# Laboratorio "La Natura nel Computer"

Claudio Mirolo

Dip. di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche dell' Università di Udine
claudio.mirolo@uniud.it

## Descrizione sintetica

Il laboratorio "La Natura nel Computer" è indicato per il triennio conclusivo della secondaria di II grado. Il percorso proposto è stato sperimentato nell'ambito di diverse edizioni del Piano Lauree Scientifiche e ha visto coinvolte classi III, IV e V di licei e istituti tecnici.

In questo laboratorio l'informatica, e in particolare la programmazione, sono declinate come strumenti di indagine scientifica, mettendone così in rilievo la valenza formativa interdisciplinare. Il contesto considerato consente, in particolare, di vedere all'opera i concetti principali della programmazione orientata agli oggetti, e nello stesso tempo introduce una prospettiva interessante sul metodo scientifico.

Le attvità si articolano attorno allo sviluppo e alla valutazione critica di modelli per spiegare, attraverso simulazioni, due fenomeni osservati in natura: la fillotassi del girasole e la sincronizzazione di alcune specie di lucciole. Dopo aver chiarito gli obiettivi (domanda scientifica a cui si cerca di rispondere), i presupposti (meccanismi che si presumono in atto) e le semplificazioni che si intende introdurre (processo di astrazione), si procede alla messa a punto concettuale e alla codifica di modelli a partire da programmi preimpostati. L'esperienza si conclude con una discussione critica dei risultati, individuando limitazioni, nonché possibilità di ulteriori raffinamenti e sviluppi dei modelli.

Le idee alla base della programmazione orientata agli oggetti hanno avuto origine negli anni '60 del '900 proprio nell'ambito della simulazione scientifica (*Simula*), perciò un tale contesto si presta molto bene a svilupparne e a comprenderne i concetti. Inoltre, la creazione di immagini e animazioni in un ambiente che ne facilita la programmazione è in genere motivante. L'impegno richiesto nell'affrontare la programmazione e il bilanciamento rispetto agli obiettivi interdisciplinari possono essere adattati, da un lato, al livello di competenze informatiche degli studenti, dall'altro, alle attese di insegnanti di altre materie coinvolti nel progetto.

## Tematiche di informatica e interdisciplinari

- *Concetti base di programmazione orientata agli oggetti:*
  incapsulamento, distinzione classe vs. oggetto e concetti correlati, coesione/disaccoppiamento, riutilizzo — inoltre, laddove siano proponibili, eredità e polimorfismo.
- *Elementi di programmazione parallela:*
  thread, semplici modalità (non problematiche) di sincronizzazione, sistemi interattivi.
- *Approccio scientifico:*
  Modelli interpretativi dei fenomeni, processi di astrazione, corroborazione e confutazione di ipotesi, comportamenti emergenti, discussione critica e riconoscimento dei limiti.
- *Chiavi di lettura matematica:*
  Sezione aurea e interpretazione matematica del relativo ruolo nella fillotassi, modelli matematici e modelli computazionali.

**Strumenti** – Si consiglia l'utilizzo di dispositivi di calcolo in cui possa essere installato l'ambiente di programmazione *Processing*: https://processing.org

# A Ulteriori informazioni

## Articolazione del percorso

Il percorso rivolto in classe agli studenti può essere preceduto da un'introduzione alla programmazione orientata agli oggetti (che per esempio si sviluppa attorno alla simulazione di un semplice gioco). Nel laboratorio proposto, comunque, per ciascuno dei due fenomeni considerati si procederà secondo la seguente scaletta:

1. **Impostazione del lavoro**

   > "Una rimarchevole rivoluzione intellettuale si sta svolgendo tutt'attorno a noi, ma pochi se ne stanno accorgendo.
   > Il pensiero computazionale sta influenzando la ricerca in quasi tutte le discipline, sia in quelle scientifiche che in quelle umanistiche."
   >
   > A. Bundy, *Computational thinking is pervasive* (2007)

   – Delimitazione del fenomeno naturale da spiegare
   – Meccanismi noti/presumibili in atto e individuazione degli aspetti da chiarire
   – Semplificazioni e formalizzazione dei processi in gioco

2. **Progetto e sperimentazione**

   > "I programmi possono anche essere utilizzati come strumenti per scoprire e determinare empiricamente le leggi della natura.
   > In particolare, i programmi di simulazione possono essere utilizzati per esaminare la veridicità di modelli [...] in altre scienze della natura."
   >
   > A.H. Eden, *Three Paradigms of Computer Science* (2007)

   – Sviluppo di un modello "informatico": simulazione e oggetti
   – Entità e strategie in natura come metafore di concetti di programmazione
   – Sperimentazione e interpretazione di quanto osservato

3. **Discussione e analisi critica**

   > "Secondo il punto di vista tradizionale, la computazione è assimilata a una trasformazione a scatola chiusa di input [...] in output. In accordo con il punto di vista interattivo, la computazione è un processo interattivo continuo piuttosto che una trasformazione funzionale da input a output."
   >
   > D. Goldin & P. Wegner, *The Interactive Nature of Computing* (2008)

   – Sperimentazione su base "empirica" e analisi da un punto di vista matematico per raffinare il modello (nel caso della fillotassi)
   – Comportamento emergente — non soggetto a una finalizzazione a priori
   – Quali i possibili motivi per cui evolutivamente sono stati selezionati organismi con il comportamento osservato?
   – Cosa manca nella spiegazione? Ulteriori raffinamenti e/o sviluppi del modello

Nella tabella 1 le attività previste sono classificate nei termini di due framework di riferimento per il pensiero computazionale. Ulteriori dettagli nel materiale disponibile online all'indirizzo:

`http://nid.dimi.uniud.it/projects/pls.html#natura_nel_computer`

## Modalità e tempi di svolgimento del laboratorio

È opportuno prevedere una fase preliminare in cui gli insegnanti coinvolti e il ricercatore concordano il piano delle attività, orientandole in sintonia con gli obiettivi perseguiti nel contesto specifico. Seguono, quindi, alcuni interventi diretti da parte del ricercatore, per un totale di 6–8 ore, alternati con attività in laboratorio, per circa 8 ore, seguite e coordinate dagli insegnanti.

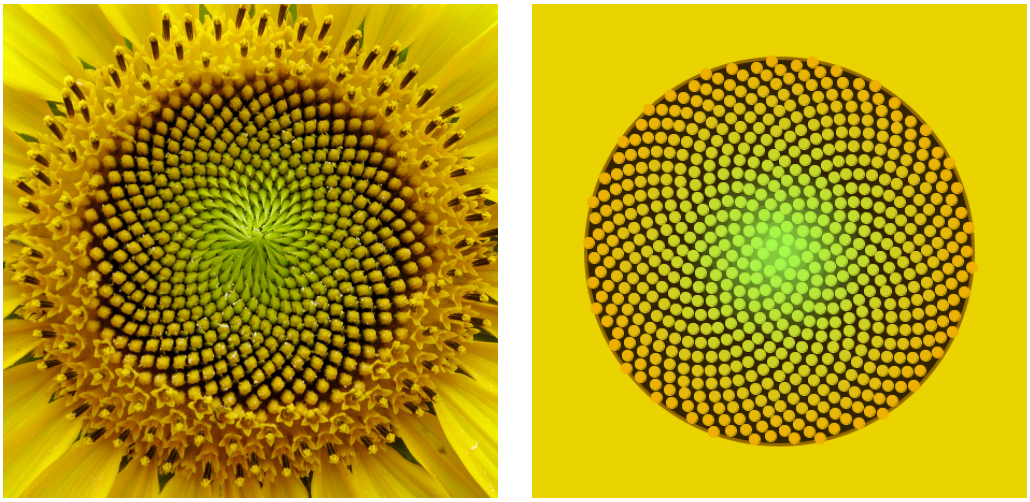

Figure 1: Fiore di girasole e risultato di una simulazione della distribuzione spaziale (fillotassi) dei semi; lo scostamento nella parte centrale (apice) è previsto per le semplificazioni introdotte.

Figure 2: Lucciola di una specie nordamericana che manifesta il fenomeno di sincronizzazione della luminescenza e fotogramma tratto dell'avvio della simulazione animata.

| **Ambito** | **Fillotassi girasole** | **Sincronizzazione lucciole** |
|---|---|---|
| *Data collection** | Raccolta di foto o immagini di fiori di girasole e piante con numerose foglie attorno allo stelo | (Raccolta e osservazione di filmati sul fenomeno della sincronizzazione delle lucciole) |
| *Data analysis** | Analisi della distribuzione nello spazio di semi/foglie nelle foto/immagini raccolte | |
| *Data representation** | Modello semplificato bidimensionale del problema in esame | Modello semplificato bidimensionale del problema in esame |
| *Problem decomposition** / *Decomposition*** | Individuazione delle componenti che concorrono alla risoluzione del problema e al loro ruolo (nella prospettiva OO) | Individuazione delle componenti che concorrono alla risoluzione del problema e al loro ruolo (nella prospettiva OO) |
| *Abstraction**,** | Ipotesi semplificative introdotte nel modello e relative giustificazioni | Ipotesi semplificative introdotte nel modello e relative giustificazioni |
| *Algorithms & procedures** / *Algorithmic thinking*** | Algoritmi che descrivono l'evoluzione di un organismo nel tempo | Algoritmi che descrivono i cicli di emissione di luce da parte delle lucciole |
| *Automation** | Programmazione ed esecuzione del programma di simulazione al computer (immagini) | Programmazione ed esecuzione del programma di simulazione al computer (animazioni) |
| *Simulation** | È lo spirito degli esperimenti di questa natura | È lo spirito degli esperimenti di questa natura |
| *Parallelization** | Semi o foglie come entità autonome del programma che evolvono contemporaneamente | Lucciole come processi eseguiti in parallelo e che mettono in atto rudimentali forme di sincronizzazione |
| *Logical reasoning*** | Ragionamenti (di carattere scientifico, matematico e informatico) alla base della definizione di un modello e della sua codifica | Ragionamenti alla base della definizione di un modello e della sua codifica |
| *Evaluation*** | Valutazioni critiche per correggere il modello nel caso di scostamento rispetto alle osservazioni in natura e per discutere la portata e i limiti degli esiti osservati | Valutazioni critiche per correggere il modello nel caso di scostamento rispetto alle osservazioni in natura e per discutere la portata e i limiti degli esiti osservati |

Table 1: Attività classificate in relazione ai framework per il *Computational Thinking*:
(*) CSTA & ISTE (2011): Computational Thinking – Teacher resources;
(**) Computing at School (2015): Computational Thinking – A guide for teachers.

## Approfondimenti:
## Riutilizzo in natura e concetti più astratti di programmazione

Forme di riutilizzo e adattamento sono comuni in natura. Possiamo infatti scoprire meccanismi strettamente collegati alla base di fenomeni che, a una percezione superficiale, non sembrano essere in relazione fra loro. Simili meccanismi si prestano ad essere modellati nella loro essenza attraverso costrutti astratti della programmazione, come eredità e polimorfismo — nella programmazione orientata agli oggetti — o strutture come la ricorsione.

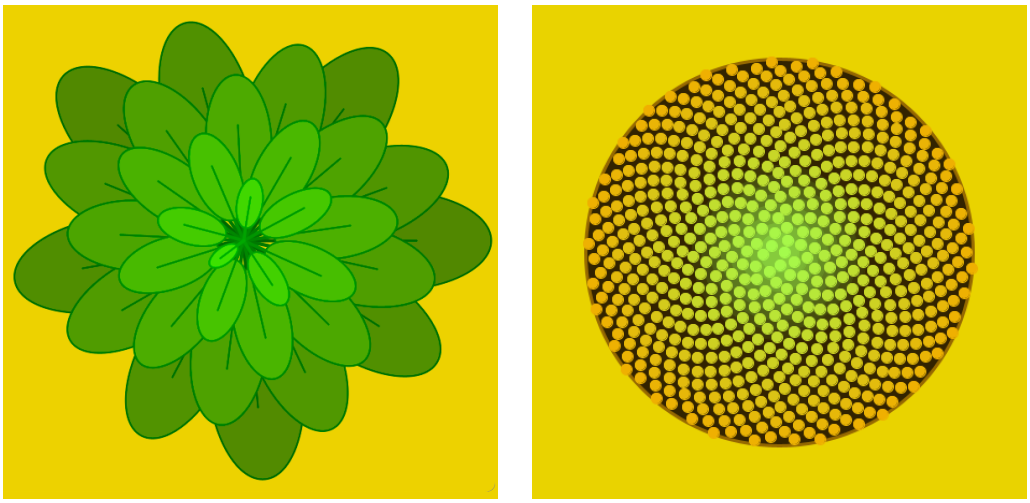

Figure 3: La "logica" della simulazione relativa allo sviluppo delle foglie e allo sviluppo dei semi di girasole è modellata essenzialmente dallo stesso codice, che riflette il riutilizzo in natura.

Figure 4: Una fronda di felce *dryopteris austriaca* e un modello dello sviluppo della fronda che sfrutta un'unica struttura modulare ricorsiva.

Figure 5: Anche riguardo questa struttura ricorsiva si riscontrano forme di riutilizzo, come nel caso dell'*asparagus setaceus*, che appartiene a una divisione del regno delle piante alquanto discosta dal punto di vista evolutivo rispetto alle felci. Il riutilizzo in natura si traduce nella condivisione del codice che formalizza la logica alla base dello sviluppo dei due modelli.