

Die Studierenden kennen Grundlagen und praktische Anwendungen der Wissensverarbeitung und der Künstlichen Intelligenz. Sie können basierend auf den Kenntnissen zu ausgewählten Formen der Darstellung von Wissen und zu Problemlösungsverfahren einfache Probleme aus dem Bereich der KI analysieren und lösen.

Lehrinhalte im Sommersemester 2019

- ▶ Einteilung symbolische / statistische KI
- ▶ Zustandsübergangssysteme, Planen (symb)
- ▶ Heuristische Suche (symb /stat)
- ▶ logische Programmierung (symb)
- ▶ Modellierung unvollständigen Wissens (symb)
- ▶ Künstliche neuronale Netze (stat)

Organisatorisches

- ▶ Prüfung (laut Modulbeschreibung: Klausur 90 min)
am Freitag, dem 26.07.2019 um 9:00-10:30 in LNW006
(gemeinsam mit KI für INM)
- ▶ Inhalt:
 - ▶ Vorlesungsinhalt
 - ▶ Aufgabentypen wie Übungsaufgaben
- ▶ Prüfungsvorleistung Beleg (PVB):
 ≥ 3 Punkte für Vorrechnen in Übungen
- ▶ (ausschließlich) zulässiges Hilfsmittel:
A4-Blatt (beidseitig) handbeschrieben
- ▶ Notenbonus für alle LegoProl-Teilnehmer:
0.3 bei bestandener Klausur

Wissen, Information, Daten

Umwelt		Eindrücke, Reize
System	Wahrnehmen, Beobachten	Daten
	Erkennen, Verstehen	Information
	Anwenden, Können, Lernen	Wissen
	Reflektieren, Verstehen	Intelligenz

Wissen, Information, Daten

Informatik Lehre von Darstellung und Verarbeitung von Information

Daten Darstellungsform (Syntax)
Zeichenketten, Bilder, Ton, ...

Information Bedeutung der Daten (Semantik)
in einem bestimmten Kontext

Wissen Information mit einem Nutzen,
trägt zur Lösung eines Problem es bei,
Nutzen abhängig von vorhandenem Kontextwissen

Wissensverarbeitung

Verarbeitung von Wissen:

- ▶ Speichern und Abrufen
- ▶ Herleitung neuen Wissens
- ▶ sinnvolle Verwaltung von Erweiterungen

grundlegende Voraussetzung:

sinnvoller Formalismus zur (maschinell lesbaren) **Repräsentation**
von Wissen

Wissensrepräsentation und -verarbeitung

Repräsentation

Aussagenlogik

Prädikatenlogik

logisches Programm
(Datalog)

logisches Programm mit Negation
(Datalog, ASP)

Zustandsgraph

KNN
(gespeicherte Funktion)

kreative Leistung

Verarbeitung

Resolution

Resolution

Prolog-Interpreter

Konsequenzoperator
ASP-Solver

Suche
(vollständig oder heuristisch)

Abfrage nach Training

Standardverfahren

Zustandsübergangssysteme: Wissensrepräsentation

Formalisierung des **Wissens**:

Problembeschreibung (Modellierung) durch
Zustandsgraphen:

- ▶ Knoten: Zustände
- ▶ Kanten: zulässige Übergänge zwischen Zuständen
- ▶ ausgezeichnete Startzustände
- ▶ Eigenschaften der Zielzustände

mögliche gewünschte **Lösung**:

- ▶ ein Zielzustand (bei definierten Zielbedingungen)
- ▶ alle Zielzustände
- ▶ Zielzustände mit guter Bewertung (Zusatzinformation)
- ▶ Pfade zu Zielzuständen (Pläne, Strategien)

Anwendungen, z.B.

- ▶ Verifikation
- ▶ kombinatorische Suchprobleme
- ▶ Planen
- ▶ Spielsituationen

Zustandsübergangssysteme: Wissensverarbeitung

Suchverfahren in Zustandsgraphen:

Tiefensuche (uninformiert)

Verwaltung entdeckter, aber noch nicht abgearbeiteter Knoten in Stack

Breitensuche (uninformiert)

Verwaltung entdeckter, aber noch nicht abgearbeiteter Knoten in Queue

heuristische Suche

zur Suche von Lösungen mit zusätzlichen (Optimalitäts-)Eigenschaften oder zur Beschleunigung der Suche

Verwaltung entdeckter, aber noch nicht abgearbeiteter Knoten in Priority-Queue mit geeignet gewählten Prioritäten

Spielbaum-Suche (Zwei-Personen-Spiele)

Minimax-Suche, α - β -Pruning

Aussagenlogik: Wissensrepräsentation

Formalisierung des **Wissens**:

Problembeschreibung (Modellierung) durch

- ▶ Definition der Aussagenvariablen
- ▶ Formeln für Zusammenhänge zwischen den Aussagen
oft in speziellen Darstellungen, z.B. als
 - ▶ Menge aussagenlogischer Formeln (Regeln)
 - ▶ Formeln in spezieller Form, z.B. CNF
 - ▶ Entscheidungstabelle
 - ▶ Entscheidungsbaum (Regeln mit Alternative)
 - ▶ Entscheidungsdiagramm (BDD)

Modell = erfüllende Belegung der Aussagenvariablen mit Wahrheitswerten $\in \{0, 1\}$

(alternative Darstellung als Menge von Aussagenvariablen)

Fragen / **Lösungen**:

- ▶ Ist eine gegebene Belegung ein Modell?
- ▶ Existiert ein Modell?
- ▶ ein Modell
- ▶ Menge aller Modelle

Aussagenlogik: Wissensverarbeitung

semantische Verfahren:

- ▶ Wahrheitswerttabellen
- ▶ Spalte in Entscheidungstabelle finden
- ▶ Pfad in Entscheidungsbaum folgen
- ▶ Pfad in BDD folgen

syntaktische Verfahren:

- ▶ äquivalente Umformungen
- ▶ aussagenlogische Resolution

Prädikatenlogik: Wissensrepräsentation

Formalisierung des **Wissens**:

Problembeschreibung (Modellierung) durch

- ▶ Signatur zur Problembeschreibung:
Funktions- und Relationssymbole mit Typ
(abstrakter Datentyp, Interface)
- ▶ Formeln für Zusammenhänge zwischen den Aussagen (Axiome)

Modell (Interpretation) =

- ▶ algebraische Struktur und
- ▶ Belegung der Individuenvariablen mit Elementen der Trägermenge der Struktur

Fragen / **Lösungen**:

- ▶ Ist eine gegebene Interpretation ein Modell?
- ▶ Existiert ein Modell?
- ▶ ein Modell bzw. alle Modelle (i.A. unendlich)
- ▶ alle intendierten Modelle

- ▶ Haben zwei Formeln (Formelmengen) dieselben Modelle?
- ▶ Folgt eine Formel aus einer Formelmenge (Wissensbasis)?

Prädikatenlogik: Wissensverarbeitung

syntaktische Verfahren:

- ▶ prädikatenlogische Resolution mit Unifikation
- ▶ andere Kalküle
- ▶ äquivalente Umformungen

semantische Verfahren nur bei Strukturen mit **endlichen Trägermengen** möglich

1. Grundinstanziierung:
Ersetzung aller Formeln durch die Menge aller ihrer Grundinstanzen
Betrachtung der Grundatome als aussagenlogische Atome
2. Anwendung aussagenlogischer Verfahren

Logische Programmierung

Spezialfall (prädikatenlogischen) Schließens

Wissensrepräsentation:

- ▶ logische Programme: Mengen von
 - ▶ Fakten (Atome)
 - ▶ Regeln (Implikation)
- ▶ Anfrage (Konjunktion von Atomen)
- ▶ Lösung: Antwort auf Anfrage (ja / nein),
evtl. mögliche Belegung der Individuenvariablen, so dass
Anfrage aus Programm folgt

Wissensverarbeitung:

- ▶ Rückwärtsverkettung (PROLOG):
prädikatenlogische Resolution (Unifikation)
- ▶ Vorwärtsverkettung (DATALOG):
Fixpunkte von Konsequenzoperatoren

Nichtmonotones Schließen

Grundannahmen (entsprechend menschlicher Intuition):

- ▶ closed world assumption (CWA):
Was nicht in der Wissensbasis steht, gilt nicht.
- ▶ schwache Negation:
Was nicht hergeleitet werden kann, gilt nicht.
- ▶ starke Negation:
Genau die Aussagen, deren Negation hergeleitet werden kann, gelten nicht.

Semantik: Menge möglicher (intuitiver) Modelle

- ▶ definite Programme (Hornklauseln):
(immer eindeutiges) minimales Modell
Bestimmung: kleinster Fixpunkt des Konsequenzoperators
- ▶ normal logische Programme: stabile Modelle
Bestimmung durch
 1. Raten einer Interpretation I und
 2. Testen: kleinstes Modell des (immer definiten) I -Reduktens
(Gelfond-Lifschitz-Transformation)
- ▶ erweiterte logische Programme: Answer-Sets

Maschinelles Lernen

- ▶ überwacht
 - ▶ korrigierend
 - ▶ bestärkend (reinforcement)
- ▶ unüberwacht

Künstliche Neuronen

- ▶ biologisches Vorbild
- ▶ mathematisches Modell
- ▶ Eingangs-, Aktivierungs-, Ausgangsfunktion
- ▶ Lernregeln: Hebb, Δ
- ▶ McCullochs-Pitts-Neuron
- ▶ Schwellwert-Neuron
- ▶ RBF-Neuron
- ▶ Faltung-Neuron
- ▶ ...
- ▶ geometrische Interpretationen

Künstliche Neuronale Netze

- ▶ Schichten-Struktur
- ▶ Ein-, Mehr-Schicht-FFN
- ▶ rekurrente Netze
- ▶ RBF-Netze
- ▶ Assoziativspeicher: BAM, Hopfield-Netz
- ▶ Cognitron, CNN
- ▶ Lernverfahren / Training
- ▶ Anwendungen