

## **Un modello di deep learning ispirato alla corteccia visiva e applicazioni a strumenti di precisione per controllo automatico**

Il progetto si svolge nell'ambito dell'INVITO A PRESENTARE PROGETTI: ALTE COMPETENZE PER LA RICERCA E IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO POR FSE 2014/2020 Obiettivo tematico 10" della Regione Emilia Romagna.

### **Sintesi del progetto di ricerca**

Scopo di questo progetto è introdurre un modello di deep learning ispirato alla struttura della corteccia visiva e applicarlo a problemi di controllo automatico per strumenti di precisione.

Negli ultimi anni abbiamo assistito ad un incredibile sviluppo di strumenti di machine learning e di intelligenza artificiale.

Per migliorare gli algoritmi esistenti si rendono necessari strumenti matematici e di analisi dati che permettono di formulare modelli efficienti, stabili e fortemente predittivi. In questo progetto proponiamo un approccio basato su **tecniche di analisi geometrica e sulla funzionalità del cervello**. Il tema proposto è particolarmente importante per le linee programmatiche di sviluppo regionale, e si inquadra nei **big data**: e precisamente negli ambiti: 3.1 BIG DATA IN ICT AND DIGITAL CONTENT.

### **Finalità generali e risultati attesi del progetto di ricerca nonché conoscenze e competenze attese**

Il lavoro si inserisce nella direzione di ricerca che individua una relazione fra modelli neurali e modelli di apprendimento e li studia con strumenti di analisi matematica.

#### **1. Un modello di deep learning ispirato alla struttura della corteccia visiva,**

Petitot e poi Citti e Sarti hanno lavorato a lungo su modelli di corteccia visiva. Hanno munito ogni strato della corteccia di una struttura di gruppo di Lie con metrica sub-Riemanniana [CS], [SCP], e hanno giustificato fenomeni di percezione visiva sulla base della funzionalità della corteccia. L'invarianza dei gruppi di Lie per rotazione e traslazione permette di esprimere modelli semplici ed eleganti nei quali i profili recettori delle cellule si ottengono da un profilo fissato mediante la legge di gruppo. Nel cervello non ci sono soltanto nuclei feedforward, ma ci sono anche connessioni all'interno della medesima famiglia di cellule. La propagazione del segnale visivo all'interno di ogni famiglia di cellule è espressa da equazioni differenziali nel gruppo di Lie e i nuclei di connettività neurale sono modellati come la soluzione fondamentale dell'equazione considerata. Inoltre Citti e Sarti hanno stabilito una relazione molto forte fra la funzionalità delle cellule, la struttura dell'insieme delle cellule, e la direzione di propagazione.

**Task 1.1** Il primo obiettivo che ci poniamo è estendere questo approccio a nuovi modelli di corteccia, che descrivano famiglie di cellule interagenti: poiché famiglie di cellule diverse sono rappresentate da gruppi di Lie diversi, quando interagiscono danno luogo ad una struttura complessa che risulta diversa da punto a punto e non ha più alcuna proprietà di invarianza. Una

struttura di questo tipo non può più essere descritta da un gruppo di Lie, che è invariante, ma deve essere descritta come uno spazio metrico. Un primo step sarà la riformulazione del modello corticale nel linguaggio dell'analisi in spazi metrici, e della teoria del trasporto. L'input visivo in continua evoluzione induce una deformazione della metrica della corteccia e il suo output corticale viene descritto come una misura di probabilità negli spazi corticali. La propagazione lungo le connessioni neurali sarà descritta con l'equazione di trasporto in questi spazi. Le connessioni neurali più utilizzate si rinforzeranno grazie alla plasticità neurale e inducendo un procedimento di apprendimento, stabilendo un link con i modelli di learning

**Task 1.2** La riformulazione del modello corticale in termini operatoriali e di apprendimento si applica direttamente anche agli algoritmi di deep learning, le cui incognite sono proprio i nuclei appresi. Applicando la stessa costruzione che abbiamo fatto nella corteccia, possiamo interpretarli come funzioni definiti da uno strato con valori nello stato seguente. Quindi inducono una distanza in ogni strato. Forniremo quindi una interpretazione di tutta la rete in termini geometrici con gli strumenti introdotti per la modellazione della corteccia.

**2. Applicazioni a problemi di controllo per strumenti di precisione e di diagnostica medica** In questa fase l'assegnista collaborerà con alcuni tesisti per raggiungere il doppio obiettivo di riuscire a testare il metodo su svariati problemi, e di acquisire importanti skills di supervisore di tesi

**Task 2.1** L'assegnista potrà supervisionare In collaborazione con MARPOSS il progetto di uno studenti di laurea magistrale per testare l'algoritmo di deep learning sviluppato nel task 1.2 su un problema di controllo qualità per materiali di alta precisione.

**Task 2.2** L'algoritmo ha altre possibili applicazioni in ambiti anche molto distanti, come la propagazione di malattie neurodegenerative espresso tramite equazioni differenziali, i cui coefficienti incogniti potrebbero essere appresi. L'assegnista potrà supervisionare una tesi magistrale su questi temi in collaborazione con la prof. Tesi.

### **Piano di attività, modalità di lavoro e collaborazioni**

- Il beneficiario dell'assegno collaborerà con EHESS (Paris) e precisamente con il prof. Sarti, con il quale si prevede di scrivere un preprint sui temi della corteccia visiva
- supervisionerà il tirocinio di tre mesi presso MARPOSS di uno studente di laurea magistrale, e/o collaborerà con la prof. Tesi alla supervisione di uno studente di laurea magistrale su temi di individuazione di biomarker per malattie degenerative.