
In questo numero

Il tema di questo numero è l'Intelligenza Artificiale: mentre questa dilaga nelle nostre case e nel nostro modo di lavorare, cambiando volto alla società, molto rimane ancora da capire sul modo in cui le sue reti neurali artificiali di fatto operano. Proprio per riuscire ad orientarsi in questo mare magno e supplire quindi al lettore una prospettiva teorica con cui guardare questi progressi tecnologici, il *leitmotiv* del numero, pensato per un'*audience* di fisici e matematici, è la meccanica statistica dei sistemi complessi (alla quale è dedicata la lezione mancata, posta in coda al presente numero, al fine di agevolare il lettore nella comprensione dei vari contributi).

Il numero XVI di Ithaca ha un'Alpha ed un'Omega *istituzionali* per il soggetto del volume: l'Alpha è scritto da Paolo Del Giudice e Maurizio Mattia, dell'Istituto Superiore di Sanità, che ci mostrano l'impressionante crescita culturale nella modellistica delle reti neurali biologiche; di contro Giorgio Buttazzo, della Scuola Superiore Sant'Anna, scrive l'Omega, riassumendo tale crescita nelle reti neurali artificiali: dalla biologia all'ingegneria il percorso del numero attraverserà fisica e matematica.

Nello specifico Paolo Del Giudice e Maurizio Mattia amalgamano storia e scienza, lasciandoci addentrare in problemi via via più complessi, dalla rumorosa decisione di un neurone sull'emettere (o meno) un segnale elettrico, alla ben più complessa decisione del nostro cervello sul se frenare (o meno) davanti ad un apparente semaforo rosso, lasciandoci intuire come la cognizione si sviluppi su una gerarchia di scale, spaziali e temporali.

A seguire, l'articolo di Elena Agliari ed Adriano Barra fa da gradiente dalle reti neurali biologiche a quelle artificiali: iniziando con

modelli ispirati alla biologia, si approda a modelli paradigmatici nel machine learning al fine di affrontare il fenomeno della cognizione nelle reti neurali in astratto (alla volta di un armonioso connubio tra l'apprendimento e successivo impiego dell'informazione appresa). Prosegue sulla stessa linea Daniele Tantari che, sfruttando una metafora tra il modo con cui uno studente impara da un docente e l'apprendimento supervisionato delle macchine moderne, ripercorre il lungo cammino dell'apprendimento automatico, mostrandoci come anche il concetto stesso di imparare stia evolvendo per esse. A questo contributo segue quello di Aurélienne Decelle, il quale analizza in dettaglio un archetipo del *machine learning* particolarmente caro a chi investiga nelle scienze dure: la macchina di Boltzmann. Nel suo articolo il lettore viene portato per mano attraverso un susseguirsi di varianti sul tema via via più complesse e, conseguentemente, più capaci, al fine di mostrare in cosa consti operativamente l'apprendimento di una macchina.

La Boltzmann machine è una macchina relativamente piccola, di contro molte architetture odierne - in particolare quelle che hanno dato vita alla rivoluzione del deep learning - sono telai di molti strati di neuroni connessi a cascata: di queste ci parla prima Guido Sanguinetti, che ne sviscera i talloni d'Achille e pone enfasi sull'importanza di un controllo tanto sull'incertezza associata alle loro predizioni quanto sull'interpretabilità stessa del loro operato portandoci così ad interrogarci sull'etica inerentemente l'impiego stesso del machine learning nella società. Il testimone passa poi a Carlo Lucibello il quale impiega concetti e tecniche in auge nella meccanica statistica dei sistemi complessi, focalizzandosi sul perceptrone binario e sul perceptrone a

molte strati, sollevando la delicata questione della scelta delle variabili (e.g. pesi sinaptici analogici vs digitali), e, di fatto, mostrando quanto questa scelta possa influire sulla dinamica di queste reti.

Nel vivo della questione si colloca a seguire il contributo di Matteo Marsili che pone accento sulla cruciale questione della rilevanza nell'apprendimento statistico e mette in rilievo differenze strutturali tra sistemi fisici di classico appannaggio della meccanica statistica e reti neurali artificiali, spostando il *focus* dalla meccanica statistica alla teoria statistica dell'apprendimento ed evidenziando le prime discrepanze tra il regime d'azione della statistica classica e quello del machine learning. Naturale conseguenza di questo è il successivo contributo di Jean Barbier sull'inferenza ad alta dimensionalità: un preziosissimo Bignami di questa disciplina che sta nascendo all'intersezione di meccanica statistica, inferenza statistica, teoria dell'informazione e complessità algoritmica e che naturalmente si candida ad essere uno dei pilastri sui quali erigere una teoria per l'intelligenza artificiale. Sempre tenendo il *focus* sull'informazione, o sull'entropia a secondo della propria preferenza, si innesta in maniera naturale il contributo di Michele Castellana, il quale rivede – criticamente e sistematicamente – il principio di massima entropia in chiave inferenziale, ponendo l'enfasi sull'importanza dell'errore di misura nell'impiego di questi metodi e chiudendo le disquisizioni canoniche di fisici e matematici.

A seguire, Valerio Basile ci parla dei dietrole-quinte di una delle applicazioni più importanti dell'Intelligenza Artificiale: la traduzione automatica, punta d'iceberg di branche prolifiche quali la linguistica computazionale ed il natural language processing, mentre Dino Bachas e Stefania Spagnolo si concentrano su un'altra parimenti cruciale applicazione, a dire come il *machine learning* stia cambiando il modo di setacciare i dati nella fisica delle alte energie. L'ultima doverosa applicazione viene passata in rassegna da Alfredo Braunstein, Luca Dall'Asta e Alessandro Ingrosso, i quali mostrano come queste tecniche siano oltremodo benvenute, per non dire assolutamente necessarie, negli attuali schemi di tracciamento automatico, ed in generale per il contenimento epidemico,

inerentemente i casi di infezione da Covid-19.

Il volume si chiude riportando l'intelligenza artificiale nel suo dominio classico di pertinenza, l'ingegneria informatica, con Giorgio Buttazzo che ci offre una ricca carrellata dei modelli in auge in questa disciplina, dal neurone artificiale di McCulloch & Pitts della metà del secolo scorso alle varie architetture e tecniche di impiego odierno, chiudendo il volume rimarcando l'interrogativo etico sul rapporto uomo macchina e la sua (veloce) evoluzione.

Buona lettura,
il Comitato di Redazione