

Ulrich Frenkel

Repräsentation konvexer Objekte durch
lineare Constraints in
Geoinformationssystemen

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1997 Diplom.de
ISBN: 9783832404802

Ulrich Frenkel

Repräsentation konvexer Objekte durch lineare Constraints in Geoinformationssystemen

Ulrich Frenkel

Repräsentation konvexer Objekte durch lineare Constraints in Geoinformationssystemen

Diplomarbeit
an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
September 1997 Abgabe



Diplomarbeiten Agentur
Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke
und Guido Meyer GbR

Hermannstal 119 k
22119 Hamburg

agentur@diplom.de
www.diplom.de

ID 480

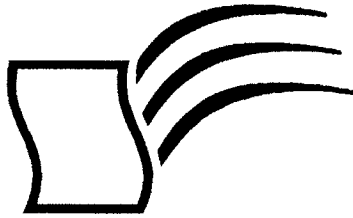
Frenkel, Ulrich: Repräsentation konvexer Objekte durch lineare Constraints in Geoinformationssystemen / Ulrich Frenkel - Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 1997
Zugl.: Bonn, Universität, Diplom, 1997

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR
Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg
Printed in Germany



Diplomarbeiten Agentur

Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

Ihr Team der *Diplomarbeiten Agentur*

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey –
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —
und Guido Meyer GbR —————

Hermannstal 119 k —————
22119 Hamburg —————

Fon: 040 / 655 99 20 —————
Fax: 040 / 655 99 222 —————

agentur@diplom.de —————
www.diplom.de —————

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Definitionen und Werkzeuge	4
2.1 Boundary-Repräsentation.....	4
2.2 Constraint-Repräsentation.....	5
2.3 SIMPLEX-Algorithmus.....	7
2.3.1 Tableau-Methode.....	8
2.3.2 Zusammenhang der SIMPLEX-Tableauschritte und des Gaußschen Eliminationsverfahrens.....	14
2.3.3 Künstliche Variablen.....	16
2.4 Constraint Solver.....	21
3 Berechnung von Constraint- und Boundary-Repräsentation.....	22
3.1 Transformation Boundary- nach Constraint-Repräsentation.....	22
3.1.1 Zweidimensionale Objekte.....	22
3.1.2 Dreidimensionale Objekte.....	25
3.2 Transformation Constraint- nach Boundary-Repräsentation.....	27
3.2.1 Brute Force.....	27
3.2.2 Breadth-First SIMPLEX.....	30
3.2.2.1 Redundante Constraints.....	36
3.2.2.2 Entartete Eckpunkte.....	41
3.2.2.3 Vollständigkeit des Breadth-First SIMPLEX.....	54
4 Operationen auf Objekten in Constraint-Repräsentation.....	56
4.1 Durchschnitt.....	56
4.2 Vereinigung.....	59
4.3 Topologische Relationen.....	60
4.3.1 Relation „Disjoint“.....	64
4.3.2 Relation „Contains“ und „Inside“.....	65
4.3.3 Relation „Equal“.....	65
4.3.4 Relation „Overlap“.....	66
4.3.5 Relation „Covers“ und „CoveredBy“.....	66
4.3.6 Relation „Meet“.....	69
5 Constraint-Repräsentation und konkave Objekte.....	72
5.1 Zerlegung konkaver Objekte in konvexe Objekte.....	74
6 Resümee und Ausblick.....	85

1 Einleitung

Geoinformationssysteme (GIS) sind elektronische Werkzeuge, die insbesondere räumliche Daten, die aus Messungen und Bewertungen der Welt durch die Geowissenschaften entstanden, verarbeiten.

Inzwischen erstreckt sich der Benutzerkreis der GIS über die Geowissenschaftler hinaus. GIS werden unter anderem in Autos zur Routenplanung eingesetzt wie zur Hilfenahme bei ökonomischen, ökologischen und politischen Entscheidungen.

In GIS werden vor allem Objekte modelliert. Dabei kann es sich beispielsweise in Landkarten um Gemeinden und Länder in Form von Polygonen, aber auch um Bergzüge, die durch Höhenmodelle spezifiziert werden, handeln. Um Objekte zu verwalten, werden Repräsentationen zur Charakterisierung ihrer Räumlichkeit benötigt.

Ziel dieser Arbeit ist die Betrachtung einer neuen Repräsentation, der sogenannten *Constraint-Repräsentation*, deren Ursprung in der Mathematik liegt. Konvexe Körper können durch eine Menge linearer Ungleichungen (Constraints) spezifiziert werden; anders ausgedrückt, ein konvexes Objekt ist durch den Durchschnitt einer Menge von Halbebenen (2D) bzw. Halbräumen (3D) darstellbar. Konvex bedeutet, daß zwischen jeweils zwei beliebigen Punkten eines Objekts eine ungekrümmte Verbindungslinie existiert, die vollständig im Objekt liegt.

Die Constraint-Repräsentation ist somit der Familie der Vektorrepräsentationen zuzuordnen. Man differenziert zwischen der Raster- und der Vektorrepräsentation. Letztere wird zusätzlich bei 3D-GIS in die Boundary-Repräsentation, die Constructive Solid Geometry (CSG) und die regulären und irregulären Decompositionmodels unterteilt [BRE95].

Die existierenden Repräsentationen unterscheiden sich von der Constraint-Repräsentation in einem wesentlichen Aspekt. Sie stellen ein Objekt indirekt dar. Die Boundary-Repräsentation beispielsweise spezifiziert die Eckpunkte eines Objekts und somit seine Oberfläche, wodurch auf das ganze Objekt geschlossen werden kann. Die Constraint-Repräsentation charakterisiert direkt die überabzählbare Punktmenge des gesamten Objekts durch lineare Ungleichungen.

Der Grund, daß die Constraint-Repräsentation nicht in kommerziellen Systemen eingesetzt wird, liegt in der schlechten Visualisierbarkeit von Objekten in Constraint-Repräsentation. Lineare Ungleichungen bzw. eine überabzählbare Punktmenge sind grafisch nicht darstellbar [GRU97].

Um dieses Problem zu lösen, muß untersucht werden, ob eine eindeutige und effiziente Transformation zwischen der Constraint-Repräsentation und einer existierenden Vektorrepräsentation besteht. Diese Arbeit konzentriert sich auf die Boundary-Repräsentation, die ein Objekt durch seine Eckpunkte und deren Adjazenzen definiert.

Die Transformation von der Boundary- in die Constraint-Repräsentation ist einfach. Die Retransformation von der Constraint- in die Boundary-Repräsentation ermöglicht ein naiver, Laufzeit intensiver Algorithmus. Er schneidet jeweils drei Ungleichungen aus einer n -elementigen Menge von Ungleichungen in einem Punkt mit einer Komplexität von $O(n^3)$ und überprüft dessen Konsistenz bzgl. des gesamten Ungleichungssystems in $O(n)$, wodurch eine Gesamtkomplexität von $O(n^4)$ erreicht wird.

Das aus der Operations Research bekannte SIMPLEX-Verfahren [WIL69] könnte zu effizienteren Resultaten führen. Es arbeitet wie die Constraint-Repräsentation auf einem Ungleichungssystem und liefert Resultate, die einer Teilmenge der Eckpunkte des graphisch dargestellten Ungleichungssystems entsprechen. Auf der anderen Seite gibt es Faktoren, die eine vollständige und schnelle Transformation eines Objekts verhindern. Eine Aufgabenstellung der Arbeit ist die Untersuchung, ob der SIMPLEX-Algorithmus modifiziert und angepaßt werden kann.

Ein weiteres Ziel ist die Untersuchung der Schnittoperation. Auf Basis der Constraint-Repräsentation wird der Schnitt betrachtet, da er bzgl. des Kriteriums der Konvexität abgeschlossen ist, d.h., das resultierende Objekt aus dem Schnitt zweier konvexer Objekte ist wieder konvex. Dieses Schnittobjekt wird durch die einfache Vereinigung der beiden Mengen von Ungleichungen, die jeweils ein zu schneidendes Objekt charakterisieren, spezifiziert. Der Schnitt ist daher mit konstanter Komplexität durchführbar.

Aus den Ungleichungen des resultierenden Objekts ist aber nicht auf dessen Geometrie, d.h. auf sein Äußeres zu schließen. Beispielsweise könnte es sich um ein inkonsistentes System von Ungleichungen ohne Lösung handeln, das somit aufwendig und umsonst verwaltet wird. Es entstehen Redundanzen, die vermieden werden sollen.

Die Untersuchung der Geometrie eines Objekts und die Entfernung redundanter Ungleichungen im Rahmen der Schnittoperation sind ein Ziel der Arbeit.

Eine weitere Aufgabenstellung ist die Herleitung von topologischen Beziehungen zweier Objekte in Constraint-Repräsentation. Es wird bezug genommen auf die Erkenntnisse von Egenhofer und Herring [EGH91]. Sie definieren binäre topologische Relationen für zwei Objekte über deren Durchschnitt. Es wird