

Hafiz Muhammad Fahad
Dr. sc. hum

Multi-parametric optimization of magnetic resonance imaging sequences for magnetic resonance-guided radiotherapy

Fach/Einrichtung: Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)
Doktorvater: Prof. Dr. Christian Karger

Die Magnetresonanztomographie (MRT) wird in der Onkologie häufig für das Tumor-Staging, die Beurteilung des Therapieerfolgs und die Planung der Radiotherapie (RT) eingesetzt. Die Optimierung von MRT-Sequenzen für spezifische klinische Anforderungen ist jedoch aufgrund der großen Anzahl von Parametereinstellungen komplex und sehr zeitaufwändig. In dieser Studie werden zwei verschiedene Verfahren für die automatische Optimierung von MRT-Sequenzen für zwei klinische Anwendungsfälle in der RT-Planung basierend auf den Sequenz-Parametersätzen (SPS) vorgeschlagen: I) eine regressionsbasierte Optimierung und II) eine On-the-Run-Optimierung. Für die Messungen wurde ein Phantom mit 7 selbst hergestellten Kontrasten verwendet. Bei der regressionsbasierten Optimierung wurden zwei Vorhersagemodelle, i) ein verallgemeinertes additives Modell (GAM) und ii) ein Deep-Learning-Modell (DL), auf Basis einer großen Anzahl von aufgenommenen Datensätzen implementiert. Die On-the-Run-Optimierung der SPS wurde dagegen direkt auf dem MR-Scanner über die Access-i Schnittstelle durchgeführt. Beide Methoden verwendeten einen ableitungsfreien Optimierungsalgorithmus, um eine parametrisierte Sequenz basierend auf dem Vorhersagemodell oder der direkten Verwendung des MR-Scanner iterativ zu aktualisieren. In jeder Iteration wurde der mittlere quadratische Fehler (MSE) berechnet. Es wurden zwei klinisch relevante Optimierungsziele verfolgt: Das Erreichen des gleichen Kontrasts wie in einem Zielbild und die Maximierung des Kontrasts zwischen bestimmten Gewebetypen. Beide Ziele wurden mit zwei Optimierungsmethoden bewertet: einer Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy (CMA-ES) und einem genetischen Algorithmus (GA). Die erzielten Ergebnisse zeigten das Potenzial der Methode für die automatische Kontrastoptimierung von MRT-Sequenzen. Sowohl die CMA-ES- als auch die GA-Methode zeigten vielversprechende Ergebnisse beim Erreichen der beiden Optimierungsziele, wobei die CMA-ES-Methode im Vergleich zur GA-Methode wesentlich schneller konvergierte. Die vorgeschlagene Methode ermöglicht die schnelle automatische Kontrastoptimierung von MRT-Sequenzen auf der Grundlage von SPS und kann zur Verbesserung der Qualität von MRT-Bildern für spezielle Anwendungen in der MR-geführten RT eingesetzt werden.