



AI 4 MAT

LAUREA IN MATEMATICA PER L'INGEGNERIA

COLLEGIO DI INGEGNERIA MATEMATICA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE MATEMATICHE "G. L. LAGRANGE"
POLITECNICO DI TORINO

AI 4 MAT

Viviamo in una nuova era della ricerca scientifica: quella dell'Intelligenza Artificiale (IA).

Che sia una rivoluzione concettuale non c'è dubbio: basta pensare che da Galileo a Popper la scienza ha, più o meno, lavorato sempre così:

- osservazione e misurazione (cioè raccolta dei dati, come il lancio un sasso o l'uso di un piano inclinato graduato);
- formulazione o adozione di un modello matematico (nel passato deterministico-meccanicistico, poi dal Novecento anche probabilistico e in seguito statistico);
- verifica mediante nuove misurazioni che le previsioni del modello siano valide.

Alla radice, quindi, c'era un ragionamento di cause ed effetti e un motivo-base era l'impossibilità di raccogliere abbastanza informazioni: le spiegazioni dovevano essere, di conseguenza, semplificate rispetto alla realtà. L'approccio si è rivelato potente: ha portato l'uomo sulla Luna e ha consentito di mettere insieme strumenti sempre più efficienti: dagli aerei alle centrali nucleari e ai computer. Per non parlare delle teorie soggiacenti, Relatività compresa.

Nuovi paradigmi sono emersi, con risultati straordinari, tanto che si parla di un Rinascimento neo-empirista.

Conosciamo tutti le auto che si guidano da sé, gli assistenti, come ad esempio Alexa, i sistemi di riconoscimento facciale e i tanti software basati sulla IA che popolano i nostri smartphone.

Sappiamo anche che vi sono molte discussioni e polemiche sull'impatto sociale, economico e sulle valenze etiche di queste tecnologie.

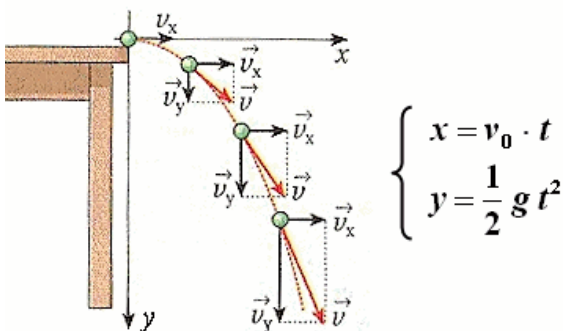


Figura 2: Moto parabolico (Credits: <https://physics916520308.wordpress.com/2018/12/29/il-moto-parabolico/> 24/05/2021).

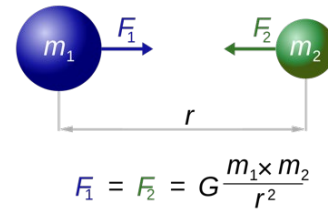


Figura 1 Legge Universale della Gravitazione (Credits: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_da_gravita%C3%A7%C3%A3o_universal 24/05/2021)

Qui vogliamo però oggi provare a svelare un po' del mistero che si cela dentro queste famigerate black-box, che, almeno per ora, sono progettate dagli umani.

Una delle aree più importanti della IA è quella del cosiddetto apprendimento automatico – il Machine Learning. Quale è l'idea innovativa che domina questa sub-disciplina? Un'idea semplice quanto devastante e si è dimostrato il suo impatto una volta messa in atto. Proviamo a capirla con un esempio: la gran parte di noi cammina, la gran parte di noi vede e sa distinguere un gatto da un cane. Sappiamo forse noi le equazioni della dinamica di Newton quando impariamo a camminare da piccoli? E se le sapessimo cammineremmo meglio? Sappiamo le equazioni del gatto e del cane?

Ma, allora, invece che costruire macchine che eseguono le equazioni, come i razzi, le automobili, i transistor, se noi riuscissimo a scrivere le "formule dell'apprendimento" forse potremmo fare macchine che imparano a fare le cose da sole invece che macchine che fanno le cose secondo i nostri modelli.

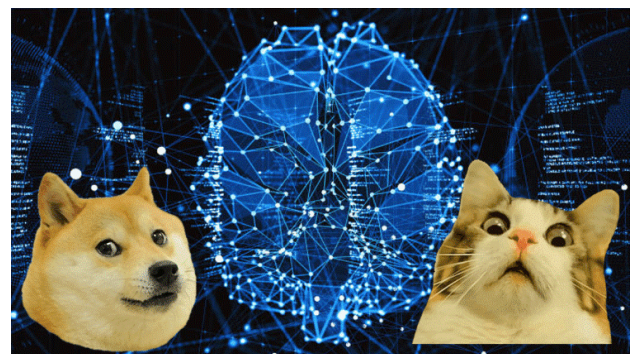


Figura 3 (Credits: "Cats and dogs and convolutional neural networks" <http://www.subsuroutine.com/sub-routine/2016/9/30/cats-and-dogs-and-convolutional-neural-networks> 24/05/2021)

La lezione degli ultimi venti anni è che si può fare! Possiamo costruire “meccanismi”, in pratica algoritmi, cioè sequenze di istruzioni, che imparano.

Come?

Facciamo un esempio: quello che si chiama un classificatore. Voglio una macchina che riceva foto e sappia distinguere i cani dai gatti.

Prima questione: i computer non vedono come noi.

Soluzione: i computer conoscono i numeri e le immagini digitali sono fatte di numeri, anzi, sono tabelle di numeri che in gergo matematico si chiamano matrici.

Ogni numero indica l'intensità di attivazione del sub-pixel del colore della matrice in quella posizione nella foto. Quindi la foto è rappresentata da tre matrici che formano quello che si chiama un tensore a tre vie.

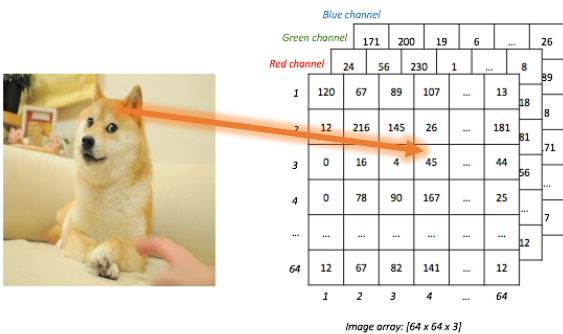


Figura 4 (Credits: “Deep Learning with Tensor Flow and Keras – Cats and Dogs” <https://brax.gg/deep-learning-with-tensor-flow-and-keras-cats-and-dogs/> 24/05/2021)

L’idea ora è quella di costruire una funzione che prende le foto – matrici – tensori in ingresso e in uscita dice gatto o cane. Sarà una funzione molto più complicata di quelle che si vedono alle superiori. Ad

esempio, sarà una funzione in più di una variabile, come $f(x, y) = x^2 + \sin(y)$, ma sarà anche una funzione che troveremo da una famiglia di funzioni. Non vi spaventate, lo sapete già fare, come quando trovate una retta che passa per due punti dati calcolando i coefficienti della funzione $y = ax + b$, solo che nella nostra caccia al cane di coefficienti ce ne possono essere anche miliardi.

Infatti, invece che le rette useremo le reti neurali, che sono sempre funzioni tipo la retta, ma molto più complicate.

Nell’immagine sotto vedete lo schema di una rete neurale di base, il cosiddetto MLP – Multilayer Perceptron. I numeri della matrice (Fig. 4) entrano nella rete e vengono moltiplicati per dei numeri (i pesi) e sommati a delle costanti (i bias) secondo lo schema dei lati della rete. Il risultato viene inviato allo strato (layer) successivo e viene usato come input dal neurone dove viene calcolato il valore della funzione di attivazione, tipicamente una sigmoide (simile all’arcotangente). I dati viaggiano così nella rete e alla fine esce un valore che dà la probabilità che la foto sia di un cane o di un gatto.

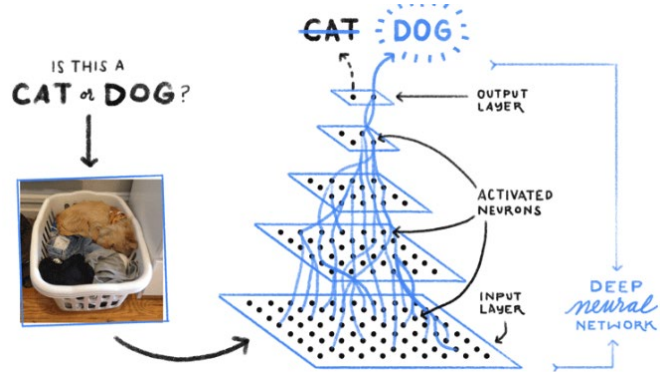


Figura 6 (Credits: <https://www.bitlanders.com/blogs/an-introduction-to-artificial-intelligence/7772829> 24/05/2021)

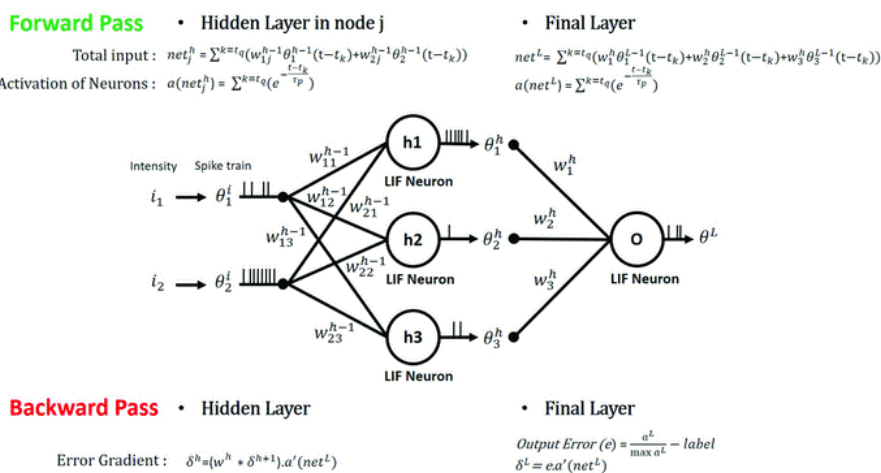


Figura 5 Lee Chankyu, Panda Priyadarshini, Srinivasan Gopalakrishnan, Roy Kaushik, “Training Deep Spiking Convolutional Neural Networks With STDP-Based Unsupervised Pre-training Followed by Supervised Fine-Tuning”, *Frontiers in Neuroscience*, 12 (2018), pp 435, DOI 10.3389/fnins.2018.00435

Alla fine, si calcola l'errore e si modificano i pesi per farlo minimizzare. Qui entrano in gioco l'analisi multivariata e l'ottimizzazione. Infatti, alla fine del gioco, dovremo cercare i pesi che minimizzano l'errore che è misurato da una funzione i cui argomenti sono i pesi e i bias, che, come già detto, possono essere anche miliardi. Di nuovo, pur con tutti gli aspetti tecnici che ho omesso, il concetto di base lo conoscete già: trovare i minimi di una funzione usando il calcolo differenziale vettoriale. Insomma, per distinguere il cane dal gatto bisogna costruire una scatola che più che nera è piena di tanta bella matematica.

I concetti e le tecniche necessarie sono acquisibili in cinque semestri della laurea triennale in matematica per l'ingegneria.

Se volete imparare a costruire scatole nere e tante altre cose vi stiamo aspettando.

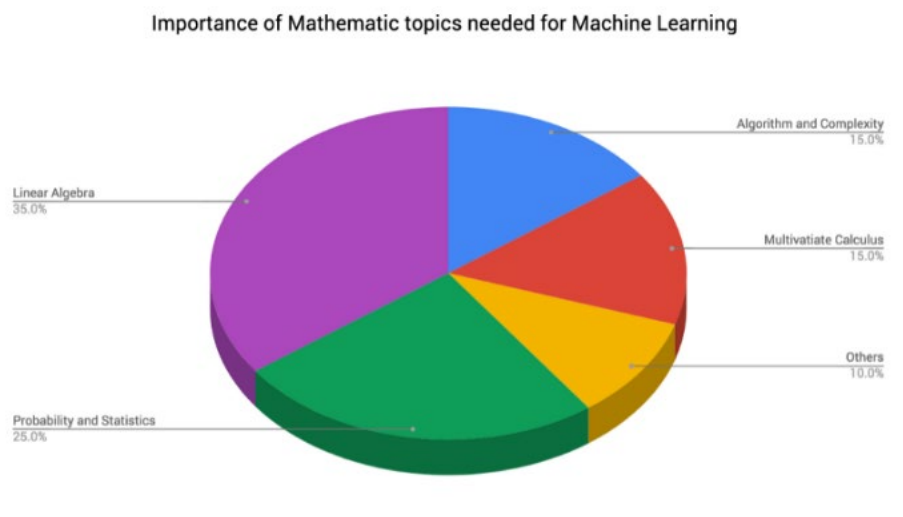


Figura 7 (Credits: <https://builtin.com/data-science/introduction-to-machine-learning> 24/05/2021)