

## Исследование модификаций турнирного отбора при решения неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга

*В.Г. Кобак<sup>1</sup>, А.Г. Жуковский<sup>2</sup>, А.П. Кузин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

<sup>2</sup>*Московского технического университета связи и информатики, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В данной работе впервые подробно рассматривается множество способов формирования нового поколения турнирным отбором при использовании модифицированной модели Голдберга с применением наиболее распространенного кроссовера с оригинальной мутацией. Был проведен вычислительный эксперимент, который выявил доминирующее преимущество использования стратегии «левая особь и мутации» при решении неоднородной минимаксной задачи. Было экспериментально установлено что повышение количества особей и повторов приводит к повышению времени получения решения неоднородной минимаксной задачи при использовании любой стратегии, но в тоже время и к повышению точности решения.

**Ключевые слова:** одноточечный кроссовер, генетический алгоритм, модифицированная модель Голдберга, мутация, минимаксная задача, теория расписаний, элитная особь, особь, поколение.

### Введение

Планирование – процесс принятия решений, используемый во многих производственных процессах и сферах обслуживания. Оно представляет собой распределение ресурсов по задачам в соответствии с заданными временными периодами, и ориентировано на оптимизацию одной или нескольких целей. В разных случаях ресурсы и задачи могут принимать множество различных форм. Ресурсами могут являться станки в цеху, взлетно-посадочные полосы в аэропорту, рабочие на стройплощадке, процессоры вычислительного оборудования, и так далее. Соответственно, задачами могут быть операции производственного процесса, взлеты и посадки в аэропорту, этапы строительного проекта, выполнение компьютерных программ, и так далее. Цели также могут принимать множество различных форм. В одном случае целью может являться минимизация времени завершения последней задачи, в другом –

---

минимизация количества задач, выполненных после ожидаемого срока их завершения.

Планирование, как процесс принятия решений, играет важную роль как в производственных процессах, так и в системах обработки информации. Это не менее важно в транспортных и распределительных системах, а также многих типах сфер услуг.

При решении задач планирования возникает необходимость в методах, сочетающих в себе следующие противоречивые свойства: полиномиальная зависимость времени счета от размерности задачи; близкая к оптимальной точность решения (по крайней мере значительно лучшей, чем у списочных методов решения).

К такому классу методов относятся эволюционно-генетические алгоритмы (ЭГА), которые являются на сегодняшний момент наиболее гибкими и эффективными из всех известных приближенных алгоритмов. В данной работе исследуется одна из популярных моделей генетического алгоритма - модифицированная модель Голдберга. Математическая постановка задачи приведена в работе [1,2].

### **Описание метода**

Модифицированную модель Голдберга можно описать в виде последовательности следующих шагов [3]:

Шаг 1. Формируется начальное поколение, состоящее из заданного числа особей [3,9,10].

Шаг 2. Турнирный отбор особей и применение операторов кроссовера и мутации с заданной вероятностью для создания нового поколения.

Шаг 3. Проверка условия конца работы алгоритма, которая обычно заключается в неизменности лучшего решения в течение заданного числа поколений. Если решение не меняется в течении определенного количества поколений, то переход на шаг 4, иначе возврат на шаг 2.

Шаг 4. Лучшая особь выбирается как найденное решение [3].

Графически функционирование модифицированной модели Годберга можно изобразить на рис. 1. Лучшая особь выбирается и переходит в следующее поколение и занимает место в следующем поколении *i*-той особи. Процесс повторяется до тех пор, пока лучшая особь в поколении не повторится заданное количество раз. Такой критерий остановки генетического алгоритма использовался в работах [3,5,7].

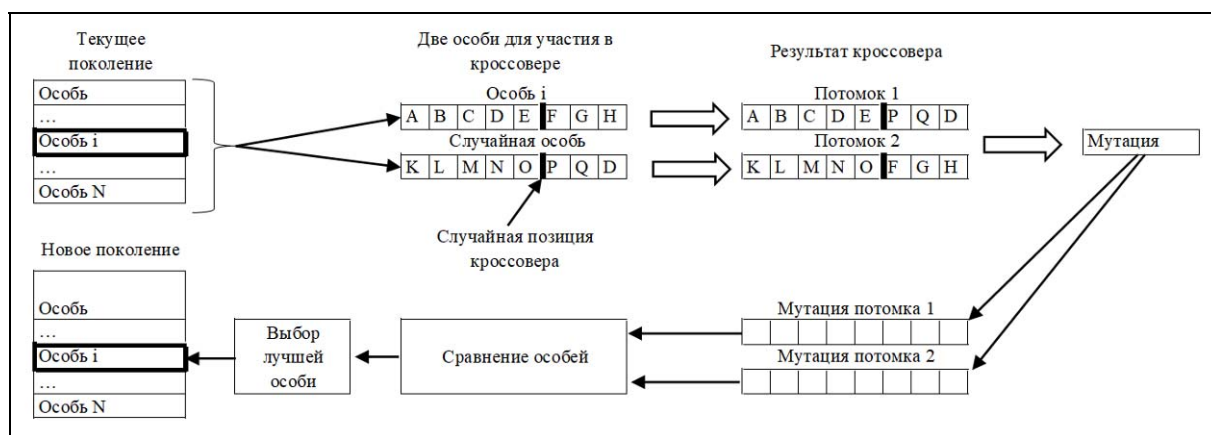


Рис. 1 – Схема функционирования модифицированной модели Голдберга.

Различные подходы к формированию нового поколения при использовании модели Годберга изображены на рис. 2-9.



Рис.2 – Левая особь и мутации



Рис.3 – Правая особь и мутации

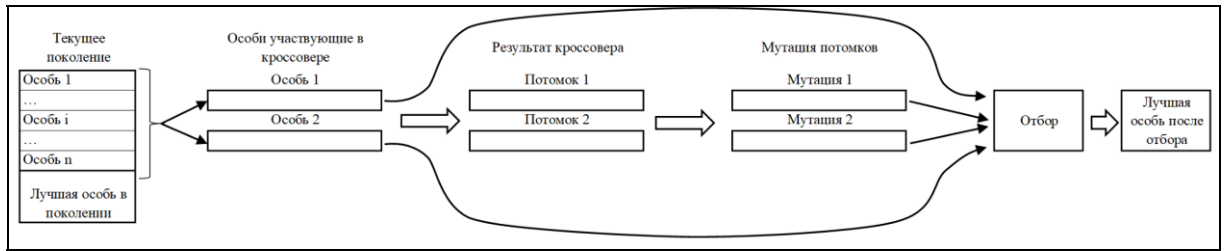


Рис.4 – Левая особь, правая особь и мутации

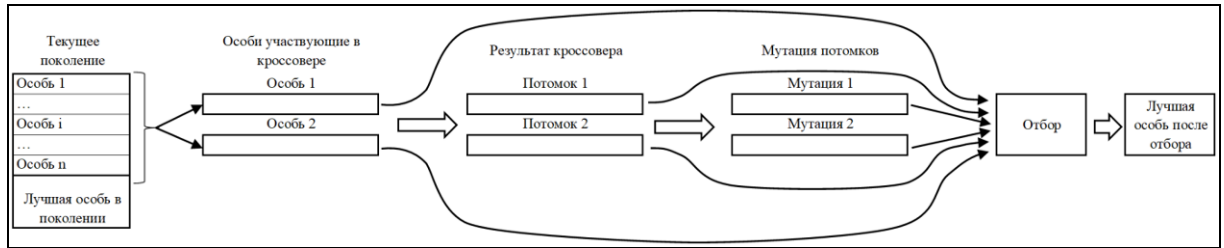


Рис.5 – Левая особь, правая особь, потомки и мутации

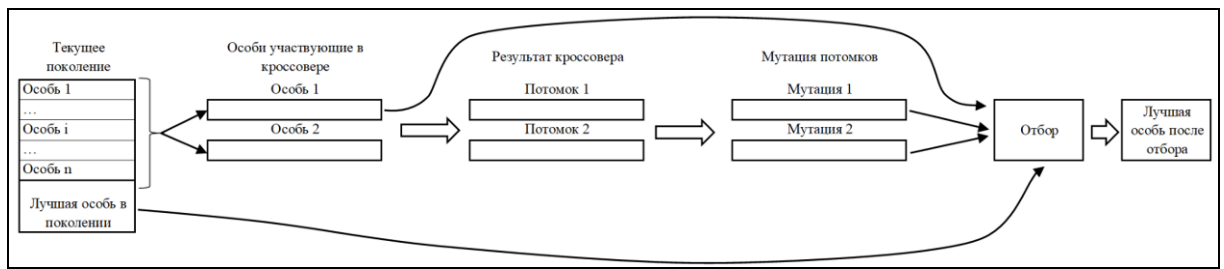


Рис.6 – Левая особь, лучшая в поколении и мутации

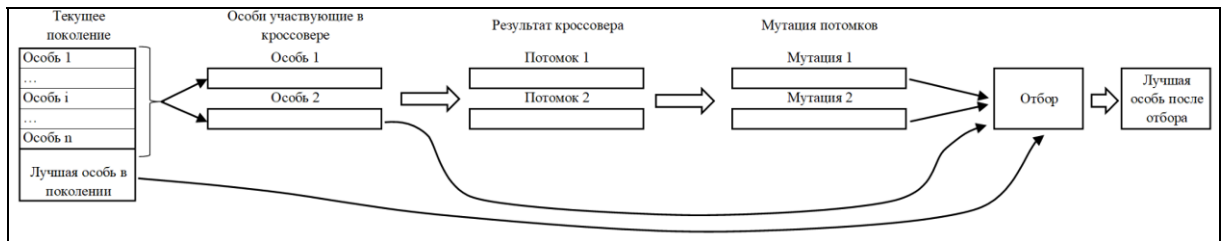


Рис.7 – Правая особь, лучшая в поколении и мутации

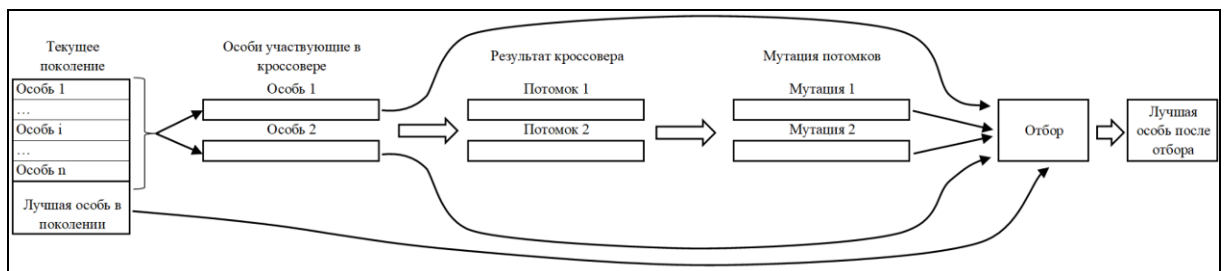


Рис.8 – Левая особь, правая особь, лучшая в поколении и мутации

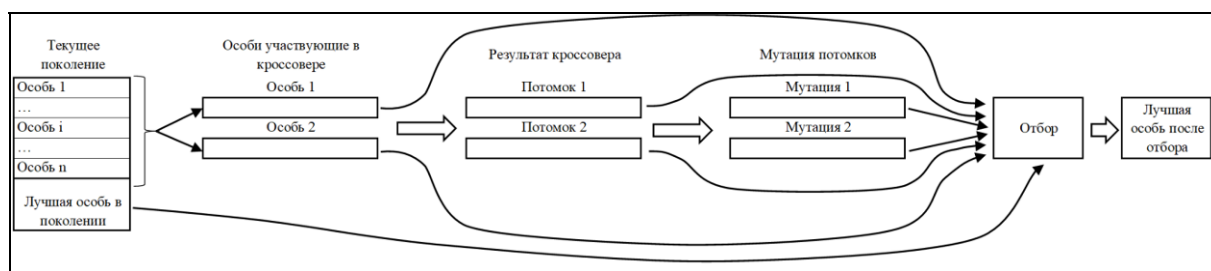


Рис.9 – Левая особь, правая особь, лучшая в поколении, потомки и мутации

В данной работе [4,6] рассматривался наиболее распространенный одноточечный кроссовер изображенный на рис. 10.

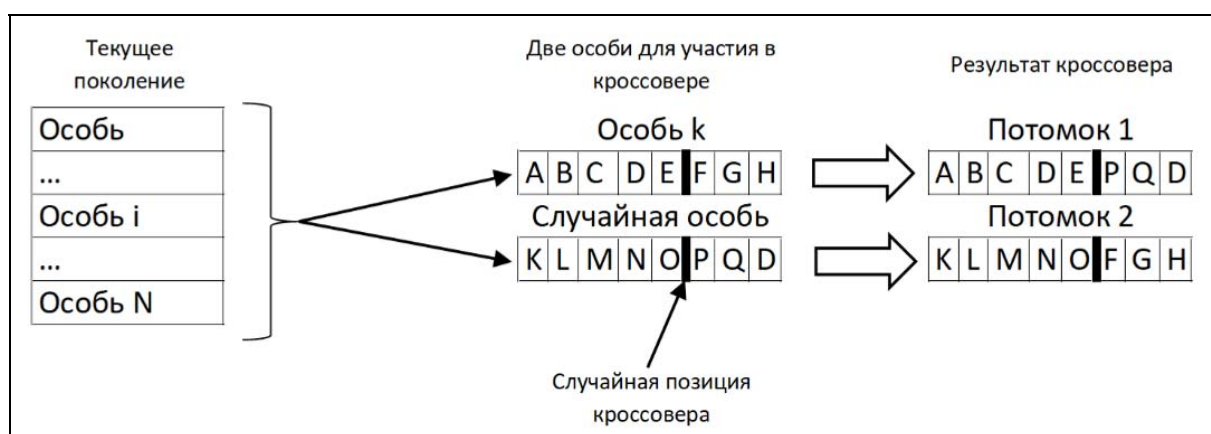


Рис.10 – Простой одноточечный кроссвер

В работе [5,8] были исследованы различные модификации мутаций, из всего спектра которых была выбрана наиболее перспективная, а именно простая мутация, схематически изображенная на рисунке 11.

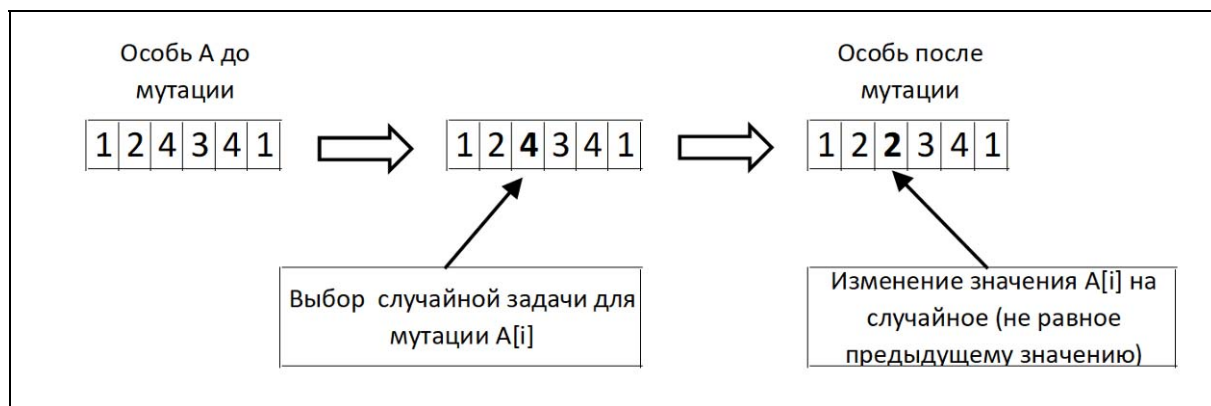


Рис.11 – Пример простой мутации.

## Экспериментальное сравнение модификаций

В данной работе рассмотрим зависимость того как влияет вариант способа формирования нового поколения на точность решения неоднородной минимаксной задачи, а также на время решения при помощи модифицированной модели Голдберга. Аналитически решить эту задачу весьма сложно и проблематично, если вообще возможно, поэтому в рамках исследования алгоритмов поставили вычислительные эксперименты, позволяющие собрать статистику решений различными вариантами формирования нового поколения. Для этого был разработан программный модуль, позволяющий организовывать вычислительные эксперименты и набирать статистику.

Для проведения вычислительного эксперимента был использован компьютер под управлением Windows 10 Pro x64. В качестве аппаратного обеспечения использовался компьютер со следующей конфигурацией: четырех ядерный процессор Intel Core i7-7700k, 16 гигабайт оперативной памяти формата DDR4, жесткий диск SSD формата M2. Данная аппаратная система была выбрана связи с тем, что процессор поддерживает одновременно 8 потоков обработки данных и в связи с этим позволяет проводить параллельные вычисления для задач как малых, так и больших размерностей. Для проведения вычислительного эксперимента было написано программное средства на современном языке программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2017.

Для каждой модификации метода получения поколения проводилось 50 экспериментов. Во время проведения этих экспериментов учитывались такие параметры как: минимальное полученное значение; среднее значение за 50 экспериментов; время получения решения. Результаты экспериментов приведены в таблице 1. Время, представленное в таблице, измеряется в секундах и представляет собой общую продолжительность 50 экспериментов.

---

Таблица №1

Результаты эксперимента

N * M	Мод. тур. отб.	1	2	3	4	5	6	7	8
2*7 3	<b>500*500</b>								
	Мин	1047	1047	1048	1047	1072	1074	1073	1076
	Сред.	1047,06	1048,58	1050,22	1049,64	1084,68	1084,76	1084,38	1084,26
	Время	121	116	115	113	100	100	117	114
	<b>1000*1000</b>								
	Мин	1047	1047	1047	1047	1073	1072	1074	1071
	Сред.	1047	1047,66	1048,5	1048,36	1082,52	1081,42	1082,68	1082,08
Время	375	397	435	428	400	402	498	529	
3*7 3	<b>500*500</b>								
	Мин	652	654	654	657	697	696	694	703
	Сред.	653,3	660,84	673,48	672,22	710,24	711,68	713,06	712,6
	Время	159	145	124	125	110	109	132	134
	<b>1000*1000</b>								
	Мин	651	652	656	654	691	688	696	695
	Сред.	652,22	655,8	663,98	665,08	710,06	709,68	711,12	708,52
Время	506	528	485	504	447	444	513	483	
4*7 3	<b>500*500</b>								
	Мин	491	501	514	504	530	536	528	530
	Сред.	494,5	511,8	526,36	524,26	543,78	545,32	545,18	545,42
	Время	264	176	135	130	120	120	142	130
	<b>1000*1000</b>								
	Мин	489	496	504	502	526	527	532	533
	Сред.	492,04	504	520,08	516,82	544,4	544,18	544,16	543,26
Время	745	601	497	622	479	475	561	527	
5*7 3	<b>500*500</b>								
	Мин	397	407	420	417	432	430	432	436
	Сред.	401,18	418,5	431,28	432,72	446,12	445,92	445,96	446,12
	Время	315	209	140	132	125	125	146	136
	<b>1000*1000</b>								
	Мин	394	402	415	412	436	434	435	432
	Сред.	397,9	412,92	428,52	425,1	444,68	444,1	444,26	444,14
Время	937	677	522	596	496	493	574	538	

		500*500							
		<b>Мин</b>	330	336	350	346	357	358	353
<b>Сред.</b>	333,02	348,66	358,38	357,24	367,9	369,34	369,94	369,36	
<b>Время</b>	420	225	146	146	139	137	162	150	
6*7 3		1000*1000							
		<b>Мин</b>	330	335	347	343	349	357	357
<b>Сред.</b>	330,92	343,82	355,36	355,24	367,58	368,64	368,12	368,72	
<b>Время</b>	1135	747	558	548	546	541	637	592	

Соответствие между номером модификации и способом формирования нового поколения отражено в таблице №2.

Таблица №2

Соответствие между номером модификации и способом формирования нового поколения

№ модификации	Тип
1	Левая особь и мутации
2	Правая особь и мутации
3	Левая особь, правая особь и мутации
4	Левая особь, правая особь, кроссоверы и мутации
5	Левая особь, элита и мутации
6	Правая особь, элита и мутации
7	Левая особь, правая особь, элита и мутации
8	Левая особь, правая особь, элита, кроссоверы и мутации

Таким образом, обобщив результаты, приведенные в таблице 1, можно сделать несколько выводов:

1) Для стратегии «Левая особь и мутации» практически нет никакой альтернативы среди других стратегий по точности решения неоднородной минимаксной задачи.

2) Повышение количества особей и повторов приводит к повышению времени получения решения неоднородной минимаксной задачи при использовании любой стратегии.



3) При использовании стратегии «Левая особь и мутации» временные характеристики получения решения неоднородной минимаксной задачи немного большие, чем при использовании других.

4) Повышение количества особей и повторов приводит к повышению точности решения неоднородной минимаксной задачи при использовании любой стратегии.

### Литература

1. Алексеев О.Т. Комплексное применение методов дискретной оптимизации – М.: Наука, 1987. с. 220.

2. Коффман Э.Г. (ред.) Теория расписаний и вычислительные машины. – М.: Наука, 1984. с. 158-177.

3. Титов Д.В., Кобак В.Г. Анализ подходов к улучшению результатов работы генетического алгоритма при решении однородной минимаксной задачи. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей Всерос. научно-техн. конф.– Пенза: ПДЗ, 2008, с. 76-78.

4. Каширина, И.Л. Введение в эволюционное моделирование / И.Л. Каширина. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. с. 3-12.

5. Кобак В.Г., Поркшеян В.М. и Кузин А.П. Использование различных вариантов мутации при решении неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга // Научно практический журнал «Аспирант», 2017, №10, с. 26-29.

6. Кобак В.Г., Жуковский А.Г. и Кузин А.П. Исследование применения одноточечного кроссовера при решении неоднородной минимаксной задачи //Инженерный вестник Дона, 2018, №1, URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4714/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4714/).

7. Кобак В. Г. Методический подход к улучшению работы генетического алгоритма в однородной минимаксной задаче // Вестник Дон. гос. техн. университета. — Т. 10, 2010, № 4 (47), с. 474–479.

---



8. Кобак В. Г. Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты // Известия вузов. Северо-кавказский регион. — Технические науки, 2016, № 1, с. 41–46.

9. Аль-Хулайди А.А., Чернышев Ю.О. Разработка параллельного алгоритма нахождения оптимального решения транспортной задачи на кластере // Инженерный вестник Дона, 2011, №2, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/445/.

10. Нетёсов А.С. Эволюционно-генетический подход к решению задач оптимизации. Сравнительный анализ генетических алгоритмов с традиционными методами оптимизации // Инженерный вестник Дона, 2011, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459/.

11. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology. Control, and artificial intelligence, 1994, pp. 89-120.

12. Muhlenbein H. Parallel genetic algorithm, population dynamics and combinatorial optimization, 1989, pp. 416-421.

### References

1. Alekseyev O.T. Kompleksnoye primeneniye metodov diskretnoy optimizatsii. [Complex application of discrete optimization methods]. M.: Nauka. 1987. p. 220.

2. Koffman E.G. Teoriya raspisaniy i vychislitel'nyye mashiny. [Computer and job-shop scheduling theory]. M.: Nauka. 1984. pp. 158-177.

3. Titov D.V., Kobak V.G. Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ekonomike i tekhnike: Sb. statey Vseros. nauchno-tekhn. konf. Penza: PDZ. 2008. pp. 76-78.

4. Kashirina, I.L. Vvedeniye v evolyutsionnoye modelirovaniye. [Introduction to evolutionary modeling]. Voronezh: Izd-vo VGU. 2007. pp. 3-12.



5. Kobak V.G., Porksheyan V.M. i Kuzin A.P. Nauchno prakticheskiy zhurnal «Aspirant». 2017. №10. pp. 26-29.
6. Kobak V.G., Zhukovskiy A.G. i Kuzin A.P., Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4714/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4714/).
7. Kobak V. G. Vestnik Don. gos. tekhn. universiteta. T. 10. 2010. № 4 (47). pp. 474–479.
8. Kobak V. G. Izvestiya vuzov. Severo-kavkazskiy region. Tekhnicheskiye nauki. 2016. № 1. pp. 41–46.
9. Al'-Khulaydi A.A., Chernyshev YU.O. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2011. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/445/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/445/).
10. Netosov A.S., Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2011. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459/).
11. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology. Control, and artificial intelligence, 1994. pp. 89-120.
12. Muhlenbein H. Parallel genetic algorithm, population dynamics and combinatorial optimization. 1989. pp. 416-421.