technische universität dortmund

Fakultät für Informatik
Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Übungen zur Vorlesung

# Praktische Optimierung, SoSe 2022

Prof. Dr. Günter Rudolph, Dr. Roman Kalkreuth

https://ls11-www.cs.tu-dortmund.de/people/rudolph/teaching/lectures/POKS/SS2022/lecture.jsp

## Blatt 5, Block A

10.05.2022

**Abgabe: 17.05.2022**

**Aufgabe 5.1: Randomisierte Suchverfahren** (6 Punkte)

(a) Implementieren Sie Threshold Accepting (Kapitel 5, Seite 14).

Verwenden Sie für den Zufallsvektor $Z_k$ (Pseudo-)Zufallszahlen aus einer multivariaten Normalverteilung mit dem $d$-dimensionalen Nullvektor als Erwartungswertvektor und der Einheitsmatrix $\mathbf{I}_d$ als Kovarianzmatrix. Zufallszahlen aus einer multivariaten Normalverteilung lassen sich beispielsweise mithilfe der Funktion `rmvnorm` aus dem Paket `mvtnorm` erzeugen.

Wählen Sie $\gamma(T_k) = \gamma \cdot T_k$. Sie benötigen also Parameter für $\gamma$ und $T_0$.

Als Stoppkriterium soll hier die Anzahl an Iterationen verwendet werden.

Verwenden Sie für die Optimierung $\gamma = 0.5, T_0 = 1$ und 20 Iterationen.

(b) Implementieren Sie Simulated Annealing (Kapitel 5, Seite 16).

Verwenden Sie für den Zufallsvektor $Z_k$, wie in Teil (a), (Pseudo-)Zufallszahlen aus einer multivariaten Normalverteilung mit dem $d$-dimensionalen Nullvektor als Erwartungswertvektor und der Einheitsmatrix $\mathbf{I}_d$ als Kovarianzmatrix.

Wählen Sie, wie in Teil (a), $\gamma(T_k) = \gamma \cdot T_k$. Sie benötigen also Parameter für $\gamma$ und $T_0$.

Nutzen Sie $U \sim \mathcal{U}(0, 1)$, also gleichverteilte Zufallszahlen aus dem Intervall $[0, 1]$. Pro Iteration wird hier eine Zufallszahl für $U$ benötigt.

Als Stoppkriterium soll hier ebenfalls die Anzahl an Iterationen verwendet werden.

Verwenden Sie für die Optimierung $\gamma = 0.5, T_0 = 1$ und 20 Iterationen.

Optimieren Sie die Funktion

$$f(x, y) = 1.5x^2 + y^2 + 21\sin(x)\cos(y) + 0.5(|x|^2 + |y|^2), \quad x, y \in [-10, 10].$$

Starten Sie dazu mit beiden Algorithmen jeweils im Punkt $(5, 5)^\top$ und wiederholen Sie die Optimierung jeweils 20 mal. Vergleichen und interpretieren Sie die Ergebnisse der verschiedenen Optimierungsläufe.

**Aufgabe 5.2: ($\mu + \lambda$)-EA für** $\mathbb{R}^n$ (6 Punkte)

In dieser Aufgabe sollen Sie einen ($\mu + \lambda$)-EA für $\mathbb{R}^n$ entwickeln, der für verschiedene Testprobleme möglichst gute Ergebnisse erzielen soll. Dabei können Elemente aus der Vorlesung wie die Auswahl von Eltern, Rekombination, Mutation, Schrittweitensteuerung, etc. sowie eigene Ideen verwendet werden. Der evolutionäre Algorithmus soll selbst entwickelt werden ohne dafür auf schon vorhandenen Code aus Paketen zurückzugreifen. Einzige Ausnahme ist das Ziehen von Zufallszahlen. Dafür darf ein Paket geladen werden.

Als Eingabe soll der EA die folgenden Parameter haben:

- `f`: Funktion mit Parameter $x$,
- `x0`: Matrix der Dimension $\mu \times n$ für initiale Eltern,
- `lower` und `upper`: Jeweils ein Wert $\in \mathbb{R}$, um Box-Constraints anzugeben, gleiche Box-Constraints für alle Dimensionen, der Wertebereich darf nicht verlassen werden,
- `evals`: Anzahl Zielfunktionsauswertungen, Budget muss voll ausgeschöpft werden aber darf nicht überschritten werden, es steht ein Budget von 200 Auswertungen zur Verfügung, das Budget soll trotzdem einstellbar sein,
- `mu` und `lambda`: Anzahl der Eltern bzw. Kinder für den EA,
- weitere Parameter sind erlaubt und sinnvoll.

Für den Test des EA sollen nur die Werte `f` und `x0` übergeben werden müssen, d.h. für alle anderen Parameter müssen Defaultwerte festgelegt werden (z.B. lower = -10). Um möglichst gut mit dem EA abzuschneiden, ist es ratsam, die Parameter möglichst gut einzustellen.

Ihr EA muss als Ergebnis eine Liste mit den Elementen `x` und `fx` zurückgeben, die die $x$-Werte bzw. $f(x)$-Werte der besten gefundenen Lösung enthalten sollen. Stellen Sie sicher, dass Ihr EA keine unzulässigen Lösungen zurückgibt.

Die Punktzahl für diese Aufgabe ergibt sich aus der erreichten Qualität bei der Optimierung der nachfolgend angegeben und weiterer unbekannter Testprobleme. Es werden jeweils verschiedene Startwerte für die Evaluation verwendet.

Die Testprobleme werden immer minimiert. Die bekannten Testprobleme sind folgende:

- $f_1(x, y) = 1.5x^2 + y^2 + 21\sin(x)\cos(y) + 0.5(|x|^2 + |y|^2), \quad x, y \in [-10, 10]$
- $f_2(x, y) = x^3 - y^3 + y^2 + 1000\cos(x)\sin(y), \quad x, y \in [-10, 10]$
- $f_3(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2, \quad x, y, z \in [-10, 10]$

Beschreiben Sie den EA. Aus welchen Komponenten wurde der EA zusammengesetzt? Wieso wurden diese Komponenten verwendet? Wie wurden die Defaultwerte der Parameter des EAs bestimmt? Aus der pdf-Datei sollte sowohl der EA als auch die Bestimmung der Defaultwerte für die Parameter nachvollziehbar sein.