

Evolutionäre Algorithmen

Vorlesung 7

Evolutionstrategien Evolutionäres Programmieren

Evolutionstrategien (ES) _____

- ▷ reellwertiger Genotyp $G = \mathbb{R}^l$
- ▷ keine Elternselektion (uniforme Auswahl)
- ▷ deterministische Selektion durch Verkleinern der Population
- ▷ primärer Operator: Mutation
- ▷ Techniken zur Anpassung der Mutation
- ▷ sekundär: Rekombination

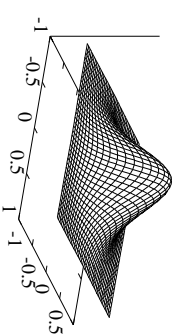
ES: Mutation _____

- ▷ komponentenweise Addition zu $A = (A_1, \dots, A_l)$:

$$B_i \leftarrow A_i + u_i$$

$$\text{mit } u_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma)$$

- ▷ Dichtefunktion $p_{\text{Gauss}}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}x^2}$



ES: Mutation _____

- ▷ keine Ober- und Untergrenze
- ▷ Erwartungswert: 0
- ▷ erwartete Schrittweite: σ
- ▷ kleinere Veränderungen haben größere Wahrscheinlichkeiten als große Veränderungen
- ▷ kritische Rolle der Standardabweichung σ

1/5-Regel

- ▷ Anpassung von σ
- ▷ Erfolgswahrscheinlichkeit p_s über letzte k Generationen (Prozentsatz der besseren Nachkommen)
- ▷ nahe dem gesuchten Optimum: p_s ist klein
 - ⇒ Feinabstimmung durch Verkleinerung von σ
- ▷ ist p_s groß: großes Verbesserungspotential
 - ⇒ Schrittweite σ vergrößern

1/5-Regel

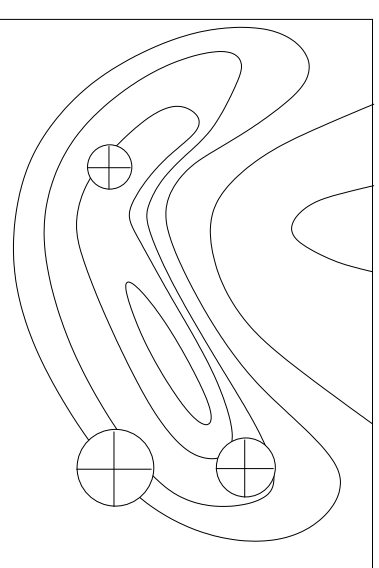
- ▷ Anpassung alle k Generationen
 - $$\sigma' \leftarrow \begin{cases} \sigma/c, & \text{if } p_s > 1/5 \\ \sigma c, & \text{if } p_s < 1/5 \\ \sigma, & \text{if } p_s = 1/5 \end{cases}$$
- ▷ i.d.R.: $0.817 \leq c \leq 1$
- ▷ Problem: lokale Optima

Selbst-Adaptation

- ▷ letzte Standardabweichung wird im Individuum gespeichert
 - $A' = \langle A_1, \dots, A_n, \sigma \rangle$
- ▷ dient als Ausgangswert für nächste Mutation
- ▷ 1. Schritt: $\sigma' \leftarrow \sigma e^{\frac{1}{\sqrt{t}}u}$
- ▷ 2. Schritt: $B_i \leftarrow a_i + \mathcal{N}(0, \sigma')$
- ▷ neues Individuum: $\langle B_1, \dots, B_n, \sigma' \rangle$
- ▷ Strategieparameter σ unterliegt indirekt dem Selektionsdruck

Selbst-Adaptation

- ▷ individuelle Schrittweiten für die einzelnen Individuen

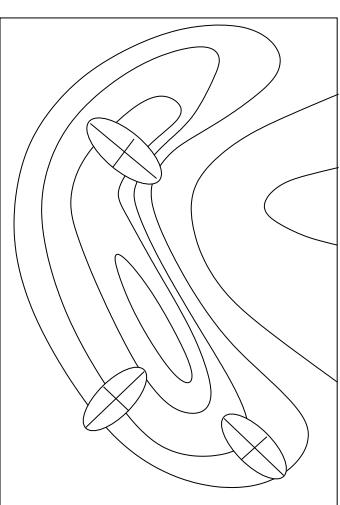


1 Strategieparameter _____

- ▷ Einführung eines Strategieparameters für jede Dimension
- ▷ $A = \langle A_1, \dots, A_l, \sigma_1, \dots, \sigma_l \rangle$
- ▷ $\sigma'_i \leftarrow \sigma_i e^{\frac{1}{\sqrt{2l}}u + \frac{1}{\sqrt{2}l}u'_i}$
- ▷ $B_i \leftarrow A_i + \mathcal{N}(0, \sigma')$
mit $u, u'_i \sim \mathcal{N}(0, 1)$

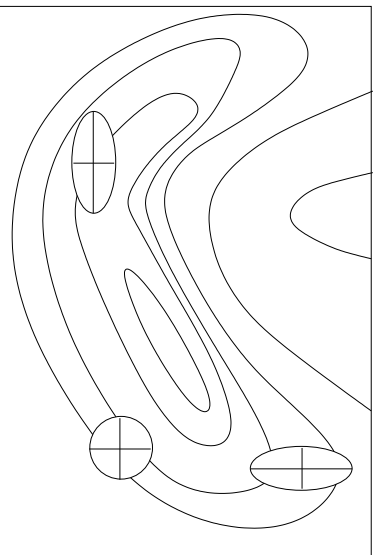
Kovarianzmatrixadaptation _____

- ▷ zusätzlich: Kovarianzmatrix zur Berücksichtigung einer beliebigen Ausrichtung ($\frac{1}{2}(l + 1)$ Parameter)



1 Strategieparameter _____

- ▷ eine bessere Ausrichtung der Individuen im Suchraum ist möglich



ES: Rekombination _____

- ▷ keine Rekombination
- ▷ intermediär (arithmetisch mittelnd) auf zwei Eltern
- ▷ diskret (uniformer Crossover) auf zwei Eltern
- ▷ global intermediär auf kompletter Population
- ▷ global diskret auf kompletter Population
- ▷ häufig: paarweise diskret auf Objektvariablen, global intermediär auf Standardabweichungen, keine Rekombination auf Winkeln

ES: Selektion

- ▷ Komma-Selektion (μ, λ) ($\lambda > \mu$)
- λ Kinder werden auf μ beste Individuen reduziert
- meist: $\frac{\mu}{\lambda} = \delta$ mit $\frac{1}{7} \leq \delta \leq \frac{1}{5}$
- ▷ Plus-Selektion $(\mu + \lambda)$
- λ Kinder und μ Eltern werden auf μ beste Individuen reduziert
- Selbstanpassung scheint hier nicht so gut zu funktionieren

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 7, Weicker

13

Evolutionäres Programmieren

- ▷ keine Elternselektion: jedes Eltern hat genau ein Kind
- ▷ Mutation
- ▷ keine Rekombination
- ▷ duplikatfreie Umweltselektion aus Eltern und Kindern
- ▷ ursprünglich: auf endlichen Automaten zur Zeitreihenprognose
- ▷ später: auf reellwertigen Tupeln

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 7, Weicker

15

ES: Gesamtalgorithmus

- 1: **INGABEN:** Parameter, Zielfunktion F , Rekombinationswahrscheinlichkeit p_r .
- 2: $t \leftarrow 0$
- 3: erzeuge Population $P(t)$
- 4: bewerte Population $P(t)$ mittels F
- 5: **while** Terminierungsbedingung nicht erfüllt **do**
- 6: $P' \leftarrow \langle \rangle$
- 7: **for** $i \in \{1, \dots, \lambda\}$ **do**
- 8: $B, B', \dots \leftarrow$ selektiere Eltern uniform zufällig aus $P(t)$
- 9: $A \leftarrow$ rekombiniere B, B', \dots
- 10: $C \leftarrow$ mutiere A
- 11: bewerte C mittels F
- 12: **end for**
- 13: $t \leftarrow t + 1$
- 14: (globale Anpassung von σ)
- 15: $P(t) \leftarrow$ Selektion aus $P' \cup P(t - 1)$
- 16: **end while**
- 17: **AUSGABE:** bestes Individuum aus $P(t)$

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 7, Weicker

14

EP auf Automaten

- ▷ $\mathcal{G} = \mathcal{S} = \langle Q, q_0, Q \times \Sigma \rightarrow Q, Q \times \Sigma \rightarrow \Sigma \rangle$
- ▷ Mutation: Änderung eines Ausgabesymbols
- ▷ Mutation: Änderung eines Folgezustands
- ▷ Mutation: Hinzufügen eines Zustands
- ▷ Mutation: Löschen eines Zustands
- ▷ Mutation: Veränderung des Startzustands
- ▷ Plus-Selektion

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 7, Weicker

16

Modernes EP

- ▷ Suchraum: $S = \mathbb{R}^l$
- ▷ Individuen: $A = (A_1, \dots, A_l, \sigma_1, \dots, \sigma_l)$
- ▷ Mutation: neues Individuum $(B_1, \dots, B_l, \sigma'_1, \dots, \sigma'_l)$ durch
$$B_i \leftarrow A_i + \mathcal{N}(0, \sigma_i)$$
$$\sigma'_i \leftarrow \sigma_i + s\mathcal{N}(0, \sigma_i)$$
(s ist Parameter für die Stärke der Anpassung)
Falls $\sigma_i < 0$ wird stattdessen ein kleines $\epsilon > 0$ benutzt

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 7, Weicker

17

Modernes EP: Selektion

- ▷ zweistufige q -fache Turniersélection
- ▷ für jedes Individuum A werden q zufällige „Gegner“ B_1, \dots, B_q gewählt
- ▷ Erfolgsrate: $s_A = \frac{1}{q} \sum_{1 \leq i \leq q} Q(A, B_i)$
mit $Q(A, B) = \begin{cases} 1, & f(A) \succ f(B) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$