

1 AI101-02: AI Systems

Dieses Kapitel behandelt die grundlegenden Bausteine von KI-Systemen: Agenten und ihre Umgebungen. Es definiert Rationalität und klassifiziert verschiedene Arten von Umgebungen und Agentenarchitekturen.

1.1 KI-Systeme und Agenten

Ein KI-System wird definiert durch die Interaktion zwischen einem Agenten und seiner Umgebung.

Definition: Agent

Ein **Agent** ist eine Entität, die ihre Umgebung durch **Sensoren** wahrnimmt und auf diese Umgebung durch **Aktuatoren** (Effektoren) einwirkt.

- **Wahrnehmung (Percept):** Der sensorische Input des Agenten zu einem bestimmten Zeitpunkt.
- **Wahrnehmungssequenz (Percept Sequence):** Die vollständige Historie aller Wahrnehmungen, die der Agent bisher erhalten hat.
- **Agentenfunktion:** Eine mathematische Abbildung von Wahrnehmungssequenzen auf Aktionen: $f : P^* \rightarrow A$.
- **Agentenprogramm:** Die konkrete Implementierung der Agentenfunktion, die auf einer physischen Architektur läuft.

1.2 Rationalität

Ein rationaler Agent ist nicht zwangsläufig ein perfekter oder allwissender Agent. Rationalität bezieht sich auf die Qualität der Entscheidungsfindung basierend auf den verfügbaren Informationen.

Rationaler Agent

Ein **rationaler Agent** wählt für jede mögliche Wahrnehmungssequenz diejenige Aktion aus, die erwartungsgemäß sein Leistungsmaß (*Performance Measure*) maximiert, unter Berücksichtigung der Wahrnehmungssequenz und des eingebauten Wissens.

Rationalität hängt von vier Faktoren ab:

1. Dem **Leistungsmaß** (*Performance Measure*), das den Erfolg definiert.
2. Dem **Wissen**, das der Agent bereits besitzt (Prior Knowledge).
3. Den **Aktionen**, die der Agent ausführen kann.
4. Der bisherigen **Wahrnehmungssequenz**.

Wichtige Unterscheidung:

- **Allwissenheit (Omniscience):** Kennt das tatsächliche Ergebnis jeder Aktion (in der Realität unmöglich).
- **Rationalität:** Maximiert das *erwartete* Ergebnis basierend auf dem aktuellen Wissen.

1.3 Task Environments (PEAS)

Um einen Agenten zu entwerfen, muss die Aufgabenstellung spezifiziert werden. Dies geschieht durch das PEAS-Modell.

PEAS

- Performance Measure (Leistungsmaß): Woran wird Erfolg gemessen?
- Environment (Umgebung): Wo operiert der Agent?
- Actuators (Aktuatoren): Womit handelt der Agent?
- Sensors (Sensoren): Womit nimmt der Agent wahr?

Beispiel: Autonomes Taxi

- **P:** Sicherheit, Schnelligkeit, Legalität, Komfort, Profit.
- **E:** Straßen, anderer Verkehr, Fußgänger, Wetter.
- **A:** Lenkung, Gaspedal, Bremse, Hupe, Blinker.
- **S:** Kameras, Radar, Tacho, GPS, Motorensensoren.

1.4 Eigenschaften von Umgebungen

Die Art der Umgebung bestimmt maßgeblich das Design des Agenten. Umgebungen werden anhand folgender Dimensionen klassifiziert:

1. Fully Observable (Vollständig beobachtbar) vs. Partially Observable:

- *Fully:* Die Sensoren geben zu jedem Zeitpunkt den kompletten Zustand der Umgebung wieder (kein interner Speicher nötig).
- *Partially:* Teile des Zustands sind verdeckt oder Sensoren sind ungenau (interner Zustand/Gedächtnis nötig).

2. Single Agent vs. Multi-Agent:

- *Single:* Der Agent agiert allein (z.B. Kreuzworträtsel).
- *Multi:* Es gibt andere Agenten, die kooperativ oder kompetitiv sein können (z.B. Schach, Straßenverkehr).

3. Deterministic vs. Stochastic:

- *Deterministic:* Der nächste Zustand wird vollständig durch den aktuellen Zustand und die Aktion des Agenten bestimmt.
- *Stochastic:* Es gibt Unsicherheiten/Zufall (z.B. Wetter, Würfelglück). Wenn Wahrscheinlichkeiten unbekannt sind, nennt man es *non-deterministic*.

4. Episodic vs. Sequential:

- *Episodic:* Die Erfahrung ist in atomare Episoden unterteilt. Eine Aktion in Episode *A* hat keine Auswirkung auf Episode *B* (z.B. Bildklassifizierung).
- *Sequential:* Die aktuelle Entscheidung beeinflusst alle zukünftigen Entscheidungen (z.B. Schach, Fahren).

5. Static vs. Dynamic:

- *Static:* Die Umgebung ändert sich nicht, während der Agent "nachdenkt" (z.B. Kreuzworträtsel).
- *Dynamic:* Die Umgebung ändert sich kontinuierlich (z.B. Taxi fahren).
- *Semi-dynamic:* Der Zustand ändert sich nicht, aber die Bewertung (Performance) ändert sich mit der Zeit (z.B. Schach mit Schachuhr).

6. Discrete vs. Continuous:

- Bezieht sich auf die Zustände, Zeit oder Aktionen. Schach ist diskret (feste Felder), Taxi fahren ist kontinuierlich.

1.5 Agententypen

Es gibt vier grundlegende Typen von Agentenprogrammen, aufsteigend nach Komplexität und Fähigkeit.

1.5.1 1. Simple Reflex Agents (Einfache Reflex-Agenten)

Diese Agenten entscheiden nur basierend auf der *aktuellen* Wahrnehmung. Sie ignorieren die Wahrnehmungshistorie.

- **Funktionsweise:** Condition-Action Rules (Wenn-Dann-Regeln).
- **Formel:** Aktion = Funktion(Aktuelle Wahrnehmung).
- **Einschränkung:** Funktionieren nur zuverlässig in *fully observable* Umgebungen. Drohen in unendliche Schleifen zu geraten, wenn die Umgebung nur teilweise beobachtbar ist.

1.5.2 2. Model-based Reflex Agents (Modellbasierte Reflex-Agenten)

Diese Agenten besitzen einen internen Zustand (*Internal State*), um mit partieller Beobachtbarkeit umzugehen.

- **Interner Zustand:** Repräsentiert Wissen über die Welt, das aktuell nicht sichtbar ist (Gedächtnis).
- **Modell der Welt:** Wissen darüber, wie die Welt funktioniert (Übergangsmodelle) und wie Aktionen die Welt verändern.
- **Ablauf:** Update State → Wähle Regel → Aktion.

1.5.3 3. Goal-based Agents (Zielbasierte Agenten)

Wissen über den Zustand reicht nicht aus; der Agent benötigt ein Ziel (*Goal*).

- **Planung/Suche:** Der Agent simuliert verschiedene Sequenzen von Aktionen, um zu sehen, ob sie zum Ziel führen.
- **Unterschied zum Reflex:** Der Reflex-Agent reagiert, der Goal-based Agent plant in die Zukunft.
- **Flexibilität:** Ziele können sich ändern, der Agent passt sein Verhalten an.

1.5.4 4. Utility-based Agents (Nutzenbasierte Agenten)

Ziele sind oft binär (erreicht/nicht erreicht). Nutzen (*Utility*) erlaubt eine feinere Unterscheidung.

- **Utility Function:** Bildet einen Zustand auf eine reelle Zahl ab, die den Grad der "Zufriedenheit" des Agenten angibt.
- **Vorteil:** Ermöglicht rationale Entscheidungen bei
 - Zielkonflikten (z.B. Geschwindigkeit vs. Sicherheit).
 - Unsicherheit (Abwägung von Erfolgswahrscheinlichkeit und Nutzen).

1.5.5 5. Learning Agents (Lernende Agenten)

Jeder der obigen Agententypen kann lernfähig gemacht werden. Dies erlaubt dem Agenten, in unbekannten Umgebungen zu operieren und kompetenter zu werden.

Komponenten eines lernenden Agenten

- **Performance Element:** Der eigentliche Agent (einer der 4 obigen Typen), der Entscheidungen trifft.
- **Critic (Kritiker):** Bewertet, wie gut der Agent ist, basierend auf einem festen Leistungsstandard.
- **Learning Element:** Nutzt das Feedback des Kritikers, um das Performance Element zu verbessern.
- **Problem Generator:** Schlägt Aktionen vor, die zu neuen Erfahrungen führen (Exploration), auch wenn diese kurzfristig suboptimal sind.