Rolf Wanka
Alexander Raß

Erlangen, 9. Mai 2019

Übungen zur Vorlesung
Organic Computing
SS 2019
Blatt 3

Diese Übungen finden am 17./22. Mai und am 24./29. Mai als praktische (Rechner-)Übung statt.
Räume: Mittwoch im 02.133-128 (Felix-Klein-Gebäude)
Freitag im 00.156-113 (Blaues Hochhaus) Ggf. bitte auf diesbezügliche Emails achten.

In dieser Übung soll ein Partikelschwarmoptimierer programmiert und an einigen Beispielfunktionen getestet werden. Wählen Sie selbst eine Programmiersprache aus (Empfehlung: Java, C++ oder MATLAB).

AUFGABE 9:

a) Programmieren Sie zunächst einen einfachen PSO, der nur die folgenden Komponenten enthält. Dabei sind a, b_{loc} und b_{glob} keine Vektoren, sondern lediglich Zahlen:

- Standard-Bewegungsgleichungen:

$$\begin{aligned} \vec{v}_i^{(k+1)} &= a \cdot \vec{v}_i^{(k)} + b_{loc} \cdot \vec{r}_{loc} \odot (\vec{p}_i^{(k)} - \vec{x}_i^{(k)}) + b_{glob} \cdot \vec{r}_{glob} \odot (\vec{p}_{glob}^{(k)} - \vec{x}_i^{(k)}) \\ \vec{x}_i^{(k+1)} &= \vec{x}_i^{(k)} + \vec{v}_i^{(k+1)} \end{aligned}$$

- $\vec{p}_{glob}^{(k)}$ ist die beste bis zur k-ten Iteration gefundene Lösung, $\vec{r}_{loc}$ und $\vec{r}_{glob}$ sind Zufallsvektoren, deren Komponenten jeweils uniform im Intervall $[0,1]$ verteilt sind.
- Partikel-Initialisierung: zufällig mit uniformer Verteilung im Suchraum.
- Geschwindigkeits-Initialisierung: $\vec{v}_i^{(0)} = \vec{0}$
- Minimiert werden soll die SPHERE-Funktion $f : [-100\dots100]^n \to \mathbb{R}$ mit ($\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$)

$$f(\vec{x}) = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$$

  SPHERE ist eine sehr einfache Funktion mit nur einem lokalen Optimum, das auch das globale Optimum ist: $f(0,\dots,0) = 0$.
- Verwenden Sie die sog. *Infinity*-Strategie, um mit obigen Suchraumgrenzen umzugehen: Alle Funktionswerte außerhalb des Suchraums sind unendlich.

b) Testen Sie für verschiedene Dimensionalitäten (z.B. $n = 2$, $n = 30$, $n = 100$), ob Ihr Schwarm das globale Optimum findet. Testen Sie verschiedene Einstellungen für die Parameter (Standard-Parameter sind z.B.: $a = 0.72984$, $b_{loc} = b_{glob} = 1.496172$). Welchen Einfluss haben Dimensionalität und die Wahl der Parameter?

AUFGABE 10:
Implementieren Sie weitere Minimierungsprobleme:

- **Rosenbrock:** $f : [-30\ldots30]^n \to \mathbb{R}$

$$f(\vec{x}) = \sum_{i=1}^{n-1} \left(100 \cdot \left(x_{i+1} - x_i^2\right)^2 + (1 - x_i)^2\right)$$

  Rosenbrock besitzt nur ein lokales Optimum, $f(1,\ldots,1) = 0$, welches sich innerhalb eines langen, schmalen Tals befindet.

- **Rastrigin:** $f : [-5.12\ldots5.12]^n \to \mathbb{R}$

$$f(\vec{x}) = 10 \cdot n + \sum_{i=1}^{n} \left(x_i^2 - 10 \cdot \cos\left(2 \cdot \pi \cdot x_i\right)\right)$$

  Im Gegensatz dazu hat Rastrigin sehr viele lokale Optima, die regelmäßig im Suchraum verteilt sind. Das globale Minimum ist $f(0,\ldots,0) = 0$.

- **Schwefel:** $f : [-500\ldots500]^n \to \mathbb{R}$

$$f(\vec{x}) = \sum_{i=1}^{n} \left(-x_i \cdot \sin\left(\sqrt{|x_i|}\right)\right)$$

  Das globale Optimum, $f(420.9687,\ldots,420.9687) = -n \cdot 418.9829$, befindet sich nahe der Suchraumecke und ist weit vom zweitbesten Optimum entfernt.

Wie erfolgreich ist Ihr PSO auf den verschiedenen Problemen?

AUFGABE 11:
(optional) Integrieren Sie weitere Methoden, mit quaderförmigen Suchraumbeschränkungen umzugehen (vgl. Blatt 2, Aufgabe 5).
Welche sind besonders erfolgreich auf den gegebenen Funktionen?

AUFGABE 12:
(optional)

a) Erweitern Sie Ihren PSO um die drei in Aufgabe 7 (Blatt 2) abgebildeten Kommunikationsstrukturen: vollständiger Graph (gbest), Ring, Gitter.

b) Vergleichen Sie die Nachbarschaftsstrukturen gbest und Gitter. Welche Strategie scheint für die 30-dimensionale Rosenbrock, und welche für die 30-dimensionale Rastrigin-Funktion besser geeignet zu sein? Führen Sie dazu je 1000 Läufe pro Strategie und Funktion aus, und vergleichen Sie die Mittelwerte (und Standardabweichungen) der besten gefundenen Lösungen. Können Sie Ihr Ergebnis erklären?