

УДК 004

DOI: 10.34670/AR.2021.93.75.059

Педагогические условия формирования алгоритма оптимизации китов с нелинейными весами

Ян Дэчэн

Независимый исследователь,
119019, Российская Федерация, Москва, ул. Воздвиженка, 3/5;
e-mail: Decheng@mail.ru

Цао Фуцюань

Независимый исследователь,
119019, Российская Федерация, Москва, ул. Воздвиженка, 3/5;
e-mail: Decheng@mail.ru

Ли Янь

Независимый исследователь,
119019, Российская Федерация, Москва, ул. Воздвиженка, 3/5;
e-mail: Decheng@mail.ru

Сунь Лэй

Независимый исследователь,
119019, Российская Федерация, Москва, ул. Воздвиженка, 3/5;
e-mail: Decheng@mail.ru

Данная статья публикуется в рамках специального фонда проекта научно-исследовательского проекта основного операционного расхода вузов в провинции Хэйлунцзян 2020 г. на тему «Исследование модели изучения особенностей распознавания и классификации изображений лесных пожаров в лесных районах северо-востока Китая». Проект: 2020-KYYWF-0885.

Аннотация

Алгоритм оптимизации китов (WOA) – это алгоритм поиска оптимального решения, основанный на алгоритме роевого интеллекта, стремясь решить проблему медленной скорости сходимости и низкой точности, которая может привести к тому, что случайно развернутые узлы попадут в область локальной оптимальности, предлагается алгоритм оптимизации кита с нелинейными весами. Для тестирования выбраны три тестовые функции, и тест показывает, что улучшенный алгоритм имеет высокую точность, быструю скорость сходимости и хорошую стабильность. Стремясь к недостаткам стандартного алгоритма поиска китов, в улучшенном алгоритме нелинейный убывающий весовой параметр инерции ведет к возможности локальной оптимизации алгоритма и возможности глобального поиска были лучше сбалансированы, и можно решить проблему легкого попадания в локальный оптимум. Результаты экспериментов доказывают, что алгоритм

оптимизации китов намного превосходит или относительно превосходит многие другие интеллектуальные алгоритмы оптимизации во многих аспектах, такие как классический ройный алгоритм оптимизации, алгоритм поиска кукушки и так далее. Из-за превосходства алгоритма кита этот алгоритм хорошо применяется во многих практических инженерных программах. Результаты имитационного эксперимента показывают, что оптимизированный алгоритм кита сходится быстрее и точнее, и тем самым расширяется область применения алгоритма моделирования китов.

Для цитирования в научных исследованиях

Ян Дэчэн, Цао Фуцюань, Ли Янь, Сунь Лэй. Педагогические условия формирования алгоритма оптимизации китов с нелинейными весами // Педагогический журнал. 2021. Т. 11. № 4А. С. 539-548. DOI: 10.34670/AR.2021.93.75.059

Ключевые слова

Алгоритм оптимизации китов, нелинейный вес, алгоритм роевого интеллекта, алгоритмы оптимизации, алгоритм кита.

Введение

Алгоритм оптимизации китов – это алгоритм роевого интеллекта, предложенный Мирджалили и Льюисом в 2016 году. Они были вдохновлены хищническими китов и вдохновились на разработку алгоритма оптимизации китов. В настоящее время это относительно новый метаэвристический алгоритм интеллектуальной оптимизации [Mirjalili, Lewis, 2016]. Мирджалили провел экспериментальное исследование алгоритма оптимизации китов на 29 тестовых функциях и шести проблемах инженерной структуры и оценил способность алгоритма к развитию, способность исследования, способность сходимости и способность избегать локальных оптимальных решений [Чжу Чжицин, 2018].

Результаты экспериментов доказывают, что алгоритм оптимизации китов намного превосходит или относительно превосходит многие другие интеллектуальные алгоритмы оптимизации во многих аспектах, такие как классический ройный алгоритм оптимизации, алгоритм поиска кукушки и так далее. Из-за превосходства алгоритма кита этот алгоритм хорошо применяется во многих практических инженерных программах.

Основная часть

I. Основные теории алгоритма оптимизации китов

1.1 Окружить добычу

Горбатые киты обладают уникальным хищным поведением по сравнению с другими китами. Во-первых, внимательно они наблюдают за окружающей средой, обнаружив и определив добычу, обводят жертву, и постепенно окружают [Ван Цзяньхао и др., 2019]. Поскольку проект оптимального решения неизвестен в пространстве поиска, алгоритм оптимизации кита сначала предполагает, что текущее состояние является оптимальным решением, а альтернативный вариант – это целевая добыча, наиболее близкая к оптимальному решению. После определения наилучшего охотничьего положения группы китов, вычислить значение функции адаптации китов в других местах, затем непрерывно обновлять и корректировать положение кита в соответствии с размером значения функции адаптации, так

что местоположение кита может быть ближе к местоположению целевой жертвы.

На рисунке 1 изображение используется для иллюстрации возможных способов обновления положения кита в трехмерном пространстве, положение кита может быть обновлено на основе наилучшего положения в текущей записи. Та же идея применима к многомерному N-мерному пространству, группа китов также может обновляться и перемещаться вокруг позиции лучшего решения в гиперкубе.

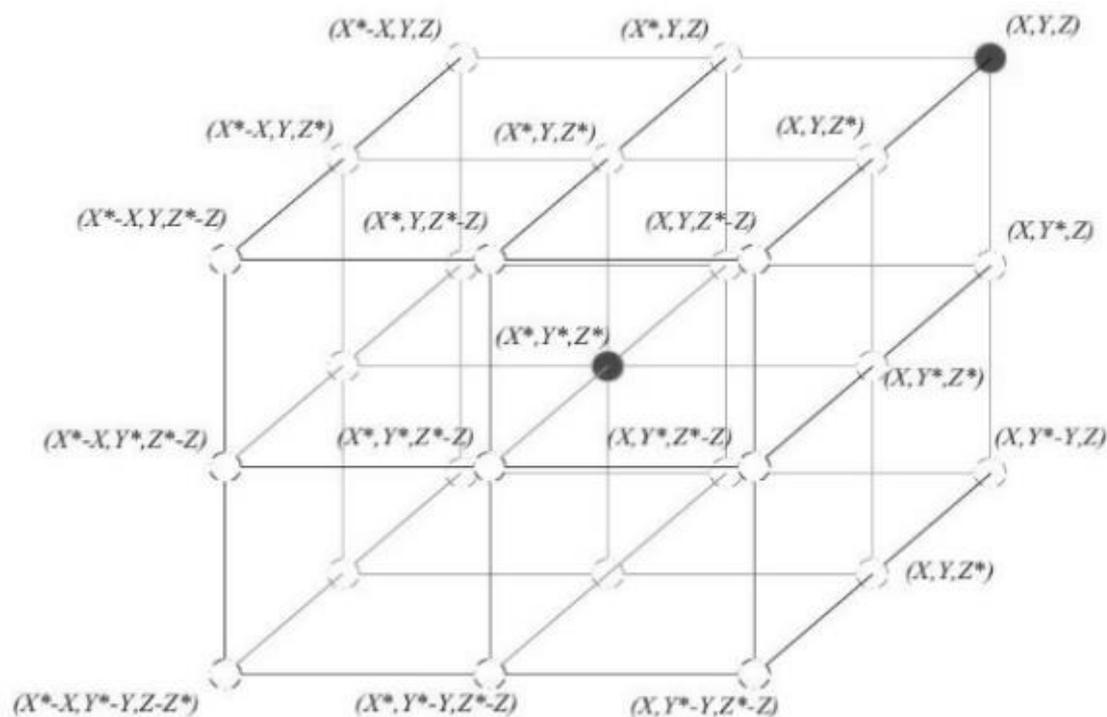


Рисунок 1 - Трехмерный вектор положения и его возможное следующее положение (X^* в настоящее время является лучшим решением)

1.2 Охотничье поведение

Горбатые киты обычно непрерывно плавают вокруг своей добычи сокращающимся кругом, плывя к добыче по спирали [Ши Сюдун, Цзян Хунье, 2020]. Чтобы иметь возможность разумно моделировать хищническое поведение горбатых китов, алгоритм оптимизации кита разработал два метода обновления положения: метод сжатия и охвата, и штопора. В процессе оптимизации положения горбатых китов вероятность метода обновления положения горбатых китов составляет 50% независимо от того, выбран ли механизм сжатия-охвата или выбран тип штопора [Ван Тао, Риад Челлали, 2019]. Идея алгоритма состоит в том, чтобы имитировать плавание кита взад и вперед по сужающемуся кругу целевой жертвы, когда он постоянно движется к целевой жертве. Как показано на рисунке 2, это схематическая диаграмма механизма сжатия и охвата положения кита в алгоритме оптимизации китов, среди которых мы сначала предполагаем, что x^* является текущим оптимальным решением. Как показано на рисунке 3, это схематическая диаграмма спирального механизма обновления положения кита в алгоритме оптимизации китов, и так же мы сначала предполагаем, что x^* является текущим оптимальным решением.

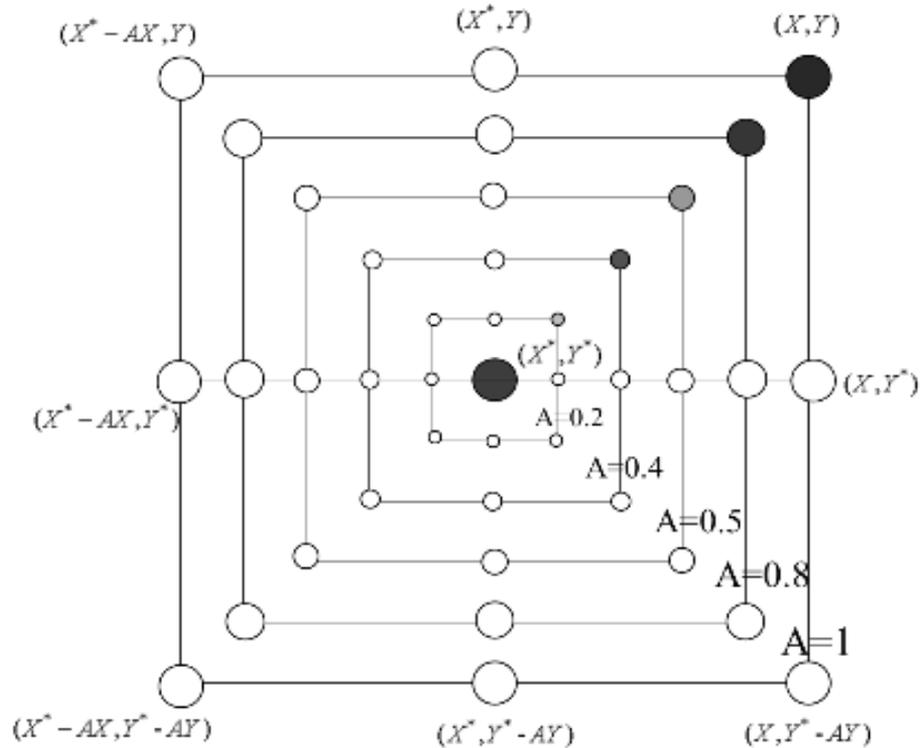


Рисунок 2 - Механизм сжатия и охвата в алгоритме WOA

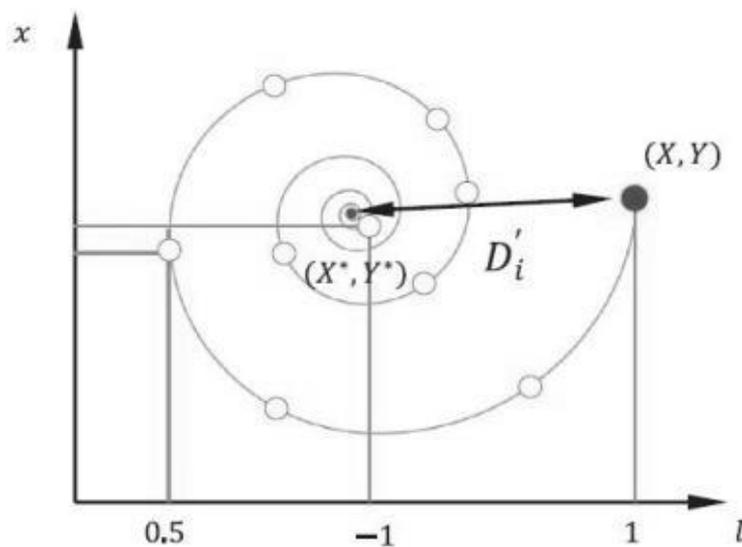


Рисунок 3 - Положение обновления штопора в алгоритме WOA

1.3 Поиск добычи

Фактически, помимо вышеупомянутого поведения при охоте и хищничестве, горбатые киты также могут случайным образом искать добычу в зависимости от местоположения друг друга. Следовательно, алгоритм оптимизации кита будет использовать случайное значение больше 1 или меньше -1, чтобы заставить горбатого кита держаться подальше от текущей позиции оптимального решения. Отличие от стадии разработки в том, что на этапе исследования

алгоритм обновит положение кита на основе случайно выбранного положения кита, а не на основе наилучшего известного в настоящее время решения. Этот механизм случайного выбора позволяет алгоритму оптимизации китов улучшить возможности глобального поиска.

Среди них место кита, случайно выбранная из текущей группы китов.

Как показано на рисунке 4, это схематическая диаграмма механизма случайного поиска добычи горбатыми китами в зависимости от положения друг друга в алгоритме оптимизации китов. И мы сначала предполагаем, что что x^* является текущим оптимальным решением.

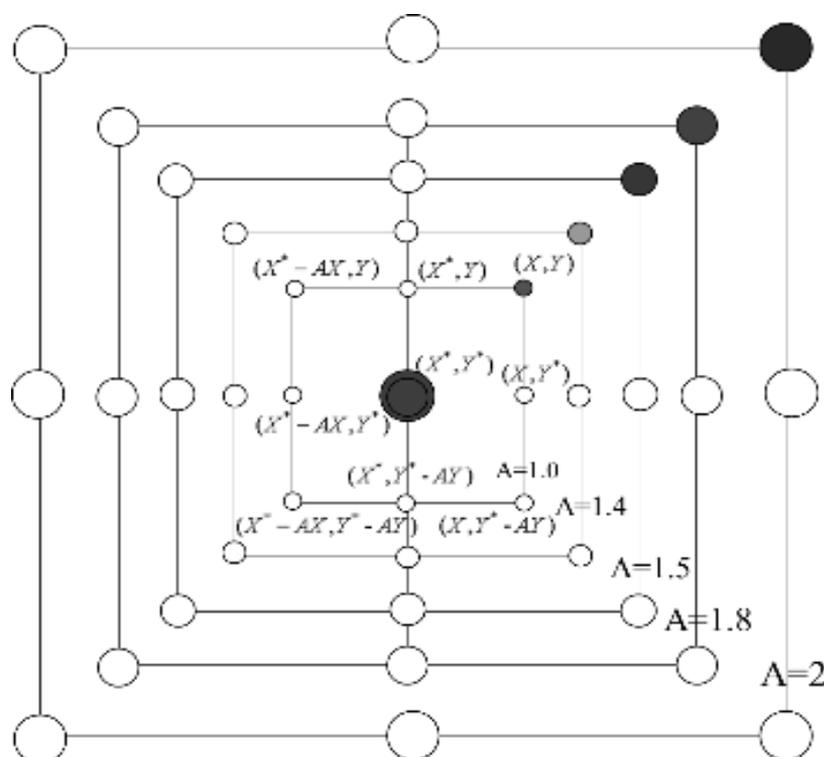


Рисунок 4 - Механизм исследования в WOA (x^* - случайно выбранный горбатый кит)

II. Улучшения алгоритма кита

2.1 Недостатки стандартного алгоритма оптимизации китов

Алгоритм оптимизации китов – это новый метаэвристический интеллектуальный алгоритм, и этот алгоритм был протестирован экспериментально, и его возможности локальной оптимизации и глобального поиска работают хорошо. Однако в традиционном алгоритме оптимизации китов все еще есть некоторые области, которые можно улучшить, например, установка вероятности механизма хищничества. Вероятность того, что киты охотятся с помощью механизма охвата и механизма поиска по спирали, установлена на 50% [Го Чжэньчжоу и др., 2017].

Выбор метода хищничества имеет большое влияние на алгоритм оптимизации китов, в процессе непрерывной итеративной оптимизации алгоритма оптимизации китов, если вероятность выбора механизма окружения хищника высока, скорость сходимости алгоритма будет увеличена, однако получить глобальное оптимальное решение с высокой точностью может быть невозможно. И наоборот, если вероятность спирального механизма поиска-хищника высока, временная сложность алгоритма будет значительно увеличена. Для некоторых из перечисленных выше недостатков алгоритма оптимизации китов, данная статья

оптимизировала и улучшила его, и производительность алгоритма оптимизации китов была значительно улучшена.

2.2 Улучшенный алгоритм оптимизации китов

Ученые-исследователи, такие как Ши И [Shi Y, 1998], основаны на глубоком понимании алгоритма роя частиц, вели параметр веса инерции для оптимизации алгоритма роя частиц, так что алгоритм может быстрее сойтись к позиции глобального оптимального решения. Благодаря анализу мы можем узнать, что большие параметры веса инерции могут улучшить возможности глобальной оптимизации алгоритма, а когда значение параметра веса инерции мало, возможность локальной оптимизации алгоритма может быть улучшена. Установка соответствующего параметра веса инерции может значительно сбалансировать возможности разработки и исследования интеллектуальных алгоритмов оптимизации, тем самым улучшается общая производительность алгоритма. Вдохновленный этой идеей, в данной статье предлагается новый параметр веса инерции для улучшения алгоритма оптимизации китов, чтобы улучшить возможности поиска и точность алгоритма оптимизации китов.

В формуле X он представляет максимальное значение параметра веса инерции, представляет минимальное значение параметра веса инерции, представляет текущее количество итераций и представляет максимальное количество итераций.

Как видно из формулы, весовой параметр инерции нелинейно уменьшается с увеличением числа итераций алгоритма, такая настройка может улучшить глобальную оптимизацию алгоритма на ранней стадии итерации, а в последней части итерации локальная оптимизация может быть выполнена более точно. Поскольку установленный весовой параметр инерции имеет особенно большое падение на ранней стадии итерации, в общем итеративном процессе алгоритма количество раз, когда положение горбатого кита обновляется в соответствии с меньшим параметром инерционного веса w , больше, чем количество раз, когда положение горбатого кита обновляется в соответствии с большим параметром инерционного веса w . Следовательно, алгоритм будет лучше находить локальное оптимальное решение, которое может сократить время сходимости алгоритма и повысить точность оптимизации алгоритма.

2.3 Процесс усовершенствованного алгоритма оптимизации китов

В этой статье мы обновляем положение отдельных популяций горбатых китов, вводя параметры инерционного веса для получения целевой добычи. На рисунке 5 показана схема процесса улучшенного алгоритма оптимизации китов. На рисунке мы можем видеть процесс оптимизации улучшенного алгоритма оптимизации китов более наглядно и интуитивно.

III. Имитационные эксперименты для улучшения алгоритма кита

Чтобы проверить производительность улучшенного алгоритма оптимизации китов. Функции тестирования показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Функция тестирования

Функция тестирования

$$f_1 = \sum_{i=1}^n x_i^2$$

$$f_2 = \sum_{i=1}^{n-1} (100 + (x_{i+1} - x_i)^2) + (x_n - 1)^2$$

$$f_3 = \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$$

В эксперименте по тестированию производительности алгоритма, приняв улучшенный алгоритм оптимизации китов, основанный на параметрах инерционного веса и традиционный алгоритм оптимизации китов для экспериментального дизайна, некоторые тестовые функции в таблице 1 решаются отдельно. Результаты теста производительности алгоритма показаны в Таблице 2, максимальные, минимальные и средние значения каждой функции в таблице выполняются 30 раз для каждого алгоритма, затем получают среднее значение максимального значения целевой функции, минимальное значение целевой функции и среднее значение целевой функции за все времена.

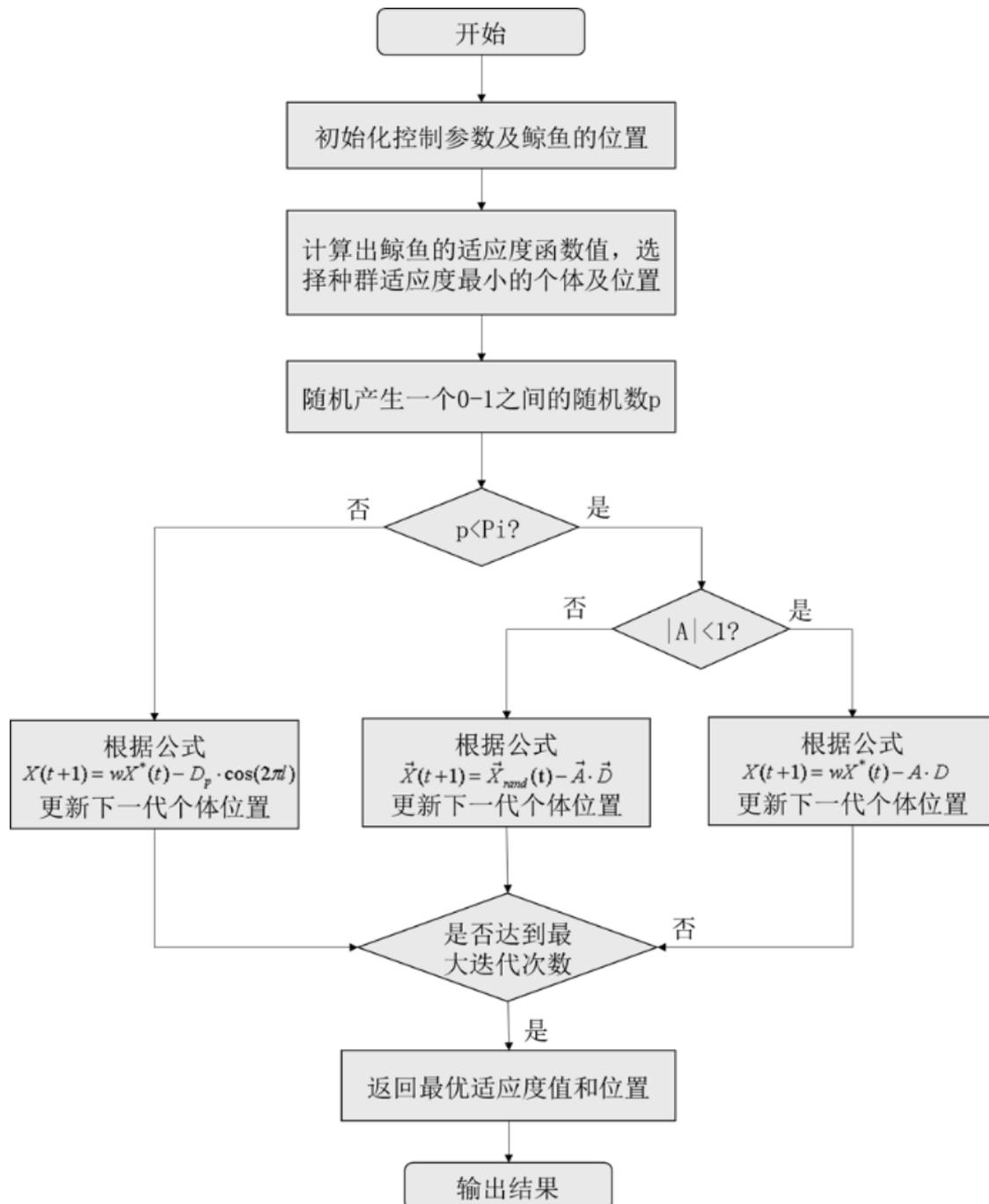


Рисунок 5 - Схема процесса улучшенного алгоритма оптимизации китов

**Таблица 2 - Сравнение производительности IWOA
и WOA на различных тестовых функциях**

Функция	Алгоритм	Максимальное значение	Минимальное значение	Среднее значение
f_1	I-WOA	$3.6717e^{-0.8}$	$2.1823e^{-0.8}$	$1.5562e^{-0.8}$
	WOA	$1.8566e^{-0.8}$	$6.1253e^{-0.8}$	$3.1836e^{-0.8}$
f_2	I-WOA	$1.9967e^{-0.8}$	$3.4588e^{-0.8}$	$2.3905e^{-0.8}$
	WOA	$2.5594e^{-0.8}$	$8.5467e^{-0.8}$	$3.6417e^{-0.8}$
f_3	I-WOA	$4.9809e^{-0.8}$	$2.2941e^{-0.8}$	$3.7604e^{-0.8}$
	WOA	$6.9098e^{-0.8}$	$2.0766e^{-0.8}$	$3.1173e^{-0.8}$

Из таблицы 2 ясно и интуитивно видно, что для функции однопикового тестирования, и усовершенствованный алгоритм оптимизации китов лучше, чем WOA, по эффективности оптимизации минимального, максимального или среднего значения. Значительно увеличена точность оптимального решения. А для функции одномодального тестирования и показатели улучшенного алгоритма оптимизации китов также превосходят традиционный алгоритм оптимизации китов. То есть можно найти путем сравнения и сравнительных экспериментов, что производительность улучшенного алгоритма оптимизации китов лучше, чем у традиционного алгоритма оптимизации китов.

Заключение

Стремясь к недостаткам стандартного алгоритма поиска китов, в улучшенном алгоритме нелинейный убывающий весовой параметр инерции ведет к возможности локальной оптимизации алгоритма и возможности глобального поиска были лучше сбалансированы, и можно решить проблему легкого попадания в локальный оптимум. Результаты имитационного эксперимента показывают, что оптимизированный алгоритм кита сходится быстрее и точнее, и тем самым расширяется область применения алгоритма моделирования китов.

Библиография

1. Ван Тао, Риад Челлали. Алгоритм кита с нелинейными весами и факторами сходимости // Микроэлектроника и компьютер. 2019. (01).
2. Ван Цзяньхао и др. Алгоритм оптимизации китов, основанный на стратегии хаотического поиска // Контроль и решение. 2019. (09).
3. Го Чжэньчжоу и др. Алгоритм оптимизации китов, основанный на адаптивном весе и мутации Коши // Микроэлектроника и компьютер. 2017. (09).
4. Чжу Чжицин. Улучшенный алгоритм китов и его применение при распределении спектра когнитивного радио. Чунцин, 2018.
5. Ши Сюдун, Цзян Хунье. Метод прогнозирования данных по отсутствующим траекториям полета на основе оптимизированной для китов вейвлет-нейронной сети // Применение компьютера и программное обеспечение. 2020. (07).
6. Mirjalili S, Lewis A. The Whale Optimization Algorithm // Advances in Engineering Software. 2016. 95. P. 51-67.
7. Shi Y, Eberhart R. A modified particle swam optimizer // Evolutionary Computation Proceedings. 1998. P. 69-73.

Pedagogical condition whale optimization algorithm with nonlinear weights

Decheng Yang

Independent researcher,
119019, 3/5 Vozdvizhenka str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Decheng@mail.ru

Fuquan Cao

Independent researcher,
119019, 3/5 Vozdvizhenka str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Decheng@mail.ru

Yan Li

Independent researcher,
119019, 3/5 Vozdvizhenka str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Decheng@mail.ru

Lei Sun

Independent researcher,
119019, 3/5 Vozdvizhenka str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Decheng@mail.ru

Abstract

The Whale Optimization Algorithm (WOA) is an optimal solution search algorithm based on the swarm intelligence algorithm, seeking to solve the problem of slow convergence rate and low accuracy, which can lead to randomly deployed nodes falling into the area of local optimality, a whale optimization algorithm with nonlinear weights. Three test functions were selected for testing, and the test shows that the improved algorithm has high accuracy, fast convergence rate, and good stability. In an effort to address the shortcomings of the standard whale search algorithm, in the improved algorithm, the nonlinear decreasing inertia weighting parameter leads to the possibility of local optimization of the algorithm and the global search capabilities have been better balanced, and the problem of easily hitting the local optimum can be solved. Experimental results prove that the whale optimization algorithm is far superior or relatively superior to many other intelligent optimization algorithms in many aspects, such as the classical swarm optimization algorithm, the cuckoo search algorithm, and so on. Due to the superiority of the whale algorithm, this algorithm is well applied in many practical engineering programs. The results of the simulation experiment show that the optimized whale algorithm converges faster and more accurately, thereby expanding the scope of the whale simulation algorithm.

For citation

Yang Decheng, Cao Fuquan, Li Yan, Sun Lei (2021) Pedagogicheskie usloviya formirovaniya algoritma optimizatsii kitov s nelineinymi vesami [Pedagogical condition whale optimization algorithm with nonlinear weights]. *Pedagogicheskii zhurnal* [Pedagogical Journal], 11 (4A), pp. 539-548. DOI: 10.34670/AR.2021.93.75.059

Keywords

Whale Optimization Algorithm, non-linear weight, swarm intelligence algorithm, optimization algorithms, whale algorithm.

References

1. Guo Zhenzhou et al. (2017) Algoritm optimizatsii kitov, osnovannyi na adaptivnom vese i mutatsii Koshi [Whale optimization algorithm based on adaptive weight and Cauchy mutation]. *Mikroelektronika i komp'yuter* [Microelectronics and Computer], 09.
2. Mirjalili S, Lewis A. (2016) The Whale Optimization Algorithm. *Advances in Engineering Software*, 95, pp. 51-67.
3. Shi Y, Eberhart R. (1998) A modified particle swarm optimizer. In: *Evolutionary Computation Proceedings*.
4. Shi Xudong, Jiang Hunye (2020) Metod prognozirovaniya dannykh po otsutstvuyushchim traektoriyam poleta na osnove optimizirovannoi dlya kitov veivlet-neironnoi seti [Method for predicting data on missing flight trajectories based on a wavelet neural network optimized for whales]. *Primenenie komp'yutera i programmnoe obespechenie* [Computer Application and Software], 07.
5. Wang Tao, Riad Chellali (2019) Algoritm kita s nelineinymi vesami i faktorami skhodimosti [Whale algorithm with nonlinear weights and convergence factors]. *Mikroelektronika i komp'yuter* [Microelectronics and computer], 01.
6. Wang Jianhao et al. (2019) Algoritm optimizatsii kitov, osnovannyi na strategii khaoticheskogo poiska [Whale optimization algorithm based on a chaotic search strategy]. *Kontrol' i reshenie* [Control and solution], 09.
7. Zhu Zhqing (2018) *Uluchshennyi algoritm kitov i ego primeneniye pri raspredelenii spektra kognitivnogo radio* [Improved whale algorithm and its application in cognitive radio spectrum allocation]. Chongqing.