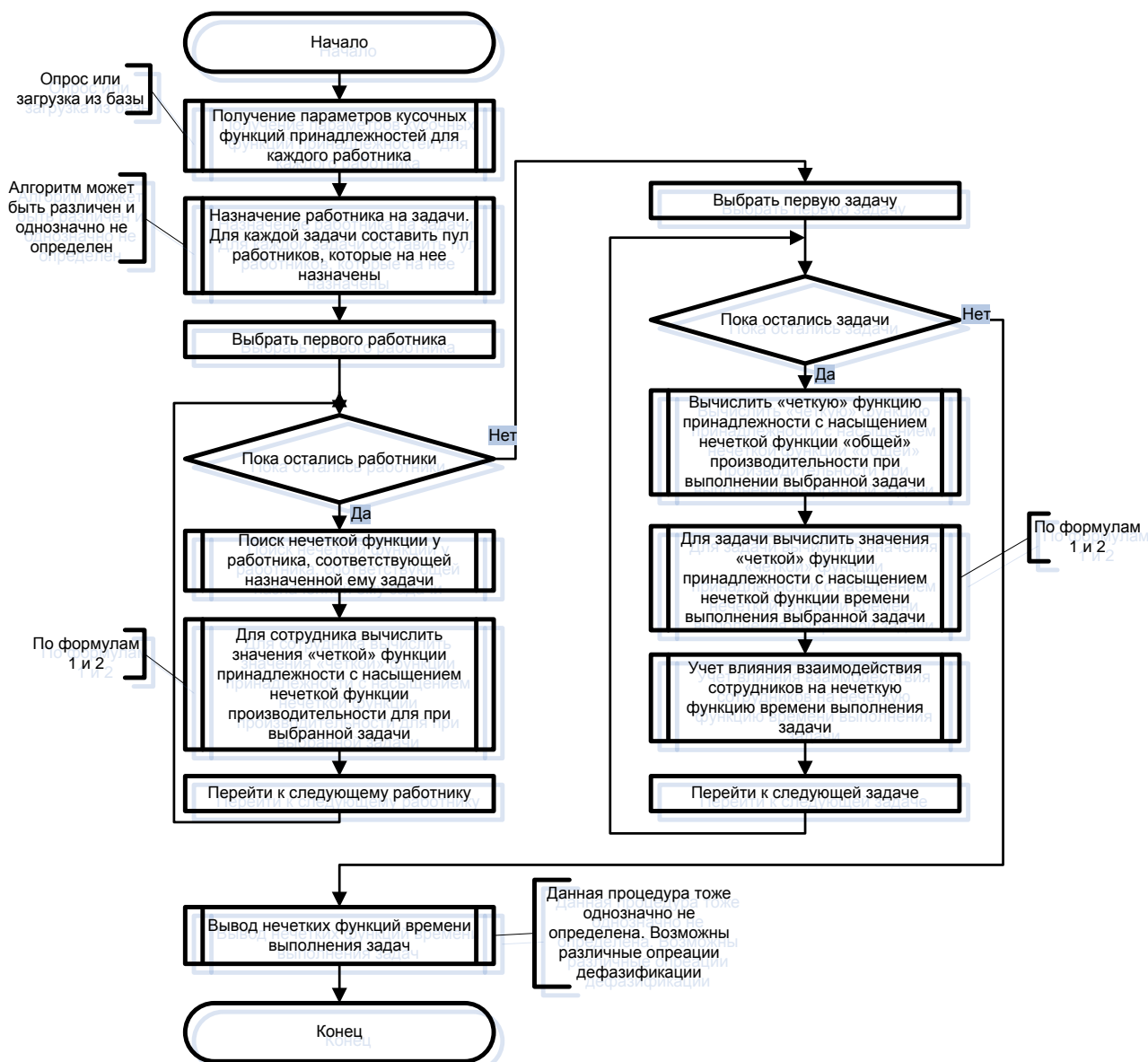


Рис. 1. Алгоритм вычисления «четкая» функция принадлежности с насыщением нечеткой функции времени выполнения задач

Наибольший интерес в блок-схеме представляет процедура вычисления нечеткой функции «общей производительности» для задачи из нечетких функций производительности работников. При данной процедуре необходимо сначала определить множество точек, в которых имеются точки перегиба у всех работников, назначенных на задачу. Для вычисления значения производительности для каждой точки перегиба «четкой» функции принадлежности с насыщением нечеткой функции «общей»

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

производительности задачи необходимо определить значение производительности всех работников, назначенных на выполнение задачи и вычислить их сумму. Для вычисления значений производительности необходимо провести поиск каждого значения функции принадлежности, принадлежащей каждой точке перегиба «четкой» функции принадлежности с насыщением нечеткой функции «общей» производительности задачи и поиск значения производительности у такого же значения функции принадлежности у каждого работника, назначенного на выполнения задачи. Но не для каждого значения функции принадлежности у работника будет определено значение производительности. Тут стоит отметить, что наложенные ограничение на составление функции производительности позволяют с уверенностью утверждать, что для каждого значения функции принадлежности у каждого работника существует значение производительности. Для вычисления значения производительности для значения функции принадлежности необходимо найти две наиболее близкие точки перегиба в «четкой» функции принадлежности нечеткой функции производительности работника при выполнении выбранной задачи. Значение производительности в такой постановке находится путем линейной интерполяции кусочной функции между двумя найденными значениями. Если же значение функции принадлежности принадлежит точке перегиба «четкой» функции принадлежности нечеткой функции производительности работника при выполнении выбранной задачи, то можно взять значение производительности работника, принадлежащее точке перегиба. Алгоритм вычисления значений производительности для кусочной функции принадлежности нечеткой функции производительности для выбранной задачи приведен на рисунке 2.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

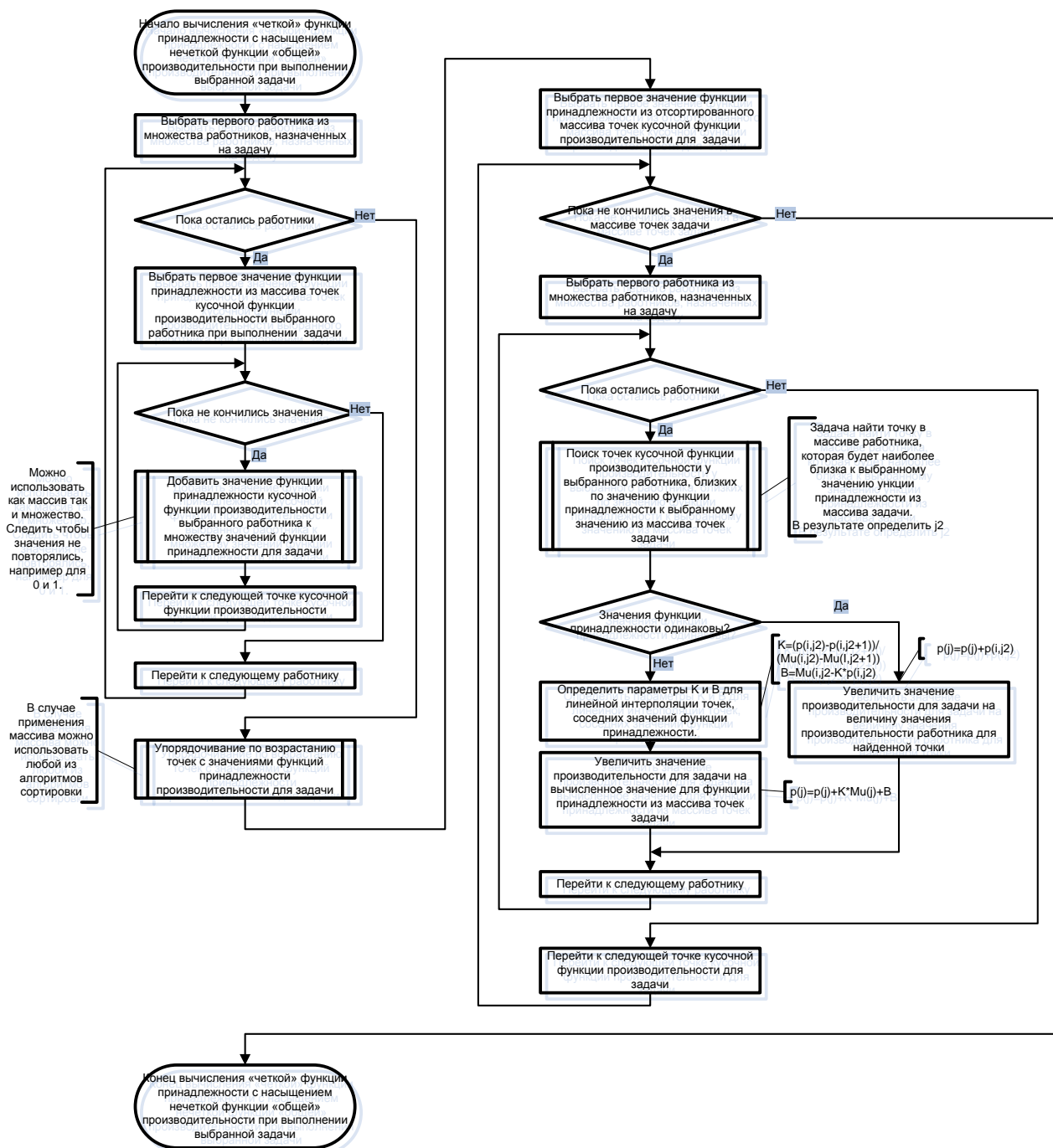


Рис 2. Алгоритм вычисления значений производительности для кусочной функции принадлежности нечеткой функции производительности для выбранной задачи

В рамках алгоритма можно особое внимание уделить необходимости учета времени, потраченного на взаимодействие работников, назначенных на одну задачу. Предлагается учитывать взаимодействие между работниками как



систему обучения работника более слабого уровня до уровня «топового» работника. В этом случае рассматриваются только времена взаимодействия между лучшим работником, назначенным на задачу, и всеми другими работниками. Эти времена суммируются и произведение полученной суммы и весового коэффициента определяет насколько будет задержано выполнение задачи из-за взаимодействия между работниками. Алгоритм учета времени взаимодействия работников изображен на рисунке 3.

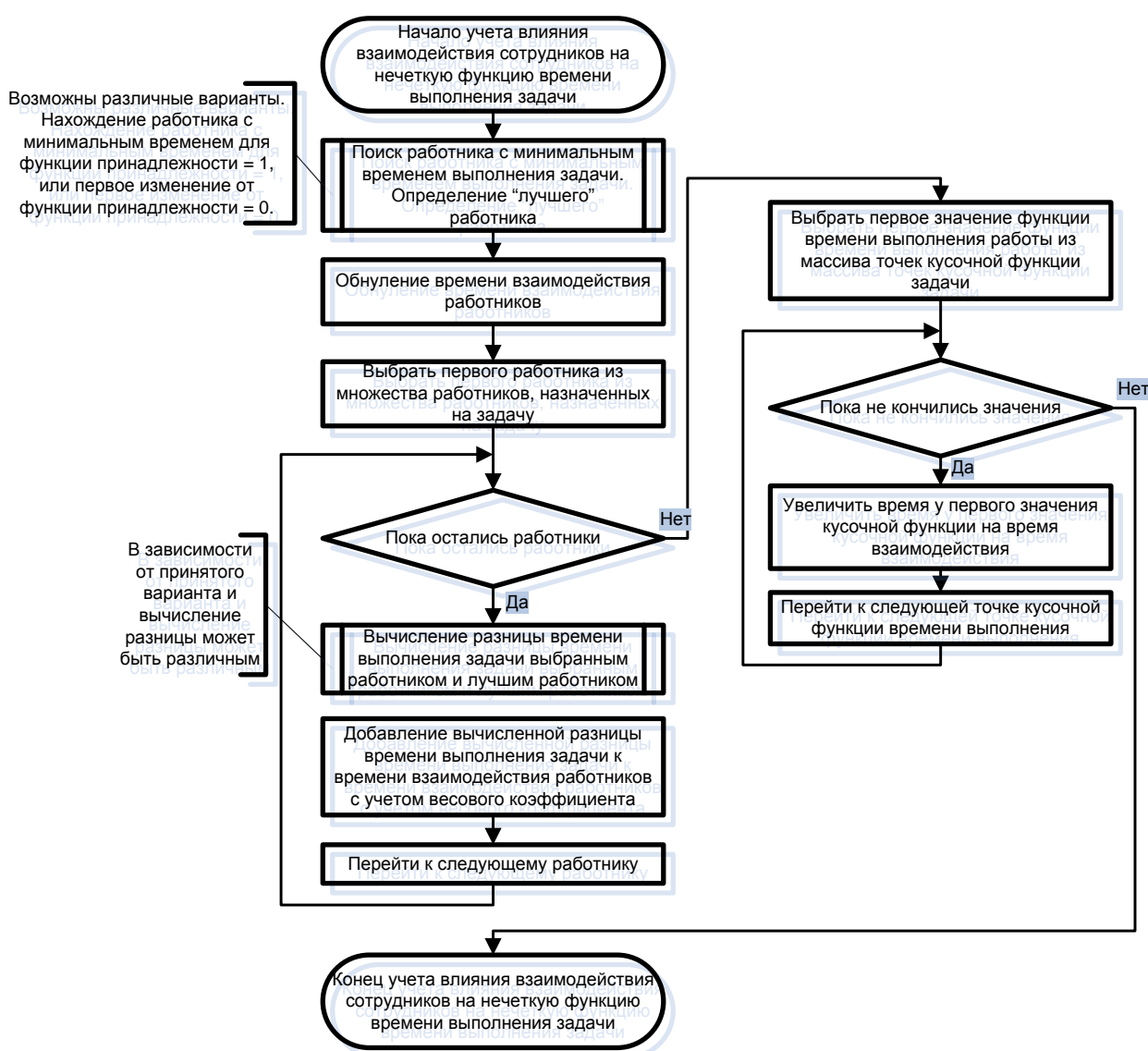


Рис 3. Блок-схема алгоритма учета влияния взаимодействия сотрудников на нечеткую функцию времени выполнения задачи.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Для тестирования предложенных алгоритмов было разработано программное обеспечение на языке object pascal в среде программирования Delphi. Для тестирования программного обеспечения использовался вручную подсчитанный пример из работы.[11] Результаты ручного и машинного счета совпали. Проверка работоспособности программного обеспечения проводилась на примере, содержащем 35 работников и 15 задач. В результате для вычисления значений «четких» функций принадлежности с насыщением нечетких функций времени выполнения работы потребовалось 17 секунд времени и около 9 Мб оперативной памяти. Эти результаты позволяют применять предложенный алгоритм для систем, предназначенных для решения задачи о рациональном назначении сотрудников на работы и в дальнейшем проводить исследования различных вариаций предлагаемых методов.

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

**Библиографический список**

1. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642.
2. Зацаринный А. А., Киселев Э. В., Козлов С. В., Колин К. К. Информационное пространство цифровой экономики России. // Концептуальные основы и проблемы формирования. М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. 236 с
3. Акимов В.А., Балашов В.Г., Заложнев А.Ю. Метод нечеткого критического пути // Управление большими системами: сборник трудов. - 2003. - №3. - с 5-10.
4. Фридлянов М.А. Методы и приемы управления проектами в сфере промышленного производства // Проблемы рыночной экономики, 2017. - № 3. - с 17–24.

5. Piegat A. Fuzzy modeling and control. — Berlin– Heidelberg: Springer, 2001. 371 p
6. Балашов В. Г., Заложнев А. Ю., Новиков Д. А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003, 84 с.
7. Шевляков А. О., Матвеев М. Г. Сравнение различных нечетких арифметик // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2017. - № 4. - с. 60–68.
8. 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.
9. Kuchta, D. “Fuzzy capital budgeting”. Fuzzy Sets and Systems, 2000, №111, pp. 367–385.
10. Чернов, В. Г. Основы теории нечетких множеств: учеб. пособие: Изд-во Владимирского государственного института, 2010, 96 с.
11. Судаков В.А., Титов Ю.П. Решение задачи определения времени выполнения работы группой сотрудников с помощью нечетких множеств // Открытое образование. - 2019. - № 23(5). - с. 74-82.

*Оригинальность 94%*