

Wissensbasierte Systeme – Stand und Perspektiven

Erhard Konrad
Fachbereich Informatik
Technische Universität Berlin

1 Wissensbasierte Systeme – Abgrenzung

Der Terminus „wissensbasierte Systeme“ wird oft als Synonym für „Expertensysteme“ verwendet. Wir gebrauchen ihn in einem allgemeineren Sinn: Er schließt Expertensysteme ein, erstreckt sich jedoch auch auf Systeme, die anwendungsspezifisches Wissen benutzen, ohne daß es hierfür als Korrelat einen Experten gibt oder geben kann. Dazu gehören z.B. wissensbasierte Realzeitsysteme, die mit Reaktionszeiten arbeiten, die jenseits der Möglichkeiten eines Experten liegen. Auch Subsysteme, wie z.B. wissensbasierte Schnittstellen oder wissensbasierte Erweiterungen, rechnen wir zu den wissensbasierten Systemen. Verwandt sind Datenbanksysteme und Dokumentationssysteme, Vorläufer sind heuristische Problemlösungssysteme.

Datenbanksysteme werden gebraucht, wenn es darum geht, große Datenmengen eines Objektbereiches zu verwalten. Im Verhältnis zur Größe der Objektmenge ist die Zahl der Attribute eher klein. Dies kommt bei relationalen Datenbanksystemen deutlich zum Ausdruck. Eine Datenbank besteht aus einer Menge von Tabellen, die im mathematischen Modell, dem Relationenmodell, als Relationen repräsentiert werden. Die Zeilen der Tabellen beziehen sich auf Objekte, die Spalten entsprechen den Attributen. Anfragen und Änderungen werden mit einer Datenbanksprache durchgeführt, z.B. SQL, die wohl bekannteste (relationale) Datenbanksprache. – In der Forschung wird das relationale Datenmodell seit Ende der sechziger Jahre diskutiert, kommerzielle Anwendungen gibt es seit den achtziger Jahren (vgl. Matthiesen und Unterstein 1997). In den neunziger Jahren sind objektorientierte und objektrelationale Systeme hinzugekommen (Matthiesen und Unterstein 1997, Ullman und Widom 1997).

Während bei Datenbanksystemen nach Fakten gesucht wird, geht es bei Dokumentationssystemen (auch Dokumenten-Retrieval-Systeme genannt) um die Recherche nach Dokumenten, in denen die gesuchten Fakten enthalten sind. Anfragen an das System werden mit Stichwörtern (Deskriptoren) gestellt - meist verknüpft durch logische Operatoren. Dokumente, die gewünschte Informationen enthalten, werden relevant genannt. Antworten

auf Anfragen können ungeordnete oder (nach Relevanzgrad) geordnete Dokumentenmengen sein. Für die Qualität des Systems ist entscheidend, wieviel relevante Dokumente die Antwortmenge enthält, zum einen bezogen auf alle Dokumente der Antwortmenge (Precision) und zum anderen bezogen auf alle relevanten Dokumente des gesamten Bestandes (Recall). – Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet des Information Retrieval begann in den sechziger Jahren (vgl. Salton und McGill 1983). Neue Impulse hat das Gebiet durch die Ausbreitung des Internet erfahren, insbesondere durch die wichtige Rolle von elektronischen Katalogen und Suchmaschinen.

Bei Problemlösungssystemen unterscheiden wir allgemeine und bereichsspezifische Systeme. Erstere stützen sich auf uninformierte Algorithmen, letztere auf informierte Algorithmen (Heuristiken). Spielprogramme (z.B. für Schach) enthalten Heuristiken zur Positionsbewertung. Jedes Spiel erfordert besondere heuristische Lösungen. Dies gilt analog für andere Bereiche. Die höchste Stufe der bereichsspezifischen Problemlösungssysteme bilden Expertensysteme, die das Wissen eines Experten für einen begrenzten Aufgabenbereich repräsentieren (Schnupp und Leibrandt 1983). Da das Wissen über einen Gegenstand i.a. umfangreich ist und sich dauernd ändert, ist Wissensverarbeitung eine schwierige Aufgabe. Die wissenschaftliche Methodologie orientiert sich daran, ob Wissen als Text oder Zustand aufgefaßt wird. Man spricht von symbolischer bzw. subsymbolischer Informationsverarbeitung und repräsentiert Wissen durch formale Sprachen oder neuronale Netze. Die mathematischen Modelle zur Darstellung von Wissen sind hauptsächlich der Wahrscheinlichkeitstheorie und der Logik entlehnt (Durkin 1994, Gallant 1993).– Forschung und Entwicklung über wissensbasierte Systeme bzw. Expertensysteme begann Mitte der siebziger Jahre, angestoßen durch einen Paradigmenwechsel in der Künstlichen Intelligenz. In den achtziger Jahren setzte eine stürmische Entwicklung ein, die Mitte der neunziger Jahre in ein leichtes Wachstum überging (vgl. Liebowitz 1998).

Datenbanksysteme, Dokumentationssysteme und Expertensysteme können in einem integrierten Modell dargestellt werden, indem sie als Suchsysteme aufgefaßt werden, die eine Anfrage (Suchauftrag) mit einer Antwort (Suchergebnis) verbinden. Dies ermöglicht eine einheitliche syntaktisch-semantische Konstruktion von Anfragesprachen (vgl. Reiner 1991).

2 Experten und Expertensysteme

Der Erwerb von Fertigkeiten bis hin zum Experten führt über mehrere Stufen. Wir folgen dem Fünf-Stufen-Modell der Gebrüder Dreyfus (H. L. Dreyfus und S. E. Dreyfus 1986):

1. Neuling (Anfänger)
2. Fortgeschrittener Anfänger

3. Kompetenz
4. Könnertum
5. Expertentum

Die Stufen 1-4 sind durch analytische Fähigkeiten gekennzeichnet, bei Stufe 4 und 5 kommt die Intuition hinzu, d.h. die Fähigkeit zum holistischen Erkennen von Ähnlichkeiten. Der Neuling orientiert sich an festen Regeln, die er unabhängig vom Kontext anwendet. Im fortgeschrittenen Stadium lernt er, Situationen einzubeziehen. Wer die Stufe der Kompetenz erreicht hat, benutzt hierarchisch geordnete Verfahren, um ein Problem zu lösen. Der Könnler meistert komplexe Situationen mit vielen Alternativen, indem er umfassend analysiert. Der Experte schließlich entscheidet in großem Umfang intuitiv.

Von einem Experten erwarten wir, daß er Probleme lösen und seine Resultate erklären kann. Er soll lernfähig sein, sein Wissen umstrukturieren und die Relevanz von Problemen bestimmen können. Diese Eigenschaften spiegeln sich in der Architektur eines Expertensystems wider (Abb. 1).

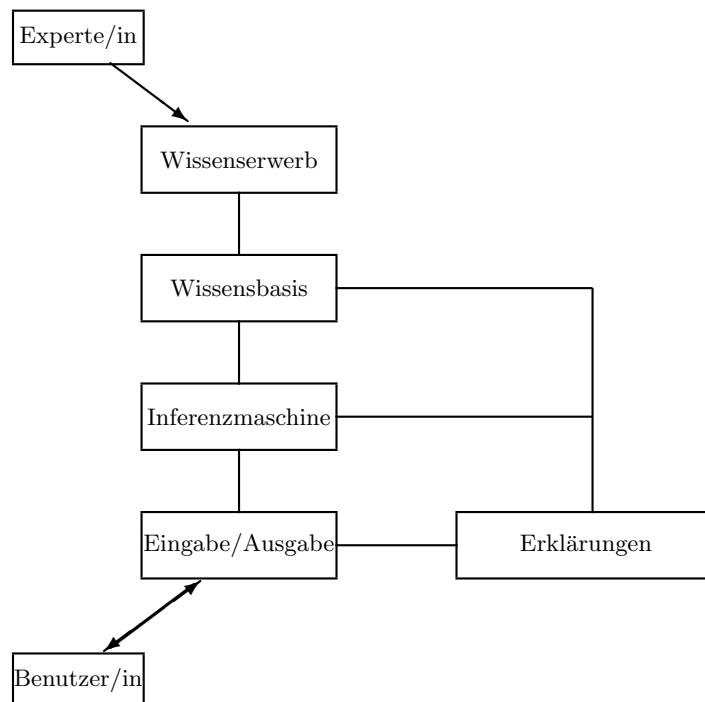


Abb. 1: Architektur eines Expertensystems

Der Kern eines Expertensystems besteht aus einer Wissensbasis und einer (virtuellen) Inferenzmaschine. In der Wissensbasis ist regelhaftes Wissen abgelegt, aus dem die Inferenzmaschine bei Eingaben Ausgaben (z.B: Diagnosen) herleiten kann. In manchen Fällen ist eine Kopplung mit einem Datenbanksystem nützlich (Beispiel: Kopplung eines medizinischen Diagnosesystems mit einer Medikameten-Datenbank). Die Wissenserwerbskomponente gestattet einem Experten oder einem Informationsmittler, Wissen in die Wissensbasis einzugeben. Das Wissen kann auch (zum Teil) aus einer Datenbank gewonnen werden. Benutzer können sich über die Eingabe-/Ausgabekomponente Antworten geben lassen sowie Erklärungen darüber, wie das Ergebnis gefunden wurde.

Aus welchen Gründen werden Expertensysteme entwickelt? Es hat sich gezeigt, daß es für wichtige Aufgaben zu wenig Experten gibt. Sind andererseits Experten verfügbar, so sind sie selten erreichbar, weil sie an vielen Orten gleichzeitig gebraucht werden. Wenn Wissen in gefährlicher Umgebung benötigt wird, können Risiken für Gesundheit und Leben durch ein Expertensystem (z.B. in einem Roboter) vermieden werden.

Gute Erfolgchancen haben Entwicklung und Einsatz von Expertensystemen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: Die Experten des Aufgabebereichs können ihre Methoden artikulieren und stimmen in ihren Urteilen überein. Das zu lösende Problem ist gut verstanden und nicht zu schwierig. Die Problemlösung erfordert primär kognitive Fähigkeiten (und nicht etwa motorische Fähigkeiten).

Für die folgenden Aufgabentypen wurden Expertensysteme entwickelt (Durkin 1993/94, Liebowitz 1998):

- Kontrolle: Regelung des Systemverhaltens gemäß Spezifikation
- Entwurf: Konfiguration von Objekte unter Beschränkungen
- Diagnose: Herleitung von Fehlfunktionen aus Beobachtungen
- Unterricht: Diagnose und Korrektur von Fehlern und von Fehlverhalten
- Interpretation: Herleitung von Situationsbeschreibungen aus Daten
- Überwachung: Vergleich von Beobachtungen mit Erwartungen
- Planung: Auswahl und Anordnung von Aktionen, um ein Ziel zu erreichen
- Vorhersage: Herleitung wahrscheinlicher Folgen aus gegebenen Situationen
- Präskription: Empfehlungen zur Behebung einer Fehlfunktion

- Auswahl: Bestimmung der besten Wahl aus einer Menge von Möglichkeiten
- Simulation: Modellierung der Interaktion zwischen Systemkomponenten

Statistiken über die Entwicklung von Expertensystemen haben gezeigt (Durkin 1993, Liebowitz 1998), daß Expertensysteme für Diagnose deutlich in der Mehrzahl sind, dann folgen (in dieser Reihenfolge) Systeme für Interpretation, Präskription, Planung, Entwurf und Überwachung.

3 Anwendungen

Weltweit wurden in den folgenden Anwendungsbereichen die Mehrzahl der Expertensysteme entwickelt (nach Liebowitz 1998):

- Ingenieurwesen/Fertigung (35 %)
- Wirtschaft (29 %)
- Medizin (11 %)
- Umwelt/Energie (9 %)
- Agrartechnik (5 %)
- Telekommunikation (4 %)
- Verwaltung (4 %)
- Recht (3 %)
- Transportwesen (1 %)

Es folgen Beispiele für Expertensysteme in der Agrartechnik (Durkin 1993, Liebowitz 1998):

- PEANUT: Beratung für die Bewässerung beim Erdnußanbau (USA 1990)
- CROPLOT: Beratung für die Feststellung der Eignung von Saat für Land (Israel 1991)
- POMI: Beratung bei der Schädlingsbekämpfung in Obstgärten (Italien 1992)
- NEPER-Weed: Bildgestütztes System für die Identifikation von Unkraut (USA 1996)

In jüngster Zeit (nach 1995) wurden am Fachgebiet Wissensbasierte Systeme (WBS) in Kooperation mit Anwendern (Diplomarbeiten und Dissertationen) Systeme (Prototypen) u.a. für folgende Aufgaben entwickelt:

- Lösung von Planungskonflikten in der Flugsicherung
- Auswahl von Triebwerkszyklen in der Raketentechnik
(beide mit Institut für Luft- und Raumfahrt, TU Berlin)
- Beratung in der Telekommunikation (Mobilfunktarife u.a.)
(mit TeleConsult)
- Wissensakquisition in der Radiologie
(mit FU Berlin)
- Selbstbehandlung von Bagatellkrankheiten
(vgl. S. Wollny, dieser Band)
- Qualitätssicherung bei der Lackherstellung
(mit INPRO)
- Fließfertigung in der Automobilindustrie
(mit Daimler-Chrysler)

Charakteristisch für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wissensbasierten Systeme ist, daß Theoriewissen der Informatik mit bereichsspezifischem Wissen der Anwendungen verbunden wird.

4 Künftige Entwicklungen

Die Kopplung bzw. Integration von Datenbanksystemen und Expertensystemen wird weiterhin große Aufmerksamkeit finden. Geht man von Expertensystemen aus, so kann der Zugriff auf große Datenbanken in zwei Richtungen nützlich sein: Erweiterung der Wissensbasis durch Kopplung mit einer Datenbank und Verbesserung des Wissenserwerbs durch Extraktion aus einer Datenbank. Geht man umgekehrt von einem Datenbanksystem aus, so können durch die Erweiterung mit einer Inferenzkomponente neue Aufgaben gelöst werden. Insbesondere können an deduktive Datenbanken Anfragen gestellt werden, die in konventionellen Datenbanksprachen (z.B. SQL, auch SQL-3) nicht formulierbar sind (vgl. Ceri, Gottlob und Tanca 1990, Fortier 1999).

Mit der Verbreitung von Rechnernetzen gewinnt das verteilte Problemlösen an Bedeutung (Liebowitz 1998). Um eine große Aufgabe in (leichter lösbare) Teilaufgaben zu zerlegen, werden verteilte Systeme, insbesondere Agentensysteme, eingesetzt. Agenten (autonome Akteure) haben die Fähigkeit zu Kooperation und Kommunikation mit anderen Agenten. Ziel der Interaktion

ist, das Problemlösen der einzelnen Agenten und damit das Gesamtergebnis zu verbessern.

Hybride Systeme, die regelbasierte Systeme und neuronale Netze integrieren, wurden Ende der achtziger Jahre vorgeschlagen (vgl. Gallant 1993). Sie stellen heute eine produktive Richtung dar. Neueren Datums ist die Einbeziehung von Multimedia (Text, Bild, Ton, Video), die künftig zunehmen wird. In hybriden Systemen werden symbolische und subsymbolische Informationsverarbeitung miteinander verbunden – zwei wesentlich verschiedene Ansätze der Künstlichen Intelligenz.

Das Internet, insbesondere das World Wide Web (WWW), hat seit Mitte der neunziger Jahre die Kommunikation weltweit verändert. Am Fachgebiet Wissensbasierte Systeme (WBS) wurde im November 1993 einer der ersten WWW-Server in Deutschland (weltweit einer der ersten 250 WWW-Server) eingerichtet (Adresse: <http://wwwwbs.cs.tu-berlin.de>). WWW-Anbindungen an Systeme und WWW-Verbindungen zwischen Systemen schaffen ortsunabhängige Nutzungsmöglichkeiten großen Maßstabs. Die Aufgabe, einzelne Systeme zu entwickeln, wird bleiben.

Literatur

Ceri, Stefano; Gottlob, Georg; Tanca, Letizia (1990): Logic Programming and Databases, Berlin, Springer-Verlag.

Dreyfus, Hubert L.; Dreyfus, Stuart E. (1987): Künstliche Intelligenz – Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition, Reinbek, Rowohlt.

Durkin, John (1993): Expert Systems – Catalog of Applications, Akron (Ohio), Intelligent Computer Systems Inc.

Durkin, John (1994): Expert Systems – Design and Development, New York, Macmillan Publishing Company.

Fortier, Paul J. (1999): SQL-3 – Implementing the SQL Foundation Standard, New York, McGraw-Hill.

Gallant, Stephen I. (1993): Neural Network Learning and Expert Systems, Cambridge (MA), The MIT Press.

Konrad, Erhard (1990): Principles of Expert Systems, The International Journal of Applied Engineering Education, Oxford, 113-117.

Liebowitz, Jay, Hrsg. (1998): The Handbook of Applied Expert Systems, New York, CRC Press.

Matthiesen, Günter; Unterstein, Michael (1997): Relationale Datenbanken und SQL – Konzepte der Entwicklung und Anwendung, Bonn, Addison-Wesley.

Reiner, Ulrike (1991): Anfragesprachen für Informationssysteme, Frankfurt/Main, Deutsche Gesellschaft für Dokumentation.

Salton, Gerard; McGill, Michael J. (1983): Introduction to Modern Information Retrieval, New York, McGraw-Hill.

Schnupp, Peter; Leibrandt, Ute (1986): Expertensysteme – Nicht nur für Informatiker, Berlin, Springer-Verlag.

Ullman, Jeffrey D.; Widom, Jennifer (1997): A First Course in Database Systems, Upper Saddle River (New Jersey), Prentice-Hall.