

Onofrio Mazzarisi

Data science al servizio della sostenibilità e dell'ecologia umana

Data science in the service of sustainability and human ecology

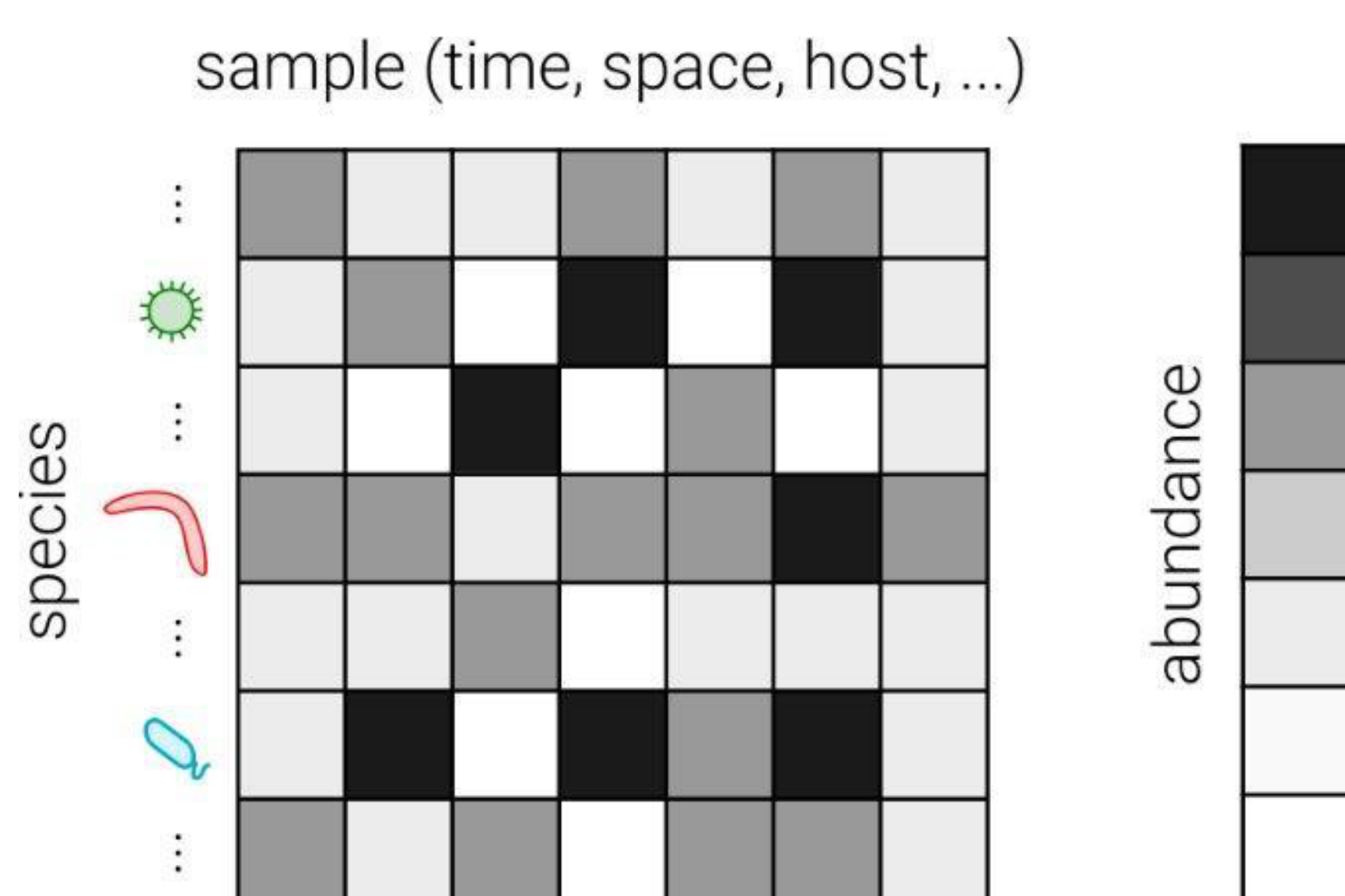
1. Introduzione

Gli ecosistemi sono incredibilmente diversi [1,2]. L'ecologia moderna è sempre più una scienza dei dati [3,4]: l'oggetto fondamentale è una matrice specie-campione che codifica l'esito di innumerevoli processi ecologici ed evolutivi. Comprenderne le proprietà è un passo verso la scoperta dei principi organizzativi della biodiversità.

Obiettivo: sviluppare un quadro unificato — dinamico e statistico — per spiegare la struttura, la stabilità e l'evoluzione delle comunità ecologiche [5,6].

2. Metodologia

Combino modelli teorici (Lotka-Volterra generalizzati [5], sistemi disordinati nonlineari, teoria dell'allocation del proteoma) con l'analisi di matrici specie-campione di comunità microbiche, vegetali e animali [4,6].



Matrice specie-campione N_{ij} : righe = specie, colonne = campioni.

3. Risultati

- Limiti teorici della stabilità: la crescita sublineare può ribaltare le predizioni classiche [7] — la diversità può stabilizzare le comunità [8,9].
- Label invariance: un nuovo principio per selezionare modelli ecologici coerenti con le assunzioni sottostanti scelte [10].
- Legge predatore-preda: un'origine top-down riproduce lo scaling 3/4 osservato negli ecosistemi [11,12].
- Apprendimento evolutivo microbico: le popolazioni 'imparano' la statistica dell'ambiente tramite l'allocation del proteoma [13].
- Stati alternativi nelle comunità microbiche: distribuzioni bimodali e competizione tra parenti filogenetici guidano l'assembly [14].

4. Discussione e Conclusioni

Principi semplici — crescita sublineare, label invariance, allocation adattiva — riproducono pattern macroecologici osservati e ribaltano paradigmi consolidati.

Conclusione: una teoria quantitativa delle comunità ecologiche è ottenibile e potrebbe fornire strumenti concreti per la conservazione e la gestione degli ecosistemi.

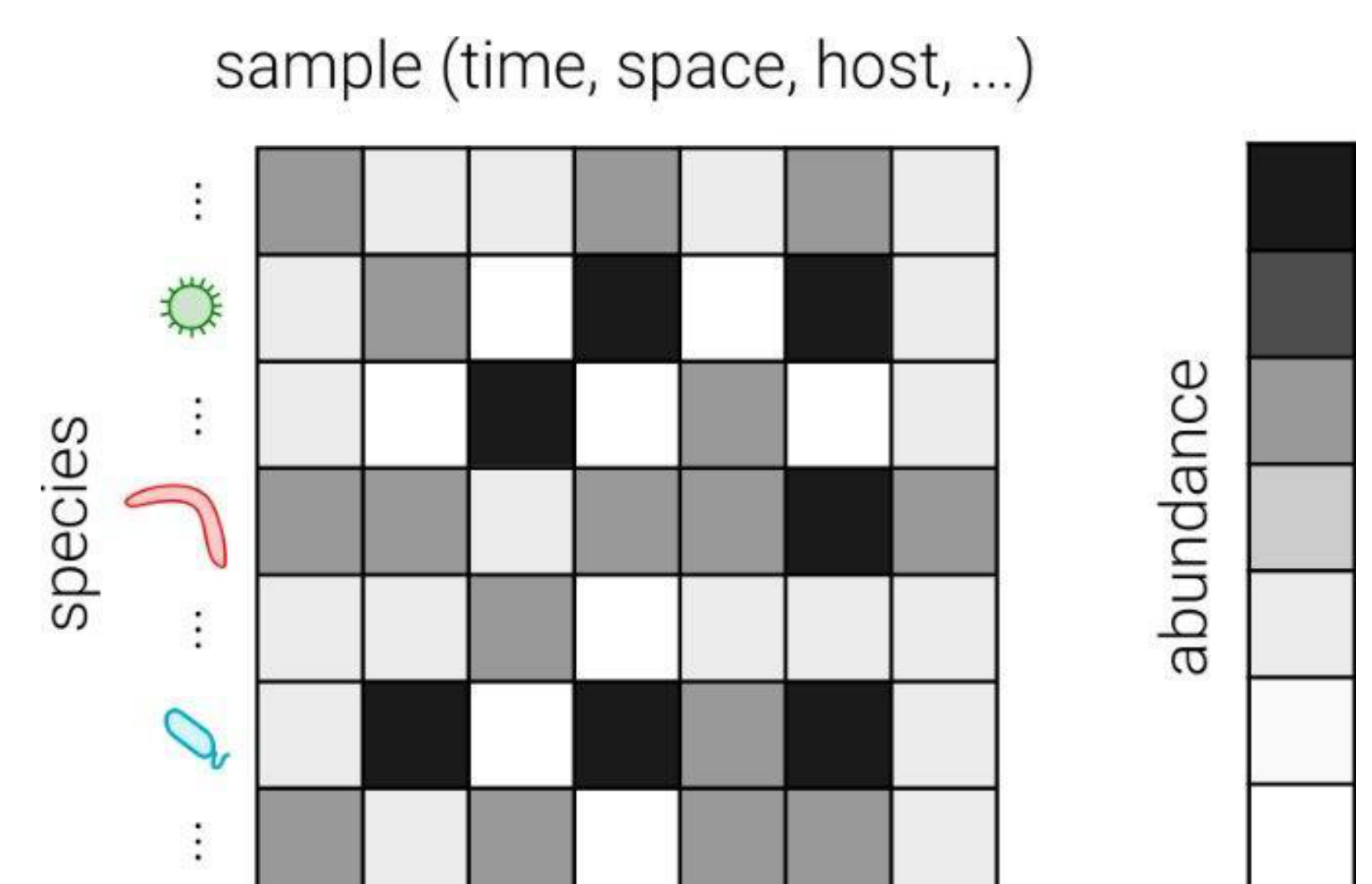
1. Introduction

Ecosystems are staggeringly diverse [1,2]. Modern ecology is increasingly a data science [3,4]: the fundamental object is a species-sample matrix encoding the outcome of countless ecological and evolutionary processes. Understanding its properties is a path toward uncovering the organizing principles of biodiversity.

Objective: develop a unified framework — both dynamical and statistical — to explain the structure, stability, and evolution of ecological communities [5,6].

2. Methodology

I combine theoretical models (generalized Lotka-Volterra [5], nonlinear disordered systems, proteome allocation theory) with the analysis of species-sample matrices from microbial, plant, and animal communities [4,6].



Species-sample matrix N_{ij} : rows = species, columns = samples.

3. Results

- Theoretical stability limits: sublinear growth can reverse classical predictions [7] — diversity can stabilize communities [8,9].
- Label invariance: a new principle for selecting ecological models consistent with underlying assumptions chosen [10].
- Predator-prey law: a top-down origin can reproduce the 3/4 scaling observed across ecosystems [11,12].
- Microbial evolutionary learning: populations 'learn' environmental statistics via proteome allocation [13].
- Alternative states in microbial communities: bimodal distributions and competition among phylogenetic relatives drive assembly [14].

4. Discussion and Conclusions

Simple principles — sublinear growth, label invariance, adaptive allocation — reproduce observed macroecological patterns and overturn established paradigms.

Conclusion: a quantitative theory of ecological communities is within reach and could provide concrete tools for conservation and ecosystem management.