

**2. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
25. bis 26. Feb. 1999 in
Darmstadt**



„Mustererkennung als Diagnoseverfahren“

Gerd Nowack
Lehrstuhl für Datenverarbeitung, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland
E-Mail:nowack@etdv.ruhr-uni-bochum.de

ISBN: 318318317x
Pages: 21-22

Mustererkennung als Diagnoseverfahren

Gerd Nowack

Lehrstuhl für Datenverarbeitung
Ruhr-Universität Bochum
44780 Bochum
email: nowack@etdv.ruhr-uni-bochum.de

Abstract

Zur Mustererkennung stellen sich zwei Fragen: (a) Wie arbeitet das rezeptornah neuronale Netz zur unbewußten Mustererkennung von Bildelementen? (b) Können diese Algorithmen verwendet werden, um AUTOMatisch MEDizinische Diagnosen durchzuführen? Der erste Schritt ist die Hough-Transformation: Kantenverstärkung und -extraktion, 1-bit-Digitalisierung, Akkumulationsmatrix und Maximumbestimmung im Parameterraum. Als zweiter Schritt dienen Kreisspektren zur Musterdefinition und -identifikation (z.B. von Krankheitsbildern). Ein Speed-up der Software kann erreicht werden durch: (a) Die Definition einer Region of Interest: ROI, d.h. Werte der Akkumulationsmatrix werden nur in der Umgebung des Maximums berechnet. (b) Innerhalb eines ROI's werden Werte nur auf der Spur des größten Gradienten (1:1 Abbildung) berechnet.

1. Einleitung: Realistische Erwartungen an die Analyse von Röntgenbildern

Im Vordergrund dieses Beitrages steht die Diagnose von Krankheiten auf der Grundlage von Bilddaten, die mit Hilfe der Röntgentechnik gewonnen wurden. Dabei durchdringen X-Strahlen den Körper, und es entsteht je nach Absorption der unterschiedlichen Gewebe ein Schattenbild. Für die üblichen Röntgenaufnahmen wird ein Film und eine Filmkassette mit fluoreszierenden Folien benötigt. Solche Aufnahmen enthalten theoretisch eine große Fülle von Informationen (etwa 1Gbyte). Das Röntgenbild kann mit einer geeigneten Videokamera aufgenommen werden, d.h. es entstehen in Bezug auf den Ort und die Amplitude der Helligkeit quantisierte, digitalisierte Röntgenbilder.

Eine rein elektronische Bildaufnahme ist ebenfalls möglich. Anstelle des Filmes tritt entweder eine phosphoreszierende Substanz, die dann nach der Belichtung mit einem Laser abgescannt wird oder ein Szintillator, der aber nur während der kurzen Belichtungszeit selbst leuchtet [1]. Wegen der geringen Quantenausbeute verschlechtert sich in beiden Fällen die räumliche Auflösung auf 2–3 Linien/mm, während der Röntgenfilm eine Auflösung von 10–50 Linien/mm ermöglicht. Unabhängig vom Bildaufnahme-Verfahren liegen quantisierte Daten vor, die für eine numerische Aus-

wertung geeignet sind. (Auflösungsverluste durch die Quantisierung selbst treten nicht auf, wenn analytische Verfahren eingesetzt werden. Der effizienteren Datenverarbeitung steht aber ein wesentlich größerer algorithmischer Aufwand gegenüber [2]). Eine vollautomatische Diagnose aufgrund eines Musterkataloges im Sinne eines wissensbasierten Expertensystems kann mit den hier vorgestellten neuen Algorithmen der Kreistransformation gestellt werden. Die jetzt bereits existierenden Teillösungen, wie z.B. die Randlinienbestimmung zur Organvermessung und vieles mehr liefern dagegen nur Basisdaten für eine Diagnose.

2. Ziele der Bilddatenverarbeitung

Die Aufgaben der Bilddatenverarbeitung können formal als Datenreduktion aufgefaßt werden, denn es sollen aus großen Mengen Bilddaten nur einige wenige, relevante Informationen bestimmt werden. Es lassen sich drei Fälle unterscheiden (siehe auch [3] S. 252, 253):

- (1) Im allgemeinsten Fall sind keine Vorkenntnisse über das Bild vorhanden. Ziel ist hierbei die Segmentierung, d.h. die Zuordnung von Bilddaten zu einem Gegenstand. Die Zuordnung der Gegenstände kann syntaktisch beschrieben werden, so daß die Objekte und ihre Beziehungen durch relationale Netze angegeben werden können (Bottom-up-Analyse).
- (2) Bei der Top-down-Analyse beschränkt sich die Bilddatenverarbeitung auf die Frage, ob definierte Muster im Bild vorhanden sind (Template matching).
- (3) Die Vorverarbeitung von Bilddaten, wie z.B. Filterungen mit Operatoren oder 1-bit-Digitalisierung gehört ebenfalls dazu, obwohl darin i.allg. nicht der Endzweck (Diagnose) liegt.

3. Methodisches Erkennen bei der Top-down-Analyse: Template matching

Beim Sehvorgang gelangen die Helligkeitssignale in ein neuronales Vorverarbeitungsnetz mit drei Zwischenebenen, das sich im Augenhintergrund befindet, um -uns unbewußt- visuelle Daten zu Bildelementen (Gerade, Kreis, Muster, z.B. Buchstaben) zu verarbeiten. Wie arbeitet nun dieses sensor-nahe neuronale Netz?

Mit der Lösung des Problems könnten wir Bildelemente algorithmisch als Symptome erkennen, deren Positionierung im Bild zusätzliche diagnostische Information enthält. Der erste Schritt zu einer Lösung ist die Hough-Transformation, die am Beispiel eines Musterkreises mit bekanntem Durchmesser, dessen Position gesucht ist, erklärt werden soll. Nach der Kantenverstärkung, Kantenextraktion und 1-bit-Digitalisierung wird die Akkumulationsmatrix aller Abbilder der Musterkreise berechnet, die in jedem Bildpunkt möglich sind. Die Maximumbestimmung im Parameterraum liefert für einen vorgegebenen Kreis also die Lageparameter des Mittelpunktes x_0 und y_0 (siehe auch: Zamperoni [4] S.146, Haberäcker [5] S. 344/345 und S. 348).

4. Die neue Kreistransformation als universelle Beschreibung geschlossener Muster

Die neue Kreistransformation, deren Bedeutung der Fourier-Transformation von (unbegrenzten) Zeitsignalen entspricht, beschreibt geschlossene Muster durch ihre Krümmungskreise und deren Lagekoordinaten. Das ist notwendig, weil die Hough-Transformation nur sinnvoll für Kreise angewendet werden kann. Schon bei der Suche nach einer Muster-Ellipse ergibt sich im Parameterraum x_0 , y_0 keine sinnvolle Akkumulationsmatrix mehr. Der Grund liegt in den Symmetrieeigenschaften: Der Kreis kann in sich gedreht werden, die Ellipse, wie auch jedes andere allgemeine geschlossene Muster, eben nicht.

Die Kreistransformation der Ellipse (beispielsweise) kann berechnet werden:

- (1) Radius R der Krümmungskreise im Randpunkt $P_1(x_1, y_1)$ (in der Literatur bekannt):

$$R = a^2 b^2 \left(\frac{x_1^2}{a^4} + \frac{y_1^2}{b^4} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

- (2) Berechnung der Mittelpunktskoordinaten der Krümmungskreise: $x_0(R)$, $y_0(R)$ (neu abgeleitet):

$$x_0 = \frac{\pm R}{\sqrt{1 + \frac{a^4 y_1^2}{b^4 x_1^2}}} + x_1 \quad (2)$$

$$y_0 = \frac{\pm R}{\sqrt{1 + \frac{b^4 x_1^2}{a^4 y_1^2}}} + y_1 \quad (3)$$

Damit läßt sich das Kreisspektrum der Ellipse (mit $a=1$, $b=0,5$): $x_0(R)$, $y_0(R)$ exakt angeben (siehe Abbildung). Umgekehrt läßt sich das Spektrum dazu

benutzen, die Linie der Ellipse wieder herzustellen. Kreistransformationen sind also eineindeutig.

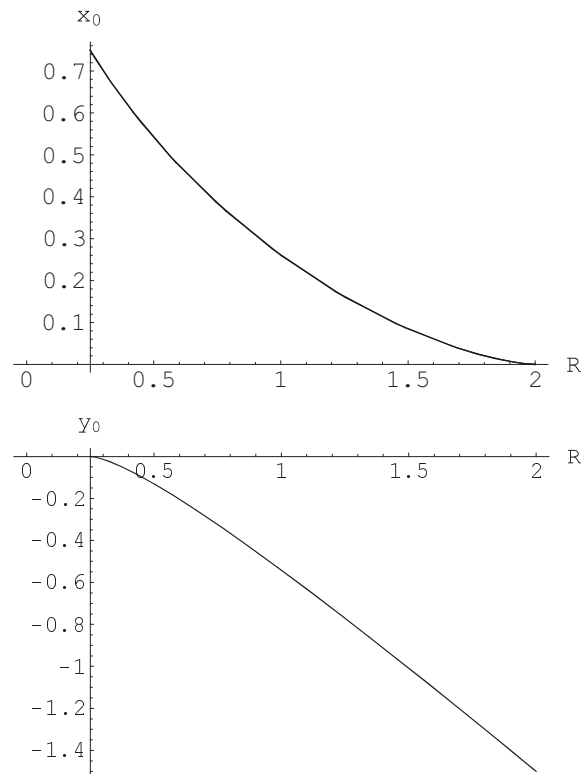


Abbildung: Kreisspektrum der Ellipse: $x_0(R)$, $y_0(R)$ (mit $a=1$, $b=0,5$)

5. Danksagung

Für seine Ermutigungen danke ich Herrn Professor Wolfgang Weber, der immer wieder die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Medizin gesucht und gefördert hat.

6. Literatur

- [1] Gotsch, Klaus: *Röntgendiagnostik ohne Film*, Carl Hanser-Verlag, München, F+M, 106, 1998, S. 448 – 450
- [2] Nowack, Gerd: *Sehen und Erkennen mit der Hough-Transformation*, Bericht der Herbsttagung der SEI, Sept. 1998, FZR-242 des Forschungszentrums Rossendorf
- [3] Ernst, Hartmut: *Einführung in die digitale Bildverarbeitung*, Franzis-Verlag, 1991, ISBN 3-7723-5682-6
- [4] Zamperoni, Piero: *Methoden der digitalen Bildsignalverarbeitung*, Vieweg Verlag, 2.Auflage, 1991, ISBN 3-258-13365-1
- [5] Haberäcker, Peter: *Digitale Bildverarbeitung*, Hanser-Verlag, 4. Auflage, 1991, ISBN 3-446-16339-5