Bestimmung optimaler Wellenlängen und Ortsfrequenzen für die Spatial Frequency Domain Imaging mittels Deep Learning

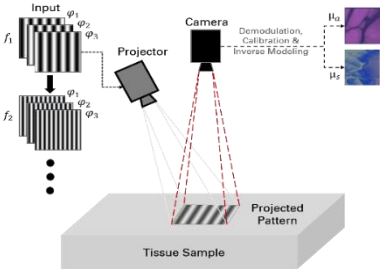

Abb. 1: Prinzip der SFDI.

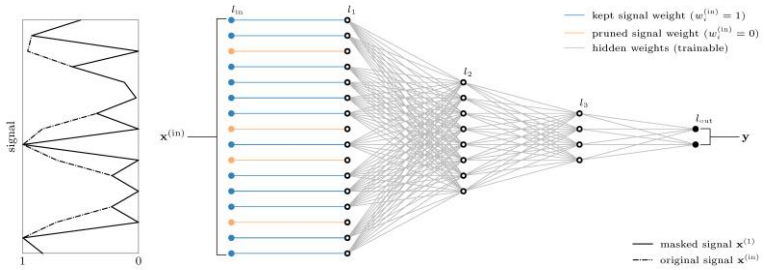

Abb. 2: Maskiertes 1D-Signal mit FeaSel-Net (F. Fischer, 2022).

Motivation und Ziel:

In der Medizin besteht ein Bedarf an kostengünstiger, quantitativer Bildgebung, die endoskopisch eingesetzt werden kann, um Krebs intraoperativ zu erkennen. Eine mögliche endoskopische Implementierung ist die Bildgebung im Ortsfrequenzbereich (SFDI, engl. „Spatial Frequency Domain Imaging"). Die SFDI ist ein modellbasiertes Verfahren, um quantitative Bilder der optischen Eigenschaften von Gewebe (Absorptions- und Streukoeffizienten μ_a & μ_s) zu erzeugen. Dabei werden Streifen verschiedener Ortsfrequenzen und Wellenlängen auf das zu untersuchende Gewebe projiziert. Der rückreflektierte Streifenkontrast ist durch das Eindringen des Lichts in das Gewebe verändert. Aus dieser diffusen Reflektanz lässt sich auf die ortsaufgelösten optischen Eigenschaften schließen. Im Rahmen der Miniaturisierung für die Endoskopie ist es notwendig die Anzahl der Einzelkomponenten möglichst gering zu halten. Für eine Streifenerzeugung mittels 3D-gedruckter Mikrooptiken bedeutet dies vor allem eine möglichst geringe Anzahl an Einzellinsen sowie einzukoppelnder Lichtquellen. Eine effektive Gewebedifferenzierung benötigt deshalb das Wissen über die informationsreichsten Ortsfrequenzen sowie Wellenlängen.

Eine Möglichkeit diese zu bestimmen ist über den FeaSel-Net-Algorithmus, der bereits erfolgreich zur Maskierung irrelevanter Informationen eindimensionaler Spektroskopiedaten genutzt wurde. Da SFDI-Daten Bilderstapel und somit keine 1D-Daten darstellen, ist das Ziel dieser Arbeit diesen Algorithmus auf Convolutional Neural Networks (CNN) auszuweiten und somit die informationsreichsten Ortsfrequenzen und Wellenlängen für die Anwendung der Gewebedifferenzierung zu bestimmen.

Mögliche Forschungsfragen:

1. Wie lässt sich FeaSel-Net auf CNN erweitern?
2. Welches CNN ist für die Segmentierung und Differenzierung der Gewebetypen geeignet?
3. Wie lässt sich die Methode verifizieren und validieren?

Arbeitspakete:

1. Erstellung einer Daten-Pipeline zur Einspeisung in das neuronale Netz
2. SFDI-System justieren und automatisieren
3. SFDI-Aufnahmen von Gewebeproben und Gewebephantomen erstellen und labeln
4. Training eines CNNs mittels FeaSel-Net und Verifizierung/Validierung der Methode

Je nach Art der Arbeit können Aufgabenpakete angepasst, gestrichen oder ergänzt werden.

Anforderungen:

- Masterstudium der Medizintechnik, Photonic Engineering, Maschinenbau/MGTO, Technische Kybernetik, Informatik, Softwaretechnik o.ä.
- Erste Erfahrungen mit/Kenntnisse in Deep Learning
- Kenntnisse in C/C++ und/oder Python vorteilhaft
- Strukturierte und sehr motivierte Arbeitsweise

Es wird eine Publikation der Ergebnisse angestrebt! Melden Sie sich bei Interesse.

Kontakt:

Ömer Atmaca
Pfaffenwaldring 9, Raum 1.238
Tel.: 0711-685-60846
Mail: atmaca@ito.uni-stuttgart.de

Felix Fischer
Pfaffenwaldring 9, Raum 1.238
Tel.: 0711-685-61762
Mail: fischer@ito.uni-stuttgart.de

Determination of optimal wavelengths and spatial frequencies for Spatial Frequency Domain Imaging using deep learning

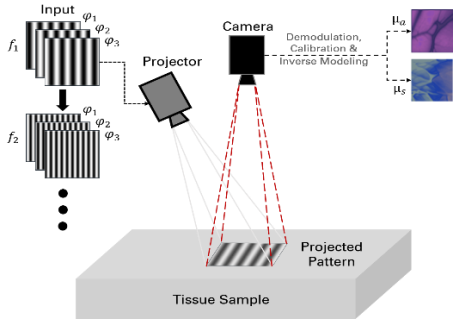

Fig. 1: SFDI principle.

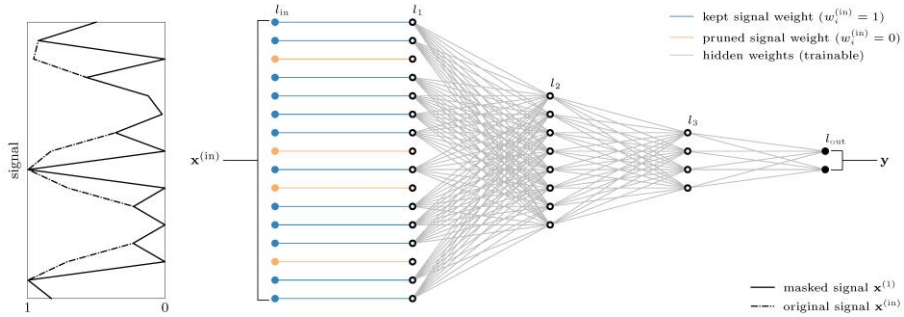

Fig. 2: Masked 1D signal with FeaSel-Net (F. Fischer, 2022).

Motivation and aim of this work:

There is a need in medicine for low-cost, quantitative imaging tools that can be used endoscopically to detect cancer intraoperatively. One possible endoscopic implementation would be with Spatial Frequency Domain Imaging (SFDI). SFDI is a model-based measurement technique that produces quantitative images of the optical properties of tissue (absorption and scattering coefficients μ_a & μ_s). It involves projecting fringes of different spatial frequencies and wavelengths onto the tissue of interest. The fringe contrast in the backscattering is altered by the penetration of the light into the tissue. From this diffuse reflectance, the optical properties can be inferred. In the context of miniaturization for endoscopy, it is necessary to keep the number of individual components as low as possible. For fringe projection using 3D-printed micro-optics, this means minimizing the number of individual lenses and light sources. Effective tissue differentiation therefore requires knowledge of the most information-rich spatial frequencies and wavelengths.

One way to determine these is via the FeaSel-Net algorithm, which has already been successfully used to mask the irrelevant information of one-dimensional spectroscopy data. Since SFDI data consists of image stacks and not 1D data, the aim of this work is to extend this algorithm to Convolutional Neural Networks (CNN) and thus determine the most information-rich spatial frequencies and wavelengths for the application of tissue differentiation.

Possible research questions:

1. How can FeaSel-Net be extended to CNNs?
2. Which CNN is suitable for the segmentation and differentiation of tissue types?
3. How can the method be verified and validated?

Work packages:

1. Development of a data pipeline for feeding into the neural network
2. Adjust and automate the SFDI system
3. Acquisition and labeling of SFDI images of tissue samples and tissue phantoms
4. Training of a CNN using FeaSel-Net and verification/validation of the method

Depending on the type of work and your preferences, work packages can be adapted, deleted, or added.

Candidate requirements:

- Master's studies in Medical Engineering, Photonic Engineering, Mechanical Engineering/MGTO, Engineering Cybernetics, Computer Science, Software Engineering…
- First experiences with / knowledge in deep learning
- C/C++ and/or Python skills preferable
- Structured and very motivated work style

Publication of the results is intended! Please contact us if you are interested.

Kontakt:

Ömer Atmaca
Pfaffenwaldring 9, Raum 1.238
Tel.: 0711-685-60846
Mail: atmaca@ito.uni-stuttgart.de

Felix Fischer
Pfaffenwaldring 9, Raum 1.238
Tel.: 0711-685-61762
Mail: fischer@ito.uni-stuttgart.de