

DHBW Mosbach
Lohrtalweg 10
74821 Mosbach
Deutschland



Grey Wolf Optimization

Studienarbeit EMIT an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Mosbach

Studiengang/-richtung:	B.Sc. - Angewandte Informatik
Kurs:	INF20B
Name, Vorname:	Robin Wollenschläger
Name, Vorname des wiss. Prüfenden/Betreuenden:	Prof. Dr. Carsten Müller

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Optimierungsalgorithmen aus dem Bereich der Schwarmintelligenz	1
1.2	Grauwölfe	1
1.2.1	Sozialverhalten	1
1.2.2	Jagdverhalten	2
2	Optimierung	3
2.1	Soziale Hierarchie	3
2.2	Beutetier einkreisen	3
2.3	Jagd	4
2.4	Beute angreifen	5
2.5	Pseudocode	6

1 Einleitung

1.1 Optimierungsalgorithmen aus dem Bereich der Schwarmintelligenz

Algorithmen aus dem Bereich der Schwarmintelligenz werden zur Optimierung von Problemen verwendet, in dem Verhaltensstrukturen aus der Natur mathematisch abgebildet und nutzbar gemacht werden.

Dabei wird versucht im Verhalten von Lebewesen Muster zu finden, mit denen ein Ziel erreicht werden kann, um somit die Zielfindung mathematischer Probleme zu optimieren. Gesucht wird dabei ein Optimum, also ein globales Minimum oder Maximum einer mehrdimensionalen mathematischen Funktion.

Der Algorithmus 'Grey Wolf Optimization' arbeitet rundenbasiert in Iterationen, wobei eine Obergrenze definiert werden kann.

1.2 Grauwölfe

1.2.1 Sozialverhalten

Grauwölfe (*Canis lupus*) leben in Rudeln mit einer festen Hierarchie, die sich in Alpha-, Beta-, Delta- und Omega-Wölfe gliedert (siehe Abbildung 1.2.1).

Pro Rudel gibt es jeweils Alpha-, Beta- und Deltawölfe. Der Rest des Rudels wird als Omegawolf klassifiziert. Diese Hierarchie ist sehr strikt und das Rudel folgt meist den Entscheidungen des Anführers (Alpha), auch wenn es selten zu demokratischen Entscheidungen kommen kann und der Alpha den anderen Mitgliedern des Rudels folgt. Der Alpha muss dabei nicht zwingend das stärkste Tier des Rudels sein, sondern der beste Anführer, der die besten Entscheidungen trifft.

Die zweite Hierarchieebene innerhalb des Rudels wird vom Betawolf eingenommen. Er hilft dem Alpha bei der Entscheidungsfindung und hat im Falle eines Dahinscheidens des Alpha die besten Chancen seinen Platz als Nachfolger und neuer Anführer des Rudels einzunehmen. Innerhalb des Rudels setzt der Beta die Anweisungen des Alpha durch und sorgt für Disziplin und Ordnung unter den niederrangigen Wölfen.

Diese niederrangigen Mitglieder sind aufgeteilt in Delta- und Omegawölfe. Der Delta muss zwar den Anweisungen von Alpha und Beta Folge leisten, dominiert aber über die Omegawölfe und fungiert in Rollen wie Scout, Wächter oder Jäger und tragen damit Sorge über die

1 Einleitung

Sicherheit des Rudels und des zugehörigen Territoriums oder es handelt sich um Ältere, die zuvor den Rang eines Alpha oder Beta bekleidet haben.

Omegawölfe sind die Rangniedersten innerhalb des Rudels, aber sie sind für die soziale Struktur dennoch sehr wichtig, da es beim Verlust eines Omegas zu Kämpfen und Problemen innerhalb des Rudels kommt und die Hierarchie wieder hergestellt werden muss. Die Dominanz über die Omegas dient den anderen Wölfen zum Teil als Ventil und sorgt so dafür, dass sich innerhalb des Rudels keine Aggressionen anstauen, [1, vgl. Mirjalili 2014, S.4f].

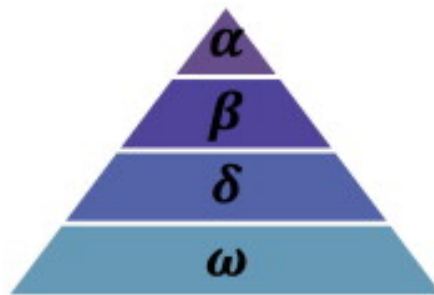


Abbildung 1.2.1: Soziale Hierarchie bei Grauwölfen [1]

1.2.2 Jagdverhalten

Neben dem Sozialverhalten ist das Jagdverhalten der Grauwölfe von besonderem Interesse. Dieses teilt sich nach [1, vgl. Mirjalili 2014, S.5] in folgende Phasen:

- Suchen, Jagen und Erreichen der Beute
- Verfolgen, Einkreisen und Beunruhigen der Beute, bis sie stehen bleibt
- Angreifen der Beute

Der Algorithmus 'Grey Wolf Optimization' stützt sich auf die mathematische Umsetzung des Jagdverhaltens und des Sozialverhaltens von Grauwölfen.

2 Optimierung

Im folgenden Abschnitt soll die mathematische Modellierung der Sozialen Hierarchie, der Beutesuche, deren Einkreisen und der Angriff vorgestellt werden.

2.1 Soziale Hierarchie

Für die Optimierung wird davon ausgegangen, dass Alpha-, Beta- und Deltawolf besten Kenntnisse über den Standort der Beute haben und sich das Rudel anhand deren Positionen ausrichtet. Dazu werden pro Runde die besten drei Lösungen ermittelt und entsprechend als Alpha, Beta und Delta klassifiziert. Alle übrigen Lösungen werden zu den Omegas gezählt und damit nicht weiter untergliedert.

Alpha, Beta und Delta führen die Jagd (Optimierung) an und alle übrigen Omegas folgen diesen. Pro Runde werden für jeden Wolf neue Positionen anhand der Positionen von Alpha, Beta und Delta berechnet und damit die Position Wölfe immer in eine bestimmte Richtung konvergiert. Durch die Anwendung von Limits kann das Rudel wieder zusammen gezogen werden, wenn sich die einzelnen Mitglieder zu weit verstreuen, [1, vgl. Mirjalili 2014, S.5]

2.2 Beutetier einkreisen

Das Umkreisen der Beute wird mit folgenden Formeln beschrieben:

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t)| \quad (2.1)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (2.2)$$

Wobei t die momentane Iteration angibt und \vec{A} und \vec{C} Koeffizientenvektoren sind, \vec{X}_p die Position der Beute (Prey) und \vec{X} die Position eines Wolfes.

Der Vektor \vec{D} (Gleichung 2.1) gibt die Richtung an, in die der Rest des Rudels konvergieren soll und wird zur Bestimmung des nächsten Positionsvektors eines Wolfes ($\vec{X}(t+1)$, Gleichung 2.2) gebraucht.

Die Vektoren \vec{A} und \vec{C} werden mit folgenden Formeln bestimmt:

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (2.3)$$

$$\vec{C} = 2\vec{r}_2 \quad (2.4)$$

2 Optimierung

Die Komponenten von \vec{a} werden mit jeder Iteration linear von 2 bis 0 verringert und \vec{r}_1 und \vec{r}_2 sind Zufallsvektoren in $[0, 1]$.

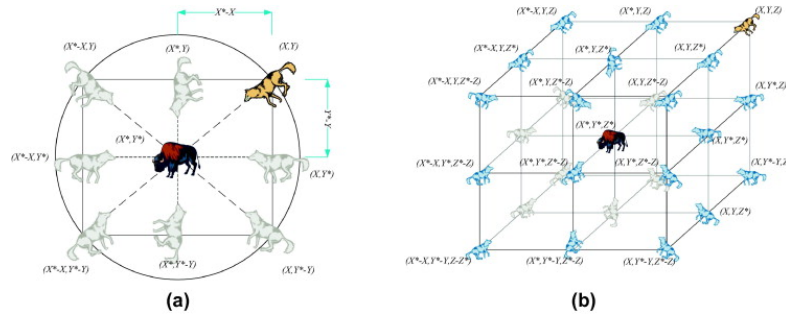


Abbildung 2.2.1: Positionsneuberechnung im GWO [1]

In Abbildung 2.2.1 wird dargestellt, welchen Effekt Gleichung 2.1 und Gleichung 2.2 haben. In Abbildung 2.2.1 (a) wird dargestellt, wie ein Wolf mit Position (X, Y) seine Position hin zur Beute auf Position (X^*, Y^*) verändern kann. Durch Variieren der Vektoren \vec{A} und \vec{C} können verschiedene Positionen rund um den Alpha eingenommen werden. Durch die Vektoren \vec{r}_1 und \vec{r}_2 kann ein Wolf jede zufällige Position rund um die Beute, wie in Abbildung 2.2.1 dargestellt, erreichen, ([1, vgl. Mirjalili 2014, S.6]).

2.3 Jagd

Um das Jagdverhalten zu simulieren, wird angenommen, dass Alpha, Beta und Delta das beste Wissen über die Beute haben. Dazu werden bei jeder Iteration die Wölfe neu klassifiziert und die drei besten Lösungen als Alpha, Beta und Delta klassifiziert. Die übrigen Rudelmitglieder konvergieren bei der Neuberechnung ihrer Positionen in Richtung dieser besten Lösungen. Somit wird der Schwarm mit jeder Iteration hin zu besten bisherigen Lösung gezogen. Dies wird mit folgenden Formeln bestimmt:

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}|; \vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}|; \vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}| \quad (2.5)$$

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot (\vec{D}_\alpha); \vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot (\vec{D}_\beta); \vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot (\vec{D}_\delta); \quad (2.6)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (2.7)$$

2 Optimierung

Hier ist deutlich der Einfluss von Alpha, Beta und Delta auf die neue Position des einzelnen Wolfes zu sehen, der den Schwarm in Richtung der Beute konvergieren lässt, siehe Abbildung 2.3.1, ([1, vgl. Mirjalili 2014, S.7]).

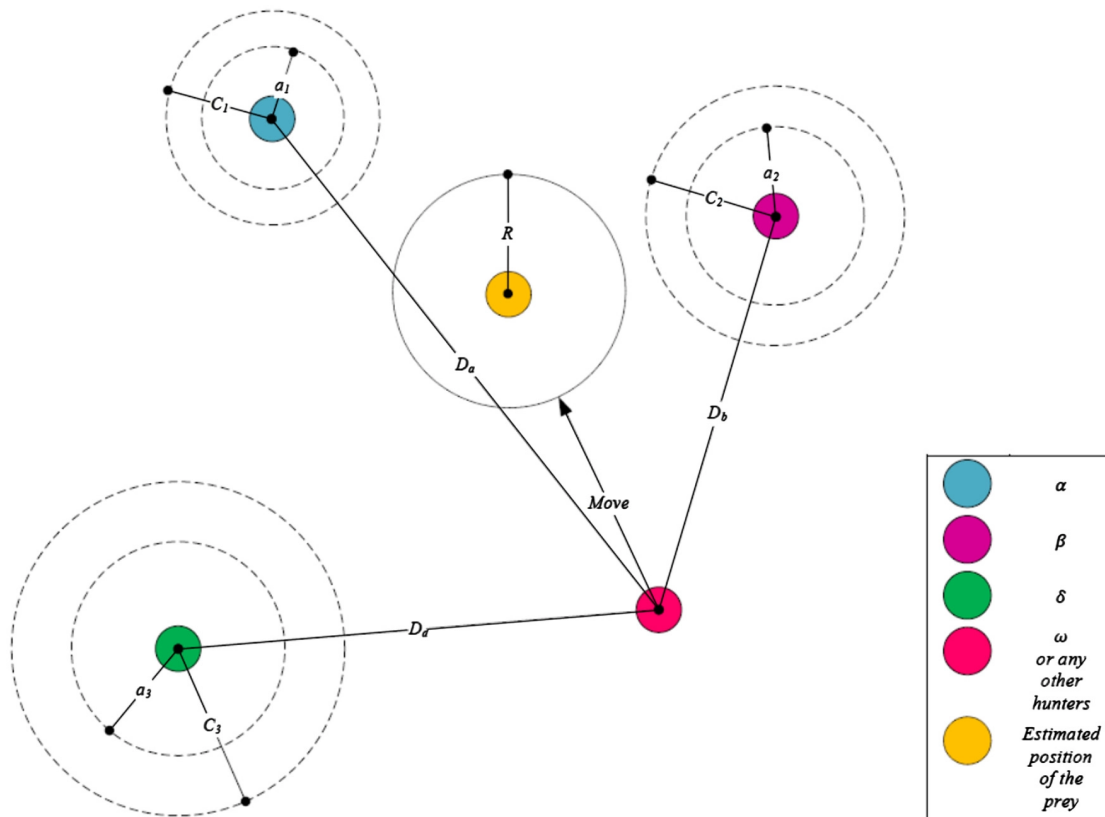


Abbildung 2.3.1: Positionsneuberechnung im GWO [1]

2.4 Beute angreifen

Für das Angreifen der Beute wird kein extra Schritt und auch keine weitere Formel benötigt, sondern es geschieht mittels der Verringerung des Vektors \vec{a} und damit auch des Vektors \vec{A} , der im Intervall $[-a, a]$ liegt. Mit \vec{A} in $[-1, 1]$ kann die nächste Position eines Wolfes immer auf jeder Position zwischen seiner jetzigen Position und der Position der Beute sein. Somit attackiert gezwungenermaßen jeder Wolf für $|A| < 1$ die Beute und die einzelnen Wölfe konzentrieren sich auf einen Punkt, dem gesuchten Optimum, ([1, vgl. Mirjalili 2014, S.8]).

2.5 Pseudocode

Folgend der Pseudocode des GWO:

```

Initialize the grey wolf population  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
Initialize  $a$ ,  $A$ , and  $C$ 
Calculate the fitness of each search agent
 $X_\alpha$ =the best search agent
 $X_\beta$ =the second best search agent
 $X_\delta$ =the third best search agent
while ( $t < \text{Max number of iterations}$ )
    for each search agent
        Update the position of the current search agent
    end for
    Update  $a$ ,  $A$ , and  $C$ 
    Calculate the fitness of all search agents
    Update  $X_\alpha$ ,  $X_\beta$ , and  $X_\delta$ 
     $t=t+1$ 
end while
return  $X_\alpha$ 

```

Abbildung 2.5.1: Pseudocode GWO [1]

Literatur

- [1] Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili und Andrew Lewis. „Grey Wolf Optimizer“. In: *Advances in Engineering Software* 69 (2014), S. 46–61. ISSN: 0965-9978. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997813001853>.