

# **Sviluppo di un sistema sensorizzato basato su tessuto piezoresistivo serigrafato per la rilevazione della pressione e il riconoscimento della postura del sonno tramite tecniche di machine learning**

*N. Pesce, L. Rani Ballam, F. Marra and A. Tamburrano*

Department of Astronautical, Electrical and Energy Engineering (DIAEE)  
Nanotechnology Research Center Applied to Engineering (CNIS)  
Sapienza University of Rome, 00185 Rome, Italy

L'interesse per sensori avanzati, flessibili e adatti ad applicazioni in ambito biomedicale è in continua espansione. In particolare, il monitoraggio posturale continuo e non invasivo di persone allettate rappresenta una sfida di primaria importanza in campo sanitario, con ricadute significative nella cura degli anziani e nella gestione del benessere infantile. In questo contesto, la nostra attività di ricerca si concentra sulla realizzazione di sistemi sensorizzati innovativi, basati su rivestimenti piezoresistivi ottenuti mediante vernici o inchiostri conduttivi modificati con nanoparticelle di grafene (GNP) [1], [2].

L'integrazione di questi materiali con strategie di acquisizione dati ispirate alla tomografia a resistenza elettrica (ERT) e con algoritmi di machine learning (ML) consente lo sviluppo di piattaforme intelligenti in grado di rilevare deformazioni e pressioni distribuite su ampie superfici. Come descritto nello studio pubblicato in [2], è stato progettato e realizzato un sistema basato su un tessuto in jersey di cotone ipoallergenico, rivestito mediante stampa serigrafica con un inchiostro contenente GNP. Questo tessuto funzionalizzato è stato utilizzato per rivestire un materasso in schiuma a misura di culla (80×50×5 cm), trasformandolo in una piattaforma sensorizzata grazie all'integrazione di 32 elettrodi disposti lungo i bordi, capaci di acquisire segnali elettrici secondo un protocollo ispirato all'ERT.

La pressione esercitata dal corpo induce una deformazione del tessuto, che si traduce in variazioni locali della sua resistività elettrica. Tali variazioni vengono rilevate dalla rete di elettrodi, mediante l'iniezione controllata di corrente e la misura delle tensioni risultanti. Le proprietà morfologiche del rivestimento sono state analizzate preliminarmente tramite microscopia elettronica a scansione (FE-SEM), che ha evidenziato un'integrazione omogenea dell'inchiostro conduttivo tra le fibre tessili. Le successive misure voltamperometriche e i test meccanici hanno confermato un comportamento anisotropo del materiale: il fattore di gauge ha raggiunto un valore di 9.9 nella direzione della maglia (wale) e 1.2 nella direzione ortogonale (course), per una deformazione massima pari al 2.7%.

Per validare la capacità del sistema di rilevare correttamente le pressioni applicate, la superficie del materasso è stata suddivisa in nove quadranti su cui sono stati posizionati pesi campione (cubi in legno da 500g), al fine di generare un dataset da utilizzare per l'addestramento dei modelli ML. Successivamente, sono state simulate venti differenti configurazioni posturali, mediante la disposizione combinata di più cubi in varie zone e orientazioni del materasso, riproducendo le condizioni di pressione tipiche di un neonato in posizione supina o laterale.

Tra i diversi modelli ML testati (ANN, SVM, KNN), la rete neurale artificiale (ANN) ha dimostrato le migliori prestazioni, con un'accuratezza del 96.3% nel riconoscimento della zona compressa e del 94.4% nella classificazione della postura. Il sistema ha evidenziato anche buone capacità di generalizzazione, riuscendo a identificare correttamente posizioni lievemente ruotate o traslate rispetto a quelle incluse nel training.

Nel lavoro sottomesso [3] sono state approfondite le potenzialità del sistema nel riconoscimento delle posture durante il sonno nei neonati. Inoltre, questo studio si inserisce nel contesto del progetto nazionale PNRR PE8 “AGE-IT”, che promuove lo sviluppo di tecnologie innovative per la tutela della salute e il monitoraggio delle persone fragili.

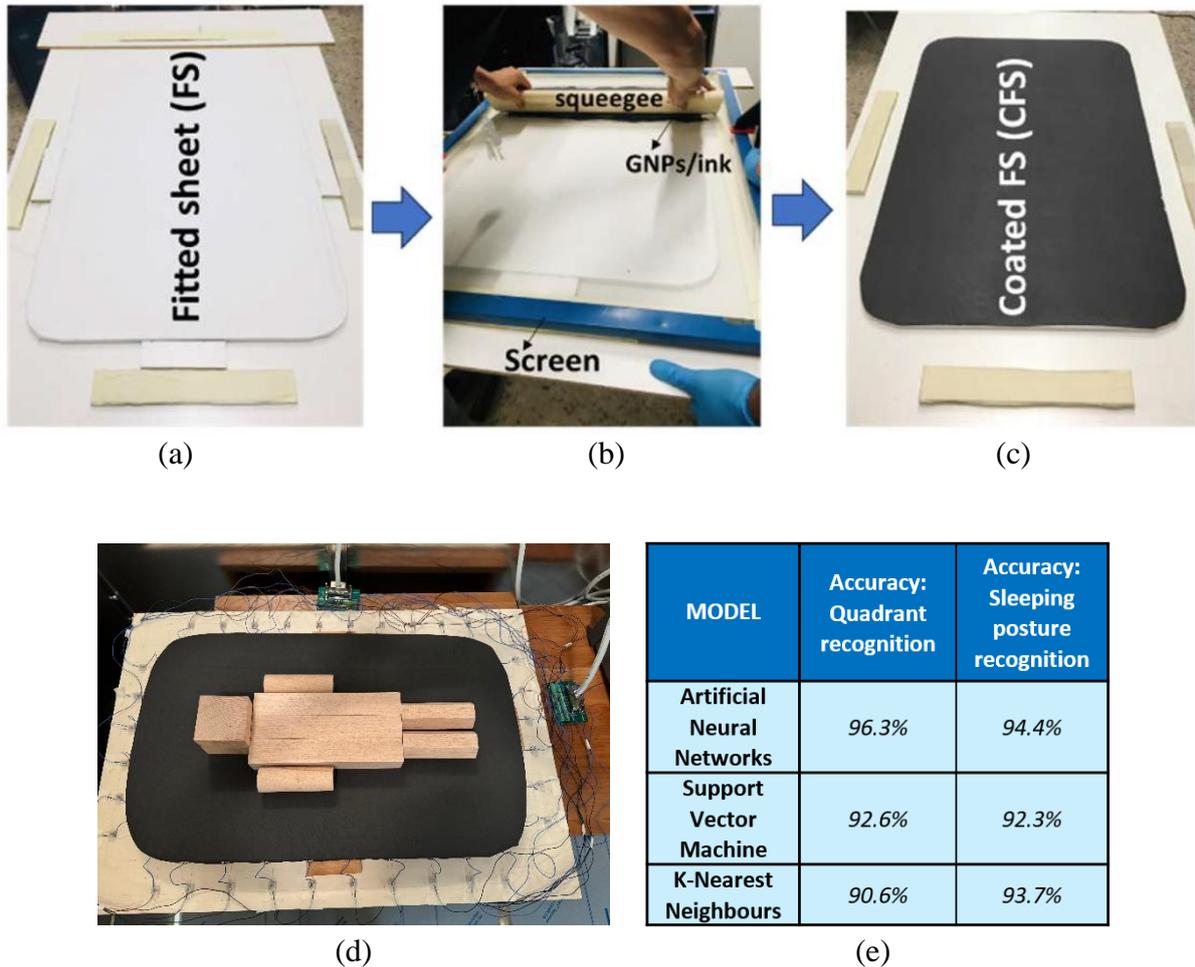


Figura (a) Coprimaterasso in cotone Jersey; (b) processo di stampa serigrafica; (c) tessuto rivestito con l’inchostro piezoresistivo; (d) pesi campione su materasso sensorizzato; (e) risultati degli algoritmi di machine learning.

### Bibliografia

- [1] N. Pesce, M. Fortunato, A. Tamburrano, “3D Printed Graphene-Based Piezoresistive Foam Mat for Pressure Detection Through Electrical Resistance Tomography and Machine Learning Classification Techniques,” IEEE Sensors Letters, 2023.
- [2] N. Pesce, L. R. Ballam, F. Marra, A. Tamburrano, “Screen-printed graphene-ink on a fitted sheet for pressure sensing and sleeping posture recognition by machine learning techniques,” in 2024 IEEE SENSORS, 20-23 October, Kobe, Japan.
- [3] N. Pesce, L. R. Ballam, F. Marra, and A. Tamburrano, “Graphene-Printed Sheet Textiles for AI-Driven Infant Sleep Position Recognition with a Resistance Tomography-Inspired Approach,” IEEE Sensors Journal, 2025 (submitted).