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: 99 (2001)

Heft: 3

Artikel: Automatische Vektorisierung von flächenhaften Objekten mit robuster Schätzung

Autor: Kanani, Entela / Carosio, Alessandro

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-235747

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: 15.07.2025

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

Automatische Vektorisierung von flächenhaften Objekten mit robuster Schätzung

Zweidimensionale Objekte (z.B. Grundflächen von Häusern) können aus topographischen oder allgemeinen Karten automatisch strukturiert werden. Dazu dienen insbesondere robuste Schätzer. Die Konversion von Raster- auf Vektordarstellung erfolgt in drei Schritten: Näherung des extrahierten Randes, Ausgleichung und Anwendung alternativer Modelle. Die erzielten Resultate zeigen, dass robuste Schätzer sehr effizient eingesetzt werden können in der Datenerfassung für verschiedene GIS-Anwendungen.

A partir de cartes topographiques ou générales, des objets bi-dimensionnels (par exemple la surface de base d'immeubles) peuvent être structurés automatiquement. A cet effet, on se sert notamment de méthodes d'estimation robustes. La conversion de données raster ou vectorielles a lieu en trois pas: approximation du bord extrait, compensation et application de modèles alternatifs. Les résultats obtenus montrent que des méthodes d'estimation robustes peuvent être appliquées avec beaucoup d'efficience dans la saisie de données pour plusieurs applications de SIT.

Gli oggetti bidimensionali (per es., superfici di case) possono essere automaticamente strutturati partendo da carte topografiche o normali. A riguardo servono, in particolare, solidi valutatori. La conversione della rappresentazione da raster a vettore avviene in tre fasi: avvicinamento del margine estratto, compensazione e impiego di modelli alternativi. I risultati ottenuti mostrano che i solidi valutatori sono utilizzabili molto efficientemente nel rilevamento dei dati per diverse applicazioni SIG.

E. Kanani, A. Carosio

1. Einleitung

Das im Folgenden gezeigte Verfahren zur automatischen Vektorisierung stützt sich auf gescannte topographische und allgemeine Karten der Schweiz. Die kartographischen Symbole (z.B. für Gebäude) können extrahiert werden mit Techniken der Mustererkennung gemäss Stengele (1995) und Frischknecht (1999). Die extrahierten Daten eines Rasterbildes werden in einer Informationsebene abgelegt. Dort werden die interessierenden Daten geholt, um mit Hilfe von Vektorisierung strukturiert zu werden.
Die automatische Vektorisierung erfolgt in verschiedenen Schritten:

2. Extraktion des Randes

Die Methode zur Herleitung der Randlinie wurde von Nebiker und Carosio (1994) entwickelt. Die resultierende Linie ist für jeden inneren und äusseren Rand ein geschlossenenes Polygon, welches die äusseren Ecken der Randpixel verbindet (Abb. 1). Diese (grobe) Randlinie begrenzt das ebene Objekt ungefähr. Um eine realistische Abstraktion der Form eines Objektes durch die Randlinie zu erhalten, muss die Anzahl der Ecken drastisch reduziert werden

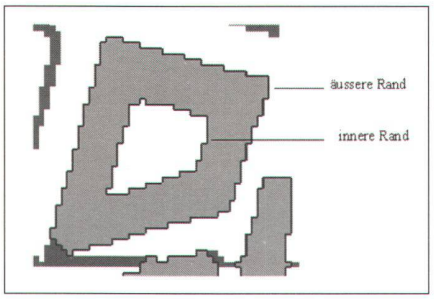

Abb. 1: Bestimmung der «groben» Randlinie.

3. Vereinfachung des Randes

Um überflüssige Ecken der «groben» Randlinie zu entfernen, haben wir den Douglas-Peucker Algorithmus angepasst für geschlossene Ränder, Douglas and Peucker (1973), Kanani (2000). Zunächst wird als Startpunkt (Anker) diejenige Ecke definiert, die am weitesten entfernt ist vom Schwerpunkt des groben Randes. Dann wird als Endpunkt (bewegter Punkt) diejenige Ecke mit der grössten Distanz zum Startpunkt bestimmt. Diese beiden Punkte bilden die Enden einer Strecke (Basisstrecke), die den groben Rand in zwei Polygone unterteilt (Abb. 2). Werden Start- und Endpunkt so festgelegt, können sie gerade als zwei Ecken des flächenhaften Objektes aufgefasst werden, da dessen Rand eine wohldefinierte Form hat (die Form eines Gebäudegrundrisses). In den nächsten Schritten des Algorithmus

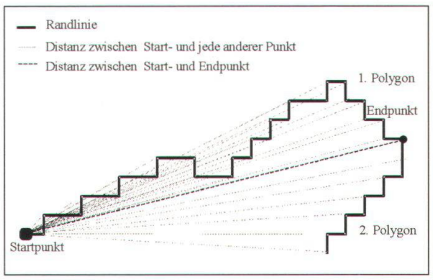

Abb. 2: Bestimmung des ersten bewegten Punktes, Unterteilung der groben Randlinie in zwei Polygone.

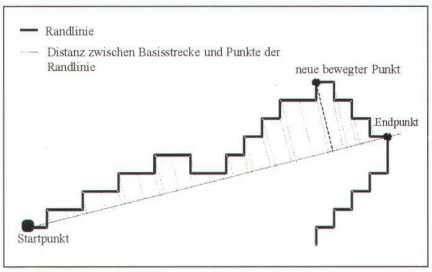

Abb. 3: Bestimmung des neuen bewegten Punktes.

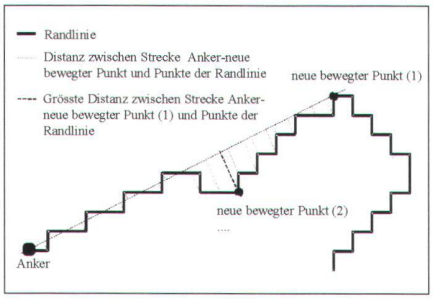

Abb. 4: Wiederholung des Schrittes von Abb. 3, bis keine weiteren bewegten Punkte mehr gefunden werden.

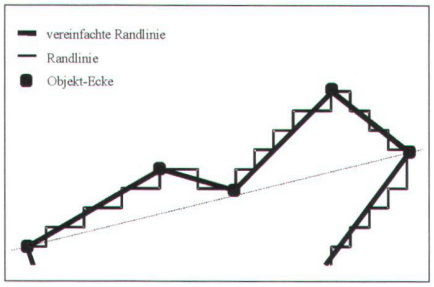

Abb. 5: Vereinfachter Rand – Verbindung der gefundenen Ankerpunkte beider Polygone durch Strecken.

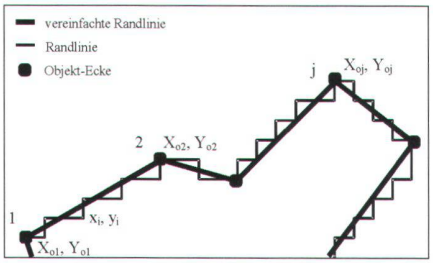

Abb. 6: Vereinfachte Randlinie und Beobachtungen.

geht es darum, je die weiteren Objekt-Ecken zu finden in den beiden Teilpolygonen des groben Randes. Für jedes Teilpolygon wird die Ecke mit der grössten Distanz von der Basislinie bestimmt. Ist diese grösste Distanz kleiner als eine vorher festgelegte Toleranz, dann erklären wir die Basisstrecke als beste Verbesserung des betrachteten Teilpolygons. Andernfalls wird die Teilpolygon-Ecke mit der grössten Distanz zum neuen bewegten Punkt (Abb. 3). Dieser Schritt wird wiederholt (Abb. 4), bis kein neuer bewegter Punkt mehr gefunden werden kann. Der letzte gefundene bewegte Punkt wird neuer Anker und der Endpunkt der ersten Basisstrecke wird wieder bewegter Punkt. Das Ende des Algorithmus ist erreicht, wenn der Endpunkt der ersten Basisstrecke neuer Anker werden soll. Schliesslich erhält man den vereinfachten Rand, indem man alle gefundenen Ankerpunkte der beiden ersten Teilpolygone durch Strecken verbindet (Abb. 5).

4. Rand Ausgleichung

Wenn ein Operateur flächenhafte Objekte vektorisiert durch Digitalisierung, dann versucht er, die resultierende Randlinie durch möglichst viele Pixel zu führen und dabei geometrische Bedingungen wie Parallelität und Orthogonalität zu berücksichtigen. Wir werden diese Bedingungen einhalten durch Einsatz eines Ausgleichungs-Modells.

4.1 Mathematisches Modell für die Ausgleichung flächenhafter Objekte

4.1.1 Beobachtungen und unbekannte Parameter

Um die unbekannten Parameter und die Beobachtungen des Ausgleichs-Modells zu bestimmen, betrachten wir Abb. 6, wo ein Gebäudegrundriss samt vereinfachtem Rand und Ankerecken dargestellt ist. Wir notieren mit

- n die Gesamtzahl der Beobachtungen;
- n_j die Anzahl der Punkte (Pixel) in einem Segment $j, j+1$;
- p die Anzahl der Objektecken (Ankerpunkte), die Anzahl der unbekannten Parameter ist $2p$;
- nd die Summe aller Pixel in der Randlinie ($nd = \sum_{j=1}^{p} n_j$);
- x^j_i, y^j_i Koordinaten der Ecken der rohen Randlinie, für $i=1$ bis n_j (für $j = 1, \ldots, p$);
- Xo_j, Yo_j Koordinaten der Ankerpunkte des vereinfachten Randes, Näherungskoordinaten der Objekt-Ecken, für $j = 1, \ldots, p$;
- Xa_j, Ya_j ausgeglichene Koordinaten (unbekannte Parameter) der Objekt-Ecken, für $j = 1, \ldots, p$;

4.1.2 Gleichungen des Modells

Abb. 7 zeigt einen Gebäudegrundriss mit seinem vereinfachten und seinem ausgeglichenen Rand. Um mathematische Gleichungen zu erhalten, die eine Korrektur des vereinfachten Randes bringen, so dass er besser zu den Beobachtungen passt, überlegen wir folgendes:

(a) Vorausgesetzt, dass der vereinfachte Rand und damit die Näherungskoordinaten der Objekt-Ecken bestimmt durch den Douglas-Peucker Algorithmus sehr nahe bei den gesuchten effektiven Positionen sind, ist eine Gleichung sinnvoll, welche die ausgeglichenen Objekt-Ecken nahe den Anker-Ecken des vereinfachten Randes annimmt:

$$\begin{aligned} Xa_j - Xo_j &= r_j^{(a)} \\ Ya_j - Xo_j &= r_j^{(a)} \end{aligned} \qquad (1)$$

für $j = 1, \ldots, p.$

(b) Die Winkel eines Objektes können an 90 Grad Winkel angepasst werden. Diese Annahme entspricht der Situation auf schweizerischen topographischen Karten, wo 80% der Gebäudegrundrisse Rechtecke oder rechtwinklige Polygone sind.

$$c_j(Xa_{j-1}, Ya_{j-1}, Xa_j, Ya_j, Xa_{j+1}, Ya_{j+1}) = 0 + r_j^{(b)} \qquad (2)$$

für $j = 1, \ldots, p$. Wenn $j = p$ ist, hat man $j + 1 = 1$ zu setzen (nächste Ecke ist die erste Ecke).

Die Funktion c_j ist gegeben durch Gleichung (3): Orthogonalität von zwei Strecken ist definiert durch das Verschwinden des Skalarproduktes der beiden Trägervektoren (Abb. 7).

$$\cos(\alpha_{j+1}) = \frac{(Xa_{j+1} - Xa_j)\cdot(Xa_{j+2} - Xa_{j+1})}{dis_1 \cdot} + \frac{(Ya_{j+1} - Ya_j)\cdot(Ya_{j+2} - Ya_{j+1})}{dis_2 \cdot} = 0 \qquad (3)$$

wobei für dis_1 und dis_2 gilt

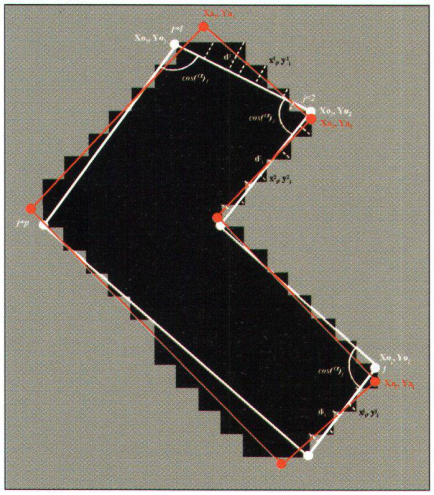

Abb. 7: Vereinfachte und ausgeglichene Randlinie.

$$dis_1 = \sqrt{(Xa_{j+1} - Xa_j)^2 + (Ya_{j+1} - Ya_j)^2};$$
$$dis_2 = \sqrt{(Xa_{j+2} - Xa_{j+1})^2 + (Ya_{j+2} - Ya_{j+1})^2}.$$

(c) Jede Ecke der rohen Randlinie (d.h. jedes Randpixel) soll möglichst nahe der entsprechenden Kante des ausgeglichenen Randpolygons liegen.

$$d_i^j(Xa_j, Ya_j, Xa_{j+1}, Ya_{j+1}, x_i^j, y_i^j) = 0 + r_i^j. \quad (4)$$

für j = 1, ..., p und i = 1, ..., n_j,, Wenn j = p ist, hat man j + 1 = 1 zu setzen (nächste Ecke ist die erste Ecke).
Die Funktion d^j_i stellt die Distanz dar vom i-ten Pixel zur ausgeglichenen Strecke (Abb. 7) und ist gegeben durch

$$d_i^j = \frac{Xa_j Ya_{j+1} + Ya_j x_i + Xa_{j+1} y_i}{\sqrt{(Xa_j - Xa_{j+1})^2 + (Ya_j - Ya_{j+1})^2}} - \frac{x_i Ya_{j+1} + y_i Xa_j + Ya_j Xa_{j+1}}{\sqrt{(Xa_j - Xa_{j+1})^2 + (Ya_j - Ya_{j+1})^2}} \quad (5)$$

für j = 1, ..., p und i = 1, ..., n_j
Idealerweise wären alle diese Distanzen gleich Null, falls alle Pixel auf dem ausgeglichenen Randpolygon liegen würden. Da dies im allgemeinen nicht der Fall ist, werden die Distanzen d^j_i als Residuen für die Einpassung der Punkte in das ausgeglichene Randpolygon betrachtet.

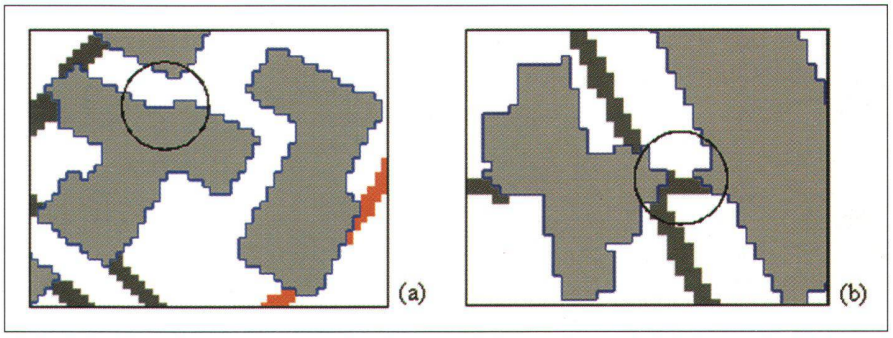

Abb. 8 (a,b): Echte Kanten und Ecken, welche zu berücksichtigen sind (a) und fehlerhafte Stücke, welche wegzulassen sind (b).

4.1.3 Ausreisser- und Modell-Eigenschaften

Unser Ziel ist, einen automatischen Prozess zu liefern für die Vektorisierung von flächenhaften Objekten (Gebäudegrundrissen), was heisst, dass Folgendes zu berücksichtigen ist:

- Die Anzahl der Beobachtungen ist sehr gross (je grösser die Scanner Auflösung, desto grösser die Zahl der Beobachtungen).
- Die Zahl der unbekannten Parameter (Ecken-Koordinaten) ist gross (mindestens sechs)
- Die vereinfachte Randlinie nach Douglas-Peucker gibt bereits eine sehr gute Darstellung der Gebäudegrundrisse.

Die folgenden Typen von Ausreissern sind in unserem Modell möglich:

1. Bei den Gleichungen vom Typ (a) sind keine Ausreisser zu erwarten, da die Näherungskoordinaten sehr nahe an den gesuchten Koordinaten sind.
2. Die Gleichungen mit den rechten Winkeln können grobe Fehler enthalten, denn diese Bedingung ist nicht immer erfüllt. Eine Analyse von schweizerischen topographischen Karten zeigt, dass 80% der Gebäudegrundrisse Rechtecke oder rechtwinklige Polygone sind. Daher ist die Zahl der Ausreisser dieses Typs beschränkt, aber wenn sie vorkommen, stellen sie grobe Fehler dar.
3. Pixel, welche fälschlicherweise als Bestandteil von Flächenobjekten definiert werden, bilden eine weitere Art von Ausreissern (siehe Fehler in Abb. 8b). Deren Anzahl ist aber klein.

4.2 Berechnungsablauf

Der Ausgleichungsprozess besteht aus folgenden Schritten:

4.2.1 Linearisierung der Beobachtungsgleichungen

Die Funktionen d^j_i, c_j enthalten nicht-lineare Terme (siehe die Gleichungen vom Typ (b) und (c) in 4.1.2). Wir verwenden in unserem Ausgleichsmodell die nummerische Linearisierung.

4.2.2 Schätzung der unbekannten Parameter

Für die Bestimmung der unbekannten Parameter brauchen wir einen statistischen Schätzer. Nach der Berücksichtigung der Modelleigenschaften und den möglichen Ausreissern (siehe 4.1.3) haben wir einen Schätzer mit beschränktem Einfluss der Verbesserungen (BIBER-Schätzer) gewählt. Er behält die guten Eigenschaften des Kleinste-Quadrate-Schätzers und kommt auch zurecht mit einer kleinen Zahl von Ausreissern.

4.2.3 Mathematische Definition des BIBER-Schätzers

Dieser Schätzer ist vewandt mit dem M-Schätzer, genauer mit dem Schweppe-Schätzer. Er ist definiert als Lösung des folgenden Gleichungssystems:

$$\sum_{i=1}^{n} \Psi\left(\frac{r_i}{w_i}\right) \mu_i a_{ij} = 0 \quad (6)$$

Ψ Einfluss Funktion ($\Psi = \Psi'$)
a_{ij} Elemente der Beobachtungs-Matrix A
w_i Gewicht der Beobachtung Nr i.

Die Standardabweichungen der Residuen werden als zusätzliche Gewichte verwendet μ_i, Wicki (1999),

$$\mu_i = \sigma_{r_i} = \sigma_o \sqrt{(q_{rr})_{ii}} \ , \qquad (7)$$

wobei

σ_o die Standardabweichung ist, wenn das Gewicht gleich 1 ist und

$(q_{rr})_{ii}$ das i-te Diagonalelement der Kofaktorenmatrix der Residuen ist

Die Funktionen ρ und Ψ dieses Schätzers sind definiert durch

$$\rho\left(\frac{r_i}{\sigma_{r_i}}\right) = \begin{cases} \dfrac{1}{2\sigma_{r_i}} r_i^2 & \text{für } \left|\dfrac{r_i}{\sigma_{r_i}}\right| < c \\ \dfrac{c}{\sigma_{r_i}}|r_i| - \dfrac{1}{2}c^2 & \text{für } \left|\dfrac{r_i}{\sigma_{r_i}}\right| \geq c \end{cases} \qquad (8)$$

$$\Psi\left(\frac{r_i}{\sigma_{r_i}}\right) = \begin{cases} \dfrac{r_i}{\sigma_{r_i}} & \text{für } \left|\dfrac{r_i}{\sigma_{r_i}}\right| < c \\ sign(r_i)c & \text{für } \left|\dfrac{r_i}{\sigma_{r_i}}\right| \geq c \end{cases} \qquad (9)$$

Die Funktion Ψ kann formuliert werden als Funktion der standardisierten Residuen (r^*_i) wie folgt

$$\Psi_c\left(\frac{r_i}{\sigma_{r_i}}\right) = \Psi_c\left(r_i^*\right) = \begin{cases} r_i^* & \text{für } \left|r_i^*\right| < c \\ sign(r_i^*) & \text{für } \left|r_i^*\right| \geq c \end{cases} \qquad (10)$$

Weil σ_{ri} mer positiv ist, gilt $sign(r^*_i) = sign(r_i)$.

Der Grenzwert c definiert drei verschiedene Fälle für die standardisierten Residuen r^*_i, nämlich $r^*_i \leq c$ und $-c < r^*_i < c$ und $r^*_i \geq c$. Wenn die standardisierten Residuen ins Intervall $-c < r^*_i < c$ fallen, werden die unbekannten Parameter durch den Kleinste-Quadrate-Schätzer bestimmt, andernfalls wird der Einfluss der Beobachtung(en) eingeschränkt.

Abb. 9 zeigt die Beobachtungs-Matrix A mit ihren Koeffizienten, die angewendet wird zur Ausgleichung von Objekträndern. Die Bezeichnungen sind gleich wie in Abb. 8.

	Unknown parameters													
	Xa_1	Ya_1	Xa_2	Ya_2	Xa_3	Ya_3	...	Xa_{p-2}	Ya_{p-2}	Xa_{p-1}	Ya_{p-1}	Xa_p	Ya_p	
Xo_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*approx. coord.*
Yo_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
Xo_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Yo_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
α_1	$a_{i,1}$	$a_{i,2}$	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,p-1}$	$a_{i,p}$	*right angles*
α_2	$a_{i,1}$	$a_{i,2}$	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	$a_{i,5}$	$a_{i,6}$	0	0	0	0	0	0	0	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
α_{p-1}	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,p-5}$	$a_{i,p-4}$	$a_{i,p-3}$	$a_{i,p-2}$	$a_{i,p-1}$	$a_{i,p}$	
α_p	$a_{i,1}$	$a_{i,2}$	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,p-3}$	$a_{i,p-2}$	$a_{i,p-1}$	$a_{i,p}$	
d^1_1	$a_{i,1}$	$a_{i,2}$	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*distances*
d^1_2	0	0	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	$a_{i,5}$	$a_{i,6}$	0	0	0	0	0	0	0	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
d^1_{n1-1}	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,n1-5}$	$a_{i,n1-4}$	$a_{i,n1-3}$	$a_{i,n1-2}$	0	0	
d^1_{n1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,n1-3}$	$a_{i,n1-2}$	$a_{i,n1-1}$	$a_{i,n1}$	
d^2_1	$a_{i,1}$	$a_{i,2}$	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
d^2_2	0	0	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	$a_{i,5}$	$a_{i,6}$	0	0	0	0	0	0	0	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
d^2_{n2-1}	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,n2-5}$	$a_{i,n2-4}$	$a_{i,n2-3}$	$a_{i,n2-2}$	0	0	
d^2_{n2-1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,n2-3}$	$a_{i,n2-2}$	$a_{i,n2-1}$	$a_{i,n2}$	
...	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	
...	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	
...	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	
...	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	
...	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	
d^{p-1}_1	$a_{i,1}$	$a_{i,2}$	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
d^{p-1}_2	0	0	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	$a_{i,5}$	$a_{i,6}$	0	0	0	0	0	0	0	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
$d^{p-1}_{n(p-1)-1}$	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,n(p-1)-5}$	$a_{i,n(p-1)-4}$	$a_{i,n(p-1)-3}$	$a_{i,n(p-1)-2}$	0	0	
$d^{p-1}_{n(p-1)}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$a_{i,n(p-1)-3}$	$a_{i,n(p-1)-2}$	$a_{i,n(p-1)-1}$	$a_{i,n(p-1)}$	
d^p_1	$a_{i,1}$	$a_{i,2}$	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
d^p_2	0	0	$a_{i,3}$	$a_{i,4}$	$a_{i,5}$	$a_{i,6}$	0	0	0	0	0	0	0	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
d^p_{np-1}	0	0	0	0	0	0	0	$a_{n-1,np-5}$	$a_{n-1,np-4}$	$a_{n-1,np-3}$	$a_{n-1,np-2}$	0	0	
d^p_{np-1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$a_{n,np-3}$	$a_{n,np-2}$	$a_{n,np-1}$	$a_{n,np}$	

Abb. 9: Beobachtungs-Matrix A mit ihren Koeffizienten.

5. Alternative Modelle

Nach dem Ausgleichungsprozess werden die ausgeglichenen Ränder analysiert, um herauszufinden, ob gewisse Formen von Gebäudegrundrissen dargestellt werden können durch sog. «alternative Modelle», d.h. durch vordefinierte ähnliche Formen. Wie bereits erwähnt, zeigt eine Analyse von schweizerischen topographischen Karten, dass fast 80% der Gebäudegrundrisse entweder Rechtecke oder rechteckige Polygone sind. Die 20% der Gebäudegrundrisse mit komplizierterer Form können meist in Stadtzentren gefunden werden (z.B. Bahnhöfe oder Altstadtbezirke oder andere spezielle Objekte). Die Methode «alternative Modelle» kommt zum Einsatz für Gebäudegrundrisse, bei denen die Wahrscheinlichkeit sehr klein ist, dass ein etwas grösserer Gebäudegrundriss ohne Genauigkeitsver-

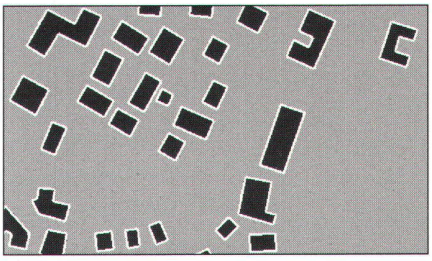

Abb. 10: Vektorisierte Gebäudegrundrisse.

lust durch ein Rechteck angenähert werden kann. Der Entscheid, ob ein einfacheres Modell angenommen werden soll stützt sich auf den statistischen Test der Standardabweichung zwischen dem einfachen und dem komplizierten Modell.

6. Aktuelle Projekte

Die dargestellte Methode für die Vektorisierung von flächenhaften Objekten (Software RobVec, Robust Vectorisation) ist operationell und wird eingesetzt in der schweizerischen Landestopographie und in privaten Firmen. Hier eine Übersicht von konkreten Anwendungsgebieten:

- Vektor25 und Vektor200: Die Daten von Vektor25 und Vektor 200 stammen aus der Vektorisierung der Landeskarten 1:25 000 und 1:200 000. Dabei kam die Software KAMU (Kartographische Mustererkennung) sowie RobVec zum Einsatz für die Extraktion und die Vektorisierung der Gebäudegrundrisse. Diese Vektordaten sind topologisch strukturiert. Einige Ergebnisse zeigt Abb. 10.
- Vektordaten von allgemeinen Karten: Auch für allgemeine Karten werden KAMU und RobVec benützt zur Extraktion und Vektorisierung von Gebäudegrundrissen.
- 3D-Visualisierung: Ein anderes Forschungsprojekt an der ETH Zürich untersucht, wie Rarsterdaten und digitale Geländemodelle verwendet werden können zum Erstellen und Visualisieren 3-dimensionaler Landschaftsansichten, Zanini (1999)

7. Schlussfolgerungen

Wir haben gezeigt, wie zweidimensionale Information (Gebäudegrundrisse) aus topographischen und allgemeinen Karten identifiziert und strukturiert werden kann durch einen automatischen Prozess und wie robuste Schätzer eingesetzt werden können zu diesem Zweck.
Mit dem Einsatz eines robusten Schätzers (des BIBER-Schätzers) im entwickelten Ausgleichungsmodell zur Bestimmung der Randkurven extrahierter Gebäudegrundrisse wurde gezeigt, dass es möglich ist, sehr gute Resultate zu erhalten durch einen vollautomatischen Prozess. Das ist ein grosser Vorteil, wenn umfangreiche Datenmengen (hunderte von unbekannten Parametern und Beobachtungen) rasch zu verarbeiten sind, wie das heute üblich ist. Die entwickelten Software-Pakete und ihr täglicher Einsatz in privaten Firmen und Verwaltungen sind ein überzeugender Beweis für den Erfolg dieser Arbeit.

Referenzen:

Douglas, D., Peucker, T. (1973). Algorithms for the reduction of the number of points required to represent digitized line or its caricature. The Canadian Cartographer, Vol. 10, Nr. 2, 112–122.

Frischknecht, St. (1999). Eine Abfragesprache für die Geometrie von Rasterelementen für die Rasterorientierte Kartographische Mustererkennung und Datenanalyse. Dissertation der ETH Zürich.

Kanani, E. (2000). Robust Estimators for Geodetic Transformation and GIS. Dissertation der ETH Zürich.

Nebiker, St. Carosio, A. (1994). Automatic Extraction and Structuring of Objects from Scanned Topographical Maps, IAPRS, Vol. XXX, Teil 1.

Stengele, R. (1995). Kartographische Mustererkennung – Rasterorientierte Verfahren zur Erfassung von Geo-Informationen, Dissertation der ETH Zürich.

Wicki, F. (1999): Robuste Schätzverfahren für die Parameterschätzung in geodätischen Netzen. Dissertation der ETH Zürich.

Zanini, M (1999). Dreidimensionale synthetische Landschaften: Wissensbasierte dreidimensionale Rekonstruktion und Visualisierung raumbezogener Informationen. Dissertation der ETH Zürich.

Dr. Entela Kanani
C-Plan AG
Worbstrasse 223
CH-3073 Gümligen
entela.kanani@c-plan.com

Prof. Dr. Alessandro Carosio
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich
carosio@geod.baug.ethz.ch

Wie? Wo? Was?

Das Bezugsquellenregister gibt Ihnen auf alle diese Fragen Antwort.