

Riassunto Tesi: Riconoscimento Biometrico da Segnali Elettrocardiografici tramite Deep Learning

Christian Roy Cuenca

Matricola 965017

Anno Accademico 2022-2023

Introduzione Il Biomedical image and Signal Processing Laboratory dell'Università degli Studi di Milano, tra le loro attività di ricerca sul campo biomedico attraverso l'informatica, vi sono soprattutto lo studio dei segnali elettrocardiografici. Questa tesi realizzata presso il BiSP Lab ha come argomento lo studio del riconoscimento biometrico tramite segnali ECG attraverso modelli d'intelligenza artificiale.

Nella sicurezza informatica è di vitale importanza il corretto riconoscimento degli utenti per concedere o negare certe azioni all'interno del sistema. I metodi tradizionali per riconoscere l'identità degli utenti si basano su credenziali come password o token, come ad esempio i badge. La biometria è un metodo di riconoscimento che si basa sull'analisi di tratti biometrici unici negli individui. Alcuni di questi metodi largamente usati nell'utilizzo pratico sono: le impronte digitali delle dita, analisi delle iridi degli occhi, e riconoscimento facciale del volto. Inoltre vi sono anche metodi che si basano sui tratti comportamentali degli individui come ad esempio, riconoscimento vocale e il movimento della camminata dei soggetti.

Negli ultimi anni sempre più studi scientifici emergono con l'intenzione di usare il battito cardiaco come riconoscimento biometrico, questo attraverso i segnali elettrici che il cuore produce e che sono conosciuti come ECG.

Obiettivi Gli obiettivi di questa tesi sono: 1) Sviluppare una rete neurale per il riconoscimento d'individui tramite ECG. 2) Valutarne le performance e confrontandoli con la letteratura in termini di accuratezza di riconoscimento: all'aumentare del numero dei soggetti da identificare; all'aumentare del numero di leads usati; all'aumentare del numero di finestre per soggetto; all'aumentare della durata in secondi di ogni finestra per soggetto. 3) Valutarne usi pratici e aspetti di sicurezza.

Descrizione lavoro svolto Attraverso il framework PyTorch si è sviluppata una rete neurale convoluzionale chiamata DeepECG [1] formato da sei blocchi convolutivi che usano neuroni ReLu (Rectified Linear Units), tre max-polling layer, tre LRN (Local Response Normalization) layers, un dropout layer, un layer fully-connected, e un layer Softmax.

Il dataset usato è il SHAREE [2], comprendente 139 pazienti di età pari o superiore a 55 anni e affetti da ipertensione arteriosa, una condizione medica che

presenta una pressione elevata nelle arterie. I leads forniti sono $III, V3, V5$ con campionamento a $128Hz$. Nel lavoro di preprocessing si sono applicati filtri per ridurre la rumorosità degli ECG. Inoltre, ogni ECG di ogni soggetto è stato diviso in piccole finestre a distanza casuale tra loro. Si è applicato la tecnica dell'interpolazione lineare per risolvere la problematica dei valori NaN presenti nei segnali. Infine si è diviso il dataset in 50% per l'addestramento della rete neurale e il restante 50% per la valutazione delle performance.

Esperimenti Dopo aver addestrato la rete neurale per estrarre le feature necessarie a identificare i soggetti, per valutare le performance si sono effettuati gli esperimenti con i seguenti iperparametri: $batch = 16$, epoche di addestramento = 200, hidden layer della rete neurale = 32. Gli esperimenti condotti sono: 500 finestre da 2 secondi per l'accuratezza all'aumentare dei soggetti e confronto dei leads; 70 soggetti, leads $III + V3$ per l'accuratezza all'aumentare delle finestre da 2 secondi; 70 soggetti, leads $III + V3$ per l'accuratezza all'aumentare di secondi e finestre.

Competenze e risultati raggiunti I risultati ottenuti sono ottimi e con performance elevate ($> 98-99\%$), confermando così la fattibilità del riconoscimento biometrico da segnali ECG. Inoltre tali risultati sono in linea con quanto riportato nella letteratura. Si è appurato che 200 epoche di addestramento sono sufficienti per estrarre le features necessarie per poter riconoscere i soggetti. Si dimostra anche che l'utilizzo di 500 finestre di ECG per ciascun soggetto e con una durata di almeno 2 secondi, permette di raggiungere prestazioni elevate nella fase di identificazione. Un elemento rilevante emerso dall'analisi è che la combinazione delle informazioni provenienti dai leads III e $V3$ contribuisce in modo significativo a stabilizzare e migliorare le prestazioni complessive del modello nell'identificazione, rispetto all'uso di lead separatamente.

L'utilizzo pratico nella realtà quotidiana potrebbe essere possibile anche dalla diffusione di smartwatch in grado di registrare ECG, in questa tesi si è proposto anche un metodo di identificazione paragonabile ai pagamenti elettronici tramite la tecnologia NFC, tuttavia è stata anche sollevata la problematica riguardante la sicurezza delle informazioni biometriche: uno dei vantaggi della biometria da ECG è anche la possibilità di ricavare informazioni personali del soggetto, nonché

patologie cardiache e stile di vita. Negli ultimi anni il settore della sanità è tra i più soggetti ad attacchi informatici, in questa tesi si è quindi sottolineato anche l'importanza di metodi per rendere sicuro queste informazioni che possono essere ricavate dai segnali ECG.

Una delle problematiche riscontrate riguardano la capacità elaborative della macchina usata e la produzione dei risultati dagli esperimenti è stato richiesto notevole tempo di elaborazione, non si è stato quindi in grado di condurre esperimenti sul lead $V5$. Tuttavia già usando due leads $III + V3$ abbiamo raggiunto prestazioni eccellenti, quindi si presume che usando tre leads $III + V3 + V5$ si avrebbe raggiunto solo prestazioni migliori. Va sottolineato che questa problematica si inserisce in un contesto più ampio, in cui lo sviluppo di architetture neurali a livello industriale spesso si confronta con la necessità di risorse computazionali notevoli, inclusa l'energia. L'elaborazione intensiva richiesta per modelli complessi evidenzia la crescente importanza di esplorare soluzioni energetiche più efficienti per garantire uno sviluppo sostenibile di tali tecnologie.

Bibliografia

1. Labati, R. D., Muñoz, E., Piuri, V., Sassi, R., & Scotti, F. (2019). Deep-ECG: Convolutional neural networks for ECG biometric recognition. *Pattern Recognition Letters*, 126, 78-85.
2. Melillo, P., Izzo, R., Orrico, A., Scala, P., Attanasio, M., Mirra, M., ... & Pechia, L. (2015). Automatic prediction of cardiovascular and cerebrovascular events using heart rate variability analysis. *PloS one*, 10(3), e0118504.