



modelli e metodi computazionali per la protezione dell'ambiente

michele piana

MIDA, dipartimento di matematica, università di genova

LISCOMP, IRCCS ospedale policlinico san martino genova

osservatorio astrofisico di torino, istituto nazionale di astrofisica

*open data, big data e intelligenza artificiale:
le nuove sfide sui dati ambientali*

palazzo tursi, genova

24 settembre 2025

navigando nella bolla dell'AI

- la scienza dei dati non è solo AI. o, meglio:
 - ✓ l'AI non è soltanto machine learning



il cervello di churchill si
basava sul machine
learning



il cervello di un
bambino si basa
sulla simulazione



il cervello dell'esploratore si
basa sul pattern recognition



il cervello di sherlock homes
risolveva problemi inversi

il determinismo e i suoi incubi



l'incubo della scala

- 10^{26} nodi spaziali
- 10^6 step temporali

equazione di richardson

$$\begin{aligned}\partial_t \mathbf{U} + \nabla \cdot [\mathcal{J}(\mathbf{U})] &= 0, \\ \mathbf{U}(t_0, x) &= A(x),\end{aligned}$$

l'incubo del caos

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \sigma(y - x), \\ \dot{y} &= \rho x - y - xz, \\ \dot{z} &= -\beta z + xy, \\ \Delta(U, t) &= \Delta(U, 0) e^{\Lambda t},\end{aligned}$$

l'incubo della farfalla

alcuni modelli idrodinamici
sono indistinguibili da sistemi
indeterminati (due sistemi che
differiscono solo per un piccolo
errore sperimentale possono
evolvere verso stati scelti a caso)

al bando le equazioni

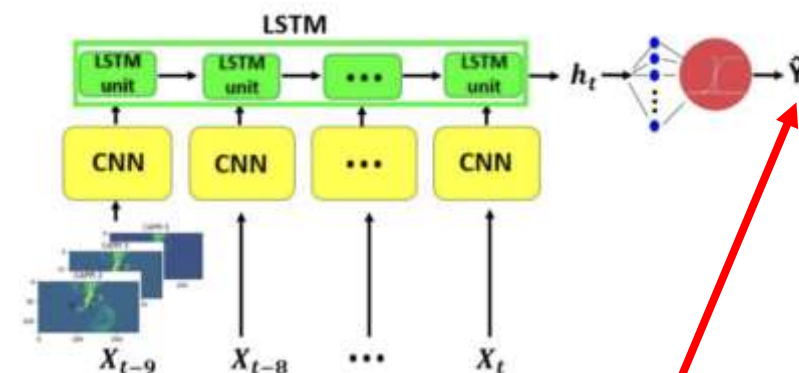
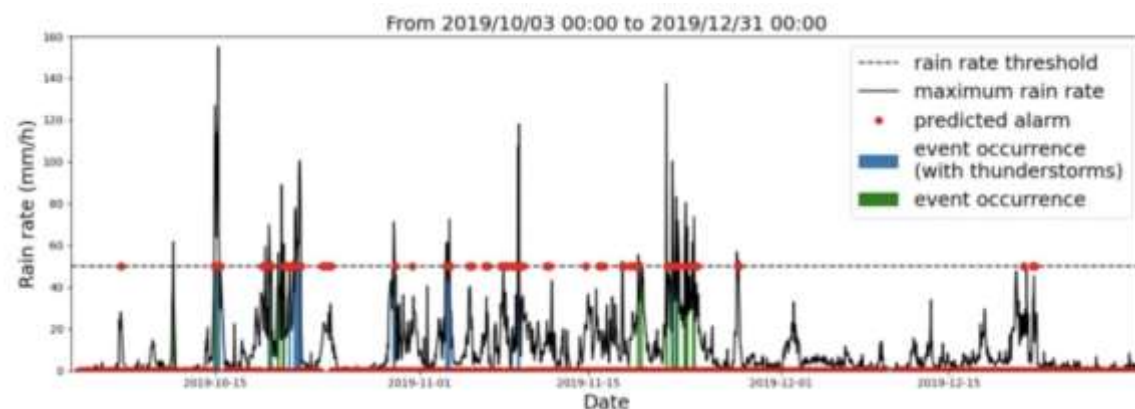
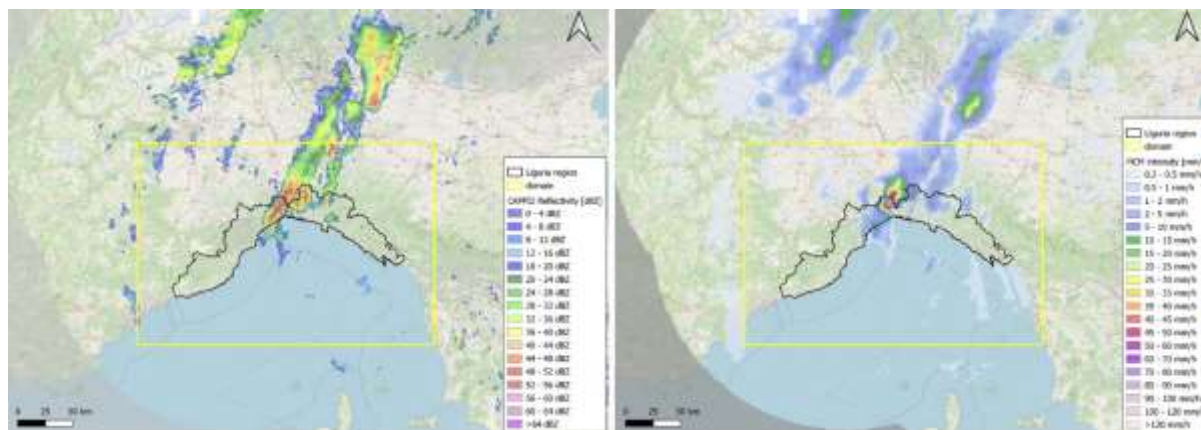


[nature](#) > [scientific reports](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Open access](#) | Published: 21 November 2022

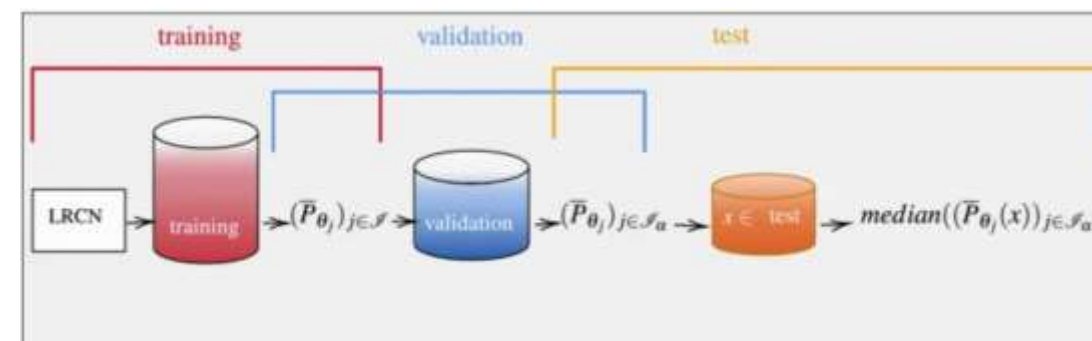
Prediction of severe thunderstorm events with ensemble deep learning and radar data

[Sabrina Guastavino](#) , [Michele Piana](#), [Marco Tizzi](#), [Federico Cassola](#), [Antonio Iengo](#), [Davide Sacchetti](#), [Enrico Solazzo](#) & [Federico Benvenuto](#)



$$\min_{\theta} \ell(F_{\theta}(\mathbf{X}), \mathbf{Y}),$$

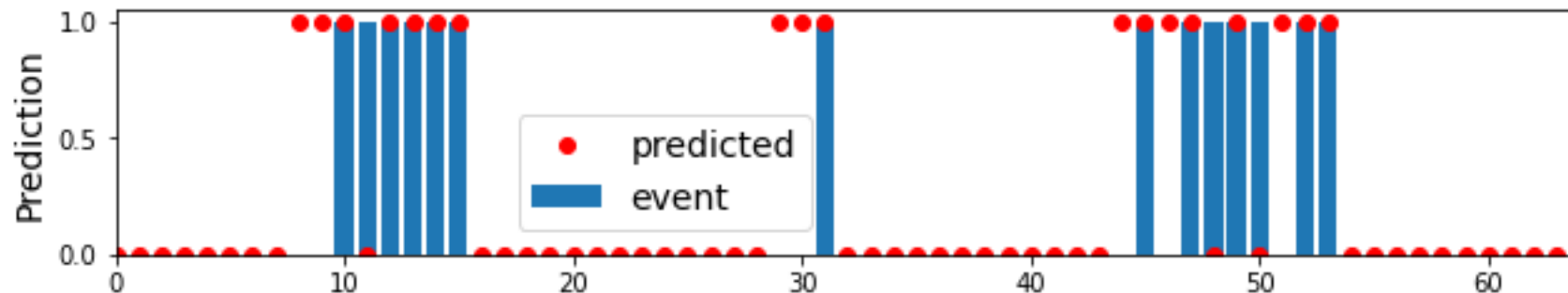
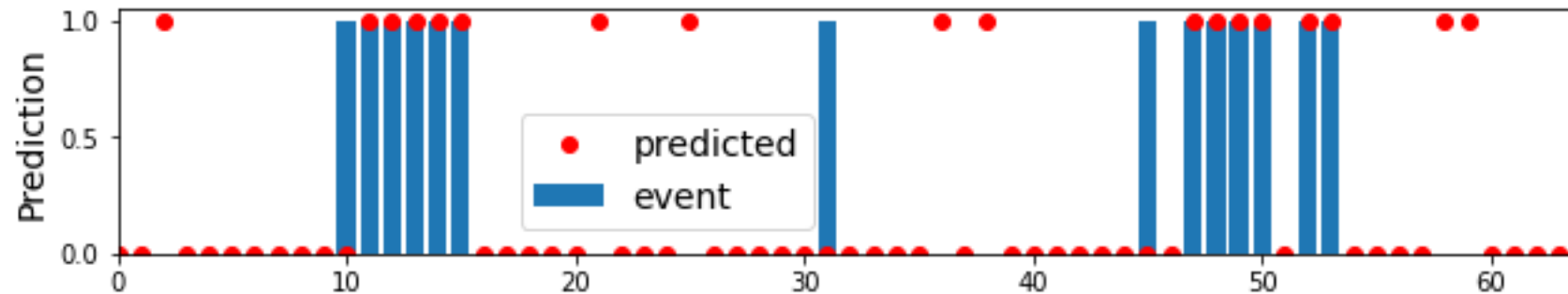
$$X \rightarrow f_{\theta}(X)$$



questioni di performance: qualità o valore?



$$CM(y, \hat{y}) = \begin{pmatrix} TN & FP \\ FN & TP \end{pmatrix} \quad TSS(CM) = \frac{TP}{TP + FN} + \frac{TN}{TN + FP} - 1 \quad L(\theta(x), y) = -TSS(\overline{CM}(y, \theta(x)))$$



stesso TSS!
TSS=0.6457

nell'AI l'ambiguità è la regola

mal posizione nel senso di hadamard:

- la soluzione non esiste per ogni dato
- la soluzione non è unica
- la soluzione non dipende in modo continuo dal dato



$$\min_w L(\theta(w, x), y) + R(w)$$

gli algoritmi AI cercano un compromesso tra la riproducibilità del training set e la capacità di generalizzare

i metodi che risolvono i problemi inversi cercano un compromesso tra la riproducibilità del dato e la stabilità

LIDAR e inquinamento atmosferico



LIDAR (light detection and ranging) è una tecnica remote sensing che usa impulsi laser per colpire un target e ottenere informazioni sulle sue proprietà attraverso processi di scattering elastico e anelastico

nelle applicazioni atmosferiche il LIDAR è usato per inferire informazioni spazialmente risolte sulle proprietà ottiche dell'aerosol atmosferico e quindi sull'intensità e la natura dell'inquinamento

$$-\log \left(\frac{P(z)z^2}{C\rho(z)} \right) = \int_0^z \alpha(z') dz',$$

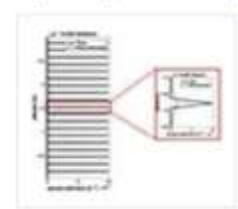
$$y = Hx.$$

$$\hat{x} = \operatorname{argmin}_{x \in \Omega} \left\{ \|Hx - y\|^2 + \eta \|x\|^2 \right\},$$

$$x_{k+1} = \frac{x_k}{H^T 1} \cdot H^T \frac{y}{Hx_k},$$

esperimenti LIDAR

Optics Express Vol. 24, Issue 19, pp. 21497-21511 (2016) • <https://doi.org/10.1364/OE.24.021497>



Expectation maximization and the retrieval of the atmospheric extinction coefficients by inversion of Raman lidar data

Sara Garbarino, Alberto Sorrentino, Anna Maria Massone, Alessia Sannino, Antonella Boselli, Xuan Wang, Nicola Spinelli, and Michele Piana

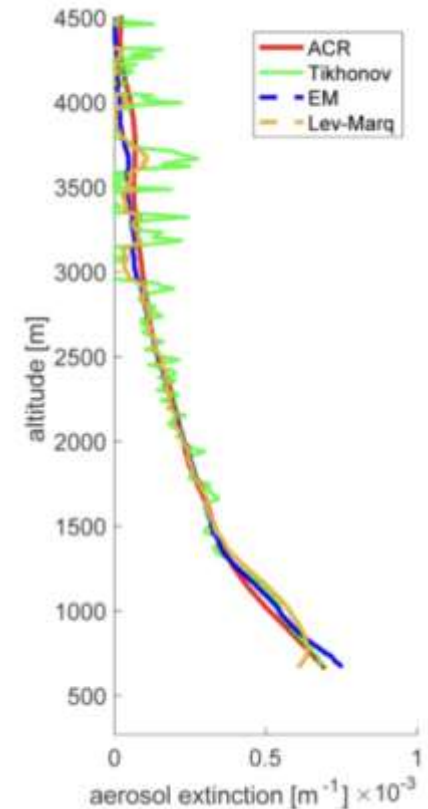
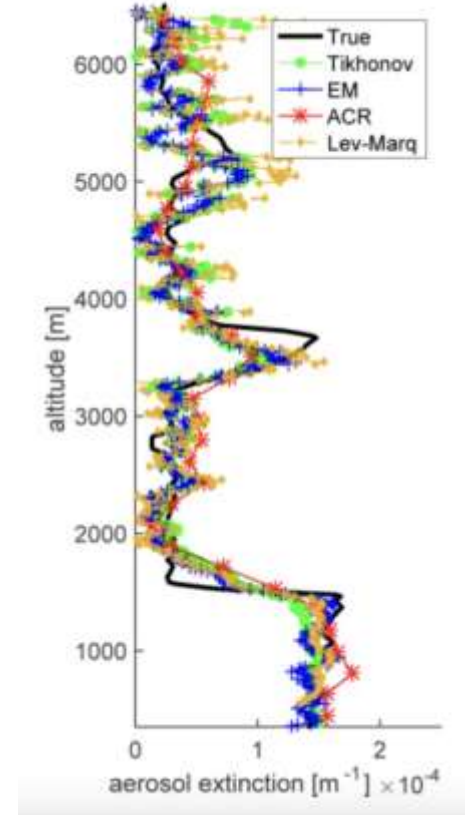
Atmos. Meas. Tech., 15, 149–164, 2022
<https://doi.org/10.5194/amt-15-149-2022>
© Author(s) 2022. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



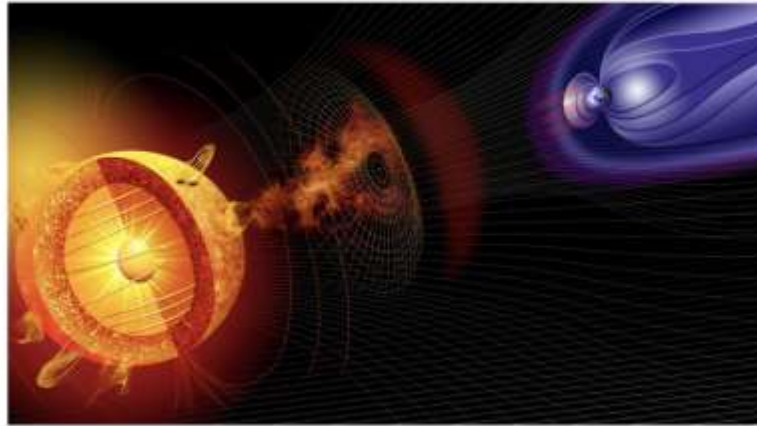
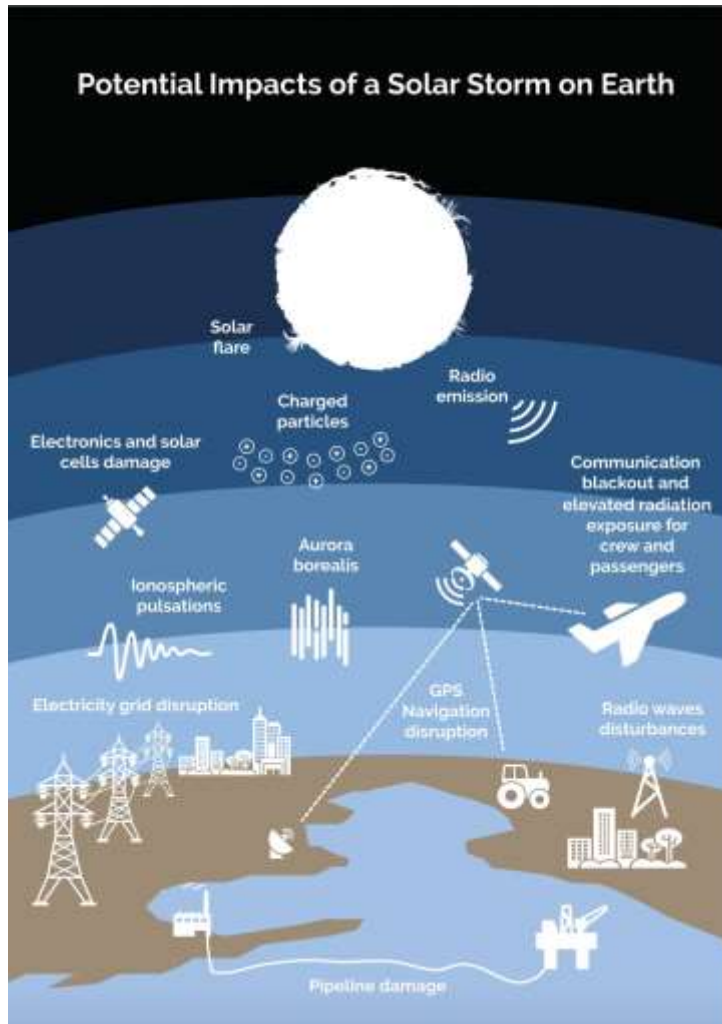
Atmospheric
Measurement
Techniques
Open Access
EGU

A Bayesian parametric approach to the retrieval of the atmospheric number size distribution from lidar data

Alberto Sorrentino¹, Alessia Sannino², Nicola Spinelli², Michele Piana¹, Antonella Boselli³, Valentino Tontodonato⁵, Pasquale Castellano⁵, and Xuan Wang⁶



meteorologia spaziale



Alxtreme-I:



a) b)

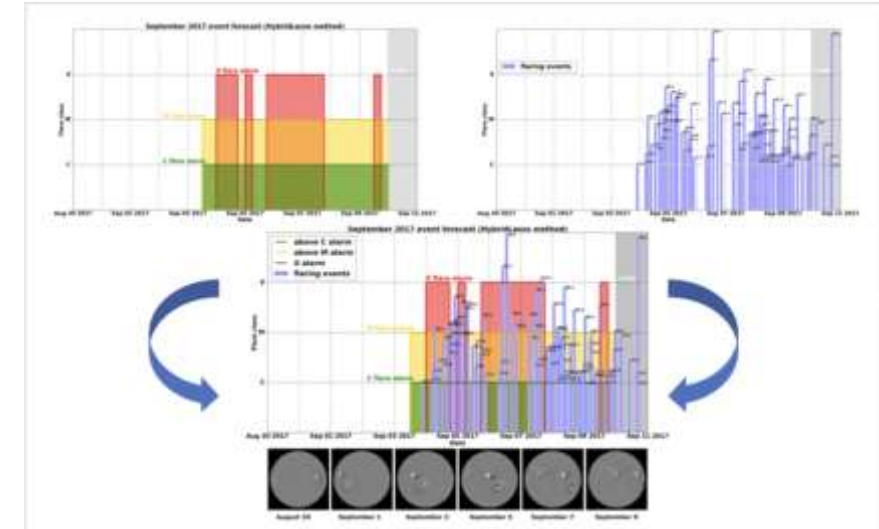
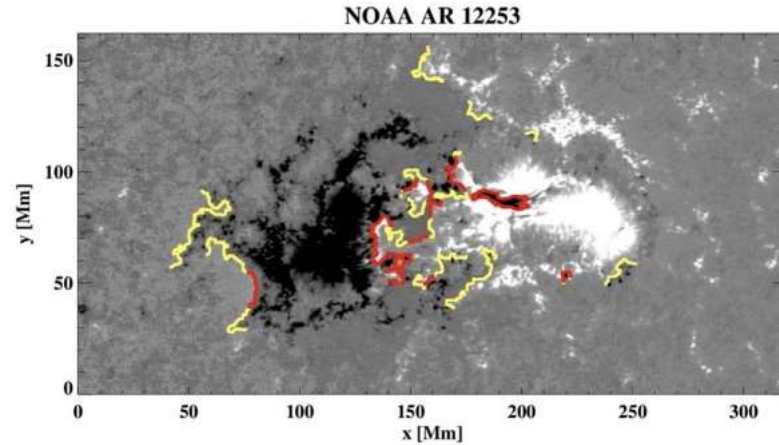
Alxtreme-II:



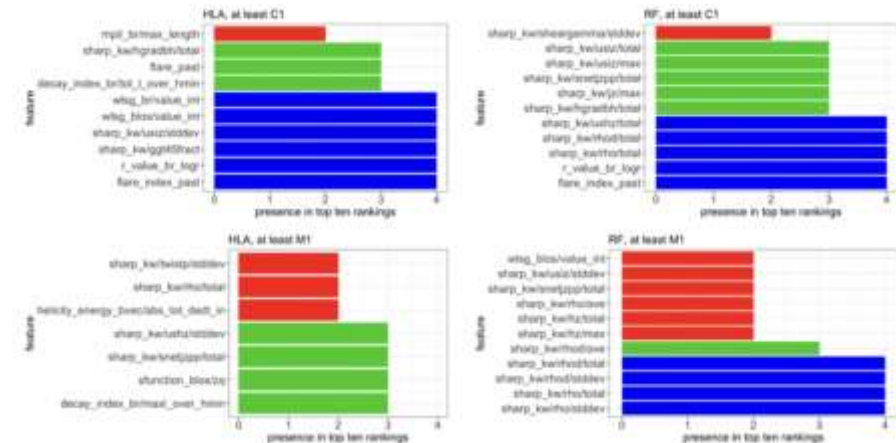
Physics-based AI for predicting extreme weather and space weather events

DIMA @UNIGE
DICCA @UNIGE
ARPAL
collegio carlo alberto
DISMA @POLITO
Altec

features: calcolo e importanza



List	Physical Symbol	Unit	Features
$\mathcal{L}_{\text{current}}$	I	A	TOTUSJZ SAVNCPP
$\mathcal{L}_{\text{force}}$	F	$(10^{-1}) \text{ GAm}$	TOTPOT
$\mathcal{L}_{\text{current-helicity}}$	H	G^2m^{-1}	TOTUSJH ABSJNZH MEANJZH
$\mathcal{L}_{\text{flux}}$	Φ	$(10^{-4}) \text{ Gm}^2$	USFLUX R_VALUE
$\mathcal{L}_{\text{area}}$	S	$(3.04 \cdot 10^{12}) \text{ m}^2$	AREA_ACR
$\mathcal{L}_{\text{energy-density}}$	ρ	$(10^3) \text{ GAm}^{-1}$	MEANPOT
$\mathcal{L}_{\text{gradient-magnetic-field}}$	∇B	$(10^{-6}) \text{ Gm}^{-1}$	MEANGBZ MEANGBT MEANGBH
$\mathcal{L}_{\text{inverse length}}$	l	$(10^{-6}) \text{ m}^{-1}$	MEANALP
$\mathcal{L}_{\text{current density}}$	J	$(10^{-3}) \text{ Am}^{-2}$	MEANJZD



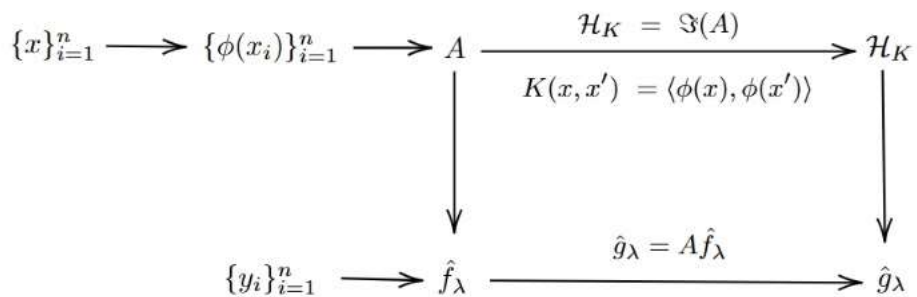
provando a mettere tutto insieme...

$$\begin{aligned}\partial_t \mathbf{U} + \nabla \cdot [\mathcal{J}(\mathbf{U})] &= 0, \\ \mathbf{U}(t_0, x) &= A(x),\end{aligned}$$

il machine learning è uno strumento con cui è possibile
vincolare i parametri e le condizioni iniziali
nei modelli deterministici

$$\min_w L(\theta(w, x), y) + R(w)$$

soluzioni (chiuse o approssimate) del modello deterministico
possono essere utilizzate per vincolare la forma della funzione loss



è possibile scoprire nuove equazioni
integrando conoscenze di dominio
nel processo di apprendimento

navigando nella bolla dell'AI

- la scienza dei dati non è soltanto AI. o, meglio:
 - ✓ l'AI non è soltanto machine learning
 - ✓ AI, problemi inversi, simulazione e pattern recognition sono soltanto cacciaviti: l'obiettivo è comprendere e aggiustare il motore
- c'è un bisogno urgente di laboratori interdisciplinari dove le attività di ricercatori computazionali e applicati sono profondamente e sistematicamente interconnesse
- c'è un bisogno ancora più urgente di programmi di formazione nuovi, interdisciplinari, orientati ai problemi

“non esistono le discipline; esistono soltanto i problemi e i metodi per risolverli” (k. popper)



il cervello di churchill si basava sul machine learning



il cervello di un bambino si basa sulla simulazione



il cervello dell'esploratore si basa sul pattern recognition



il cervello di sherlock homes risolve problemi inversi

MIDA: credits

HELCOMP:

1. **anna maria massone**
2. emma perracchione
3. paolo massa
4. sabrina guastavino
5. francesco marchetti
6. edoardo legnaro
7. anna volpara
8. fabiana cammattari
9. margherita lampani
10. barbara palumbo
11. miriana catalano
12. alessia guidetti
13. matteo trombini

LISCOMP:

1. **cristina campi**
2. **sara garbarino**
3. franco caviglia
4. sara sommariva
5. margherita squillario
6. silvia berra
7. chiara razzetta
8. alessio cirone
9. isabella cama
10. laura carini
11. bharath
12. giorgia biddau
13. lorenzo sacchi
14. shahzad ali
15. davide parodi
16. alessia pellegri
17. sofia grondona
18. simona malagò

M3:

1. **federico benvenuto**
2. paola ferrari
3. isabella furci
4. mohammad
5. marta lazzaretti
6. daniele pedemonte
7. anna volpara
8. ronish

HoB:

1. **andrea tacchino**
2. chiara curletto
3. valeria tagliafico
4. federico benvenuto
5. cristina campi
6. lorenzo schiano di pepe
7. francesco avallone
8. gianmario sambuceti

administrative staff: simona modesto

principal investigator: michele piana

grants (principali)



ARCAFF (horizon europe):
AI for flare forecasting



Alxtreme (compagnia san paolo):
AI for weather and
space weather forecasting



CAESAR (ASI):
database for space weather



SWESNET (ESA):
space weather prediction



STIX (ESA):
STIX ground software



IPIS (PRIN):
inverse problems
and machine learning



CEMI (PRIN):
AI methods for
medical imaging



CORNERSTONE (PRIN):
AI for space weather



GOSSIP (PRIN):
numerical approximation
for inverse problems



GNCS (INdAM):
AI for space weather



3D-BrAln

3D-BrAln (EIC):
AI for organoids



DHEAL-COM (PNC):
digital medicine



MNESYS (PNRR):
neuroscience



RAISE (PNRR):
digital ecosystem



COMETA (POS 4):
network of
computational labs



UPLIFT (MCA):
medical imaging

facilities

- **MIDA è un gruppo diffuso:**
 - ✓ HELCOMP e M3 sono al DIMA (piano zero, piano 8, piano 9)
 - ✓ LISCOMP @HSM è al CBA, campus di san martino
 - ✓ LISCOMP @IGG è al padiglione 13 del gaslini
 - ✓ un membro dello staff e un dottorando sono a POLITO
 - ✓ un membro dello staff è a UNIPD
- **cluster HPC:**
 - ✓ 15 unità NVIDIA L40S (48GB)
 - ✓ 24 unità NVIDIA L4 (24 GB)
 - ✓ 384 TB di storage