Informatik—Fachberichte

Band 18: Virtuelle Maschinen. Nachbildung und Vervielfachung maschinenorientierter Schnittstellen. GI-Arbeitsseminar. München, 1979. Herausgegeben von H. J. Siegert. X, 230 Seiten. 1979.

Band 19: GI–9. Jahrestagung. Herausgegeben von K. H. Böhling und P. P. Spies. (vergriffen)

Band 20: Angewandte Szenenanalyse. DAGM Symposium, Karlsruhe 1979. Herausgegeben von J. P. Foith. XIII, 362 Seiten. 1979

Band 21: Formale Modelle für Informationssysteme. Fachtagung der GI, Tutzing 1979. Herausgegeben von H. C. Mayr und B. E. Meyer. VI, 265 Seiten. 1979.

Band 22: Kommunikation in verteilten Systemen. Workshop der Gesellschaft für Informatik e. V. Herausgegeben von S. Schindler und J. C. W. Schröder. VIII, 338 Seiten. 1979.

Band 23: K.-H. Hauer, Portable Methodenmonitoren. Dialogsysteme zur Steuerung von Methodenbanken: Softwaretechnischer Aufbau und Effizienzanalyse XI, 209 Seiten. 1980.

Band 24: N. Ryska, S. Herda, Kryptographische Verfahren in der Datenverarbeitung. V, 401 Seiten. 1980.

Band 25: Programmiersprachen und Programmierentwicklung. 6. Fachtagung, Darmstadt, 1980. Herausgegeben von H.-J. Hoffmann. VI, 236 Seiten. 1980.

Band 26: F. Gaffal, Datenverarbeitung im Hochschulbereich der USA. Stand und Entwicklungstendenzen. IX, 199 Seiten. 1980.

Band 27: GI-NTG-Fachtagung, Struktur und Betrieb von Rechensystemen. Kiel, März 1980. Herausgegeben von G. Zimmermann. IX, 286 Seiten. 1980.

Band 28: Online-Systeme im Finanz- und Rechnungswesen. Anwendergespräch, Berlin, April 1980. Herausgegeben von P. Stahlknecht. X, 547 Seiten. 1980.

Band 29: Erzeugung und Analyse von Bildern und Strukturen. DGaO—DAGM-Tagung, Essen, Mai 1980. Herausgegeben von S. J. Pöppl und H. Platzer. VII, 215 Seiten. 1980.

Band 30: Textverarbeitung und Informatik. Fachtagung der GI, Bayreuth, Mai 1980. Herausgegeben von P. R. Wossidlo. VIII, 362 Seiten. 1980.

Band 31: Firmware Engineering. Seminar veranstaltet von der gemeinsamen Fachgruppe „Mikroprogrammierung" des GI-Fachausschusses 3/4 und des NTG-Fachausschusses 6 vom 12.–14. März 1980 in Berlin. Herausgegeben von W. K. Giloi. VII, 289 Seiten 1980.

Band 32: M. Kühn, CAD Arbeitssituation. Untersuchungen zu den Auswirkungen von CAD sowie zur menschengerechten Gestaltung von CAD-Systemen. VII, 215 Seiten. 1980.

Band 33: GI–10. Jahrestagung. Herausgegeben von R. Wilhelm. XV, 563 Seiten. 1980.

Band 34: CAD-Fachgespräch. GI–10. Jahrestagung. Herausgegeben von R. Wilhelm. VI, 184 Seiten. 1980.

Band 35: B. Buchberger, F. Lichtenberger Mathematik für Informatiker I. Die Methode der Mathematik. XI. 315 Seiten. 1980

Band 36: The Use of Formal Specification of Software. Berlin, Juni 1979. Edited by H. K. Berg and W. K. Giloi. V, 388 pages. 1980.

Band 37: Entwicklungstendenzen wissenschaftlicher Rechenzentren. Kolloquium, Göttingen, Juni 1980. Herausgegeben von D. Wall. VII, 163 Seiten. 1980.

Band 38: Datenverarbeitung im Marketing. Herausgegeben von R. Thome. VIII. 377 pages. 1981.

Band 39: Fachtagung Prozeßrechner 1981. München, März 1981. Herausgegeben von R. Baumann. XVI, 476 Seiten. 1981.

Band 40: Kommunikation in verteilten Systemen. Herausgegeben von S. Schindler und J. C. W. Schröder. IX, 459 Seiten. 1981.

Band 41: Messung, Modellierung und Bewertung von Rechensystemen. GI-NTG-Fachtagung. Jülich, Februar 1981. Herausgegeben von B. Mertens. VIII, 368 Seiten. 1981.

Band 42: W. Kilian, Personalinformationssysteme in deutschen Großunternehmen. XV, 352 Seiten. 1981.

Band 43: G. Goos, Werkzeuge der Programmiertechnik. GI-Arbeitstagung. Proceedings, Karlsruhe, März 1981. VI, 262 Seiten. 1981.

Band 44: Organisation informationstechnik-geschützter öffentlicher Verwaltungen. Fachtagung, Speyer, Oktober 1980. Herausgegeben von H. Reinermann, H. Fiedler, K. Grimmer und K. Lenk. 1981.

Band 45: R. Marty, PISA–A Programming System for Interactive Production of Application Software. VII, 297 Seiten. 1981.

Band 46: F. Wolf, Organisation und Betrieb von Rechenzentren. Fachgespräch der GI, Erlangen, März 1981, VII, 244 Seiten. 1981.

Band 47: GWAI–81 German Workshop on Artifical Intelligence. Bad Honnef, January 1981. Herausgegeben von J. H. Siekmann. XII, 317 Seiten. 1981.

Band 48: W. Wahlster, Natürlichsprachliche Argumentation in Dialogsystem. KI-Verfahren zur Rekonstruktion und Erklärung approximativer Inferenzprozesse. XI, 194 Seiten. 1981.

Band 49: Modelle und Strukturen. DAG 11 Symposium, Hamburg, Oktober 1981. Herausgegeben von B. Radig. XII, 404 Seiten. 1981.

Band 50: GI–11. Jahrestagung. Herausgegeben von W. Brauer. XIV, 617 Seiten. 1981.

Band 51: G. Pfeiffer, Erzeugung interaktiver Bildverarbeitungssysteme im Dialog. X, 154 Seiten. 1982.

Band 52: Application and Theory of Petri Nets. Proceedings, Strasbourg 1980, Bad Honnef 1981. Edited by C. Girault and W. Reisig. X, 337 pages. 1982.

Band 53: Programmiersprachen und Programmentwicklung. Fachtagung der GI, München, März 1982. Herausgegeben von H. Wössner. VIII, 237 Seiten. 1982.

Band 54: Fehlertolerierende Rechnersysteme. GI-Fachtagung, München, März 1982. Herausgegeben von E. Nett und H. Schwärtzel. VII, 322 Seiten. 1982.

Band 55: W. Kowalk, Verkehrsanalyse in endlichen Zeiträumen. VI, 181 Seiten. 1982.

Band 56: Simulationstechnik. Proceedings, 1982. Herausgegeben von M. Goller. VIII, 544 Seiten. 1982.

Band 57: GI–12. Jahrestagung. Proceedings, 1982. Herausgegeben von J. Nehmer. IX, 732 Seiten. 1982.

Band 58: GWAI–82. 6th German Workshop on Artifical Intelligence. Bad Honnef, September 1982. Edited by W. Wahlster. VI, pages. 1982.

Band 59: Künstliche Intelligenz. Frühjahrsschule Teisendorf, März 1982. Herausgegeben von W. Bibel und J. H. Siekmann. XII, 383 Seiten. 1982.

Band 60: Kommunikation in Verteilten Systemen. Anwendungen und Betrieb. Proceedings, 1983. Herausgegeben von Sigram Schindler und Otto Spaniol. IX, 738 Seiten. 1983.

Informatik Fachberichte 104

Subreihe Künstliche Intelligenz

Herausgegeben von W. Brauer in Zusammenarbeit mit dem Fachausschuß 1.2 „Künstliche Intelligenz und Mustererkennung“ der Gesellschaft für Informatik (GI)

Gerhard Sagerer

Darstellung und Nutzung von Expertenwissen für ein Bildanalysesystem

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York Tokyo

Autor

Gerhard Sagerer
Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung)
Friedrich Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 3, 8520 Erlangen

Dissertation

CR Subject Classifications (1982): I.2, I.4, J.3

ISBN-13: 978-3-540-15671-0 e-ISBN-13: 978-3-642-95480-1
DOI: 10.1007/978-3-642-95480-1

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically those of translation, reprinting, re-use of illustrations, broadcasting, reproduction by photocopying machine or similar means, and storage in data banks. Further, storage or utilization of the described programms on data processing installations is forbidden without the written permission of the author. Under § 54 of the German Copyright Law where copies are made for other than private use, a fee is payable to "Verwertungsgesellschaft Wort", Munich.

© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1985

2145/3140–543210

Vorwort

In den letzten Jahren hat eine Verlagerung des Einsatzes von Rechenanlagen von der Daten- zur Wissensverarbeitung eingesetzt. Während Daten, vereinfacht gesprochen, im wesentlichen durch alphanumerische Zeichenfolgen repräsentiert werden, die zum Beispiel in Feldern und Records strukturiert sind und die bestimmte isolierte Eigenschaften eines Problemkreises enthalten, versteht man unter Wissen vielfältig miteinander assoziierte reichhaltige symbolische Strukturen, die in expliziter Form die relevanten Fakten und Handlungsanweisungen eines komplexen Problemkreises repräsentieren. Wissensverarbeitung umfaßt den Erwerb, die Repräsentation und die Nutzung des zur Lösung eines bestimmten Aufgabenkomplexes erforderlichen deklarativen und prozeduralen Wissens. Ganz entsprechend haben in der Mustererkennung die Wissensverarbeitung und die wissensbasierten Systeme zur Bild- und Sprachanalyse zunehmendes Interesse gefunden, letztlich deshalb, weil den gestiegenen Anforderungen an mustererkennende Systeme nur so entsprochen werden kann.

In der hier von Herrn Sagerer vorgelegten Dissertation wird ein realisiertes und einsatzfähiges wissensbasiertes System zur diagnostischen Interpretation nuklearmedizinischer Sequenzszintigramme des schlagenden menschlichen Herzens beschrieben. An dem relativ umfangreichen System haben mehrere Personen gearbeitet. Der wesentliche Beitrag des Autors ist die Entwicklung und Realisierung eines allgemein nutzbaren und leistungsfähigen Formalismus zur Wissensrepräsentation, die Erarbeitung, Strukturierung und Eingabe des für den erwähnten Problemkreis erforderlichen Wissens, die Realisierung eines ebenfalls allgemein einsetzbaren modellgetriebenen Kontrollalgorithmus auf der Basis des A*-Graphsuchalgorithmus sowie schließlich die Integration der entwickelten Moduln zu einer ersten lauffähigen Systemversion. Abgesehen von der Systemrealisierung liegt auf den erwähnten Punkten der Schwerpunkt der Darstellung. Die erzielten Ergebnisse dokumentieren, daß es dem Autor gelungen ist, das für die Aufgabenstellung relevante Expertenwissen bereitzustellen. Es ist insgesamt eine Arbeit, die von der Erarbeitung sorgfältiger methodischer und theoretischer Grundlagen über die intensive Durchdringung eines komplexen praktisch interessanten Anwendungsgebietes bis zur lauffähigen Realisierung eines Systems reicht. Damit liegt eine hervorragende wissenschaftlich-technische Leistung auf dem Gebiet der Mustererkennung und künstlichen Intelligenz vor - die Anerkennung der Fachwelt wurde dem Autor durch Verleihung der einen Hälfte des Preises der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Mustererkennung (DAGM) für die beste Arbeit eines Nachwuchswissenschaftlers beim 6. DAGM Symposium Mustererkennung 1984 in Graz ausgesprochen. Die Veröffentlichung in der neuen KI-Subreihe der Informatik Fachberichte gibt die Gelegenheit, die Ergebnisse der Arbeit einem breiten Leserkreis vorzustellen.

H. Niemann

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die die Durchführung der vorliegenden Arbeit ermöglicht und unterstützt haben:

- der DFG für die Finanzierung des Forschungsvorhabens im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Modelle und Strukturanalyse bei der Auswertung von Bild- und Sprachsignalen"
- Herrn Prof. Dr. F. Wolf und Herrn Dr. H. Feistel vom Institut und Poliklinik der Universität Erlangen - Nürnberg für ihre Bereitschaft und ihre Geduld, einen Nichtmediziner in die nuklearmedizinische Herzdiagnostik einzuführen und für die Bereitstellung des Datenmaterials
- den Mitarbeitern der nuklearmedizinischen Abteilung im Zentrum Radiologie (Prof. Dr. D. Emrich) der Universität Göttingen für die Informationsmöglichkeiten während eines einwöchigen Besuchs
- meinen Kollegen am Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung) der Universität Erlangen-Nürnberg für die stetige Diskussionsbereitschaft, insbesondere Herrn Prof. Dr. H. Bunke für die Themenstellung und die kollegiale Zusammenarbeit, sowie Frau I. Hofmann und Frau R. Schulz für die intensive Unterstützung bei den Implementierungsarbeiten
- Herrn Prof. Dr. H. Niemann für die vielen Anregungen und Diskussionen
- Herrn W. Obermayer und Herrn A. Cieslik für die Anfertigungen der Bilder und Fotografien
- Frau T. Wille, I. Zett und K. Bichler für das Anfertigen der Reinschrift
- Herrn Prof. Dr. H. Niemann und Herrn Prof. Dr. H. Wedekind für die Übernahme der Gutachten.

G. Sagerer

Kurzfassung

Die Aufgabe eines Bildanalysesystems ist es, eine individuelle Beschreibung für Muster eines vorgegebenen Problemkreises zu erzeugen. Ein derartiges System besteht aus vier Komponenten: einem Modul Methoden, der zur Vorverarbeitung und Segmentierung der Bilder Verfahren bereitstellt; einem Modul Modell, der das zur Analyse erforderlich a priori Wissen beinhaltet; einem Datenbereich für die Zwischen- und Endergebnisse eines Analyseprozesses und einem Modul Kontrolle, der den Analyseprozess steuert. In einem solchen System stellt sich insbesondere die Frage, wie kann das "Expertenwissen" so strukturiert werden, daß es für einen Analyseprozeß nutzbar ist.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Formalismus zur Wissensrepräsentation auf der Grundlage assoziativer Netzwerke entwickelt. Dieser ermöglicht es, die Steuerung des Analyseprozesses unabhängig vom Inhalt des Modells durchzuführen. Außerdem ist mit diesem Formalismus direkt der Aufbau des Ergebnisspeichers gegeben. Für eine medizinische Anwendung wird ein Modell formuliert. Dies ist zusammen mit dem entwickelten Algorithmus zur Analysesteuerung in ein vollständiges System integriert. Die Ergebnisse zeigen, daß ein leistungsfähiges wissensbasiertes Bildanalysesystem mit Anforderungen an eine Rechenanlage realisierbar ist, die heute bereits von PC's erfüllt werden können.

Abstract

The goal of an image analysis system is to generate an individual description for each pattern of a given field of problems. This type of system consists of four components: a module Methods containing algorithms for pre-processing and segmentation; a module Model, which contains the a priori knowledge necessary for the analysis; a data base for intermediate and final results of the analysis; and a module Control, which regulates the analysis. How to structure the knowledge of human experts so that it may be used in such a system, is a crual question.

A formalism for knowledge representation based on associative networks is developed as part of this work. The formalism makes it possible to build a control module independently of the contents of the model. Furthermore, it suggests the architecture of the data base containing the results. One model is formulated for a medical application. This medical model and a developed control algorithm are integrated into a complete system. The results show that a powerful knowledge based image analysis system can be implemented requiring computer resources that can already be found today in modern PC's.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	1
2.	Systemarchitektur	10
2.1	Grundlegende Überlegungen	10
2.2	Moduln des Systems und ihre Interaktionen	13
3.	Formalismen zur Wissensrepräsentation	19
3.1	Eine kurze Übersicht	19
3.2	Prädikatenlogik erster Ordnung	26
3.3	Produktionensysteme	34
3.4	Assoziative Netzwerke	37
3.4.1	Zur Semantik assoziativer Netzwerke	40
3.4.2	Kriterien für den Entwurf eines assoziativen Netzwerks	45
3.4.3	Eine prozedurale Semantik für assoziative Netzwerke	47
3.5	Formale Grammatiken	51
4.	Ein assoziatives Netzwerk zur Wissensrepräsentation	54
4.1	Grundlegende Überlegungen	55
4.2	Beschreibung der Kanteninformationen	61
4.2.1	Hierarchien im Netzwerk	61
4.2.2	Generalisierung, Spezialisierung	66
4.2.3	Notwendige Teile, Semantische Teile	69
4.2.4	Instanz-von, Konzept-von	75
4.2.5	Zyklenfreiheit, formale Konsistenz	77
4.2.6	Ein Beispielnetzwerk	80
4.3	Beschreibung der Knoteninformationen	83
4.3.1	Attribute	84
4.3.2	Strukturrelationen	88
4.3.3	Bewertung	91
4.4	Informationsnutzung	91
4.4.1	Die Datenstruktur Konzept	92
4.4.2	Netzwerkorientierte Suche	96
4.4.3	Datenfluß und Instanzen	99
4.5	Gegenüberstellung Konzepte Instanzen	104
4.6	Zusammenfassen der wichtigsten Eigenschaften	105

5.	Ein Kontrollalgorithmus	107
5.1	Eigenschaften des Moduls Kontrolle	107
5.2	Der A^*-Algorithmus	109
5.3	Steuerung des Analyseprozesses	113
6.	Fuzzy Sets	129
6.1	Die Algebra der Fuzzy Sets	131
6.2	Kompatibilitätsfunktionen	134
6.3	Bewertungen	138
7.	Medizinische Grundlagen	143
7.1	Datengewinnung	143
7.2	Qualitative Auswertung	147
7.3	Regionale Funktionsparameter	153
8.	Das Modell	158
8.1	Die Objekte	159
8.2	Hierarchien im Modell	161
8.3	Schnittstellen zum Modul Methoden des Systems	170
8.4	Objektbeschreibungen im Netzwerk	173
8.4.1	Allgemeine Objektbeschreibung	175
8.4.2	Segmente und Sektoren	177
8.4.3	Linker Ventrikel und Herz	180
8.4.4	Enddiastolische Objekte	181
8.5	Beschreibung der Formen und Proportionen	182
8.6	Elementare Bewegungen	186
8.6.1	Das allgemeine Konzept	188
8.6.2	Elementare Kontraktionen, Expansionen, Stagnationen	189
8.6.3	Initiale Zyklusinterpretationen	191
8.7	Bewegungsphasen	200
8.7.1	Segmentierung eines Zyklus	202
8.7.2	Attribute, Strukturrelationen und CF´s der Konzepte	210
8.8	Anatomische Bewegungsphasen des linken Ventrikels	215
8.8.1	Die elementaren Phasen	217
8.8.2	Systole und Diastole	221
8.8.3	Zyklus	223
8.9	Regionale Motilitätsinterpretationen	224
8.9.1	Grundlegende Funktionen und Parameter	227
8.9.2	Segmentale Interpretationen	230
8.9.3	Interpretationen für den linken Ventrikel	233

8.10	Vollständige Interpretationen	234
8.11	Zusammenfassung der wichtigsten Attribute	241
9.	Implementierung	246
9.1	Erstellen eines Modellspeichers	246
9.2	Das Analysesystem	249
10.	Ergebnisse und Diskussion	252
11.	Zusammenfassung	257
	Literaturverzeichnis	261