

Abstract: "Analisi, modellazione e previsione della disposizione di uccelli su cavi elettrici"

TUTOR: PROF. CIRO D'APICE

CANDIDATO: ING. RAFFAELE PICCOLO

Il problema affrontato è "la disposizione spontanea degli uccelli su un filo orizzontale". Sono stati valutati vari modelli e, partendo da basi biologiche ed etologiche, si è definito un modello e se ne è verificata la coerenza mediante osservazioni sperimentali.

Il modello di partenza, scelto come riferimento, è stato quello proposto da Piccoli-Cristiani-Frasca caratterizzato dai seguenti aspetti:

- dipendenza della velocità di spostamento di ciascun soggetto, nell'ambito del gruppo, dalle interazioni esercitate tra i soggetti stessi;
- le interazioni sono essenzialmente forze attrattive e forze repulsive;
- tra i tutti i soggetti non esistono gerarchie (assenza del leader o del dominante);
- ciascun soggetto è influenzato solo dai soggetti che rientrano nella sua "zona di influenza" (si possono modellare interazioni non simmetriche, in quanto un soggetto può rientrare nella zona di influenza di un altro soggetto che, però, non lo condiziona in quanto fuori dall'area sensibile);
- ciascun soggetto è influenzato solo dagli n soggetti più prossimi.

Ispirandosi a questo modello, se ne è definito uno nuovo 1D da utilizzare per il problema specifico, caratterizzando così la velocità del soggetto i -esimo:

$$\dot{x}_i = \sum_{j \in N_i} \left[|x_j - x_i|^{m_a - 1} - \xi^{m_a - m_r} |x_j - x_i|^{m_r - 1} \right] (x_j - x_i) \quad \forall i \in \{1, \dots, N\}$$

$i > j \Rightarrow x_i > x_j$



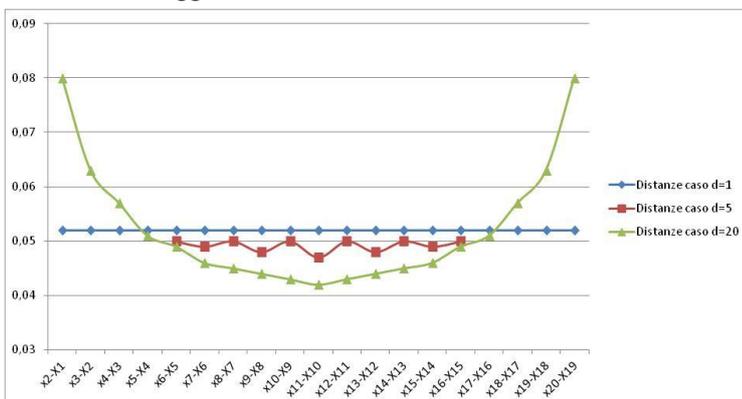
con:

- $m_a \geq 0$ rappresentativo dell'attrazione tra soggetti,
- $m_r < 0$ rappresentativo della repulsione tra soggetti,
- $N_i = \{k \in \{1, \dots, N\} \mid |i - k| \leq d\}$, con d rappresentativo del numero massimo di soggetti che riescono ad esercitare influenza su ciascun lato (l'interazione dipende dal numero e non dalle distanze dei soggetti),
- $\xi > 0$ distanza caratteristica legata al rapporto tra forze repulsive e forze attrattive.

Rispetto al modello di partenza, si sono considerate le seguenti proprietà aggiuntive:

- non si verificano "scavallamenti", ovvero scambi di posizione;
- si tralasciano i casi di abbandono di un gruppo, così come anche i casi di approccio ad un nuovo gruppo;
- ciascun soggetto è influenzato solo dagli n soggetti più prossimi (per passeri medio-piccoli N vale 6-7) su ciascun lato.

Per $N = 20$, $\xi = 1$, $m_a = 0$ e $m_r = -2$ la soluzione numerica ha fornito per il seguente andamento per distanze tra soggetti consecutivi:

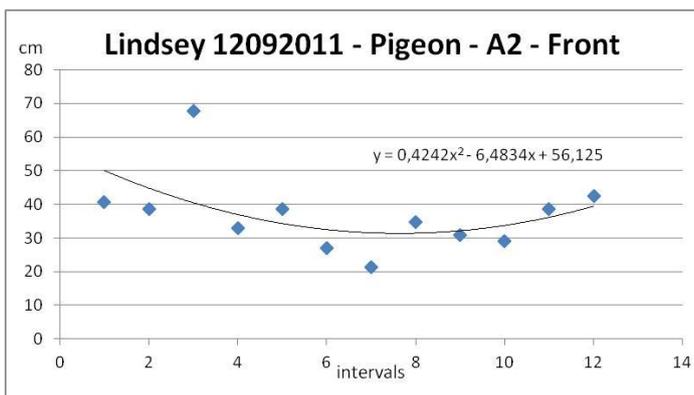


Per la soluzione numerica è stato usato un Runge-Kutta del quarto ordine: $[t,x]=ode45(@funcsoluz,[0,s],x0)$, con $@funcsoluz$ la funzione che include i parametri della legge di interazione (incluso per ciascun soggetto i -esimo, quali siano i soggetti che vi interagiscono), s il numero di step temporali, $ode45$ è la solver function scelta (RK quarto ordine), $x0$ le posizioni iniziali degli N uccelli.

Per la validazione sperimentale sono state analizzate 114 fotografie di uccelli disposti su cavi elettrici sorretti da pali (scattate a Lindsey, Tuckerton, Deptford e Camden nel New Jersey dal team del professor Bill Sidel) con dimensioni effettive, anche se l'applicazione dei criteri di ammissibilità di foto e gruppi ha ridotto a solo 24 il numero dei gruppi di uccelli (piccioni e storni) significativi.

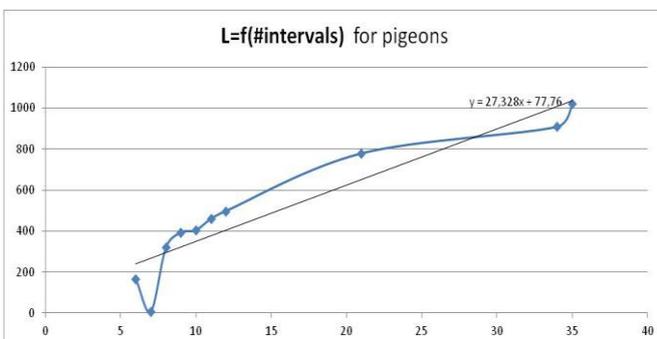
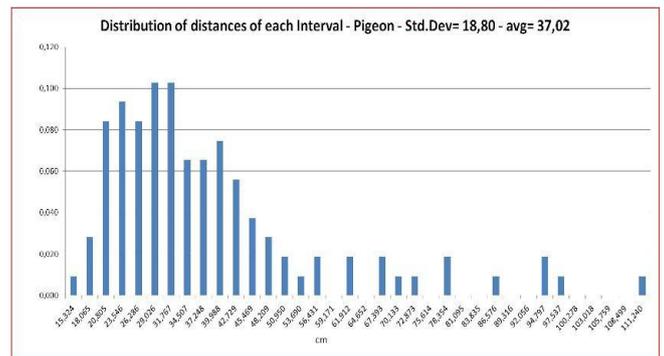
I criteri adottati sono stati i seguenti:

- si sono considerati solo gruppi costituiti da almeno 5 elementi;
- si è considerato terminato un gruppo nel caso dopo l'ultimo uccello si trovasse un sostegno (ad esempio palo che sorregge i cavi elettrici), come anche nel caso ovvio in cui non vi fossero altri uccelli o nel caso il successivo si trovasse ad una distanza superiore a due volte l'apertura alare del volatile;
- tutti i membri di ciascun gruppo devono essere rivolti dallo stesso lato rispetto al fotografo;
- tutti i membri devono appartenere alla stessa specie;
- tutti i soggetti sono fermi sul cavo (non ci sono uccelli che lasciano o arrivano sul cavo);
- sono stati esclusi i gruppi di uccelli disposti su cavi che si incrociano, perché vi sarebbero interazioni tra soggetti (ad esempio disposti uno di fronte all'altro) non gestite dal modello.



I diagrammi sperimentali ricavati per le distanze tra soggetti consecutivi (o meglio le curve di regressione del secondo ordine) mostrano un andamento analogo per piccioni e storni, ed una discreta consistenza con quanto ritrovato per via numerica (per $d=20$): man mano che ci si avvicina alle estremità del gruppo le distanze tendono ad aumentare – monotonia locale.

Altra evidenza sperimentale interessante è stata la distribuzione delle distanze tra uccelli adiacenti (ad esempio, nel caso cumulativo di tutti i gruppi di piccioni): la distanza più probabile è una distanza piuttosto ridotta, anche se non la minore.



Altro risultato interessante è stato l'andamento della lunghezza del gruppo in funzione del numero di coppie di uccelli consecutivi. Questo andamento, piuttosto lineare, conferma quello ricavato nel caso numerico.