

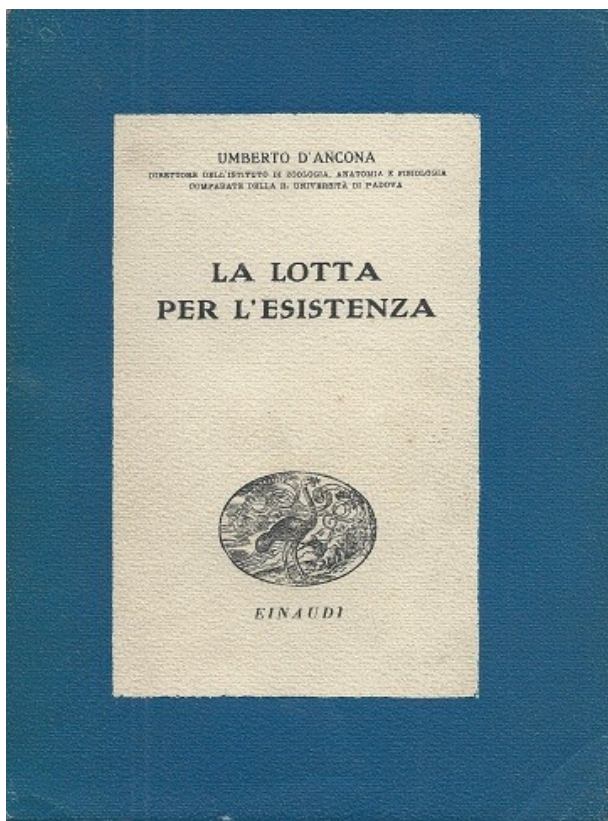
Ecosistemi, matematica e informatica

N. 39, 17 maggio 2015
di Giovanni A. Cignoni

La Notte dei Musei (ieri) e la Giornata Internazionale dei Musei (domani) sono dedicate alla *sostenibilità*: volentieri accogliamo la sfida a svolgere questo tema. Per parlarne in termini di matematica e di informatica, possiamo iniziare (o meglio, continuare) con [Alan Turing](#), oppure partire da un altro tema di questi tempi oggetto di ricordi e riflessioni: la [I Guerra Mondiale](#). Turing ci sta più simpatico e gli diamo la precedenza.

Alan, che una ne faceva e cento ne pensava, si occupò anche di *morfofogenesi*: parolona per indicare quel fenomeno per cui le cose della Natura, organismi e no, si sviluppano assumendo forme ben precise. Bene: molte di queste forme corrispondono a formule matematiche che Turing e altri si sono divertiti a scoprire.

Gli esempi più noti riguardano la disposizione di certe foglie e infiorescenze o la crescita delle conchiglie secondo una spirale logaritmica – a sua volta approssimata da una spirale di Fibonacci che ovviamente è legata alla di lui famosa serie: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13... Coincidenza? Mistero? Intervento alieno?



La prima edizione di “La lotta per l’esistenza”, Einaudi, 1942, il libro di D’Ancona che tratta i modelli di Volterra

Frenate ogni ghiribizzo esoterico, anche la conclusione “God is a mathematician!” messa in bocca a un divertito Turing dagli sceneggiatori di *Breaking the code* è solo una battuta.

È dura sostenere che la Natura procede attenendosi a delle formule. Meglio assumere che, semplicemente, la Natura fa il suo corso. È chi la studia che fa uso di espressioni matematiche per descrivere bene cosa succede. Si chiamano *modelli* e si applicano a molti fenomeni della Natura, fra i quali anche gli equilibri e la sostenibilità degli ecosistemi.

Veniamo alla I Guerra Mondiale. A pace conclusa, fra le tante attività che ripresero ci fu anche la pesca in Adriatico. Ci si attendeva reti piene: con i pescherecci fermi per il conflitto, le acque avrebbero dovuto ripopolarsi. Invece no: il pescato fu proprio scarso.

Umberto D’Ancona, biologo, raccolse dati e per studiare il problema coinvolse il suocero Vito Volterra, grande matematico. Volterra ci ragionò su ed elaborò un modello che spiegava i pesci mancanti.



Un giovane Volterra, in una foto pisana

Se in un ecosistema ci sono prede e predatori, un momento di abbondanza di prede produce un aumento del numero dei predatori. Infatti, superata facilmente l’esigenza primaria di cibarsi, i predatori hanno più tempo per l’altra attività prevista in Natura: riprodursi allegramente. La moltitudine di predatori finisce poi però per sterminare o quasi le prede.

In Adriatico l’assenza dei predatori umani, forzata dagli eventi bellici, aveva fatto sì crescere la popolazione ittica, ma a vantaggio dei predatori naturali che

erano aumentati di numero. I pescherecci avevano trovato solo le briciole perché erano tornati in mare appena dopo che squali e razze si erano felicemente moltiplicati e abbuffati. Sarebbe bastato aspettare un altro po': dopo il banchetto la scarsità di cibo avrebbe fatto diminuire il numero predatori e favorito la crescita della popolazione di prede. La fauna ittica dell'Adriatico va per cicli.

Quel che abbiamo spiegato a parole Volterra lo disse in termini di un modello espresso tramite due eleganti equazioni differenziali. Tranquilli, sulla matematica soprassediamo: anche al Museo, per decenza, le equazioni sono state mostrate solo in seconda serata.

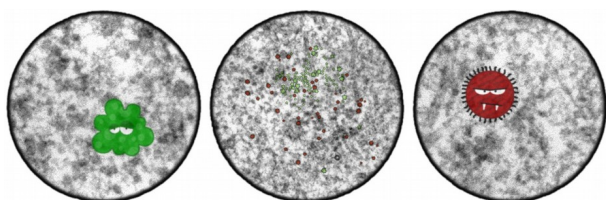
Il modello oggi si chiama di *Lotka-Volterra*: Alfred Lotka lo aveva derivato anni prima studiando tutt'altri fenomeni naturali: alcune particolari reazioni chimiche; lo stesso modello si applica a diversi fenomeni naturali. Seguendo a scherzare con il Turing teatrale e considerando che sono spirali logaritmiche financo le galassie, si potrebbe concludere che, riusando spesso le solite formule, Dio è un matematico pigro.

Il bello del modello di Lotka-Volterra è che mostra i delicati equilibri degli ecosistemi. L'alternanza fra la crescita della popolazione delle prede e la crescita dei predatori è naturale, ma un sistema sostenibile, cioè capace di mantenere quest'alternanza nel tempo non è cosa banale: prede poco prolifiche possono non sostenere la popolazione dei predatori; predatori troppo famelici possono sterminare tutte le prede e condannarsi manu propria all'estinzione.

L'informatica e in particolare la simulazione software, ci permettono di creare degli ecosistemi virtuali dove condurre esperimenti con prede e predatori di cui possiamo variare, per esempio, longevità, famelicità e tasso di riproduzione.

Sono ancora modelli, ma di tipo diverso. Invece di equazioni (formule matematiche) sono basati su algoritmi (programmi fatti di azioni e decisioni). Invece di considerare le popolazioni nel loro complesso, si riproducono i comportamenti dei singoli individui e le interazioni che ne derivano.

Al Museo degli Strumenti per il Calcolo, per la [Notte dei Musei 2015](#), è stato realizzato un [videogioco](#) ispirato ai modelli prede-predatori di Volterra. Giocare con un simulatore di un ecosistema è un buon modo per toccare con mano quel delicato caos di equilibri che governa la sostenibilità del pianeta.



Ingrandimenti dei protagonisti del videogioco ispirato ai modelli di Volterra

Vito Volterra

Nato ad Ancona nel 1860, Volterra si era laureato in Fisica a Pisa nel 1882 dove divenne docente di Meccanica Razionale nel 1883 e poi preside della Facoltà di Scienze nel 1892.

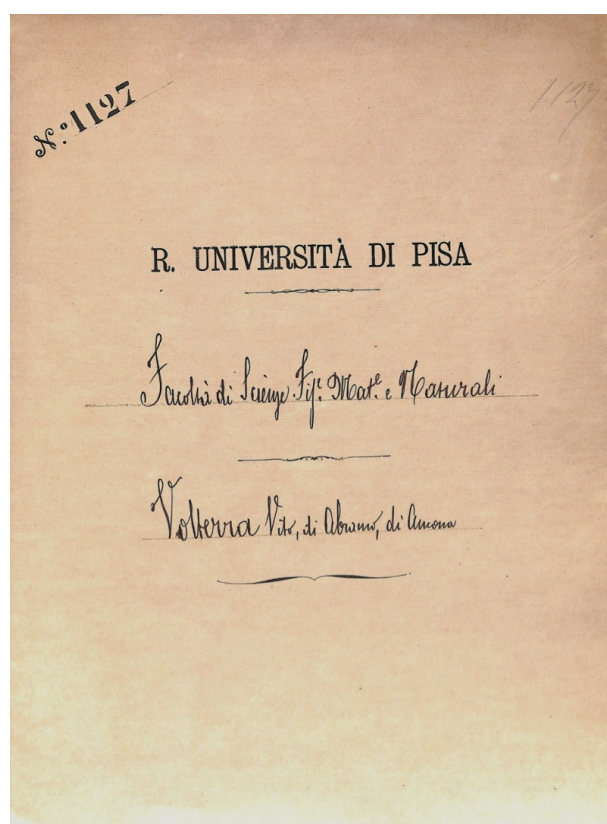
Dopo un periodo all'Università di Torino, dal 1900 fu professore di Fisica Matematica alla Sapienza di

Roma. Nel 1899 fu accolto nell'Accademia dei Lincei. Nel 1905 diventò senatore. Interventista, partecipò alla I Guerra Mondiale come ufficiale volontario del Genio, studiando i mezzi aerei e partecipando ad azioni di guerra sui dirigibili (a 55 anni).

Nel 1923 fu il primo presidente del CNR. Nel 1925 fu tra i firmatari del *Manifesto degli Intellettuali Antifascisti* di Benedetto Croce.

Nel 1931 fu fra i 12 (dodici) accademici italiani che non prestarono *giuramento di fedeltà al fascismo*, rinunciando così alla posizione all'Università, alle altre cariche accademiche e venendo espulso dall'Accademia dei Lincei di cui era stato presidente dal 1926 al 1926. Di origini ebraiche, gli ultimi anni della sua vita furono resi ancor più difficili dalla promulgazione nel 1938 delle leggi razziali. Morì a Roma nel 1940.

Oltre ai modelli matematici degli ecosistemi, Vito Volterra ha contribuito a molta ricerca sull'analisi matematica e può essere considerato uno dei fondatori dell'analisi funzionale.



Il fascicolo dello studente Vito Volterra, dall'Archivio dell'Università di Pisa, grazie a Daniele Ronco