

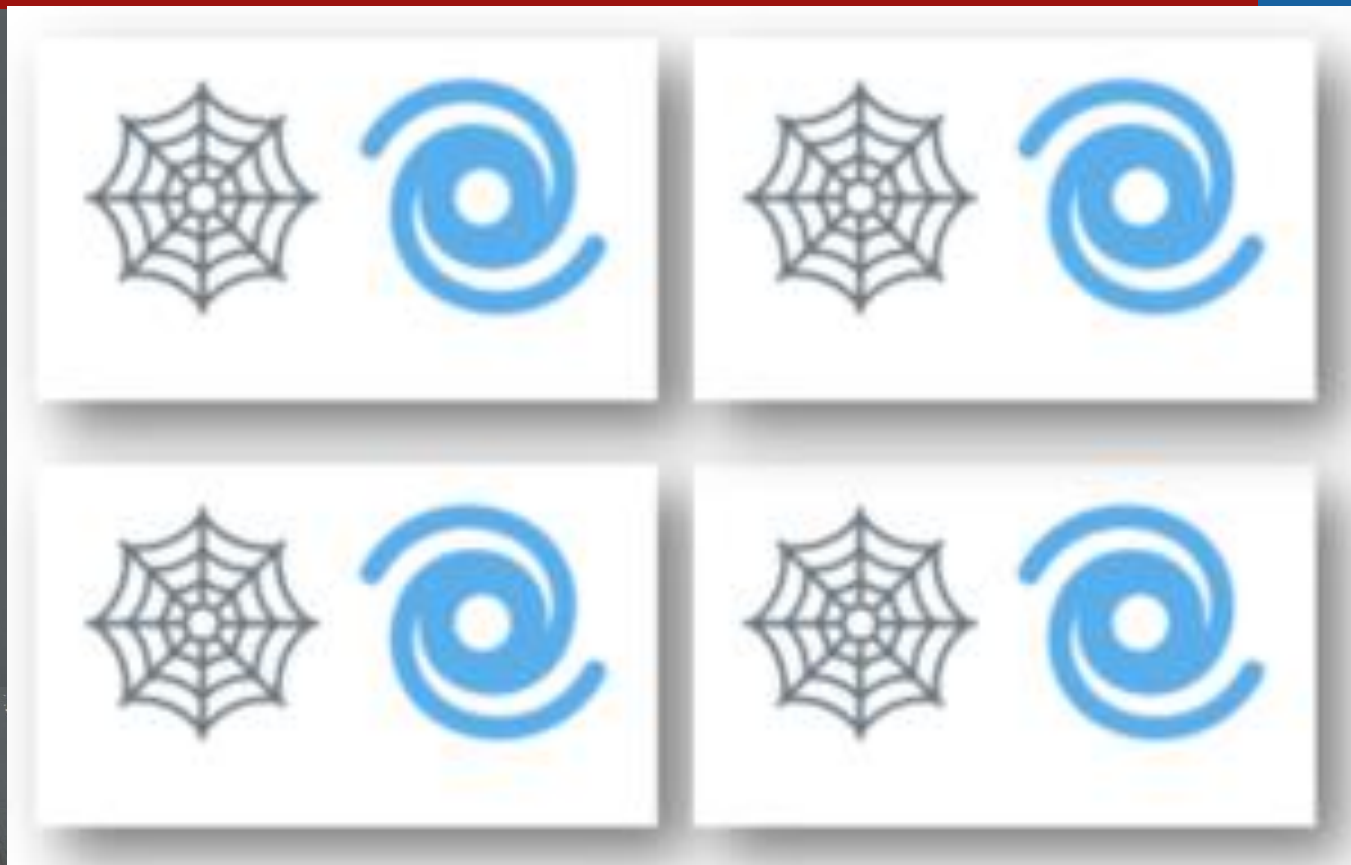
La rappresentazione visiva della complessità

Traduzione del manifesto
“The Visual Representation of Complexity”
del Centre for the Evaluation of Complexity
Across the Nexus (CECAN)



Con quale immagine
rappresenteresti la
complessità?

Una possibile risposta: la complessità in emoji



La risposta di un utente
Twitter: una rete + un vortice
interconnessione + dinamicità

Rappresentazione

Ricerca del [Cecan](#) (Centre for the Evaluation of Complexity Across the Nexus) sui concetti chiave della Scienza della Complessità

Traduzione italiana a cura del Complexity Education Project

Individuazione di immagini su caratteristiche delle reti e dei sistemi complessi riconoscibili in diversi campi e settori di ricerca, politica e design, per decisori con diversi gradi di familiarità con le scienze della complessità

La ricerca ha identificato, definito e illustrato 16 caratteristiche chiave delle reti e dei sistemi complessi

THE VISUAL REPRESENTATION OF COMPLEXITY

★ Definitions, Examples & Learning Points ★

Sustainability practitioners have long relied on images to display relationships in complex adaptive systems on various scales and across different domains. These images facilitate communication, learning, collaboration and evaluation as they contribute to shared understanding of systemic processes. This research addresses the need for images that are widely understood across different fields and sectors for researchers, policy makers, design practitioners and evaluators with varying degrees of familiarity with the complexity sciences. The research identifies, defines and illustrates 16 key features of complex systems and contributes to an evolving language of complexity. Illustrations include the north-south learning as a basis for informed decision-making at CECCAN (Centre for the Evaluation of Complexity Across the Nexus) and other communities engaged with the analysis of complex problems.

A research process was designed to identify key characteristics of complexity and to inform the development of new images and descriptions. In order to gather ideas from academics, sustainability practitioners and designers with expertise in the complexity sciences, systems mapping and design, I collected 50 surveys at The Environment, Economy, Democracy: Rethinking Together RIGS (Rethinking Systems, Thinking and Design) conference in Oslo (October 2017) and ran two participatory workshops in London (November and December 2017). The images, definitions, examples and learning points were developed with this research process. The text below was written with Alex Perry, Rethinking Together, Marina Markovic and Dione Hill. Many thanks to RIGS organisers and all who contributed images and ideas in the surveys and workshops.

Illustrations by Alex Perry, Rethinking Together



1. Feedback

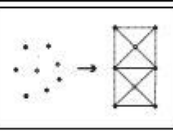
When a result or output of a process influences the input either directly or indirectly. These can accelerate or suppress change.

EXAMPLES

- A thermostat in a room: as the room gets cold, the thermostat turns on the heater, which warms the room, which turns the thermostat off.
- A company's sales: as sales increase, the company invests more in marketing, which increases sales, which leads to more investment.
- A company's profits: as profits increase, the company invests more in research and development, which leads to new products, which increases profits.

LEARNING POINTS

- Feedback loops are essential for system stability.
- Negative feedback loops tend to suppress change, while positive feedback loops tend to accelerate change.
- Feedback loops can be used to design systems that are resilient to change.



2. Emergence

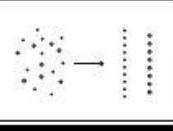
New, unexpected higher-level properties can arise from the interaction of components. These properties are not predictable from the properties of the lower-level components.

EXAMPLES

- A flock of birds: individual birds follow simple rules, but the flock as a whole exhibits complex, coordinated movement.
- A city: individual citizens follow simple rules, but the city as a whole exhibits complex, emergent behavior.
- A company: individual employees follow simple rules, but the company as a whole exhibits complex, emergent behavior.

LEARNING POINTS

- Emergence is a key feature of complex systems.
- Emergent properties are often unexpected and difficult to predict.
- Understanding emergence is essential for understanding complex systems.



3. Self-organisation

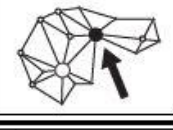
Order emerges from a disordered state through the local interaction of components. This process is self-organising and does not require external control.

EXAMPLES

- A flock of birds: individual birds follow simple rules, but the flock as a whole exhibits complex, coordinated movement.
- A city: individual citizens follow simple rules, but the city as a whole exhibits complex, emergent behavior.
- A company: individual employees follow simple rules, but the company as a whole exhibits complex, emergent behavior.

LEARNING POINTS

- Self-organisation is a key feature of complex systems.
- Self-organising systems are often resilient to change.
- Understanding self-organisation is essential for understanding complex systems.



4. Levers and hubs

Some components of a system have a disproportionate influence on the behavior of the system as a whole. These components are often referred to as levers and hubs.

EXAMPLES

- A company: a few key employees (hubs) have a disproportionate influence on the company's success.
- A city: a few key locations (hubs) have a disproportionate influence on the city's development.
- A network: a few key nodes (hubs) have a disproportionate influence on the network's structure.

LEARNING POINTS

- Levers and hubs are key features of complex systems.
- Identifying levers and hubs is essential for understanding complex systems.
- Levers and hubs can be used to design systems that are resilient to change.



5. Non-linearity

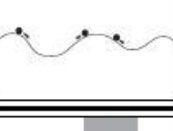
The behavior of a system is not proportional to the inputs. Small changes in inputs can lead to large changes in outputs, and vice versa.

EXAMPLES

- A company: a small change in a key employee's role can lead to a large change in the company's success.
- A city: a small change in a key location's development can lead to a large change in the city's development.
- A network: a small change in a key node's structure can lead to a large change in the network's structure.

LEARNING POINTS

- Non-linearity is a key feature of complex systems.
- Understanding non-linearity is essential for understanding complex systems.
- Non-linear systems are often resilient to change.



6. Domains of stability

Complex systems often have multiple stable states. These states are often referred to as domains of stability. The system can transition between these states in response to changes in its environment.

EXAMPLES

- A company: a company can have multiple stable states, such as a profitable state or a loss state.
- A city: a city can have multiple stable states, such as a developed state or a developing state.
- A network: a network can have multiple stable states, such as a connected state or a disconnected state.

LEARNING POINTS

- Domains of stability are key features of complex systems.
- Understanding domains of stability is essential for understanding complex systems.
- Domains of stability can be used to design systems that are resilient to change.



7. Adaptation

Components of a system are capable of learning or evolving, changing how they interact with each other in response to changes in their environment. This process is often referred to as adaptation.

EXAMPLES

- A company: a company can learn from its mistakes and adapt its strategy to its environment.
- A city: a city can learn from its mistakes and adapt its development to its environment.
- A network: a network can learn from its mistakes and adapt its structure to its environment.

LEARNING POINTS

- Adaptation is a key feature of complex systems.
- Understanding adaptation is essential for understanding complex systems.
- Adaptive systems are often resilient to change.



8. Path dependency

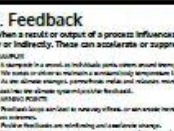
The current state of a system is often determined by its history. This process is often referred to as path dependency. The system's current state is often a result of its past decisions and actions.

EXAMPLES

- A company: a company's current strategy is often a result of its past decisions and actions.
- A city: a city's current development is often a result of its past decisions and actions.
- A network: a network's current structure is often a result of its past decisions and actions.

LEARNING POINTS

- Path dependency is a key feature of complex systems.
- Understanding path dependency is essential for understanding complex systems.
- Path dependency can be used to design systems that are resilient to change.



9. Tipping points

The point beyond which a system undergoes change dramatically. Change may take place slowly initially, but suddenly increases in pace. A threshold is the point beyond which system behavior suddenly changes.

EXAMPLES

- A company: a company can reach a tipping point where its success suddenly changes.
- A city: a city can reach a tipping point where its development suddenly changes.
- A network: a network can reach a tipping point where its structure suddenly changes.

LEARNING POINTS

- Tipping points are key features of complex systems.
- Understanding tipping points is essential for understanding complex systems.
- Tipping points can be used to design systems that are resilient to change.



10. Open system

A system that interacts with its environment. This process is often referred to as an open system. The system's behavior is often a result of its interactions with its environment.

EXAMPLES

- A company: a company is an open system that interacts with its environment.
- A city: a city is an open system that interacts with its environment.
- A network: a network is an open system that interacts with its environment.

LEARNING POINTS

- Open systems are key features of complex systems.
- Understanding open systems is essential for understanding complex systems.
- Open systems are often resilient to change.



11. Unpredictability

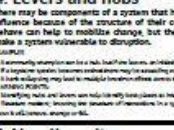
The behavior of a system is often unpredictable. This process is often referred to as unpredictability. The system's behavior is often a result of its interactions with its environment.

EXAMPLES

- A company: a company's success is often unpredictable.
- A city: a city's development is often unpredictable.
- A network: a network's structure is often unpredictable.

LEARNING POINTS

- Unpredictability is a key feature of complex systems.
- Understanding unpredictability is essential for understanding complex systems.
- Unpredictable systems are often resilient to change.



12. Unknowns

There are many things that we do not know about complex systems. These things are often referred to as unknowns. The system's behavior is often a result of its interactions with its environment.

EXAMPLES

- A company: there are many things that we do not know about a company's success.
- A city: there are many things that we do not know about a city's development.
- A network: there are many things that we do not know about a network's structure.

LEARNING POINTS

- Unknowns are key features of complex systems.
- Understanding unknowns is essential for understanding complex systems.
- Unknowns can be used to design systems that are resilient to change.



13. Distributed control

The control of a system is distributed among many components. This process is often referred to as distributed control. The system's behavior is often a result of its interactions with its environment.

EXAMPLES

- A company: a company's control is distributed among its employees.
- A city: a city's control is distributed among its citizens.
- A network: a network's control is distributed among its nodes.

LEARNING POINTS

- Distributed control is a key feature of complex systems.
- Understanding distributed control is essential for understanding complex systems.
- Distributed control can be used to design systems that are resilient to change.



14. Nested systems

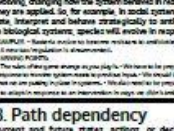
Complex systems are often nested. This process is often referred to as nested systems. The system's behavior is often a result of its interactions with its environment.

EXAMPLES

- A company: a company is a nested system that is part of a larger system.
- A city: a city is a nested system that is part of a larger system.
- A network: a network is a nested system that is part of a larger system.

LEARNING POINTS

- Nested systems are key features of complex systems.
- Understanding nested systems is essential for understanding complex systems.
- Nested systems are often resilient to change.



15. Multiple scales and levels

Complex systems often operate at multiple scales and levels. This process is often referred to as multiple scales and levels. The system's behavior is often a result of its interactions with its environment.

EXAMPLES

- A company: a company operates at multiple scales and levels.
- A city: a city operates at multiple scales and levels.
- A network: a network operates at multiple scales and levels.

LEARNING POINTS

- Multiple scales and levels are key features of complex systems.
- Understanding multiple scales and levels is essential for understanding complex systems.
- Multiple scales and levels can be used to design systems that are resilient to change.



16. Multiple scales and levels

Complex systems often operate at multiple scales and levels. This process is often referred to as multiple scales and levels. The system's behavior is often a result of its interactions with its environment.

EXAMPLES

- A company: a company operates at multiple scales and levels.
- A city: a city operates at multiple scales and levels.
- A network: a network operates at multiple scales and levels.

LEARNING POINTS

- Multiple scales and levels are key features of complex systems.
- Understanding multiple scales and levels is essential for understanding complex systems.
- Multiple scales and levels can be used to design systems that are resilient to change.



CECCAN
Centre for the Evaluation of Complexity Across the Nexus



BSCRC
Bioscience Systems Center Research Center



NERC
National Environmental Research Council



CC BY-NC-ND 4.0



CC BY-NC-ND 4.0

I concetti

1. Feedback

7. Adattamento

10. Cambiamenti nel tempo

2. Emergenza

8. Dipendenza dal percorso

11. Sistema aperto

3. Auto-organizzazione

12. Imprevedibilità

4. Leve di controllo e hub

9. Punti critici

13. Incognite sconosciute

5. Non linearità

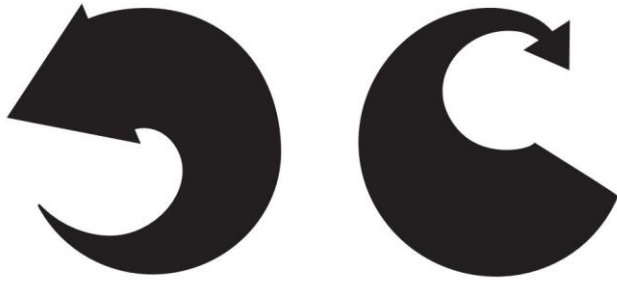
15. Sistemi annidati

14. Controllo distribuito

6. Stati di stabilità

16. Scale e livelli multipli

1. Feedback



Si ha quando il risultato (l'output) di un processo influenza l'input direttamente o indirettamente

Il feedback può o accelerare o bloccare i cambiamenti in atto

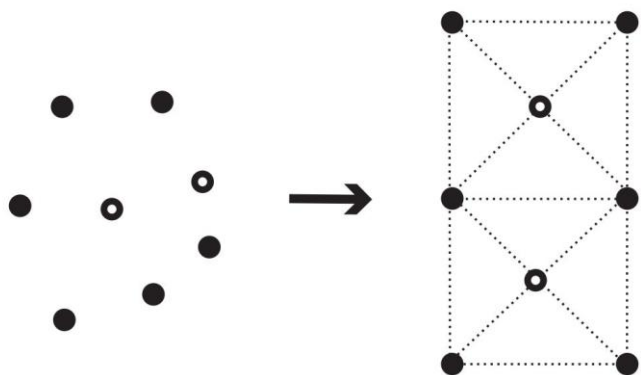
ESEMPI

- Il sudore, evaporando, permette di mantenere costante la temperatura del nostro corpo (**feedback negativo**)
- Via via che cambia il clima, il permafrost si scioglie e rilascia nell'atmosfera nuovo gas serra, che accelera i cambiamenti climatici in atto (**feedback positivo**)

CONCETTI CHIAVE

- I feedback danno luogo a **due risultati opposti**: possono condurre a effetti valanga o – al contrario – possono provocare l'inerzia del sistema grazie allo smorzamento degli effetti dei cambiamenti in atto
- **I feedback positivi** rinforzano e accelerano i cambiamenti
- **I feedback negativi** smorzano il cambiamento e dunque stabilizzano/regolano il sistema

2. Emergenza (emersione)



ESEMPI

- Il **prezzo di mercato** di una merce o di un titolo è una proprietà emergente, dato che deriva dalla interazione di molti acquirenti e venditori che agiscono sul mercato
- L'**ingorgo stradale** è un fenomeno emergente dovuto alle interazioni tra automobilisti
- La **coscienza** è una proprietà che emerge dalle interazioni tra i neuroni del cervello

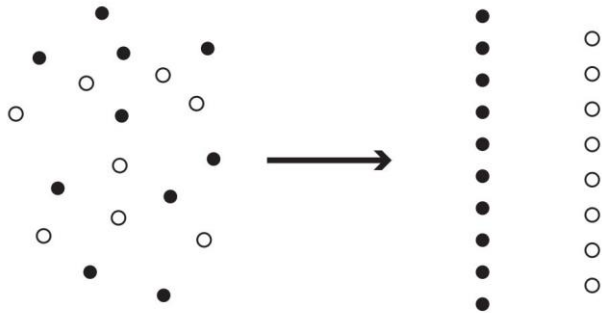
Dall'interazione fra i componenti di un sistema possono sorgere ("emergere") nuove e inaspettate proprietà di livello superiore

Tali proprietà vengono definite "emergenti" quando non possono essere facilmente descritte, spiegate o previste analizzando le proprietà dei singoli componenti del livello inferiore

CONCETTI CHIAVE

- **Proprietà o fenomeni completamente nuovi** e imprevedibili possono apparire grazie all'**interazione** tra componenti del sistema complesso sottostante. Tali nuove proprietà sono difficili - o addirittura impossibili - da prevedere
- Valutare come sia possibile comprendere l'emergenza di **nuovi fenomeni nel proprio ambito di lavoro**

3. Auto-organizzazione



Dall'interazione locale tra componenti autonomi del sistema sottostante possono emergere regolarità o schemi (pattern) di livello più alto

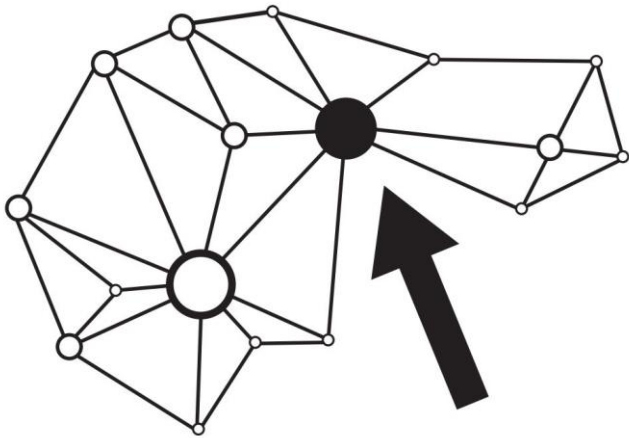
ESEMPI

- **Banchi** di pesci o **stormi** di uccelli
- Formazione di **file allineate di persone** che si muovono in **direzioni opposte** su di un marciapiede affollato

CONCETTI CHIAVE

- **Comportamenti semplici e autonomi** possono dare luogo a **ordine su scale superiori**
- Tale ordine su scale superiori **per emergere** richiede solo **interazioni locali** (di livello inferiore)
- L'**ordine emerge spontaneamente senza che ci sia alcun controllo dall'alto** (top down), e quindi spesso continua a essere presente anche se parte del sistema viene distrutto
- **Emergenza e auto-organizzazione** sono due concetti strettamente legati tra loro; ma se pure l'auto-organizzazione può dar luogo a fenomeni emergenti, **non è detto che i fenomeni emergenti debbano essere per forza auto-organizzati**

4. Leve di controllo e hub



Ci possono essere componenti di un sistema che hanno una influenza spropositata a causa della struttura delle loro connessioni. Il modo in cui si comportano può servire a guidare i cambiamenti del sistema, anche se i loro comportamenti possono anche rendere il sistema vulnerabile fino alla distruzione.

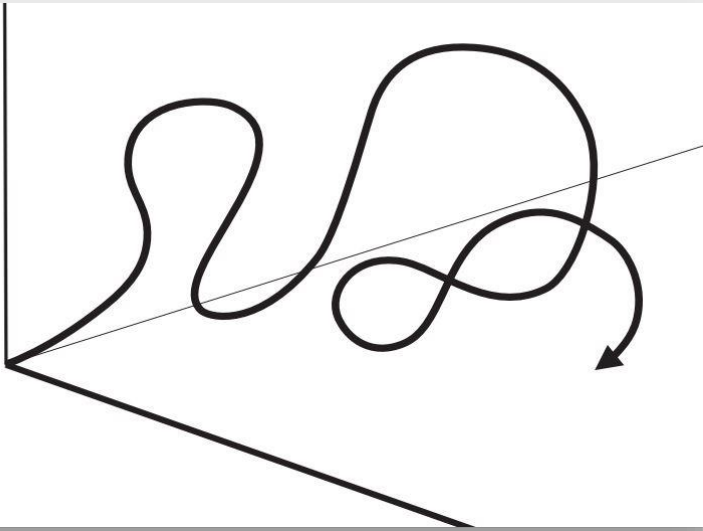
ESEMPI

- Il **leader di una comunità** può essere un vero e proprio **hub**; se costui lascia la comunità, si possono **bloccare** di colpo le iniziative da lui promosse.
- Se una **specie chiave** di un sistema ecologico si **estingue**, è possibile che avvengano a cascata **altre estinzioni** fra le specie collegate.
- Il **collasso** di una **singola banca** può portare a un effetto valanga in tutto il sistema finanziario.

CONCETTI CHIAVE

- Individuare gli hub e le leve di controllo della rete permette di identificare i **punti migliori per intervenire** in un sistema complesso.
- La struttura di un sistema complesso è molto importante: conoscere la **struttura delle interazioni** in un sistema è cruciale per poter capire come questo si **comporta, cambia o crolla**.

5. Non linearità



Un sistema è non lineare quando l'effetto degli input sugli output non è proporzionale

Il comportamento di un sistema potrebbe mostrare cambiamenti esponenziali o cambi di sviluppo (cioè crescite che in una certa misura diventano diminuzioni), nonostante cambiamenti negli input più o meno consistenti

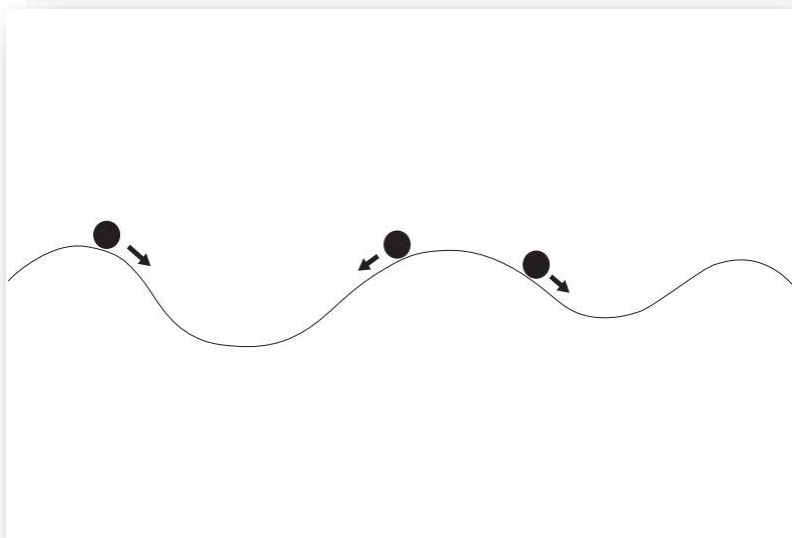
ESEMPI

- Lo **spazio di frenata** di un'automobile a 30 km/h è più del doppio che a 20 km/h
- Un nuovo prodotto ha **difficoltà al lancio**, poi **di colpo** vede **esplodere** le vendite, e quindi si stabilizza a valori più bassi

CONCETTI CHIAVE

- Nei **contesti sociali** pochi fenomeni sono davvero lineari
- La non linearità può esserci tanto nelle **relazioni tra gli oggetti**, quanto nell'**intensità** e nella struttura dell'interazione
- Nei sistemi non lineari, se si raddoppia o si dimezza un dato di input, l'output non si raddoppierà o si dimezzerà, e potrebbe essere un **valore completamente differente**

6. Stati di stabilità di un sistema



I sistemi complessi possono avere molteplici stati di stabilità, che possono variare man mano che il contesto evolve

I sistemi possono gravitare attorno a questi stati attrattori, rimanendo stabili finché non vengono significativamente perturbati

Se un cambiamento del sistema supera una certa soglia, può rapidamente scivolare in un altro stato di stabilità, rendendo il cambiamento difficilmente reversibile

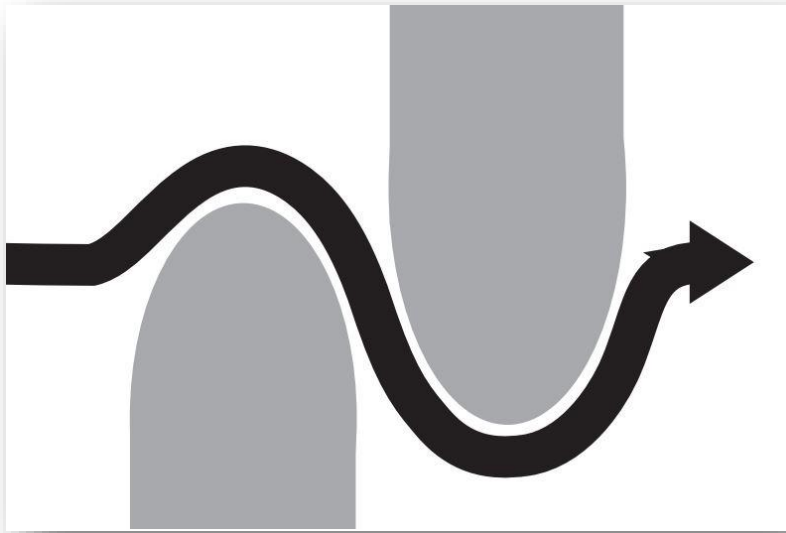
ESEMPI

- Lo **scioglimento del ghiaccio dell'Antartide**: la terra può essere stabile con o senza calotte polari, ma non in stati intermedi
- Meccanismo della “**trappola della povertà**”: si ha quando un sistema economico richiede una quantità significativa di capitale per permettere l'uscita dalla povertà

CONCETTI CHIAVE

- La conoscenza degli stati di stabilità può essere usata per **influenzare il cambiamento di un sistema**; se è possibile portare con una scelta strategica un sistema **in uno stato diverso**, più desiderabile e stabile, allora significa che abbiamo cambiato il sistema in un modo resistente
- **Non è necessario uno sforzo continuo** per portare il sistema in un nuovo stato
- Si può provare ad usare una policy per cambiare la posizione dei domini di stabilità
- La definizione di cosa è possibile fare in un sistema è spesso **discontinua** e difficile/delicata. **Non tutto è stabile**

7. Adattamento



ESEMPI

- I **batteri evolvono** per diventare **resistenti** agli antibiotici
- Una **nuova tassa** o legge viene **elusa**

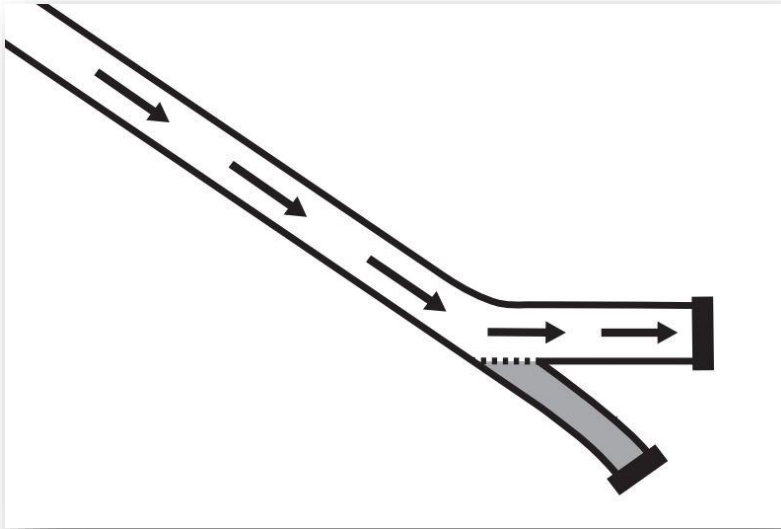
I componenti o gli attori all'interno di un sistema sono in grado di apprendere o evolvere, cambiando come il sistema si comporta in risposta a come gli interventi vengono effettuati

Per esempio: nei sistemi sociali le persone possono comunicare, interpretare e agire strategicamente per prevedere situazioni future; nei sistemi biologici, le specie evolveranno in risposta al cambiamento

CONCETTI CHIAVE

- Le **regole del gioco cambiano** mentre giochi
- Essere **pronti ad adattare le nostre azioni** in base a come il sistema ha reagito agli input precedenti
- Essere **consapevoli delle pressioni all'adattamento** che stiamo mettendo in pratica nei sistemi
- Essere **pronti all'adattamento** (come individui e come sistemi) in risposta ad una azione in modi che non avevamo previsto

8. Dipendenza dal percorso



Stati, azioni o decisioni attuali e future dipendono dalla sequenza di stati, azioni o decisioni che li hanno preceduti; dipendono cioè dal loro percorso temporale

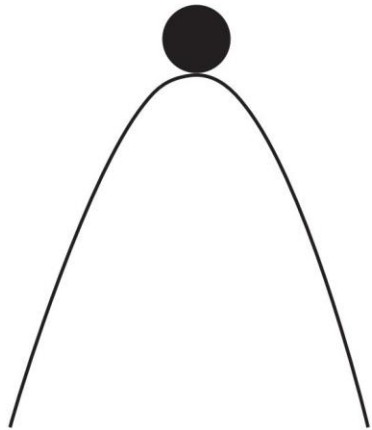
ESEMPI

- La prima **piegatura di un origami** determinerà quali forme finali sono possibili; l'origami è quindi un'arte che dipende dal percorso
- L'organizzazione scelta per **guidare una nuova iniziativa** politica influenza ciò in cui altre organizzazioni sono anche coinvolte
- VHS – Betamax, oppure ferrovie – scartamenti → una volta che uno standard viene adottato, **sarà molto difficile da cambiare dopo**

CONCETTI CHIAVE

- In quali **percorsi siamo bloccati** senza via di uscita?
- Quali percorsi **potrebbero bloccare** le nostre azioni?
- Che cos'è che rende un particolare **cambiamento impossibile** a causa della path dependency?
- Quali blocchi potrebbero cambiare presto?

9. Punti critici



ESEMPI

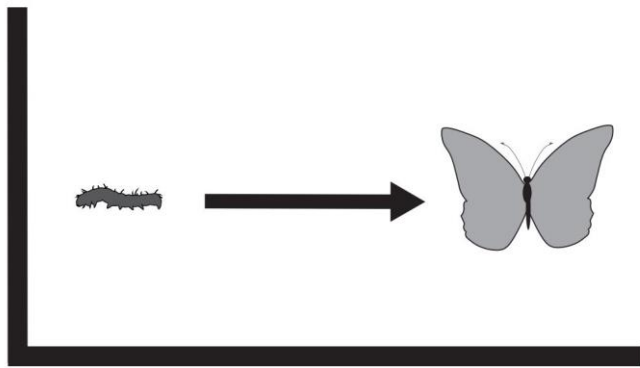
- La gentrificazione di un quartiere (cioè la sua trasformazione da “popolare” a benestante) **prima graduale e poi improvvisa**
- L’aumento dei disordini sociali che porta ad un **cambio di regime**
- La popolazione di una specie si riduce di numero **in misura tale da non poter ristabilirsi in natura**

Punto oltre il quale i comportamenti di un sistema cambiano drasticamente
Il cambiamento può avvenire lentamente all’inizio, ma crescere improvvisamente di intensità
Una soglia è il punto oltre il quale il comportamento del sistema cambia bruscamente

CONCETTI CHIAVE

- Un cambiamento improvviso può accadere e noi potremmo **non sapere che sta arrivando**
- La conoscenza dei **punti critici** può essere utilizzata per influenzare il **cambiamento in un sistema**; possiamo mirare a superare un punto critico (vedi quanto descritto nella definizione del “dominio di stabilità”)
- Un sistema può essere **spinto verso e oltre un punto critico** attraverso un **feedback positivo** di qualche tipo

10. Cambiamento nel tempo



I sistemi complessi inevitabilmente si sviluppano e cambiano il loro comportamento nel tempo. Questo è dovuto alla loro apertura e all'adattamento dei loro componenti, ma anche al fatto che questi sistemi sono solitamente fuori dall'equilibrio e in continuo cambiamento.

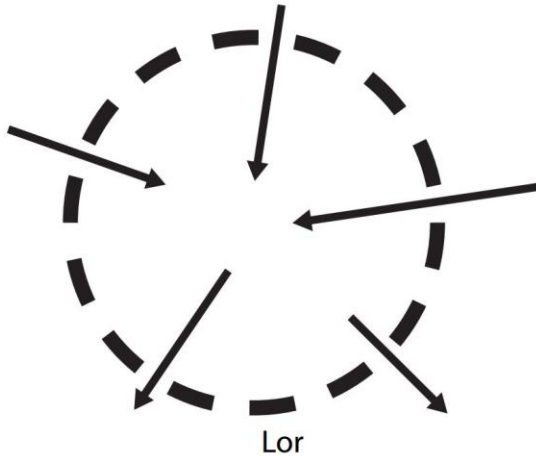
ESEMPI

- La **partnership** di una comunità locale cambia direzione quando uno dei componenti cambia le sue politiche; le norme sociali **evolvono** nel tempo.
- Ciò che costituisce il 'centro' politico, o quello che è visto come 'politicamente corretto', **cambia nel tempo**.
- Gli ecosistemi subiscono una **sequenza nel tempo**: ad esempio dalle piante annuali, alla macchia, ai boschi.

CONCETTI CHIAVE

- Non possiamo automaticamente presumere che i sistemi complessi abbiano **raggiunto uno stato stabile**.
- **Non fare affidamento** sul fatto che il sistema sarà **uguale a sé stesso in futuro**.

11. Sistema aperto



Un sistema aperto è un sistema che ha interazioni con l'esterno
Queste interazioni possono assumere la forma di informazioni, energia o trasferimenti materiali in entrata o in uscita dal confine del sistema

Nelle scienze sociali, un sistema aperto è un processo che scambia oggetti fisici, energia, persone, capitali, informazioni con il suo ambiente circostante

ESEMPI

- Un'azienda di produzione alimentare cambia in risposta ai **cambiamenti** nelle mode alimentari o nei costi o nella disponibilità degli alimenti

CONCETTI CHIAVE

- I sistemi aperti sono **impossibili da arginare**
- Dobbiamo fare attenzione alle **influenze esterne** sui sistemi aperti

12. Imprevedibilità



Un sistema complesso è fondamentalmente imprevedibile. Il numero di input/cause/meccanismi/feedback e l'interazione tra loro rendono impossibile una qualsiasi previsione che sia precisa e accurata. La casualità può avere un grande effetto: i sistemi complessi sono fondamentalmente in conoscibili in qualsiasi momento - cioè è impossibile raccogliere, memorizzare e utilizzare tutte le informazioni sullo stato di un sistema complesso.

ESEMPI E CONCETTI CHIAVE

- Nell'economia e in altri sistemi, è **impossibile conoscere le intenzioni e le interazioni di tutti gli attori**
- Non possiamo prevedere il futuro, dobbiamo invece **esplorare l'incertezza, con rigore**
- I **modelli predittivi** saranno **sempre limitati nei sistemi complessi** ma possono essere utilizzati per esplorare e **confrontare potenziali scenari** e comportamenti di sistema
- Una **previsione precisa è impossibile a lungo termine**

13. Sconosciuto



ESEMPI

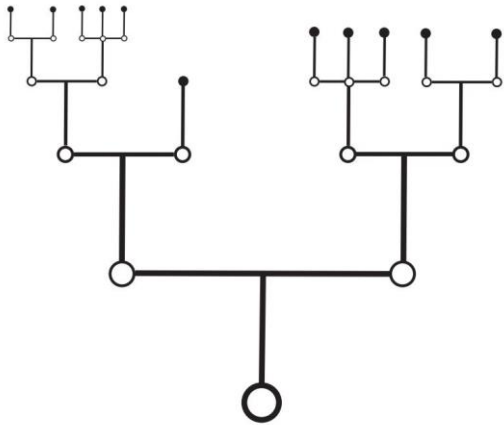
- Un potente gruppo sociale che opera in un settore politico **non previsto da un decisore politico**
- Una **pianta sconosciuta in una foresta pluviale** con numerose applicazioni potenzialmente utili per la salute

A causa della loro complessa struttura causale e della loro apertura, molti fattori influenzano (o possono influenzare) un sistema, fattori di cui non siamo a conoscenza. L'inevitabile esistenza di tali incognite significa che spesso vediamo effetti indiretti e inaspettati dei nostri interventi.

CONCETTI CHIAVE

- **Aspettatevi l'inaspettato**
- Siate pronti ad **apprendere a mano a mano che il sistema si dispiega**, diventerà allora evidente che il sistema potrebbe influenzare o essere influenzato da elementi completamente inattesi
- Una nuova tecnologia potrebbe **consentire un cambiamento fondamentale**, portando alla diffusione di effetti sociali

14. Controllo distribuito



Il controllo di un sistema è distribuito tra molti attori

Nessun attore ha un controllo totale

Ogni attore può avere accesso solo alle informazioni locali

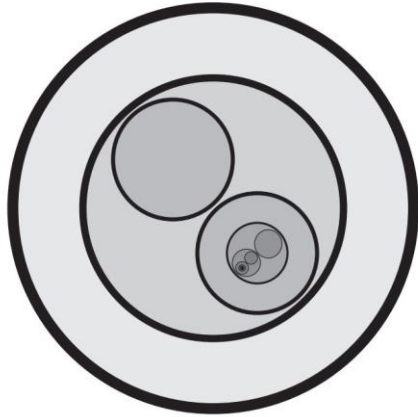
ESEMPI

- Il **successo di un intervento** per smettere di fumare può essere determinato da molti professionisti della salute che operano "**sul campo**" gestendo eventi e consigli promozionali, invece che dall'agenzia centrale
- I **gruppi locali** dei partiti politici e il governo locale possono avere opinioni diverse dal partito a livello centrale; i **gruppi centrali e quelli distribuiti** possono condurre il lavoro politico in modi **contraddittori**

CONCETTI CHIAVE

- **Non c'è un controllo dall'alto verso il basso** in sistemi complessi; le decisioni e le reazioni avvengono **localmente** e le interazioni di tutte queste decisioni di livello inferiore possono darci alcune **proprietà a livello di sistema** come la stabilità, la resilienza, l'adattamento o l'intera regolamentazione emergente del sistema
- Il meglio che possiamo fare è "**guidare**" il **sistema**

15. Sistemi annidati



I sistemi complessi sono spesso gerarchie di sistemi complessi (i cosiddetti "sistemi di sistemi")

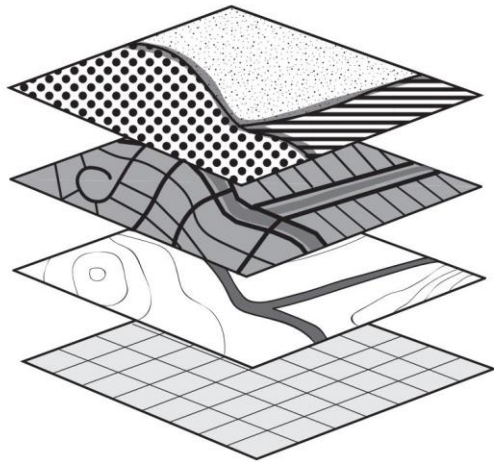
ESEMPI

- Cervello -> persona -> società -> pianeta
- Un ecosistema è costituito da organismi, costituiti da cellule, costituiti da organuli che un tempo erano batteri allo stato libero, costituiti da complessi processi metabolici intrecciati con sistemi genetici (ogni livello annidato è un sistema complesso)

CONCETTI CHIAVE

- Quando si studia un particolare sistema, è utile essere **consapevoli del sistema più grande di cui fa parte** o dei sistemi più piccoli che operano al suo interno
- I **meccanismi del cambiamento** (come nella valutazione della realtà) **possono avvenire a un livello superiore o inferiore** a quello in cui è in atto un intervento

16. Scale e livelli multipli



ESEMPI

I problemi di salute possono essere considerati dalla prospettiva della **fisiologia** o del comportamento individuale, della **famiglia**, della **comunità**, della società (norme sociali) o della **nazione** (economia, sistema sanitario)

Di solito sono necessari **più di un punto di vista** per comprendere appieno un problema

Gli attori e le interazioni in sistemi complessi possono operare su più scale e livelli

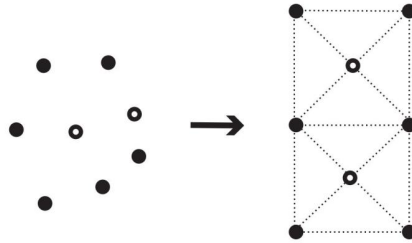
Per questo motivo i sistemi devono essere studiati e compresi da più prospettive contemporaneamente

CONCETTI CHIAVE

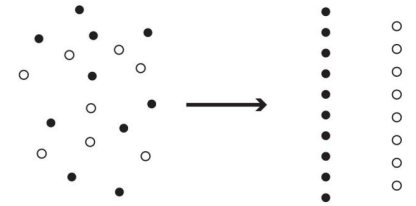
- Affrontare l'obesità richiede una riflessione sulle abitudini alimentari e sull'attività degli individui, ma anche sulle norme sociali, sui fattori economici e persino sulla pianificazione urbana; **nessun livello è sufficiente**
- Dobbiamo **pensare in modo ampio ai sistemi su scale e campi multipli**, poiché le proprietà o le dinamiche di una scala spesso si **alimentano o si abbassano** per influenzare altri domini



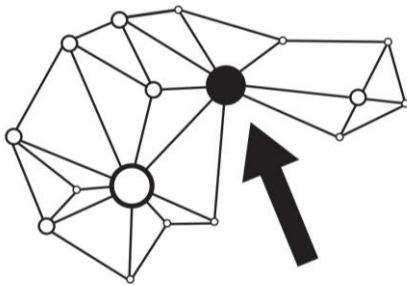
1. Feedback



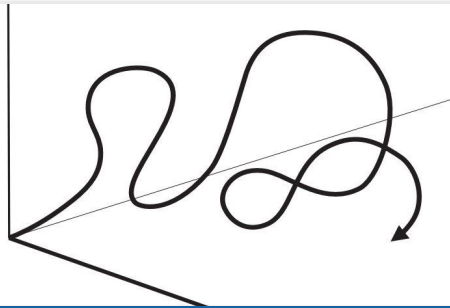
2. Emergenza



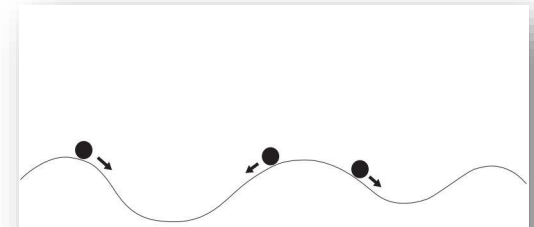
3. Auto-organizzazione



4. Leve di controllo e hub



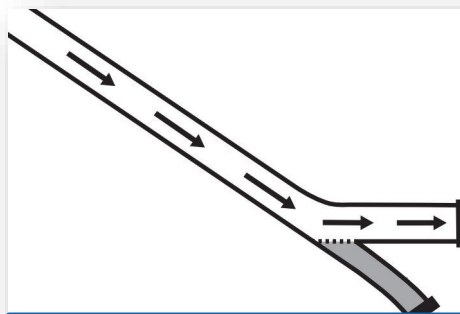
5. Non linearità



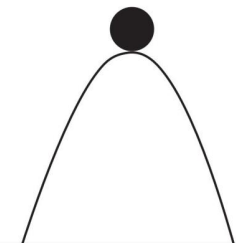
6. Stati di stabilità di un sistema



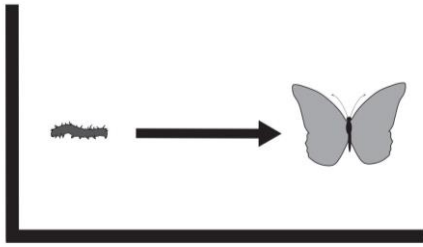
7. Adattamento



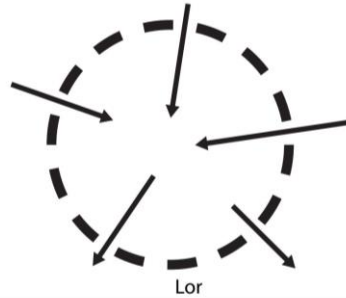
8. Dipendenza dal percorso



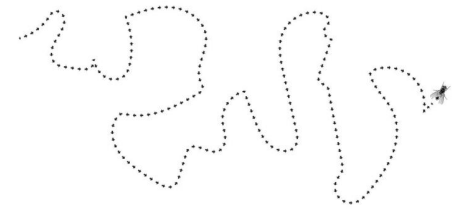
9. Punti critici



10. Cambiamenti
nel tempo



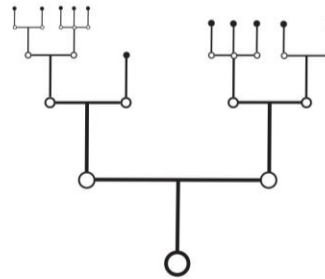
11. Sistema aperto



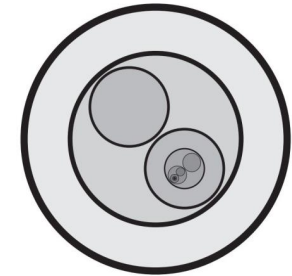
12. Imprevedibilità



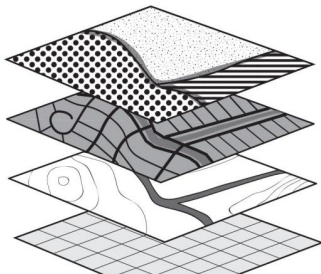
13. Sconosciuto



14. Controllo
distribuito



15. Sistemi annidati



16. Scale e livelli
multipli

Scarica il poster ad alta definizione

Per saperne di più sul progetto di ricerca del Cecan «The visual representation of complexity»

Per saperne di più sul Cecan

Per approfondimenti sul Complexity Education Project



THE VISUAL REPRESENTATION OF COMPLEXITY

★ Definitions, Examples & Learning Points ★

Sustainability practitioners have long relied on images to display relationships in complex adaptive systems on various scales and across different domains. These images facilitate communication, learning, collaboration and evaluation as they contribute to shared understanding of systemic processes. This research addresses the need for images that are widely understood across different fields and sectors for researchers, policy makers, design practitioners and evaluators with varying degrees of familiarity with the complexity sciences. The research identifies, defines and illustrates 16 key features of complex systems and contributes to an evolving language of complexity. The poster below was written with Alex Rany, new film-maker-journalist, Marina Markic and Dione Hill. Many thanks to KIDS organisers and all who contributed images and ideas in the surveys and workshops.

Introducing new by Dione Boehner

1. Feedback

When a result or output of a process influences the input either directly or indirectly. These can accelerate or suppress change.

EXAMPLES

- A thermostat in a room, as the inside gets too warm, it sends a message to the boiler to heat the room.
- An alarm system in a house, when the alarm is triggered, it sends a message to the police to come and investigate.

LEARNING POINTS

- Feedback loops are essential in many systems, for example, in the regulation of body temperature.
- Positive feedbacks can amplify and accelerate change.
- Negative feedbacks suppress change and are stabilising/regulating.

2. Emergence

New, unexpected higher-level properties can arise from the interaction of components. These properties can be described, explained, or predicted from the properties of the lower-level components.

EXAMPLES

- A flock of birds moving together, arising from the interaction of many simple rules.
- A traffic jam, arising from the interaction of many simple rules.

LEARNING POINTS

- Complex systems often have properties that cannot be predicted from the properties of the lower-level components.
- Emergence is a key feature of complex systems.

3. Self-organisation

Order emerges from a system that has no external source of order. The system organises itself into a pattern or structure.

EXAMPLES

- A flock of birds moving together, arising from the interaction of many simple rules.
- A traffic jam, arising from the interaction of many simple rules.

LEARNING POINTS

- Self-organisation is a key feature of complex systems.
- It often arises from simple rules and interactions.

4. Levers and hubs

There may be components of a system that have a disproportionate influence because of the structure of their connections. These components can be used to influence the system.

EXAMPLES

- A hub in a network, where many other components are connected to it.
- A lever in a mechanical system, where a small force can move a large load.

LEARNING POINTS

- Levers and hubs are key features of complex systems.
- They can be used to influence the system.

5. Non-linearity

A system is non-linear when the effect of inputs on outcomes are not proportional. The behaviour of a system may exhibit exponential change, or change in direction (i.e., increase in some measure becoming decreasing), despite small or consistent changes in inputs.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Non-linearity is a key feature of complex systems.
- It often leads to unexpected outcomes.

6. Domains of stability

Complex systems may have multiple stable states which can change as the context evolves. Systems gravitate towards such states, remaining there unless significantly perturbed. If change in a system passes a threshold, it may slide into another stable state, making further change difficult to reverse.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Domains of stability are key features of complex systems.
- They can be used to predict the behaviour of a system.

7. Adaptation

Components or actors within the system are capable of learning or evolving, changing how they interact in response to interactions as they are applied to, for example, in social systems people may communicate, interpret and behave differently to anticipate future situations. In biological systems, species will evolve in response to change.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Adaptation is a key feature of complex systems.
- It often leads to unexpected outcomes.

8. Path dependency

Current and future states, actions, or decisions depend on the sequence of states, actions, or decisions that preceded them – namely their (typical) temporal path.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Path dependency is a key feature of complex systems.
- It often leads to unexpected outcomes.

9. Tipping points

The point beyond which system outcomes change dramatically. Change may take place slowly initially, but suddenly increase in pace. A threshold is the point beyond which system behavior suddenly changes.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Tipping points are key features of complex systems.
- They can be used to predict the behaviour of a system.

10. Change over time

Complex systems inevitably develop and change their behaviour over time. This is due to their openness and the adaptation of their components, but also the fact that these systems are usually out of equilibrium and are continuously changing.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Change over time is a key feature of complex systems.
- It often leads to unexpected outcomes.

11. Open system

An open system is a system that has external interactions. These can take the form of information, energy, or material transfer into or out of the system boundary. In the social sciences, an open system is a process that exchanges material, energy, people, capital and information with its environment.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Open systems are key features of complex systems.
- They can be used to predict the behaviour of a system.

12. Unpredictability

A complex system is fundamentally unpredictable. The number and interaction of inputs, causal mechanisms and feedbacks mean it is impossible to accurately forecast its behaviour. Random noise can have a large effect. Complex systems are fundamentally unknowable at any point in time – i.e. it is impossible to gather, store or use all the information about the state of a complex system.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Unpredictability is a key feature of complex systems.
- It often leads to unexpected outcomes.

13. Unknowns

Because of their complex causal structure and openness, there are many factors which influence (or can influence) a system of which we are not aware. The inevitable existence of such unknowns means we often see unexpected indirect effects of our interventions.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Unknowns are key features of complex systems.
- They can be used to predict the behaviour of a system.

14. Distributed control

Control of a system is distributed amongst many actors. No one actor has total control. Each actor may only have access to local information.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Distributed control is a key feature of complex systems.
- It often leads to unexpected outcomes.

15. Nested systems

Complex systems are often nested hierarchies of complex systems (subsystems of systems).

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Nested systems are key features of complex systems.
- They can be used to predict the behaviour of a system.

16. Multiple scales and levels

Actions and interactions in complex systems can operate across scales and levels. For this reason systems must be studied and understood from multiple perspectives simultaneously.

EXAMPLES

- A system where a small change in input leads to a large change in output.
- A system where the output changes direction in response to a change in input.

LEARNING POINTS

- Multiple scales and levels are key features of complex systems.
- They can be used to predict the behaviour of a system.

CECAN
Centre for the Evaluation of Complexity Across the Nexus

NERC
Natural Environment Research Council

Dr. Joanna Boehner
@joanna.boehner
joanna.boehner@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill
@dione.hill
dione.hill@cecac.ac.uk

Dr. Alex Rany
@alex.rany
alex.rany@cecac.ac.uk

Dr. Marina Markic
@marina.markic
marina.markic@cecac.ac.uk

Dr. Dione Hill</