02.02.2024 Лекция 1: Агенты (введение)

Многие задачи, возникающее в таких фундаментальных науках как: физика, химия, молекулярная биология можно свести к задачам непрерывной глобальной оптимизации. Особенностями таких задач является нелинейность недифирринцуеромость многоэкстремальность (мультимодальность (существует несколько глобальных максимумов или минимумов)), овражность( существуют существенные изменения в значениях по разным кортам(функция вытянута вдоль одной оси)), отсутствие аналитического выражения (плохая формализуемость), высокая вычислительная сложность оптимизируемых функций.

высокая размерность пространства в поиске, сложная топология области допустимых значений.

Самой общей точкой зрения указанной особенности объясняет отсутствие универсального алгоритма их решения и наличие чрезвычайно большого числа алгоритмов, модификаций и гибридизаций. Для эффективного решения задач глобальной оптимизации в 1980х годах начали интенсивно развиваться стахостические поисковые алгоритмы оптимизации. Их также называют поведенческим, интеллектуальными, метаэвристическими, вдохновлёнными или инспирированными природой роевыми, многоагентными, популяционными.

Популяционные алгоритмы предполагают одновременную обработку нескольких вариантов решения задачи оптимизации и представляют собой альтернативу классическим траекторным алгоритмам в которых в области поиска эволюционируют только один кандидат на решение задачи.

Задачи глобальной оптимизации делятся на 2 класса:

1. Детерминированный

2. Стахостический

В первом случае оптимизируемая функция и функции ограничивающие область решений является детерменированной, то есть не содержит случайных параметров

В втором случае функции содержат случайные параметры

В рамках курса изучаются только детерменированные задачи.

С другой стороны среди задач глобальной оптимизации выделяют:

1. Статические задачи (стационарные) – оптимизируемая функция и области её допустимых значений не меняются в процессе поиска, то есть остаются постоянными значения локальных и глобальных экстремумов

2. Динамические задачи (не стационарные) - значения локальных и глобальных экстремумов могут меняться времени и задача состоит в отслеживании траектории движения глобального экстремума.

Таким образом предметом рассмотрения являются детерменированные статистические задачи глобальной безусловной ( без ограничений на значение варьируемых параметров ) и условной ( с ограничениями на варьируемые параметры ) непрерывной оптимизации обозначает, что допустимыми значениями параметров являются вещественные числа.

По способу определения направления движения к экстремуму алгоритмы поисковой оптимизации разделяют на алгоритмы детерменированного или регулярного поиска ( алгоритм наискорейшего спуска) и алгоритмы стахостического ( случайного ) поиска. Все популяционные алгоритмы относятся к стахостическим.

Алгоритмы поисковой оптимизации также делят на 2 класса:  
1. Использующие как пробные так и рабочие шаги поиска

2. Пробные и рабочие шаги совмещены

Все популяционные алгоритмы относят к классу эвристических то есть алгоритмов для которых сходимость к глобальному экстремуму не доказана, но эксперементально установлено что в большинстве случаев они дают достаточно хорошие решения. В качестве общего названия для членов популяции будем использовать термин агент, ему соответствует в зависимости от алгоритма: индивид, особь, частица. Общая схема популяционных алгоритмов включает в себя следующие этапы:

1. Инициализация популяции ( формирование набора координат на плоскости или пространстве). В области поиска тем ли иным образом создаётся начальное число приближений к искомому решению задачи.

2. Миграция агентов популяции. С помощью набора миграционных операторов, специфических для каждого из популяционных алгоритмов, перемещаем агентов в области поиска так, чтобы в конечном счёте приблизиться к искомому оптимуму функций.

3. Завершение поиска. Проверяем условие остановки, если они выполнены завершаем вычисления в противном случае возвращаемся к шагу 2.

**Способы формирования стартового множества**

Стартовую популяцию можно сформировать с использованием детерминированных и случайных алгоритмов, в качестве условий останова как правило используется достижение заданного числа итераций, также часто используются условия стагнации, то есть попадание алгоритма в локальный оптимум. Могут быть использованы и другие условия, например, окончание времени отводимого на задачу. Из представленной общей схемы исследования популяционных алгоритмов следует что они обладают ярко выраженной модульной структурой, позволяющей получить большое число вариантов этих алгоритмов за счёт комбинации правил инициализации применении миграционных операторов и критериев останова.

**Агенты в популяции обладают следующими основными свойствами:**

1. Автономность. Агенты движутся в области поиска хотя бы частично независимо друг от друга.

2. Стахостичность. Процесс миграции агентов содержит случайную компоненту.

3. Ограниченность представления. Каждый из агентов популяции только об исследуемой им части. Области поиска, а также возможно об окружении некоторых других агентов, как правило соседних

4. Децентрализация. Отсутствие агента управляющего процессом поиска

5. Коммуникабельность. Агенты тем или иным образом могут обмениваться информацией о топологии оптимизируемой функции, выявленной в процессе исследования своей части.

Одной из особенностей популяционных алгоритмов является то, что как правило каждый из них имеет аналогию в человеческом обществе, живой или неживой природе. Живая природа: Алгоритм эволюции по разуму, колония муравьёв(пчёл, светляков). Неживая природа: алгоритм гравитационного поиска, электромагнитного поиска.

Популяционные алгоритмы в сравнение с классическими имеют неоспоримые преимущества. Стоит отметить, что они широко применяются для задач большой размерности, мульти-модальных и плохо формализуемых задач, также популяционные алгоритмы лучше точных (классических) отыскивать субоптимальные (локальные) решения.

Важным понятием популяционных алгоритмов является фитнес-функция ( функция пригодности, полезности, приспособленности(всё одно и то же)). Её суть заключается в том что с её помощью оценивается качество агентов популяции, то есть стратегически в процессе поиска агенты движутся таким образом чтобы приблизиться к глобальному экстремуму фитнес-функции. В общем случае в качестве фитнес-функции используется некоторая детерменированная или стахостическая линейная или нелинейная преобразование оптимизируемой функции. Простейший пример применения в качестве фитнес функции инвертируемой оптимизируемой функции. В терминах фитнес функций можно сказать, что популяционные алгоритмы работают в направлении обеспечения более высокой средней приспособленностью данного поколения по сравнению с предыдущим.

Проблемы:

1. Обеспечение баланса между интенсивностью поиска (областью сходимости) и широтой поиска. Интенсификация приводит к быстрой сходимости и к быстрому уменьшению разнообразия популяции диверсификация при этом обеспечивает широкий обзор. Более высокую вероятность локализации глобального экстремума за что приходится платить временем. Первое поколение преимущественно направлено на поиск области, агенты последнего поколения заняты уточнением найденного решения. Наиболее развитым алгоритмом решения проблемы баланса между скоростью и разнообразием является механизмы адаптации и самоадаптации, которые обеспечивают изменение значений свободных параметров и переход из одного этапа в другой.