



UNIVERSITÀ DI PARMA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria dei Sistemi Informativi

Addestramento di una rete neurale encoder-decoder con dati limitati per la segmentazione del femore fetale da immagini ecografiche

*Training an encoder-decoder neural network with limited data
for fetal femur segmentation from echographic images*

CANDIDATO:
Dmitri Ollari Ischimji

RELATORE:
Prof. Claudio Ferrari

Dedicato a Diego

Indice

1	Introduzione	7
2	Lavori correlati	9
2.1	Segmentazione	9
2.2	Fully Convolutional Network	10
2.3	U-Net	11
2.3.1	U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation	11
2.4	Segmentazione ossea	12
2.5	Segmentazione di vasi sanguigni	12
	Bibliografia	15

Elenco delle figure

2.1	CNN	10
2.2	U-Net	11

Elenco delle tabelle

Capitolo 1

Introduzione

La segmentazione semantica riveste un ruolo cruciale nell'ambito dell'analisi delle immagini mediche, consentendo di identificare e isolare strutture anatomiche di interesse. Questa tesi si concentra sull'applicazione di reti neurali convoluzionali (CNN) e, in particolare, sull'utilizzo dell'architettura U-Net per eseguire la segmentazione binaria di immagini ecografiche fetali al fine di estrarre e delineare i femori.

Le immagini ecografiche fetali rappresentano una sfida complessa nell'ambito della segmentazione, richiedendo un'accurata identificazione delle strutture anatomiche, come i femori, per fini diagnostici e monitoraggio della crescita fetale. La segmentazione binaria semantica si concentra sull'etichettare pixel specifici dell'immagine associati ai femori, consentendo una comprensione dettagliata delle strutture anatomiche in esame.

L'approccio adottato in questa tesi si basa sull'utilizzo della rete neurale convoluzionale U-Net, una struttura architettonica nota per la sua efficacia nella segmentazione di immagini biomediche. La peculiarità di U-Net risiede nella sua capacità di catturare dettagli locali mantenendo, allo stesso tempo, una visione globale dell'immagine, rendendola particolarmente adatta per problemi di segmentazione dettagliata come l'estrazione dei femori dalle ecografie fetali.

Attraverso l'analisi, l'implementazione e l'ottimizzazione di questa architettura, il lavoro si propone di migliorare l'accuratezza e l'efficienza della segmentazione, fornendo uno strumento affidabile per l'identificazione automatica dei femori nelle immagini ecografiche fetali. L'obiettivo è quello di apportare un contributo positivo all'avanzamento delle tecnologie di estrazione delle informazioni dalle immagini ecografiche fetali, automatizzando e facilitando una valutazione più precisa della crescita fetale allo scopo di analizzare la densità minerale ossea fetale (BMD).

Capitolo 2

Lavori correlati

2.1 Segmentazione

La segmentazione semantica rappresenta un campo di grande interesse e rilevanza nell'ambito dell'elaborazione delle immagini e della visione artificiale. Questa tecnica si distingue per la sua capacità di interpretare il contenuto delle immagini a un livello semantico, andando oltre la semplice divisione dell'immagine in regioni omogenee basate su caratteristiche visive come il colore o la texture. Nello specifico, la segmentazione semantica si prefigge l'obiettivo di attribuire un'etichetta semantica ad ogni singolo pixel dell'immagine, consentendo così di identificare e categorizzare le diverse parti che compongono la scena. L'obiettivo principale della segmentazione semantica è quello di fornire una comprensione approfondita del contenuto visivo presente in un'immagine. Ciò si traduce nella capacità di identificare e categorizzare oggetti e regioni, rendendo possibile un'analisi dettagliata e una migliore interpretazione dei dati visivi.

2.2 Fully Convolutional Network

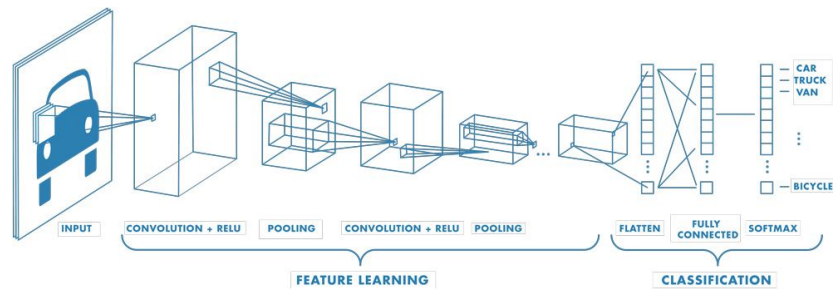
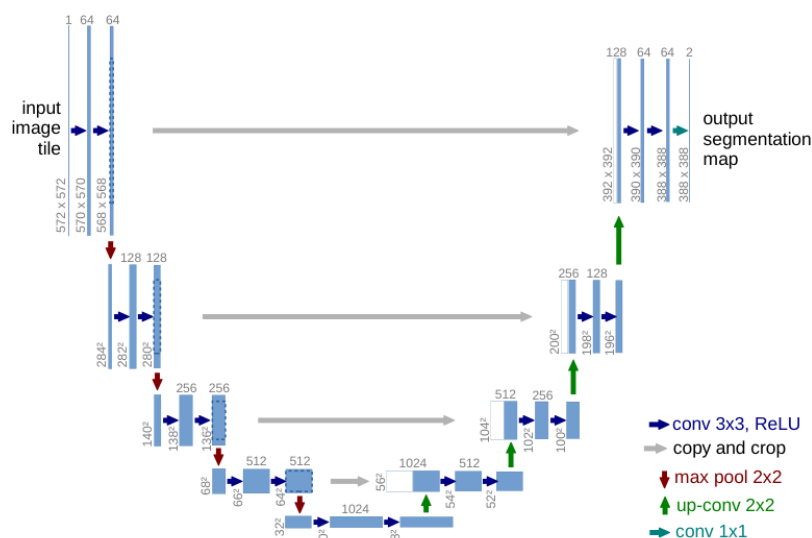


Figura 2.1: CNN

L'articolo *Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation* [Long et al., 2015] propone l'utilizzo di una tipologia di reti neurali Convolutionali (CNN) che permettono grazie all'assenza di layer completamente connessi di elaborare immagini di qualunque dimensione. Questa nuova tipologia di reti migliora notevolmente le capacità di apprendimento delle reti neurali permettendo di produrre mappe di segmentazione più precise grazie alla loro capacità di apprendimento di informazioni spaziali.

Le motivazioni riguardanti l'ampio utilizzo nel settore della *computer vision* sono legate all'assenza di strati completamente connessi (lineari) che vincolano l'input alla medesima grandezza per ogni singola immagine, permettendo di fornire in input l'intera immagine e non frammenti della stessa così da aumentare l'apprendimento spaziale della rete.

Questa maggior flessibilità comporta un'addestramento libero da limitazioni sull'input comportando una maggiore tolleranza agli errori e al rumore rendendo questa tipologia di reti particolarmente adatte a contesti poveri di dati.



2.3.1 U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation

Il modello *U-Net* ha dimostrato di ottenere risultati di segmentazione di alta qualità su diverse applicazioni biomedicali con un numero limitato di immagini di addestramento, rendendolo uno strumento fondamentale per la segmentazione semantica in ambito biomedico.

2.4 Segmentazione ossea

Il lavoro *Towards whole-body CT Bone Segmentation* [Klein et al., 2018] costituisce un'importante analisi volta a sviluppare metodi e algoritmi avanzati per la segmentazione ossea in immagini ottenute tramite tomografia computerizzata (TC) di tutto il corpo. Il documento si concentra sull'importanza della segmentazione ossea nell'ambito medico per diagnosticare condizioni patologiche e condurre analisi dettagliate del tessuto osseo.

Il contributo principale dell'articolo consiste nella valutazione di approcci innovativi e nell'ottimizzazione di tecniche algoritmiche per identificare e isolare accuratamente le strutture ossee nelle immagini TC. Sottolinea l'utilizzo di metodologie avanzate di elaborazione delle immagini e l'applicazione di algoritmi di visione artificiale e machine learning per ottenere una segmentazione precisa.

L'articolo è rilevante nell'ambito dell'informatica medica in quanto evidenzia l'applicazione di soluzioni informatiche per l'analisi approfondita delle immagini mediche, sottolineando l'importanza delle tecniche di segmentazione ossea per fini clinici e di ricerca biomedica.

2.5 Segmentazione di vasi sanguigni

L'articolo *Accurate Retinal Vessel Segmentation via Octave Convolution Neural Network* [Fan et al., 2020] propone un approccio innovativo per la segmentazione precisa dei vasi sanguigni retinici utilizzando le reti neurali a convoluzione ottava. Questa segmentazione è un'importante fase nell'analisi delle immagini retiniche in ambito medico.

L'articolo esamina il vantaggio delle reti neurali a convoluzione ottava, un tipo di rete neurale che sfrutta differenti frequenze spaziali per catturare dettagli a diverse scale. Questo approccio consente di migliorare la segmentazione dei vasi sanguigni retinici, consentendo una migliore comprensione e diagnosi di patologie oculari.

Il lavoro si concentra sull'efficacia delle reti neurali a convoluzione ottava nel rilevare e isolare i vasi sanguigni della retina, evidenziando come

questo approccio abbia portato a risultati più accurati rispetto a metodi convenzionali.

In conclusione, l'articolo *Accurate Retinal Vessel Segmentation via Octave Convolution Neural Network* costituisce un contributo significativo nell'ambito della segmentazione vascolare retinica, evidenziando l'efficacia delle reti neurali a convoluzione ottava e la loro importanza nella diagnostica medica.

Bibliografia

- [Fan et al., 2020] Fan, Z., Mo, J., Qiu, B., Li, W., Zhu, G., Li, C., Hu, J., Rong, Y., and Chen, X. (2020). Accurate retinal vessel segmentation via octave convolution neural network.
- [Klein et al., 2018] Klein, A., Warszawski, J., Hillengaß, J., and Maier-Hein, K. H. (2018). Towards whole-body ct bone segmentation. In Maier, A., Deserno, T. M., Handels, H., Maier-Hein, K. H., Palm, C., and Tolxdorff, T., editors, *Bildverarbeitung für die Medizin 2018*, pages 204–209, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- [Long et al., 2015] Long, J., Shelhamer, E., and Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation.
- [Ronneberger et al., 2015] Ronneberger, O., Fischer, P., and Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation.