

## Zellularautomaten

- Eindimensionale ZA
- Zweidimensionale ZA
- Dreidimensionale ZA

### Eigenschaften von ZA:

- Symmetrisch – der Zustand der Zelle beeinflusst die Nachbarn. Zellen beeinflussen sich gegenseitig
- Homogen – die einmal definierte Umgebung für alle Zellen gleich.

### Regeln:

1. Totalistische Regel – die Position einer Zelle in der Umgebung spielt keine Rolle
2. Semitotalistische Regel – die Position einer Zelle ist abhängig von anderen Zellen

### Bottom-up Modellierung:

1. Synchron Modus – alle Zustände werden zum gleichen Zeitpunkt aktualisiert
2. Sequentiell Modus – die Zeitzustände werden unmittelbar aktualisiert.
3. Zufall Modus – zuerst zufällig, dann sequentiell

Anfangsverteilung ist ebenso entscheidend für die Dynamik.

ZA ist Spezialfall von BN.

ZA und BN sind potenzielle Turing Maschinen.

<b>ZA</b>	<b>BN</b>
Homogen – immer gleiche Umgebung	Heterogen – Umgebung kann pro Knoten unterschiedlich sein
Symmetrisch – die Zustände der Zellen beeinflussen sich gegenseitig	Asymmetrisch – die Zustände der Knoten beeinflussen sich unterschiedlich

## Genetische Algorithmen (GA)

Algorithmus: (John Holland)

- 1. Populationserzeugung**
  - Populationsgröße bleibt immer konstant.
- 2. Fitnessfunktion**
  - Die passenden Lösungen werden nach einer vordefinierten Funktion bewertet
- 3. Selektion**
  - Der beste Vektor wird am häufigsten ausgewählt für die Rekombination (crossover)
  - Passiert partiell per Zufall
- 4. Rekombination (Crossover)**
  - Steht im Vordergrund
- 5. Mutation**
  - Maximal 5%

- Steht im Hintergrund

Abbruchkriterium muss definiert sein, falls Attraktor erreicht wird.

#### **Varianten:**

- Elitistische Variante – der beste Vektor wird immer beibehalten, bis ein besserer kommt.
- Keine elitistische Variante – der beste Vektor wird immer aufs Neue gesucht

**Kodierung:** binär, reell, symbolisch, alphabetisch

**Hypothese:** Je komplexer die Topologie, desto kleiner sollten die Parameterwerte zu Beginn gewählt werden.

Problem der Selektion:

1. Fitness proportionale Selektion mit Roulettenauswahl
2. Rangbasierte Selektion (größere Kerbe wird ausgewählt)
3. Turnierselektion
4. Bestenselektion
5. Zufallsselektion
6. Sigmaskalierung
7. Boltzmann-Selektion (wird mit Boltzmann Konstante erhört)
8. Interaktive Selektion

#### **Evolutionsstrategien (ES) (Rechenberg, Schwefel)**

1. Grundversion (1 + 1 ES) – Elterneinheit wird dupliziert. Dadurch entsteht ein Kind und dieser Kindteil wird in einer Komponente der Mutation unterzogen. Der bessere Teil wird selektiert.
2.  $(\mu + \lambda)$  – ES:  $\mu$  - Elternteile werden generiert, aus denen  $\lambda$ -Nachkommen durch Duplikation und Mutation erzeugt werden. ( $\lambda \geq \mu \geq 1$ )
3.  $(\mu, \lambda)$  – ES: aus der Gesamtmenge der  $\lambda$ -Nachkommen werden die  $\mu$ -besten ausgewählt, die als neue Eltern  $\lambda$ -Nachkommen generieren.
4.  $(\mu \# \lambda)$  – Allgemeiner ES-Ausdruck, bei dem entweder  $(\mu + \lambda)$  - ES oder  $(\mu, \lambda)$  - ES gewählt werden kann.

#### **Rekombinationsverfahren bei ES**

- Rekombination als Mittelwertbildung
- Differenzbildung

#### **Mutative Schrittweitensteuerung**

$$y = x + N(\theta, \sigma)$$

wo  $(\theta, \sigma)$  ein Vektor ist, der aus Gaußverteilten Zufallszahlen mit dem Mittelwert  $\theta$  und der Standardabweichung  $\sigma$  besteht.

Man startet man mit einem GA und

- a) Entweder verändert man die Mutationsrate
- b) Oder ES einsetzen (GA ausschalten und beobachten, ob das System besser wird)

#### **Regulatoralgorithmus (Jacob, Monod, J.Klüver)**

- Zweidimensionale GA

- Steuergenen beeinflussen anderen untergeordneten Genen
- Operatoren: Crossover und Mutation
- Variable Anzahl Verknüpfungen von Steuergenen zu anderen Genen
- Im einfachsten Fall schalten Verknüpfungsvektoren die Genen ein oder aus.

	GA	ES	RGA
Crossover	viel	Nur analog	Hängt vom Problem ab
Mutation	wenig	groß	Wenig (1% maximal)
Populationsgröße	groß (z.B. 500-700)	kleine	Mittel/groß (weniger als GA, z.B. 150)

### Fuzzy-Expertensysteme (Symbolische KI)

- Wenn – Dann Regeln
- Erklärungskomponente (Nachvollziehbarkeit, Grad der Sicherheit, Vorschläge)
- Analogieschlüsse – das Wissen auf neue Probleme übertragen
- Basiert auf Mengenlehre

#### Zugehörigkeitsfunktion

für jedes  $x \in \mu_A$  wird eine ZGF  $\mu_A$  definiert mit  $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$

- $\mu_A(x) = 1$  oder  $\mu_A(x) = 0$ , wird scharfe Menge ausgewählt
- $\mu_A(x) \neq 1$  oder  $\mu_A(x) \neq 0$ , wird eine unscharfe Menge ausgewählt
- Betrag einer unscharfen Menge:  $|A| = \sum \mu_A(x)$
- $\|A\| = |A| / n$ , falls  $n$  die Anzahl der Elemente von  $A$  mit  $\mu_A > 0$  ist. Das gilt immer für eine spezifische Teilmenge.

#### Mengentheoretische Operatoren

1. Vereinigung:  $A \vee B = \{\forall x \in G, x \in A \vee x \in B\}$
2. Durchschnitt:  $A \wedge B = \{\forall x \in G, x \in A \wedge x \in B\}$
3. Das kartesische Produkt:  $A \times B = \{\forall (x, y) \in G, x \in A, y \in B\}$
4. Eine Relation zwischen zwei Mengen:

$$R = \{\forall (x, y) \in G, x \in A, y \in B, R(x, y) \text{ bzw. } xRy\}$$

Distributivgesetz:  $A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$

Das Komplement:  $(A \vee B)^C = A^C \vee B^C$

$$(A \wedge B)^C = A^C \wedge B^C$$

#### Unschärfe Zahlen

$N$  ist eine unscharfe Zahl, wenn ZGF  $\mu_N$  genau ein Maximum bei  $x=a$  besitzt und wenn  $\mu_N =$

1. Dadurch wird ein Intervall „um  $a$ “ definiert.

Addition:  $N + M = \{(x + y), x \in M \wedge y \in M\}$ , wobei  $N=M$  zugelassen ist

$$\mu_{N+M}(x + y) = \min(\mu_N(x), \mu_N(y))$$

Multiplikation:  $N * M = \{x * y\}$

$$\mu_{N*M}(x * y) = \min(\mu_N(x), \mu_N(y))$$

#### Fallunterscheidung:

1. Scharfe Mengen bzw. zweiwertige Aussagen mit Ja oder Nein.

2. Scharfe Mengen mit scharfen Zugehörigkeitsfunktion
3. Ultrafuzzy-Mengen bzw. Kombinationen von unscharfen Aussagen mit unscharfen ZGF.

#### Defuzzifizierung (Entscheidung treffen)

Einfachste Methode ist mean of maximum, der bei der der Mittelwert der Maxima der Ergebnismenge gebildet wird.

Wahrscheinlichkeit (WSH)	Fuzzy (Unschärfe)
Ereignis in der Zeit/Raum	Bezieht sich auf Phänomene bzw. auf die Wahrnehmung
Grad des Wissens	Immer gegenwärtig und hat keinen expliziten Zeitbezug
	Zugehörigkeitsfunktion muss man immer bestimmen
	Die WSH kann nach $\mu$ -Wert berechnet werden

**Attraktoren** haben immer einen Zustandsraum, zyklische Wiederholung.

- Seltsame Attraktoren:
  - Punktattraktoren sind schnell erreicht
  - Attraktionsbecken sind groß, d.h. viele unterschiedliche Anfangszustände generieren den gleichen Attraktor.

#### Ordnungsparameter

- **C-Parameter** (Kauffman) misst die Anzahl der sog. kanalisierenden Booleschen Funktionen in einem BN. Ein bestimmter Wert reicht aus (nicht immer aber), das Gesamtergebnis zu prognostizieren (berechnen). Z.B. Konjunktion und Disjunktion sind kanalisierend, XOR und Äquivalenz nicht.
- **$\lambda$ -Parameter** (Langton)  $\lambda = (k^n - r)/k^n$ , mit  $0 \leq \lambda \leq 1$ , wobei k die Anzahl der möglichen Zellenzustände ist, n die Größe der Umgebung und r die Anzahl der Regeln für den jeweiligen ZA. Niedrige Werte dieses Parameters generieren einfache Dynamiken;