

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Schlussbericht

Verbund: 05M2020 - iDeLIVER

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Projektleitung: Prof. Dr. Andreas Maier
E-Mail: andreas.maier@fau.de
Förderkennzeichen: 05M20WEB
Förderzeitraum: 01.04.2020 - 31.12.2023
Zuwendung: 287.004,55 €
Projektträger: Projektträger DESY

Zusätzlicher Kontakt: alexandra.hauske@fau.de
Zusätzlicher Name: Alexandra Hauske

Genutzte Großgeräte:	Labor	Gerät	Experiment
Diplomarbeiten:	0		
Dissertationen:	1		
Habilitationen:	0		
Referierte Publikationen:	0		
Andere Veröffentlichungen:	0		
Patente:	0		
Bachelorarbeiten:	0		
Masterarbeiten:	1		
Staatsexamen:	0		

Dieser Bericht wurde beim Projektträger über einen individuellen Online-Zugang vom Projektleiter eingereicht und am 28.06.2024 12:41 für eine Veröffentlichung freigegeben.

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Projektleitung:	Prof. Dr. Andreas Maier
Verbund:	Universitätsklinikum Würzburg (Teilprojekt A) Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Universität Stuttgart (Teilprojekt B, D) Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Teilprojekt C) Siemens Healthcare GmbH (Anwendungspartner) JenLab GmbH (Anwendungspartner)
05M2020 - iDeLIVER	
Thema:	iDeLIVER: Intelligente MR-Diagnostik der Leber durch Verknüpfung modell- und datengetriebener Verfahren. Teilprojekt C: Datengetriebene Bildanalyse und Klassifizierung.

Zusammenfassung

Laufzeit: 01.04.2020 bis 01.04.2023 mit kostenneutraler Verlängerung bis 31.12.2023

Personalmittel: 1x Doktorand wurde nach TV-L13 eingestellt.

Deep Learning Models für Segmentierung des Lebers wurden implementiert und trainiert, getestet an öffentlichen Datensatz. Wir haben eine pixelgenaue Segmentierung der Leber ohne Läsion für den öffentlichen Datensatz CHAOS (Combined (CT-MR) Healthy Abdominal Organ Segmentation) berechnet, verschiedene 2D/3D Netzwerke und Parameter wurden untersucht.

Um den Kontrastmittelfluss in der Läsion automatisch zu ermitteln, wurde ein Datensatz durch Erhöhung der Läsionsintensität erstellt. Netzwerke zur Abschätzung der Malignität wurden auf diesen simulierten Daten untersucht und angepasst. Zur Verbesserung und Beschleunigung des Trainings neuer Modelle wurde eine neue Initialisierungstechnik namens "patient-reference initialization" getestet.

Das 3D-Modell zur Segmentierung von Leber und Läsionen wurde mit zusätzlichen annotierten Datensätzen vom Partner UKW durch Transfer Learning optimiert. Das kombinierte Training von Rekonstruktion und Segmentierung verwendet das Modell aus Teilprojekt A und wird auf Rohdaten im k-Raum durchgeführt. Dabei werden die Informationen schrittweise reduziert, um das Netzwerk für kürzere Scanzeiten zu trainieren.

Ein Software-Prototyp (inklusive Quellcode und Dokumentation) zur Läsionscharakterisierung, der die in Projekt D entwickelten Netzwerkmodelle berücksichtigt, wurde entwickelt.

Bericht

1 Aufgabenstellung und Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

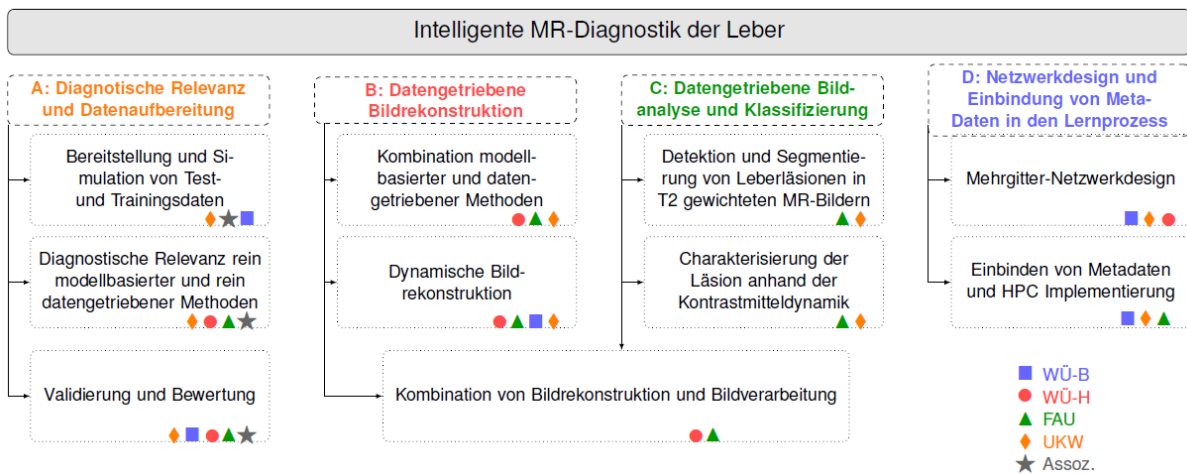
- Detektion und Segmentierung von Leberläsionen in T2 gewichteten MR-Bildern (Python). UKW hinsichtlich der Definition der diagnostischen Fragestellung
- Charakterisierung der Läsion anhand der Kontrastmitteldynamik (simuliert, Python)
- Kombination Bildrekonstruktion und Bildverarbeitung und Software-Prototyp (Python)

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Eine große Schwierigkeit rein datengesteuerter Ansätze besteht darin, eine Kontrolle über die Ausgabe herzustellen. So können Netzwerke optisch ansprechende Ergebnisse rekonstruieren, welche allerdings nicht mit der Realität übereinstimmen.

Es existieren Netzwerke, die Segmentierungen durchführen können, jedoch sind diese nicht speziell auf T2-gewichtete Bilder des Leberbereichs und insbesondere auf unterschiedlichen Leberläsionen ausgerichtet.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens sowie Kooperation mit Dritten



- Monat 1-12: Detektion und Segmentierung von Leberläsionen in T2 gewichteten MR-Bildern.

- Monat 10-27: Charakterisierung der Läsion anhand der Kontrastmitteldynamik

- Monat 25-36: Kombination Bildrekonstruktion und Bildverarbeitung und Software-Prototyp

4 Verwendung der Zuwendung (wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises, z. B. Investitionen, Personalmittel)

1x Doktorand wurde nach TV-L13 eingestellt.

5 Erzielte Ergebnisse mit Gegenüberstellung der vereinbarten Ziele

Deep Learning Model für Segmentierung des Lebers implementiert und trainiert, getestet an öffentlichen Datensatz. Wir haben eine pixelgenaue Segmentierung der Leber ohne Läsion für den öffentlichen Datensatz CHAOS (Combined (CT-MR) Healthy Abdominal Organ Segmentation) berechnet, verschiedene 2D/3D Netzwerke und Parameter wurden untersucht.

Um den Kontrastmittelfluss in der Läsion automatisch zu ermitteln, wurde ein Datensatz durch Erhöhung der Läsionsintensität erstellt. Netzwerke zur Abschätzung der Malignität wurden auf diesen simulierten Daten untersucht und angepasst. Zur Verbesserung und Beschleunigung des Trainings neuer Modelle wurde eine neue Initialisierungstechnik namens "patient-reference initialization" getestet. Diese Methode hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, da sie die Trainingsgeschwindigkeit der Modelle weiter steigert und speziell bei kleinen Datensätzen eine signifikante Unterstützung bietet.

Das 3D-Modell zur Segmentierung von Leber und Läsionen wurde mit zusätzlichen annotierten Datensätzen vom Partner UKW durch Transfer Learning optimiert. Das kombinierte Training von Rekonstruktion und Segmentierung verwendet das Modell aus Teilprojekt A und wird auf Rohdaten im k-Raum durchgeführt. Dabei werden die Informationen schrittweise reduziert, um das Netzwerk für kürzere Scanzeiten zu trainieren.

Ein Software-Prototyp (inklusive Quellcode und Dokumentation) zur Läsionscharakterisierung, der die in Projekt D entwickelten Netzwerkmodelle berücksichtigt, wurde entwickelt.

6 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Eine automatische und pixelgenaue Segmentierung ist von großer Bedeutung und bringt zahlreiche Vorteile mit sich. Durch die Segmentierung wird der Bereich der Leber präzise abgegrenzt, wodurch das Modell direkt in diesem spezifischen Bereich nach Läsionen suchen kann. Dies erhöht die Effizienz und Genauigkeit der Diagnose erheblich.

Die Identifizierung des Kontrastmittelflusses ermöglicht es, die Malignität der Läsionen quantitativ zu berechnen. Diese quantitative Analyse ist entscheidend für die Bewertung des Krankheitsstadiums und die Planung der weiteren Behandlung. Eine präzise Segmentierung trägt somit nicht nur zur frühzeitigen Erkennung von Leberläsionen bei, sondern verbessert auch die Genauigkeit der Diagnose und die Qualität der Patientenversorgung.

Die Notwendigkeit dieser Arbeit liegt in der Verbesserung der diagnostischen Methoden, der Reduktion der Arbeitsbelastung für medizinisches Personal und der Optimierung der Behandlungsstrategien. Durch den Einsatz modernster Technologien wie Deep Learning und automatisierter Bildverarbeitung wird den klinischen Alltag effizienter und die Patientenversorgung signifikant verbessert.

7 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse

Automatisierte Segmentierungssysteme können die Analyse von Bildern beschleunigen und die Zeit bis zur Diagnose verkürzen. Dies führt zu einer schnelleren Bereitstellung von Behandlungsplänen und erhöht die Effizienz der klinischen Abläufe, was insgesamt die Wartezeiten für Patienten reduziert.

Verbesserte Gesundheitsüberwachungssysteme oder präzisere Diagnoseinstrumente. Durch die genaue Abgrenzung der Läsionen ermöglicht die Segmentierung eine quantitative Analyse, einschließlich der Berechnung von Volumen und Größe der Leber sowie der Läsionen. Diese Informationen sind von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung des Krankheitsverlaufs und die Bewertung der Wirksamkeit von Behandlungen.

Ein Prozess von der Scan-Datenanalyse bis zur Diagnose könnte integriert und entsprechende Produkte entwickelt werden. Durch die Entwicklung von ASIC-Hardware basierend auf unseren Deep-Learning-Modellen wird die Rechenleistung weiter optimiert, um vor Ort schneller und effizienter Segmentierungs- und Diagnoseergebnisse zu erzielen. Dies unterstützt medizinisches Fachpersonal dabei, die Scan-Parameter entsprechend anzupassen, um präzisere Bilder der Patienten zu erzeugen.

8 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Deep Learning Framework for Liver Segmentation from T1-Weighted MRI Images. S. Gul, MS Khan et al. *Sensors* 2023, 23(21), 8890; <https://doi.org/10.3390/s23218890>

A deep-learning approach for segmentation of liver tumors in magnetic resonance imaging using UNet++. J.Wang et al. *BMC Cancer*, Volume 23, 1060 (2023)

9 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

9.1 Referierte Publikationen (z. B. in Fachzeitschriften oder -büchern und referierte Konferenzproceedings)
keine

9.2 Andere Veröffentlichungen (z. B. Konferenzbeiträge wie Vorträge und Poster, unreferierte Proceedings, Conference Notes)

keine

9.3 Abschlussarbeiten (Bachelor, Master, Diplom, Staatsexamen, Promotion, Habilitation)

Masterarbeit: Ground Truth based Convolution Kernel Initialization Method for Medical Image Segmentation

Kurzbericht

- öffentlich -

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Projektleitung: Prof. Dr. Andreas Maier

Verbund: Universitätsklinikum Würzburg (Teilprojekt A)
Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Universität Stuttgart
(Teilprojekt B, D)
05M2020 - iDeLIVER Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Teilprojekt C)
Siemens Healthcare GmbH (Anwendungspartner)
JenLab GmbH (Anwendungspartner)

Thema: iDeLIVER: Intelligente MR-Diagnostik der Leber durch
Verknüpfung modell- und datengetriebener Verfahren.
Teilprojekt C: Datengetriebene Bildanalyse und Klassifizierung.

1. Ziel und Inhalt des Projektes

- Detektion und Segmentierung von Leberläsionen in T2 gewichteten MR-Bildern
- Charakterisierung der Läsion anhand der Kontrastmitteldynamik
- Kombination Bildrekonstruktion und Bildverarbeitung und Software-Prototyp

2. Ablauf und Ergebnisse des Vorhabens

- Monat 1-12: Deep Learning Model für Segmentierung der Leber implementiert und trainiert, getestet an öffentlichen Datensatz. Wir haben eine pixelgenaue Segmentierung der Leber ohne Läsion für den öffentlichen Datensatz CHAOS (Combined (CT-MR) Healthy Abdominal Organ Segmentation) berechnet, verschiedene 2D/3D Netzwerke und Parameter wurden untersucht.
- Monat 10-27: Um den Kontrastmittelfluss in der Läsion automatisch zu ermitteln, wurde ein Datensatz durch Erhöhung der Läsionsintensität erstellt. Netzwerke zur Abschätzung der Malignität wurden auf diesen simulierten Daten untersucht und angepasst. Zur Verbesserung und Beschleunigung des Trainings neuer Modelle wurde eine neue Initialisierungstechnik namens "patient-reference initialization" getestet. Diese Methode hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, da sie die Trainingsgeschwindigkeit der Modelle weiter steigert und speziell bei kleinen Datensätzen eine signifikante Unterstützung bietet.
- Monat 25-36: Das 3D-Modell zur Segmentierung von Leber und Läsionen wurde mit zusätzlichen annotierten Datensätzen vom Partner UKW durch Transfer Learning optimiert. Das kombinierte Training von Rekonstruktion und Segmentierung verwendet das Modell aus Teilprojekt A und wird auf Rohdaten im k-Raum durchgeführt. Dabei werden die Informationen schrittweise reduziert, um das Netzwerk für kürzere Scanzeiten zu trainieren.

Ein Software-Prototyp (inklusive Quellcode und Dokumentation) zur Läsionscharakterisierung, der die in Projekt D entwickelten Netzwerkmodelle berücksichtigt, wurde entwickelt.

3. Darstellung der wesentlichen Ergebnisse und deren konkreter Nutzen sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Erkennung und Klassifizierung von Läsionen: Segmentierung hilft bei der präzisen Identifizierung und Charakterisierung von Leberläsionen wie Hämangiome, Zysten oder Metastasen.

Quantitative Analyse: Ermöglicht die Berechnung von Volumen und Größe der Leber und der Läsionen, was wichtig für die Bewertung des Krankheitsstadiums und des Ansprechens auf Behandlungen ist.

Früherkennung von Rezidiven: Automatische pixelgenaue Segmentierung hilft, das Wiederauftreten von Tumoren frühzeitig zu erkennen.

Automatisierte Diagnose: Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) und maschinellem Lernen zur automatischen Segmentierung und Analyse von Bilddaten, was zu schnelleren und genaueren Diagnosen führt.

Reduktion der Arbeitslast: Automatisierte Systeme können die Arbeitsbelastung von Radiologen reduzieren und die Effizienz in der klinischen Praxis steigern

