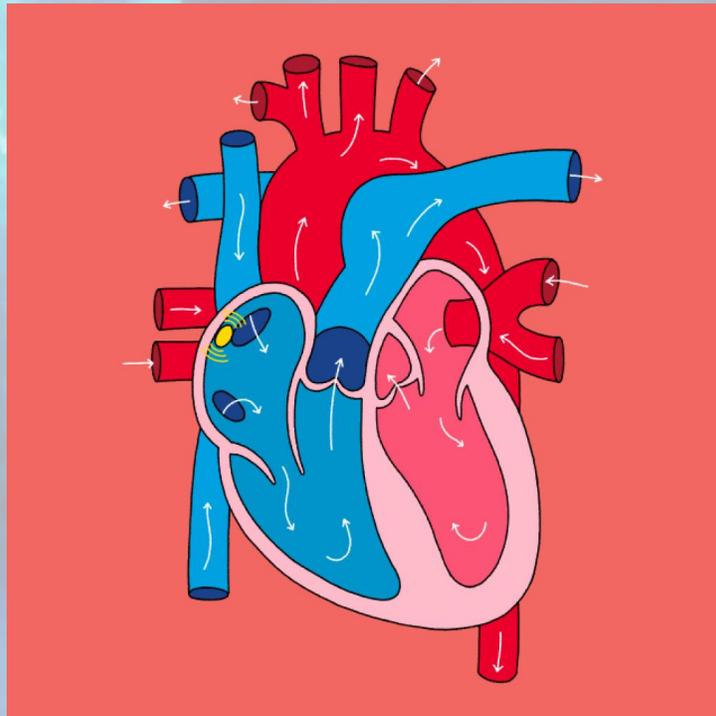


Educazione civica

# LA MATEMATICA DELLE EPIDEMIE

seconda parte

Gennaio 2021



# PROBLEMA REALE, CONCRETO

Per risolvere questo problema, il buon senso non basta, l'intuizione non ci aiuta

Ad esempio:  
la previsione della diffusione di una pandemia



<http://maddmaths.simai.eu/in-evidenza/i-modelli-matematici-nellera-covid-hanno-salvato-milioni-di-vite-umane-intervista-a-giuseppe-mingione/>

*– Professor Mingione, qual è la funzione dei modelli matematici?*

Ricordiamo intanto quello che i modelli non fanno: predire il futuro, che dipende da quello che facciamo. Ad azioni diverse, corrispondono scenari futuri diversi. Questo invece ci fa capire cosa i modelli in effetti fanno: disegnare e soprattutto quantificare vari scenari. Sappiamo, con una certa precisione, che certe decisioni porteranno a certi scenari, certe altre ad altri, che ci piacciono di meno. **I modelli ci indicano la strada per evitare i brutti scenari.** Il successo di un modello sta nell'evitare gli scenari peggiori che esso stesso descrive. Per questo criticare un modello perché il suo scenario peggiore non si è realizzato è tanto ingenuo quanto illogico.



<http://maddmaths.simai.eu/comunicare/archivio-maddmaths/intervista-con-andrea-crisanti/>

**R.** : Però il governo è stato criticato per aver deciso il prolungamento del lockdown proprio in base ad un modello matematico.

**A.** : Beh, intanto si può dire che il lockdown italiano abbia funzionato. E in quel caso il problema è stato piuttosto in una mancanza di trasparenza. Fai delle ipotesi e trai delle conseguenze in base al modello. Ma questo modello rimane in larga parte astratto, difficilmente comprensibile dalla maggior parte delle persone, che lo vedono come uno strumento impositivo, autoritario, non avendo possibilità di visualizzazione, né di comprensione o di critica. Quindi alla fine si tratta piuttosto di un problema comunicativo, non di uso del modello in sé. Bisognerebbe far capire invece che il modello matematico **non fa previsioni certe**, ma in qualche modo **dà degli strumenti per capire meglio**, sulla base di determinate ipotesi, l'effetto di alcune scelte.

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

# SEMPLIFICARE IL PROBLEMA

Trascurare gli elementi secondari  
Fissare l'attenzione sugli elementi essenziali

La costruzione è necessariamente soggettiva



<http://maddmaths.simai.eu/in-evidenza/i-modelli-matematici-nellera-covid-hanno-salvato-milioni-di-vite-umane-intervista-a-giuseppe-mingione/>

– *Possono sbagliare?*

Come tutte le cose legate all'agire umano, anche i modelli e le previsioni possono essere imprecise. C'è un problema di base. I modelli devono schematizzare la realtà. Ma come decidere cosa mettere dentro e cosa lasciare fuori? Quanta realtà ci mettiamo? Se ce ne mettiamo troppa, il modello diventa ingestibile. Se ce ne mettiamo poca, rischiamo di produrre delle ottime formule matematiche, ma che non corrispondono a nulla di reale. Ma la vera domanda da farsi è: **quale sarebbe l'alternativa? Andare ad occhio? Tirare a caso?** Da sempre, in ogni disciplina scientifica, **i modelli sono l'unico strumento che abbiamo per descrivere e quantificare la realtà.** Anche in epidemiologia, una disciplina che si è da sempre accompagnata al loro uso, e con successo. Di fatto non pochi epidemiologi sono matematici e fisici di formazione. Per capire le dinamiche epidemiche le persone più adatte a cui chiedere non sono tanto i virologi, ma gli epidemiologi, che usano a fondo gli strumenti matematici.

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

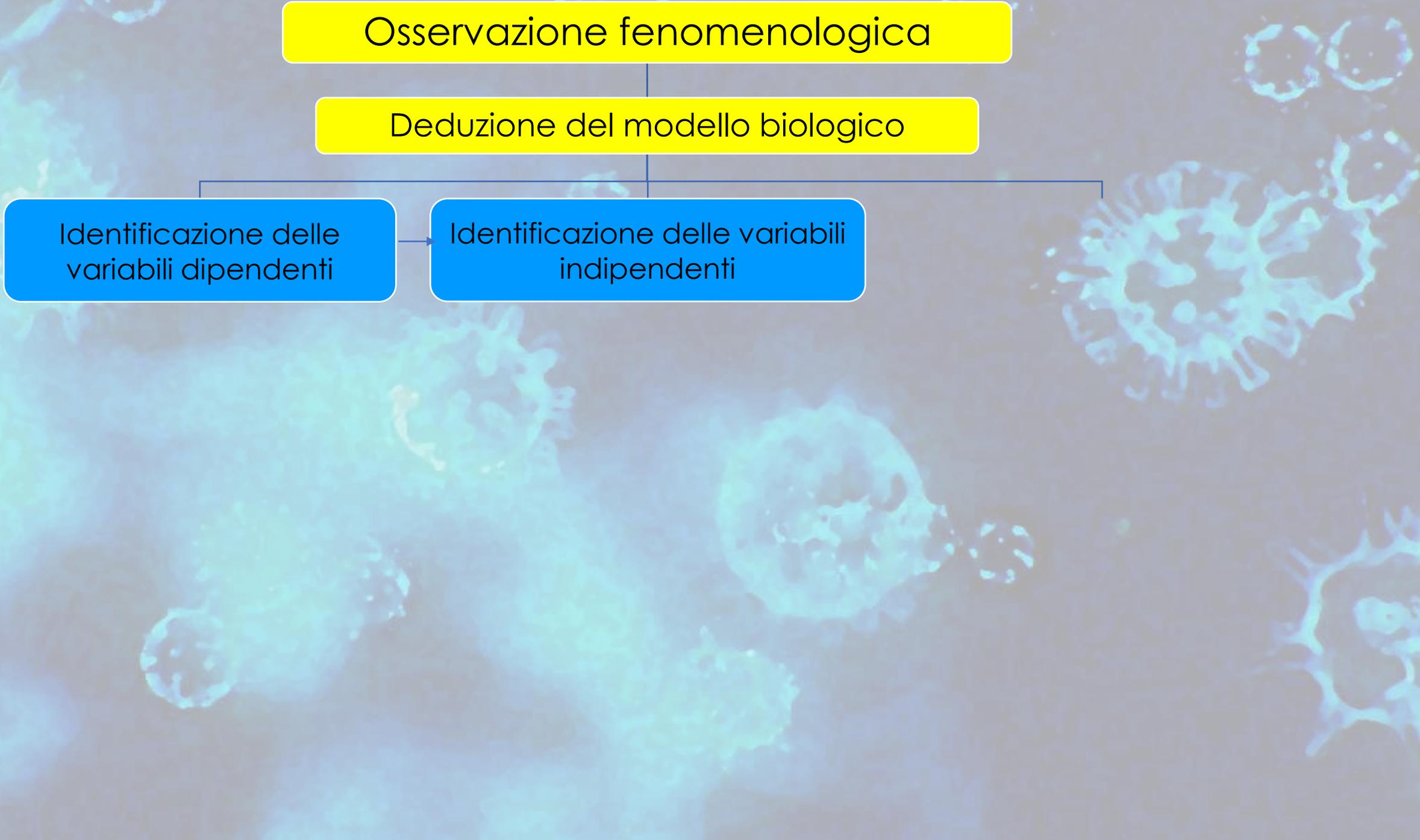


Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti



Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione



Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Ipotesi di modello

Traduzione del problema in formule

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Ipotesi di modello



Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Ipotesi di modello

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Simulazione di casi noti

Ipotesi di modello

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Simulazione di casi noti

Validazione sperimentale

Ipotesi di modello



Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Simulazione di casi noti

Validazione sperimentale

NO

Ipotesi di modello

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Simulazione di casi noti

Validazione sperimentale

NO

Ipotesi di modello

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Simulazione di casi noti

Validazione sperimentale

NO

Ipotesi di modello

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Simulazione di casi noti

Validazione sperimentale

Ipotesi di modello

NO

Sì

Osservazione fenomenologica

Deduzione del modello biologico

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
generatori di evoluzione

Deduzione del modello matematico

Analisi qualitativa

Simulazione di casi noti

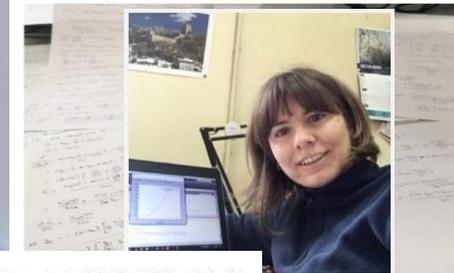
Validazione sperimentale

Simulazione di casi non noti

Ipotesi di modello

NO

Sì



<http://maddmaths.simai.eu/in-evidenza/i-modelli-matematici-strumenti-potenti-ai-tempi-della-pandemia-covid-19/>

Scrivere un modello matematico non è nient'altro che "tradurre" le ipotesi biologiche in equazioni differenziali ordinarie, cosa che trovo incredibile. Un primo passo per costruire un sistema di questo tipo sta nel scegliere le variabili, che sono chiamate così in quanto dipendono dal tempo, ed in questo caso particolare descrivono la dinamica nel tempo di Covid-19. Quando le variabili possono essere misurate rappresentano i nostri dati, che poi vengono utilizzati per validare il modello. La scelta delle variabili ovviamente dipende anche dai dati che possono essere raccolti. Un secondo passo, nel costruire un modello, sta nel definire i parametri del modello, questi sono valori costanti e rappresentano i tassi, come ad esempio il tasso di infettività, il tasso di guarigione, il tasso di mortalità, etc. Questi valori possono essere ottenuti durante il processo di validazione, quando viene fatto il cosiddetto "fit" del modello rispetto ai dati noti. Una volta costruito il modello si può fare un'analisi qualitativa e quantitativa di quest'ultimo, usando strumenti da diversi ambiti della matematica, come ad esempio l'analisi matematica, la fisica matematica e/o l'analisi numerica, rispettivamente. Costruire un modello matematico non è solo una ricerca di tipo **interdisciplinare**, che **combina "linguaggi" diversi** come ad esempio la matematica e la biologia, in questo caso, ma è anche una ricerca **intra-disciplinare**, che **combina diversi rami** all'interno della matematica.

Ipotesi di modello

Osservazione fenomenologica

# Osservazione

Deduzione del modello

Identificazione delle  
variabili dipendenti

Identificazione delle variabili  
indipendenti

Identificazione dei  
parametri di variazione

## Ipotesi

Deduzione del modello matematico

Analisi

# Verifica sperimentale

Simulazione di casistiche

Sì

Validazione

# Conclusione o legge

Simulazione di casistiche





Vito Volterra  
1860 – 1940

SUI  
TENTATIVI DI APPLICAZIONE DELLE MATEMATICHE

ALLE SCIENZE BIOLOGICHE E SOCIALI

---

DISCORSO INAUGURALE

DEL

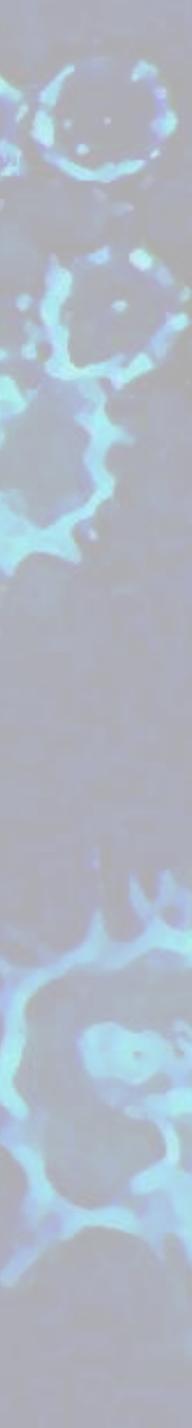
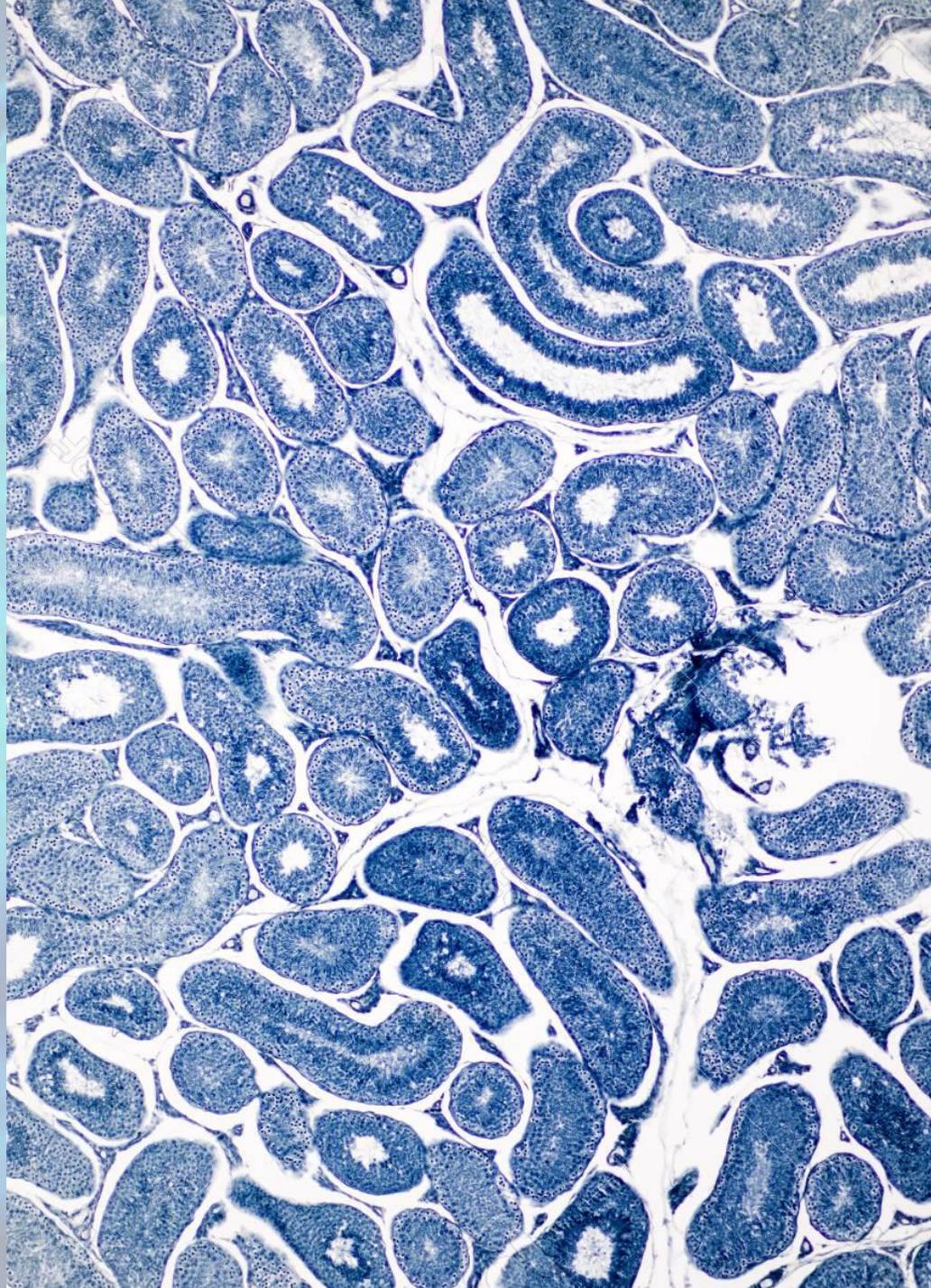
**Prof. VITO VOLTERRA**

---

«**Misurare** quindi; **dedurre** poi dalle leggi; **risalire** da esse ad ipotesi; **dedurre** da queste, **mercè l'analisi**, una scienza di enti ideali sì, ma **rigorosamente logica**; **confrontare** poscia colla realtà; **rigettare o trasformare**, man mano che nascono contraddizioni fra i risultati del calcolo ed il mondo reale, le ipotesi fondamentali che han già servito; e giungere così a **divinare fatti** ed **analogie nuove**, o dallo stato presente arrivare ad **argomentare quale fu il passato** e che cosa sarà **l'avvenire**; ecco, nei più brevi termini possibili, riassunto il nascere e l'evolversi di **una scienza avente carattere matematico.**»

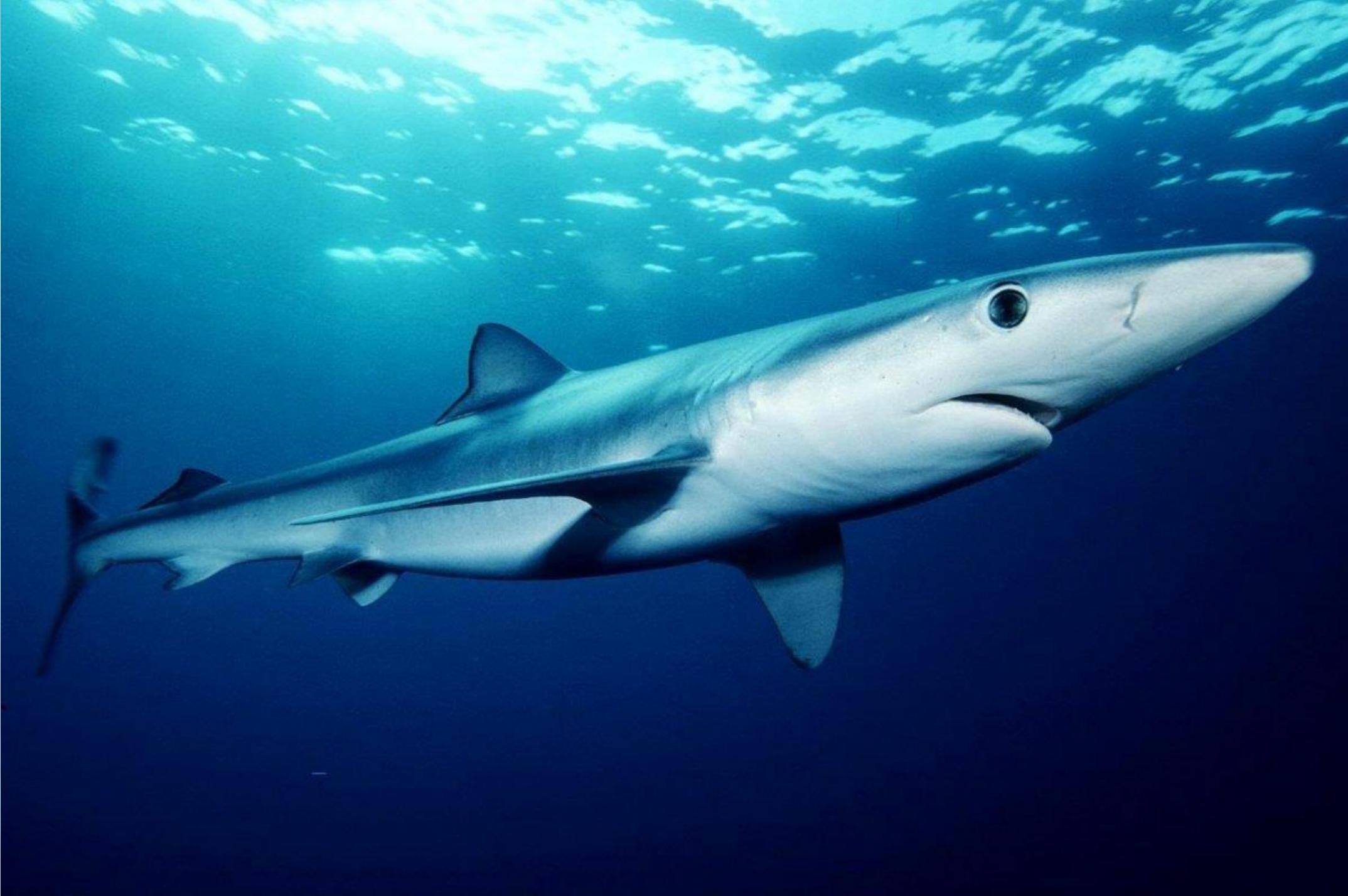
«scindere nei mutamenti degli elementi variabili  
le parti **predominanti** dalle altre **trascurabili** di fronte a queste e,  
se ci è concesso **misurare** le prime  
o stabilire fra loro delle **relazioni**,  
resta possibile **risalire**, mediante questi dati,  
da ciò che ha luogo in un certo istante e in una certa plaga,  
**a quello che avverrà** col procedere del tempo per tutto,  
fin dove cioè le leggi elementari trovate restano soddisfatte.»

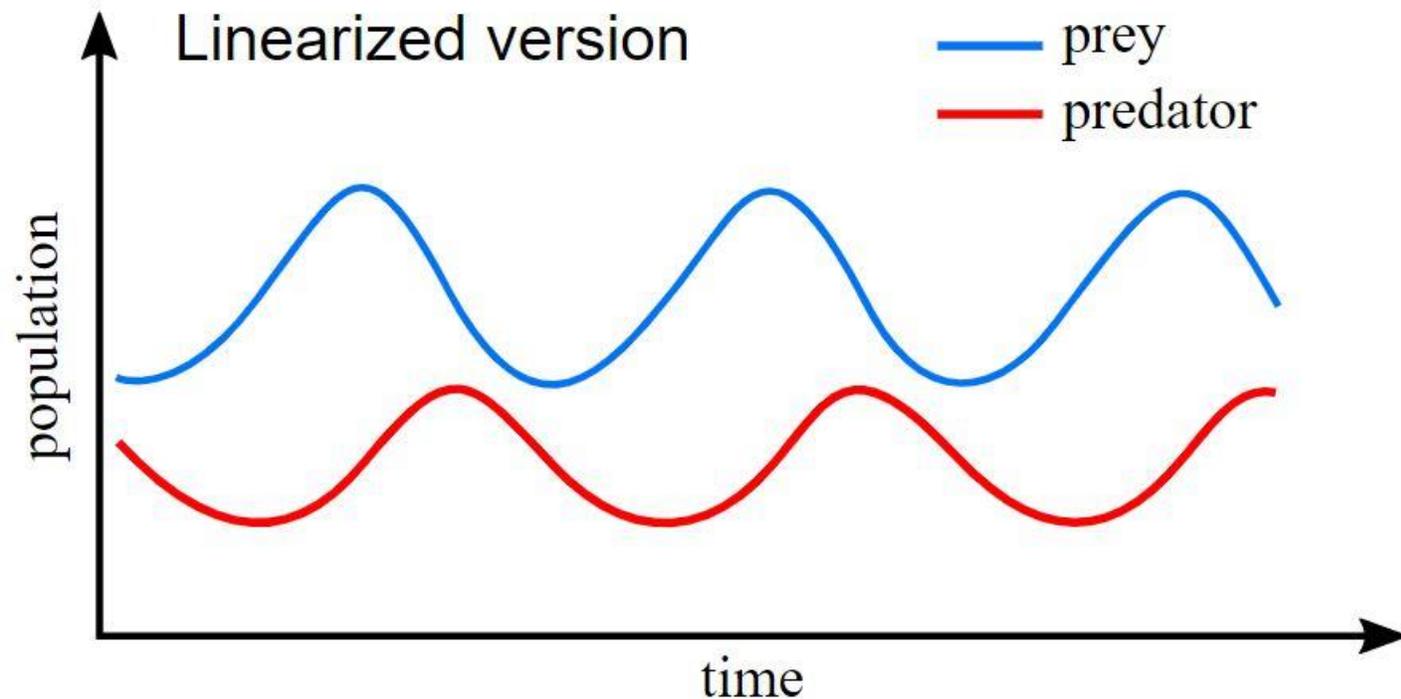












$$\frac{dP}{dt} = -Pm + bHP$$

$$\frac{dH}{dt} = Hr - aHP$$

$$\begin{cases} P = P(t) & \text{Number of Predators} \\ H = H(t) & \text{Number of Prey} \end{cases}$$

$$\begin{cases} r > 0 & \text{Birth Rate of Prey} \\ m > 0 & \text{Death Rate of Predators} \\ a > 0 & \text{Death Rate of Prey/Predator} \\ b > 0 & \text{Birth Rate of Predators/Prey} \end{cases}$$

Historical Studies Science Networks

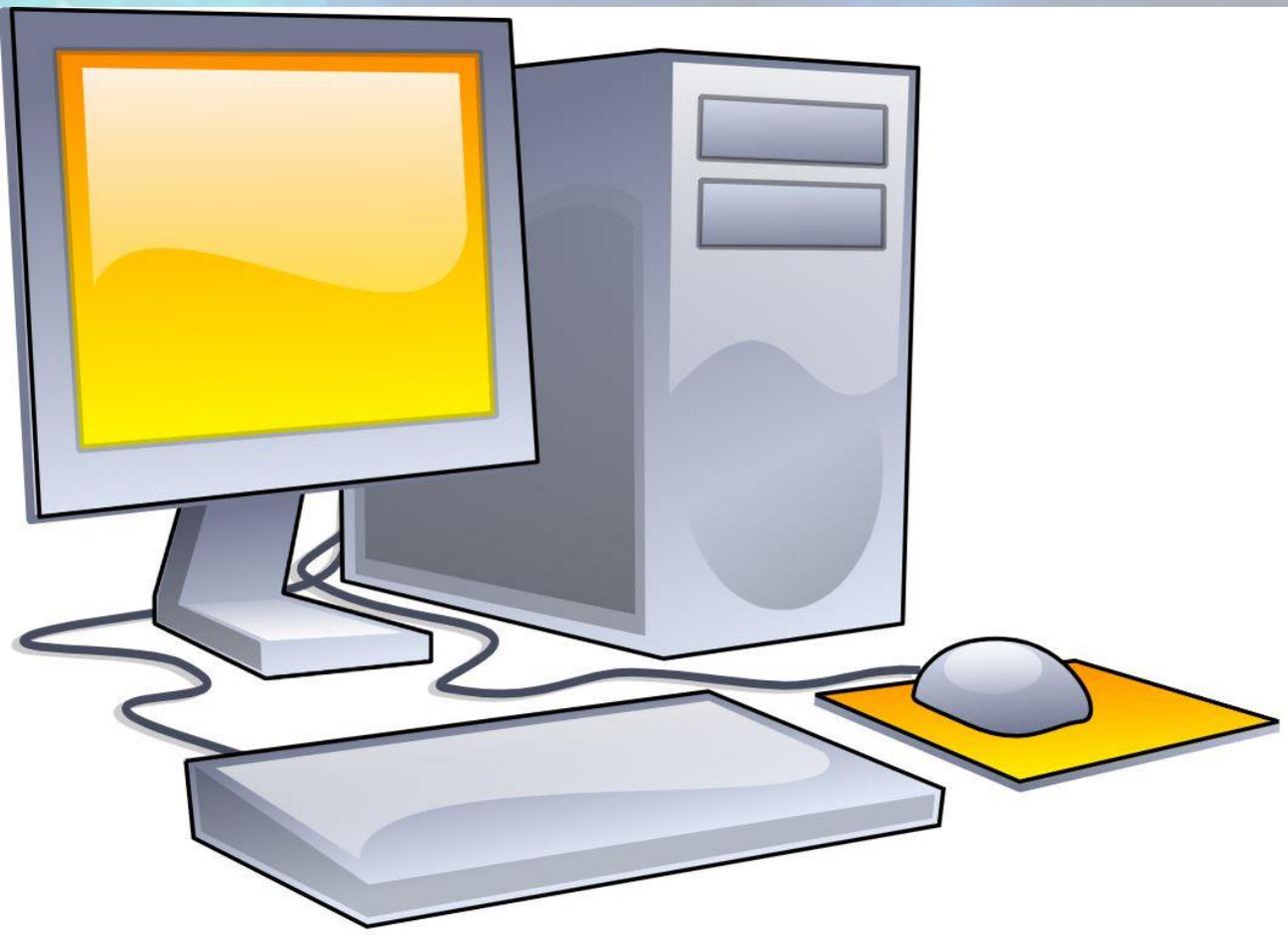
Giorgio Israel  
Ana Millán Gasca



# The Biology of Numbers

The Correspondence of Vito Volterra  
on Mathematical Biology

SPRINGER BASEL AG



passato



presente



futuro

