



Statistica e intelligenza artificiale al servizio della sanità pubblica

Valutazione di politiche e supporto alle decisioni

*Greta Falavigna, CNR-IRCrES
Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile*

18 Ottobre 2023

Il Centenario del CNR è realizzato con il contributo della Presidenza del Consiglio dei Ministri e con il Patrocinio di Rai



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO
DEI MINISTRI

Struttura di missione anniversari nazionali
ed eventi sportivi nazionali e internazionali



1. Prima parte:

- Definizione di salute e sanità pubblica
- Domande di ricerca e modelli

2. Seconda parte

- Casi-studio
- Riflessioni conclusive



Una definizione di salute e di sanità pubblica

Sanità e Salute: definizione OMS



L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha definito il concetto di **salute** come

«Una condizione di completo benessere fisico, mentale e sociale e non esclusivamente l'assenza di malattia o infermità»

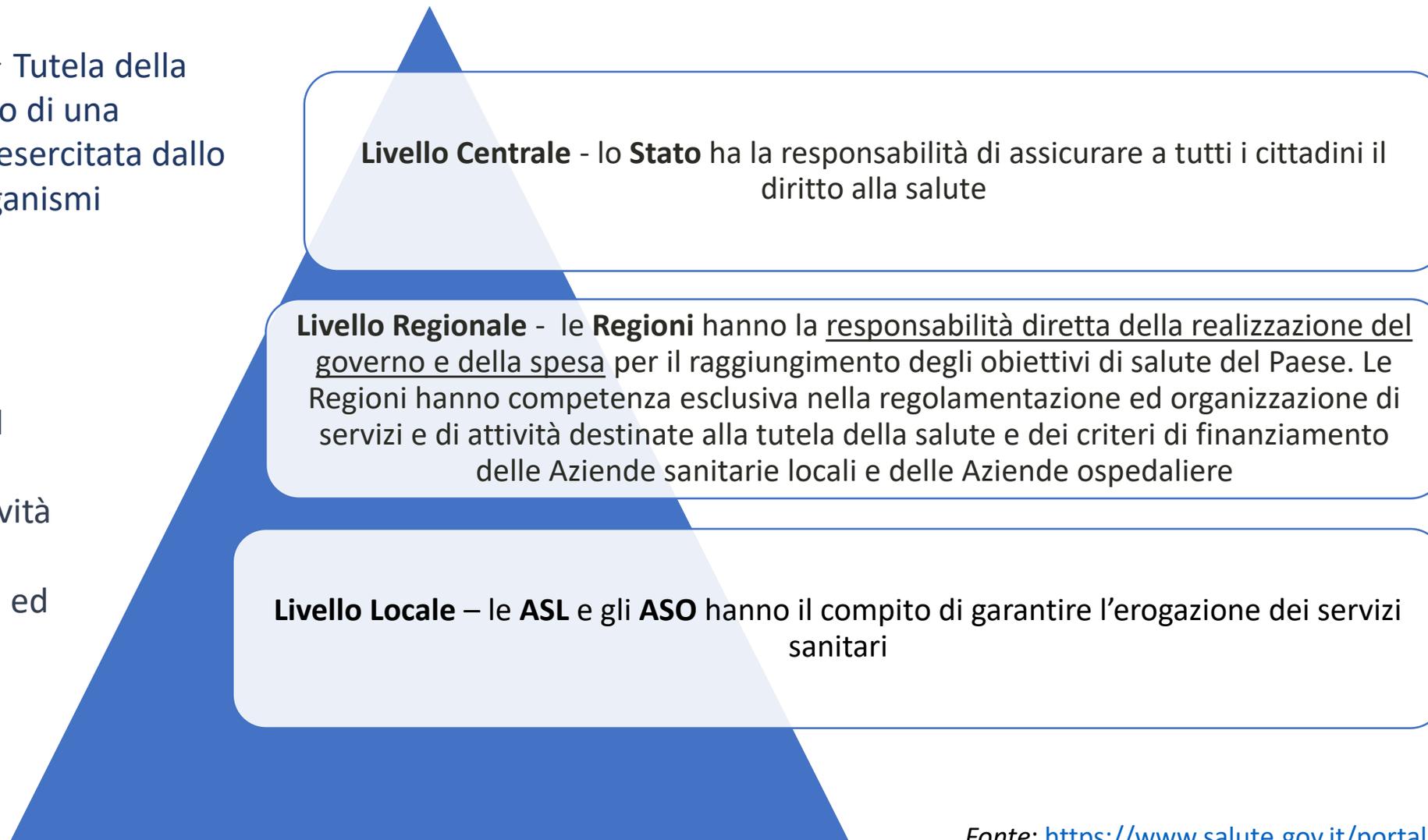
Chi si occupa di preservare la salute?

Sanità pubblica e SSN italiano



Sanità pubblica → Tutela della salute individuale o di una collettività. Viene esercitata dallo Stato o da altri organismi pubblici (Treccani)

SSN → Identifica il complesso delle funzioni, delle attività e dei servizi assistenziali gestiti ed erogati dallo stato italiano



... ma anche la ricerca, non solo medica...

Il «mercato» della salute



La salute è un **bene comune**: è interdipendente, è nell'interesse collettivo e si ottiene solo cooperando gli uni con gli altri

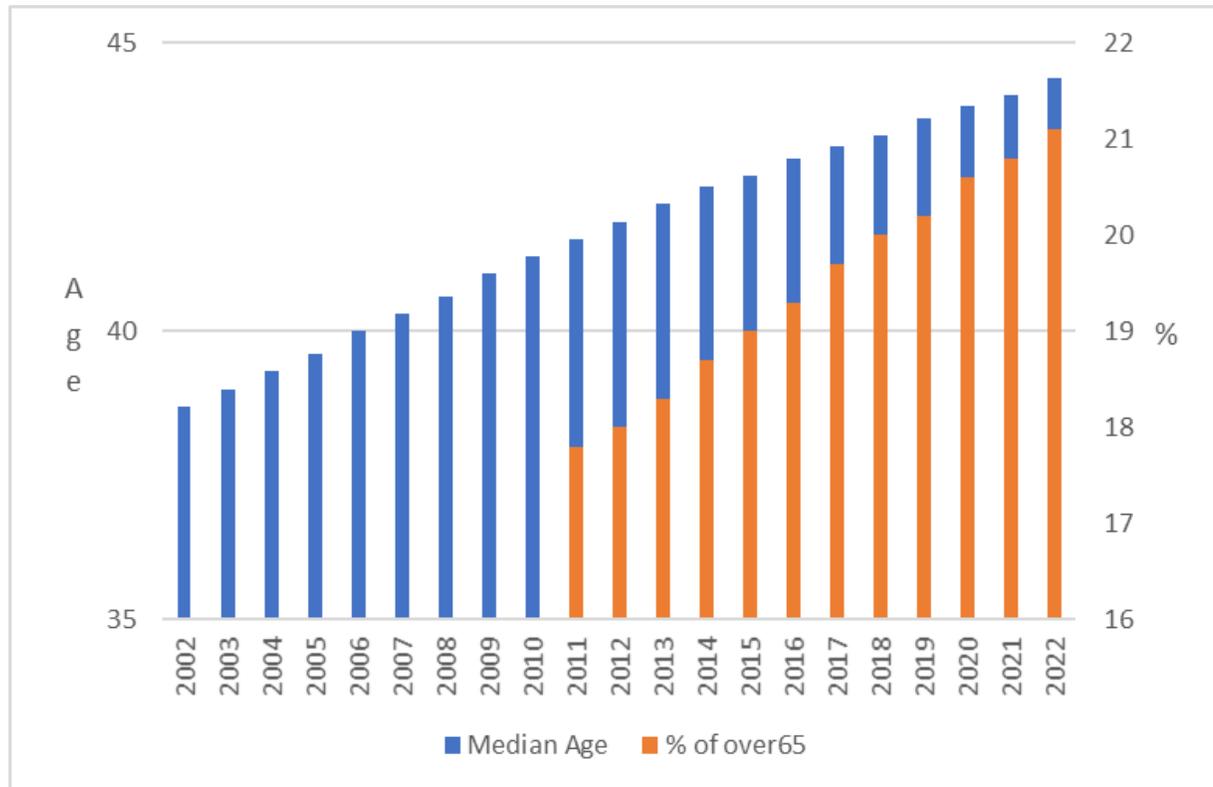
I principi fondamentali (lg 833/1978) sono: l'universalità, l'uguaglianza e l'equità.



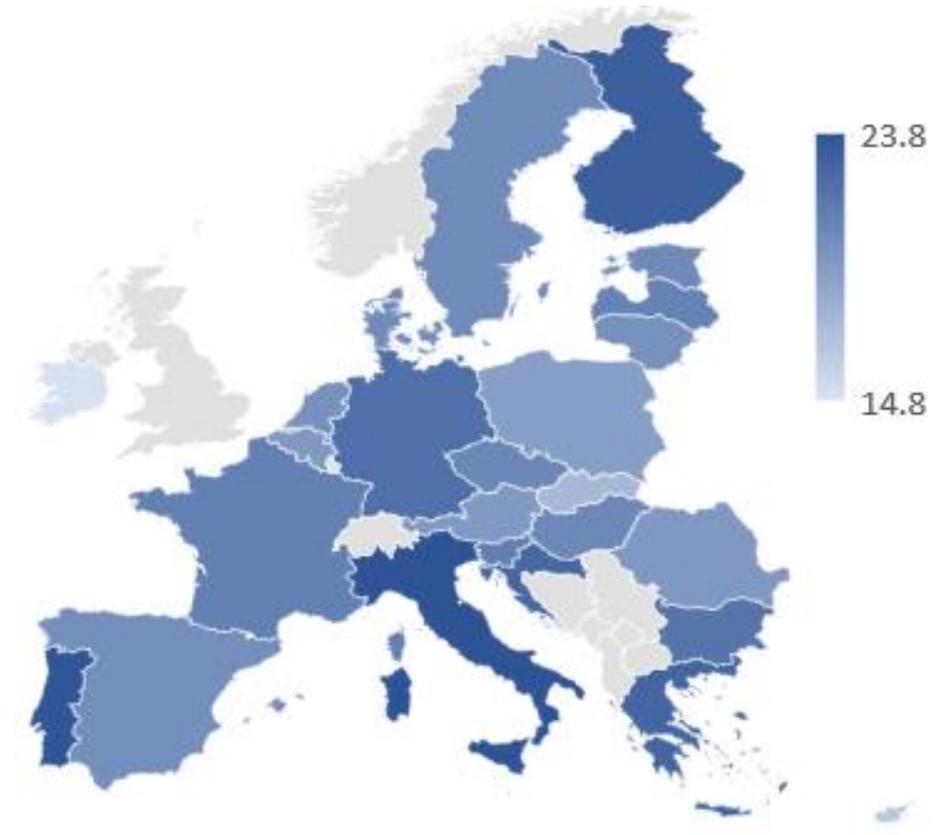
Inoltre, perché studiare la «salute»?

Processo di invecchiamento...

Età mediana della popolazione e % degli over 65 (EU27, 2002-2022)

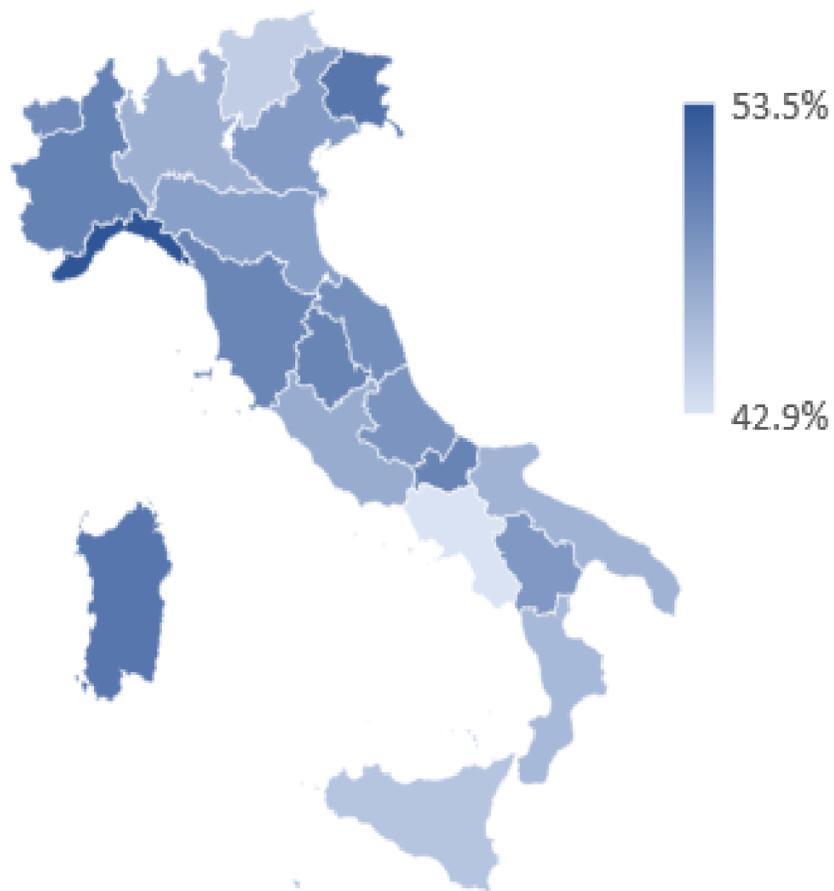


% degli over 65 (EU27, 2022)



Fonte: Elaborazione da Eurostat, Giugno 2023

% over 50 (stime 2023)



Regioni	% over 50	% over 65	Totale
Italia	47.4%	24.1%	58,850,717
Piemonte	50.1%	26.4%	4,240,736
Valle d'Aosta	49.5%	25.0%	122,955
Liguria	53.5%	28.9%	1,502,624
Lombardia	46.7%	23.4%	9,950,742
Trentino-Alto-Adige	44.6%	21.8%	1,075,317
Veneto	48.2%	24.1%	4,838,253
Friuli-Venezia Giulia	51.0%	26.9%	1,192,191
Emilia-Romagna	47.9%	24.5%	4,426,929
Toscana	49.9%	26.2%	3,651,152
Umbria	49.9%	26.8%	854,137
Marche	49.1%	25.9%	1,480,839
Lazio	47.0%	23.2%	5,707,112
Abruzzo	48.8%	25.3%	1,269,860
Molise	50.0%	26.5%	289,840
Campania	42.9%	20.6%	5,592,175
Puglia	46.5%	23.8%	3,900,852
Basilicata	48.5%	24.9%	536,659
Calabria	46.1%	23.6%	1,841,300
Sicilia	45.2%	22.9%	4,802,016
Sardegna	51.0%	26.3%	1,575,028

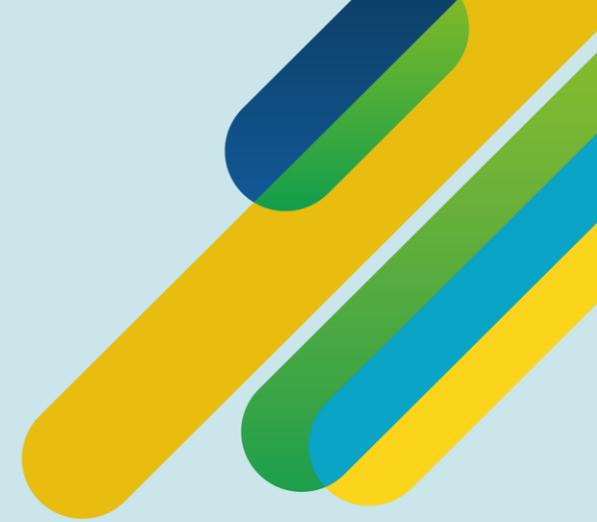
Una prospettiva di lungo periodo...

«...si invecchia da quando si nasce...»



Active ageing for ageing healthy





Alcune domande di ricerca

Domande di ricerca (1): *efficienza, sostenibilità, innovazione*

Domande di ricerca (esempi):

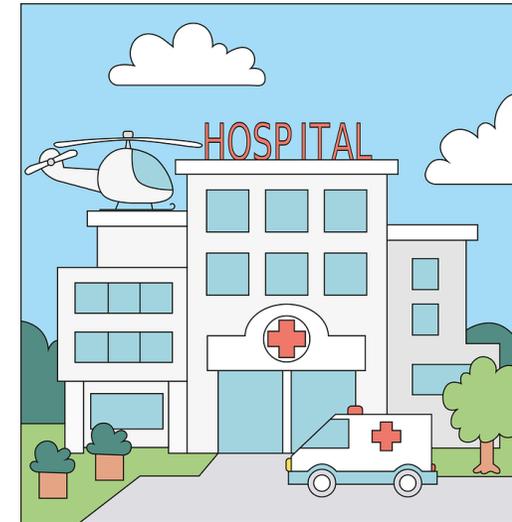
- Come possiamo calcolare l'efficienza di un sistema sanitario?
- Rispetto all'erogazione del servizio sanitario, è più efficiente il pubblico o il privato?
- Che ruolo ricopre l'innovazione nella misurazione dell'efficienza del SSN?

Finanziamento



Pubblico
vs Privato

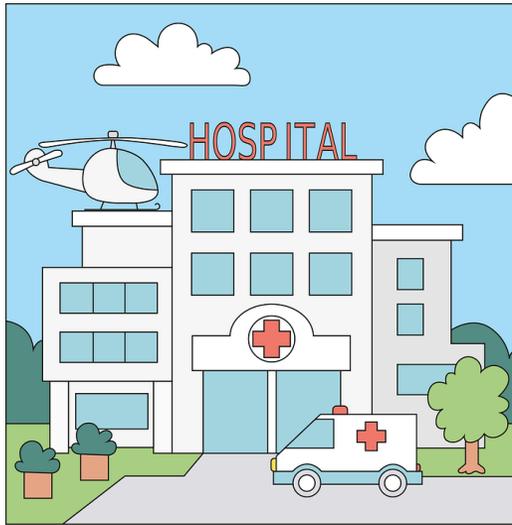
Mobilità
dei pazienti



Metodologie

DEA, DDF, Malmquist, modelli di regressione

Domande di ricerca (2): *active ageing e pianificazione di politiche*



Erogazione
→

Domanda
e Offerta



Politiche
territoriali

Domande di ricerca (esempi):

- Come possiamo valutare l'impatto sociale delle politiche sanitarie?
- Come misuriamo le attività di active ageing del SSN?

Metodologie:

DDF, modelli di regressione

Domande di ricerca (3): *organizzazione e supporto alle decisioni*



Medico vs Manager



Domande di ricerca (esempi):

- È possibile valutare l'organizzazione interna del SSN?
- Come possiamo aiutare il medico o il policy maker a prendere delle decisioni?

Metodologie:

DEA, DDF, Reti Neurali Artificiali e algoritmi applicati per l'ottimizzazione dei risultati, modelli di regressione



Come rispondiamo?

Strumenti di analisi (quantitativa) principali

- **Statistica descrittiva**
 - Analisi preliminare dei dati osservati (campione o popolazione), pre-processamento (identificazione degli outliers, indicatori descrittivi quali media, mediana, deviazione standard, etc...)
 - **Non ci permette di verificare la presenza e l'importanza delle relazioni tra le variabili e nemmeno di fare previsioni e nemmeno inferenza...**
- **Modelli econometrici parametrici e non parametrici**
 - Analisi delle relazioni tra caratteristiche/variabili
 - Analisi della causalità
 - Supporto alle decisioni
- **Modelli di intelligenza artificiale**
 - Feature selection e relazione tra le caratteristiche/variabili
 - Previsione/Generalizzazione
 - Ottimizzazione
 - Supporto alle decisioni



Modelli econometrici

Econometria: Οἶκος + νόμος + μέτρον

Dal greco antico:

Οἶκος + νόμος + μέτρον → Famiglia/casa + legge/norma + misura

**«L'econometria è la scienza e l'arte di usare la teoria economica e le tecniche statistiche per analizzare i dati economici»
(Stock & Watson, 2020)**

Tre principali step:

- 1) Domanda di ricerca e Modello teorico
- 2) Modello matematico/relazione tra le variabili
- 3) Stima delle ipotesi

Approccio TOP → DOWN

Esempi: regressioni lineari e non, data envelopment analysis, Malmquist



Intelligenza artificiale

Branca dell'informatica molto vasta che comprende diverse discipline, come la ricerca operativa, la rappresentazione della conoscenza, la logica, ...

Obiettivo: costruire macchine in grado di svolgere compiti caratteristici dell'intelligenza umana, simulando così le loro capacità cognitive

Machine Learning

«Apprendimento automatico», coniato da Arthur Lee Samuel (1959)

Insieme di algoritmi che fanno parte dell'IA

Obiettivo: insegnare ai computer e ai robot a fare azioni ed attività in modo naturale come gli esseri umani o gli animali. Fare in modo che le macchine apprendano senza essere state preventivamente programmate

Deep Learning

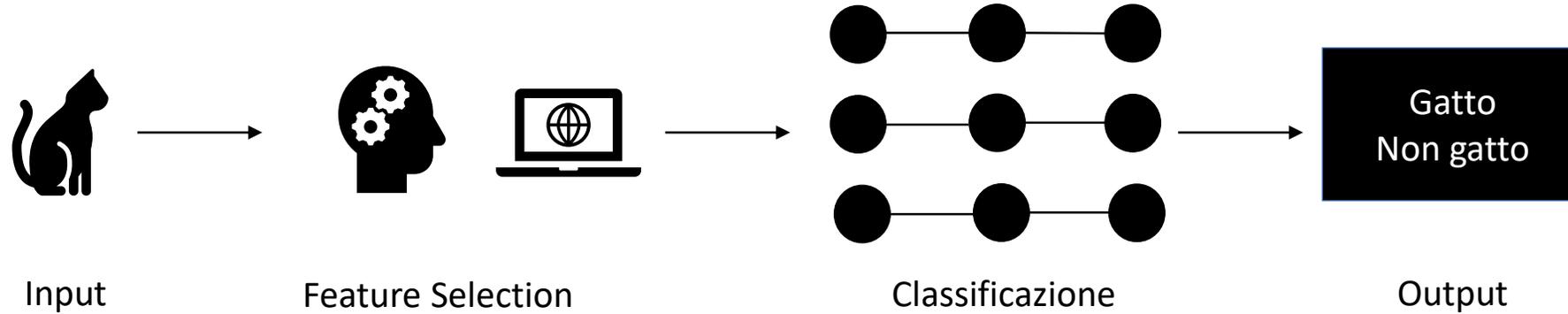
Frank Rosenblatt (1958) e Geoffrey Hinton (2007)

Esegue le stesse operazioni del Machine Learning, ma in modo diverso

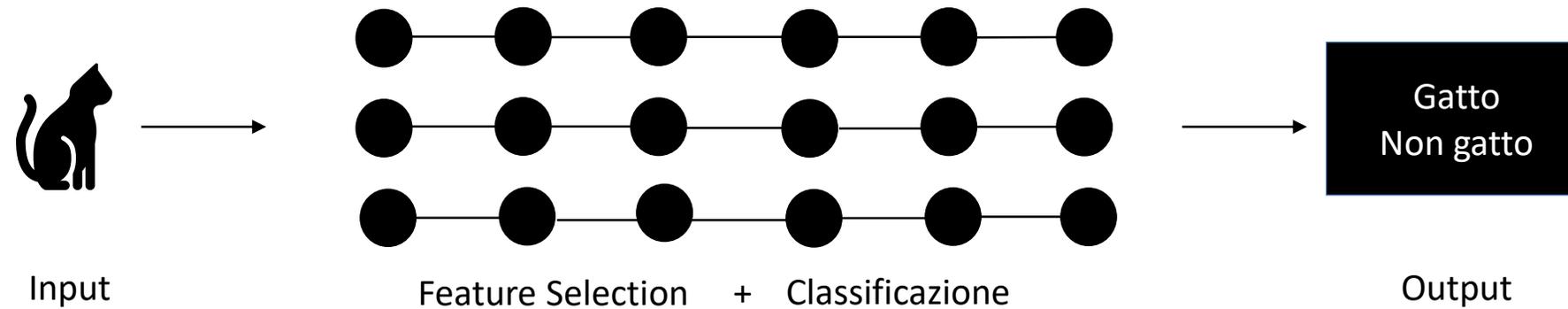
Obiettivo: utilizzare le **reti neurali artificiali** (RNA, Artificial Neural Networks, ANNs) per simulare le strutture e il funzionamento del cervello, eseguire compiti complessi, elaborare informazioni in modo non lineare

Machine Learning e Deep learning

Machine Learning

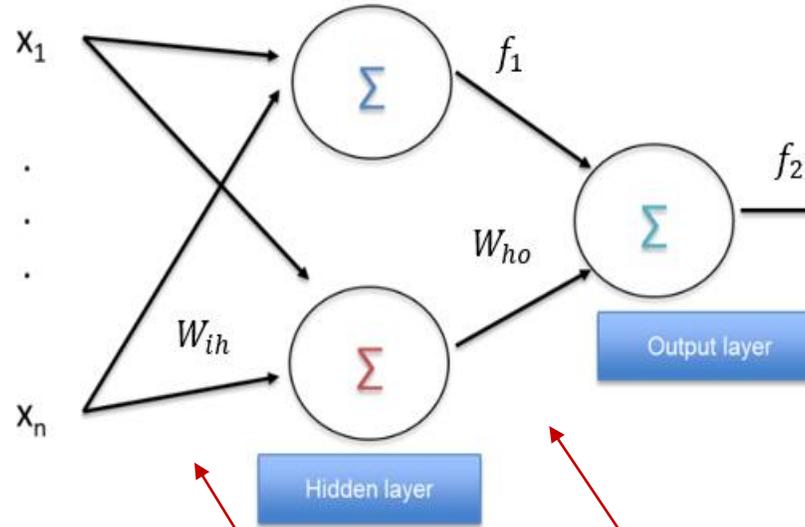


Deep Learning



RNA: Approccio **BOTTOM → UP**

Campione iniziale → Training set

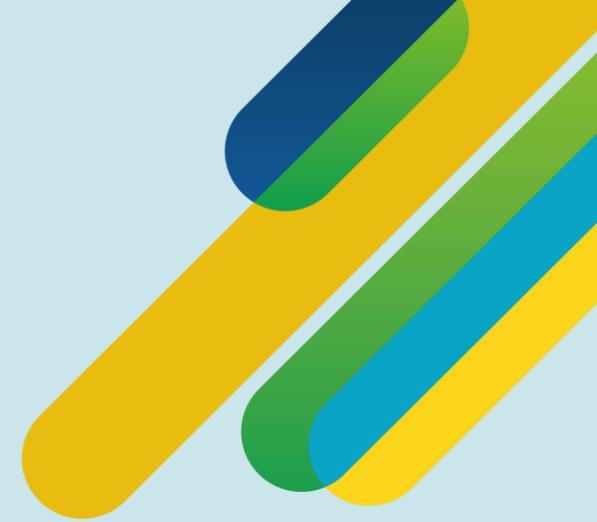


Dal confronto tra output teorico (target) e output empirico (dalla ANN) → **PESI**

Pesi ottimi, struttura e parametri della rete

Validation set

Performance finale del modello



Rispondiamo a qualche domanda...
(casi studio)

Domande di ricerca (1): *efficienza, sostenibilità, innovazione*



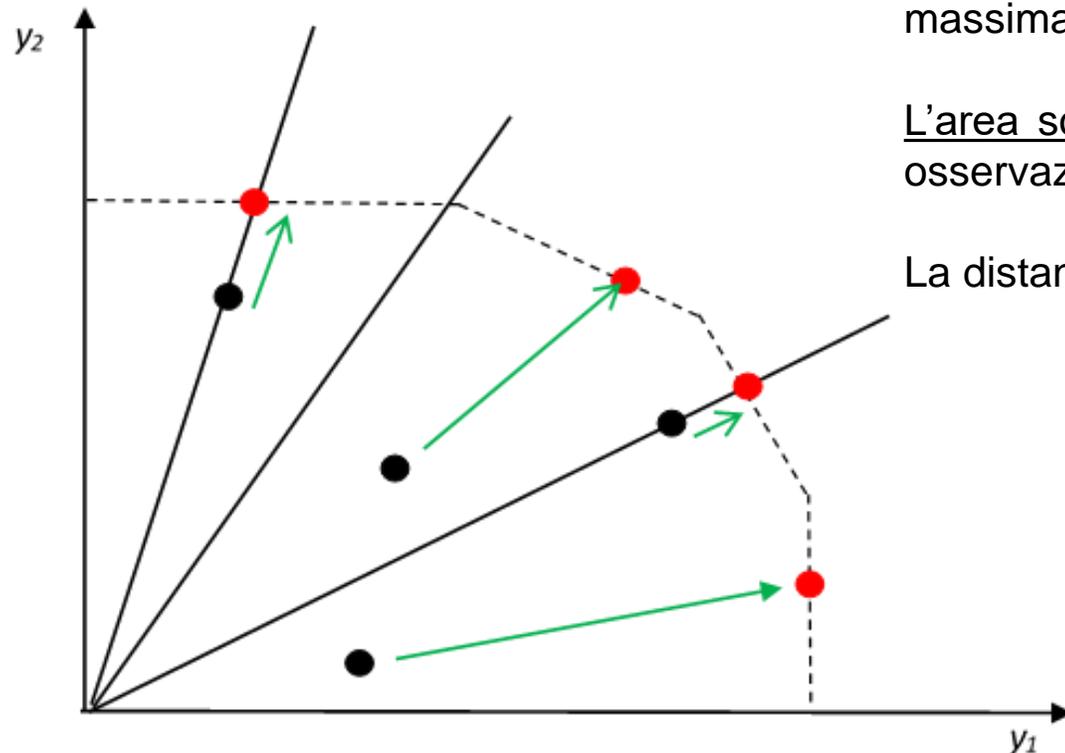
- **Come possiamo calcolare l'efficienza di un sistema sanitario?**
 - ✓ Dipende dal concetto di efficienza: cosa vogliamo misurare?
 - ✓ **Efficienza in senso economico**: essere in grado di minimizzare i costi... solo questo?
 - ❖ *DEA (Data Envelopment Analysis) e Malmquist* → Quale sistema sanitario è in grado di «produrre» di più a parità di fattori produttivi
 - ❖ Cos'è la produzione per il sistema sanitario? *Output*: Mobilità attiva (immigrati)
 - ❖ Cosa sono i fattori della produzione? *Input*: Letti, Popolazione, Medici, Tecnici, Infermieri, Mobilità passiva (emigrati)
- **Rispetto all'erogazione del servizio sanitario, è più efficiente il pubblico o il privato?** I *letti pubblici* rappresentano una proxy del settore pubblico
- **Che ruolo ricopre l'innovazione nella misurazione dell'efficienza del SSN?**
 - ✓ Come si misura l'innovazione? La ricerca clinica rappresentata dal numero di *studi clinici* (fase II e fase III) può essere una buona proxy del livello di innovazione del servizio sanitario

Efficienza (Data Envelopment Analysis)

Punteggio assegnato alle osservazioni.

Output-oriented: le osservazioni sulla frontiera sono in grado di produrre di più a parità di input

Input oriented: le osservazioni sulla frontiera sono in grado di produrre la stessa quantità utilizzando la minor quantità di input



Linea tratteggiata: frontiera efficiente. Rappresenta la combinazione massima di due output, considerando la stessa quantità di input.

L'area sotto la frontiera rappresenta il "production possibility set": tutte le osservazioni in questa area sono considerate inefficienti (pallini neri).

La distanza dalla frontiera (frecce verdi) rappresenta l'inefficienza.

Esistono numerosi modelli nati dalla DEA che permettono di inserire anche output negativi, come l'inquinamento. In questi modelli, l'output «buono» (i.e., *good*) viene massimizzato e quello «cattivo» (i.e., *bad*) viene minimizzato, a parità di input (si veda la ***Directional Distance Function, DDF***)

Domande di ricerca (1):

efficienza, sostenibilità, innovazione → **Risposte**



1. Con la DEA abbiamo risposto a questa domanda:
«**Come possiamo calcolare l'efficienza di un sistema sanitario?**»

2. Con un'analisi di regressione abbiamo risposto alle seguenti domande:
«**Rispetto all'erogazione del servizio sanitario, è più efficiente il pubblico o il privato?**»

All'aumentare della % dei letti pubblici sul totale dei letti, l'inefficienza diminuisce

«**Che ruolo ricopre l'innovazione nella misurazione dell'efficienza del SSN?**»

All'aumentare della ricerca clinica, l'inefficienza diminuisce



Score di efficienza pesati per km di percorrenza (DEA scores), anno 2006.

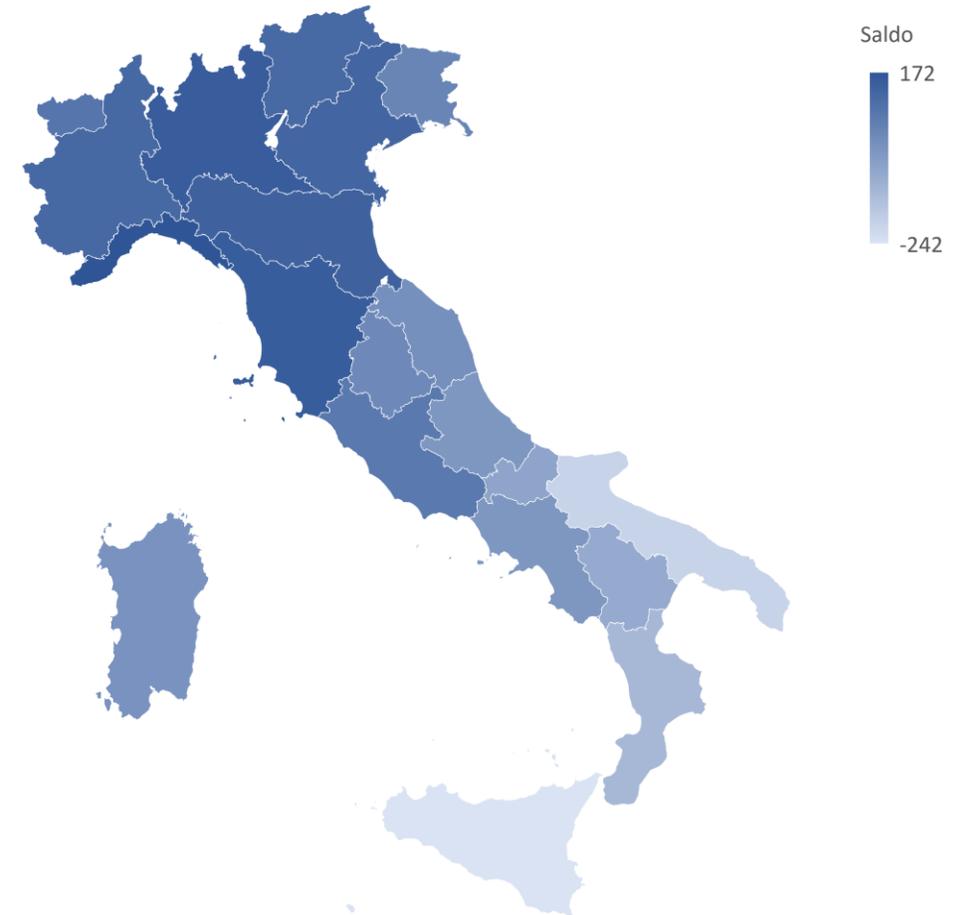
Più la regione è scura e più è inefficiente

Diverse misure di efficienza del SSN



Spostamento del paziente → proxy della qualità del servizio

- **Mobilità attiva/positiva** (*immigrati*): pazienti che da un'altra regione si muovono verso la regione considerata
- **Mobilità passiva/negativa** (*emigrati*): pazienti che dalla regione considerata si muovono verso un'altra
- **Saldo**: Mobilità attiva – Mobilità passiva



Saldo della mobilità pesato per km (anni 2002-2006)

Domande di ricerca (1): *efficienza, sostenibilità, innovazione* → **Policy**



Risultati

- Non possiamo stabilire se la mobilità sia motivata o meno, cioè se la percezione del paziente sia corretta, ma possiamo sostenere alcune ipotesi su ciò che potrebbe influenzare la sua percezione
- La sanità pubblica è più efficiente di quella privata
- La ricerca clinica farmaceutica è la variabile che approssima l'innovazione e il modello supporta l'ipotesi di una relazione positiva tra punteggi di efficienza e trattamenti sperimentali

Suggerimenti per il policy maker

- Cercare di aumentare la qualità percepita delle industrie regionali attraverso la ricerca clinica farmaceutica
- Ridurre al minimo i costi di transazione (ad esempio, un sistema efficiente di protezione dei diritti dei pazienti)
- Se da un lato la privatizzazione del settore abbatte i costi fissi, diminuendo il deficit, dall'altro tale operazione risulta inefficiente se non si stabiliscono dei sistemi correttivi e di controllo che permettano al paziente di potersi fidare di quanto gli viene comunicato dal medico

Domande di ricerca (2): *active ageing e pianificazione di politiche*



- Come possiamo valutare l'impatto sociale delle politiche sanitarie?
- Come misuriamo le attività di active ageing?
 - ✓ **Caso studio**: aree rurali piemontesi
 - ✓ Misurazione delle attività di active ageing → concetto di efficienza
 - ✓ Considerazioni di policy

Caso studio: valutare la sostenibilità dell'introduzione degli infermieri di comunità nelle aree rurali piemontesi come supporto all'invecchiamento sano e attivo (popolazione over 65, anno 2013)

Domande di ricerca

- È possibile assegnare un punteggio ai comuni in base alla loro capacità di sostenere il processo di invecchiamento?

Risultato atteso e suggerimenti di policy

- In base ai punteggi stimati, il policy maker può utilizzare in modo più razionalmente le risorse a disposizione, implementando i trattamenti innovativi dove è estremamente necessario

Metodologia

- Directional Distance Function, output-orientation. I punteggi variano tra 0 e 1 (Shephard's distance function), dove 0 indica l'osservazione più efficiente. Con e senza bootstrap.

Efficienza

Su 1208 comuni piemontesi, 524 sono comuni montani (in blu). In 457 comuni si è registrata almeno una frattura all'anca nel 2013 (campione analizzato)

Input: risorse finanziarie ricevute dal comune

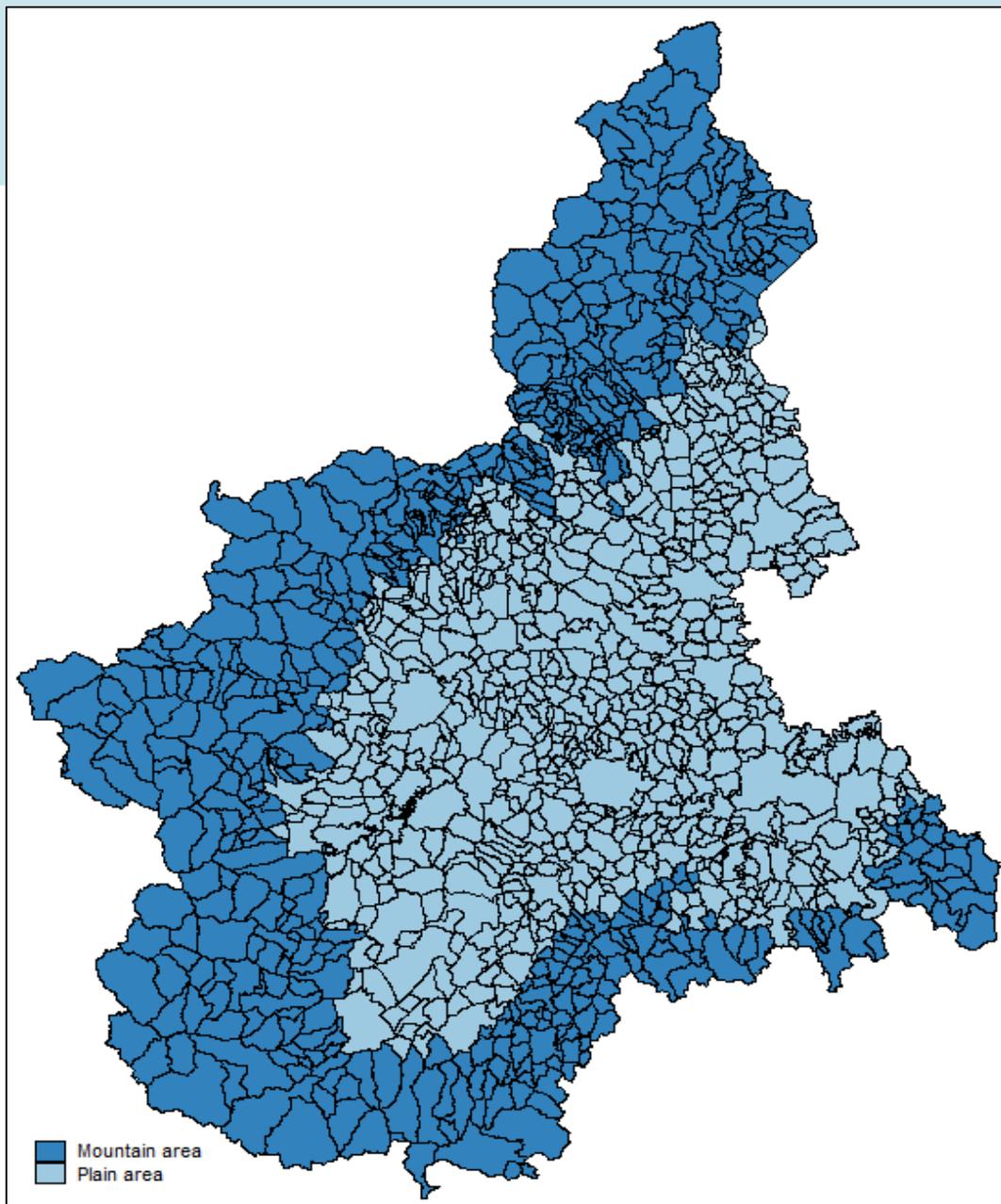
Output buono (good): popolazione anziana (over 65)

Output cattivo (bad): fratture dell'anca negli over 65

NB: gli score di efficienza sono stati calcolati su sotto-campioni definiti in base alla classe altimetrica del comune (sotto i 300 metri, tra 300 e 600, tra 600 e 900 e sopra i 900)

I comuni efficienti sono quelli che a parità di risorse finanziarie ottenute, sono in grado di massimizzare la quota di popolazione over 65 e allo stesso tempo minimizzare le fratture all'anca negli over 65

Test statistici sulle medie mostrano che esistono differenze statisticamente significative tra comuni appartenenti a classi altimetriche diverse



Dove intervenire?



Considerando che la stima dei costi per il servizio degli infermieri di comunità per tutti i 524 comuni montani piemontesi è pari a circa 24.000.000 € per tre anni (dati al 2015), il policy maker potrebbe considerare di «trattare» solo i comuni più inefficienti

In questo caso, osservando:

- il sotto-campione di comuni appartenenti al quarto quartile in termini di score di efficienza (quindi i 114 comuni più inefficienti)
- I costi del personale (infermieri di comunità) e i costi di trasporto (3 anni)
- Il costo totale del servizio si ridurrebbe a poco meno di 6.000.000 €, cioè il 24% dei precedenti

Obiettivo e Risultato → Uno strumento per il policy maker

- Costruzione di un modello in grado di assegnare punteggi di efficienza ai comuni considerando vincoli sia finanziari sia sociali
- Il modello proposto permette ai decisori politici di sapere dove intervenire e spendere le risorse finanziarie in modo più efficiente

Domande di ricerca (3): *organizzazione e supporto alle decisioni*



- È possibile valutare l'organizzazione interna del SSN?
- ❖ Nuova definizione di efficienza considerando l'organizzazione interna dell'ospedale (risorse umane) e il risultato delle prestazioni
 - 1. Efficienza organizzativa** → Directional Distance Function:
 - Input: numero di letti; numero di impiegati distinti per tipologia
 - Output: (good) rimborsi da mobilità attiva; (bad) perdite finanziarie
 - Campione e dati: bilanci degli ASO estratti dal Ministero dell'economia e finanza e dal Ministero della salute (anno 2007)
 - 2. Regressione**: spiegare l'inefficienza organizzativa sulla base di alcune variabili
- ✓ **Risultati**: individuazione dei costi che maggiormente impattano sull'inefficienza. Ad esempio, una riallocazione del personale all'interno delle categorie professionali o l'utilizzo di consulenza per alcuni servizi piuttosto che contratti a tempo indeterminato
- Come possiamo aiutare il medico o il policy maker a prendere delle decisioni? (stratificazione dei pazienti al DEA e programmazione ricoveri)

Trade-off: salute vs vincoli finanziari

Caso studio: un primario del reparto di medicina d'urgenza deve decidere se ospedalizzare un utente arrivato in pronto soccorso in seguito a un evento di sincope

Sincope → temporanea perdita di coscienza.

Se di natura cardiaca la probabilità di insorgenza di evento acuto entro 10 giorni o entro 1 anno dall'evento di sincope è elevato.

Problema: capire se la sincope è di natura cardiaca non è semplice, il cuore spesso non evidenzia traccia

Trade-off del primario (domanda di ricerca):

- ❑ Ospedalizzo il paziente MA non era necessario → tratto un paziente sano come malato e sostengo un costo inappropriato (*falso positivo*)
- ❑ Non ospedalizzo il paziente MA sarebbe stato necessario (sincope di natura cardiaca non individuata) → tratto un paziente malato come sano, facendo rischiare la vita al paziente (*falso negativo*)

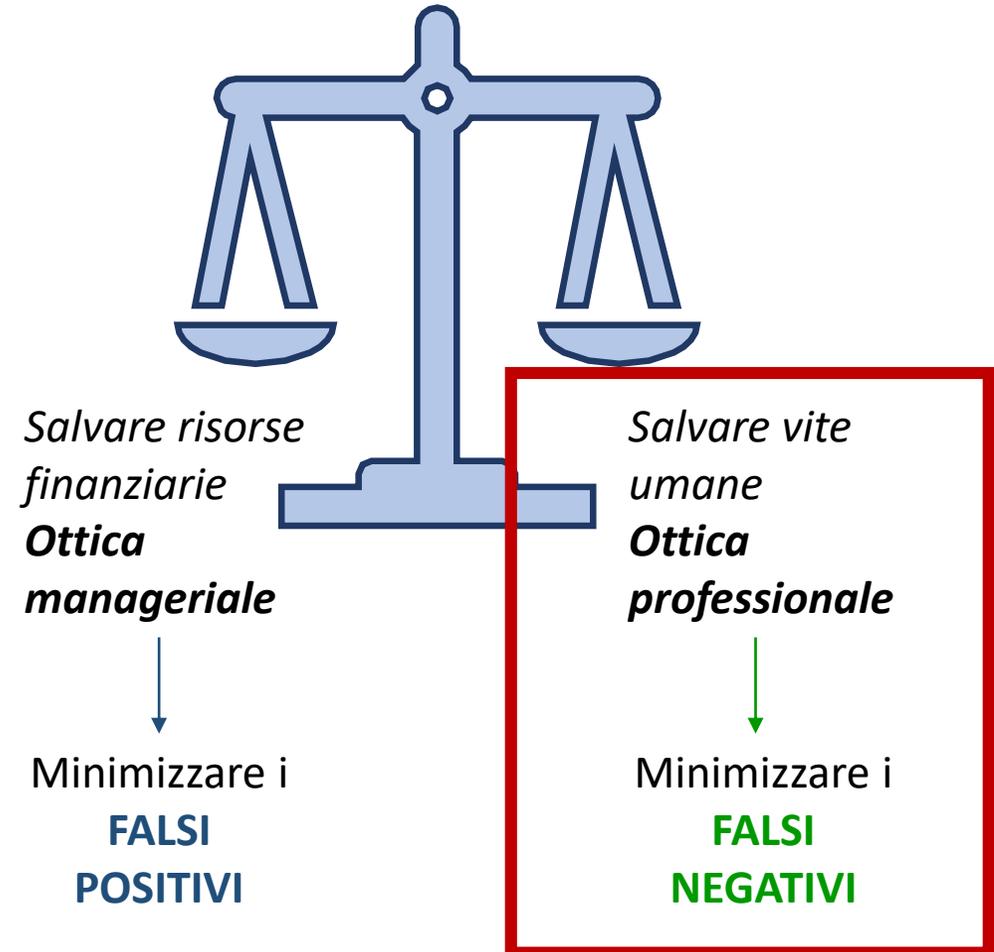


Trade-off: quale obiettivo?

Trade-off del primario (domanda di ricerca):

- ❑ Ospedalizzato il paziente MA non era necessario → tratto un paziente sano come malato e sostengo un costo inappropriato (*falso positivo*)

- ❑ Non ospedalizzato il paziente MA sarebbe stato necessario (sincope di natura cardiaca non individuata) → tratto un paziente malato come sano, facendo rischiare la vita al paziente (*falso negativo*)



Come misurare le performance in sanità?

Matrice di confusione

Modello (output)	Realtà (target)	
	P	N
+	<p>Vero Positive / True Positive (TP) Un soggetto malato che viene classificato come malato dal modello</p>	<p>Falso Positive / False Positive (FP) Un soggetto sano che viene classificato come malato dal modello (Errore di primo tipo)</p>
-	<p>Falso Negativo / False Negative (FN) Un soggetto malato che viene classificato sano dal modello (Errore di secondo tipo)</p>	<p>Vero Negativo / True Negative (TN) Un soggetto sano che viene classificato sano dal modello</p>

Obiettivo del nostro modello è quello di MINIMIZZARE questo tipo di errore

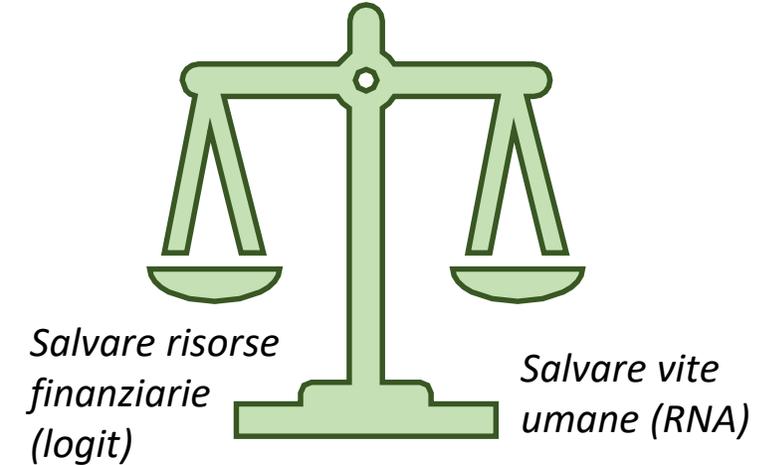
Sensitività	Specificità
$\frac{TP}{TP + FN}$	$\frac{TN}{FP + TN}$

RNA e simulazioni di spesa



Noi mostriamo che:

- un modello basato sulle RNA è in grado di minimizzare il numero dei falsi negativi (i.e., si ospedalizza di più → si spende di più MA vengono salvate più vite)
- i modelli di regressione logistica minimizzano i falsi positivi (i.e., si ospedalizza di meno → si spende di meno MA si rischia di mandare a casa pazienti malati come se fossero sani)



Impatto sulla finanza pubblica e implicazioni di policy:

- Considerando che gli ingressi nei reparti di medicina d'urgenza (i.e., i pronto soccorso) a causa di evento di sincope cardiaca sono variano tra l'1% e il 3% e che tra l'1% e il 3% degli utenti viene ospedalizzato, il numero di casi clinici dovuti a sincope varia tra i 224.030 pazienti e i 672.090 (anno 2010)
- Se la RNA fosse utilizzata come supporto alle decisioni, ci aspettiamo una riduzione di falsi negativi che varia tra 4.996 e 14.988 pazienti a 10 giorni e tra 17.206 e 51.617 pazienti a 1 anno
- Il costo legato ad ogni singolo caso di sincope è in media pari a 4,063€
- Pertanto la RNA ci permette di non mandare a casa pazienti malati, ma produce, nel breve periodo, un maggior costo per la sanità che varia tra 20.298.748 € e 60.896.244 €.

Programmazione dei ricoveri

Background: il tempo di ricovero (i.e., length of stay, LOS) dei pazienti è una variabile strategica per la gestione degli ospedali poiché ad esso è legato il rimborso per la prestazione.

Se la durata della degenza si allunga oltre il necessario, si evidenziano tre principali problemi:

- I letti vengono occupati togliendo l'opportunità a pazienti che possono necessitare l'ospedalizzazione
- Si allungano le liste d'attesa
- Se la durata reale supera la durata prevista dalle soglie stabilite dal sistema sanitario (ad esempio, la media nazionale), si incorre in un mancato rimborso (perdita)

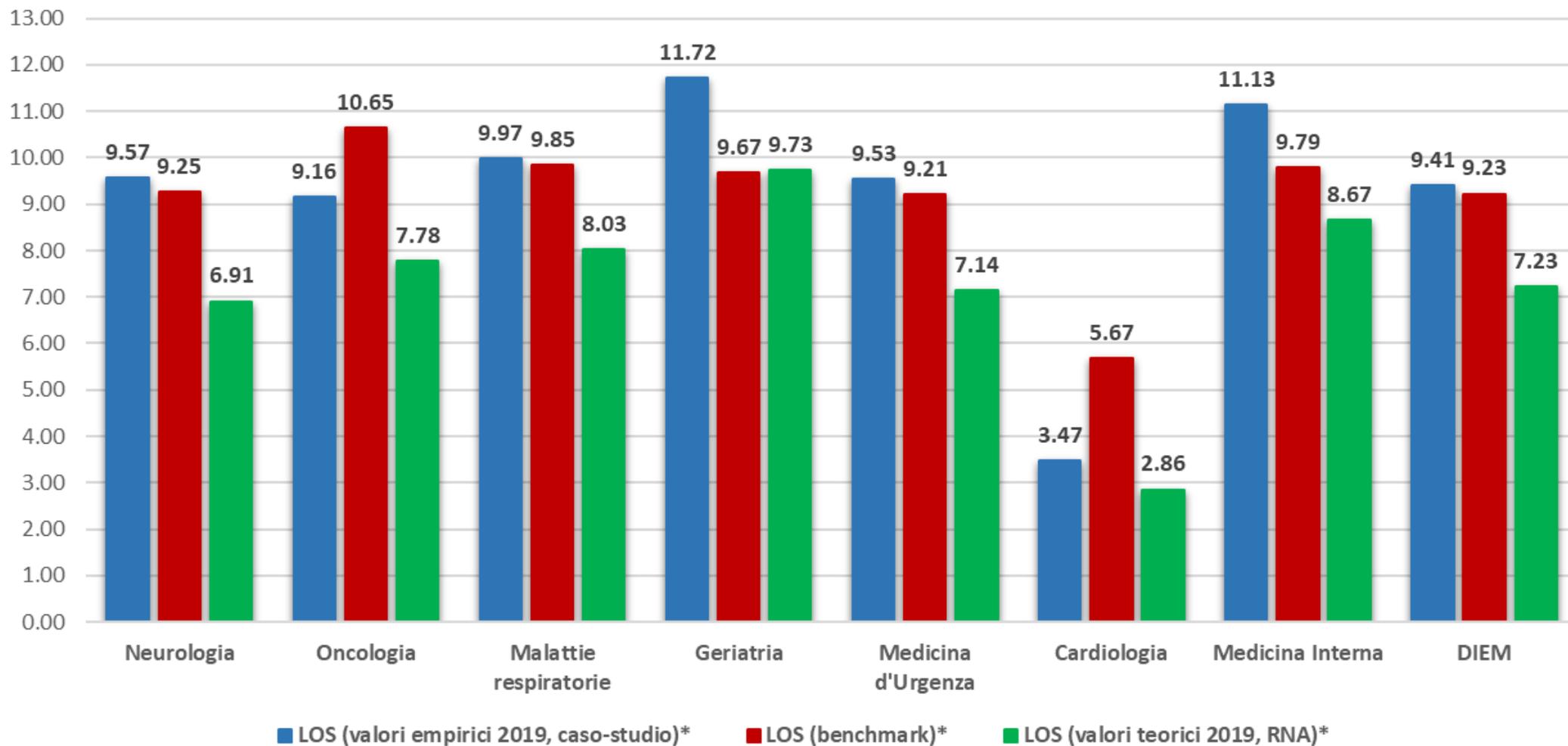
Domanda di ricerca:

È possibile definire uno strumento che permetta di simulare i giorni di LOS partendo da alcune variabili relative sia a caratteristiche personali del paziente (ad esempio: sesso ed età, etc..) sia a informazioni sul suo ricovero (ad esempio: giorno e ora di ricovero, reparto, prima diagnosi, etc...)

Caso-studio: campione di 16.000 ospedalizzazioni tra gennaio 2018 e dicembre 2019 di un ospedale del Nord-Ovest. La durata del 40% di queste ospedalizzazioni ha superato la media nazionale.

Risultati:

Addestrando una RNA sui dati 2018 e simulando la durata dei ricoveri per il 2019....



Potremmo ridurre la durata media della degenza fino a 2 giorni, garantendo più di 2000 ricoveri in più in un anno...



Riflessioni conclusive

Econometria vs IA: vantaggi e svantaggi

	Esempi	Principali caratteristiche	Punti di forza	Punti di debolezza	Obiettivo principale
Metodi econometrici	<p>Regressione (cross-section, panel, lineare, non lineare)</p> <p>Tecniche non parametriche (DEA, DDF, Malmquist...)</p>	Approccio TOP → DOWN	<p>Natura stocastica della regressione e anche di alcuni modelli per la misura dell'efficienza (Free Disposal Hull, FDH)</p> <p>Semplicità di interpretazione</p>	Assunzioni di base sui dati	<p>Valutare e pesare le relazioni tra variabili, individuandone anche la causalità.</p> <p>Creazione di indicatori compositi</p>
Sistemi complessi	Reti neurali artificiali, algoritmi genetici, modelli fuzzy-logic	Approccio BOTTOM-UP	<p>Comprovata capacità di generalizzazione</p> <p>Flessibili nella definizione</p>	<p>Nessun assunzione preliminare</p> <p>Grande basi di dati</p> <p>Overfitting o super-specializzazione</p> <p>Fortemente dipendente dalla qualità del dato</p>	<p>Previsione, simulazione.</p> <p>Analisi delle relazioni tra le variabili</p>

La statistica o l'IA rispondono a tutto?

- Anche se la risposta fosse sì...
- ... e anche se i modelli econometrici e di intelligenza artificiale sono utili strumenti per analizzare il dato e per fornire dei suggerimenti di politiche, è necessario avere ben presente che:
 - ✓ Ogni «tecnica» ha pregi e difetti e che **NON esiste il modello perfetto**
 - ✓ Cruciale è il ruolo della **corretta identificazione e formulazione della domanda di ricerca**
 - ✓ Fondamentale è analizzare **dati corretti, rappresentativi e affidabili**
 - ✓ I risultati ottenuti **NON possono sostituire la valutazione del policy maker (o del destinatario)**. I modelli aiutano a leggere i dati e a dare suggerimenti su scenari futuri o su soluzioni ottimizzate, MA NON possono sostituire la valutazione data dall'esperienza del decisore



Grazie per l'attenzione
greta.falavigna@ircres.cnr.it
www.ircres.cnr.it

Bibliografia sui metodi



Statistica ed econometria

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2020). *Introduction to econometrics*, New York, Pearson

Ballatori, E. (2004). *Statistica e metodologia della ricerca*. Margiacchi-Galeno

Falavigna, G. (2021). *Una breve introduzione alle tecniche di Data Mining*. Moncalieri: CNR-IRCrES (Itinerari per l'alta formazione):

DOI: 10.23760/978-88-98193-2021-02, ISBN: 978-88-98193-23-3. Accesso libero: <http://dx.doi.org/10.23760/978-88-98193-2021-02>

Intelligenza artificiale

Manuali:

Falavigna G. (2022), *Deep Learning for Beginners*, Moncalieri CNR-IRCrES (Itinerari per l'alta formazione 4): DOI: 10.23760/978-88-98193-2022-04, ISBN: 978-88-98193-25-7. Accesso libero: <http://dx.doi.org/10.23760/978-88-98193-2022-04>

Wani, M. A., Bhat, F. A., Afzal, S., & Khan, A. I. (2020). *Advances in deep learning*. Springer

Articoli:

Samuel, A. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of research and development*, 3(3), 210-229

Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65(6), 386

Hinton, G. E. (2007). Learning multiple layers of representation. *Trends in cognitive sciences*, 11(10), 428-434

Bibliografia tematica (1)



Efficienza, sostenibilità, innovazione

- Ippoliti R., Falavigna G., Grosso F., Maconi A., Randi L., Numico G., (2018), "The Economic Impact of Clinical Research in an Italian Public Hospital: The Malignant Pleural Mesothelioma Case Study", *International Journal of Health Policy and Management*, 7(8), pp.728–737.
- Falavigna G. e Ippoliti R., (2013), "L'efficienza dei sistemi sanitari regionali in Italia: pubblico o privato?", *Journal of Industrial and Business Economics* (Economia e Politica Industriale, EPI), 2, pp.29-49.
- Ippoliti R. e Falavigna G., (2013), "Subjects' Decision Making Process: An Empirical Analysis On Patients' Mobility Process And The Role Of Pharmaceutical Clinical Research", *International Review of Economics*, 60, pp.319-342,
- Ippoliti R., Falavigna G., (2012), Efficiency of the Medical Care Industry: Evidence from the Italian Regional System, *European Journal of Operational Research*, 217(3), pp.643-652.

Active ageing e pianificazione di politiche

- Falavigna G., Ippoliti R., (2020), The socio-economic planning of a community nurses programme in mountain areas: A Directional Distance Function approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, Volume 71, September 2020, 100770.
- Ippoliti R., Allievi I., Falavigna G., Giuliano P., Montani F., Obbia P., Rizzi S., Moda G. (2018). The sustainability of a community nurses programme aimed at supporting active ageing in mountain areas. *International Journal of Health Planning and Management*, 33(4).
- Ippoliti R., Falavigna G., Montani F., Rizzi S. (2018). The private healthcare market and the sustainability of a community nurses programme based on social entrepreneurship (CoNSENSo project). *BMC Health Services Research*, 18(689).
- Ippoliti R., Falavigna G., Grosso F., Maconi A., Randi L., Numico G. (2018 b). The Economic Impact of Clinical Research in an Italian Public Hospital: The Malignant Pleural Mesothelioma Case Study. *International Journal of Health Policy and Management*, Vol. 7(8), 728–737. DOI: 10.15171/ijhpm.2018.13

Bibliografia tematica (2)



Organizzazione e supporto alle decisioni

- Ippoliti R., Falavigna G., Zanelli C., Bellini R., Numico G., (2021), Neural networks and hospital length of stay: an application to support healthcare management with national benchmarks and thresholds, *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 19, 67, pp. 1-20.
- Falavigna, G. (2021) Deep learning algorithms with mixed data for prediction of Length of Stay. *Internal and Emergency Medicine*, 16, pp.1427-1428.
- Falavigna G., (2020), Prediction of general medical admission length of stay with natural language processing and deep learning: a pilot study, *Internal and Emergency Medicine*, 15(6), pp.917-918.
- Falavigna G., Costantino G., Furlan R., Ippoliti R., Queen J., Ungar A., (2019), Artificial Neural Networks and risk stratification in Emergency Departments, *Internal and Emergency Medicine*. 14(2), pp.291-299.
- Costantino G., Falavigna G., Solbiati M., Casagranda I., Sun B.C., Grossman S.A., Quinn J.V., Reed M.J, Ungar A., Montano N., Furlan R., Ippoliti R., (2017), Neural networks as a tool to predict syncope risk in the Emergency Department, *Europace*, 19, pp.1891-1895.
- Costantino, G., Sun, B. C., Barbic, F., Bossi, I., Casazza, G., Dipaola, F., ... & Furlan, R., (2016). Syncope clinical management in the emergency department: a consensus from the first international workshop on syncope risk stratification in the emergency department. *European Heart Journal*, 37, pp.1493-1498.
- Casagranda I., Costantino G., Falavigna G., Furlan R., Ippoliti R., (2016), Artificial Neural Networks and risk stratification models in Emergency Departments: The policy maker's perspective, *Health Policy*, 120, pp.111–119.
- Sun, B. C., Costantino, G., Barbic, F., Bossi, I., Casazza, G., Dipaola, F., ... & Furlan, R., (2014), Priorities for Emergency Department Syncope Research, *Annals of Emergency Medicine*, 64(6), pp.649-655.
- Falavigna G., Ippoliti R., Manello A., (2013), "Hospital organization and performance: a directional distance function approach", *Health Care Management Science*, 16(2), pp.139-151.