

Evolutionäre Algorithmen

Vorlesung 10

Randbedingungen

Harte Randbedingungen _____

- ▷ Forderungen an die gesuchte Lösung, die unbedingt erfüllt sein müssen.
- ▷ beim Tragwerkbau: minimale Traglast
- ▷ bei Maschinenarbeitsplänen: Bestimmte Werkstücke können nicht problemlos hintereinander produziert werden
- ▷ bei Motorenoptimierung: Klopfgrenze des Motors
- ▷ bei Personaleinsatzplanung: gesetzlich vorgeschriebene Arbeitszeiten

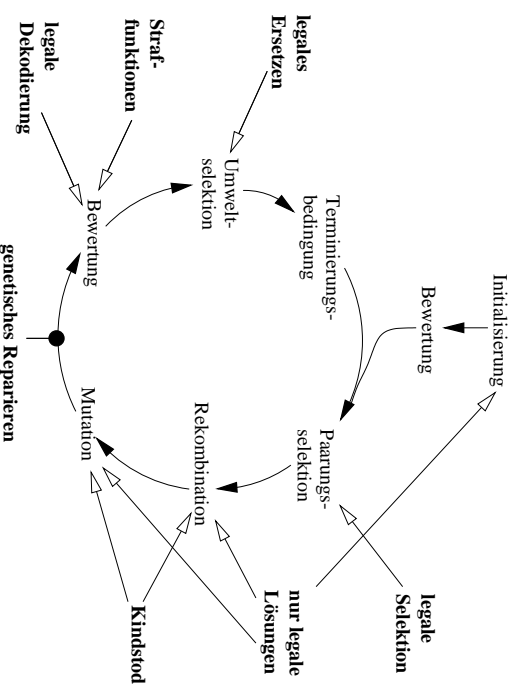
Weiche Randbedingungen _____

- ▷ Eigenschaften der gesuchten Lösung, die erwünscht sind, aber die nicht zwingend erfüllt sein müssen.
- ▷ bei Maschinenarbeitsplänen: obere Grenze für notwendige Maschinenumrüstzeiten
- ▷ bei Motorenoptimierung: weiche Übergänge der Einstellungen unter verschiedenen Fahrbedingungen
- ▷ bei Personaleinsatzplanung: gleichmäßig verteilte Arbeitszeit über die Woche

Umgang mit Randbedingungen _____

- ▷ **Vorbeugung:** Es entstehen keine ungünstigen Individuen.
⇒ harte Randbedingungen
- ▷ **Korrektur:** Ungünstige Lösungen werden korrigiert.
⇒ vornehmlich harte Randbedingungen
- ▷ **Selektionsdruck:** Ungünstige Lösungen werden über den Selektionsdruck benachteiligt.
⇒ weiche Randbedingungen
⇒ harte Randbedingungen bei Erfüllungsproblemen

Umgang mit Randbedingungen



Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

5

Methode der legalen Individuen

- ▷ Die Anfangspopulation wird mit gültigen Individuen initialisiert.
- ▷ Spezielle genetische Operatoren garantieren, daß jede erzeugte Lösung auch eine gültige Lösung ist.
- ▷ Liefert meist bessere Resultate als Ansätze mit Straftermen
- ▷ sind noch alle Lösungskandidaten erreichbar?
- ▷ Beispiele: Operatoren beim TSP, arithmetischer Crossover in konvexen Räumen

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

6

Legale Elternselektion

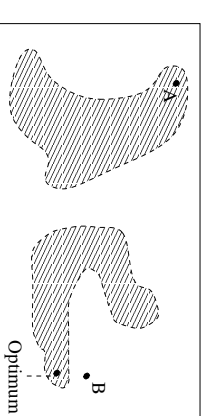
- ▷ Randbedingungen gehen in die Auswahl der Eltern mit ein
 - Individuen als Eltern ausgewählt, welche alle Randbedingungen erfüllen
 - Individuen mit wenigen Verletzungen der Randbedingungen bevorzugen
- ▷ Die Anzahl der erfüllten Randbedingungen darf nicht alleiniges Selektionskriterium sein.
- ▷ Es wird u.U. für die Optimierung wichtiges genetisches Material nicht berücksichtigt.

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

7

Probleme beim Verwerfen

- ▷ Hilfreiches genetisches Material kann verworfen werden – z.B. notwendig um illegale Bereiche zu durchschreiten
- ▷ eigentliche Optimierung entartet zur Zufallssuche



Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

8

„Kindstod“ _____

- ▷ Löschen ungültiger Individuen
- ▷ Vorteil: alle Individuen erfüllen die Randbedingungen
- ▷ teilweise gute Ergebnisse bei einem großen, zusammenhängenden, konvexen legalen Teil des Suchraums
- ▷ bei vielen Verletzungen: unzureichend langsam oder gar nicht anwendbar
- ▷ analoge Probleme zur vorherigen Technik

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

9

Genetisches Reparieren _____

- ▷ Illegale Individuen werden im Genotyp repariert
- ▷ Der veränderte Genotyp ersetzt den illegalen Genotyp (vergleiche: Hybridisierung gemäß Lamarck)
- ▷ Der Entwurf eines passenden Reparaturalgorithmus kann schwierig sein – insbesondere für komplexe Probleme.
- ▷ auch hier gilt wieder, daß wichtiges genetisches Material verloren gehen kann

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

10

legale Dekodierung _____

- ▷ Der Genotyp wird auf einen legalen Phänotypen abgebildet
- ▷ Genetisches Reparieren auf der Phänotypebene
- ▷ Vergleiche: Hybridisierung gemäß Baldwin
- ▷ Problematisch: eine solche Funktion sollte meist deterministisch sein

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

11

Legales Ersetzen _____

- ▷ Voraussetzung: überlappende Generationen
- ▷ Individuen mit den meisten Verletzungen der Randbedingungen werden ersetzt
- ▷ Falls alle Individuen keine Randbedingungen verletzen, kann zufällig oder gemäß Güte/Alter ersetzt werden.
- ▷ Selektionsdruck bzgl. der Optimierung: zusätzliche Elternselektion
- ▷ Auch hier gilt: hilfreiches genetisches Material kann verloren gehen

Evolutionäre Algorithmen, Vorlesung 10, Weicker

12

Berücksichtigung in der Zielfunktion _____

- ▷ Randbedingungen können in der Bewertungsfunktion berücksichtigt werden
- ▷ Problem: wie können ungültige Individuen bewertet werden?
- ▷ Szenarios für ungültige Individuen:
 - die Zielfunktion kann nicht berechnet werden
 - die Zielfunktion kann berechnet werden
 - die Zielfunktion kann berechnet werden, aber Aussagekraft ist fraglich

Szenario 1 _____

- ▷ die Zielfunktion kann nicht berechnet werden
- ▷ Beispiel: Simulationssoftware, technisches System
- ▷ zwei Bewertungsfunktionen
 - $F_G : \mathcal{S}_G \rightarrow \mathbb{R}$ für gültige Individuen $\mathcal{S}_G \subset \mathcal{S}$
 - $F_U : \mathcal{S}_U \rightarrow \mathbb{R}$ für ungültige Individuen $\mathcal{S}_U \subset \mathcal{S}$

Szenario 2 _____

- ▷ die Zielfunktion kann berechnet werden
- ▷ Beispiel: Berechnung unabhängig von Randbedingungen (externe Vorgaben)
- ▷ Modifikation der Zielfunktion durch einen Strafterm
 - $Q : \mathcal{S}_U \rightarrow \mathbb{R}$ zu
 - $F_U(A) = F_G(A) + Q(A)$

Szenario 3 _____

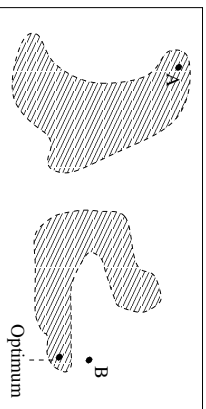
- ▷ die Zielfunktion kann berechnet werden, aber Aussagekraft ist fraglich
- ▷ Beispiel: Simulationen oder Berechnungen, deren Ergebnis nicht auf die Realität übertragbar ist
- ▷ beide Ansätze sind möglich
- ▷ Strafterm ist kritisch zu hinterfragen

Vergleich von gültigen mit ungültigen Individuen

- ▷ Mögliche Wahl der Bewertungsfunktionen:

$$\forall A \in G \forall B \in U \quad F_G(A) \succ F_U(B) \quad (1)$$

- ▷ Ist es allerdings sinnvoll im Beispiel?



Straffunktionen

- ▷ Situation: $F_U(A) = F_G(A) + Q(A)$

- ▷ Mögliche Wahl von $Q(A)$:

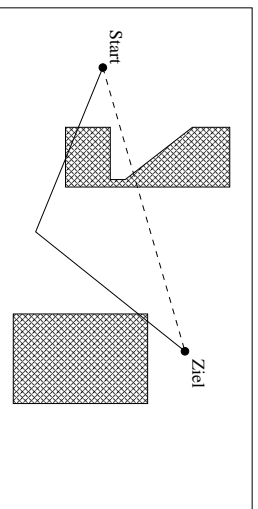
- ▷ die Anzahl der verletzten Randbedingungen oder das Ausmaß der Verletzung

⇒ schwierig bei wenigen Randbedingungen und wenigen legalen Lösungen

- ▷ geschätzte Kosten, die Randbedingungen zu erfüllen
⇒ Berechnung kann schwierig sein

Bewertung von ungültigen Individuen

- ▷ Wie sollen ungültige Individuen miteinander verglichen werden?



Straffunktionen

- ▷ bei mehreren Randbedingungen

- ▷ Gewichtung durch

$$Q(A) = \sum_{i=1, \dots, n_c} \delta_i Q_i(A)$$

- ▷ hier kann es leicht passieren, daß eine Randbedingung die anderen dominiert und nur noch diese Randbedingung optimiert wird

- ▷ vgl. Mehrzieloptimierung in der nächsten Vorlesung

Dynamische Straffunktionen _____

▷ über den Generationenzähler

▷ für aktuelle Generation t und maximale Generation G :

$$Q(A) = \left(\frac{t}{G}\right)^2 Q'(A)$$

▷ quadratischer Term ist oft bessere als ein linearer Term

Dynamische Straffunktionen _____

▷ über die Individuen in der Population

$$Q(A) = F_G(A) + \gamma(t)Q(A)$$

$$\gamma(t+1) = \begin{cases} \frac{1}{\beta_1}\gamma(t), & \text{falls beste Individuen der letzten} \\ & k \text{ Generationen legal} \\ \beta_2\gamma(t), & \text{falls beste Individuen der letzten} \\ & k \text{ Generationen illegal} \\ \gamma(t), & \text{sonst} \end{cases}$$

mit $\beta_1, \beta_2 > 1$.