Sviluppi nei modelli Statistici Spazio-Temporali

Giada Adelfio
Nicoletta D'Angelo
Dipartimento di Scienze Economiche Aziendali e Statistiche
Università degli Studi di Palermo

CON IL PATROCINIO DI

Introduzione

I modelli per i processi di punto sono uno strumento essenziale per comprendere eventi che si verificano in modo casuale in spazio e tempo.

- → Un point pattern è una mappa casuale di eventi che si verificano in uno spazio specifico.
- → In molte situazioni, ogni punto rappresenta il tempo e/o la posizione di un evento, come un fulmine, un terremoto o persino la diffusione di una malattia.

CON IL PATROCINIO DI
Università degli Studi di Palermo
DOTTORATO TRANSIZIONE ECOLOGICA
GRINS FOUNDATION
MOST CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE
Funded by the European Union NextGenerationE'U
Italiadomani
ORUS

- → Abbiamo fatto progressi nella modellazione statistica che ci consente di comprendere meglio come questi eventi si verificano nel tempo e nello spazio.
- → Grazie a miglioramenti nei metodi computazionali, possiamo ora gestire la complessità di processi tridimensionali in modo più efficace.
- → Con algoritmi più efficienti (calcolo parallelo) e analisi più dettagliate, siamo in grado di ottenere risultati più accurati.

CON IL PATROCINIO DI

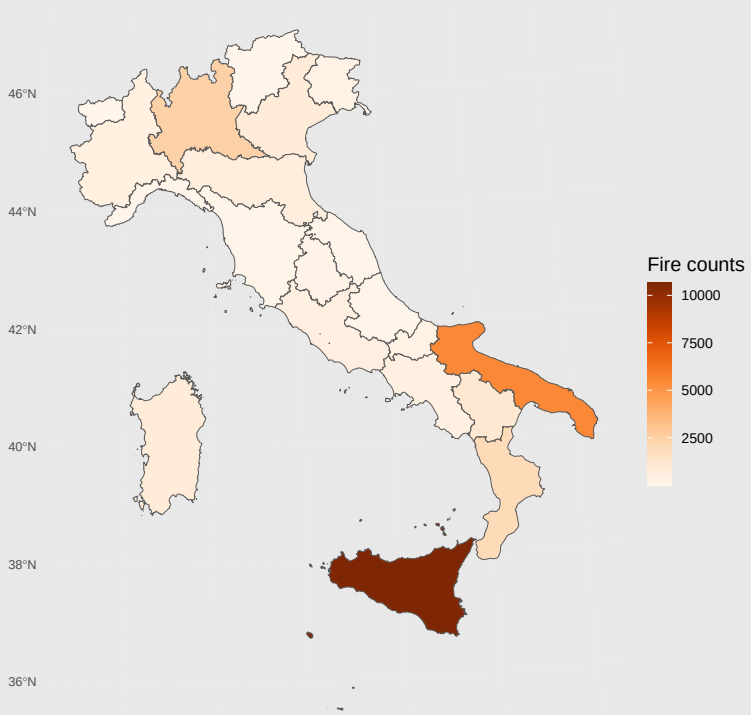
Modellazione Spazio-Temporale

→ Variabili spazio-temporali integrate nei nostri modelli per ottenere una comprensione più approfondita.
→ Includendo fattori esterni da cui può dipendere la distribuzione degli eventi/punti osservati.

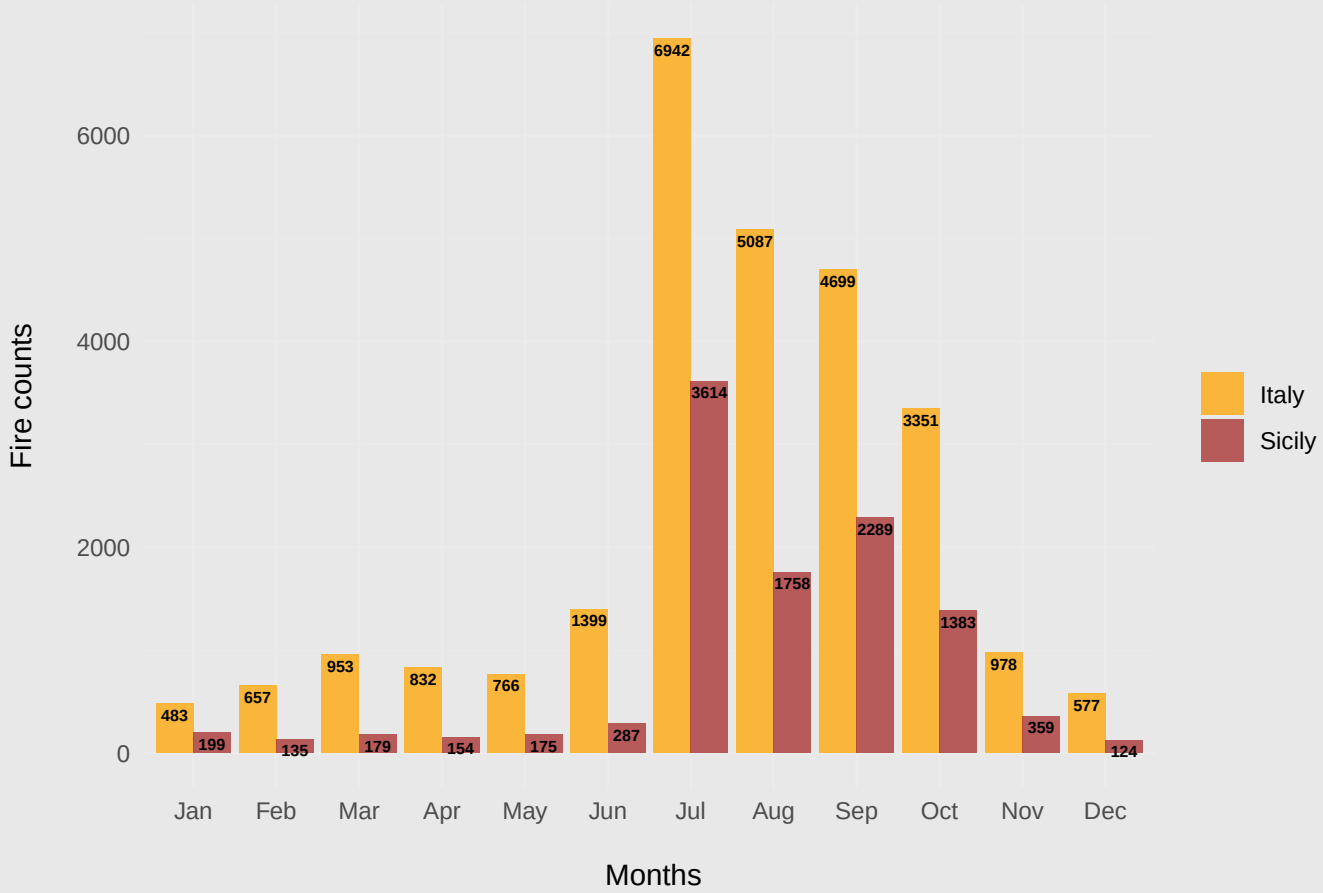
CON IL PATROCINIO DI

Applicazioni al Mondo Reale

Dati di incendi: pattern spazio-temporale con variabili sia spaziali che spazio-tempo nel ruolo di esplicative, che possano influenzare l'intensità del processo. $\rightarrow$ Incendi in Italia 2023



CON IL PATROCINIO DI



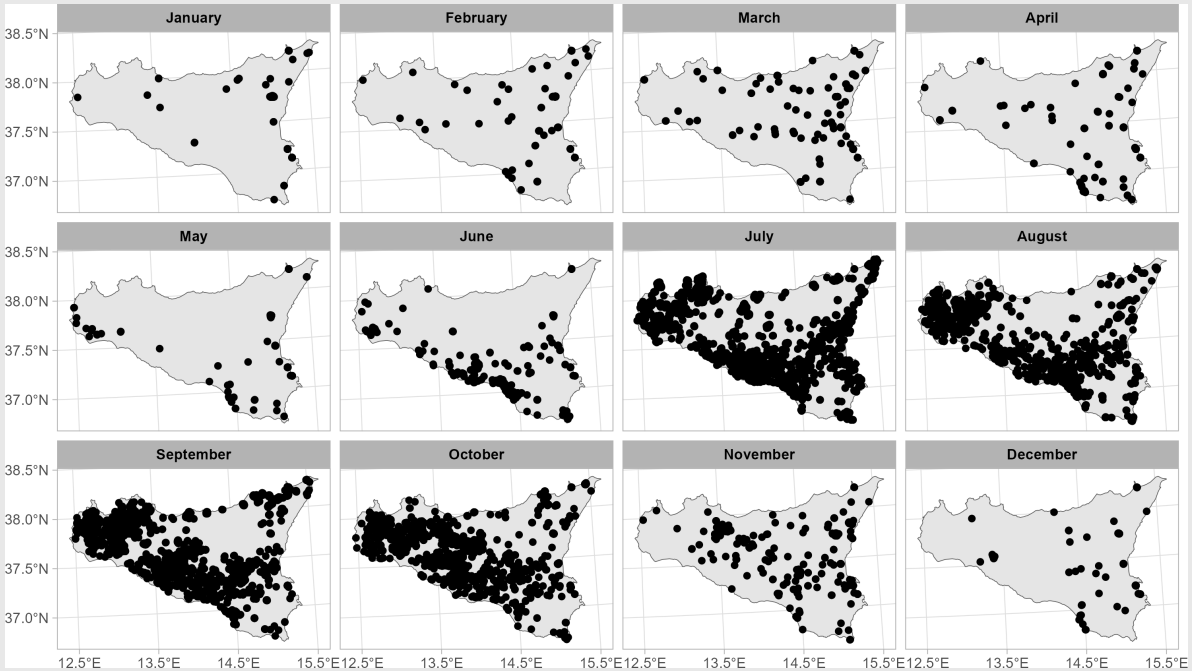
Frequenze degli incendi in Italia nei mesi 2023 e in Sicilia.

CON IL PATROCINIO DI

Variabili che identificano l'evento:

→ `Longitudine` e `Latitudine`: Centro del pixel dell'incendio.

→ Data di acquisizione.



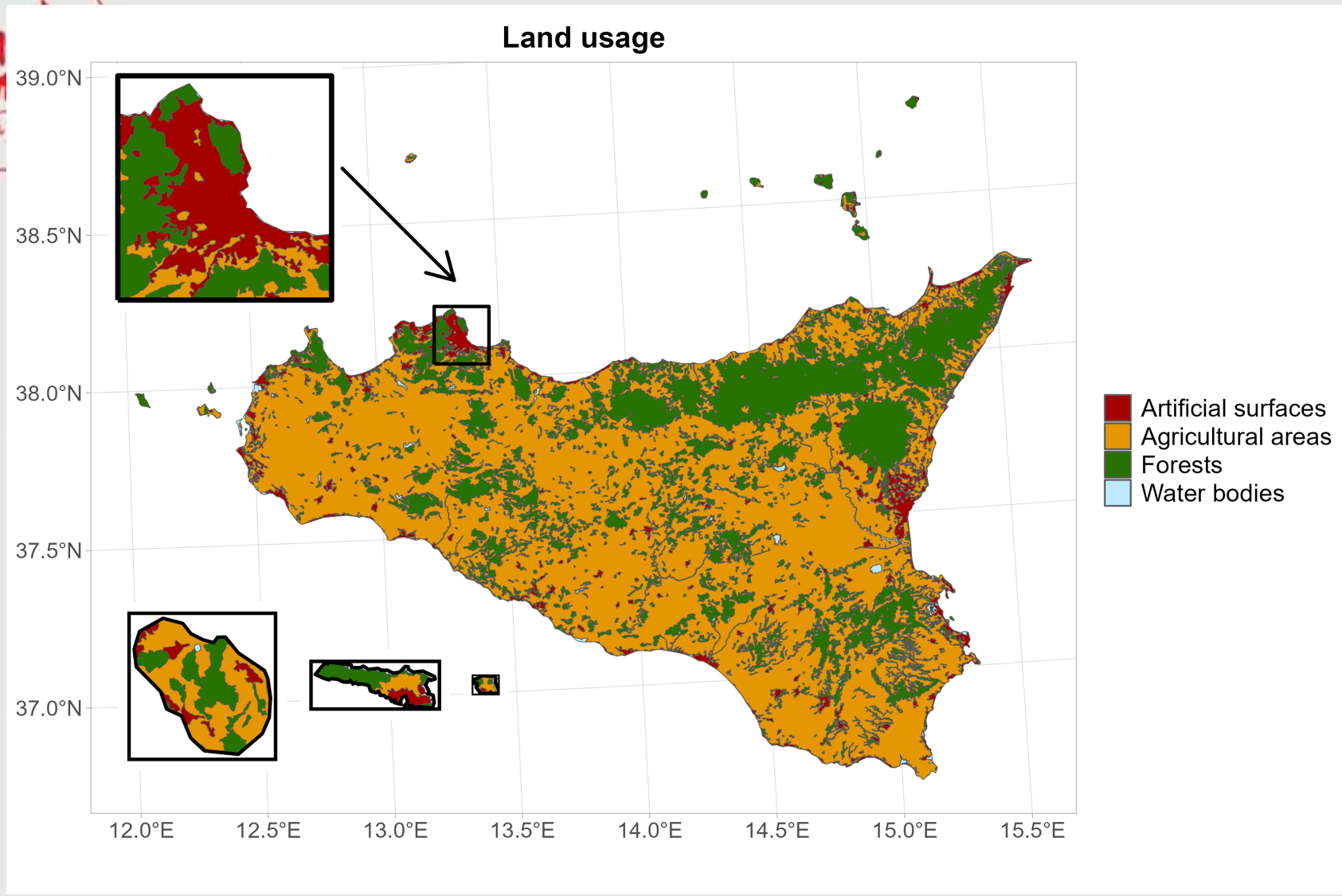
Distribuzione spazio-temporale nel 2023 (dettaglio mensile).

CON IL PATROCINIO DI

Variabili esterne che caratterizzano la zona analizzata:

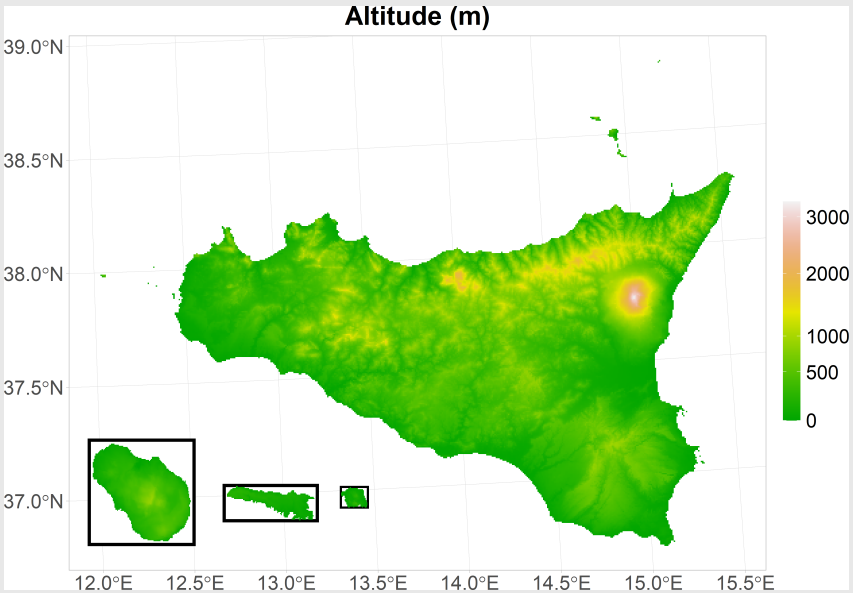
- → Uso del suolo, le cui categorie sono:
  - → Superfici artificiali;
  - → Aree agricole;
  - → Aree forestali e seminaturali;
  - → Corpi idrici.
- → Pendenza e altitudine
- → NDVI: Indice di Vegetazione - indicatore adimensionale del verde dei biomi.
- → Variabili ambientali (Copernicus ERA5)

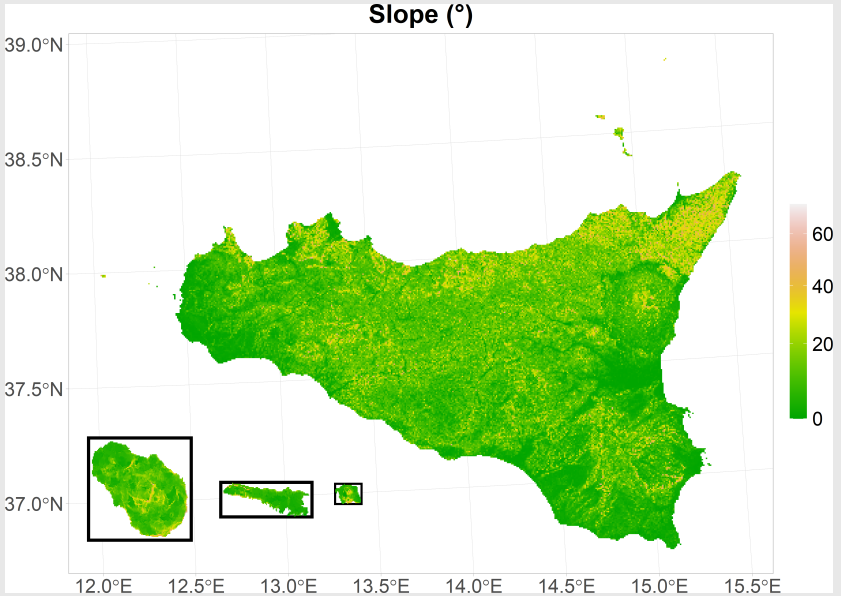
CON IL PATROCINIO DI



Uso del suolo in Sicilia (CORINE Land Cover dataset). Maggiormente agricola

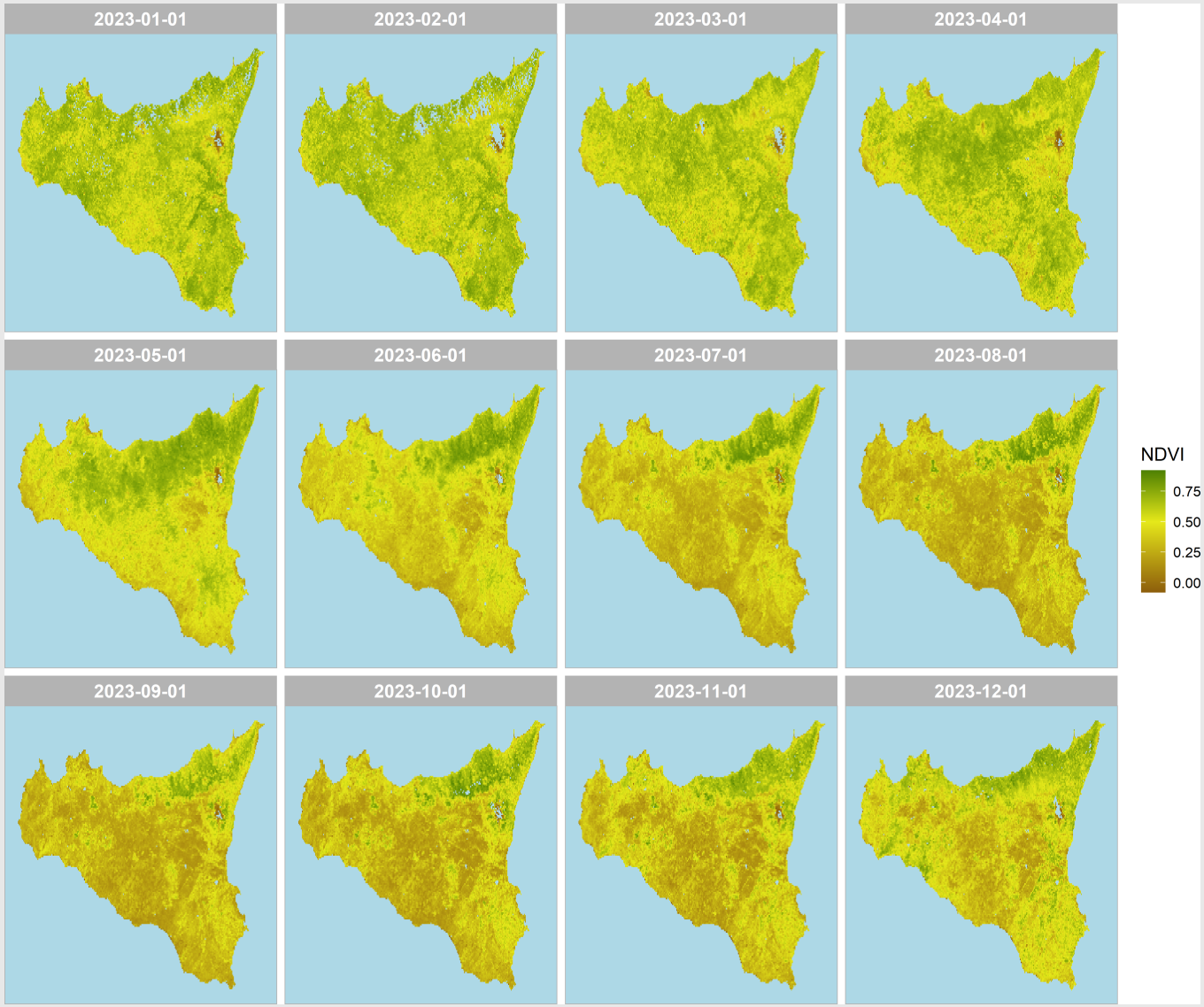
CON IL PATROCINIO DI
Università degli Studi di Palermo
DOTTORATO TRANSIZIONE ECOLOGICA
GRINS FOUNDATION
MOST CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE
Funded by the European Union NextGenerationE'U
Italiadomani
ORUS





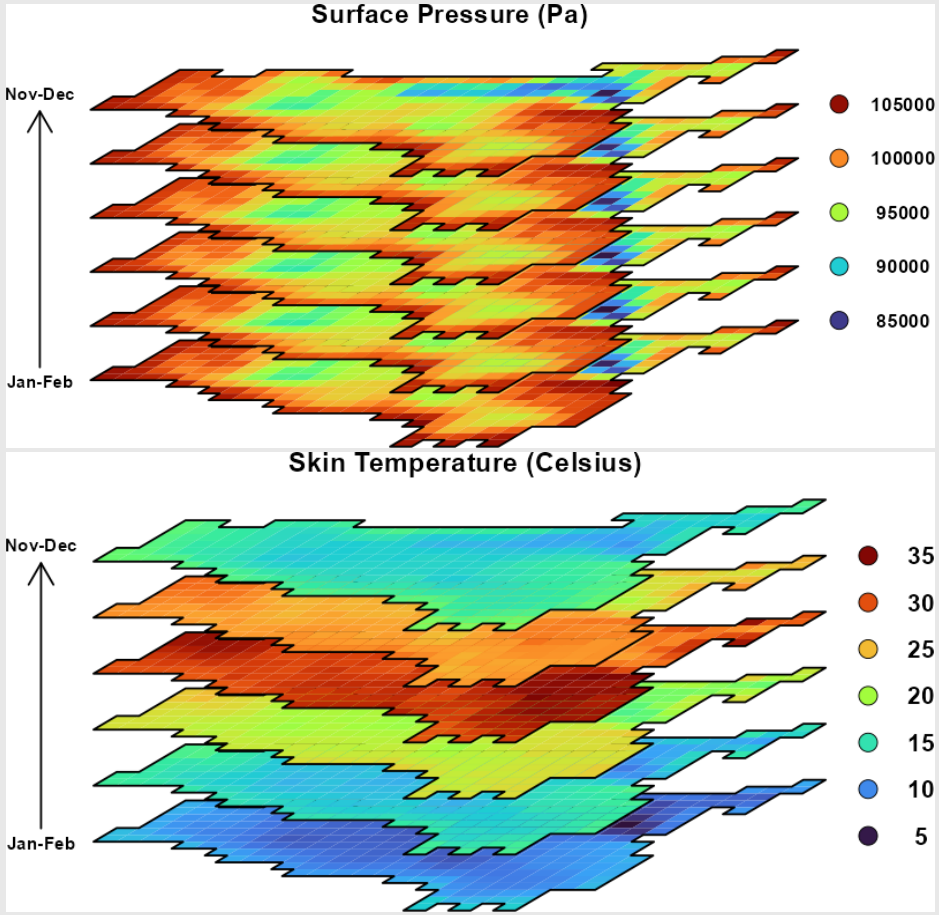
Rappresentazione nello spazio delle variabili altezza e pendenza in Sicilia.

CON IL PATROCINIO DI



NDVI mensile in Sicilia nel 2023.

CON IL PATROCINIO DI



Medie bimestrali della pressione superficiale e della temperatura al suolo in Sicilia nel 2023

CON IL PATROCINIO DI

Avanzamenti nella Modellazione Statistica Spazio-Temporale

→ Obiettivo: stimare la funzione di intensità spazio-temporale del processo:

$$\lambda(u,t) = \lim_{\ell(\mathrm{d}u\times\mathrm{d}t)\to 0} \frac{\mathbb{E}[N(\mathrm{d}u\times\mathrm{d}t)]}{\ell(\mathrm{d}u\times\mathrm{d}t)},$$

con $\mathrm{d}u\times\mathrm{d}t$ una piccola regione attorno al punto (u,t), con $\ell(\mathrm{d}u\times\mathrm{d}t)$ il suo volume.

→ Migliori modelli spaziali e spazio-temporali includendo informazioni individuali ed ambientali, indicate come $\mathbf{Z}_S(u)$ o $\mathbf{Z}_T(t)$

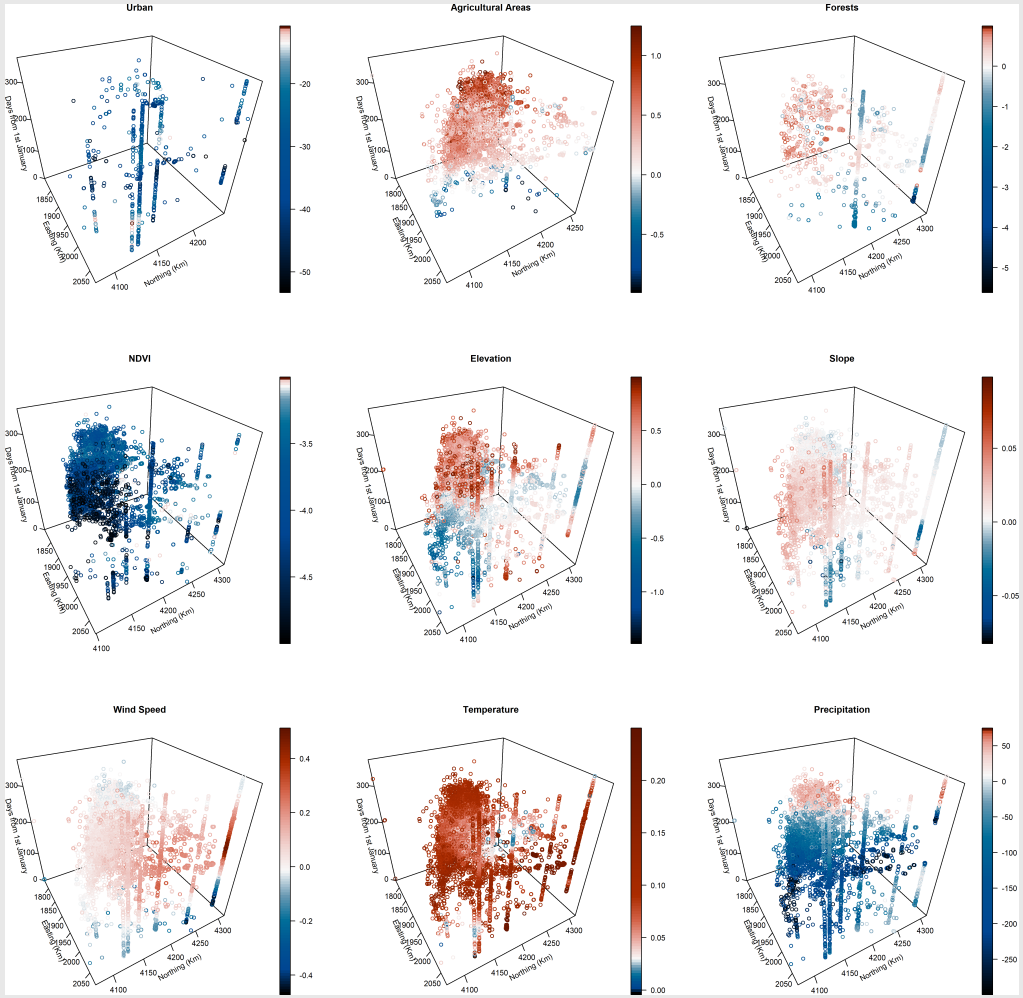
$$\lambda(u,t) = \exp(\theta_0 + \boldsymbol{\theta}_S^\top \mathbf{Z}_S(u) + \boldsymbol{\theta}_T^\top \mathbf{Z}_T(t) + \boldsymbol{\theta}^\top \mathbf{Z}(u,t)).$$

CON IL PATROCINIO DI

Nuovi metodi di stima che considerano le caratteristiche locali dei punti, migliorando l'adattamento del modello

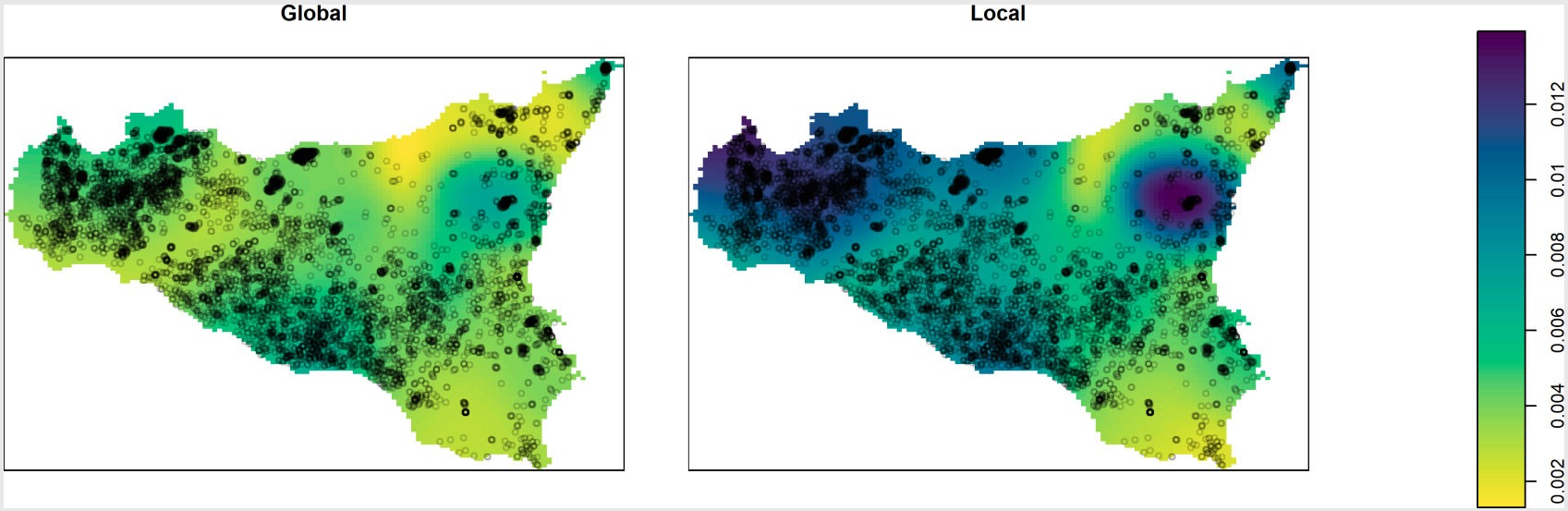
$$\hat{\lambda}(u,t) = \exp(\hat{\theta}_0(u,t) + \hat{\boldsymbol{\theta}}_1(u,t)\texttt{LandUse}(u) + \hat{\theta}_2(u,t)\texttt{NDVI}(u,t)$$
$$+\hat{\theta}_3(u,t)\texttt{Elevation}(u) + \hat{\theta}_4(u,t)\texttt{Slope}(u)$$
$$+\hat{\theta}_5(u,t)\texttt{WindSpeedFromSouth}(u,t) + \hat{\theta}_6(u,t)\texttt{SkinTemperature}(u,t)$$
$$+\hat{\theta}_7(u,t)\texttt{TotalPrecipitation}(u,t))$$

CON IL PATROCINIO DI
Università degli Studi di Palermo
DOTTORATO TRANSIZIONE ECOLOGICA
GRINS FOUNDATION
MOST CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE
Funded by the European Union NextGenerationEU
Italiadomani
ORUS



Stima dei parametri del modello di Poisson locale, considerando la viariabili uso del suolo (primi 3 grafici) e le restanti, inserite nel modello.

CON IL PATROCINIO DI



Intensità marginale stimata: globale e locale, lisciate nello spazio attraverso kernel smoothing.

CON IL PATROCINIO DI

- → Pronti ad approfondire lo studio di casi di quartieri residenziali esistenti per capire meglio le dinamiche locali.
- → Definizione dell'evento come superamento di una soglia di consumi per edificio
- → Variabili esterne legate alle caratteristiche dell'area analizzata
- → caratteristiche dell'evento stesso (qualità edificio, anno di costruzione, numero di abitanti..)

CON IL PATROCINIO DI

Diffusione dei risultati

- → D'Angelo N, Sharma M, Tarantino M, Adelfio G (2024). Spatio-temporal analysis of lightning point process data in severe storms. SDS 2024, 10-11 aprile 2024, Università degli Studi di Palermo.
- → D'Angelo N, Albano A, Gilardi A, Adelfio G (2024) Spatio-temporal modelling of fires in Sicily. The 52nd Scientific Meeting of the Italian Statistical Society, University of Bari Aldo Moro, Bari, Italy, 17-20 giugno 2024.
- → D'Angelo N, Adelfio G, Mateu J, Cronie O (2024) Constructed functional marks for spatial point process intensity estimation. The 52nd Scientific Meeting of the Italian Statistical Society, University of Bari Aldo Moro, Bari, Italy, 17-20 giugno 2024.
- → D'Angelo N, Adelfio G (2024) Modelling spatio-temporal point processes for environmental applications. CFECM Statistics 2024 King's College London, 14-16 December 2024, invited session: Methods and models for environmental and ecological data

CON IL PATROCINIO DI

Diffusione dei risultati

→ D'Angelo, N, Adelfio, G (2025). stopp: Methods for spatio-temporal point pattern analysis, simulation, model fitting, diagnostics, and local analyses. R package version 0.2.4. GPL R software (General Public Licence): https://CRAN.R-project.org/package=stopp

→ D'Angelo N, Adelfio G (2024). Minimum contrast for the first-order intensity estimation of spatial and spatio-temporal point processes. Statistical Papers.

→ D'Angelo N, Adelfio G (2024). stopp: An R Package for Spatio-Temporal Point Pattern Analysis. Journal of Statistical Software

→ D'Angelo N, Albano A, Gilardi A, Adelfio G (2025). Non-separable spatio-temporal Poisson point process models for fire occurrences. Environmental and Ecological Statistics.

CON IL PATROCINIO DI