

Deep Learning

Francesco Pugliese

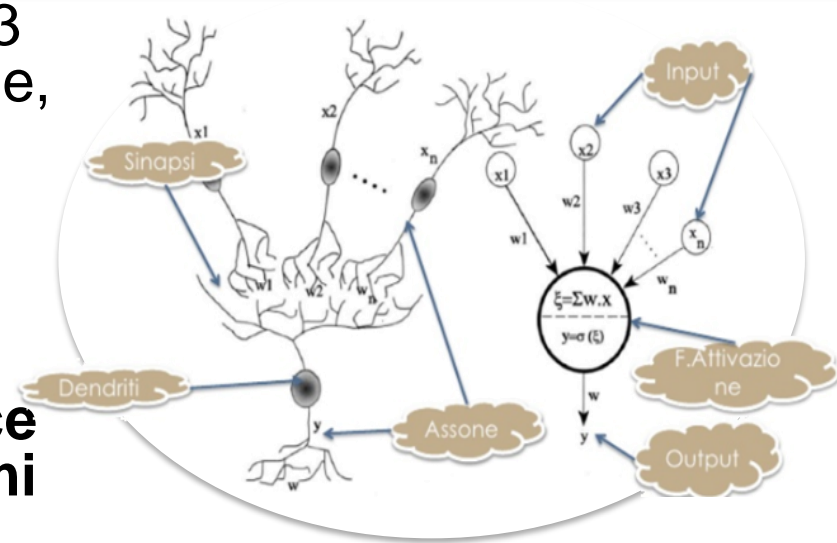
DIRM-DCME-MEC

frpuglie@istat.it

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANNs)

Le **Reti Neurali Artificiali** furono introdotte, per la prima volta, nel 1943 **ANNs** were introduced, for the first time, in un lavoro sulla formalizzazione dell'attività neurale in forma logica proposizionale (*McCulloch & Pitts, 1943*).

Possiamo definire le Reti Neurali Artificiali come un modello semplice del Sistema nervosa degli organismi biologici !!



Neuron Activation

$$A_j = \sum_{i=1}^N w_{ij} X_i - \theta_i$$

Activation function

$$y_j = \Phi(A_j) = \Phi\left(\sum_{i=1}^N w_{ij} X_i - \theta_i\right)$$

In ambito **data mining**: I metodi sono stati sviluppati per produrre modelli comprensibili e ridurre le ore di training.

1) Estrazione delle regole: estrazione di modelli simbolici da reti neurali pre-addestrate. .

2) Apprendimento semplice: costruzione di reti neurali semplici da comprendere.

DEEP LEARNING: Neural Networks Profonde

Negli anni recenti le **Reti Neurali Profonde** hanno raggiunto notevoli progressi in ambiti di ricerca (*Bengio, 2009*). Questa nuova metodologia che si occupa delle reti neurali profonde e dei loro algoritmi di addestramento fu chiamata da Hinton con il termine “**Deep Learning**”, per la prima volta nel 2006. Da allora Hinton divenne il padre del **Deep Learning** e della moderna Intelligenza Artificiale in generale. Finora, **in tutti gli esperimenti fatti**, le prestazioni risultanti del deep learning superano di gran lunga le alter tecniche di **Machine Learning** tradizionale.



GOOGLE DATACENTER

1,000 CPU Servers
2,000 CPUs • 16,000 cores

600 kWatts
\$5,000,000



STANFORD AI LAB

3 GPU-Accelerated Servers
12 GPUs • 18,432 cores

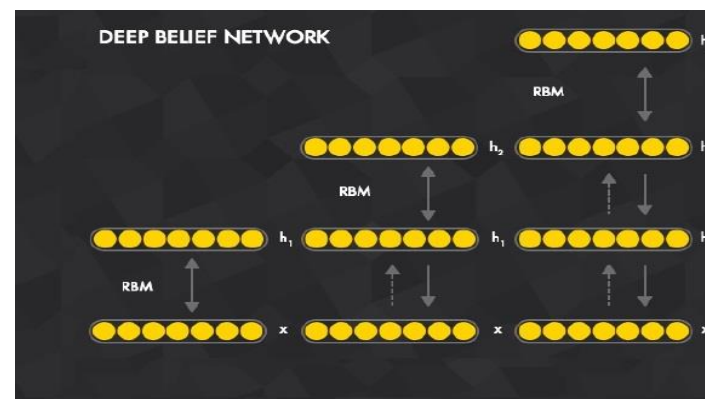
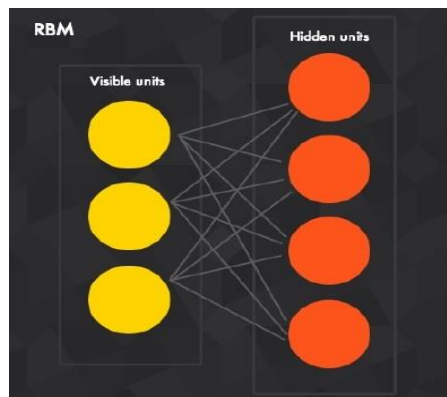
4 kWatts
\$33,000

mercoledì 5 giugno 2013

DEEP LEARNING: un approccio rivoluzionario all'analisi dei Big Data

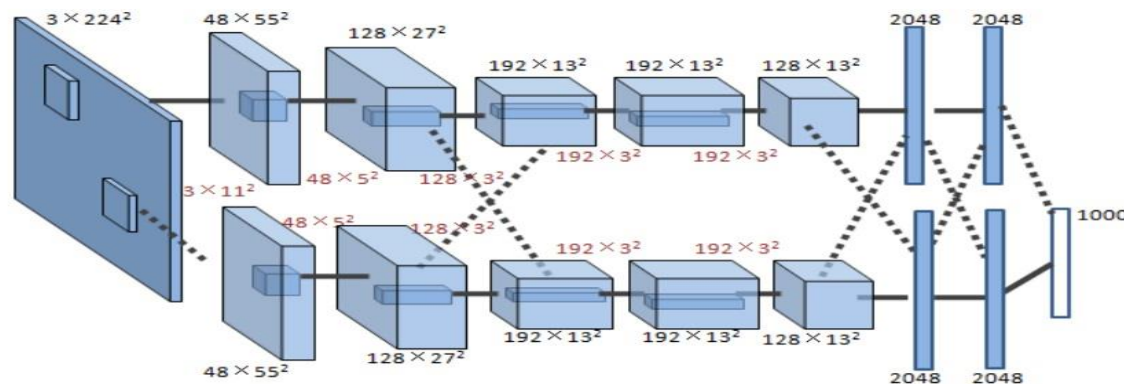
Apprendimento non Supervisionato Unsupervised Learning Modelli Generativi:

- Restricted Boltzman Machines (RBM)
- Deep Belief Networks (Hinton et al., 2006).
- Generative Adversarial Networks (GAN)



Apprendimento Supervisionato Supervised Learning (Modelli Discriminativi):

- Deep Convolutional Neural Networks (LeCun et al., 1989).
- Back Propagation



DEEP LEARNING: un approccio rivoluzionario all'analisi dei Big Data

GPU

- L'avvento delle GPU rende possibile l'addestramento di reti neurali molto larghe con più di 150 milioni di parametri tra pesi e bias.

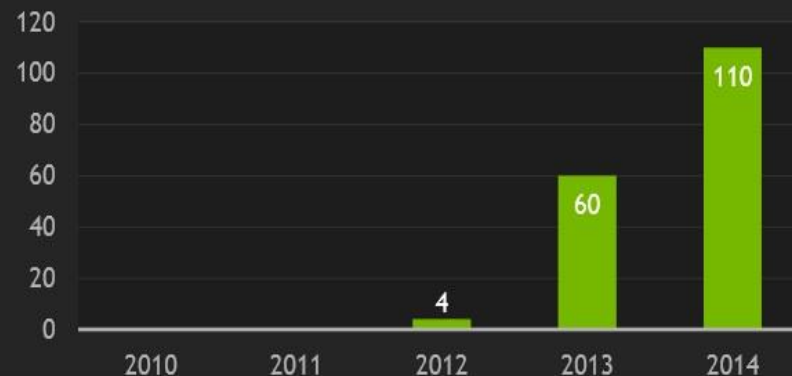
BIG DATA

- Una nuova generazione di insiemi di addestramento e test più grandi e più organizzati. I data set etichettati pubblici crescono di giorno in giorno.

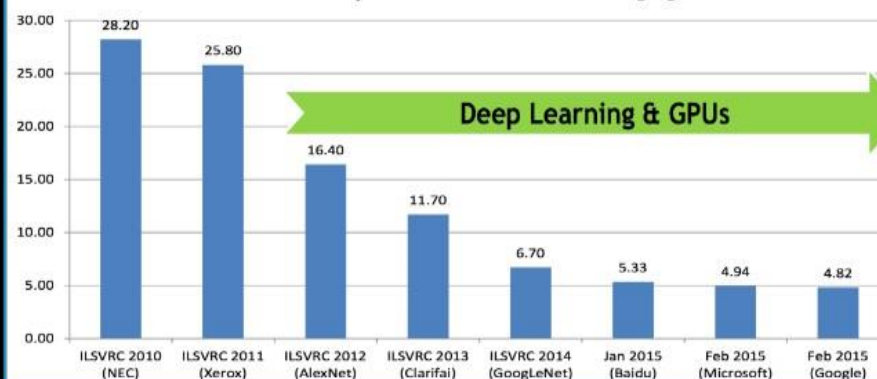
DROPOUT

- Nuovi e migliori metodi di regolarizzazione dei modelli come il *"Dropout"*, la *"Batch Normalization"* o la *"Data Augmentation"*

GPU Entries



ILSVRC Top-5 Classification Error [%]



Computer Vision: dove la Statistica tradizionale fallisce.

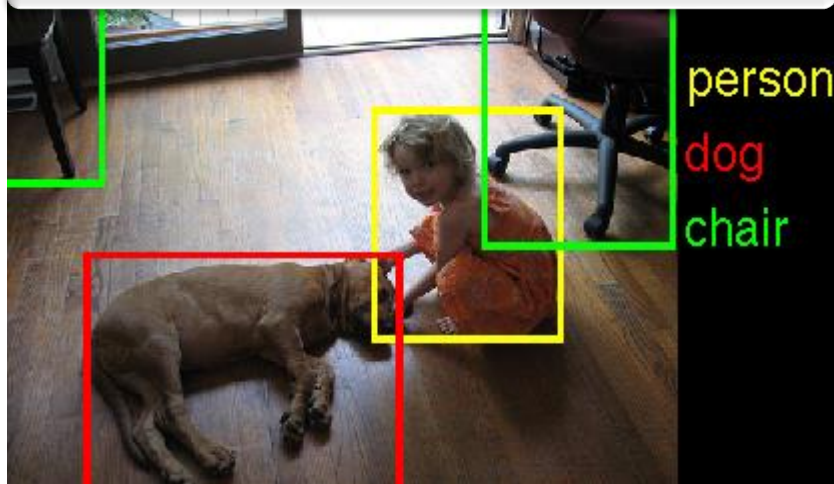
- La **Computer Vision** è un campo interdisciplinare che si occupa del modo in cui una nuova generazione di algoritmi è in grado di elaborare immagini o video per estrarre informazione significativa (da una prospettiva umana) di alto livello.
- I metodi statistici tradizionali hanno spesso enormi problemi ad elaborare big data visuali costituiti da immagini e video.
- L'inadeguatezza dei metodi matematico/statistici tradizionali nel settore della **Computer Vision** è principalmente dovuta al fatto che spesso non sono in grado di essere scalati agevolmente su big data ad alto volume e ad alta dimensionalità (numero di attribute o features) come nel caso appunto delle immagini usate nella **Computer Vision** (Chellappa, R., 2012). Anche una piccola immagine 28x28 produce 784 attributi da immettere nel modello. Quindi un'esplosione combinatorial di input.



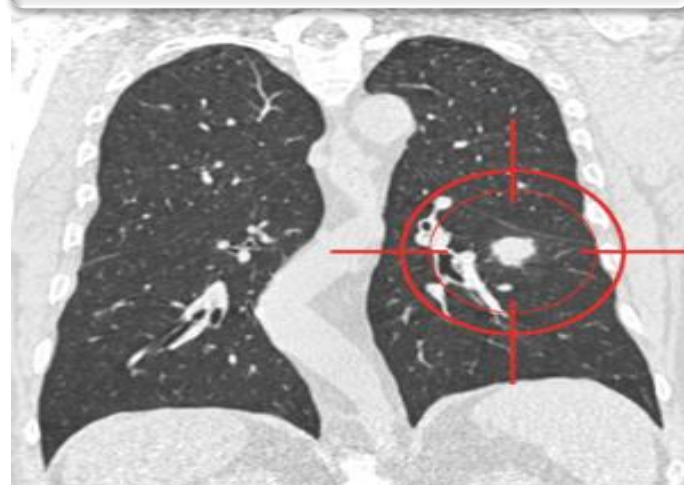
Perchè la Computer Vision è così importante?

- Un nuovo studio dimostra la relazione tra le capacità di Visione e l'Intelligenza. A quanto pare gli esseri umani hanno uno degli apparati di vision più sofisticati nel mondo animale e questo correlerebbe con l'evoluzione dell'intelligenza umana. (*Tsukahara et al., 2016*).
- In altri termini, la **Computer Vision** ha bisogno di capacità d'intelletto di tipo umano o superiori per avere l'efficienza ricercata.

EVERYDAY LIFE



BIOMEDICAL IMAGES



Perchè la Computer Vision è così importante?



- Grazie alla **Computer Vision** si potrebbe costruire una nuova generazione di macchine in grado di compiere task tipicamente umani come riconoscere e spostare oggetti, guidare automobile, coltivare ed irrigare campi autonomamente, pulire strade, raccogliere spazzatura nelle città, e altro.

Computer Vision al servizio del riciclo

- **Cassonetti intelligenti** potrebbero classificare i rifiuti e **differenziarli** automaticamente riducendo enormemente l'errore umano.
- Per quanto concerne la **sostenibilità** del cibo, un primo classificatore intelligente potrebbe consentire a un ristorante o a un negozio di riconoscere, se vi è cibo ancora utile risultante dal processo produttivo. Poi utilizzando altri sotto-classificatori è possibile comprendere se questo cibo può essere rigenerato.
- Applicazioni di AI che ottimizzano tutto il flusso di interazione con un ristorante, riducendo i **costi del processo** e aumentando la sostenibilità. In un altro lavoro, i ricercatori hanno generato, grazie all'intelligenza artificiale, i menu di alcuni ristoranti analizzando le informazioni non strutturate provenienti dai commenti online dei clienti (Deep Learning al servizio del riciclo, Pugliese).



Computer Vision per la Statistica Ufficiale

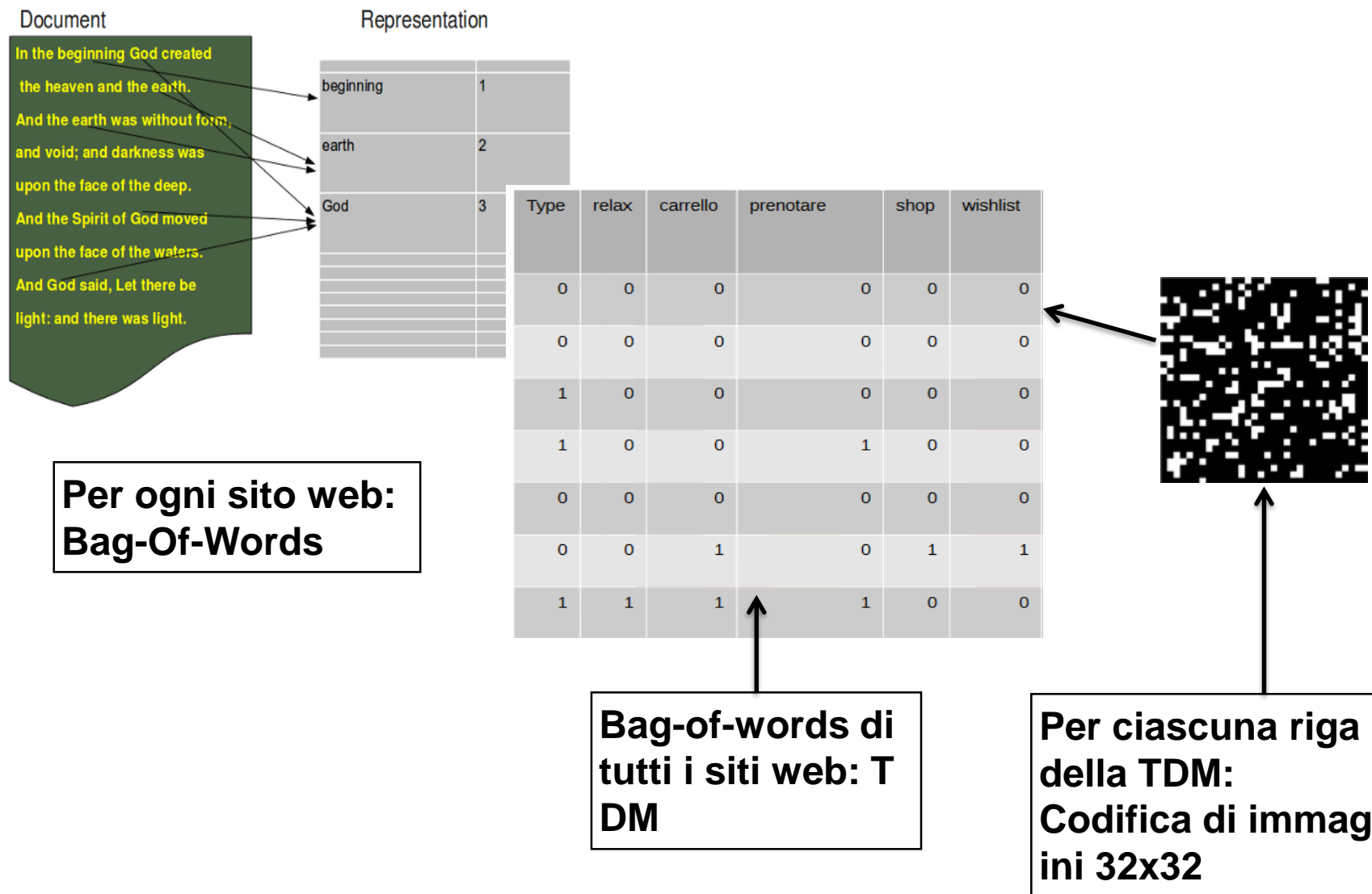
Estrazione automatica di Statistiche da Immagini Satellitari

Oggi giorno, sono disponibili sempre più dati da immagini satellitari aggiornati per l'osservazione della Terra.



Tuttavia, per comprendere bene l'utilizzo di questi dati, per estrarre automaticamente statistiche, le immagini satellitari devono essere processate e trasformate in strutture semantiche.

Bag of Words e Term Document Matrix (TDM)



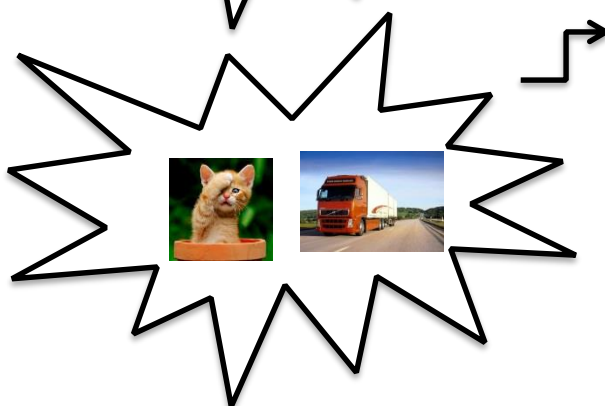
Classificazione di Siti Web mediante approccio basato sul riconoscimento di Immagini

- Grazie alla tecnica della **Riduzione dei Falsi Positivi (False Positive Reduction)** sfruttiamo la segmentazione interna delle immagini di un Sito Web al fine di addestrare una rete convolutiva evoluta (ResNet) su singoli segmenti delle immagini campionate dai siti web.
- **La Rete Convolutiva** viene addestrata in modalità “**Transfer Learning**”, che significa sfruttare un modello pre-addestrato su un dataset ben-posto come Imagenet (1000 image classes, 1.2 mln images). Questo modello pre-addestrato viene addestrato poi sul problema di Computer Vision desiderato.



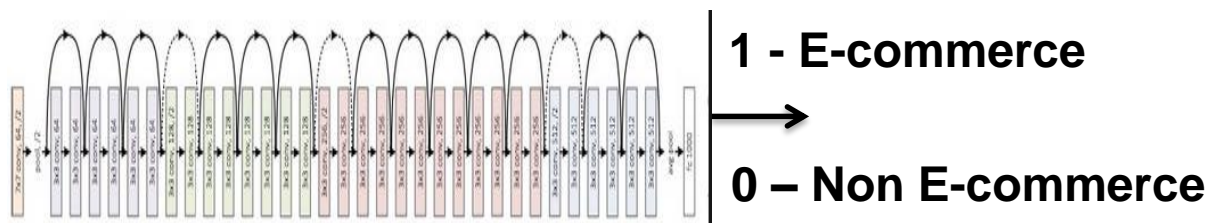
Classificazione di Siti Web mediante approccio basato sul riconoscimento di Immagini

Insieme dei Positivi
(E-commerce)



Insieme dei Negativi
(Non E-commerce)

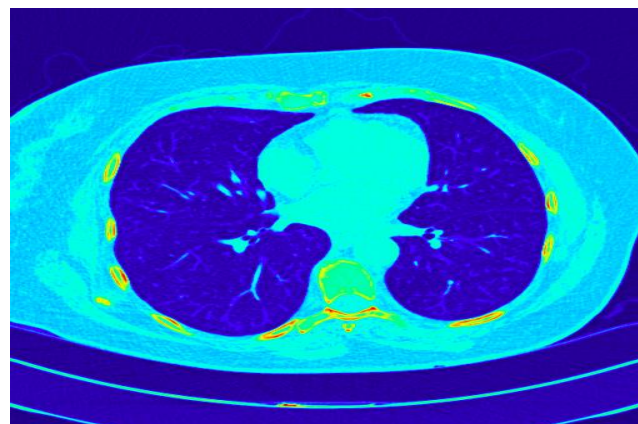
Rete Neurale Residuale (Microsoft)



- Nella fase di inferenza (a Run-time), applicata su un **Test Set**, le immagini del Sito Web sono ancora segmentate e viene assegnata al Sito Web l'etichetta dell'immagine con più alta probabilità.

Applicazioni Biomediche

- Negli Stati Uniti, il tumore ai polmoni uccide circa 225.000 persone ogni anno e richiede al Sistema sanitario federale circa 12 miliardi di dollari di costi. Una diagnosi precoce è importante per dare ai malati di cancro ai polmoni le migliori possibilità di guarigione e sopravvivenza.
- Nel 2016, l'ufficio del Vice Presidente degli Stati Uniti è stato a capo di un'iniziativa coraggiosa, denominata come il “**Lancio sulla luna del cancro**” (**Cancer Moonshot**), nel tentativo di avviare un futuro decennio di progressi nella prevenzione del cancro, nella diagnosi e del trattamento.
- Nel 2017, il **Data Science Bowl** apparso su Kaggle (www.kaggle.com) ha rappresentato la pietra miliare nel supporto al Cancer Moonshot unendo insieme le comunità di data scientist e medici per tentare di sviluppare insieme algoritmi per l'individuazione di tumori ai polmoni da tac.



Competizioni di Computer Vision in ambito Biomedico sul sito Kaggle

Kaggle: Nel 2010, Kaggle fu fondata come piattaforma per la **modellazione predittiva** e le **competizioni analitiche** nell'ambito delle quali varie aziende e ricercatori mettevano a disposizione i loro dati.

- Data Scientist da tutto il mondo competono tra loro su Kaggle per produrre i migliori modelli.
- Il **Data Science Bowl 2017** fu la più grande competizione focalizzata sul “Lung Cancer Detection”, ovvero l'individuazione di tumori ai polmoni. La competizione fu fondata dalla **Fondazione Arnold** e il montepremi era di 1 milione di dollari. Il primo classificato vinse **500.000** dollari.

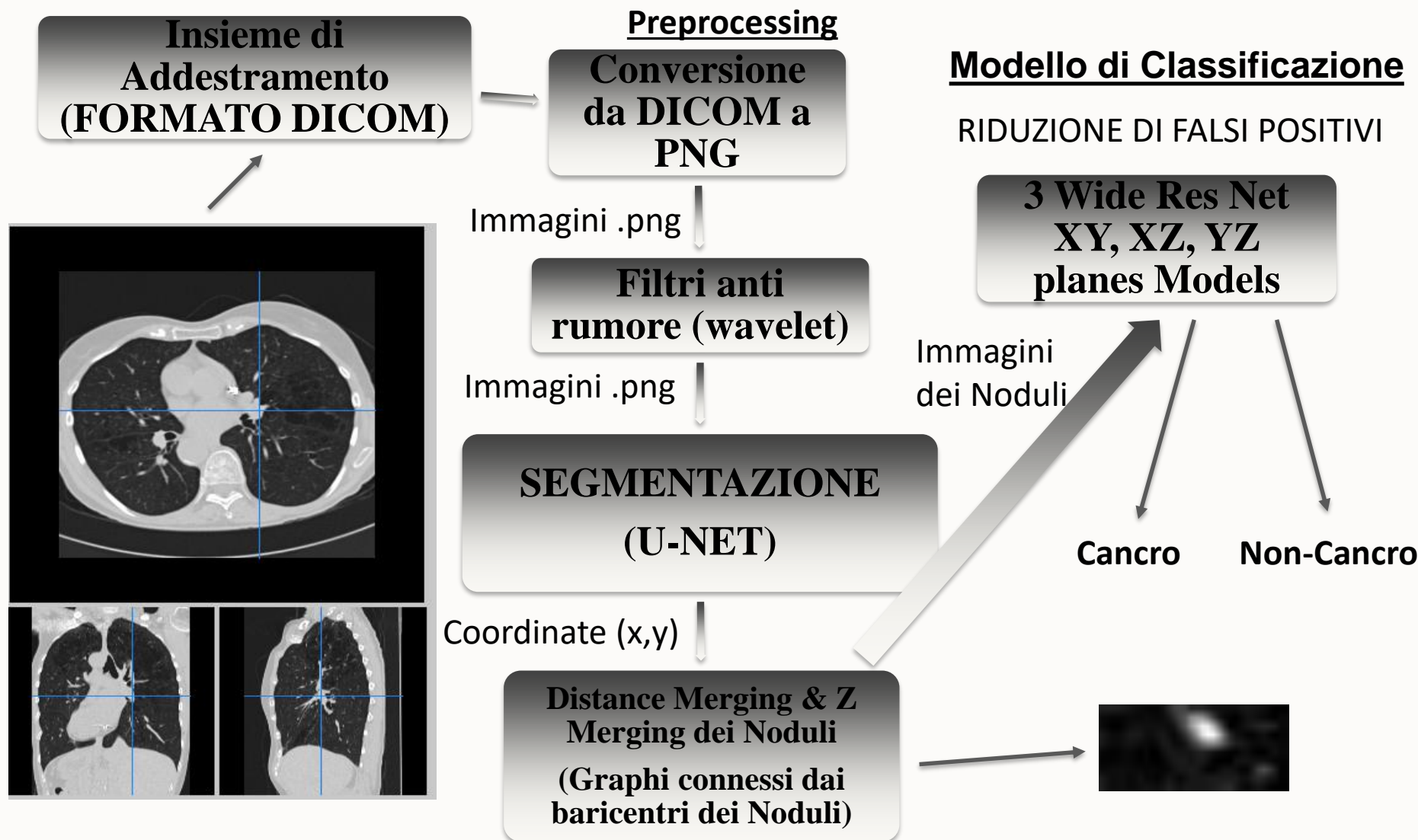
Train Set: around 150 CT labelled scans images per patient from 1200 patients encoded in **DICOM** format.

Stage 1 test set: 190 patients un-labelled CT scans.

Stage 2 test : 500 patients un-labelled CT scans.

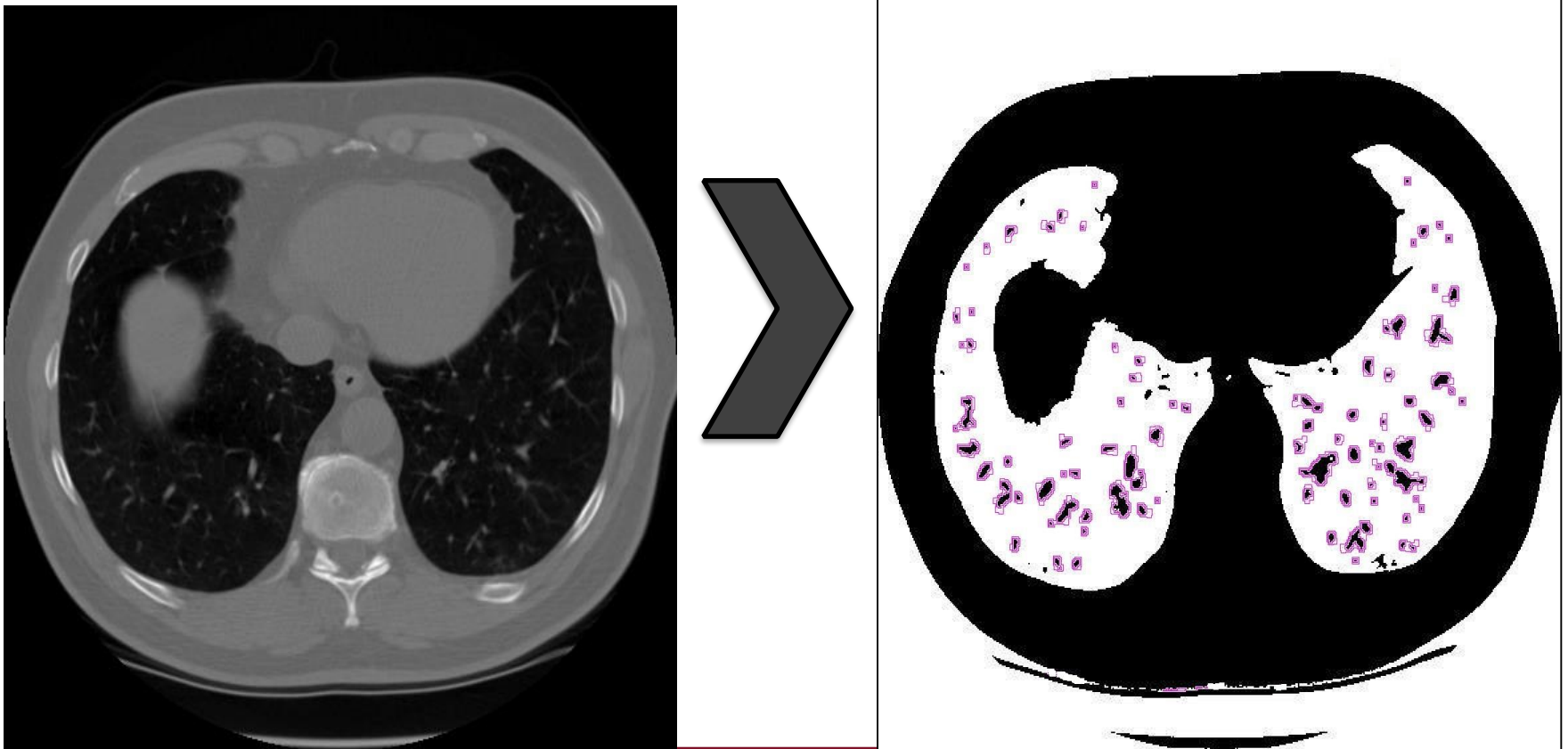
The Kaggle logo, consisting of the word "kaggle" in a light blue, lowercase, sans-serif font.

Sistema di Individuazione dei Tumori ai Polmoni



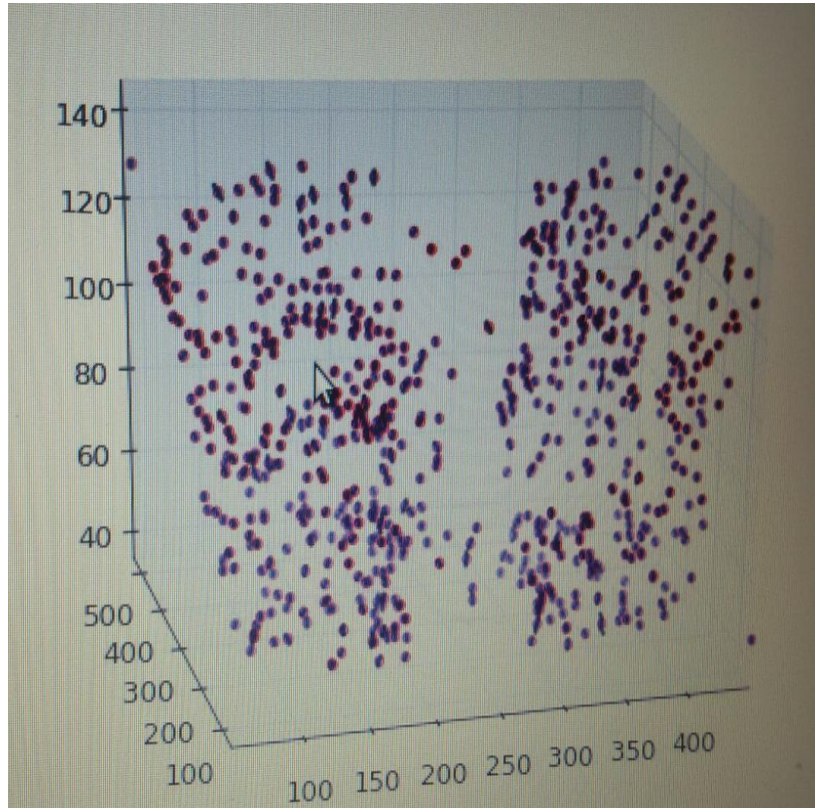
Segmentazione

- Algoritmo di Segmentazione che produce le coordinate (X,Y) del centro dei noduli che permette in seguito all'algoritmo di distance merging di estrarre i noduli direttamente dalle scansioni delle TAC (CT-Scans).

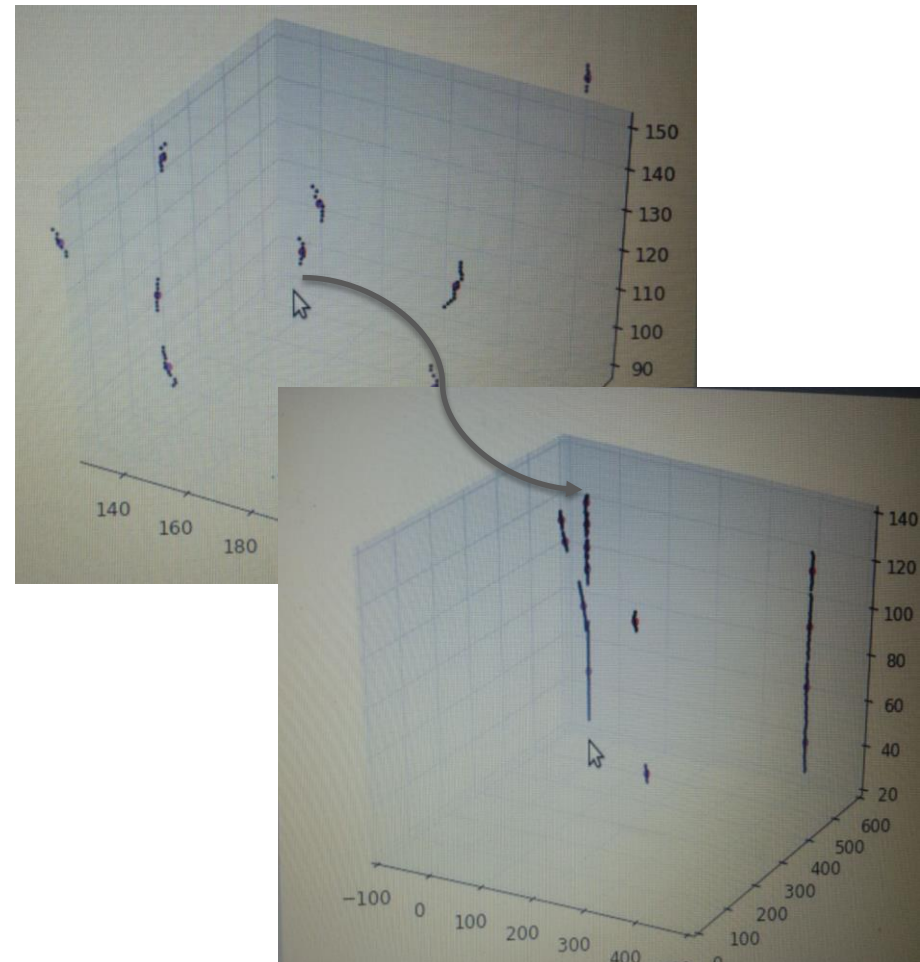


Distance Merging and Z-Merging

Distance Merging



Z-Merging



Risultati e Direzioni Future del progetto Lung Cancer

- Il software risultante dal progetto richiede enormi risorse di calcolo che sono state addestrate su cluster GPU avanzati specificatamente progettati e implementati da noi, e nonostante ciò ha richiesto giorni di addestramento.
- Tuttavia i risultati sembrano incoraggianti, e dimostrano che le accuratezze raggiunte da questi modelli di Deep Learning sono comparabili a quelle degli **oncologi** ed in alcuni casi le superano.
- Fra non molto tempo, queste sistemi di classificazione potrebbero divenire parte integrante di sistemi di TAC, applicazioni di ausilio ai medici, app per smartphones, ecc.
- In futuro si potrebbe sfruttare il **Transfer Learning** per estrarre feature astratte addestrate da altri modelli pre-addestrati su altri compiti e dati biomedici.
- Si potrebbe “wrappare” il modello in un applicazione per dispositivi mobile come smartphone Android o IOS.

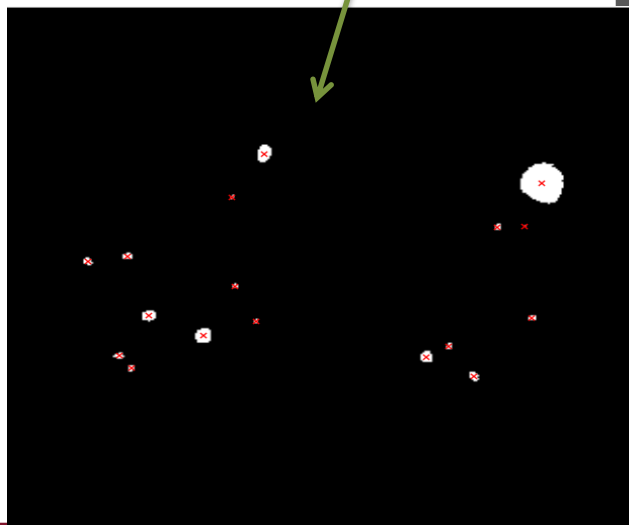
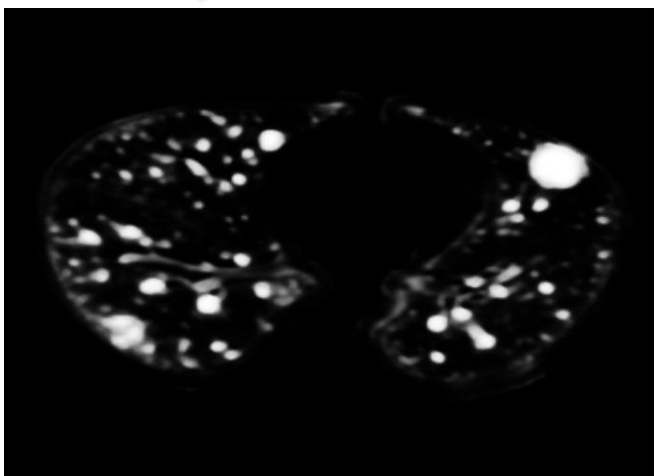
Lung Cancer Classification

Selezione del
Nodulo Candidato
via UNET

Dilatazione,
Erosione, Distance
Merging dei Noduli

Riduzione di Falsi
Positivi via
WideResNet

Cancro /
Non cancro



Framework disponibili per il Deep Learning

Keras è un'interfaccia di alto livello per Theano, Tensorflow e Cntk che lavorano in back-end. Keras dispone di un più intuitive set di istruzioni e astrazioni che rendono semplice il compito di configurare una rete neurale senza dover andare troppo nel dettaglio delle librerie di calcolo **scientifico** e **parallelo**.



TensorFlow è una libreria open-source per la programmazione di flussi di dati e grafi computazionali attraverso un insieme di compiti. E' una libreria matematica simbolica ed anche usata per le applicazioni di machine learning come le reti neurali, le svm, ecc. Viene utilizzata in Google stessa sia per scopi di ricerca che di produzione..

PyTorch è una libreria di deep learning open-source per Python, derivate da Torch, usata per applicazioni come Computer Vision e Natural Language Processing. E' stata primariamente sviluppata dal Gruppo di ricerca di Intelligenza Artificiale di Facebook, e dal Software Pytro di **Uber per programmazione probabilistica**.



References

Chellappa, R. (2012). Mathematical statistics and computer vision. *Image and Vision Computing*, 30(8), 467-468.

Tsukahara, J. S., Harrison, T. L., & Engle, R. W. (2016). The relationship between baseline pupil size and intelligence. *Cognitive Psychology*, 91, 109-123.

Intervista a Francesco Pugliese su Deep Learning al servizio del riciclo:

<https://www.wired.it/attualita/tech/2018/09/20/party-cloud-ibm-deep-learning/>

Acknowledgements

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

FRANCESCO PUGLIESE