

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОГО МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПО СТОИМОСТИ МНОГОФАКТОРНЫХ ПЛАНОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Николай Кошевой¹⁾, Виктория Рожнова²⁾, Татьяна Рожнова³⁾

^{1), 2)} НАУ имени Н.Е. Жуковского „ХАИ“

61070, Украина, г. Харьков, ул. Чкалова 17, www.khai.edu

³⁾ ХНУР 61166, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14, www.nure.ua

E-mails: ¹⁾ ndkoshevoy@rambler.ru, ²⁾ rozh.vik91@gmail.com, ³⁾ tetiana.rozhnova@nure.ua

Резюме: В данной статье рассматривается переход от оптимизации по стоимости к оптимизации плана эксперимента по рангам стоимостей переходов. Поскольку результатом оптимизации является план эксперимента, при реализации которого будут затрачены минимальные материальные или временные ресурсы, то предлагается ранжировать стоимости переходов. Это позволяет сделать алгоритм универсальным для различных стоимостей переходов, а также облегчит выбор параметров для правильной настройки и работы алгоритма.

Ключевые слова: классический муравьиный алгоритм, многофакторный эксперимент, оптимизация, планирование эксперимента, ранжирование.

Введение. Предыдущие исследования [1,2] показали, что не представляется возможным точно подобрать параметры, влияющие на работу алгоритма (вес видимости, вес феромона, оценка порядка пути, коэффициент испарения феромона), т.к. они зависят от порядка стоимостей переходов. Таким образом задача по выбору этих параметров усложняется влиянием стоимости, поскольку для различных планов оптимальная стоимость реализации может изменяться от одной до тысяч у.е.. В данной статье предлагается рассмотреть ранжирование стоимостей переходов с одной строки плана эксперимента на другую как альтернативу, которая позволит облегчить выбор рабочих параметров, т.к. количество рангов изменяется в зависимости от количества состояний.

Ранее авторами было установлено [1], что:

- вес феромона следует выбирать в диапазоне $0 \dots 1$;

- вес видимости следует выбирать в диапазоне $1 \dots 5$;

- оценку порядка пути необходимо выбирать, ориентируясь на сумму рангов реализации первоначального плана эксперимента, чем больше сумма, тем меньше оценка порядка пути, рационально выбирать в диапазоне $1 \dots 25$;

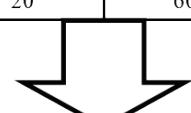
- коэффициент испарения феромона выбирается из диапазона $0,01 \dots 0,09$, следует учитывать, что слишком большой коэффициент испарения феромона приводит к тому, что муравьиный алгоритм заклинивается на одном

и том же субоптимальном решении.

1. Результаты исследований. Учитывая то, что результатом оптимизации плана эксперимента является последовательность строк, при которой будет затрачено минимальное количество материальных средств, предлагается перед оптимизацией плана при помощи классического муравьиного алгоритма первоначально ранжировать стоимости переходов.

На рисунке 1 приведены стоимости переходов для одного из планов эксперимента с количеством факторов $k=2$ и их ранжированный аналог.

Из «0» в «+1»	Из «0» в «-1»
10	10
60	20
Из «-1» в «+1»	Из «+1» в «-1»
10	10
20	60



Из «0» в «+1»	Из «0» в «-1»
1	1
3	2
Из «-1» в «+1»	Из «+1» в «-1»
1	1
2	3

Рисунок 1. Стоимости переходов и их ранжированные аналоги для плана эксперимента с $k=2$

В ходе исследований проводилась оптимизация планов эксперимента по стоимостям и по их ранжированным аналогам. Оптимизация проводилась для планов экспериментов с количеством факторов $k=2, 3, 4$ (таблица 1).

Таблица 1. Результаты оптимизации по стоимости и по рангу

Количество факторов	Минимальные стоимости планов, у.е.	Сумма рангов, соответствующая минимальным стоимостям	Минимальная сумма рангов	Идентичность перехода, %
2	70	7	7	100
	33	18	18	100
3	102	40	39	96
	47,5	47	46	92
4	330,67	128	128	100
	194,7	106	106	100
	51,9	68	68	100

Из таблицы 1 видно, что при оптимизации по рангу получаем близкий к оптимальному план эксперимента. При анализе всех просчетов по рангу, переходя к стоимости, можно найти оптимальный план.

Для количества факторов $k=3$ были получены планы экспериментов, в которых минимальная сумма рангов не соответствует минимальной стоимости, но близка к ней. Планы экспериментов приведены в таблице 2.

В таблице 3 и 4 приведены значения рабочих параметров, использованных для оптимизации планов эксперимента с применением ранжирования стоимостей и с оптимизацией по стоимостям.

Заключение

Таким образом, переходя от оптимизации по стоимости к оптимизации по рангу получаем планы близкие к оптимальному. При этом упрощается выбор параметров настройки работы классического алгоритма.

Также можно сделать вывод, что при оптимизации плана эксперимента по рангам стоимостей целесообразно выбирать рабочие параметры таким образом:

- 1) для $k=2$ и $k=3$:
 - вес видимости и вес феромона следует брать равным 1;
 - оценку порядка пути следует выбирать

Таблица 2. Планы экспериментов, для которых минимальная сумма рангов не совпадает с минимальной стоимостью реализации плана

Исходный план				План соответствующий минимальной сумме рангов				План соответствующий минимальной стоимости			
№	x1	x2	x3	№	x1	x2	x3	№	x1	x2	x3
1	+	+	+	2	-	+	+	7	+	-	-
2	-	+	+	1	+	+	+	3	+	-	+
3	+	-	+	5	+	+	-	4	-	-	+
4	-	-	+	6	-	+	-	8	-	-	-
5	+	+	-	8	-	-	-	6	-	+	-
6	-	+	-	7	+	-	-	5	+	+	-
7	+	-	-	3	+	-	+	1	+	+	+
8	-	-	-	4	-	-	+	2	-	+	+
Стоимость реализации – 166 Соответствующая сумма рангов - 60				Стоимость реализации – 106 Соответствующая сумма рангов - 39				Стоимость реализации – 102 Соответствующая сумма рангов - 40			
№	x1	x2	x3	№	x1	x2	x3	№	x1	x2	x3
1	+	+	+	5	+	+	-	2	-	+	+
2	-	+	+	6	-	+	-	1	+	+	+
3	+	-	+	2	-	+	+	3	+	-	+
4	-	-	+	1	+	+	+	4	-	-	+
5	+	+	-	3	+	-	+	8	-	-	-
6	-	+	-	4	-	-	+	7	+	-	-
7	+	-	-	8	-	-	-	5	+	+	-
8	-	-	-	7	+	-	-	6	-	+	-
Стоимость реализации – 67 Соответствующая сумма рангов – 67				Стоимость реализации – 50 Соответствующая сумма рангов - 46				Стоимость реализации – 47,5 Соответствующая сумма рангов - 47			

Таблица 3. Рабочие параметры, использованные для оптимизации по рангу

Количество факторов	Минимальная стоимость	Вес феромона	Вес видимости	Оценка порядка пути	Коэффициент испарения феромона
2	70	1	1	5	0,09
	33				
3	102				
	47,5				
4	330,67	10			
	194,7				
	51,9				

Таблица 4. Рабочие параметры, использованные для оптимизации по стоимости

Количество факторов	Минимальная стоимость	Вес феромона	Вес видимости	Оценка порядка пути	Коэффициент испарения феромона
2	70	3	3	25	0,03
	33	2	4	15	0,09
3	102	4	5	5	0,05
	47,5	1	5	10	0,07
4	330,67	4	5	15	0,07
	194,7	4	3	15	0,01
	51,9	2	4	20	0,03

равной 5;

- коэффициент испарения феромона рационально брать равным 0,09

2) для $k=4$:

- вес видимости и вес феромона следует брать равным 1;

- оценку порядка пути следует выбирать равной 10;

- коэффициент испарения феромона рационально брать равным 0,09.

Литература

[1] **Н.Д. Кошевой, В.А. Рожнова.** Выбор рабочих параметров классического муравьиного алгоритма для решения задач оптимизации планов экспериментов. Сборник научных трудов Военного института Киевского национального университета имени Тараса Шевченка, №51, 2016, С.51-58.

[2] **Н.Д. Кошевой, В.А. Рожнова, Т.Г. Рожнова.** Оптимизация плана эксперимента с использованием классического муравьиного алгоритма. Проблемы информатики и моделирования. Тезисы пятнадцатой международной научно-технической конференции, 14-18

сентября 2015 года. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2015.- С. 51.

[3] **В.А. Рожнова.** Выбор рабочих параметров классического муравьиного алгоритма для оптимизации планов экспериментов. Материалы 20-ого юбилейного международного молодежного форума. Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке, 19-21 апреля 2016. Конференция автоматизированные системы и компьютеризированные технологии радиоэлектронного приборостроения. - Сб. Материалов форума. - Т.2. - Харьков : ХНУРЭ. - 2016. - С.129-130.

Сведения об авторах

Кошевой Николай Дмитриевич. Харьковский авиационный институт –системы автоматического управления (1975). Д.т.н.(1999), профессор (2001), лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники. Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». Заведующий кафедрой - Кафедра авиационных приборов и измерений. Научные интересы: автоматизация планирования экспериментов, проектирование измерительных преобразователей с цифровым выходом

Рожнова Виктория Александровна, Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» (2014). Аспирант - Кафедра авиационных приборов и измерений. Научные интересы: оптимизация и автоматизация планирования эксперимента.

Рожнова Татьяна Григорьевна. Харьковский институт радиоэлектроники – электронные вычислительные машины (1993). К.т.н. (2012), Харьковский национальный университет радиоэлектроники. Кафедра технологий и автоматизации производства радиоэлектронных и электронно-вычислительных средств. Научные интересы: автоматизация производственных процессов, проектирование измерительных преобразователей с цифровым выходом

SPECIAL FEATURES OF APPLICATION OF ANT SYSTEM ALGORITHM FOR COST OPTIMIZATION OF MULTIFACTORIAL PLANS OF EXPERIMENT

Nikolay Koshevoy¹⁾, Viktoriia Rozhnova²⁾, Tetiana Rozhnova³⁾

^{1), 2)} NAU Zhukovsky "KAI" 61070, Ukraine, Kharkov, Chkalov St. 17, www.khai.edu

³⁾ KNUR 61166, Ukraine, Kharkov, Nauka Avenue 14, www.nure.ua

E-mails: ¹⁾ ndkoshevoy@rambler.ru, ²⁾ rozh.vik91@gmail.com, ³⁾ tetiana.rozhnova@nure.ua

Abstract: The transition from optimization by cost to optimization of the plan of the experiment by costs' ranks is discussed in this article. As far as the result of optimization is the plan of the experiment which realization costs minimal resources, it is proposed to rank the costs of transitions. That makes algorithm universal for different values of transitions and facilitates the selection of the correct parameters for the setup and the operation of the algorithm.

Keywords: ant system algorithm, multifactorial experiment, optimization, experiment planning, ranking.

References

[1] **N.D. Koshevoy, V.A. Rozhnova.** Vybor rabochih parametrov klassicheskogo murav'inogo algoritma dlja reshenija zadach optimizacii planov jeksperimentov. Sbornik nauchnyh trudov Voennogo instituta Kievskogo nacional'nogo universiteta imeni Tarasa Shevchenka, №51, 2016, С.51-58.

[2] **N.D. Koshevoj, V.A. Rozhnova, T.G. Rozhnova.** Optimizacija plana jeksperimenta s ispol'zovaniem klassicheskogo murav'inogo algoritma. Problemy informatiki i modelirovanija. Tezisy pjatnadcatoj mezhdunarodnoj nauchno-

tehničkoj konferencii, 14-18 sentjabrja 2015 goda. - Har'kov: NTU «HPI», 2015.- S. 51.

[3] **V.A. Rozhnova.** Vybor rabochih parametrov klassicheskogo murav'inogo algoritma dlja optimizacii planov jeksperimentov. Materialy 20-ogo jubilejnogo mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma. Radioelektronika i molodjzh' v NHI veke. 19-21 aprelja 2016. Konferencija avtomatizirovannye sistemy i komp'juterizirovannye tehnologii radioelektronnoho priborostroenija. – Sb. Materialov foruma. – T.2. – Har'kov : HNURJe. - 2016.- S.129-130.

ОСОБЕНОСТИ НА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА КЛАСИЧЕСКИЯ МРАВЧЕН АЛГОРИТЪМ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА РАЗХОДИТЕ НА МНОГОФАКТОРНИТЕ ПЛАНОВЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТА

Николай Кошевой¹⁾, Виктория Рожнова²⁾, Татьяна Рожнова³⁾

^{1), 2)} НАУ имени Н.Е. Жуковского „ХАИ“

61070, Украина, г. Харьков, ул. Чкалова 17, www.khai.edu

³⁾ ХНУР 61166, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14, www.nure.ua

E-mails: ¹⁾ ndkoshevoy@rambler.ru, ²⁾ rozh.vik91@gmail.com, ³⁾ tetiana.rozhnova@nure.ua

Резюме: В доклада се разглежда преходът от оптимизиране на разходите към оптимизиране на плана на експеримента по ранга на разходите на преходите. Тъй като резултат от оптимизирането е планът на експеримента, при реализацията на който ще са изразходени минимални материални или времеви ресурси, то се предлага подреждане на разходите на преходите. Това позволява да се направи алгоритъмът универсален за различните разходи на преходите, а също така, да се облекчи изборът на параметри за правилна настройка и работа на алгоритъма.

Ключови думи: класически мравчен алгоритъм, многофакторен експеримент, оптимизация, планиране на експеримента, подреждане на разходите.