

Evolutionäre Optimierungsalgorithmen

FEDERICO RAMÍREZ VILLAGRANA

Universität Hamburg

Methodenkompetenz - Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten

Dozent: Dr. Andreas Günther

Zusammenfassung

In diesem Paper wird es darüber diskutiert, sowohl was Optimierung ist und warum ist es schwer, als auch was evolutionärer Algorithmen (EA) sind und wie, warum, und wann sind sie hilfreich in dem Optimierung-Bereich. Es wird auch im Detail erklärt, wie EA funktionieren und warum sind sie als teil des künstlichen Intelligenz (KI) betrachtet. Es werden auch einige bekannten EA präsentiert und leicht erklärt. Am ende wird es darüber diskutiert, was für Vor- und Nachteile die EA haben.

I. EINLEITUNG

Das Problem des Handlungsreisenden (engl. traveling salesman problem oder TSP) ist ein sehr bekanntes und studierte Problem in dem Informatik-Bereich und es geht wie folgendes:

Es muss eine Reihenfolge für den Besuch mehrerer Orte so gewählt sein, dass keine Station außer der ersten mehr als einmal besucht wird, die gesamte Reisestrecke des Handlungsreisenden möglichst kurz, und die erste Station gleich der letzten Station ist. [2]

Sei n die Anzahl der Stationen, es gibt $(n - 1)!$ mögliche Lösungen für das TSP. Das heißt, dass für $n = 4$ es gibt 6 mögliche Lösungen. Es ist nicht schwer einen brute-force Ansatz zu verfolgen für ein Problem, das nur 6 Lösungen hat. Aber wenn $n = 50$ es gibt circa $6,1 \times 10^{62}$ Lösungen! Folgendes ist hilfreich, um diese Anzahl in eine Perspektive zu setzen: Das Universum ist circa 15 Milliarde Jahre alt, das ist $4,7 \times 10^{17}$ Sekunden. Wenn es eine Billion Rechner gäbe, die jeder einzeln seit dem Anfang des Universums eine Billion Lösungen pro Sekunde berechnete. Bisher wären nur $4,7 \times 10^{41}$ Lösungen berechnet worden.

Das TSP ist nur ein Beispiel von vielfältigen Probleme, die zu den kombinatorischen Problemen gehören, das heißt, Probleme für die einfach keine brute-force Ansatz möglich ist. Es ist in diesem Fall, dass evolutionärer Algorithmen (EA) hilfreich sind.

EA sind eine gute Werkzeug um gute Lösungen zu finden. Natürlich können wir nicht sicher sein, dass wir das beste Lösung gefunden haben, außer wenn wir jeder mögliche Lösungen berechnen haben. Aber wie es mit obenem Beispiel gezeigt ist, es ist nicht immer möglich alle mögliche Lösungen zu finden.

II. STAND DER FORSCHUNG

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.

Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

III. OPTIMIERUNG

IN dem Mathematik-Bereich, Optimierung bedeutet die Findung von Parametern eines Systems, die ein bestmögliches Ergebnis erzielen. [1] Wir können diese Findung von Parametern auch wie Folgendes definieren: Die Auswahl von die bestmögliche Lösung eines Problems von einer Menge mögliche Lösungen.

In Optimierungsprobleme wird eine Zielfunktion (engl. objective function) definiert, die entweder maximiert oder minimiert werden soll. Die Zielfunktion wird "Kosten-Funktion" oder "Fitness-Funktion" in Maximierungs- und Minimierungsprobleme bzw. genannt.

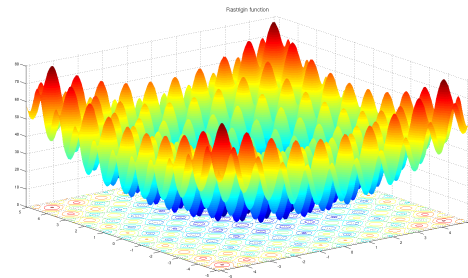
Sei $f(x)$ ein Zielfunktion, x ist ein Vektor und wird Entscheidungsvariable genannt. Die Anzahl von Elementen in x wird die Dimension des Problems genannt.

Es gibt verschiedene Klassifizierungen oder Arten von Optimierung:

- **Eingeschränkt Optimierung**
Die Entscheidungsvariable kann nicht irgendwelcher Wert nehmen. Es gibt Einschränkungen dafür.
- **Multi-objective Optimierung**
Das Problem besteht aus vielfältigen, voneinander unabhängigen Zielfunktionen.
- **Multi-modal Optimierung**
Die Zielfunktion(en) hat/haben mehrere Minima bzw. Maxima. Abbildung 1 zeigt eine multi-modale Funktion.

Eine der wichtigste und schwersten Teile der Optimierung ist es, eine geeignete Zielfunktion

Abbildung 1: Rastrigin function.



zu definieren, die alle die wichtige zu optimieren Faktoren berücksichtigt. Probleme im wirklichen Leben sind normalerweise eingeschränkt, multi-Objective und multi-modale, oder mit einer hoch Anzahl von Dimensionen. Wegen diesen Eigenschaften der Zielfunktionen und der Optimierungsprobleme ist es schwer eine gute Lösung mittels traditionelle Vorgänge zu finden. EA sind aber eine gute Möglichkeit, um diese Art von Probleme zu lösen.

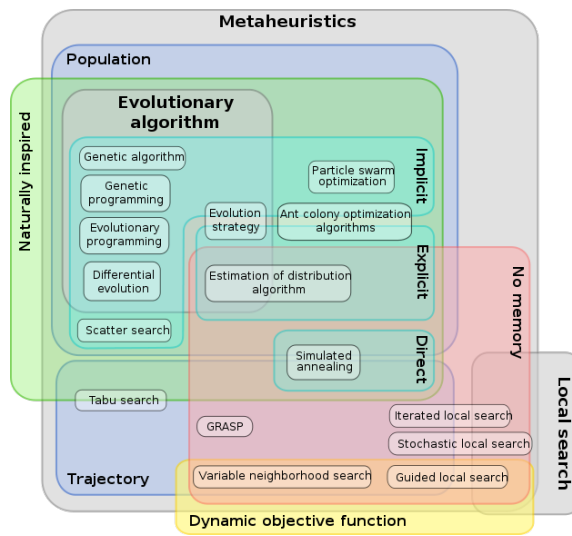
IV. WAS IST EIN EVOLUTIONÄRER ALGORITHMUS?

DER EA-Bereich ist ziemlich neu, deswegen gibt es bisher keine allgemein akzeptierte Definition von evolutionäre Algorithmus. EA sind zwar als Teil des KIs betrachtet, aber genau wo sie in Verbindung mit anderen KI-Methoden stehen ist von dem Autor abhängig. Abbildung 2 zeigt eine von mehreren möglichen Klassifikationen von KI-Methoden in Bezug auf Metaheuristics (welche über den Rahmen dieses Papiers hinausgehen).

In Abbildung 2 können wir es auch sehen, wie der Autor betrachtet Particle Swarm Optimization (PSO) und Ant Colony Optimization (ACO) nicht als EA, trotzdem gibt es andere Autoren [3], die sie für genau EA halten.

In diesem Paper wird folgende Definition für EA genommen: Ein Algorithmus, der die Lösung für ein Problem durch vielfältige Iterationen entwickelt.

Abbildung 2: Klassifikation von Metaheuristics.



V. EA BEISPIELE

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

i. GA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices

augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

ii. PSO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

iii. DE

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet

aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

VI. FUNKTIONSWEISE

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

VII. DISKUSSION

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam

lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

VIII. FAZIT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum

libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Optimierung. <https://de.wiktionary.org/wiki/Optimierung>. Accessed: 03.01.2019.
- [2] Problem des Handlungsreisenden. https://de.wikipedia.org/wiki/Problem_des_Handlungsreisenden. Accessed: 03.01.2019.
- [3] Dan Simon. *EVOLUTIONARY OPTIMIZATION ALGORITHMS - Biologically-inspired and Population-based Approaches to Computer Intelligence*. John Wiley and Sons, Inc., 2013.