

Dallo sviluppo al deployment di sistemi di IA:
Il caso studio di uno strumento a supporto
della diagnosi clinica dell'Alzheimer

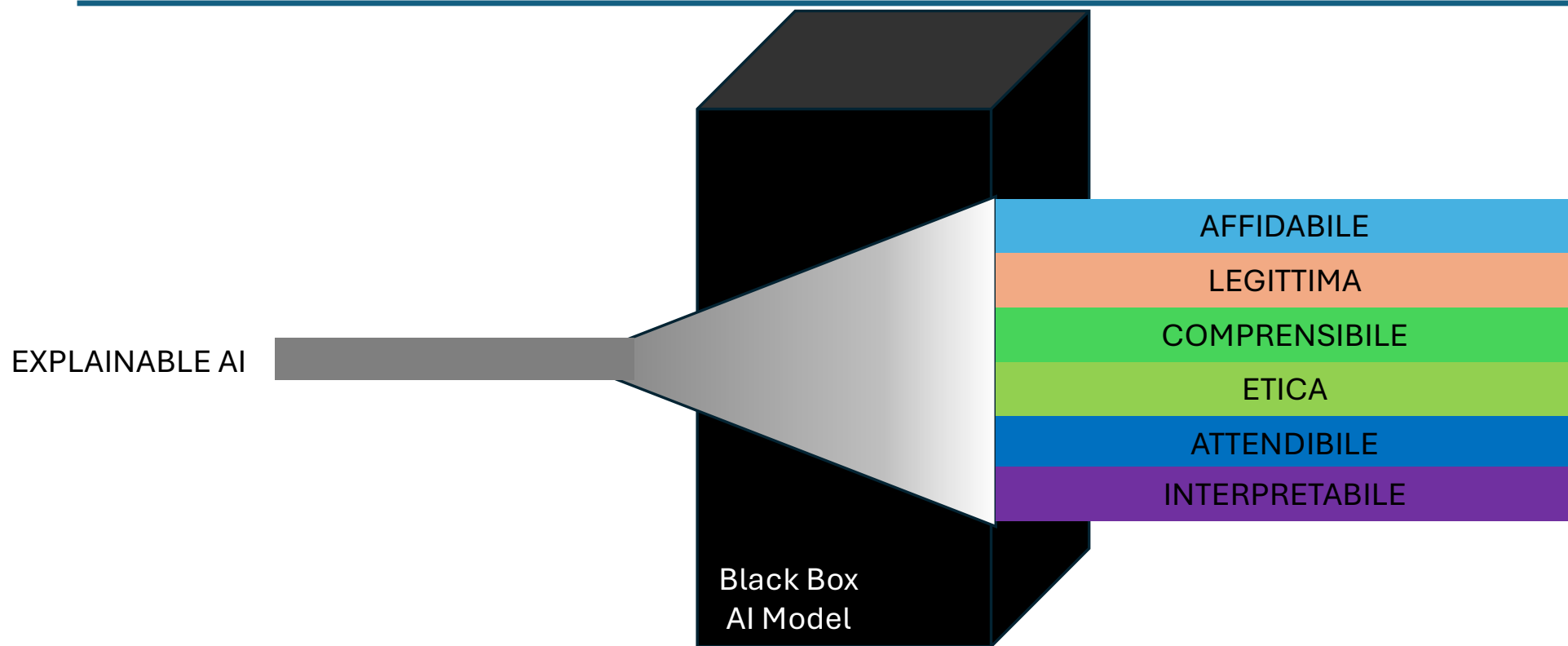
Chi sono

- Tecnologo CNR in IA

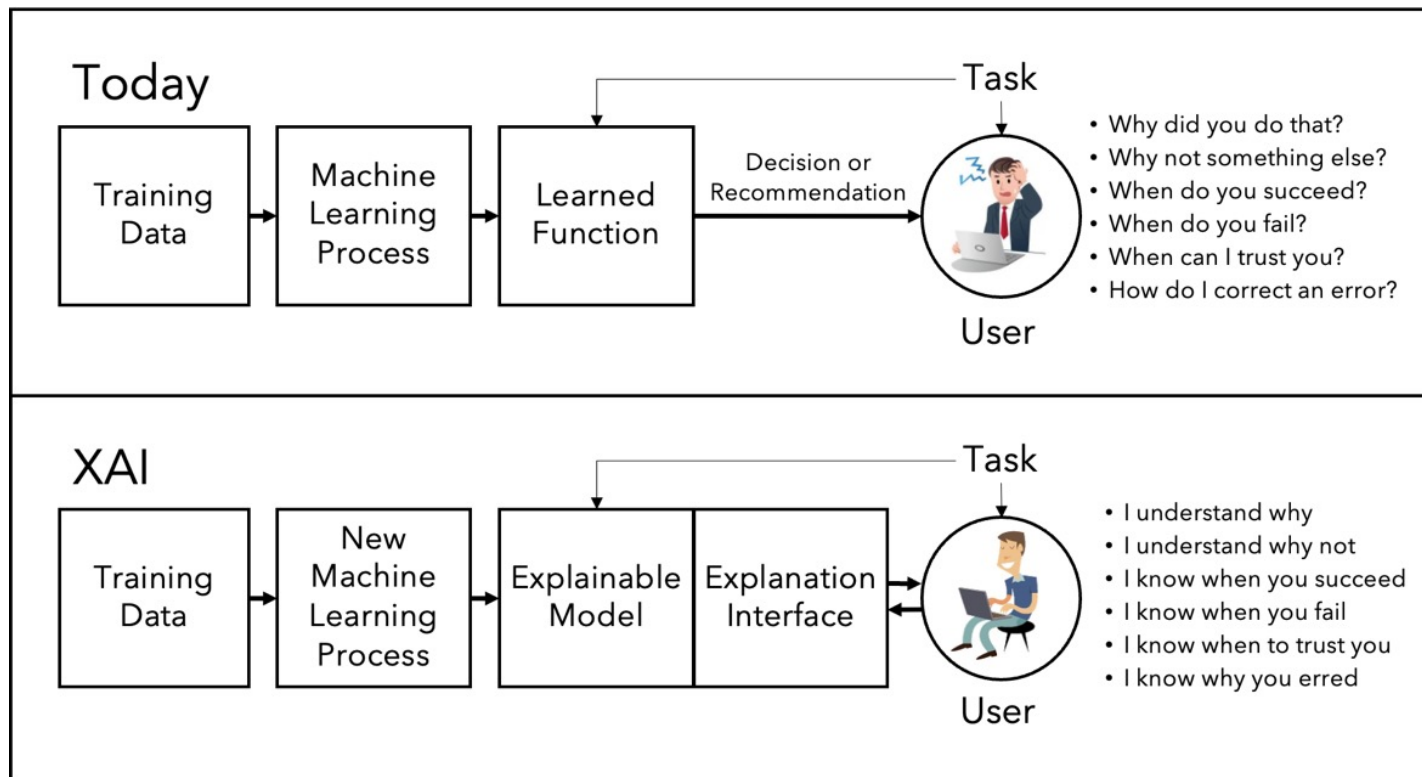
- Explainable machine learning on clinical features to predict and differentiate Alzheimer's progression by sex:
Toward a clinician-tailored web interface
- Realizzazione di una Web Application per la eXplainable AI in campo diagnostico
- An infrastructure for precision medicine through analysis of big data

- Docente Advaced School - AI

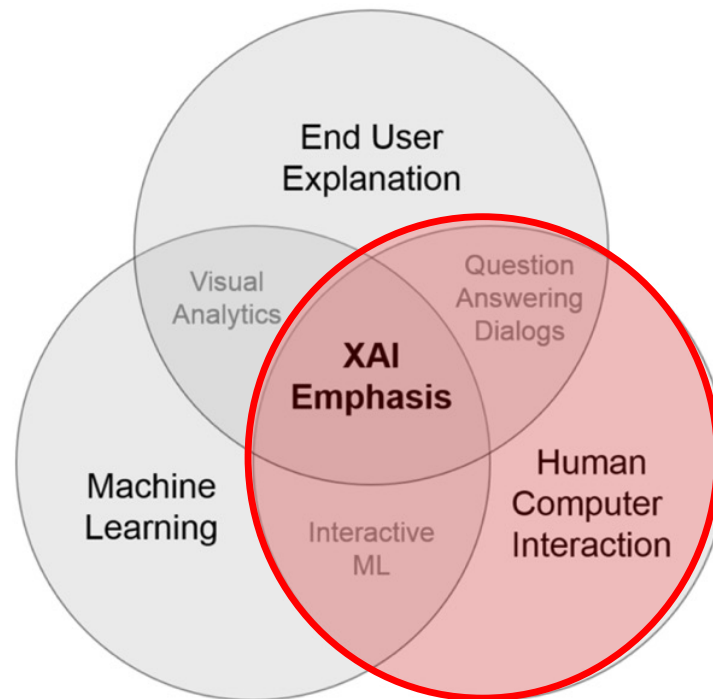
Explainable AI (1/3)



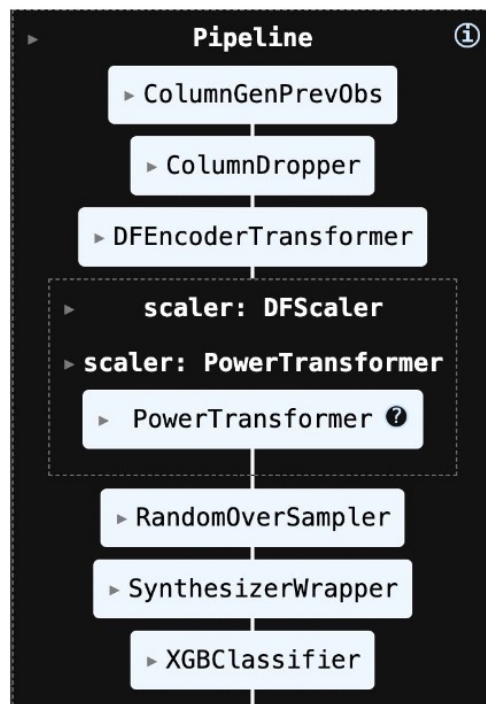
Explainable AI (2/3)



Explainable AI (2/3)

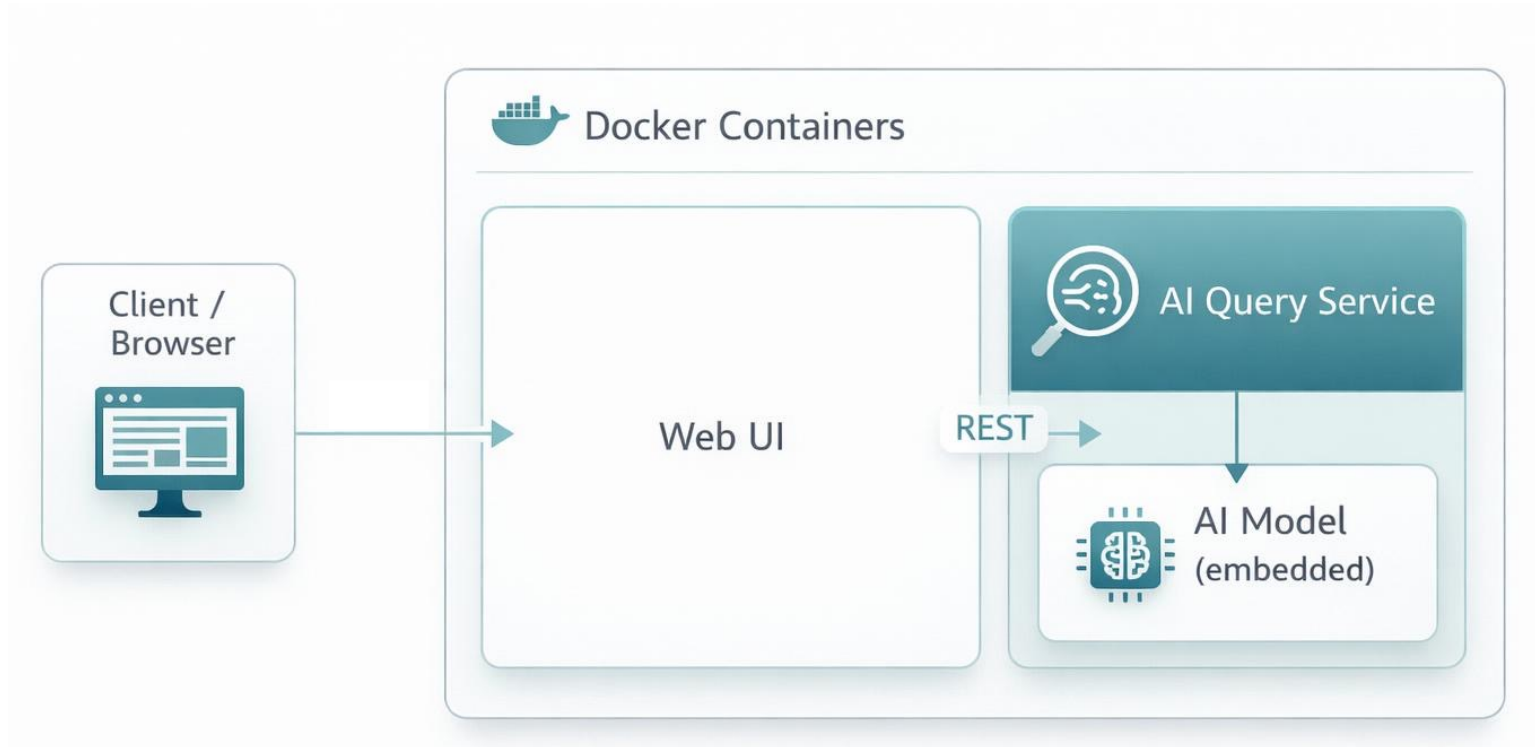


Dal modello all'applicazione



<https://xai.area4.mi.cnr.it/>

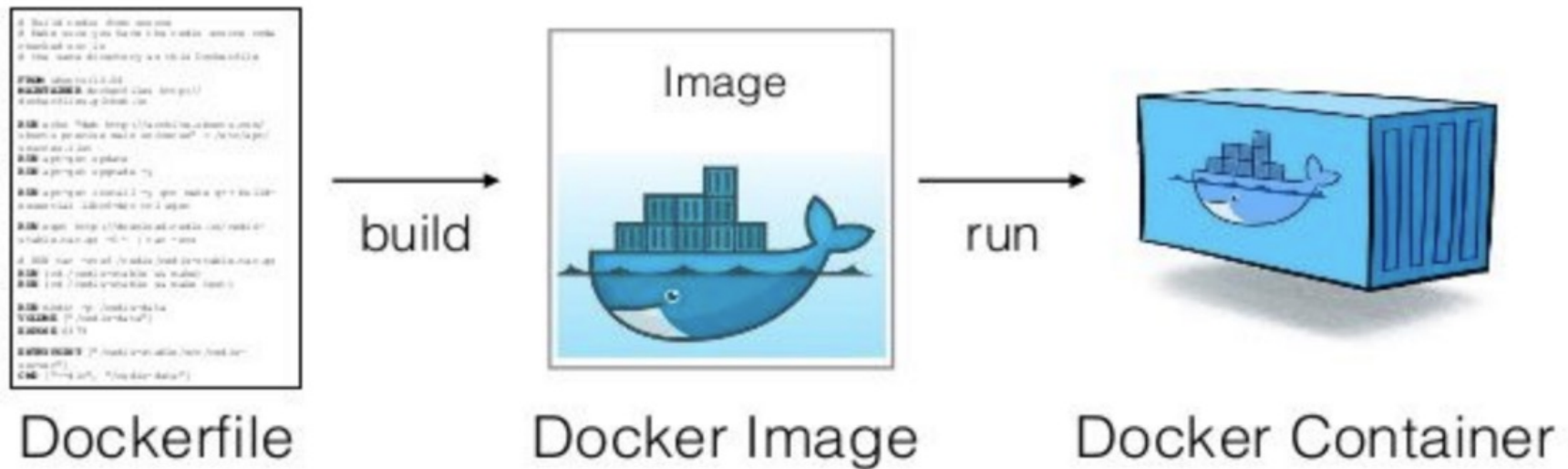
Architettura del Sistema



Perché Docker?



Docker ha reso i container accessibili su larga scala



Key Features Docker

Portability

Isolation

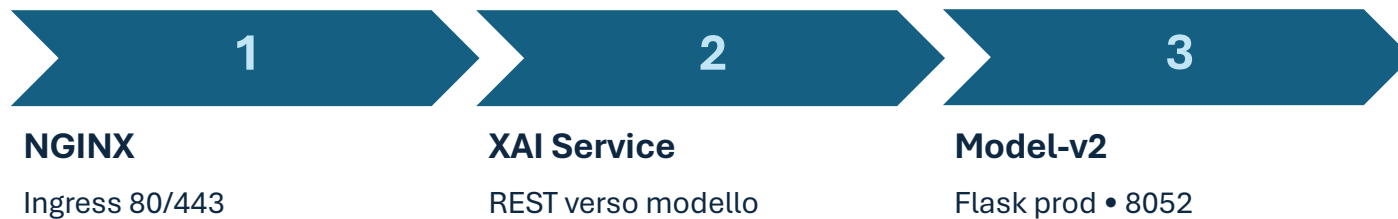
Security

Rapid Deployment

Scalability

Docker Compose (v3)

- **Servizi:** nginx (reverse proxy/TLS), xai (app), model-v2 (API)
- **Porte:** nginx 80/443; model-v2 8052
- **Volumi:** mount config/SSL e codice
- **Avvio:** nginx → xai → model-v2



```
version: "3"

services:
  nginx:
    image: nginx:latest
    restart: unless-stopped
  > ports: ...
  > depends_on: ...
  > links: ...
  > volumes: ...
  model-v2:
  > build: |...
  > container_name: model-v2
  > ports: ...
  > volumes: ...
  > restart: unless-stopped
  > environment: ...
  xai:
  > build: ...
  > container_name: xai
  > depends_on: ...
  > links: ...
  > volumes: ...
  > restart: unless-stopped
```

AI Query Service



Wrapper

Swap/upgrade
modello senza UI



Isolamento

Dipendenze separate,
integrazione
semplificata



Testabilità

Mock del modello, CI
più stabile



Riuso

Stessa logica per
web/mobile/API



Velocità

Manutenzione e
delivery più rapidi

Web UI



Predizione della Progressione da MCI a Alzheimer con Intelligenza Artificiale Spiegabile

Descrizione del modello utilizzato



Questo software utilizza un algoritmo di intelligenza artificiale spiegabile (explainable) per analizzare dati clinici — in particolare, punteggi provenienti da test neuropsicologici — e informazioni demografiche di pazienti con diagnosi di MCI (Mild Cognitive Impairment), al fine di stimare la probabilità che il soggetto sviluppi la malattia di Alzheimer entro un arco temporale di 18 mesi.

I dati possono essere inseriti manualmente oppure caricando un file Excel strutturato con i valori del paziente. Una volta completato l'inserimento, premendo il pulsante "Calcola la predizione", il sistema genererà una curva predittiva che rappresenta la probabilità stimata di conversione ad Alzheimer entro 1 anno e 6 mesi.

Avvertenza sull'uso del sistema di intelligenza artificiale

Questa applicazione utilizza un modello di intelligenza artificiale sviluppato a fini di ricerca scientifica.

Il sistema può fornire previsioni o analisi relative al rischio di insorgenza della malattia di Alzheimer e può essere utilizzato come strumento di supporto alla ricerca o all'attività clinica, ma non ha valore diagnostico o clinico autonomo.

I risultati generati sono a scopo informativo ed esplorativo e devono essere sempre interpretati e contestualizzati da personale qualificato.

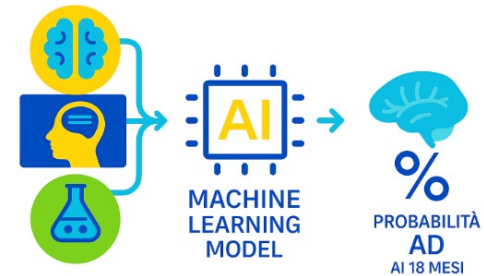
L'utente è informato che sta interagendo con un sistema di intelligenza artificiale e accetta di utilizzarlo sotto la propria responsabilità, nel rispetto delle normative vigenti e dei principi etici della ricerca.

Sviluppo e Collaborazioni

Questa web-app è il risultato di una collaborazione scientifica tra AI2Life srl, Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione e Area di Ricerca Milano 4 del Consiglio Nazionale delle Ricerche, IRCCS Fondazione Santa Lucia, Sapienza Università di Roma, Università di Roma Tor Vergata, IRCCS Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli.

Riferimenti Scientifici

- D'Amore, F. M., Moscatelli, M., Malvaso, A., D'Antonio, F., Rodini, M., Panigutti, M., ... & Caligiore, D. (2024). Explainable machine learning on clinical features to predict and differentiate Alzheimer's progression by sex: Toward a clinician-tailored web interface. *Journal of the Neurological Sciences*, 123361.
- Panigutti, M., Caligiore, D., Carlesimo, G. A., D'Amore, F. M., D'Antonio, F., Giocondo, F., Guariglia, C., Marra, C., Moscatelli, M., & Rodini, M. (2025). Explainable machine learning to predict and differentiate Alzheimer's progression. *Atti del Convegno della Società Italiana di Neuropsicologia (SINP)*. Urbino, 15-17 Maggio 2025.
- D'Amore, F.M., Mirino, P., D'Antonio, F., Malvaso, A., D'Addario, S.L., Catalano, M., Rodini, M., Panigutti, M., Carlesimo, G. A., Guariglia, C., Caligiore, D. Explainable machine learning to predict and differentiate Alzheimer's progression by gender. Poster presentato al XVIII Convegno Nazionale della Società Italiana di Neurologia (SINDem). Firenze, 23-25 Novembre 2023.



Web UI



Test richiesti per utilizzare il modello di Intelligenza Artificiale

Descrizione dei test necessari per il funzionamento del modello

Test cognitivi da fornire al modello

- **Lista di parole di Rey – richiamo immediato (RAVLT-I)**: Valuta la memoria verbale a breve termine con il richiamo immediato dopo la lettura della lista (*Carlesimo et al., 1996*).
- **Lista di parole di Rey – richiamo differito (RAVLT-R)**: Valuta la memoria verbale a lungo termine, con richiamo dopo un intervallo (*Carlesimo et al., 1996*).
- **Fluenza semantica (FS)**: Valuta la capacità di recuperare parole appartenenti a una categoria semantica (es. animali) in un tempo limitato (*Zarino et al., 2014*).
- **Fluenza fonemica (FF)**: Misura la capacità di generare parole che iniziano con una lettera specifica in un tempo prestabilito (*Carlesimo et al., 1995, 1996*).
- **Figura complessa di Rey – copia (ROCF-C)**: Valuta le abilità visuo-costruttive e l'organizzazione percettiva.
- **Figura complessa di Rey – riproduzione differita (ROCF-R)**: Misura la memoria visuo-spaziale a lungo termine, richiedendo di riprodurre la figura dopo un intervallo di tempo.
- **Prova di denominazione (es. Boston Naming Test) (BNT)**: Misura la capacità di recupero del lessico tramite la denominazione di immagini (*Vestito et al., 2021*).
- **Trail Making Test – Parte A (TMT-A)**: Misura la velocità di elaborazione visuo-motoria e l'attenzione sostenuta (Parte A) (*Giovagnoli et al., 1996*).
- **Trail Making Test – Parte B (TMT-B)**: Misura la velocità di elaborazione visuo-motoria e l'attenzione sostenuta (Parte B) (*Giovagnoli et al., 1996*).
- **Matrici Progressive di Raven (RAVEN)**: Valutano il ragionamento astratto e l'intelligenza fluida non verbale (*Basso et al., 1987*).
- **Data di Nascita**: Data di nascita del paziente da cui ricavare l'età, variabile demografica fondamentale per l'interpretazione normata dei test.

Parametri calcolati dal modello:

- **Fluenze semantiche e fonemiche congiunte (FS-FF)**: Rappresenta un punteggio combinato o comparativo tra i due tipi di fluenza verbale.
- **Trail Making Test – differenza Parte B - Parte A (TMT B-A)**: Fornisce un indice di flessibilità cognitiva indipendente dal rallentamento motorio (*Giovagnoli et al., 1996*).
- **Differenza tra test successivi (_DIFF)**: Differenza tra test effettuati in date consecutive

Web UI



Dati Clinici

Dati grezzi delle osservazioni cliniche

Sono richieste almeno due serie di dati dello stesso individuo



Inserimento Manuale

Inserisci manualmente i dati clinici da fornire al modello.
Sono richieste almeno due serie di dati.



[Avvia inserimento manuale](#)



Caricamento Dati

Carica i dati tramite file excel da fornire al modello.
Successivamente è possibile inserire ulteriori dati manualmente.

[Seleziona il file](#)

 [Template](#)

Web UI

Dati analizzati

ID paziente

ID paziente

Data di nascita

2026-04-17

Data di nascita

Data Valutazione

2026-04-17

Data della visita

RAVLT-I

Lista di parole di Rey – richiamo immediato (RAVLT-I): Valuta la memoria verbale a breve termine con il richiamo immediato dopo la lettura della lista (Carlesimo et al., 1996).

RAVLT-R

Lista di parole di Rey – richiamo differito (RAVLT-R): Valuta la memoria verbale a lungo termine, con richiamo dopo un intervallo (Carlesimo et al., 1996).

ROCF-C

Figura complessa di Rey – copia (ROCF-C): Valuta le abilità visuo-costruttive e l'organizzazione percettiva.

ROCF-R

Figura complessa di Rey – riproduzione differita (ROCF-R): Misura la memoria visuo-spaziale a lungo termine, richiedendo di riprodurre la figura dopo un intervallo di tempo.

ROCF-C

Figura complessa di Rey – copia (ROCF-C): Valuta le abilità visuo-costruttive e l'organizzazione percettiva.

ROCF-R

Figura complessa di Rey – riproduzione differita (ROCF-R): Misura la memoria visuo-spaziale a lungo termine, richiedendo di riprodurre la figura dopo un intervallo di tempo.

tmt-A

Trail Making Test – Parte A (TMT-A) Misura la velocità di elaborazione visuo-motoria e l'attenzione sostenuta. (Giovagnoli et al., 1996)

tmt-B

Trail Making Test – Parte B (TMT-B) (Giovagnoli et al., 1996)

RAVEN

Matrici Progressive di Raven (RAVEN): Valutano il ragionamento astratto e l'intelligenza fluida non verbale (Basso et al., 1987).

FF

Fluenza fonemica (FF): Misura la capacità di generare parole che iniziano con una lettera specifica in un tempo prestabilito (Carlesimo et al., 1995, 1996).

BNT

Prova di denominazione tramite Boston Naming Test (BNT): Misura la capacità di recupero del lessico tramite la denominazione di immagini (Vestito et al., 2021).

Web UI



Dati Clinici

Dati grezzi delle osservazioni cliniche
Sono richieste almeno due serie di dati dello stesso individuo



ID paziente	Data di nascita	Data Valutazione	RAVLT-I	RAVLT-R	ROCF-C	ROCF-R	tmt-A	tmt-B	RAVEN F
 	1941-12-03	2017-09-08	38	9	36	10	152	232	24 14
 	1941-12-03	2018-10-10	34	7	23	7.5	33	140	20 20
 	1941-12-03	2020-09-30	36	7	17	8	98	216	26 18
 	1941-12-03	2022-02-25	36	7	31	14	60	114	24 23

 [Aggiungi dati clinici](#)

 [Scarica i dati inseriti](#)

Selezione il file per caricare i dati

 [Template](#)

Calcola la predizione

Web UI

Predizione



Il modello predice che il soggetto svilupperà **AD** nei 18 mesi successivi rispetto l'ultima vista del 25-02-2022 con una probabilità del **47.24**.

❶ I principali test che caratterizzano la predizione sono: **ROCF-R - RAVLT-R - FS - RAVLT-I_DIFF - RAVEN_DIFF**

	Test	Valore	Shap
	ROCF-R	14.00	0.43
	RAVLT-R	7.00	0.39
	FS	66.00	0.39
❶	RAVLT-I_DIFF	0.26	-0.39
❶	RAVEN_DIFF	-0.25	-0.32

La tabella mostra le principali feature coinvolte nella predizione indicando il valore del Test e il valore Shap associato.

Un valore SHAP positivo indica che la caratteristica ha una maggiore influenza verso il risultato MCI

Un valore SHAP negativo indica che la caratteristica ha una maggiore influenza verso il risultato AD

Il modello mostra una probabilità di per AD 47.24 e una probabilità di 52.76 per MC

Maggiori Informazioni

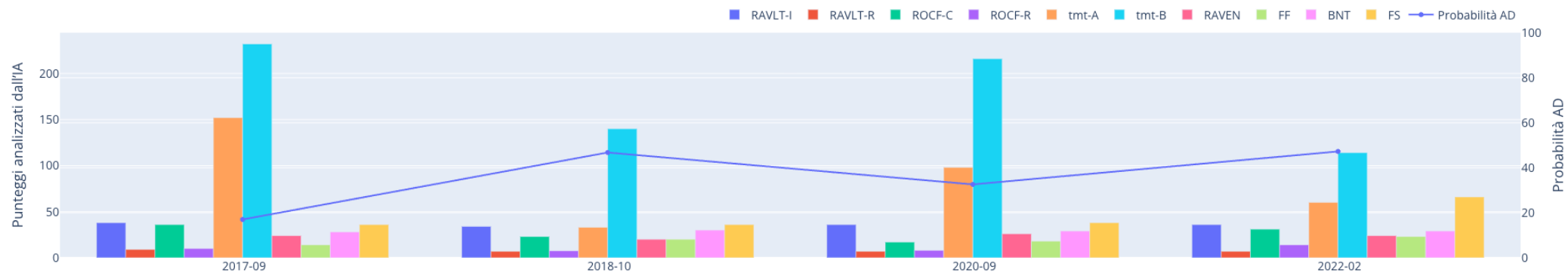
Web UI



Web UI

Predizione nella serie storica

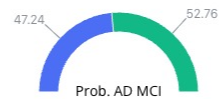
+



Web UI

Dettaglio Predizione ultime visita del 25-02-2022

	Test	Valore	Shap
	ROCF-R	14.00	0.43
	RAVLT-R	7.00	0.39
	FS	66.00	0.39
i	RAVLT-I_DIFF	0.26	-0.39
i	RAVEN_DIFF	-0.25	-0.32

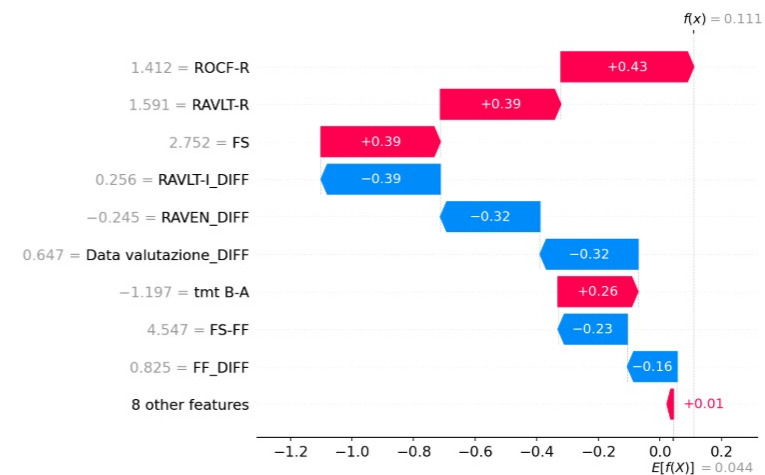


La tabella mostra i 5 principali Test coinvolti nella predizione indicando il valore del Test e il valore Shap associato.

Un valore SHAP positivo indica che la caratteristica ha una maggiore influenza verso il risultato MCI


Un valore SHAP negativo indica che la caratteristica ha una maggiore influenza verso il risultato AD

Il modello mostra una probabilità di **47.24** per **AD** e una probabilità di **52.76** per **MCI**



Il grafico riporta i principali test ed il loro contributo nella determinazione delle probabilità di classificazione

Web UI

 Maggiori informazioni sulla Predizione nelle diverse visite

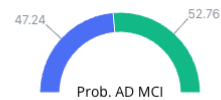
+

08-09-2017

10-10-2018

30-09-2020

	Test	Valore	Shap
	FF	14.00	-0.37
	ROCF-R	10.00	0.37
	FS	36.00	0.35
	FS-FF	2.61	-0.32
	RAVLT-R	9.00	0.30

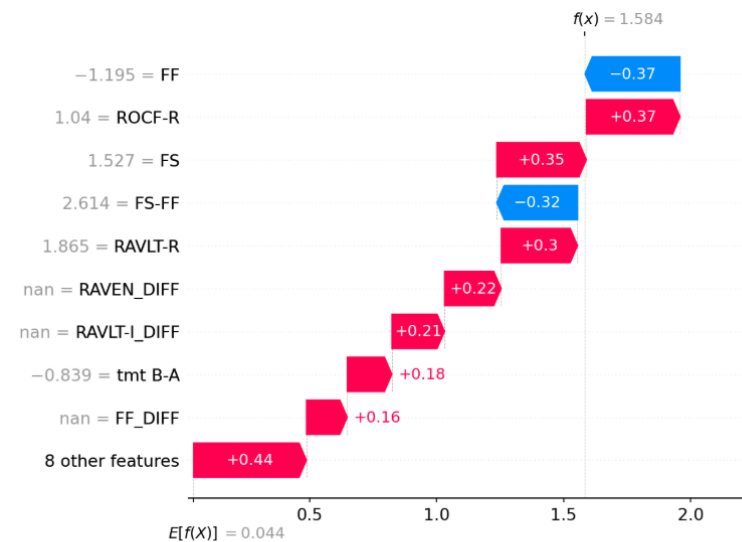


La tabella mostra i 5 principali Test coinvolti nella predizione indicando il valore del Test e il valore Shap associato.

Un valore SHAP positivo indica che la caratteristica ha una maggiore influenza verso il risultato MCI

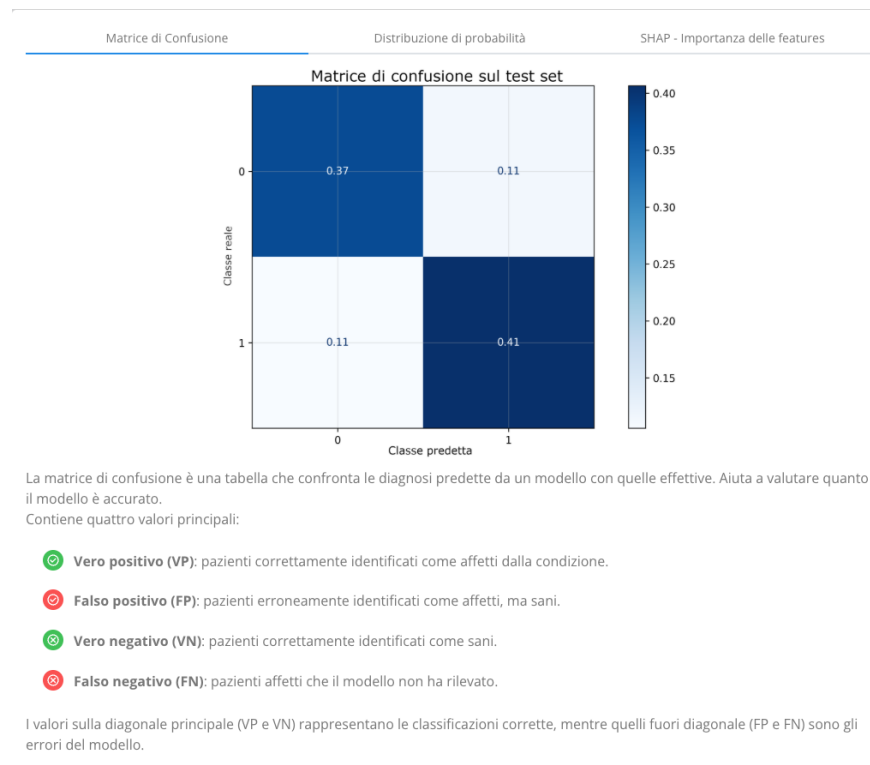
Un valore SHAP negativo indica che la caratteristica ha una maggiore influenza verso il risultato AD

Il modello mostra una probabilità di **47.24** per **AD** e una probabilità di **52.76** per **MCI**

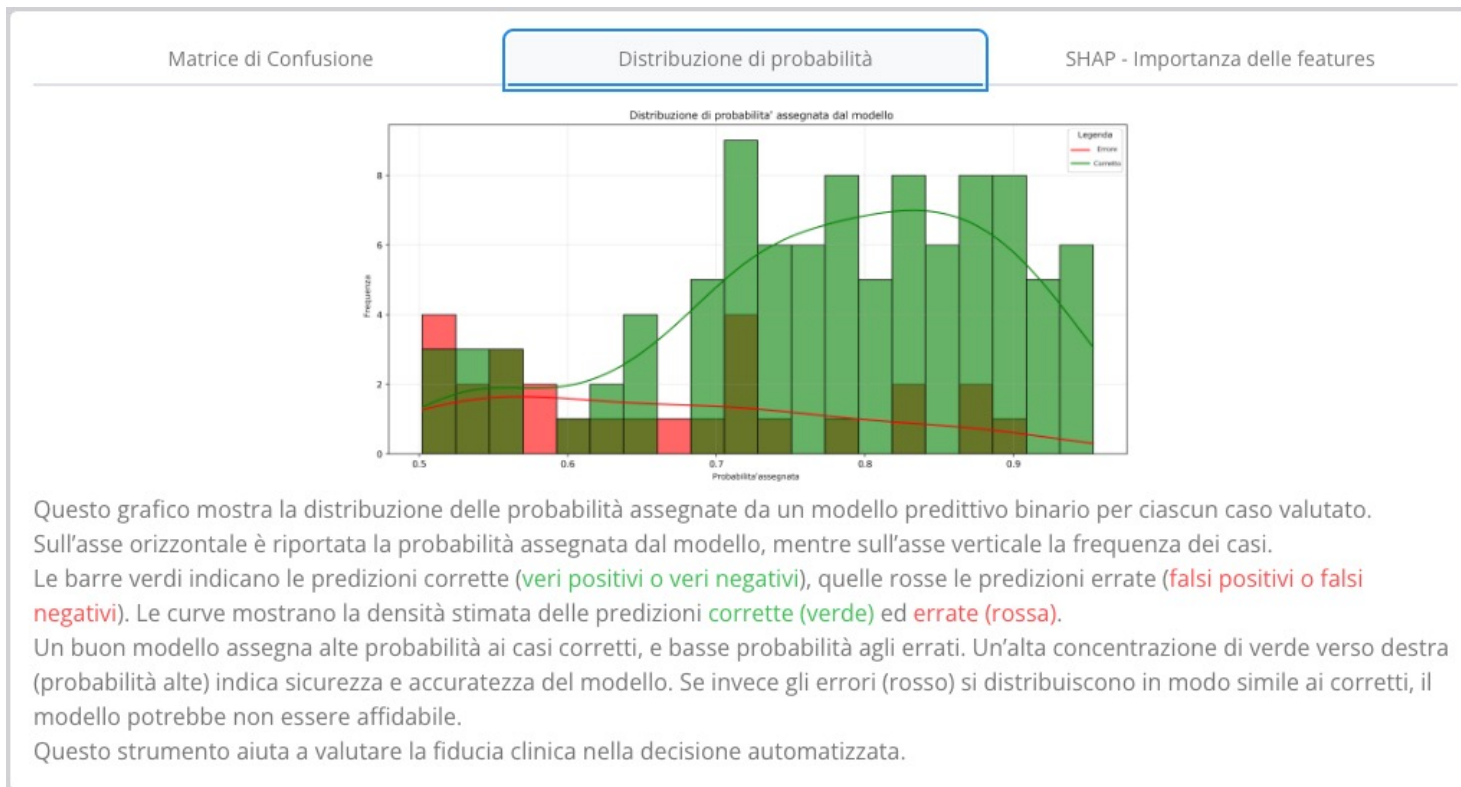


Il grafico riporta i principali test ed il loro contributo nella determinazione delle probabilità di classificazione

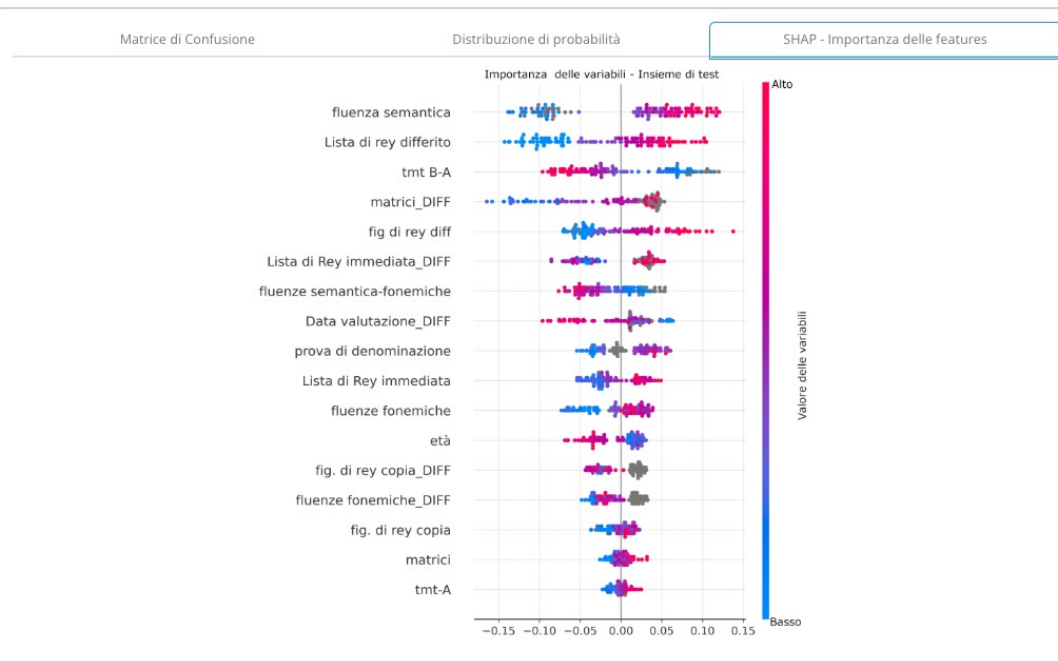
Web UI



Web UI



Web UI



Il grafico mostra quali variabili influenzano maggiormente le predizioni del modello utilizzando l'insieme di test.

Asse Y – variabili ordinate per importanza: Lungo l'asse verticale trovi l'elenco delle variabili cognitive, neuropsicologiche e anagrafiche usate nel modello (es. fluency semantica, tmt B-A, età, ecc.). Sono ordinate dall'alto verso il basso secondo la loro importanza media nel modello (prima le più importanti).

Asse X – Valore SHAP: L'asse orizzontale mostra i valori SHAP, che indicano quanto ogni variabile contribuisce a spingere la predizione verso l'esito positivo o negativo (es. verso la conversione o la non conversione).

- Valore SHAP > 0 → la variabile contribuisce a predire Classe 1, cioè conversione lenta.
- Valore SHAP < 0 → la variabile contribuisce a predire Classe 0, cioè conversione rapida (entro 18 mesi)

Ogni punto rappresenta un soggetto del test set. Il colore indica il valore della variabile per quel soggetto:

- Blu: valori bassi della variabile
- Fucsia/rosso: valori alti della variabile
- Grigio: valori intermedi

In questo modo è possibile leggere l'effetto di un valore alto o basso della variabile sul modello.

Esempi di lettura - Fluenza Semantica (FS):

- valore basso (blu) e SHAP negativo → questo valore sta contribuendo a classificare il soggetto come conversione rapida (classe 0).
- valore alto (rosso) e SHAP positivo → questo valore sta spingendo la previsione verso la conversione lenta (classe 1)

Senza spiegabilità l'AI non è adottabile.



Fiducia clinica



GDPR & audit



**Feature
Importance**