Evolutionsalgorithmen in der Medizinschen Bildverarbeitung

H. Brinck, R. Kottenhoff, J. Krone, C. Strätgen

Labor für Bildverarbeitung
Märkische Fachhochschule Iserlohn, Frauenstuhlweg 31, 58644 Iserlohn
e-mail: krone@mfh-iserlohn.de

Zusammenfassung

Evolutionsalgorithmen sind spezielle Optimierungsverfahren, welche in Analogie zur biologischen Evolution ausgehend von einer Grundpopulation mittels Rekombination, Mutation und Selektion schrittweise neue Lösungen generieren. Die Selektion erfolgt aufgrund einer Fitness–Funktion so, daß sich unter bestimmten Bedingungen die Lösungen von Generation zu Generation dem Optimum dieser Funktion nähern.

Diese Methode wurde von Rechenberg und Schwefel in Deutschland unter der Bezeichnung „Evolutionsstrategie“ [1] entwickelt sowie unabhängig davon in den USA durch Holland bzw. Fogel, deren Verfahren als „genetische Algorithmen“ bzw. „Evolutionäre Programmierung“ bezeichnet werden.

Ein Ziel unserer Arbeitsgruppe ist es, Evolutionsstrategien als Methode zur Optimierung der Parameter von Algorithmen in der medizinischen Bildverarbeitung zu untersuchen.

Keywords: Evolutionsstrategie, genetische Algorithmen, Optimierung

1 Vorstellung der Arbeitsgruppe

An der Märkischen Fachhochschule Iserlohn (MFH) existiert eine Arbeitsgruppe, die sich schwerpunktmäßig mit der Anwendungen evolutionärer Algorithmen in der medizinischen Bildverarbeitung beschäftigt. Die Arbeitsgruppe besteht zur Zeit aus Prof. Dr. Jörg Krone, Prof. Dr. Heinrich Brinck, Dipl.-Inform. Rainer Kottenhoff, Dipl.-Ing. (FH) Christian Strätgen sowie fünf Diplomanden. Es werden die beiden Drittmittelprojekte „Parallele Extraktion von CAD–Daten aus radiologischen Bildern“ (Förderung durch das MWF vom 1.6.1995 bis 31.5.1998 mit etwa 165.000,- DM) und „Selbstoptimierende Bildverarbeitung“ (Förderung durch das BMWF vom 1.6.1996 bis 31.11.1997 mit etwa DM 198.000,- DM) durchgeführt.

Kooperationen auf Basis von regelmäßig gemeinsam bearbeiteten Projekten bestehen mit der Arbeitsgruppe um Hs.-Doz. Dr.med. R. Grebe im Institut für Physiologie der RWTH Aachen, mit der Märkischen Gesellschaft für medizin–technische Entwicklung mbH sowie im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Angewandte Bildverarbeitung der MFH. Erste Ergebnisse der Arbeitsgruppe werden im folgenden an zwei Beispielen kurz dargestellt.

2 Adaption von Hüftendoprothesen

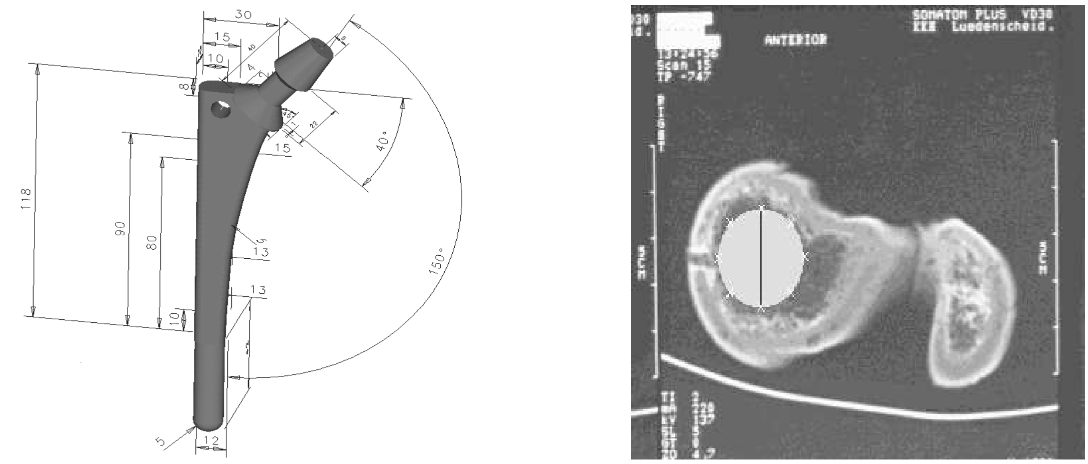
In der Vergangenheit wurde in der Hüftendoprothetik heftig über die Vor– und Nachteile von Individualprothesen im Vergleich zu Standardprothesen gestritten [2], so daß das weite Feld der möglichen Ansätze zwischen diesen beiden Positionen kaum beachtet wurde. Falls eine Standardprothese aus medizinischen Gründen ungeeignet ist, muß nicht in jedem Fall eine neue Prothese individuell entworfen werden, sondern es ist durchaus denkbar, ein Standardprothesenmodell speziell für den Patienten anzupassen. Hierbei können, bis zu einem gewissen Grad, anatomische Besonderheiten berücksichtigt werden, ohne die grundsätzliche Design–Philosophie der jeweiligen Standardprothese zu ändern.

Das Ziel dieses Projektes ist es, die Prothesenadaption durch Integration von Bildverarbeitungs– und CAD/CAM–Techniken zu einer Prozeßkette weitestgehend zu automatisieren.

2.1 Matching radiologischer Aufnahmen

Mit einem Matching–Algorithmus wird eine affine Bildtransformation [3] zwischen den radiologischen Daten des Patienten und einer „normalen Hüfte“, für welche die Standardprothese eine optimale Lösung darstellt, berechnet. Dieser Bildvergleich stellt ein Optimierungsproblem dar, welches in diesem Projekt durch Anwendung einer hybriden Technik aus *Evolutionsstrategie* und *genetischen Algorithmen* gelöst wird [4]. Als Fitness–Funktion dient ein Ähnlichkeitsmaß (z.B. der Korrelationskoeffizient) zwischen transformiertem Referenzdatensatz („normale Hüfte“) und Patientendatensatz.

Weiterhin wird untersucht, ob die lineare (affine) Transformation zur Adaption ausreicht, oder ein höher-dimensionaler Suchraum [4] (z.B. eine trilineare Transformation, „polynomial warping“) notwendig ist. Ein Vergleich des hier angewandten Verfahrens mit einem klassischen *Image Registration* Verfahren auf Basis der Fourier–Mellin Transformationsinvarianten [5] (bei affiner Transformation) ist vorgesehen.



(a) (b)

Abbildung 1: Parameterdarstellung der Variantenkonstruktion einer Endoprothese (a) CT–Aufnahme eines Femurs mit Endoprothese (b)

2.2 Variantenkonstruktion der Endoprothese

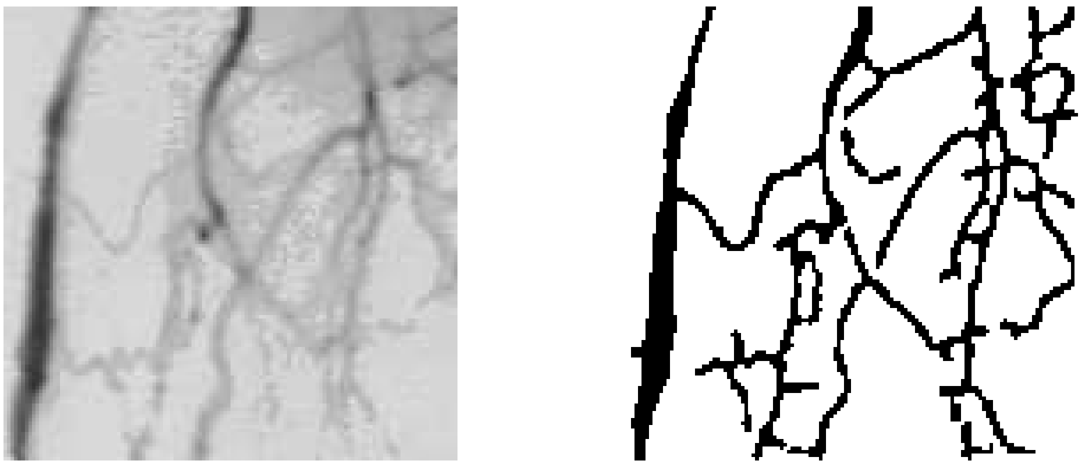
Die errechnete Transformation wird auf die Designparameter der Variantenkonstruktion einer Standardprothese (Abb. 1 (a)) angewandt, wodurch eine Anpassung der Konturlinien des CAD–Prothesenmodells an die Patientendaten (Abb. 1 (b)) erzielt wird. Diese individuelle Adaption ermöglicht damit die optimale Ausnutzung der medizinischen Aspekte des jeweiligen Prothesendesigns [6].

Danach kann am CAD–System ein Eingriff durch den Mediziner zur Veränderung der Prothese (z.B. die Korrektur einer Fehlstellung) erfolgen. Das CAD/CAM–System erzeugt automatisch ein Steuerprogramm zur Fertigung der angepaßten Prothese mittels einer CNC-Fräsmaschine.

3 Klassifikation von DSA–Bildern

In diesem Projekt wird untersucht, ob und wie eine automatische Klassifikation von stark verrauschten Digitalen Subtraktions–Angiographie (DSA) Aufnahmen möglich ist. Die Ergebnisse werden als Hilfsmittel zur Prothesenherstellung im Gefäßbereich benötigt.

Eine wesentliche Aufgabe bei der Klassifikation ist die Merkmalsextraktion, hier also die Segmentierung von kleinen Gefäßen, die teilweise lediglich ein Pixel breit sind und deren Grauwerte oft im Rauschbereich des Hintergrundes (Abb. 2 (a)) liegen. Da diese Problemsituation typisch für die Erkennung feingliedriger Strukturen auf digitalen Bildern ist, kann das hier vorgestellte Verfahren auch für andere Anwendungsfelder relevant sein.



(a) (b)

Abbildung 2: DSA–Aufnahme (a) und zugehörige Segmentierung (b)

3.1 Evolutionäre wissensbasierte Segmentierung

Unser Ansatz basiert auf einer neuen, evolutionären Methode zur wissensbasierten Bildsegmentierung, welche in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe um Dr.med. Grebe am Klinikum der RWTH Aachen entwickelt wird. Dieses Verfahren wurde so erweitert, daß keine externe Wissensbasis benötigt wird, sondern diese direkt aus dem untersuchten Bild durch eine *Hough–Transformation* [3] generiert wird. Die so ermittelten Linien werden in dem Evolutionsalgorithmus rekombiniert, mutiert und selektiert, wodurch sie beispielsweise bezüglich Krümmung und Breite angepaßt werden.

3.2 Optimiertes Region Growing als Vergleich

Zu Vergleichszwecken wurde auch ein mehrstufiges *Region Growing* Verfahren, basierend auf lokal–dynamischen Schwellwerten mit steigender Empfindlichkeit, speziell für dieses Anwendungsproblem optimiert und implementiert [7]. Dabei beruht die Optimierung nur auf der Voraussetzung, daß einzelne Gefäße auf den DSA–Aufnahmen zusammenhängende Gebiete bilden.

Eine visuelle Inspektion der Ergebnisse zeigt, daß grundsätzlich auch kleine Gefäße auf DSA–Aufnahmen der vorliegenden Qualität erkennbar sind (Abb. 2 (b)). Zur Quantifizierung der Erkennungsraten wird zur Zeit eine Testreihe durchgeführt, bei der DSA–Bilder von verschiedenen Personen manuell segmentiert werden.

Literatur

[1] H. P. Schwefel: Evolution and Optimum Seeking. Springer Verlag, 1995.

[2] G. Aldinger, A. Fischer, B. Kurtz: Computergestützte Herstellung individuell–anatomischer Endoprothesen. Z. Orthop. 122: 733-736, 1984.

[3] T. Lehmann, E. Pelikan, W. Oberschelp, R. Repges: Medizinische Bildverarbeitung. Scriptum zur Ringvorlesung (RWTH Aachen und FU Berlin) Institutsdruck, 1995

[4] J.-J. Jacq, Christian Roux: Registration of Non-Segmented Images Using a Genetic Algorithm. Proceedings of CVRMed'95, 1995

[5] Q. Chen, M. Defrise, F. Deconinck: Symmetric Phase-Only Matched Filtering of Fourier–Mellin Transforms for Image Registration and Recognition. IEEE Trans. on Pat. Anal. and Mach. Intell. 16 (12): 1156-1168, 1994

[6] H. Brinck, R. Kottenhoff, J. Krone, C. Strätgen: Integration von Bildverarbeitungs– und CAD/CAM–Modulen für die Adaption von Hüftendoprothesen. Vorträge Biomedizinische Technik, Band 41 (1): 220-221, 1996

[7] M. Allelein, C. Bucker, H. Brinck, J. Krone: Neue bildverarbeitende Verfahren zur Erkennung von Gefäßtopografien bei DSA-Aufnahmen. Vorträge Biomedizinische Technik, Band 41 (1): 182-183, 1996