

# Crowd Behaviour Panic-Induced as a Complex System

Applicazione di Sistemi Complessi all'analisi di  
Dinamiche Collettive in Situazioni di Panico

*Torino, 27 Giugno 2017*

Candidata: Lia Farinato  
Relatore: Prof. Michele Caselle



# Agenda



01

Sistemi Complessi

02

Il Comportamento Collettivo

03

Applicazioni in situazioni di Panico

04

Prossimi Passi

# Sistemi Complessi

## Una definizione

Un **sistema complesso** è un sistema composto da un grande numero di elementi, che interagiscono tra di loro in modalità anche molto semplici, ma tale che **la dinamica che ne deriva è diversa da quella delle parti che la compongono e non può essere prevista** in alcun modo dalla conoscenza delle singole parti, anche se completa ed approfondita.

- ▶ Le unità che compongono il sistema hanno proprietà comuni.
- ▶ Lo stato di ciascuna unità è vincolato, coordinato, o dipendente dallo stato delle altre unità.

- ▶ Il sistema ha natura non additiva.
- ▶ Il sistema è organizzato per livelli gerarchici interni.
- ▶ Il sistema è governato da regole e vincoli che ogni unità deve seguire.

- ▶ Le interazioni tra le unità sono frequenti e ricorrenti.
- ▶ Gli obiettivi delle unità sono talvolta contrastanti tra loro.

# Sistemi..

## Complicati o Complessi?



### Complicato

- *Complicato* deriva dal latino “**cum plicum**” che indica la presenza di pieghe.
- Un problema complicato si può risolvere utilizzando un **approccio analitico** e raggiungendo la soluzione *spiegando* il problema e le sue *pieghe*.
- Il grado di complicatezza può essere estremo ma considerando le sue parti, anche se con molta fatica è sempre possibile trovare una soluzione.



### Complesso

- *Complesso* deriva dal latino “**cum plexum**” indica la presenza di nodi, intrecci.
- Occorre ragionare in termini di sistema: se si scompone l'intreccio nelle sue componenti elementari, si perde il significato complessivo del sistema.
- Occorre dunque rinunciare alla comprensione delle singole componenti per alzare l'analisi ad un livello più ampio, sull'analisi del problema come qualcosa di **indivisibile**.

# Sistemi Complessi

## Una questione multidisciplinare

---

Dove si trova la complessità?

Biologia della  
materia

Andamento del  
mercato azionario

Lessico dei  
linguaggi

Scelte politiche

Comportamento  
umano

Telecomunicazioni

Multidisciplinarietà

- ▶ Nell'**analisi dei sistemi complessi**, si prova a rispondere a domande sul funzionamento di ecosistemi, del sistema climatico, degli organismi viventi.
- ▶ Nella **scienza della complessità** la **classificazione rigorosa delle discipline sbiadisce** lasciando campo all'emergere di proprietà collettive di oggetti elementari, indotte da leggi fondamentali e riconosciute dalla fisica classica, il cui obiettivo è descrivere i fenomeni reali che vivono nello spazio interdisciplinare.

# Agenda



01 • Sistemi Complessi



02 • Il Comportamento Collettivo



03 • Applicazioni in situazioni di Panico



04 • Prossimi Passi

# Il comportamento collettivo

## Il moto pedonale

- ▶ Se il comportamento degli elementi è completamente condizionato dall'effetto collettivo delle altre entità all'interno del sistema, si ha un esempio di **comportamento collettivo**.
- ▶ In questi casi il comportamento che si osserverebbe se il singolo elemento fosse lasciato completamente in autonomia sarebbe radicalmente diverso da quello osservato sotto l'influenza degli altri elementi all'interno dell'ambiente.



**Il comportamento dello stormo è completamente diverso dal pattern di volo del singolo uccello.**

- ▶ La teoria del **traffico pedonale** riguarda eventi in cui un grande numero di persone è confinato e/o contenuto in un'area limitata.
- ▶ La complessità nella **dinamica del comportamento collettivo** deriva da diversi fattori: in primo luogo il grande numero di partecipanti, ma anche la loro eterogeneità, la natura delle loro interazioni, le relazioni che stabiliscono con l'evento a cui partecipano ed infine tutti i fattori appartenenti all'ambiente esterno.

# Il moto pedonale

## Ipotesi e Modelli

Sono state riscontrate delle **analogie tra il traffico pedonale ed il comportamento fisico dei gas e dei fluidi**, modello spesso utilizzato per **simulare e quantificare** i meccanismi del traffico pedonale.

I due modelli principali all'interno della letteratura sono:

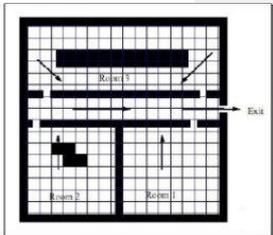
CA

### Cellular Automata (CA)

Un **automa cellulare** è un modello matematico a **spazio discreto e tempo discreto** che consiste in una griglia di celle di qualsiasi dimensione finita.

L'automa cellulare inizialmente ha una configurazione di partenza, ma dopo un determinato intervallo di tempo ogni cella cambierà la configurazione conseguentemente a tutte le altre, secondo delle regole. Il modo in cui **l'automa cellulare si evolve nel tempo** dipenderà soltanto dallo stato di partenza e dalla **dinamica delle celle circostanti**.

I modelli CA sono molto **efficienti a livello computazionale**, ma non riescono a cogliere pienamente la **complessità** del fenomeno osservata nella realtà. In particolare la discretizzazione dello spazio e del tempo è una componente limitante nel trade-off tra efficienza e semplicità di modellizzazione e aderenza alla realtà.





# Il moto pedonale

## Le configurazioni possibili

---



### Ingorghi ed ostruzioni (e.g. uscite/ingressi e corridoi)

La quantità di persone all'interno di uno spazio limitato eccede la sua capacità. Il fenomeno è più probabile nelle **strette** dove il flusso di persone deve incanalarsi in un percorso più stretto, oppure dove due flussi di pedoni si muovono in direzione opposta.



### Onde di densità (e.g. stazioni metropolitana, tornelli)

Variazioni di densità quasi periodiche nello spazio e nel tempo, dove due flussi con direzioni opposte devono condividere lo stesso spazio di passaggio.



### Formazione di corsie (e.g. corridoi e strade)

Due gruppi di persone che si muovono in direzione opposta in uno stesso spazio di passaggio.



### Oscillazioni nella direzione del flusso pedonale

Si generano non appena un pedone è riuscito ad attraversare un punto di strettoia, è più facile per le persone che lo seguono, percorrere la strettoia nella stessa direzione.



In prossimità di intersezione di diversi flussi pedonali, la presenza di **rotatorie** rende il movimento collettivo molto più efficiente e favorisce una dinamica più fluida e regolare.

# Il moto pedonale

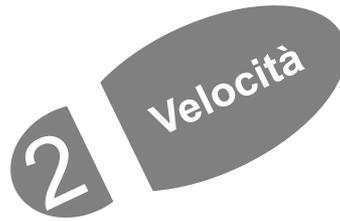
## I risultati empirici

---

Le principali osservazioni derivanti dalle **analisi empiriche e simulative** della dinamica del **traffico pedonale** sono riassunte nei seguenti punti:



Avversione ad effettuare deviazioni e cambi di direzione rispetto al percorso ideale anche in casi di affollamento.



Aumento della propria velocità individuale unicamente al fine di abbandonare una situazione di disagio.



Mantenimento della distanza da altri pedoni e da ostacoli di varia natura.



Comportamento istintivo e automatico, a meno di situazioni di pericolo.

# Agenda



01

Sistemi Complessi



02

Il Comportamento Collettivo



03

Applicazioni in situazioni di Panico



04

Prossimi Passi

# Comportamento collettivo

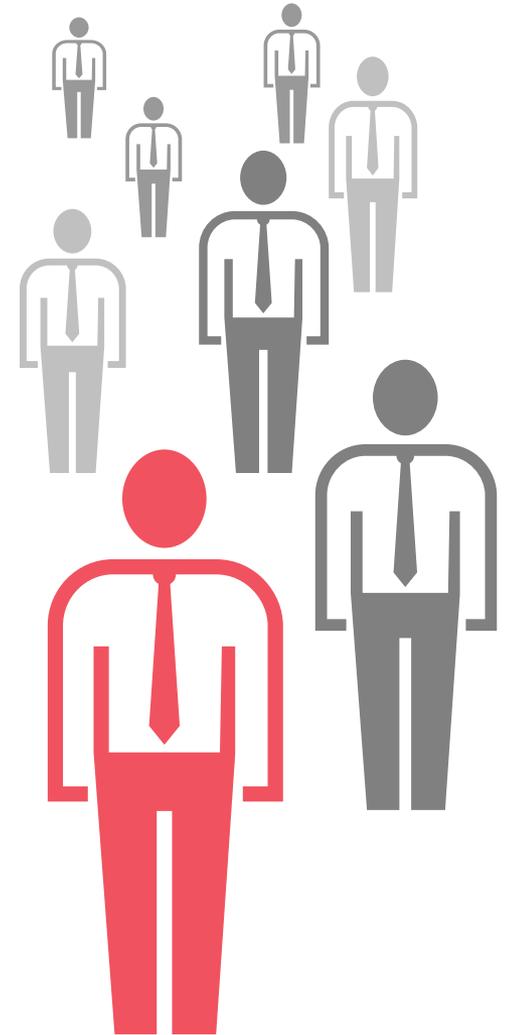
## Il parametro *panico*

---

Tradizionalmente il **panico** si manifesta in situazioni in cui le persone devono **competere per risorse limitate**, che siano ossigeno, spazio o accesso ad una via di uscita, e può sfociare in **manifestazioni di comportamenti egoistici**, asociali o addirittura **irrazionali e contagiosi**.

Inoltre, il **panico** è caratterizzato generalmente da un **effetto di contagio** attraverso il quale i comportamenti egoistici ed asociali influenzano il comportamento di grandi gruppi di persone conseguendo in azioni e decisioni irrazionali e spesso poco efficaci.

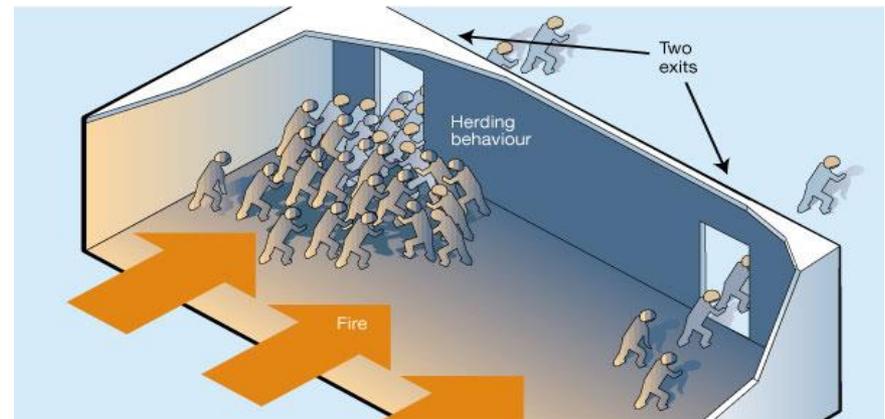
L'**opinione pubblica** ha inoltre un ruolo nella diffusione di queste notizie, e tende a indentificare il “panico” come causa dell’incidente, mentre la commissione di esperti che analizza la dinamica dell’accaduto spesso conclude che il fattore “panico” non ha contribuito come determinante, ma al contrario è stato una conseguenza di altri fattori.



# Applicazioni in situazioni di panico

## Risultati empirici

- ▶ Sicuramente da un punto di vista statistico è **difficile quantificare gli effetti del panico** in situazioni di emergenza reali, anche in vista dell'oggettiva **impossibilità di riprodurre le stesse condizioni tramite esperimenti**.
- ▶ In questo frangente si possono analizzare alcune peculiarità che caratterizzano le **interazioni tra le particelle in condizione di esagitazione**:
  - ❑ Le particelle hanno una **velocità media più alta** e le interazioni tra esse diventano più fisiche.
  - ❑ Gli spostamenti diventano più **scoordinati ed irregolari** e negli **attraversamenti di strettoie**.
  - ❑ Si osservano **accalchi di particelle**, al punto da creare ulteriori rallentamenti a causa di particelle che hanno perso l'equilibrio.



Source: *Nature* **407**, 465-466(28 September 2000)

All'interno di questo sistema, le **particelle tendono ad imitare il comportamento** delle altre, non accorgendosi che esistono uscite di sicurezza più comodamente raggiungibili o meno affollate.

# Agenda



01

Sistemi Complessi



02

Il Comportamento Collettivo



03

Applicazioni in situazioni di Panico



04

Prossimi Passi

# Next steps

## The Serious Games

---

I modelli simulativi tendono ad **ultra-semplificare le situazioni**, andando ad eliminare in parte o del tutto la complessità che caratterizza i movimenti ed il processo decisionale della folla durante le situazioni di evacuazione o di fuga, che è molto difficile da **simulare**.

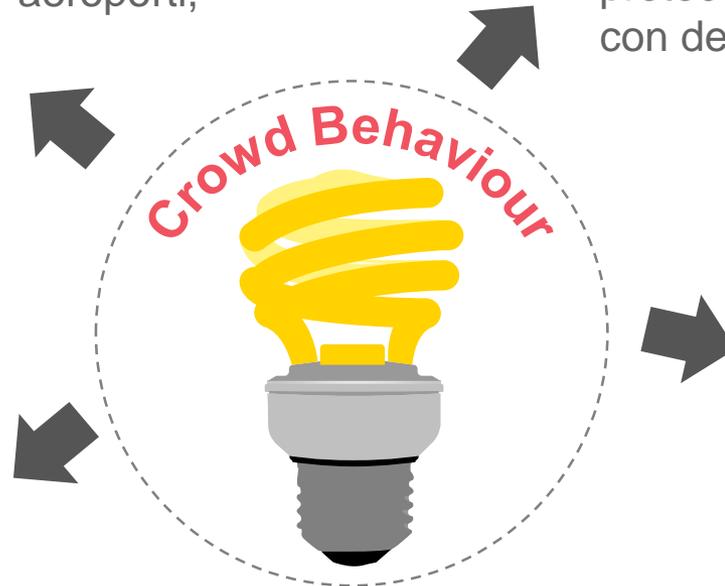
- ▶ Il crescente interesse nell'utilizzo di simulazioni e di **applicazioni di realtà virtuale** come strumenti di supporto per l'analisi del tema della sicurezza è evidente anche per i recenti progetti di ricerca.
- ▶ L'idea dell'applicazione di giochi e videogiochi ai fini non ludici ("**Serious Games**"), risale almeno al XIX secolo dove queste simulazioni venivano usate per scopi militari.
- ▶ I **Serious Games** sono studiati per essere utilizzati per risolvere problemi e **testare ipotesi e scenari**, ma al contempo presentano tutti gli **elementi di intrattenimento** dei tradizionali giochi digitali.



# Per concludere..

In molte occasioni masse di persone condividono gli stessi spazi, sia ad **eventi** (concerti, spettacoli teatrali, riti religiosi) che nella **quotidianità** (mezzi di trasporto pubblici, aeroporti, metropolitane).

La comprensione e la modellizzazione dei comportamenti collettivi, è stata il principale obiettivo verso cui la ricerca ha puntato.



Al fine di rispondere efficacemente in situazioni di emergenza, professionisti hanno bisogno di **simulare scenari realistici** ed **effettuare test** per implementare protocolli di emergenza e edifici con design innovativi.

In futuro uno sviluppo dei **Serious Games** potrebbe permettere una modellizzazione che considera i **reali micro-processi decisionali** dei soggetti coinvolti e delle interazioni tra essi ed il sistema esterno.