

Übungsblatt LV Künstliche Intelligenz, Evolutionäre Algorithmen (1), 2015**Aufgabe 1.** Evolution

- a) Finden Sie zwei Evolutionsbeispiele außerhalb der Biologie. Identifizieren Sie jeweils Genotyp, Phänotyp, genetische Operatoren und Fitnessbestimmung.
- b) Nennen Sie vier hinreichende Bedingungen für Evolution.

Aufgabe 2. Fitness-Landschaft

Skizzieren Sie die Fitness-Landschaft für Bitstrings mit 3 Bit. Die Nachbarschaft wird durch das Kippen eines Bits definiert. Die Fitness berechnet sich als

- a) Anzahl von Einsen,
- b) Anzahl fortlaufender Einsen von rechts.
- c) Sind in a) oder b) Plateaus enthalten?
- d) Sind a) oder b) multimodal?
- e) Welche Besonderheit bekommt die Landschaft aus a), wenn die Nachbarschaft durch Kippen zweier Bits definiert wird?

Aufgabe 3. Optimierung mit dem Koordinaten-Verfahren

- a) Bestimmen Sie mit dem *Koordinaten-Verfahren* eine gute Lösung¹ und deren Fitnesswert für die tabellarische Funktion im Anhang. Skizzieren Sie in der Tabelle mindestens zwei Läufe mit zufälligen Startpunkten.
- b) Um welche Funktion könnte es sich handeln?
- c) Findet das Koordinaten-Verfahren in jeder Funktion das Optimum?

Aufgabe 4. Optimierung mit dem Gradientenverfahren

- a) Warum können Sie das Gradientenverfahren nicht ohne Weiteres auf die vorige Aufgabe anwenden?

Bestimmen Sie mit dem *Gradientenverfahren*² eine verbesserte Lösung P' zum Startpunkt $P = (x, y) = (6, 17)$ für die Funktion

$$f(x, y) = 10^{-3} \cdot ((x - 35)^2(y - 7)^2 + (x - 7)^2(y - 35)^2)$$

¹Maximierung

²hier Minimieren also Gradientenabstieg

Vorgehen: Beim Gradientenabstieg wird aus einem alten Punkt P ein neuer Punkt P' wie folgt bestimmt:

$$P' = P - \gamma \nabla f(P) \quad (1)$$

Die Stärke γ des Abstiegs steuert die Schrittweite und sei bei uns 0.1. Da der Punkt P hier zwei Dimensionen aufweist, sind sowohl Funktion f und auch ihr Gradient ∇f zweidimensional. Den Gradienten $\nabla f(P)$ an einem konkreten Punkt P stellen wir uns als einen Vektor aus zwei Komponenten vor, der in die Richtung des Anstiegs des Gebirges f zeigt. Wir berechnen die Komponenten des Vektors mit der partiellen Ableitung der Funktion f einmal nach x und einmal nach y .

b) Bestimmen Sie dazu zunächst die Formel­ausdrücke:

$$f_x(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} =$$

$$f_y(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} =$$

c) Berechnen Sie dann f_x und f_y für unseren konkreten Punkt P - damit haben Sie den Gradienten an der Stelle P :

$$f_x(6, 17) =$$

$$f_y(6, 17) =$$

d) Bestimmen Sie die beiden Koordinaten (x', y') unseres verbesserten Punktes P' , mit der Gradientengleichung. Diese kennen Sie von oben und sie sieht komponentenweise so aus:

$$x' = x - \gamma f_x(x, y) =$$

$$y' = y - \gamma f_y(x, y) =$$

e) Wie lautet der verbesserte Punkt P' , runden Sie auf drei Stellen nach dem Komma:
 $P' =$

f) Wenn Sie den Punkt weiter verbessern, wird dann der nächste Punkt $P'' = (7.065, 13.984)$ sein?

g) Wie müsste die Gleichung (1) für den Gradientenaufstieg lauten?

Aufgabe 5. For the Bored

- Programmieren oder Tabellenkalkulation: Was ist der Endpunkt aus Aufgabe 3? Wie viele gibt es?
- Wie hängt der Begriff „Schönheit“ mit Evolution zusammen?
- Wie hat sich der lange Giraffenhals aus Sicht des Lamarckismus und aus Sicht des Darwinismus entwickelt? Stellen Sie die Kausalketten dar.
- Welchen Sinn könnte aus Sicht der Evolution das Weiterleben eines Individuums nach erfolgter Reproduktion haben?

Übungsblatt LV Künstliche Intelligenz, Evolutionäre Algorithmen (2), 2015

Aufgabe 1. Fitness

Gegeben sei eine Population von zehn Individuen, benannt $i = 1, \dots, 10$ mit den Fitnesswerten f_1, \dots, f_{10} : 200, 40, 29, 25, 21, 17, 13, 9, 5 und 1. Berechnen Sie die Selektionswahrscheinlichkeiten der beiden besten und schlechtesten Individuen bei:

- Roulette Selektion
- Finden Sie jeweils ein eigenes Beispiel für die drei Fitnessarten.

Aufgabe 2. Evolutionsfaktoren

Die Evolutionsfaktoren führen zu Änderungen des Genepools. Formulieren Sie Ihre Erwartung über die Entwicklung der Population bei einem genetischen Algorithmus (GA):

- nur mit Selektion, ohne Crossover, ohne Mutation:
- nur mit Selektion und Crossover, ohne Mutation:
- nur mit Selektion und Mutation, ohne Crossover:

Aufgabe 3. Versuche mit dem GA-Applet

Starten Sie das GA-Applet von der Seite <http://ots.fh-brandenburg.de/evolutionare-algorithmen.html>¹. Wählen Sie *Function1* und *Genetic Algorithm* (falls die Einstellungen nicht in der Überschrift des *Animation Part* auftauchen, wechseln Sie zu *Function2* und dann zu *Function1* zurück). Wechseln Sie zum *Animation Part*.

- Starten Sie den GA und beobachten die Populationswanderung. Nach 10 Generationen stoppt der GA. Lassen Sie sich alle während der Evolution erzeugten Individuen anzeigen (Comparison -> Genetic Algorithm auswählen - Box schließen -> Start): Wo konzentriert sich die Suche?
- Gigantischer Suchraum: Erhöhen Sie die Chromosomenbreite auf 2 x 50 Bit (Adjustment -> x1 chromosome length auf 50, ebenso x2). Funktioniert die Suche? (danach zurück auf 2 x 10 Bit)
- Was bedeutet *elitist strategy* unter Adjustments?
- Crossover auf 0.0, Mutation auf 0.0: Wird Ihre Erwartung aus 2a) bestätigt?
- Crossover auf 1.0, Mutation auf 0.0: Wird Ihre Erwartung aus 2b) bestätigt?

¹ggf. müssen Sie das JAVA-Plugin im Browser aktivieren, erlauben, bei 'Veraltet' später wählen, ausführen (Firefox) bzw. der Ausführung zustimmen (IE)

- f) Crossover auf 0.0, Mutation auf 1.0: Wird Ihre Erwartung aus 2c) bestätigt? (Hinweis: Die Mutationswahrscheinlichkeit beschreibt die Kipp-Wahrscheinlichkeit pro Bit, Hilfreich: Population bei 2 Arten stoppen, dokumentieren, mit nächstem Schritt vergleichen)

Aufgabe 4. Mehrziel-Optimierung

Ein Dieb optimiert seine Beute - möglichst wertvoll und leicht soll sie sein:

Individuum	Gewicht	Wert
Beute1	5	4
Beute2	3	3
Beute3	5	6
Beute4	1	5
Beute5	9	4
Beute6	5	2

- Skizzieren Sie die Lage der Individuen im Fitness-Raum.
- Welche Individuen bilden die Pareto-Menge² ?
- Bestimmen Sie den Rang der Individuen bei der Pareto-Optimierung.

Aufgabe 5. For the Bored

Aufgabe 1 für

- Rangbasierte Selektion mit linearer Funktion, so dass das beste Individuum die doppelte Selektionswahrscheinlichkeit des schlechtesten hat. Durch die Vorsortierung gilt $Rang\ r_i = Individuumnummer\ i$ (Tip: $p_i = m \cdot r_i + n$ und die Summe aller p_i ist 1)
- Vergleichen Sie die Selektionsstrategien aus Sicht des schlechtesten Individuums.

²Erklärung der Pareto-Menge auf Folie 143

Übungsblatt LV Künstliche Intelligenz, Evolutionäre Algorithmen (3), 2015

Aufgabe 1. PMX-Crossover

Kreuzen Sie folgende Chromosomen:

a) $v1 = (2,3,7,4 \mid 10,8,9 \mid 6,1,5)$ $v2 = (5,6,3,8 \mid 2,1,7 \mid 10,4,9)$ b)

b) $v1 = (1 \mid 2,3,4 \mid 5,6)$ $v2 = (5 \mid 6,1,2 \mid 3,4)$ c)

c) $v1 = (1 \mid 2,3,4 \mid 5,6,7,8)$ $v2 = (8 \mid 1,2,3 \mid 4,5,6,7)$

Aufgabe 2. Welche *einfache* Funktion verbirgt sich hinter folgendem S-Expression?

a) $y = \text{div}(\text{mul}(x, \text{mul}(x, x)), \text{sub}(\text{sub}(x, x), \text{div}(x, \text{add}(x, x))))$

Aufgabe 3. GP-Applet

Starten Sie das *Applet zum GP* von der Seite <http://ots.fh-brandenburg.de/evolutionare-algorithmen.html>. Starten Sie den GP-Prozess testweise, finden Sie den Dialog für die Parameter.

Bestimmen Sie die *einfachen* Formeln der folgenden Testfunktionen, die Sie unter dem Link *Testfunktionen für das GP-Applet* finden.

a) x^2

b) x^3

c) x^4

d) unbekannte Funktion Nr. 1

e) unbekannte Funktion Nr. 2

f) unbekannte Funktion Nr. 3

Aufgabe 4. Interaktive Evolution

a) Starten Sie das Programm Imogene. Evolvieren Sie etwas "Rundes Verrauschtes".

b) Starten Sie das Programm EvoCSS. Evolvieren Sie ein "Grünes Design mit deutlicher Schrift".

Aufgabe 5. For the Bored

a) Starten Sie das Programm Genepool. Wie wird die Evolution eines 'Totally Random'-Pools ablaufen?

b) Oft werden nach einigen Stunden bewegungslose Swimbots beobachtet, haben Sie eine Erklärung für diese Nische?

c) Hat eine Art sehr schneller, aber wenig zielgerichteter Swimbots (bspw. 'Schlangenförmige') gute Überlebenschancen? Wie finden sich dabei die Partner, obwohl sie schlecht zielen können?

