

Multiparametervisualisierung zur Exploration dynamischer Bilddaten

Steffen Oeltze¹, Christian Bendicks¹, Sarah Behrens² und Bernhard Preim¹

¹Institut für Simulation und Graphik,

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 39106 Magdeburg

²MeVis - Center for Medical Diagnostic Systems and Visualization GmbH

University of Bremen, 28359 Bremen

Email: stoeltze.isg.cs.uni-magdeburg.de

Zusammenfassung. Wir beschreiben Methoden zur Exploration dynamischer CT- und MR-Daten. Dabei konzentrieren wir uns auf die Interaktion mit Parameterbildern, speziell auf die gleichzeitige Darstellung mehrerer Parameter. Zu diesem Zweck wurden erstmalig kolorierte Höhenfelder und Farbkarten für die integrierte Visualisierung mehrerer Parameter basierend auf dynamischen Daten eingesetzt. Justierbare synchronisierte Linsen nutzen die Symmetrie in axialen Schichten des Gehirns. Sie erweitern das Konzept herkömmlicher ROIs und erlauben die integrierte Darstellung von originalem Schichtbild und zugehörigem Parameterbild.

1 Einleitung

Dynamische Bilddaten werden vor allem akquiriert, um die Durchblutung bzw. Kontrastmittelanreicherung zu untersuchen. Die Daten enthalten Informationen über Signalveränderungen, die durch Anflutungs- und Auswaschungsvorgänge des Kontrastmittels im Zielgewebe begründet sind. Durch die Abtragung der Signalintensitäten korrespondierender Bildpunkte gegen die Zeit entstehen Zeit-Intensitäts-Kurven. Kurvenparameter wie die maximale relative Signalintensität (peak enhancement) und die Zeitdauer bis zum Erreichen dieses Maximums (time to peak) erlauben die Detektion krankhafter Gewebeveränderungen, z.B. in der Dynamischen MR-Mammographie und in zerebralen MR-Daten, die für die Schlaganfalldiagnostik akquiriert werden. Hier sollen Bereiche identifiziert werden, die aufgrund ihrer Dynamik verdächtig erscheinen (verzögerte und verringerte Perfusion in einem infarktverdächtigen Bereich bzw. sehr schnelle Kontrastmittelanreicherung in einem Tumor). Existierende Softwareassistenten erzeugen Parameterbilder einer ausgewählten Schicht welche jeweils einen Parameter farbkodiert darstellen. Die Diagnose erfordert jedoch oft eine Kombination verschiedener Parameter. Daher werden Methoden der Multiparametervisualisierung benötigt, welche die Integration mehrerer Parameter ermöglichen.

2 Verwandte Arbeiten

Sowohl in kommerziellen Workstations als auch in Forschungsprototypen [1], [2], [3] können ROIs definiert, zugehörige Zeit-Intensitäts-Kurven analysiert und Parameterbilder berechnet und farbkodiert werden. In [4] wurden die Kombination von Isolinien mit Farbabbildungen sowie eine multivariate Farbabbildung für die Darstellung mehrerer Parameter vorgestellt. 3d-Visualisierungen basierend auf Dynamic Contrast Enhanced (DCE) MR-Mammographien wurden in [3] vorgestellt. Durch die interaktive Abbildung dynamischer Parameter in denen Bereiche mit ausgeprägter Dynamik opak dargestellt wurden und eine Rotation des Objektes können Tumore der weiblichen Brust beurteilt werden. Speziell für DCE MR-Mammographien wurde in [5] eine farbkodierte Closest Vessel Projection (CVP) entwickelt. Bildgebende Verfahren für die DCE MR-Mammographie werden in [6] beschrieben. Kommerzielle Software zur Schlaganfalldiagnostik, z.B. von General Electrics und SIEMENS, ermöglicht die Generierung farbkodierter Parameterbilder. Unter Ausnutzung der Symmetrie des Gehirns erlaubt die Spiegelung der in einer Gehirnhälfte eingezeichneten ROI die Beurteilung diagnostisch wesentlicher Unterschiede.

3 Methoden der Multiparametervisualisierung zur Exploration dynamischer Bilddaten

Unsere Arbeit konzentriert sich auf die Entwicklung von Methoden der Multiparametervisualisierung für dynamische CT- und MRT-Daten. Diese neuen Techniken und Erweiterungen bereits bekannter Verfahren, basierend auf unseren Vorarbeiten [2], wurden in die Softwareplattform MeVisLab (www.mevislab.de) integriert. Für die Erprobung der Algorithmen standen DCE MR-Mammographien und zerebrale MR-Daten zur Verfügung. Die DCE MR-Mammographien sind bewegungskorrigiert nach [7]. Für alle Daten wurden vorberechnete Volumina jedes charakteristischen Parameters genutzt. Folgende Visualisierungstechniken wurden entwickelt:

3.1 Farbkodierte Animation der Kontrastmittelanreicherung in 2d und 3d

Zu Beginn wird ein so genanntes Referenzbild (Referenzvolumen) zum Zeitpunkt t festgelegt. Basierend darauf werden für die Animation der dynamischen Kontrastmittelanreicherung zu den restlichen Zeitpunkten Differenzbilder (Differenzvolumina) berechnet und fortlaufend präsentiert (Abb. 1). Während das Referenzbild auf Grauwerte abgebildet wird, sind die Differenzen farbkodiert.

3.2 Kolorierte Höhenfelder

Diese Visualisierungstechnik erlaubt die integrierte Darstellung von zwei Parametern einer Schicht. Basierend auf dem ersten Parameterbild wird ein 3d-Höhenprofil generiert. Für jedes Pixel der gewählten Schicht wird der entsprechende Parameterwert auf die Höhe abgebildet. Das entstandene Höhenfeld wird

entsprechend der Werte des zweiten Parameterbildes mit Hilfe einer wählbaren Farbtabelle eingefärbt (Abb. 2). Es kann anschließend frei rotiert werden, so dass auch anfangs verdeckte Teile sichtbar werden. Die Abbildung auf die Höhe ist skalierbar; initial wird sie an den Wertebereich des gewählten ersten Parameters angepasst. Eine lokale Beleuchtung erleichtert die Erkennung von kleineren (Höhen)Unterschieden.

3.3 Flexible synchronisierte Linsen

Linsen werden häufig bei der Exploration konventioneller Bilder zur vergrößerten Darstellung kleiner auffälliger Erscheinungen genutzt. Im Gegensatz dazu können sie innerhalb der Multiparametervisualisierung für die Integration zusätzlicher Information verwendet werden. Bezogen auf Parameterbilder kann so ein Parameter innerhalb der Linse (Fokus) im Kontext eines anderen Parameters oder dem originalen Schichtbild präsentiert werden. Hierzu wird eine achsenparallele, verschiebbare und größenverstellbare Linse durch den Benutzer auf einem Parameterbild bzw. dem Schichtbild platziert. Durch diese rechteckige Linse wird ein zweites, farbkodiertes Parameterbild auf das erste Bild projiziert. Für symmetrische Strukturen, wie das Gehirn in der axialen Ansicht, kann die Linse an einer vertikalen, einstellbaren Symmetrielinie gespiegelt werden, um diagnostisch relevante Unterschiede zwischen den Hemisphären zu detektieren (Abb. 3).

3.4 Farbkonen

Mit Hilfe von Farbkonen können bis zu vier Parameter gleichzeitig dargestellt werden. Hierzu wird jedes Pixel des Originalbildes durch vier neue, quadratisch angeordnete Pixel (Farbkone) ersetzt. Jedem der neuen Pixel kann nun die Intensität des korrespondierenden Pixels aus einem Parameterbild zugewiesen werden. Wird für die abzubildenden Parameter dieselbe Farbkodierung verwendet, können so homogene Bereiche erkannt werden. Der Einsatz von Farbkonen ist motiviert durch [8].

3.5 HSV-Farbkodierung und Isolinien

Diese in [4] vorgestellte Methode gestattet ebenfalls die Abbildung von vier Parametern. Die ersten drei Parameter werden auf die HSV-Kanäle abgebildet und so zu einem Farbbild fusioniert. Durch farbige Isolinien wird der vierte Parameter visualisiert. Mittels frei wählbarer Isowerte kann der Benutzer Bereiche mit gleichem Parameterwert identifizieren.

4 Ergebnisse

Im Rahmen unserer Arbeit sind verschiedene Werkzeuge zur Exploration dynamischer Daten entwickelt worden. Kolorierte Höhenfelder wurden erstmals in diesem Kontext verwendet. Hier haben sich verschiedene Voreinstellungen als

Abb. 1. Farbkodierte Differenzvolumina zu drei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten einer Perfusionsuntersuchung des Gehirns nach akutem Schlaganfall. Schlecht durchblutete Regionen äußern sich durch Transparenz im mittleren und rechten Bild.

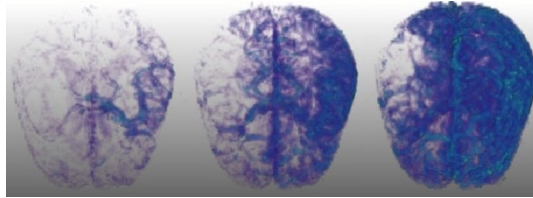


Abb. 2. Höhenfeld einer Hirnschicht. Abbildung des Parameters „Integral“ auf Höhe. Der TTP-Parameter wird auf Farbe abgebildet. Der Infarktkern erscheint als weißes Tal (gelber Pfeil). Geschädigte Areale um den Infarktkern sind durch braun-grüne Bereiche auf Talhöhe bzw. weiße bis hellblaue Erhebungen repräsentiert.

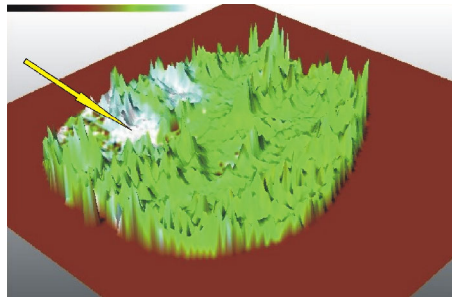
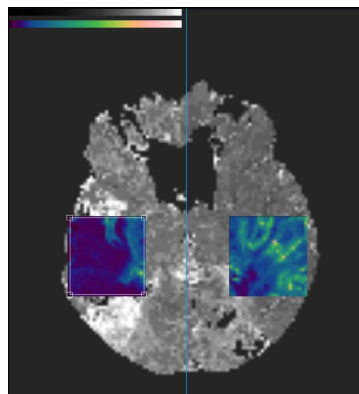


Abb. 3. Asymmetrie als Anzeichen krankhafter Veränderungen nach einem akuten Schlaganfall. Das TTP-Parameterbild einer Schicht des Gehirns dient als Kontext. Innerhalb der gespiegelten ROIs (im Fokus) wird der Parameter „Peak“ dargestellt. In der rechten Hemisphäre zeichnet sich der Infarktkern durch eine dunklere Färbung ab.



günstig erwiesen. So werden die Höhenwerte zur besseren Interpretierbarkeit an einen konkreten Wertebereich angepasst. Weiterhin sichert eine isometrische Parallelprojektion und eine lineare Interpolation der Messwerte die Eindeutigkeit der Beziehung zwischen Darstellung und Daten. Einzelne Höhen, z.B. starke Maxima, werden beschriftet. Zusätzlich können dem Höhenfeld Gitterlinien überlagert werden, wobei die resultierende Krümmung der Linien die Homogenität bzw. Inhomogenität deutlich macht. Eine lokale Beleuchtung sichert die Erkennbarkeit leichter Unebenheiten. Die hier vorgestellten Farbkonen erlauben die platzsparende Visualisierung von bis zu vier Parametern. Die Wahrnehmung der Textur des Ergebnisbildes gibt ein Gefühl für die globale Verteilung bestimmter Parameterkombinationen. Bei der Schlaganfalldiagnostik nutzen flexible synchronisierte Linsen die Symmetrie des Gehirns und erleichtern die Detektion von diagnostisch relevanten Unterschieden in beiden Hemisphären.

5 Diskussion

Die beschriebene Entwicklung von Multiparametervisualisierungen basiert auf Diskussionen mit Radiologen, in denen die Notwendigkeit Parameterinformationen zu integrieren, deutlich wurde. Die hier beschriebenen Visualisierungstechniken müssen von klinischer Seite evaluiert und innerhalb einer konkreten Anwendung getestet werden. Wesentlich sind die Bestimmung geeigneter Parameterkombinationen und ein Vergleich der Techniken hinsichtlich der Schnelligkeit und Genauigkeit der Interpretation.

Literaturverzeichnis

1. Beier J, Stroszczyński C, Oellinger H, Fleck E, et al. 2D- und 3D-Parameterbilder zur Analyse der Kontrastmittelverteilung bei dynamischen CT- und MR-Untersuchungen. *Der Radiologe* 1998;38(10):832–840.
2. Meyer S, Müller-Schimpfle M, Jürgens H, et al. MT-DYNA: Computer Assistance for the Evaluation of Dynamic MR and CT Data in a Clinical Environment. In: CARS; 1999. p. 331–334.
3. Englmeier KH, Griebel J, Lucht R, et al. Dynamische MR-Mammographie: Multidimensionale Visualisierung der Kontrastmittelanreicherung in virtueller Realität. *Der Radiologe* 2000;40(3):262–266.
4. Preim B, Kohle S, Konrad-Verse O, et al. Mehrdimensionale Visualisierung dynamischer Bilddaten am Beispiel der Durchblutungsquantifizierung. In: SimVis; 2003. p. 77–88.
5. Kohle S, Preim B, Wiener J, et al. Exploration of time-varying data for medical diagnosis. In: Vision, Modeling, and Visualization; 2002. p. 31–38.
6. Heywang-Köbrunner SH, Beck R. Contrast-enhanced MRI of the breast. 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1996.
7. Rueckert D, Sonoda LI, Hayes C, et al. Nonrigid registration using free-form deformations: application to breast MR images. *IEEE Trans Med Imaging* 1999;18(8):712–721.
8. Levkowitz H. Color icons: merging color and texture perception for integrated visualization of multiple parameters. In: IEEE Visualization; 1991. p. 164–170.