

DOI: 10.33184/dokbsu-2020.4.2

## Гармонический поиск и его применение

Л. Р. Габдрахманова<sup>1</sup>, Л. В. Еникеева<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет  
Россия, Республика Башкортостан, 450064 г. Уфа, улица Космонавтов, 1.

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет  
Россия, 630090 г. Новосибирск, улица Пирогова, 1.

\*Email: leniza.enikeeva@yandex.ru

Работа посвящена изучению алгоритма гармонического поиска. Приведена краткая классификация алгоритмов оптимизации, показана актуальность исследования метаэвристических методов. Далее приводятся этапы канонического алгоритма гармонического поиска. Для проверки работоспособности алгоритма выбраны две функции от двух аргументов – функция Демирхана и функция Стенгера. Далее проводится анализ эффективности алгоритма на трех функциях размерности 30. Показано, что оптимизация функции с таким количеством переменных занимает значительное количество времени.

**Ключевые слова:** глобальная оптимизация, метод гармонического поиска.

Оптимизация необходима во всех сферах жизни человека, так как она способствует обеспечению максимального комфорта (а также экологичности, безопасности и многих других критериев) для потребителей и повышению выгоды для производителей.

Оптимизация в общем случае – процесс максимизации выгодных характеристик, соотношений и минимизации расходов. Задачи, которые решает оптимизация, как правило, очень сложны и имеют множество условий.

Различают задачи статической оптимизации для процессов, протекающих в установившихся режимах, и задачи динамической оптимизации. При статической оптимизации решаются вопросы создания и реализации оптимальной модели процесса. В случае с динамической оптимизацией – задачи создания и реализации системы оптимального управления процессом при неустановившихся режимах эксплуатации [1].

При решении задач оптимизации необходимо выбрать управляющие параметры (например, температуру, время, давление, состав исходной смеси) и установленные ограничения для этих параметров (термостойкость, взрывобезопасность). Ограничения выбираются как по экономическим, так и по техническим соображениям.

В зависимости от управляющих параметров задачи подразделяются на следующие категории:

- оптимизация при одной управляющей переменной- одномерная оптимизация;
- оптимизация при нескольких управляющих переменных – многомерная оптимизация;
- оптимизация при неопределенности данных;
- оптимизация с непрерывными, дискретными и смешанным типом значений управляющих воздействий.

Методы решений оптимизационных задач подразделяют на две большие группы: точные методы (прямого перебора, динамического программирования ветвей и границ) и приближенные методы (метаэвристический метод) [2].

Точные методы достаточно громоздки, особенно метод прямого перебора. Поэтому используются алгоритмы сокращенного перебора, которые базируются главным образом на методе динамического программирования, предусматривающем проведение пошаговой оптимизации. Для высоконадежных систем, к которым относится электроэнергетическое оборудование, в ряде случаев можно использовать приближенные методы. Они дают достаточно точные результаты.

Метаэвристики являются мощным классом оптимизационных методов, которые позволяют находить решения для широкого круга задач из различных приложений. Сила метаэвристик состоит в их способности решения сложных задач без знания пространства поиска, именно поэтому эти методы дают возможность решать трудноразрешимые задачи оптимизации. В упрощенном виде метаэвристики можно представить, как прямой случайный поиск возможных решений задачи, оптимальных или наиболее близких к оптимальным, пока не будет выполнено определенное условие или достигнуто заданное количество итераций [3].

Цель данной работы следующая – изучить все возможности, достоинства и недостатки алгоритма гармонического поиска (Harmony Search, далее HS) и применить его в дальнейшем для решения химических задач.

HS – это метаэвристический алгоритм оптимизации, вдохновленный процессом поиска музыкантами гармонии в музыке, был предложен Гимом (Zong Woo Geem) в 2001 году.

Чтобы лучше понимать идею HS, сначала следует представить идеализированный процесс импровизации опытного музыканта.

Схематичное изображение импровизации:



В виде оптимизационных процессов схема выше будет выглядеть следующим образом:



Схема канонического алгоритма включает в себя следующие шаги:

1. Инициализация алгоритма;
2. Формирование вектора гармонии;
3. Пошаговая настройка вектора гармонии;
4. Обновление матрицы НМ;
5. Если "хорошее" решение найдено, завершение итераций, если нет, возвращение к пункту 2.

Преимущества канонического HS:

- относительная простота;
- широкий спектр применения;

Недостатки канонического HS:

- низкая эффективность локального поиска;
- сложность подбора значений свободных параметров алгоритма.

Существует множество модификаций HS, призванных устранить указанные недостатки. Наиболее популярными являются такие модификации, как: Improved Harmony Search(IHS), Global Best Harmony Search(GHS), Self-Adaptive Harmony Search и др.

Алгоритм гармонического поиска можно применять для решения множества задач из самых различных сфер. Например, HS применяется для кластеризации веб-страниц, проектирования строительных конструкций, проектирования водопроводных каналов,

расчета маршрута движения для транспорта, составления расписания работы дамб, моделирования подземных вод, анализа устойчивости почвы, диспетчеризации энергетической системы, конструкции теплообмена и др.

Для проверки работы тестовых функций был использован код, предложенный Geoffrey Fairchild [4].

Чтобы разобраться в алгоритме и понять принцип его работы, в качестве первых тестовых функций были выбраны функции Демирхана(Demirhan) и Стенгера(Stenger).

Функция Демирхана:

$$f(X) = 0.5 + \frac{\sin^2 \sqrt{x_1^2 + x_2^2} - 0.5}{(1.0 + 0.001(x_1^2 + x_2^2))^2} \rightarrow \min$$

$$[-\alpha; \alpha]^2 X = (0; 0)$$

$$\alpha = 0.5 \quad f = 0$$

Функция Стенгера:

$$f(X) = (x_1^2 - 4x_2)^2 + (x_2^2 - 2x_1 + 4x_2)^2 \rightarrow \min$$

$$[\alpha; \beta]^2 X = \{(0; 0), (1.695415; 0.7186082)\}$$

$$\alpha = -1 \quad f = 0$$

$$\beta = 4$$

Полученные результаты удовлетворяли заявленным условиям.

```
Elapsed time: 0:00:03.401933
Best harmony: [2.9101386646246397e-05, -8.684964711321366e-05]
Best fitness: 8.398141626564382e-09

Process finished with exit code 0
```

Рис. 1. Результат работы функции Демирхана.

```
Elapsed time: 0:00:03.688710
Best harmony: [-0.0013557038874070226, 0.00011878509759995388]
Best fitness: 5.22484392393024e-06

Process finished with exit code 0
```

Рис. 2. Результат работы функции Стенгера.

Следующими тестовыми функциями были выбраны функции из статьи [5].

Таблица 1. Тестовые функции

| No | Формулировка                        | Размерность | Диапазон      | Оптимальное значение |
|----|-------------------------------------|-------------|---------------|----------------------|
| F1 | $f(x) = \sum_{i=1}^D x_i^2$         | 30          | [-100, 100]   | 0                    |
| F2 | $f(x) = \sum_{i=1}^D i \cdot x_i^2$ | 30          | [-10, 10]     | 0                    |
| F3 | $f(x) = \sum_{i=1}^D i \cdot x_i^4$ | 30          | [-1.28, 1.28] | 0                    |

Результат оптимизации F<sub>1</sub>:

Время работы алгоритма: 7.52 ч.

Минимум функции: 0.55

Результат оптимизации F<sub>2</sub>:

Время работы алгоритма: 7.36 ч.

Минимум функции:  $4.04 \times 10^{-9}$

Результат оптимизации F<sub>3</sub>

Время работы алгоритма: 7.33 ч.

Минимум функции: 0.04

Как видно из результатов, оптимизация функции с таким количеством переменных занимает значительное количество времени.

Таким образом, в данной работе были разобраны история создания HS, принцип его работы в теоретическом и практическом планах. Подтвердились на практике его сильные и слабые стороны, а именно: HS действительно прост в понимании и может быть применен для решения множества задач, но также он показывает низкую эффективность при работе с большим количеством параметров.

В дальнейшем планируется продолжить проверку работы HS с тестовыми функциями, после чего будет проверена его работа при решении химических задач.

## Литература

1. Интернет ресурс общедоступной информации для студентов Студопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/5\\_46254\\_klassifikatsiya-zadach-optimizatsii.html](https://studopedia.ru/5_46254_klassifikatsiya-zadach-optimizatsii.html) свободный (20.07.2020)
2. Интернет архив студенческих реферативных статей и материалов StudRef [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studref.com/365799/agropromyshlennost/metody\\_resheniy\\_a\\_optimizatsionnyh\\_zadach](https://studref.com/365799/agropromyshlennost/metody_resheniy_a_optimizatsionnyh_zadach) свободный (20.07.2020)

3. Щербина О. А. МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ЗАДАЧ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ (ОБЗОР) / О. А. Щербина. – Симферополь: Таврический вестник информатики и математики, 2014. – 72 с.
4. Код на github [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/gfairchild/pyHarmonySearch#readme> свободный (28.06.2020)
5. Yiying, Z., & Zhigang, J. (2019). Group teaching optimization algorithm: A novel metaheuristic method for solving global optimization problems. *Journal Pre-proof*, 148, 10

Статья рекомендована к печати кафедрой технологии нефти и газа Уфимского государственного нефтяного технического университета (д-р. физ.-мат. наук, проф. И. М. Губайдуллин)

---

## Harmonic search algorithm and its application

L. R. Gabdrakhmanova<sup>1</sup>, L. V. Enikeeva<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>*Ufa state petroleum technical university*

*1 Kosmonavtov Street, 450064 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

<sup>2</sup>*Novosibirsk state University*

*1 Pirogov street 630090 Novosibirsk, Russia.*

*\*Email: leniza.enikeeva@yandex.ru*

The paper is devoted to the study of the harmonic search algorithm. A brief classification of optimization algorithms is given, and the relevance of the study of metaheuristic methods is shown. The steps of the canonical harmonic search algorithm are given. Two functions from two arguments – the Demirkhan function and the Stenger function were selected to check the algorithm's performance. Next, we analyze the effectiveness of the algorithm on three functions of dimension 30. It is shown that optimization of a function with so many variables takes a significant amount of time.

**Keywords:** global optimization, a harmonic search method.