Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 93 (1995)

Heft: 4: ETHZ : Departement Geodätische Wissenschaften = EPFZ : Département des sciences géodésiques

Artikel: Vom Pixel zum Objekt : Strukturierung und Modellierung von Geo-Informationen

Autor: Stengele, R. / Nebiker, S. / Zanini, M.

Kapitel: Automatische Vektorisierung und Strukturierung von Gebäuden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-235141

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Beispiele und Resultate

Die Behandlung der beiden Thematiken «Kartenschrift» sowie «Gebäude- und Siedlungsdarstellung» belegt die Leistungsfähigkeit der beschriebenen rasterorientierten Mustererkennung. Ziel ist die automatische Extraktion in der Schwarzfolie der topographischen Karte 1:25000 des Bundesamts für Landestopographie. Die 70 x 48 cm (≅ 17.5 x 12 km) grossen Kartenblätter wurden mit einer geometrischen Auflösung von 20 L/mm (= 508 dpi) gescannt. Die Extraktion der Kartenschriftelemente erfolgt mit der Methode des wissensbasierten Template Matchings, die Gebäude- und Siedlungsdarstellung wird im wesentlichen durch eine Prozedur lokaler Rasteroperationen extrahiert.

Abb. 4 zeigt für einen Kartenausschnitt der Grösse 2300 x 3100 m (Blatt Nr. 1152-Ibergeregg) das vollständig automatisch abgeleitete Strukturierungsergebnis: Die erkannten Kartenschriftelemente, Gebäude- und Siedlungsflächen sind farblich gekennzeichnet. Bei 362 klassifizierten (horizontalen) Schriftzeichen wurden neun fehlerhaft und vier nicht erkannt (= Rückweisungen). Daraus leitet sich eine Erkennungsrate von 96.4% ab. Bei über 1400 Gebäuden (6 Fehlklassifikationen, 25 Rückweisungen) ergibt sich eine Erkennungsrate von 97.8%. Mit einem Rechenaufwand von 16 Minuten auf einer konventionellen Workstation (IBM RISC-System/6000, Modell 390) konnten 59% der ca. 680000 schwarzen Pixel eine thematische Bedeutung zugeordnet werden. Aus einer mehrere Kartenblätter umfassenden Stichprobe können für ein repräsentatives Kartenblatt («average case») die folgenden Resultate geschätzt werden:

Kartenschrift:

In der Schwarzfolie einer topographischen Karte werden über 85% des gesamten Schriftgutes durch ca. 650 zu unterscheidende Schriftzeichen (3 Fonts, 10 verschiedene Schriftgrössen) abgedeckt. Sind z.B. in einem Kartenblatt 8500 dieser Schriftzeichen enthalten, muss mit je 200 Fehlklassifikationen und Rückweisungen gerechnet werden. Für 25700 Schriftzeichen in drei Kartenblättern 1:25000 wurde eine Erkennungsrate von 95.8% erzielt. Bei eingeschränkter graphischer Qualität des Schriftbildes muss ein schlechteres Klassifizierungsergebnis einkalkuliert werden. Für einen 650 Zeichen umfassenden Schriftsatz ist von einem Rechenaufwand von 5 bis 6 Stunden pro Kartenblatt auszugehen. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die Kartenschrifterkennung im Vergleich zur herkömmlichen Texterkennung in Schriftdokumenten ein weitaus komplexeres Problem darstellt. Die Voraussetzungen und die Anforderungen sind zu unterschiedlich, als dass die hier präsentierten Resultate mit OCR («Optical Character Recognition»)-Anwendungen verglichen werden könnten.

Gebäude- und Siedlungsdarstellung:

Bei einer «mittleren» Besiedlungsdichte mit 10000 Gebäuden pro Kartenblatt werden 9800 Gebäude (Erkennungssicherheit = 98%) korrekt erkannt. Zusätzlich werden ca. 500 andere Kartenelemente als Gebäude klassifiziert («Fehlklassifikationen»), sofern die Kartenschrift in der Schriftgrösse über 2.0 mm vorgängig eliminiert wurde. Zu beachten ist, dass Erkennungsraten die Fehleranzahl in Relation zur Anzahl klassifizierter Muster ausweisen. Aus diesem Grund berechnet sich für dünn besiedelte Gebiete (v.a. Gebirgsblätter, mit wenigen Gebäuden) eine ungünstige Erkennungsrate, obwohl die absolute Fehleranzahl kleiner ist. Der Aufwand für die manuellen Korrekturarbeiten kann aufgrund der Erkennungsrate somit nur sehr bedingt abgeschätzt werden. Der Rechenaufwand für die automatische Extraktion liegt bei weniger als 2 Stunden, die Fehlerkorrektur erfordert maximal 4 Stunden.

Anwendungen

Die Kartographische Mustererkennung kann für viele Anwendungen eine geeignete Methode zur Datenerfassung sein. Drei bedeutende Einsatzgebiete sind hervorzuheben:

- Automatische Datenerfassung zum sukzessiven Aufbau landesweiter topographischer und kartographischer Datenbanken.
- Strukturierung kartographischer Rasterdaten mit dem Ziel, einzelne Arbeitsschritte in der Produktion und in der Nachführung von Kartenwerken zu rationalisieren.
- Extraktion strukturierter, topographischer Informationen als Grundlage für eine dreidimensionale Modellierung der abgebildeten Objekte. In Kombination mit Digitalen Geländemodellen können daraus 3-dimensionale Landschaftsbilder generiert werden.

Immer dann, wenn der Kompromiss zwischen Wirtschaftlichkeit und Perfektion in den Vordergrund rückt, werden automatische Verfahren konkurrenzfähig. Sehr häufig können Anwenderbedürfnisse befriedigt werden, wenn mit einem Aufwand, der nur 10% herkömmlicher Methoden ausmacht, Erkennungserfolge von 95% erreichbar sind.

Automatische Vektorisierung und Strukturierung von Gebäuden

S. Nebiker

Einleitung und Motivation

Räumliche Informationen, welche wie oben beschrieben aus Rasterdaten extrahiert wurden (z.B. flächenförmige Objekte), liegen in einer ersten Phase zumeist noch in Rasterform vor. Solche Daten haben zwar einen wertvollen Informationsgehalt, sind aber ohne eine zusätzliche logische Strukturierung und eine Umwandlung in Vektorform für die meisten GIS-Projekte nur bedingt einsetzbar.

In der Folge soll ein spezifisches Verfahren zur automatischen Vektorisierung von Gebäuden auf der Basis von digitalen topographischen Karten vorgestellt werden. Dieses wurde mit den folgenden Zielsetzungen entwickelt:

- Möglichst grosser Automationsgrad bedingt durch grosse Datenmengen (>10000 Gebäude pro Kartenblatt)
- Erzielung einer optimalen Genauigkeit bei relativ geringer geometrischen Auflösung (Pixelkarte: 20 Linien/mm)
- Massstabsunabhängigkeit
- Ausnützung von kartographischen Regeln: Minimaldimensionen, Parallelität, Rechtwinkligkeit.

Ausgangsdaten

Als Ausgangsdaten dienen topographische Rasterdaten, im speziellen Fall gescannte Landeskarten 1:25'000 (Pixelkarten) der Eidg. Landestopographie. Diese Daten sind zwar generalisiert und teilweise geometrisch verdrängt, sie sind jedoch flächendeckend verfügbar und haben zumeist einen guten Nachführungsstand. Auf der Basis der Pixelkarte werden die flächenförmigen Objekte mittels der von R. Stengele beschriebenen Methode der Kartographischen Mustererkennung erkannt und als eigene Farbe extrahiert

Abb. 5: Pixelkarte mit erkannten flächenförmigen Objekten (dunkel).

(Abb. 5). Dieser separierte Farblayer bildet die Grundlage für die nachfolgend beschriebene Vektorisierung.

Vektorisierungsverfahren

Das entwickelte Verfahren setzt sich aus mehreren Verarbeitungsschritten zusammen:

- Aufbereitung der Rohdaten
- Schätzung der Kontursegmente
- Segmentausgleichung
- Qualitätskontrolle
- Ausgabe der Resultate.

Aufbereitung der Rohdaten

In einem ersten Schritt werden die Konturen der einzelnen flächenförmigen Objekte ermittelt (Abb. 6). Im Gegensatz zu den meisten Standardverfahren, welche auf einer Verbindung der Randpixel beruhen, wird mit der Verwendung der eigentlichen Pixelkonturen eine flächen-invariante Konturextraktion gewährleistet. Diesem Aspekt kommt bei relativ geringen Scanner-auflösungen eine besondere Bedeutung zu. Als Resultat liegen nun identifizierte Objekte bestehend aus einem oder – im Fall von Innenhöfen – mehreren geschlossenen Konturpolygonen vor. Diese bilden die eigentlichen Rohdaten für die weiteren Verarbeitungsschritte.

Robuste Segmentschätzung

In einem zweiten Arbeitsschritt erfolgt die Schätzung der einzelnen Geradensegmente eines Objekts mit Hilfe einer robusten linearen Regression. Dabei wurde ein Schätzer gewählt, welcher die Summe der absoluten Verbesserungen minimiert. Die Verwendung eines robusten Schätzers hat die folgenden Vorteile:

- Simultane Bestimmung des Datenintervalls und der Geradenparameter für jedes einzelne Segment. Bedingt durch die Robustheit des Schätzers müssen dazu die Eckpunkte in den Datensätzen nicht pixelscharf bestimmt werden.
- Erzielung optimaler Resultate bei geringer Scanner-auflösung und damit beschränkter graphischer Qualität.

Segmentausgleichung

Im Anschluss an den eigentlichen Vektorisierungsvorgang folgt im Normalfall eine Ausgleichung aller Kanten eines Objekts unter Berücksichtigung von geometrischen Bedingungen (Rechtwinkligkeit, Parallelität) (Abb. 7). Dazu werden Gruppen von möglichen parallelen und rechtwinkligen Geraden gebildet und ausgeglichen, wobei die einzelnen Segmente in Funktion von deren Länge gewichtet werden. Schliesslich werden die Schnittpunkte der ausgeglichenen Geradensegemente bestimmt.

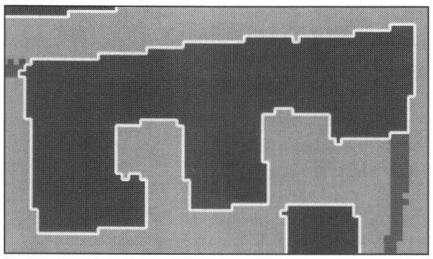

Abb. 6: «Rohes» Konturpolygon.

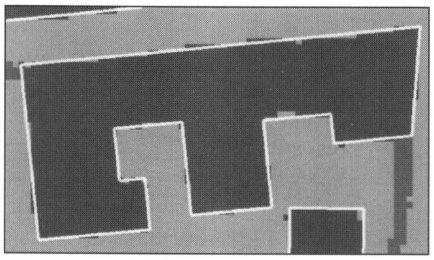

Abb. 7: Ausgeglichene Gebäudekanten.

Qualitätskontrolle

Im letzten Arbeitsschritt wird die Qualität der ausgeglichenen Gebäudekanten durch einen rechnerischen Vergleich mit den Rohdatenpunkten überprüft. Bei Überschreitung eines wählbaren Toleranzwertes wird das Objekt für eine allfällige manuelle Bearbeitung auf die ursprünglichen «rohen» Konturdaten (Abb. 6) zurückgesetzt.

Datenausgabe

Die Resultate können in einer Auswahl von Vektorformaten (z.B. DXF) ausgegeben werden. Da Typ bzw. Qualität eines Objektes als Attribut ständig mitgeführt werden, können beispielsweise auch nur solche Gebäude ausgegeben werden, welche eine manuelle Nachbearbeitung benötigen.

Implementierte Lösung

Das beschriebene Verfahren wurde als Programmpaket AUTOVEC unter UNIX auf IBM RS/6000 und SUN implementiert. Ausführliche Tests haben Bearbeitungszeiten – inkl. Vorverarbeitung der Rasterdaten – von total ca. 1 Tag pro Kartenblatt ergeben (System und Operateur). Der Anteil vollautomatisch vektorisierter Gebäude beträgt über 99.5%. Die erzielten Genauigkeiten liegen im Sub-Pixel-Bereich und übertreffen damit die manuelle Digitalisiergenauigkeit.

Anwendungen

Mögliche – und zum Teil bereits realisierte Anwendungen umfassen:

- Kartographie: Vektorisierung bestehender Kartenwerke (z.B. Projekt VECTOR25 der L+T)
- Telecom: Modellierung der Signalausbreitung in neuen Mobilfunknetzen (Telecom PTT)
- 3D-Visualisierungen in Planung, Architektur, Militär, etc. (Abb. 8)
- Digitale Photogrammetrie: Unterstützung bei der semi-automatischen Extraktion von 3-D-Objekten aus digitalen Orthophotos.

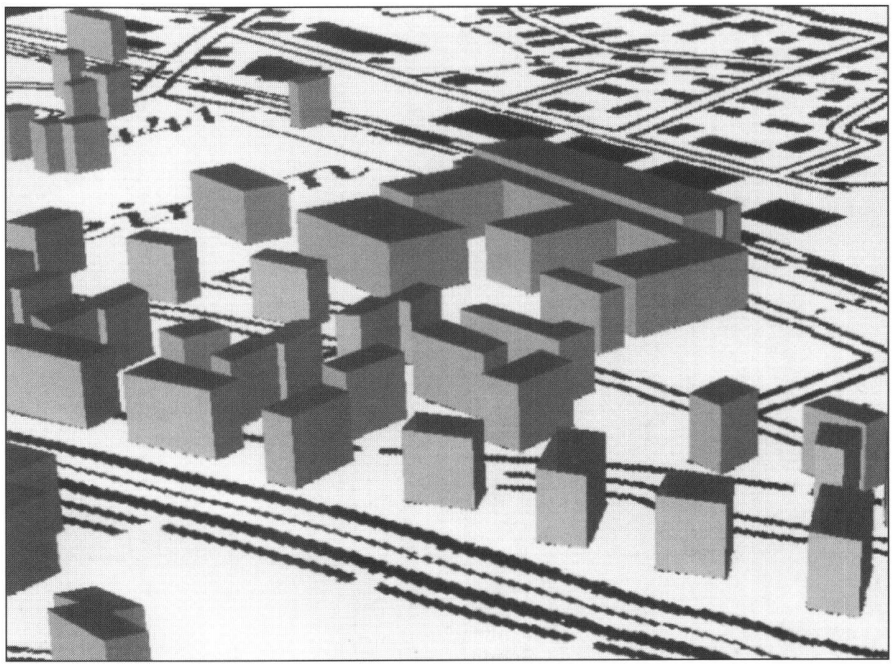

Abb. 8: 3D-Visualisierung von automatisch erkannten Gebäuden (Vordergrund), Pixelkarte und DHM25.