

Liceo “Regina Elena” - Acireale

Progetto PON C-1-FSE-2013-2006

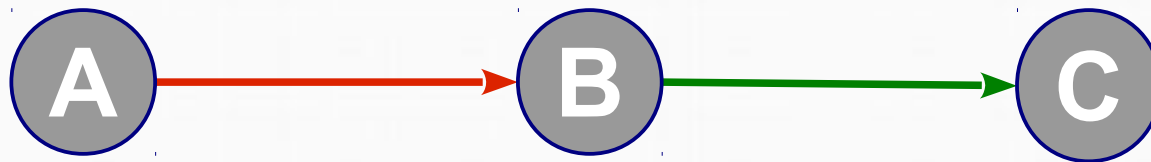
Studio della complessità del mondo che ci circonda

Caratteristiche dei sistemi complessi

Prof. Salvatore Lizzio

Come funzionano i sistemi complessi?

- Nei sistemi complessi ogni componente (variabile) agisce su una o più componenti



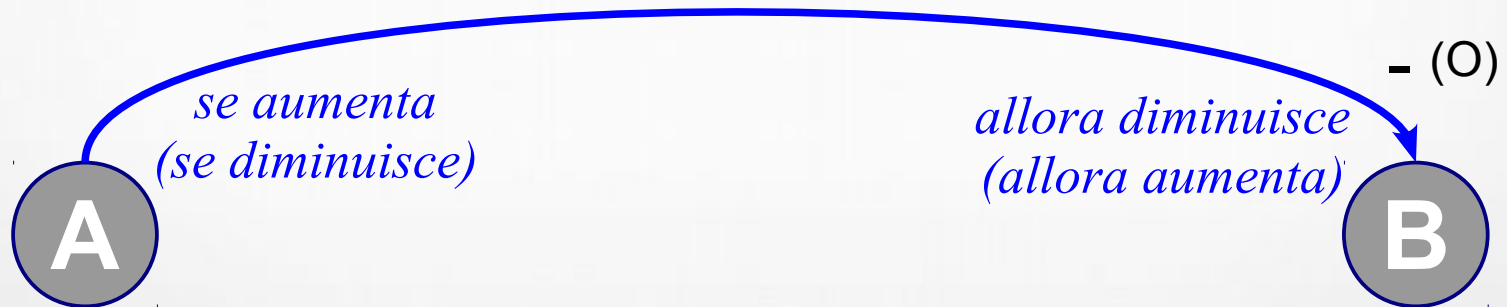
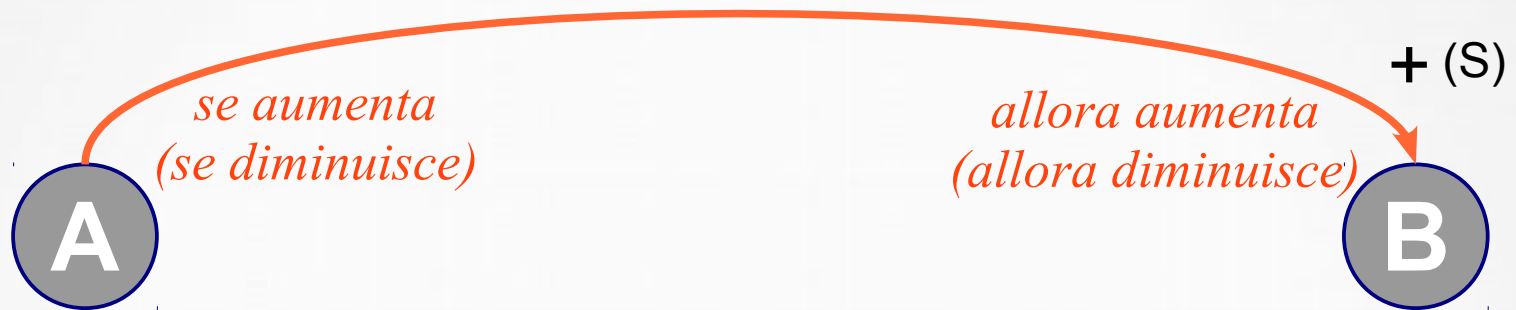
- Una variabile può contemporaneamente influenzare ($B \rightarrow C$) ed essere influenzata da un'altra ($A \rightarrow B$) variabile

Variabili e relazioni causali

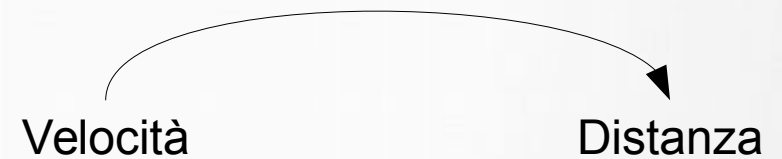
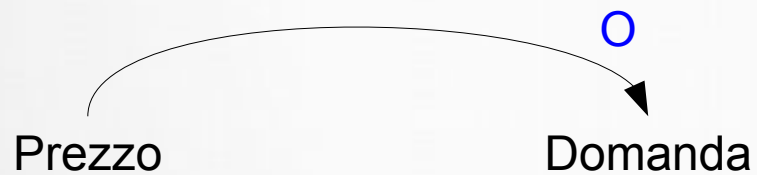
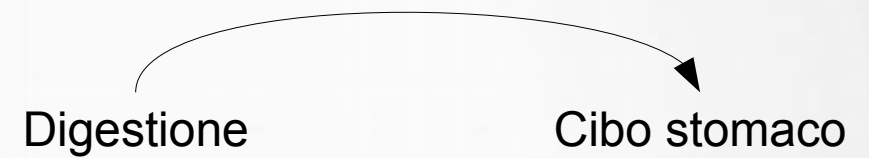
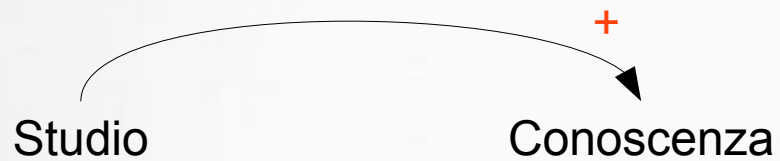
- Le **variabili** possono essere **quantitative** e misurabili (reddito, individui, produttività) o **qualitative** (motivazione, fiducia, morale)
- Le **relazioni causa-effetto** che legano le variabili vengono indicate con delle frecce e i **nessi** con i segni **+** e **-** oppure con le lettere **S** (*same*) e **O** (*opposite*)



Variabili e relazioni causali

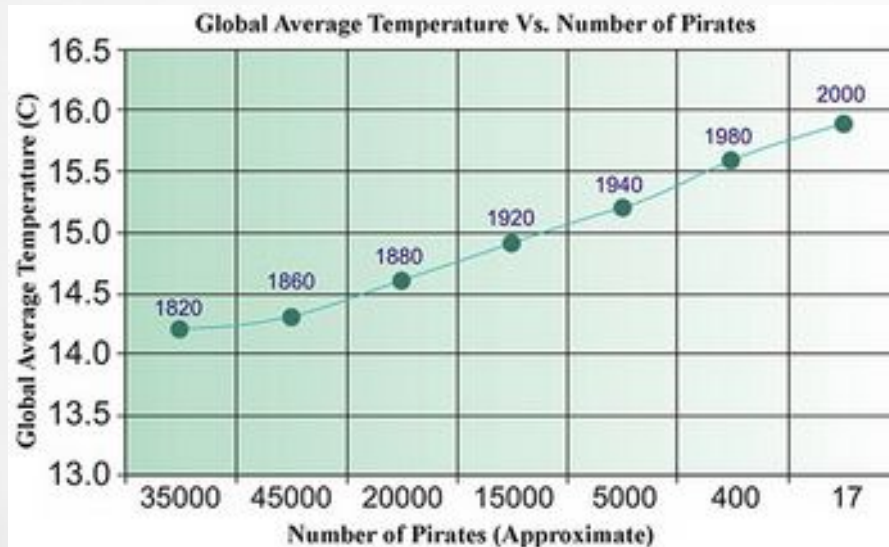


Variabili e relazioni causali

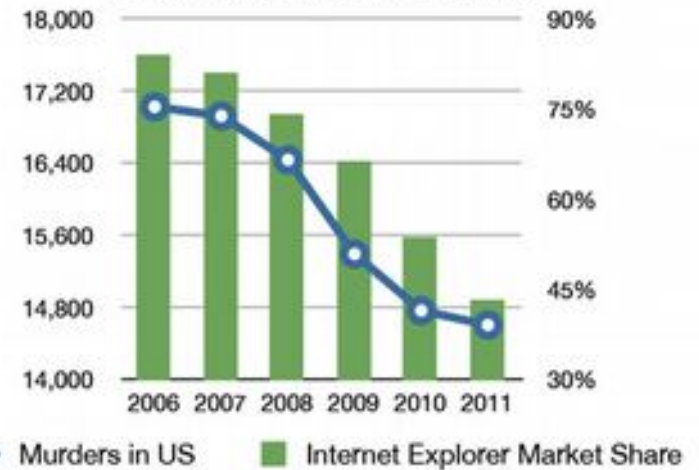


Variabili e relazioni causali

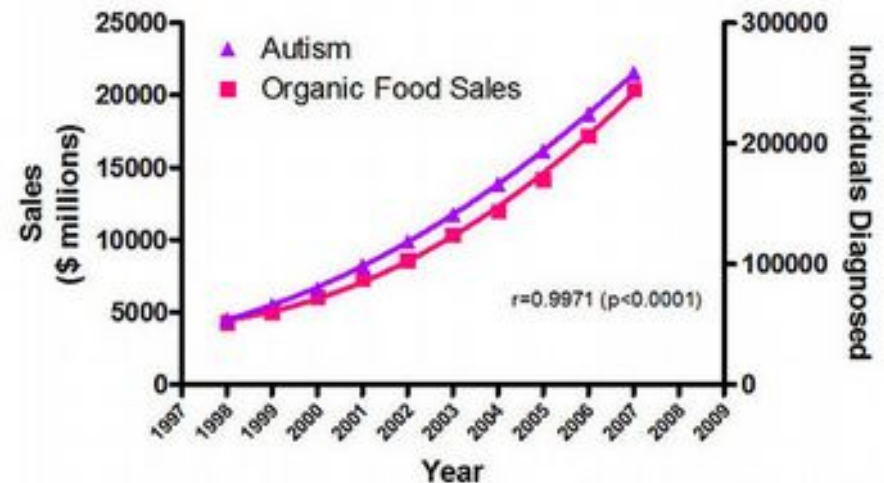
- Correlazione spurie
(**variabili senza nesso**)



Internet Explorer vs Murder Rate

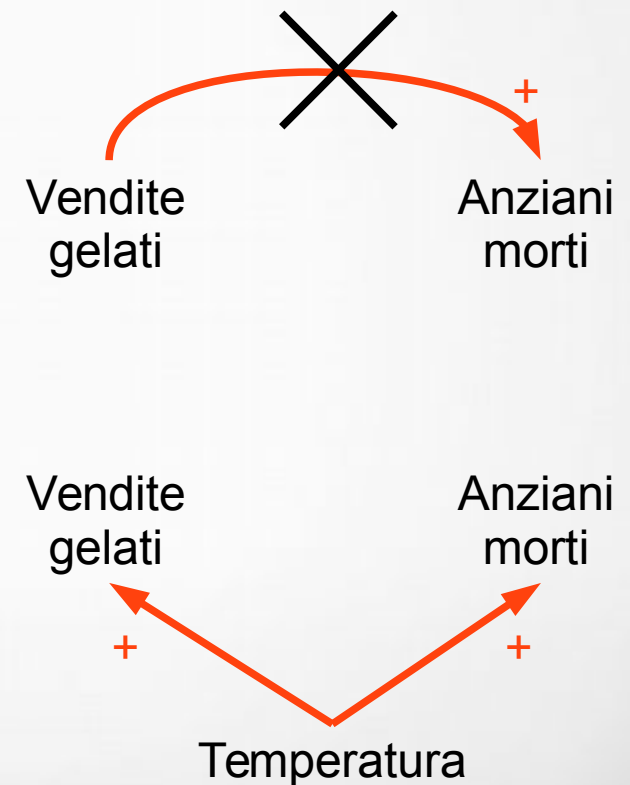
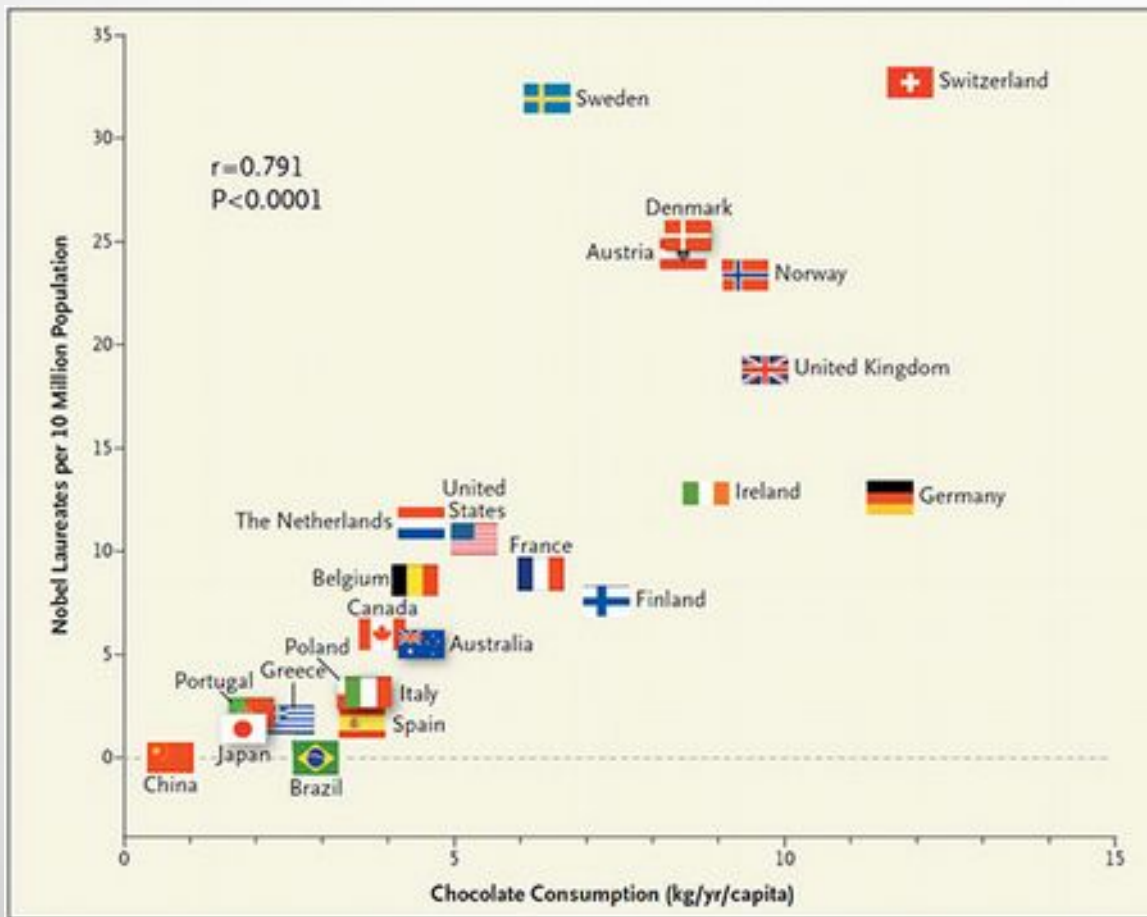


The real cause of increasing autism prevalence?



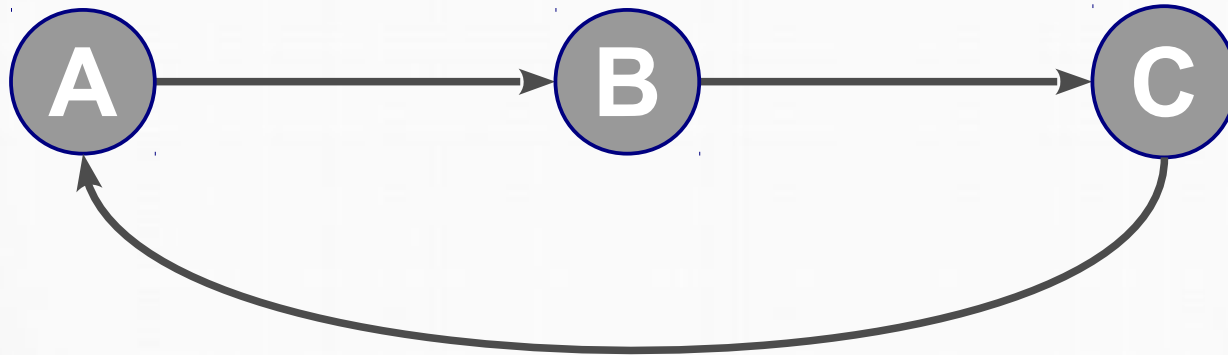
Variabili e relazioni causali

- Correlazione indirette
(due variabili correlate da una terza)



Retroazione o feedback

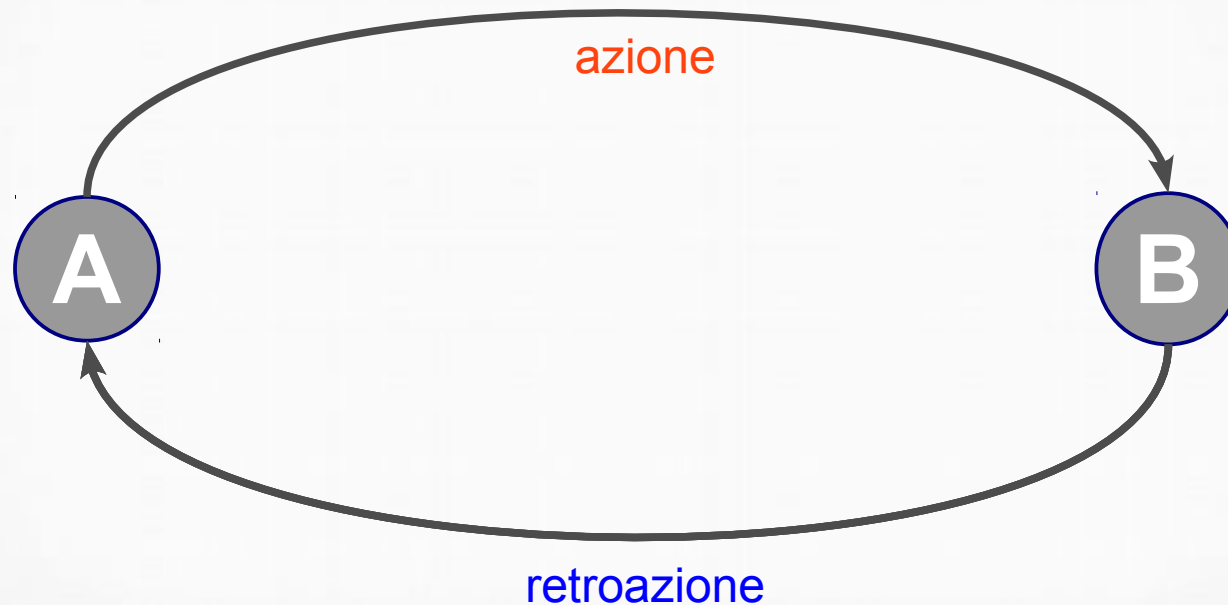
- Quando la variabile influenzata agisce a sua volta, direttamente o indirettamente sulla prima si parla di



circuito di retroazione
(feedback loop)

Retroazione o feedback

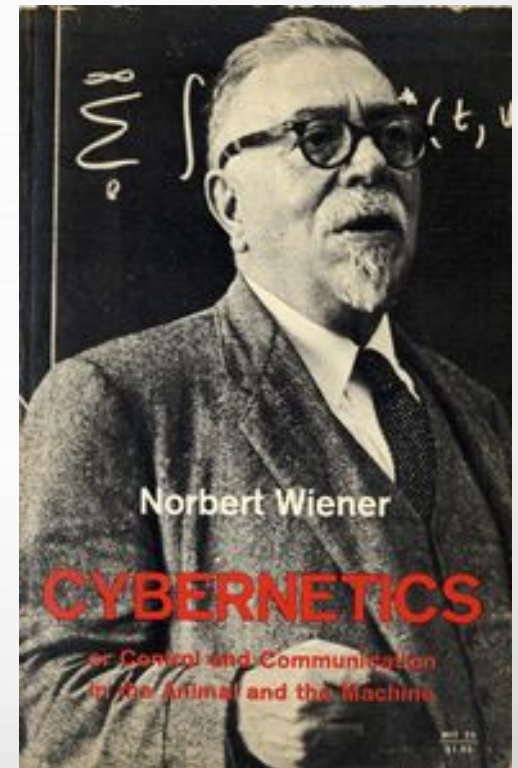
- In pratica, qualunque **inter-azione** presuppone un feedback:



Interazione = **azione** + **retroazione**

La cibernetica

- I meccanismi di feedback furono studiati dai **cibernetici** in quanto alla base dei **meccanismi di controllo e di comunicazione** dei sistemi meccanici, biologici, umani e sociali.
- Dal greco: [*kyberneticos*] **l'arte del pilota**
- **Norbert Wiener**
Cybernetics, or control and communication in the animal and machine (1948)




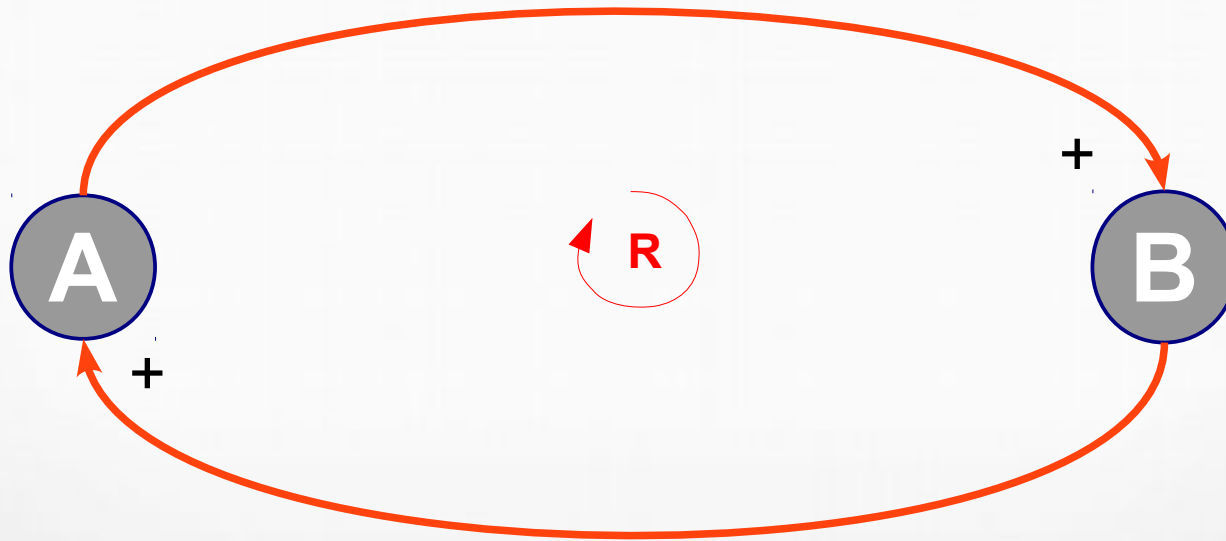
Retroazione o feedback

- In base al tipo di relazione che lega le variabili il **ciclo di feedback** può essere:
 - ✓ **positivo** → retroazione *eccitatoria*
 - ✓ **negativo** → retroazione *inibitoria*
- Chiamati rispettivamente "**demone**" e "**angelo**" per indicarne la natura diametralmente opposta



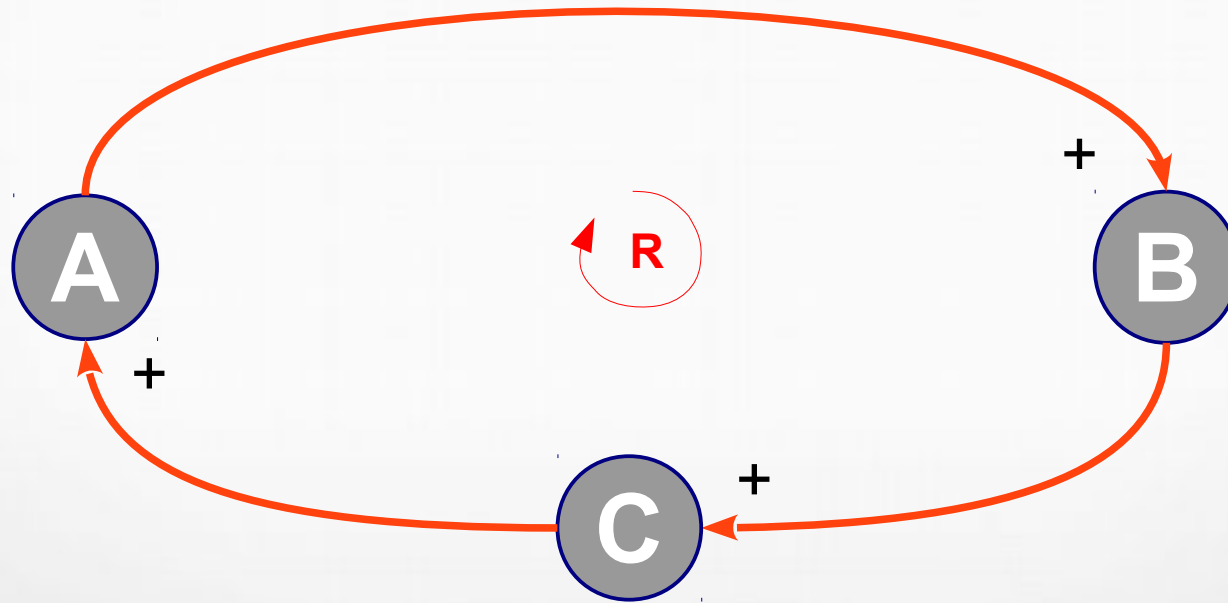
Positive feedback loop

- La presenza di un ciclo di feedback positivo viene indicato con il simbolo  al centro (**reinforce**)



Positive feedback loop

- Naturalmente il ciclo di feedback può contenere anche più di due variabili ...



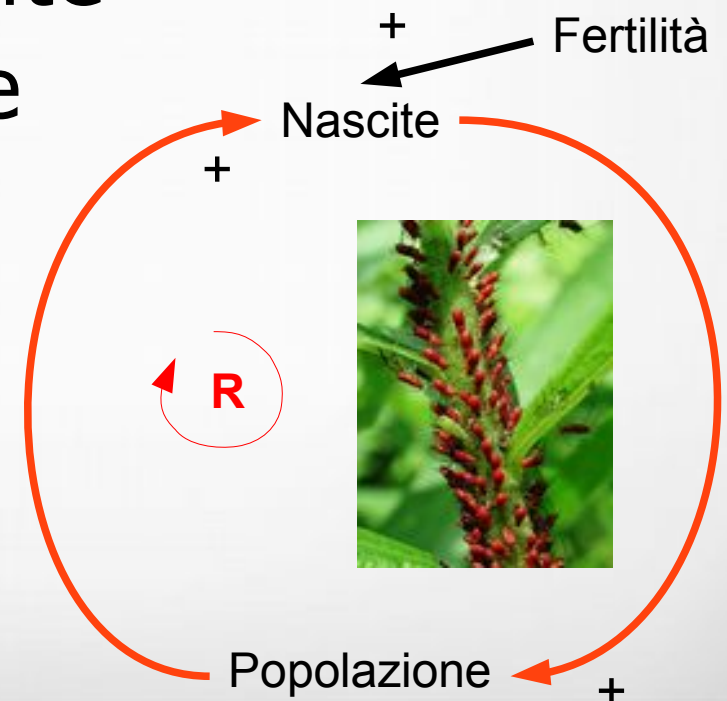
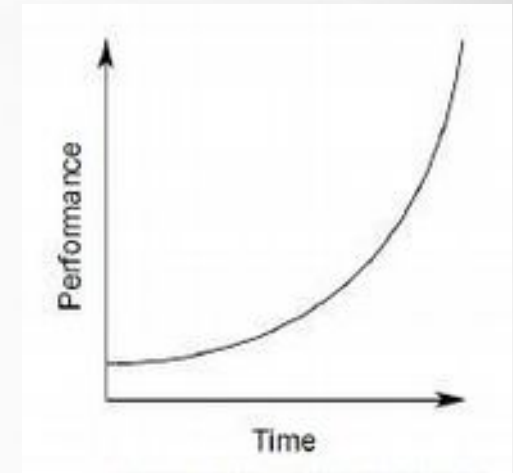
Positive feedback loop

- Il feedback positivo ha tanti nomi, sia nel linguaggio comune, sia nella terminologia scientifica:
 - ✓ demone dei sistemi
 - ✓ circolo vizioso/virtuoso
 - ✓ causalità circolare
 - ✓ effetto valanga
 - ✓ band wagon



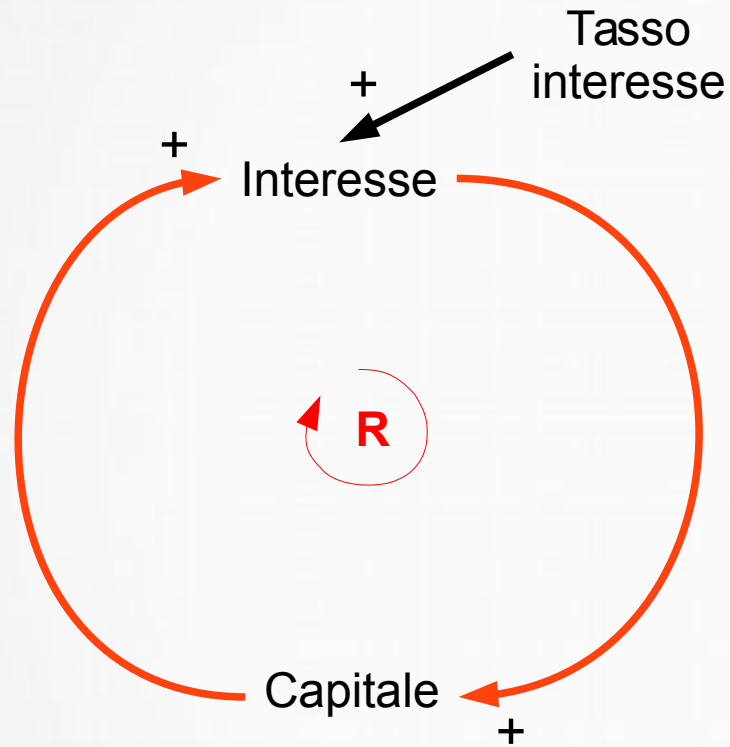
Positive feedback loop

- E' un processo estremamente potente: può determinare l'"**esplosione**" del sistema
- All'inizio cresce lentamente ma poi accelera e diviene difficilmente arrestabile (**crescita esponenziale**)
- Allontana i sistemi dall'equilibrio



Positive feedback loop

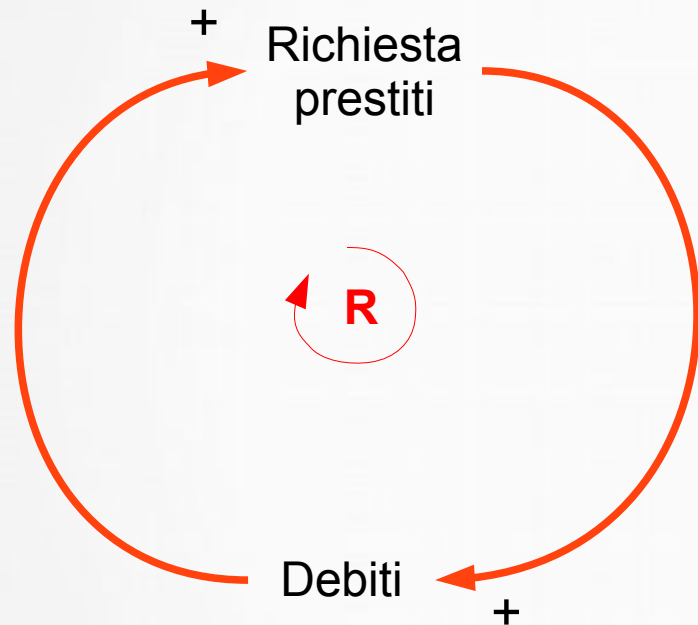
- **Interesse composto**



- Gli interessi maturati ogni anno si sommano a loro volta al capitale

Positive feedback loop

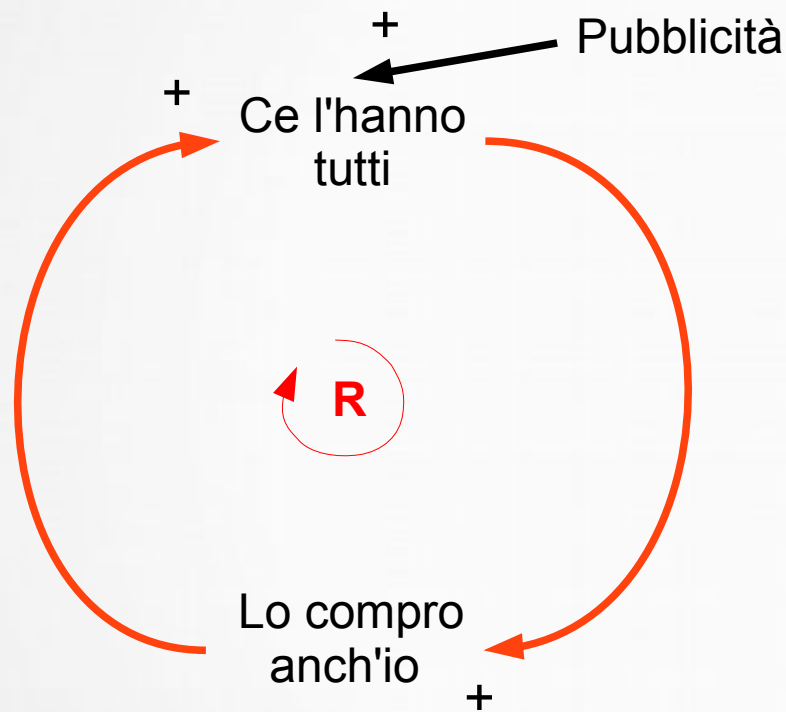
- La "spirale" dell'usura



- Le vittime dell'usura rimangono intrappolate in un feedback positivo

Positive feedback loop

- Le "mode" o "tendenze"



- Esito del feedback positivo:
"boom" di vendite ...

Positive feedback loop

- Le "mode" o "tendenze"



- Esito del feedback positivo:
il proprietario fa un sacco di soldi

Positive feedback loop

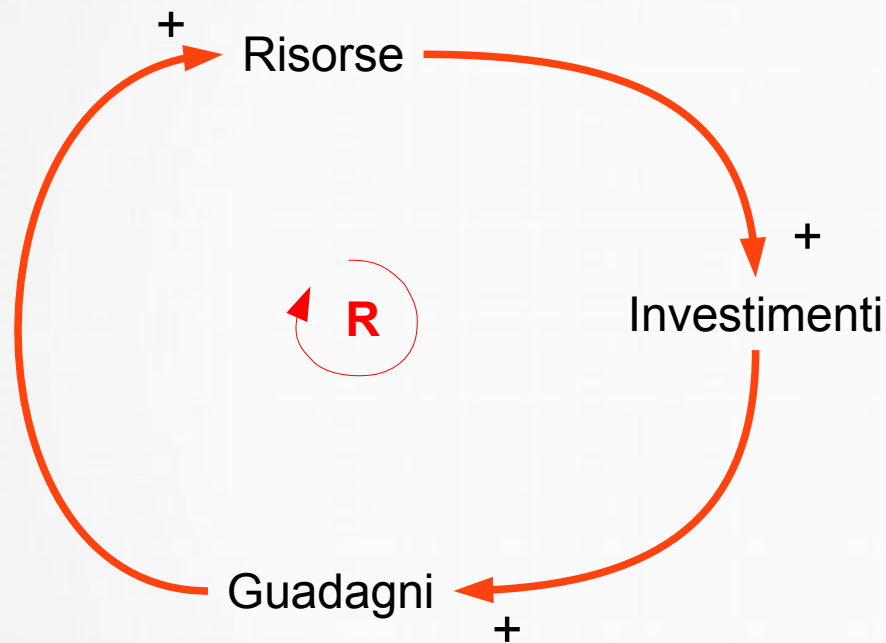
- Le "mode" o "tendenze"



- Esito del feedback positivo:
il proprietario fallisce

Positive feedback loop

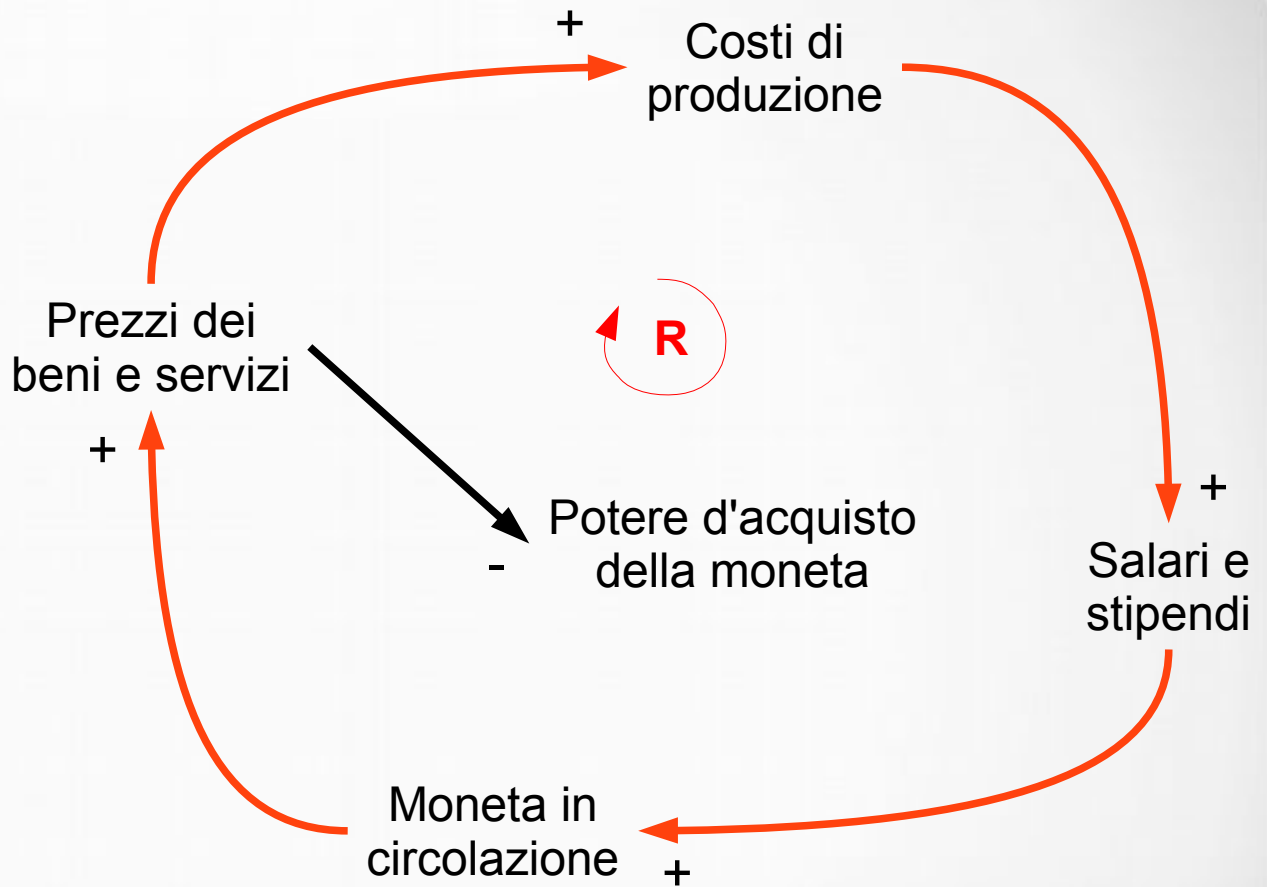
- Investire per crescere...



- Più si è ricchi più si guadagna

Positive feedback loop

- **Inflazione**



- L'aumento del costo della vita determina la perdita del potere d'acquisto della moneta

Positive feedback loop

- **Assistenzialismo**



- L'assistenzialismo tende a incrementare la richiesta di assistenza

Positive feedback loop

- La diffusione della lingua inglese



- La lingua inglese è diventata la lingua "internazionale" del mondo occidentale

Positive feedback loop

- In tecnologia...



- Avete presente le tastiere?

Positive feedback loop

- **Il caso delle tastiere**
- Nelle prime macchine da scrivere, se la velocità di battitura era elevata, i martelletti dei tasti si incastravano tra loro
- Per risolvere il problema, nel 1864 l'ingegnere C. Scholes brevettò la **qwerty** la cui "scomodità" rallentava i dattilografi



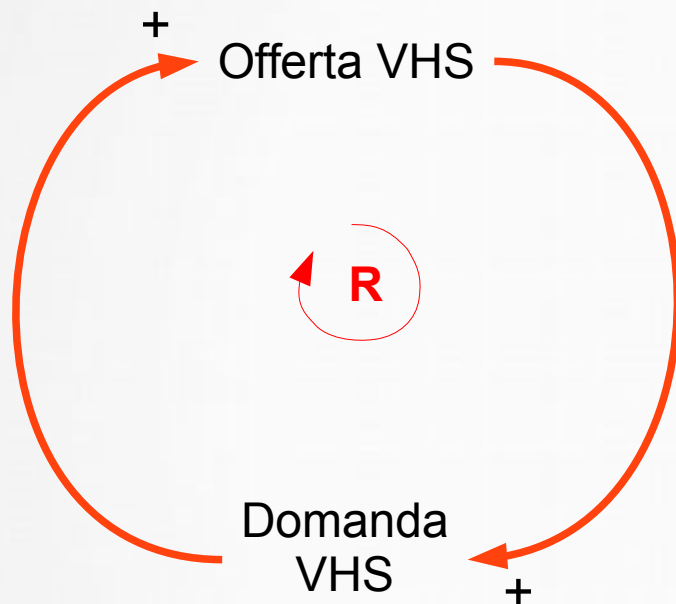
Positive feedback loop

- Il caso delle tastiere



Positive feedback loop

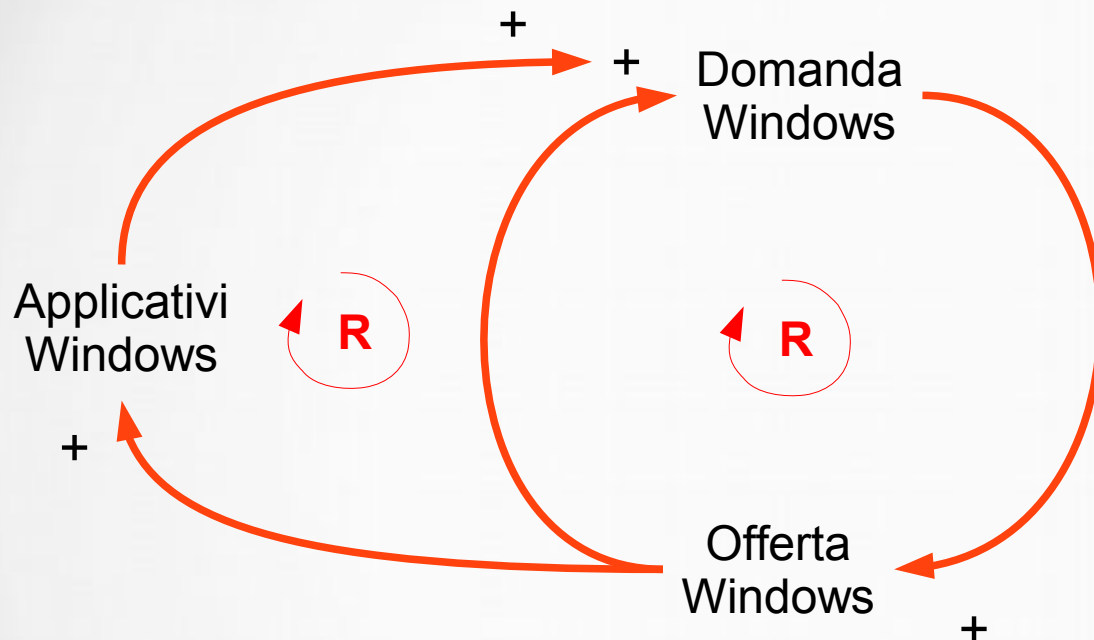
- Legge dei rendimenti crescenti



- Nel 1978 il sistema VHS si è imposto sul mercato, nonostante lo standard alternativo Betamax fosse migliore

Positive feedback loop

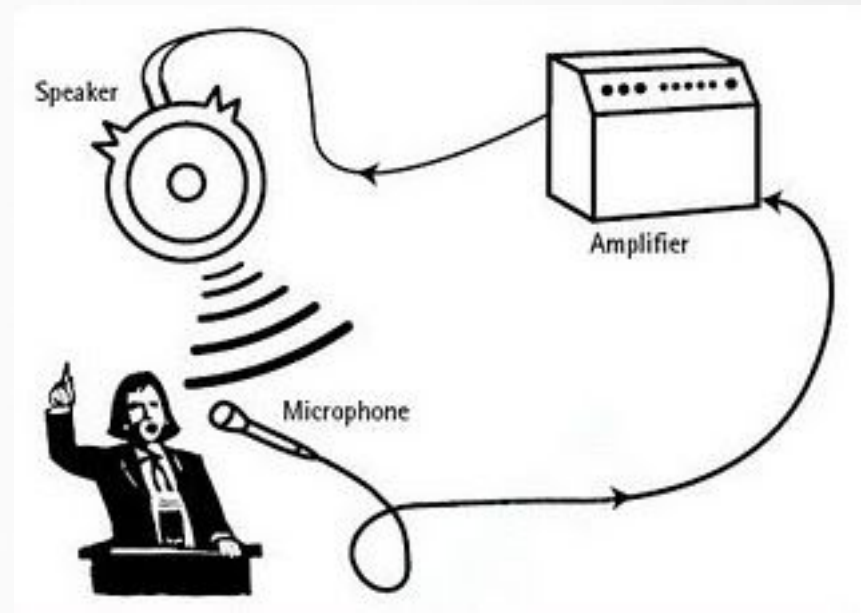
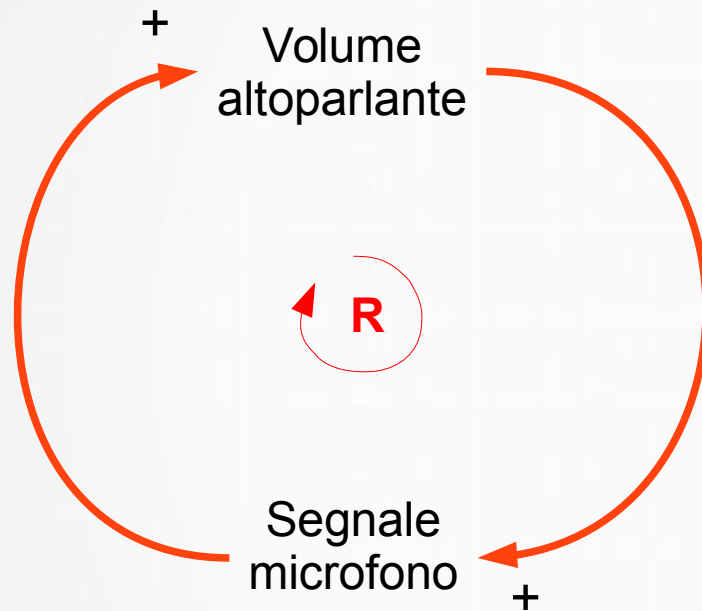
- Legge dei rendimenti crescenti



- Nonostante la superiorità, nel 1997 IBM abbandona il sistema OS2 a causa della maggiore diffusione di Microsoft Windows

Positive feedback loop

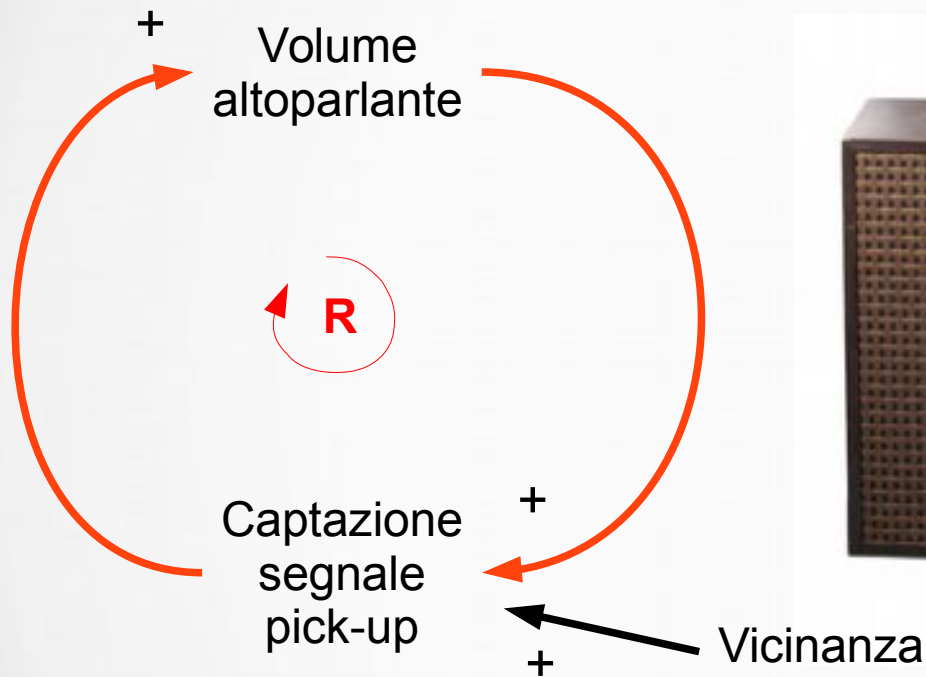
- Effetto Larsen o feedback acustico



- Si verifica quando il suono di un altoparlante viene ricaptato dal microfono

Positive feedback loop

- Effetto Larsen o feedback acustico



- Obbligava ad allontanare i giradischi dai diffusori ...

Positive feedback loop

- Effetto Larsen o feedback acustico
- Alcuni musicisti rock ricercano e riescono a “governare” il feedback dei microfoni (pick-up) delle loro chitarre



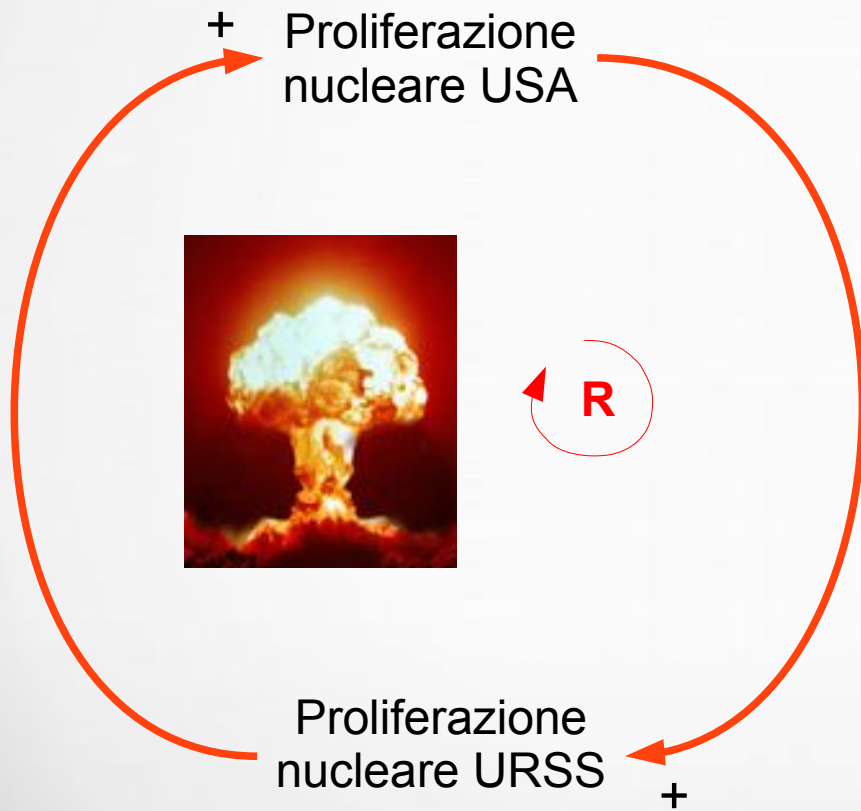
Positive feedback loop

- Escalation simmetrica
- Nei rapporti tra gruppi o nazioni, il feedback positivo è il processo che spiega la cosiddetta escalation simmetrica



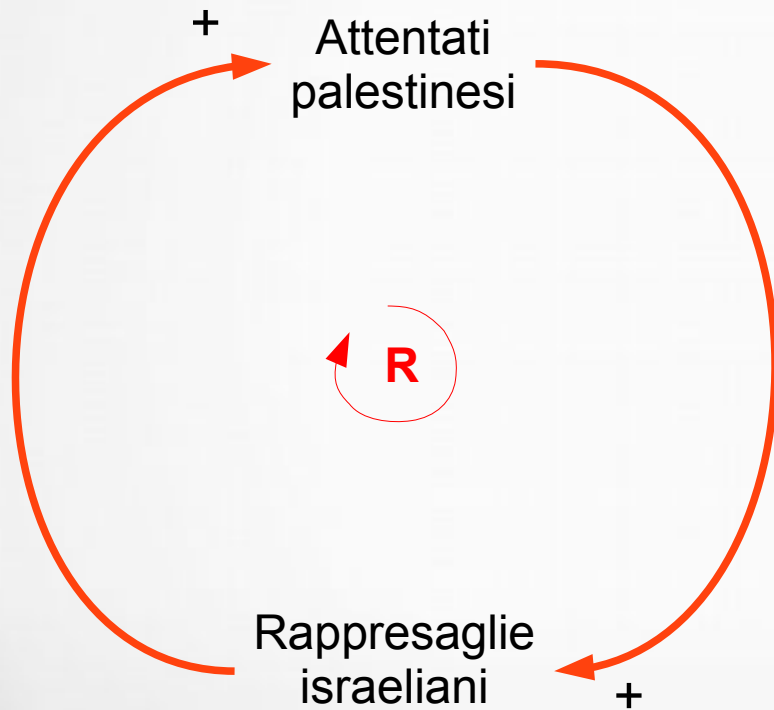
Positive feedback loop

- Guerra fredda ed equilibrio del terrore



Positive feedback loop

- **Faida tra famiglie o popoli**



Positive feedback loop

- **Psicologia sociale**
- Giudicare uno studente "promettente" o "negato" modifica l'investimento da parte dei docenti nei suo confronti
- I risultati del maggiore/minore investimento tendono a rendere lo studente conforme al giudizio formulato



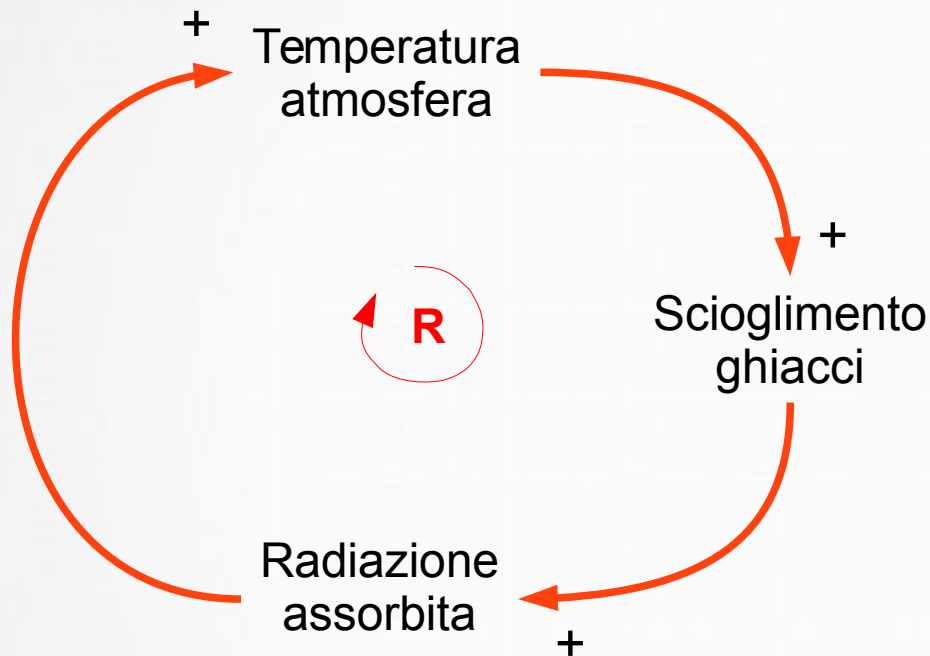
Positive feedback loop

- Effetto Rosenthal
- Il meccanismo di feedback positivo basato su un giudizio iniziale prende svariati nomi:
 - ✓ Labelling Theory (H. Becker)
 - ✓ Profezie che si autoavverano (R. K. Merton)
 - ✓ Teorema di Thomas (W. Thomas)
 - ✓ Effetto Pigmalione (R. Rosenthal e L. Jacobson)



Positive feedback loop

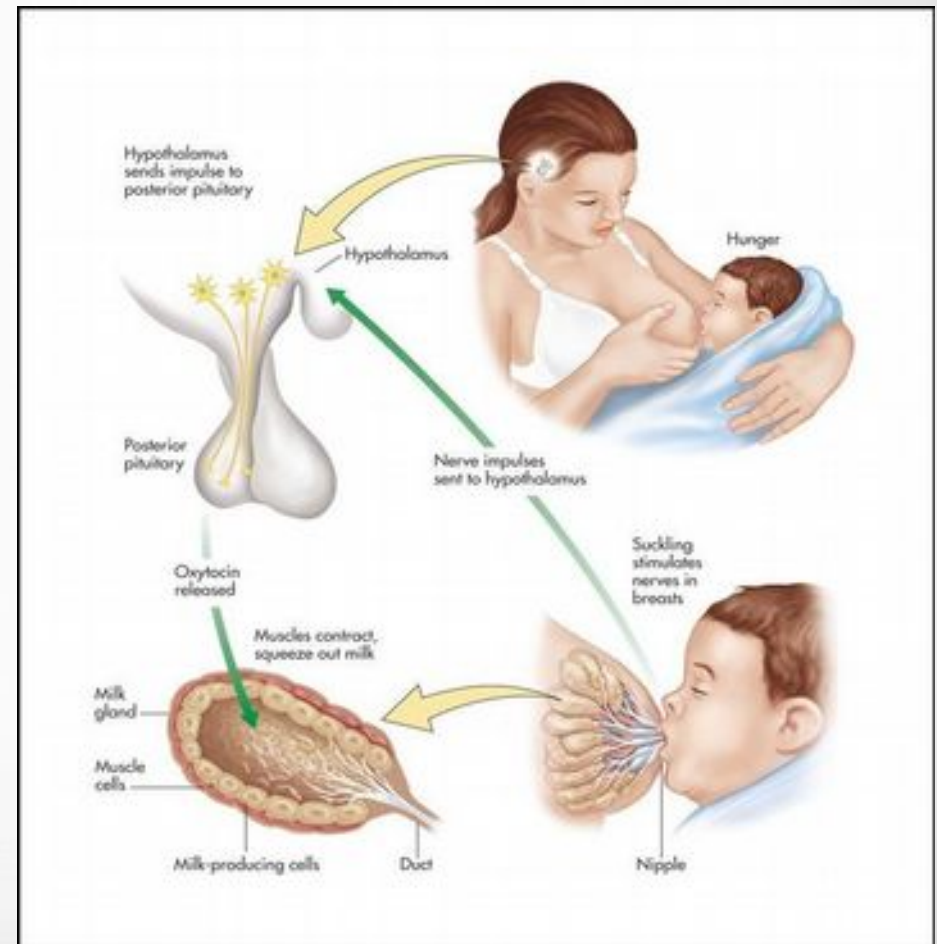
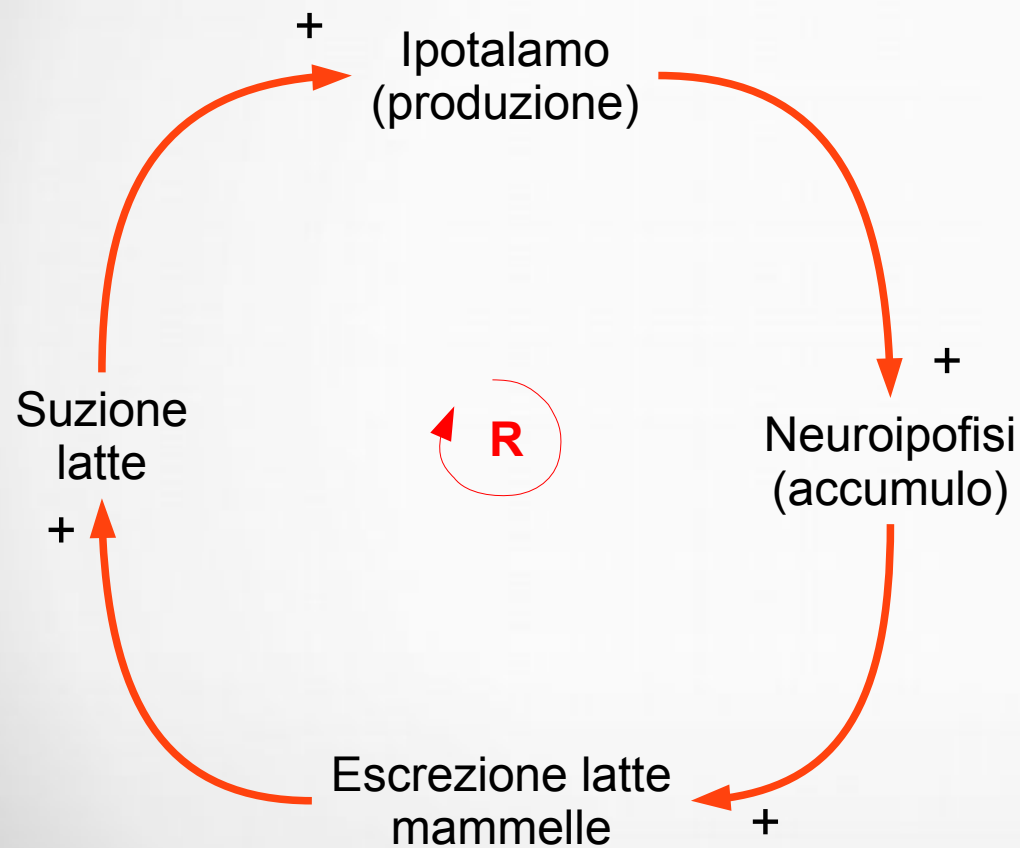
- **Riduzione dell'albedo ai poli**



- Se un'area parzialmente coperta dai ghiacci si riscalda, lo scioglimento causa una diminuzione dell'albedo ...

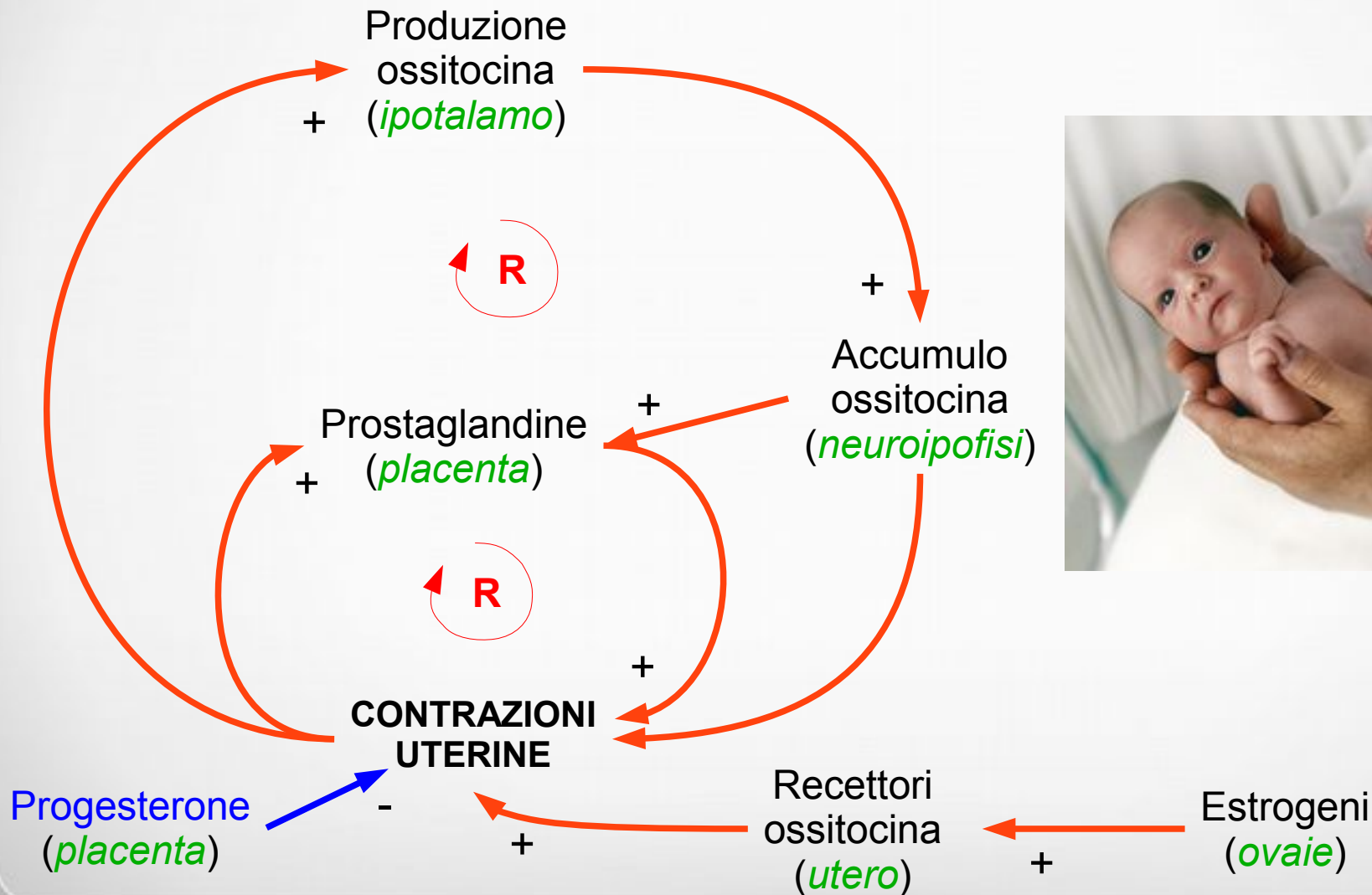
Positive feedback loop

- Allattamento al seno



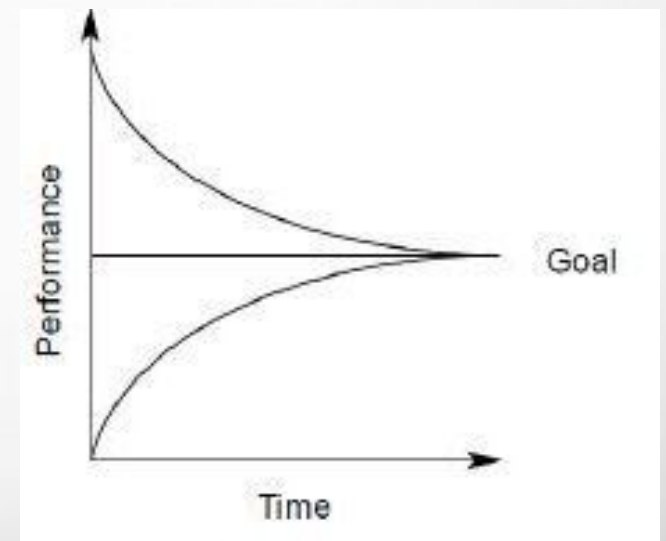
Positive feedback loop

- **Contrazioni uterine e parto**



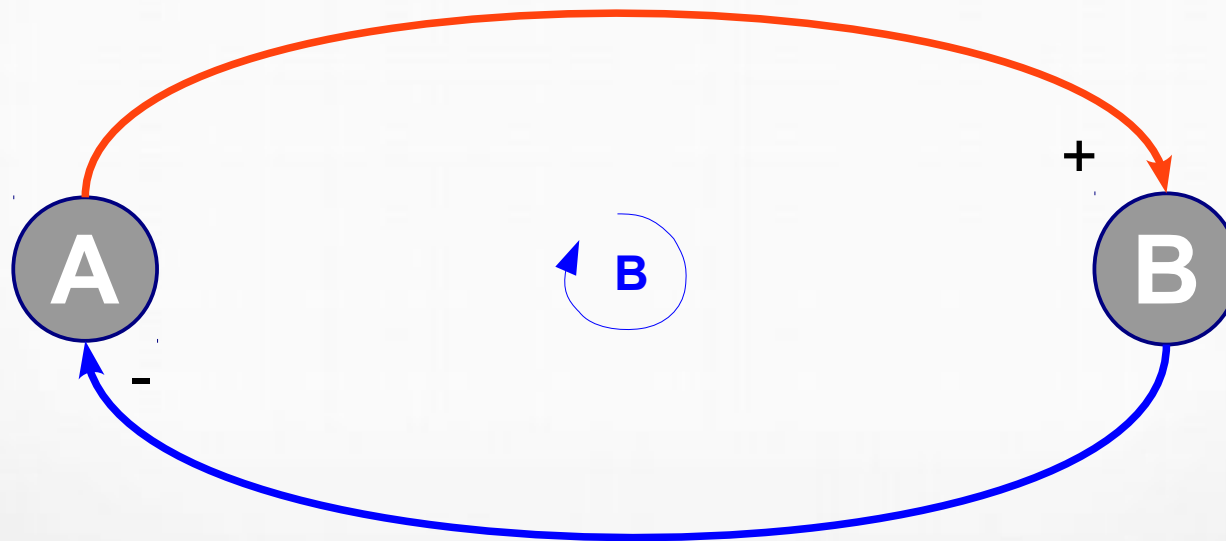
Negative feedback loop

- E' un processo che **stabilizza i sistemi**.
- Tutti i **processi di regolazione** (sia in natura che nella tecnica) si basano sul feedback negativo
- Tende a raggiungere o mantenere un obiettivo (**goal seeking**)



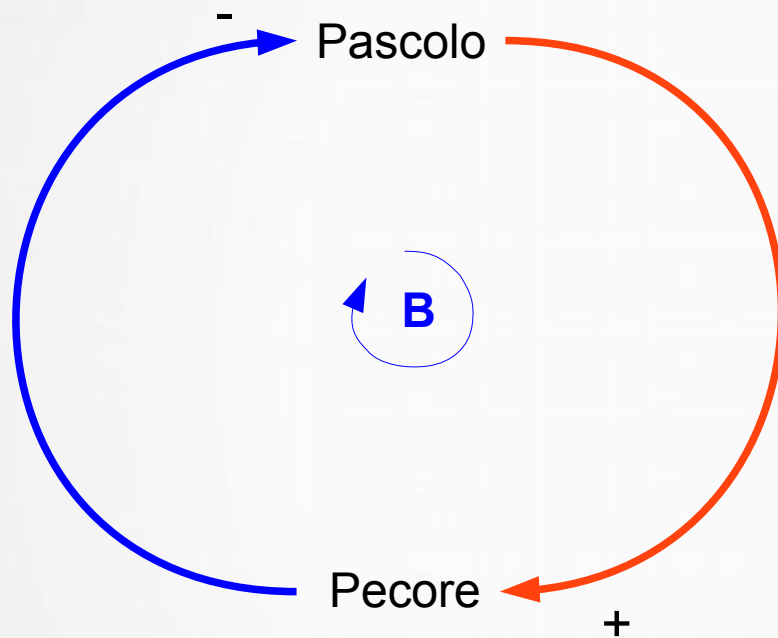
Negative feedback loop

- La presenza di un ciclo di feedback negativo viene indicato con il simbolo al centro (**balance**)



Negative feedback loop

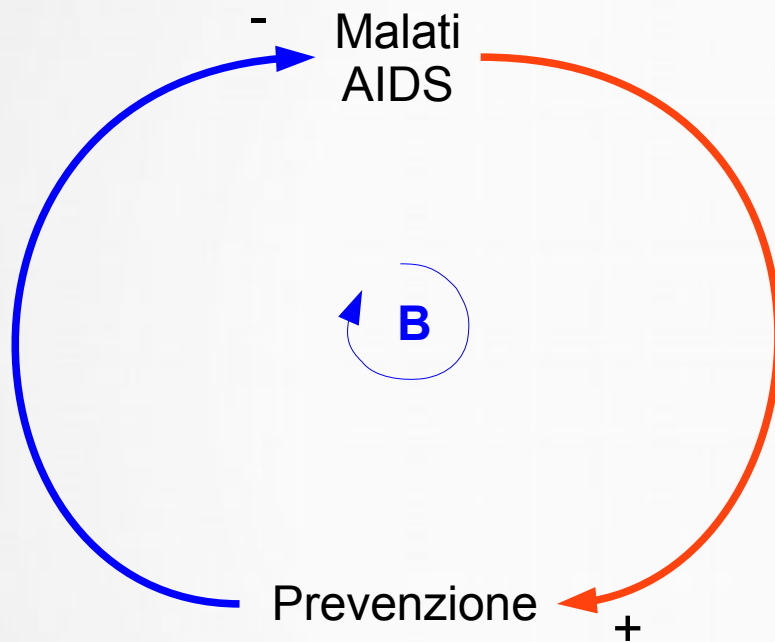
- Sostenibilità dei pascoli



- All'aumentare del numero delle pecore l'erba diminuisce ...

Negative feedback loop

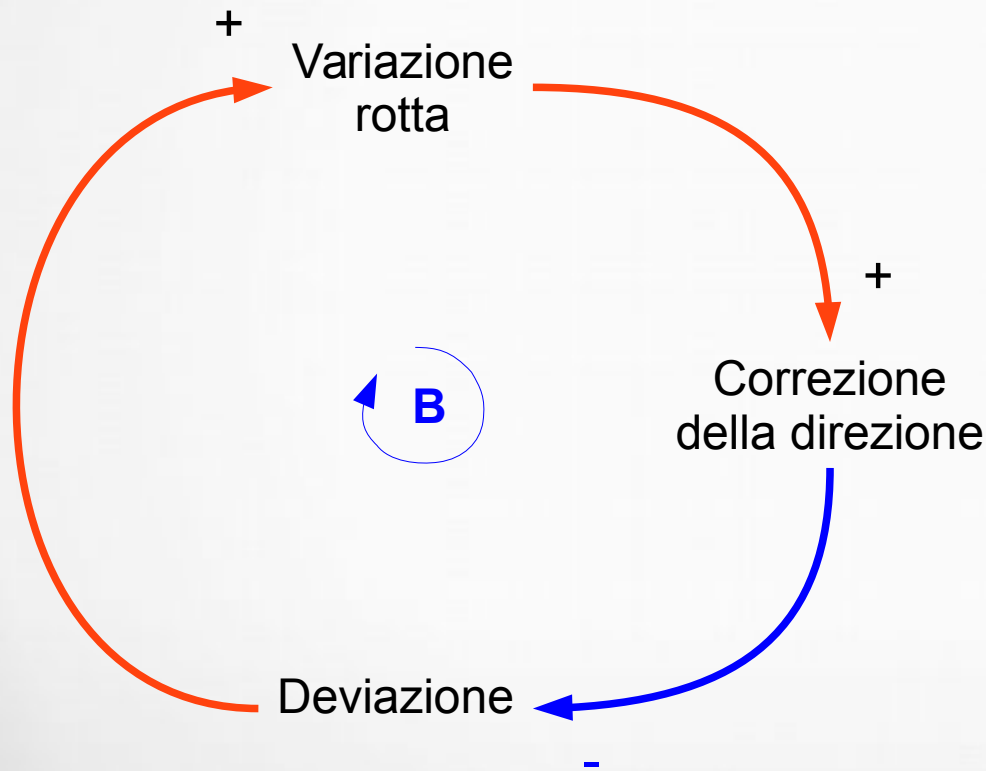
- Diffusione AIDS e prevenzione



- L'unico modo per rallentare la diffusione dell'AIDS è stato la prevenzione

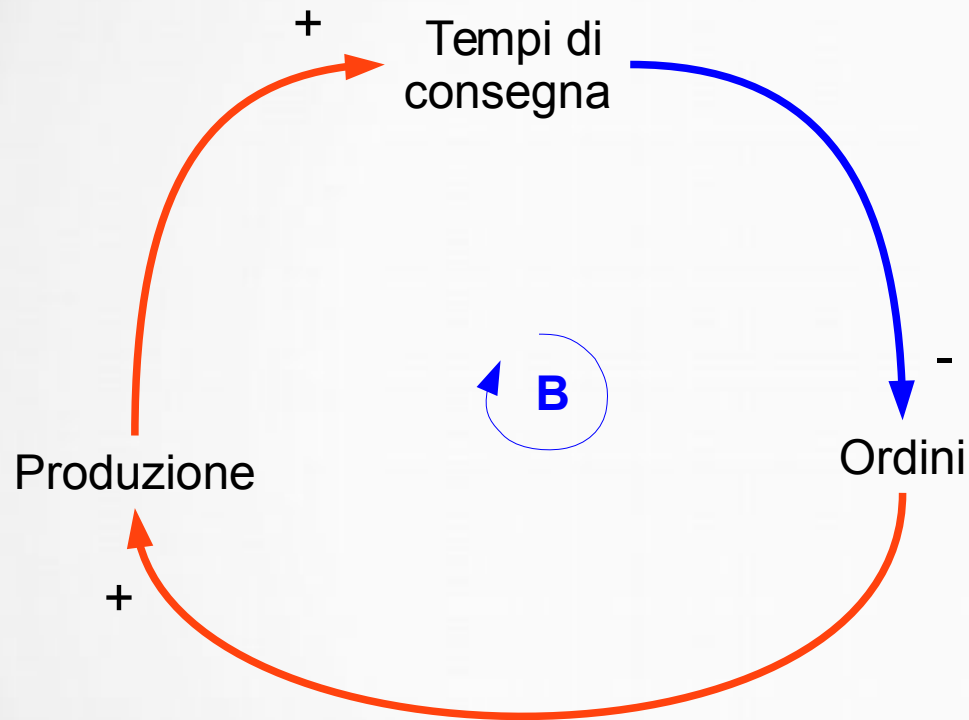
Negative feedback loop

- Ciclo di feedback nel governo di una barca



Negative feedback loop

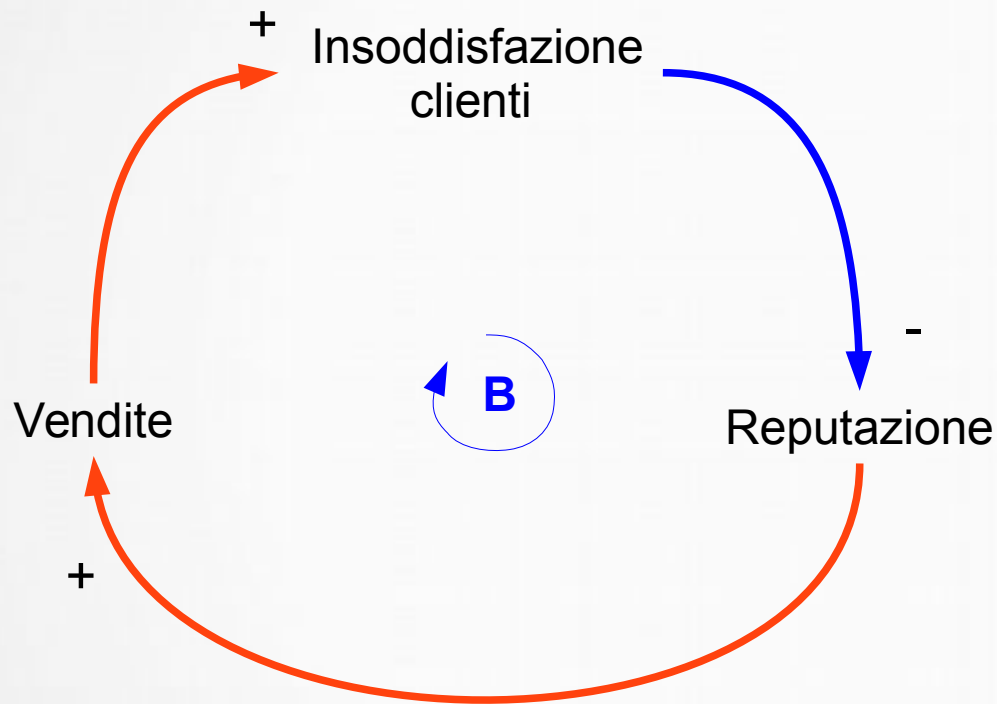
- **Produzione aziendale**



- La produzione aziendale cresce fin quando non viene rallentata da qualche fattore ...

Negative feedback loop

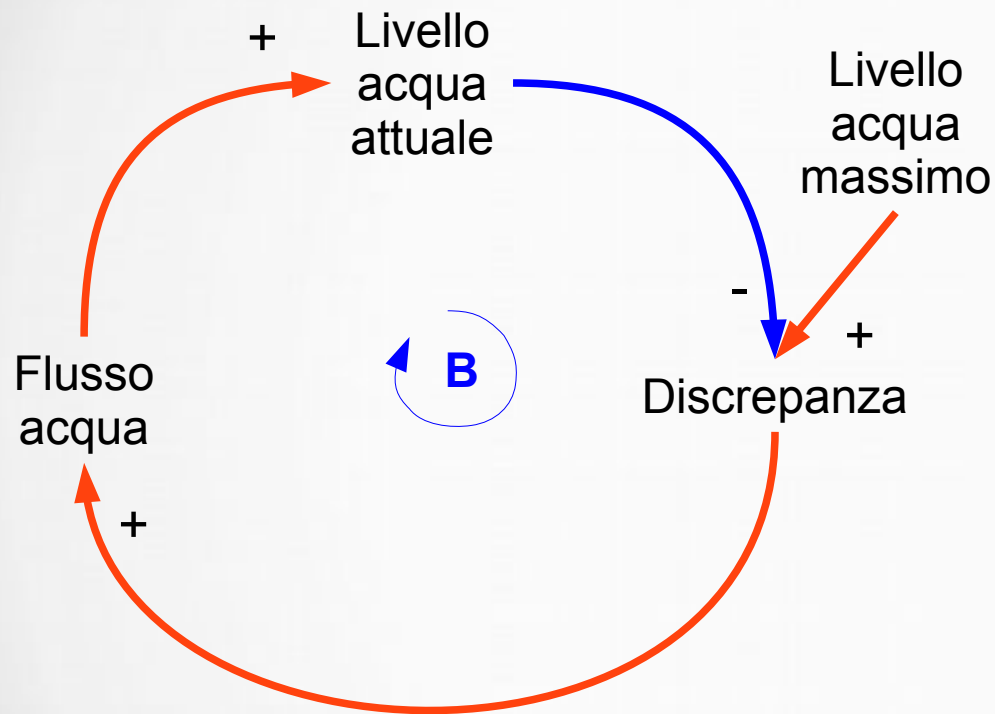
- Reputazione del venditore



- Il venditore si preoccupa di mantenere un'ottima reputazione ...

Negative feedback loop

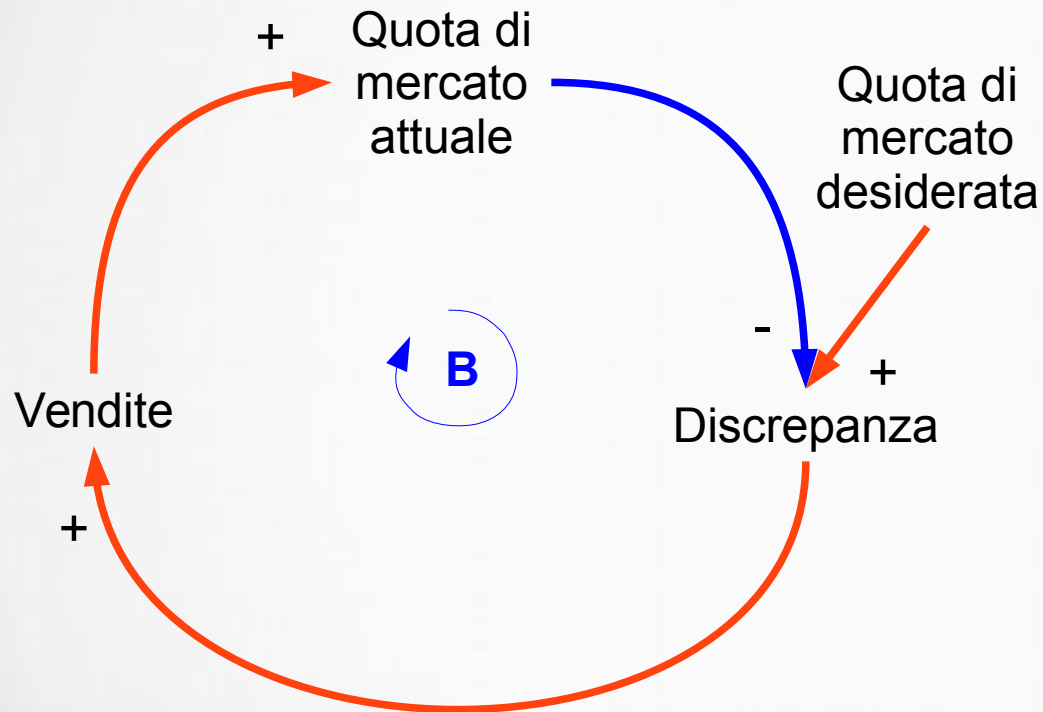
- Sciacquone water



- Il flusso dell'acqua diminuisce al crescere del livello ...

Negative feedback loop

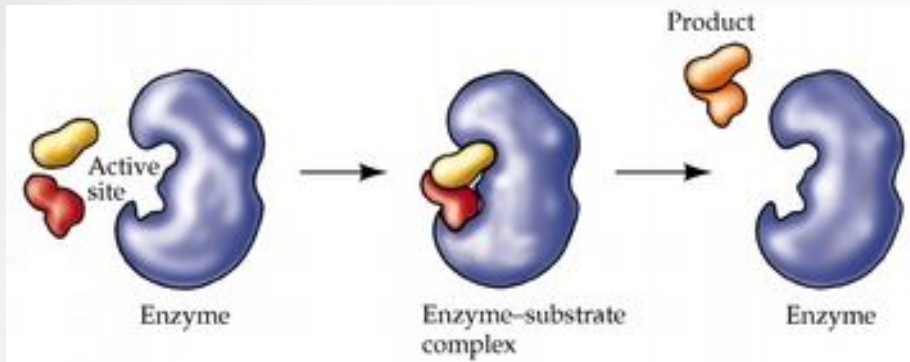
- **Vendite e mercato**



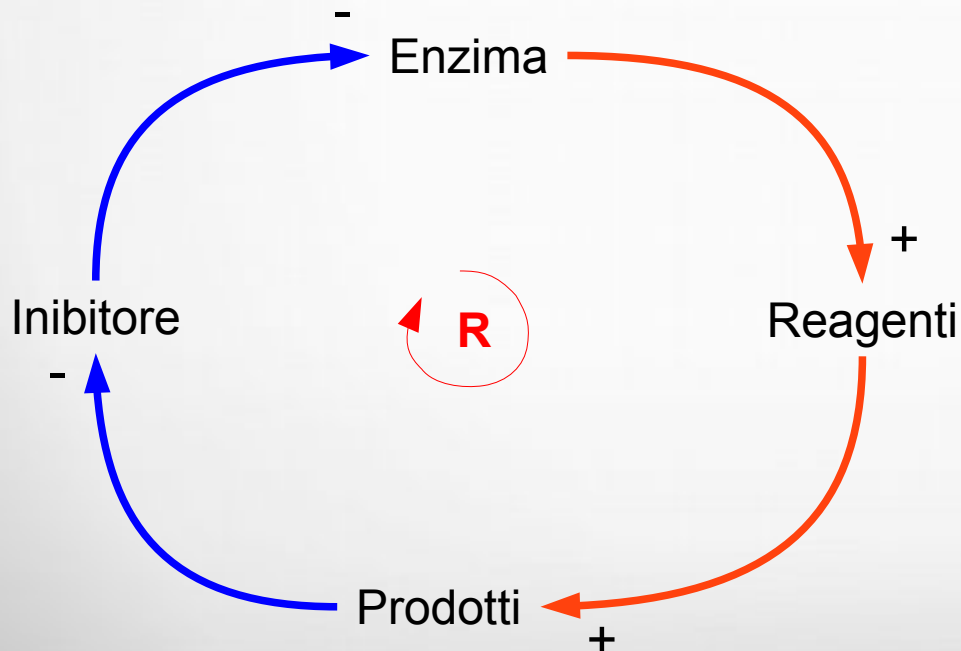
- La vendite crescono fin quando non si satura il mercato ...

Negative feedback loop

- Autocatalisi



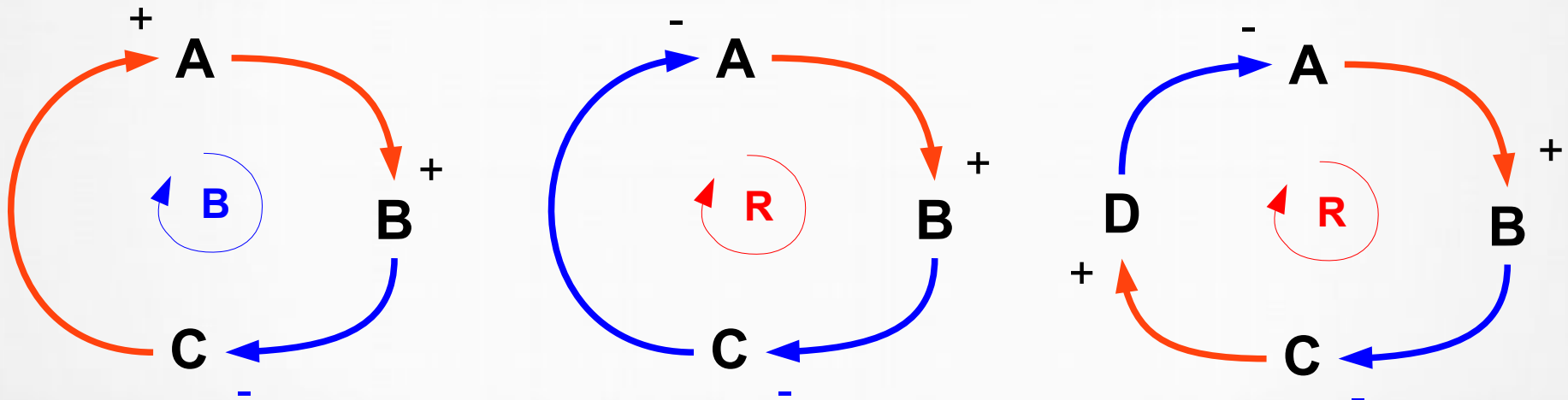
- Il prodotto della reazione chimica favorisce (catalizza) la reazione stessa.



- Il **feedback positivo** deriva da un **doppio feedback negativo** (come due negazioni che affermano)

Negative feedback loop

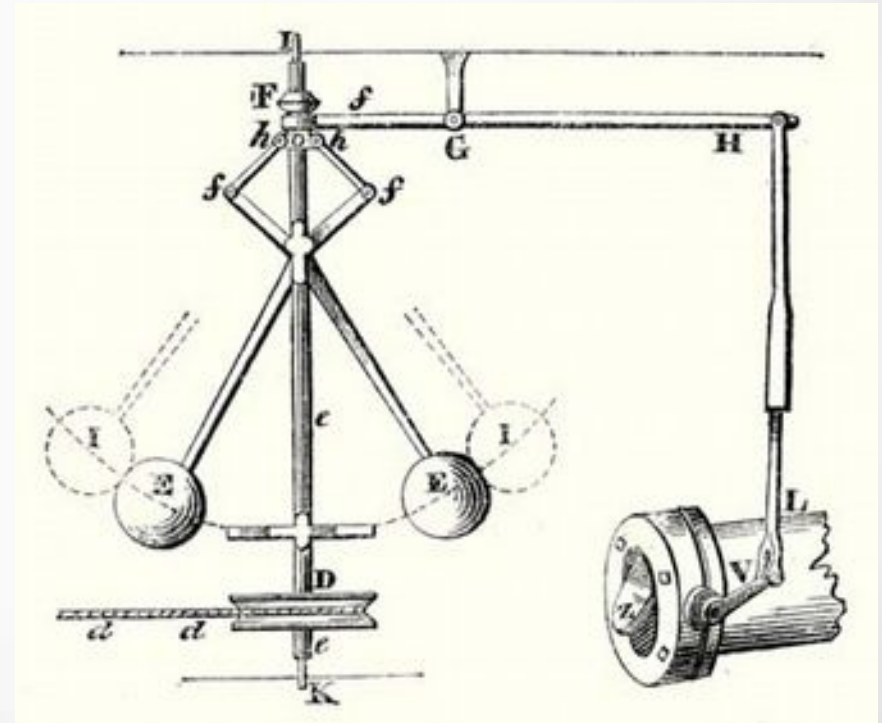
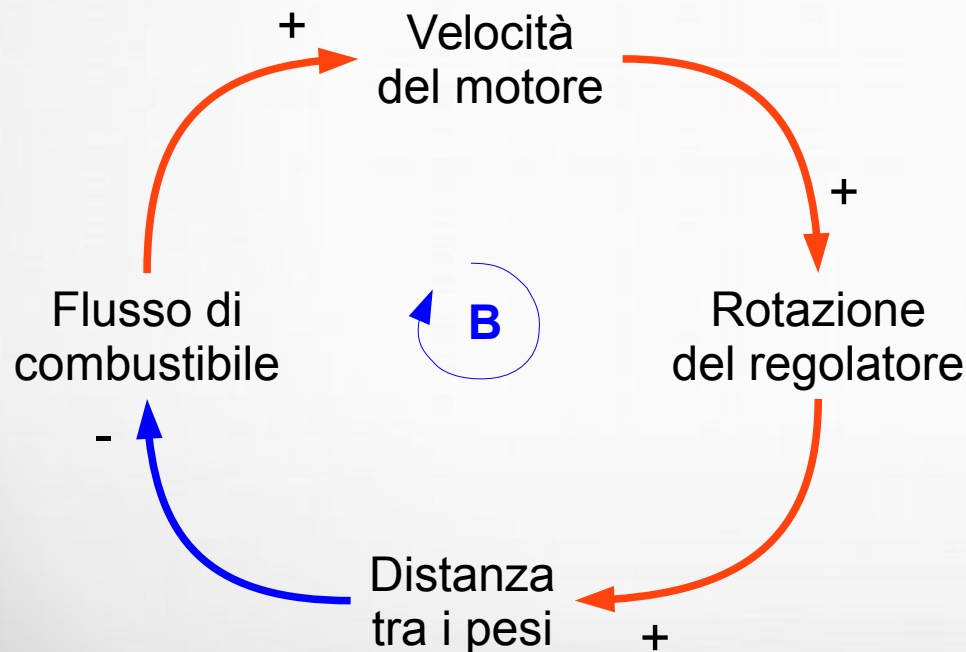
- Per capire se il ciclo di feedback è positivo o negativo basta fare la **somma algebrica** dei segni + e -



- Se il numero dei segni negativi è **dispari** il ciclo di feedback è **negativo**...

Negative feedback loop

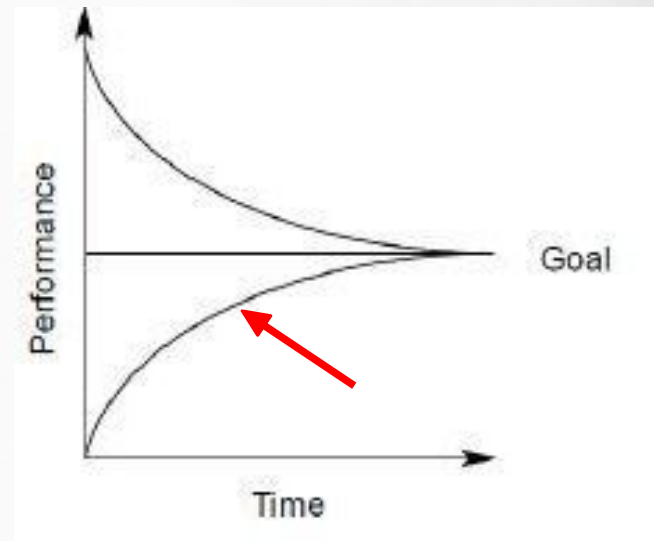
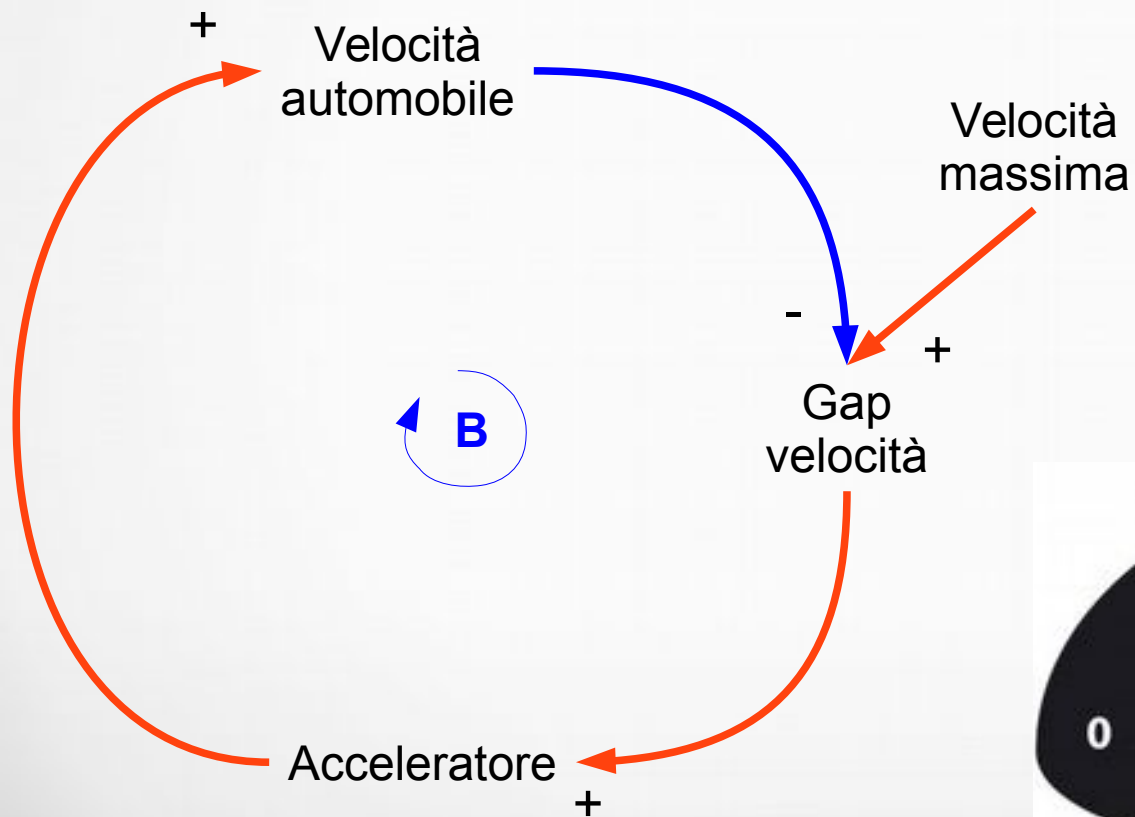
- Nei **sistemi artificiali** tutti i **meccanismi di regolazione** si basano su **cicli di feedback negativo**



Regolatore centrifugo di James Watt (1788)

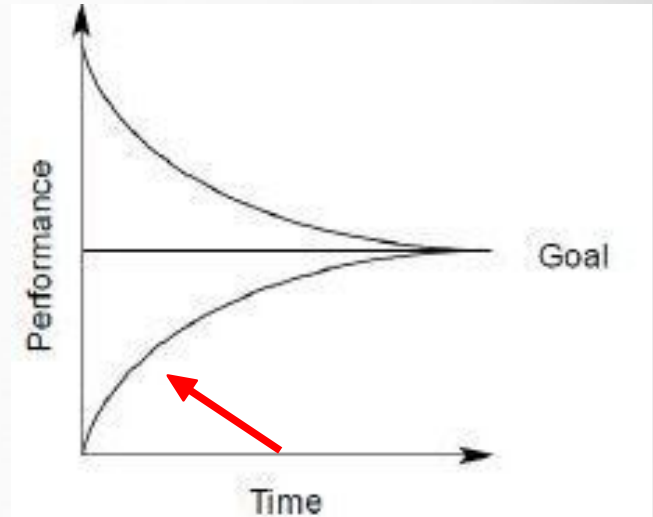
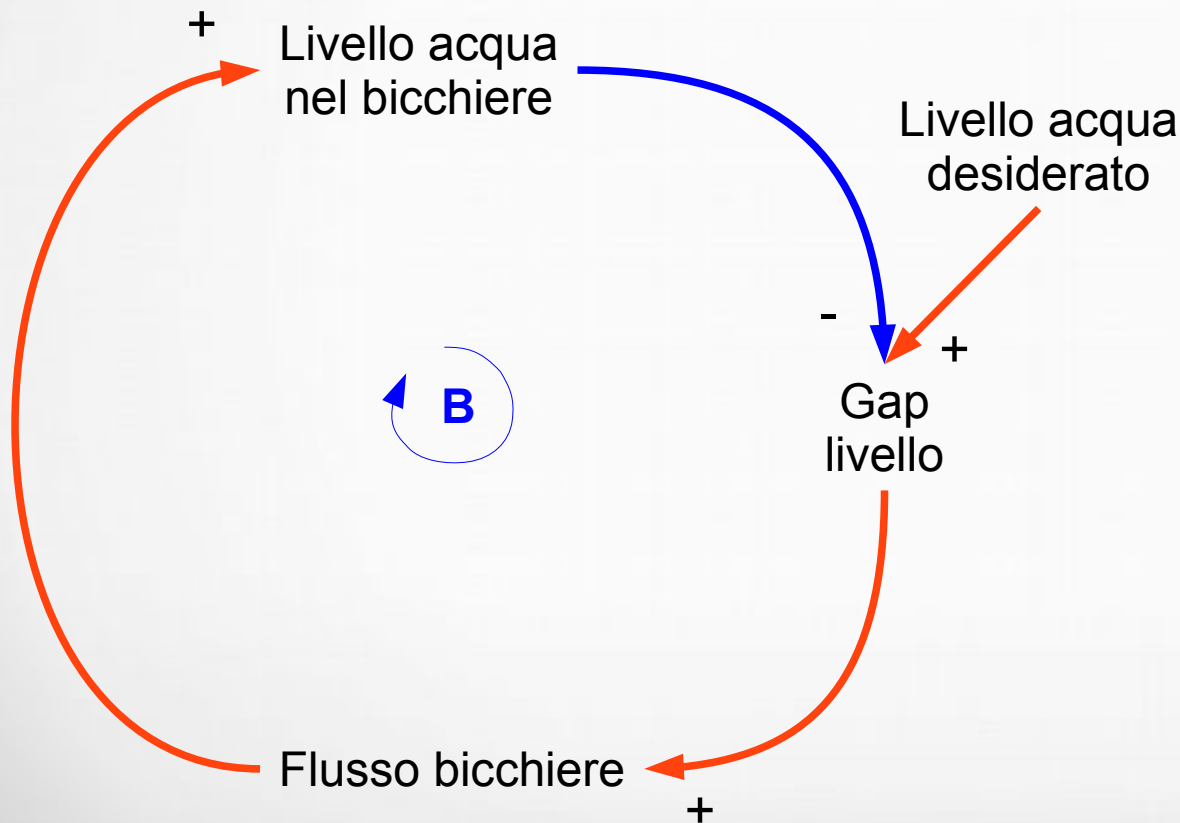
Negative feedback loop

- Regolazione della velocità di un veicolo



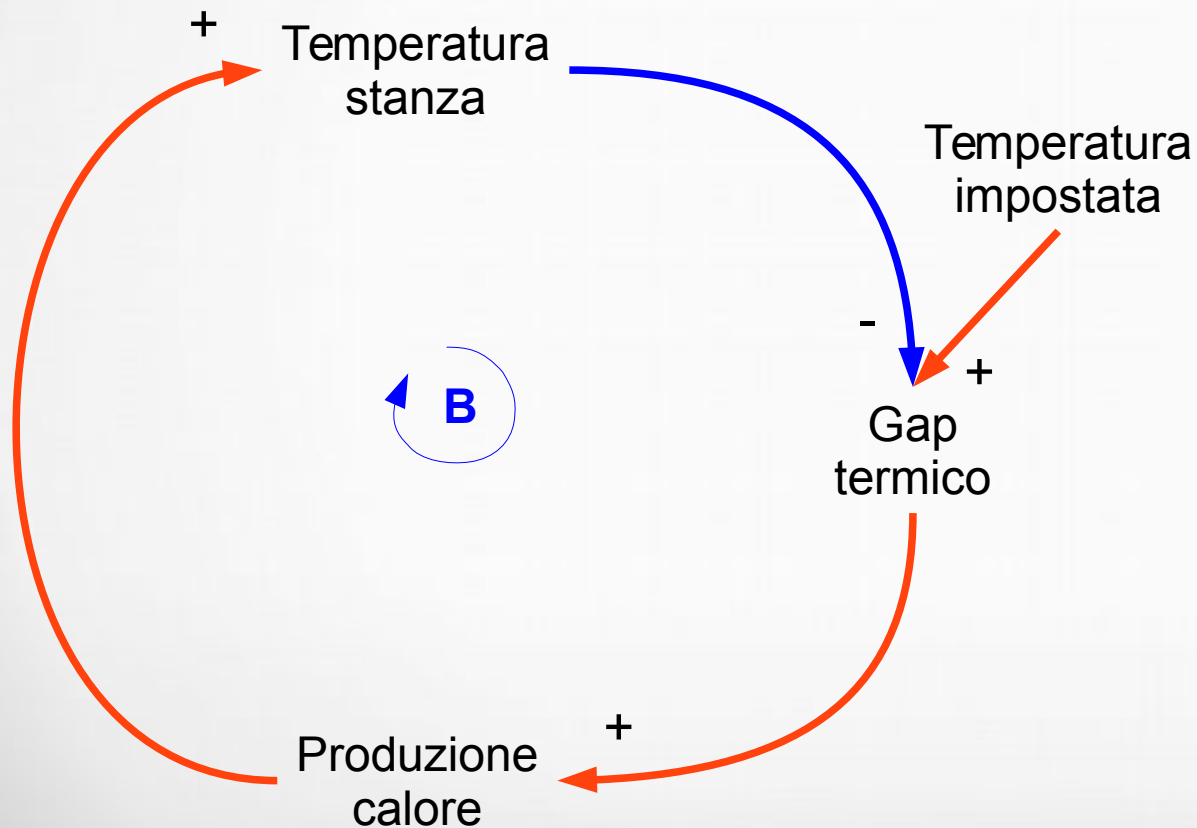
Negative feedback loop

- Riempimento di un bicchiere



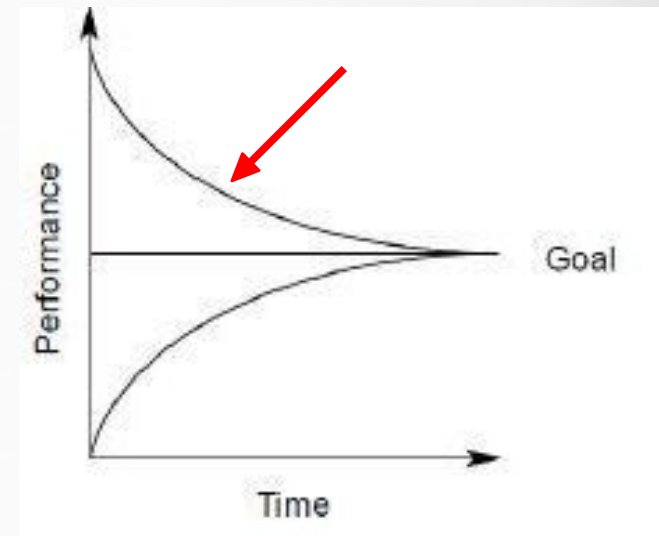
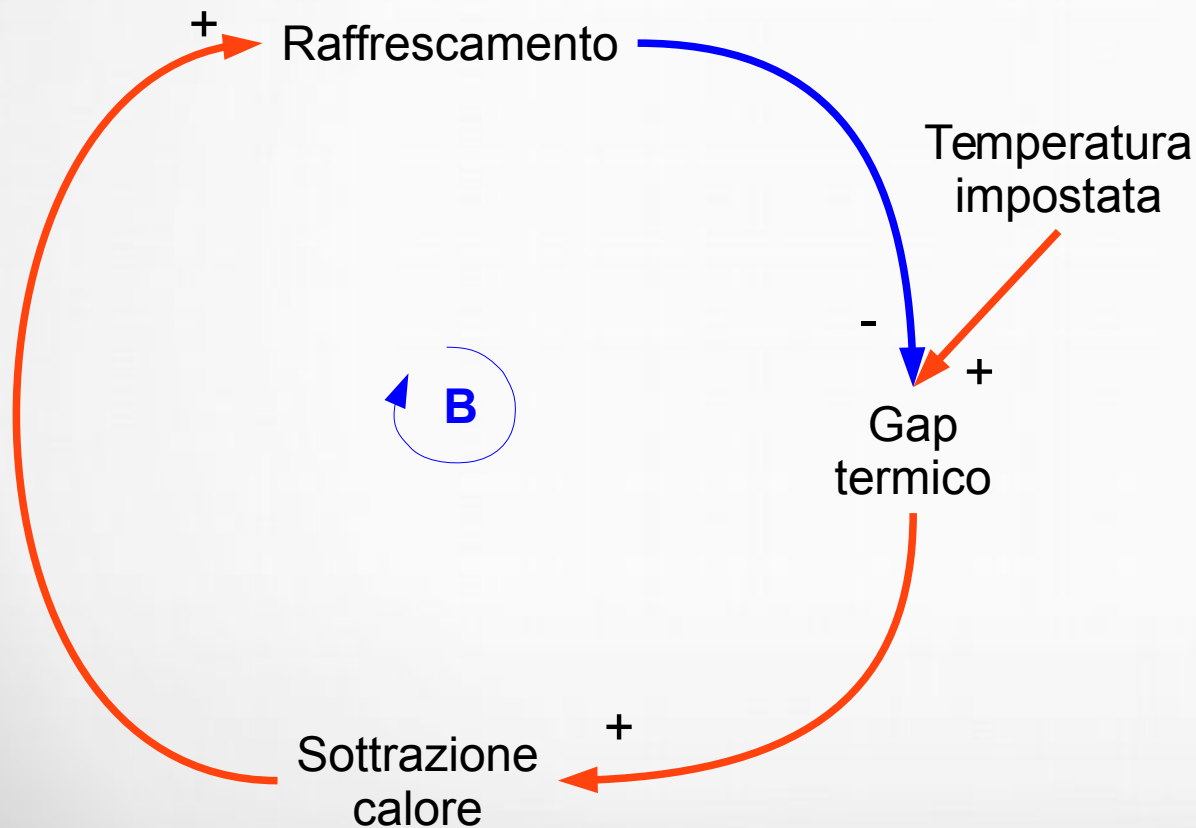
Negative feedback loop

- Sistema di riscaldamento con termostato



Negative feedback loop

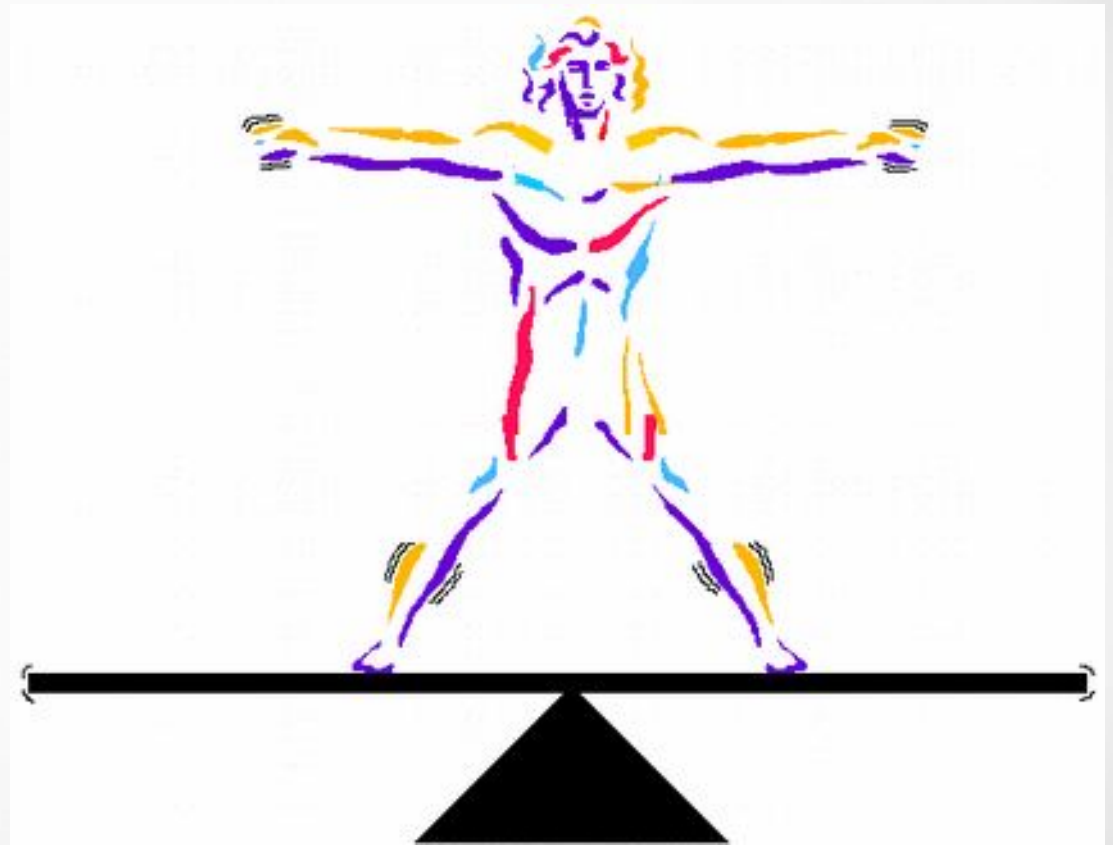
- Sistema di raffreddamento con termostato



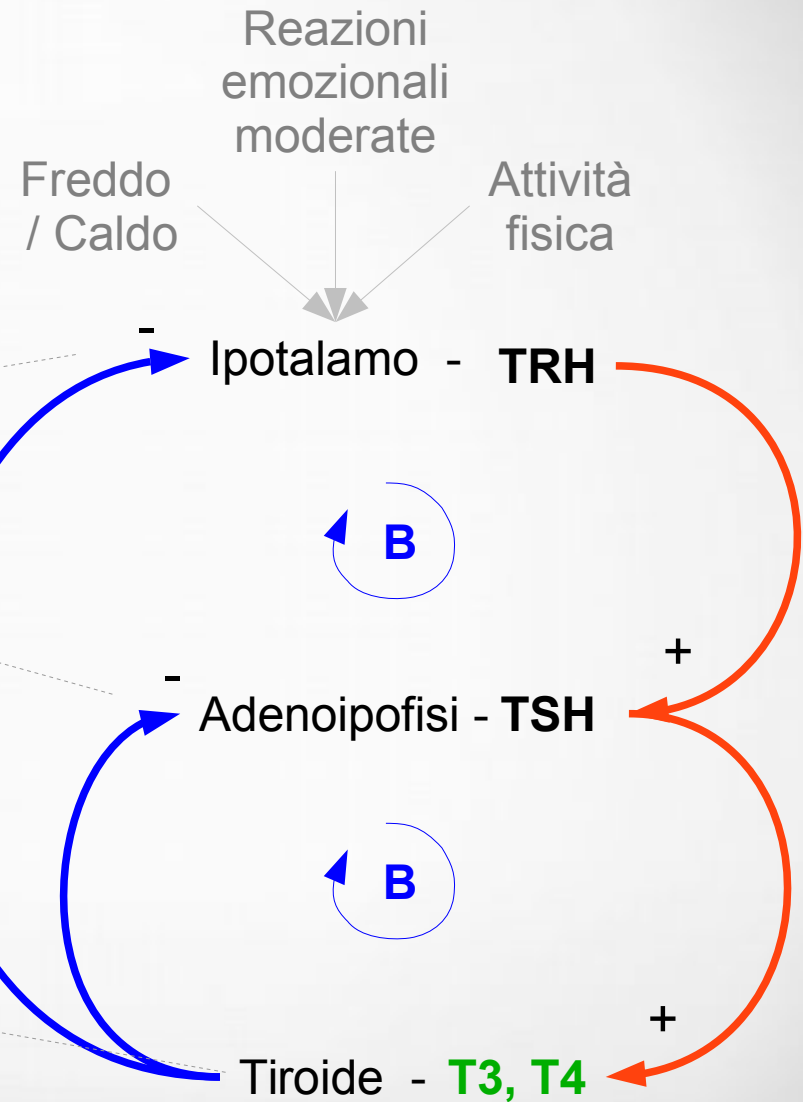
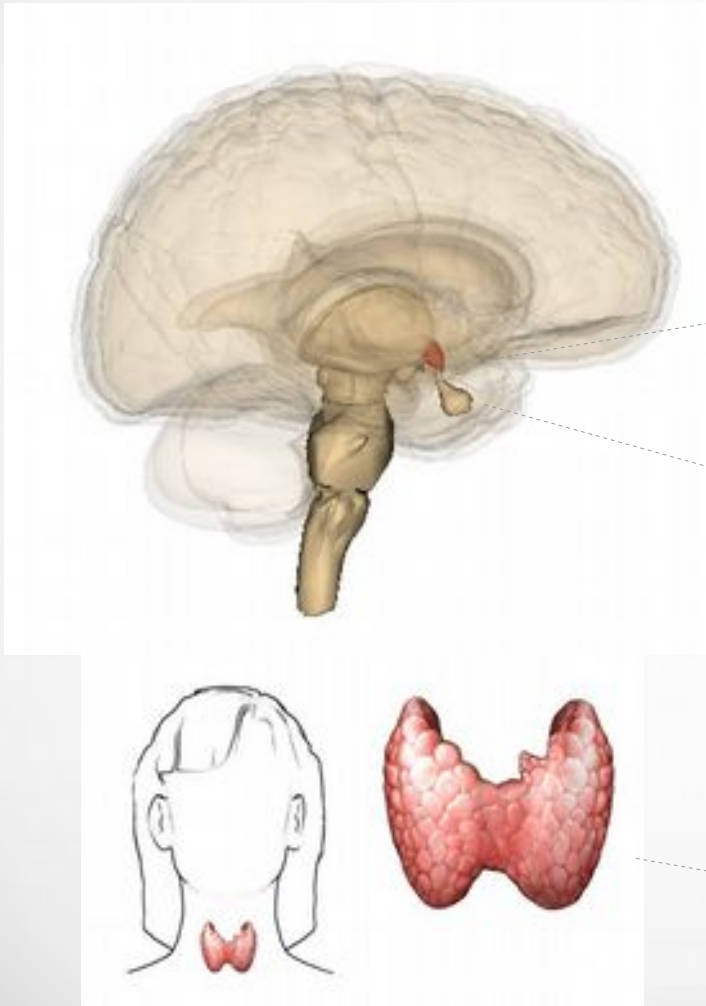
Negative feedback loop

- **Negli organismi viventi**

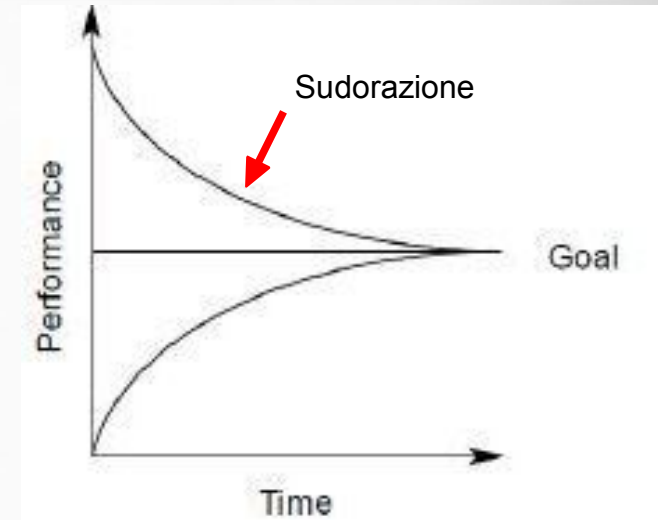
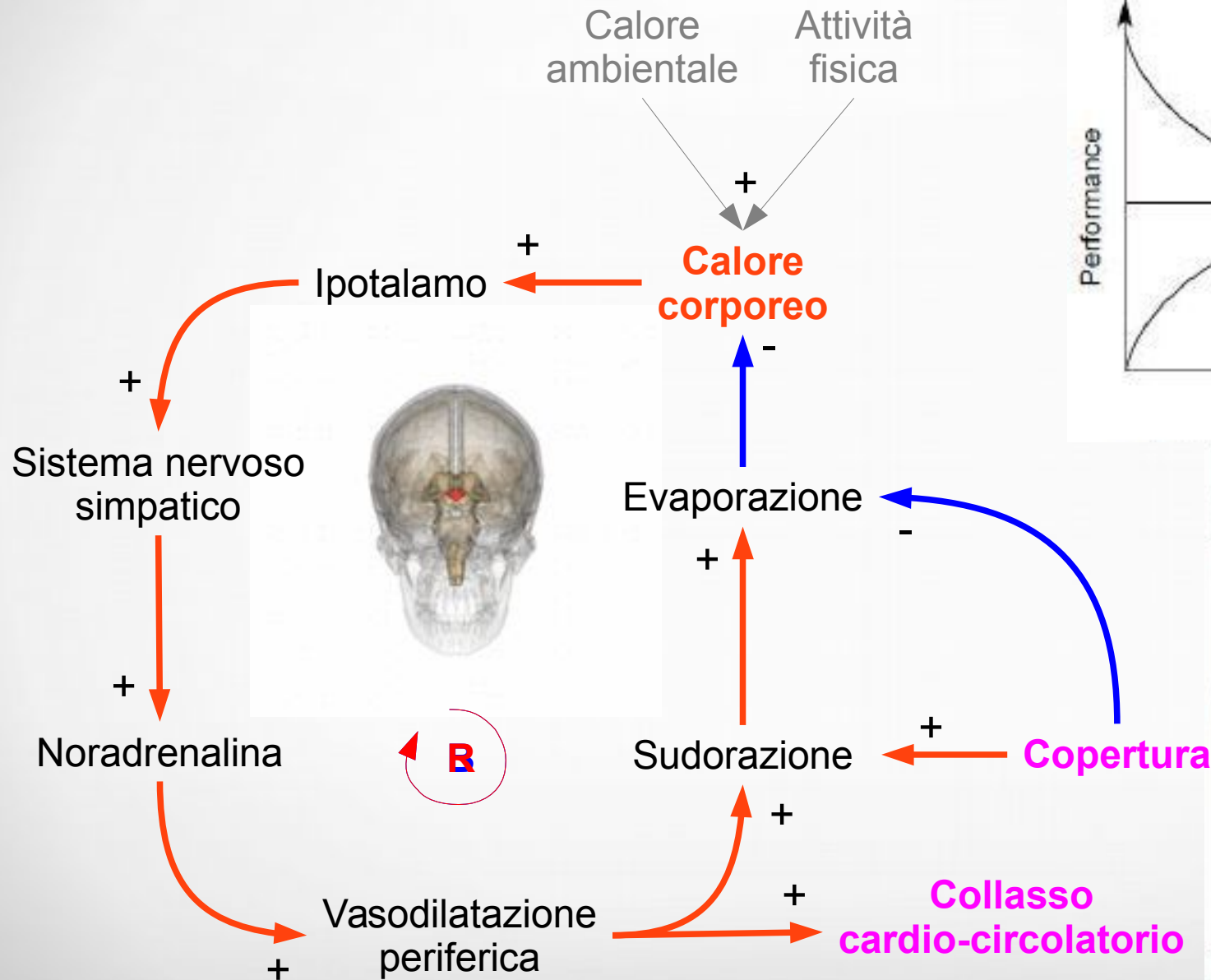
l'equilibrio
dinamico
ottenuto
attraverso il
feedback
negativo
prende il nome
di **omeostasi**.



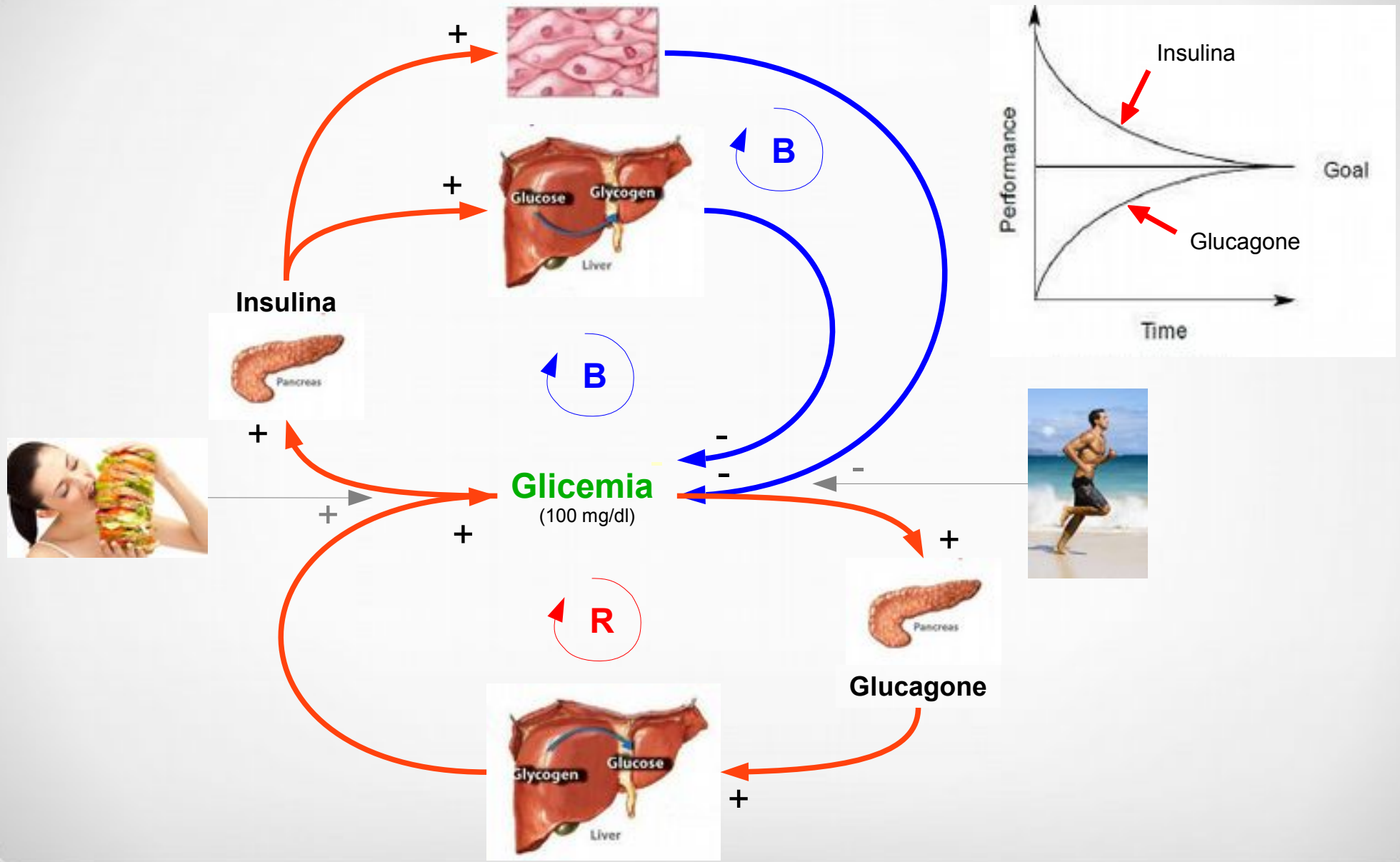
Omeostasi tiroide



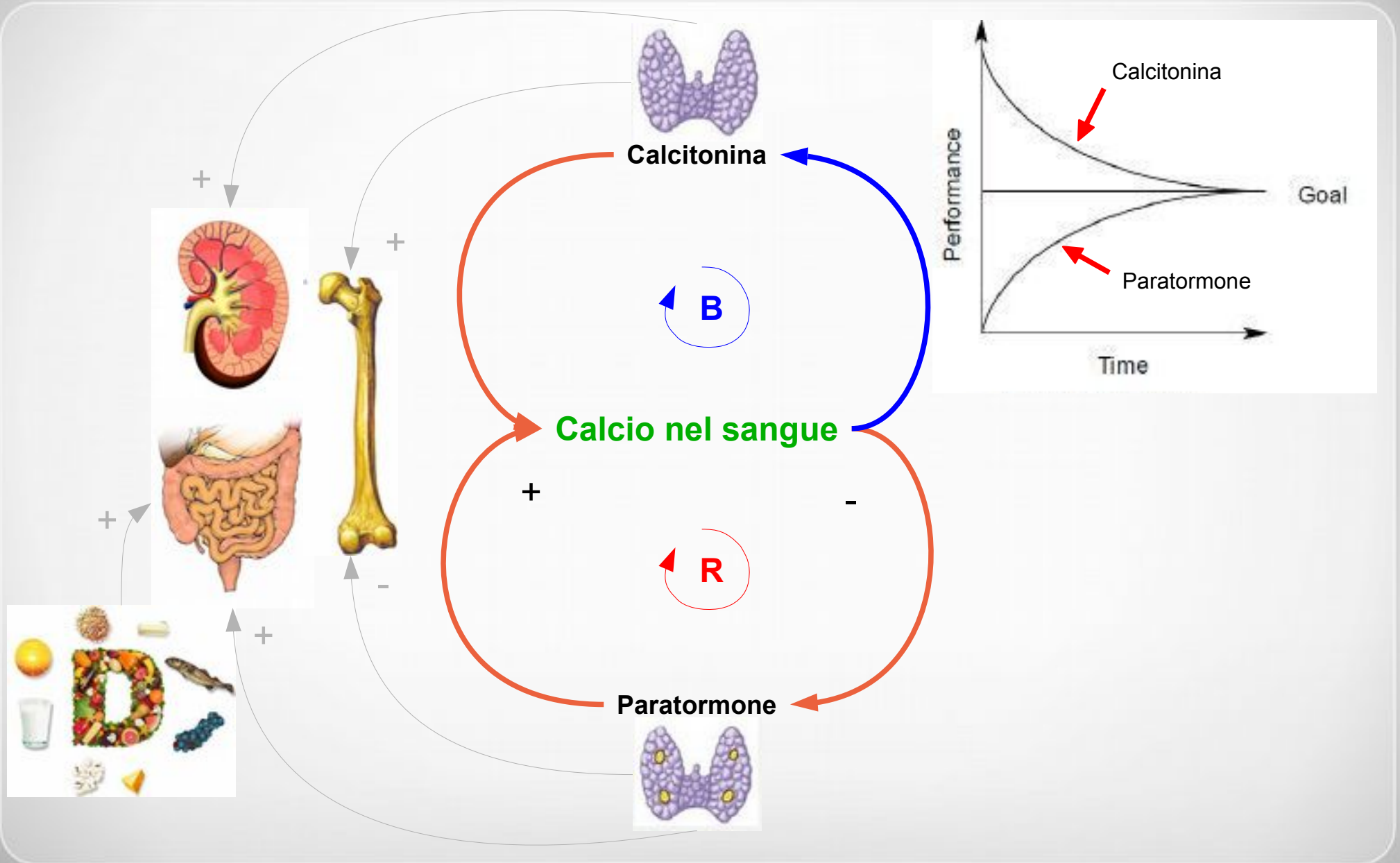
Omeostasi temperatura



Omeostasi glicemia

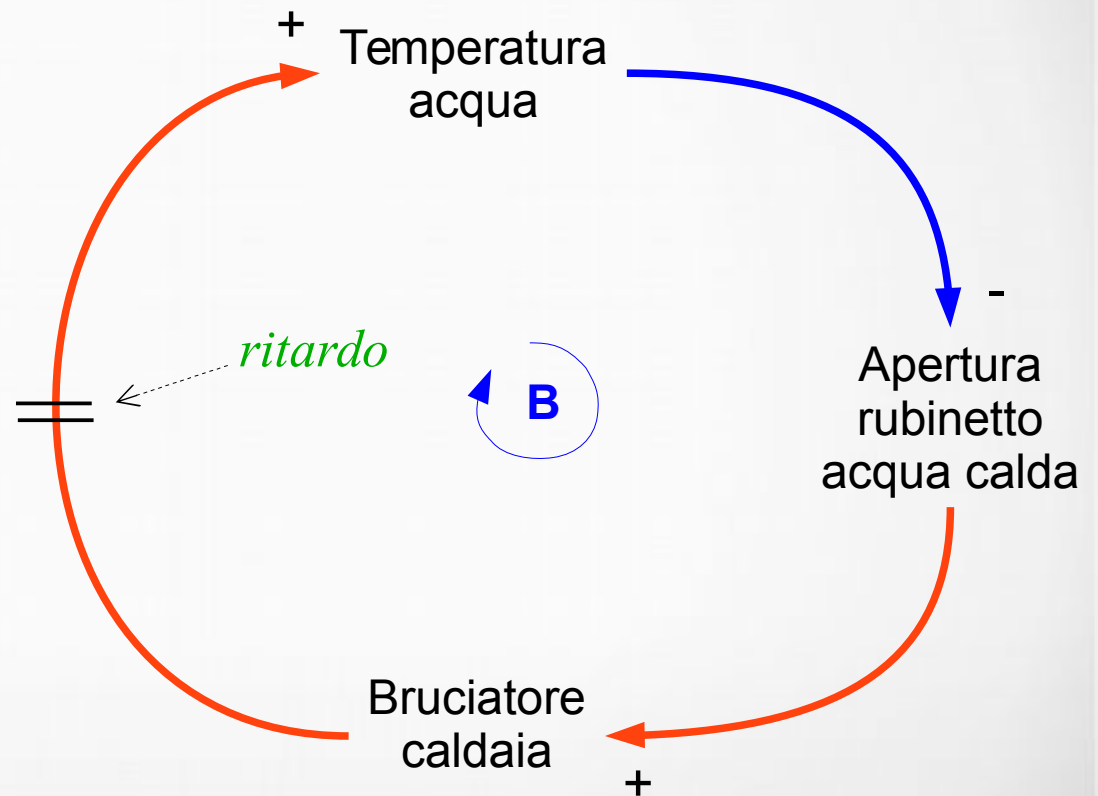


Omeostasi calcemia



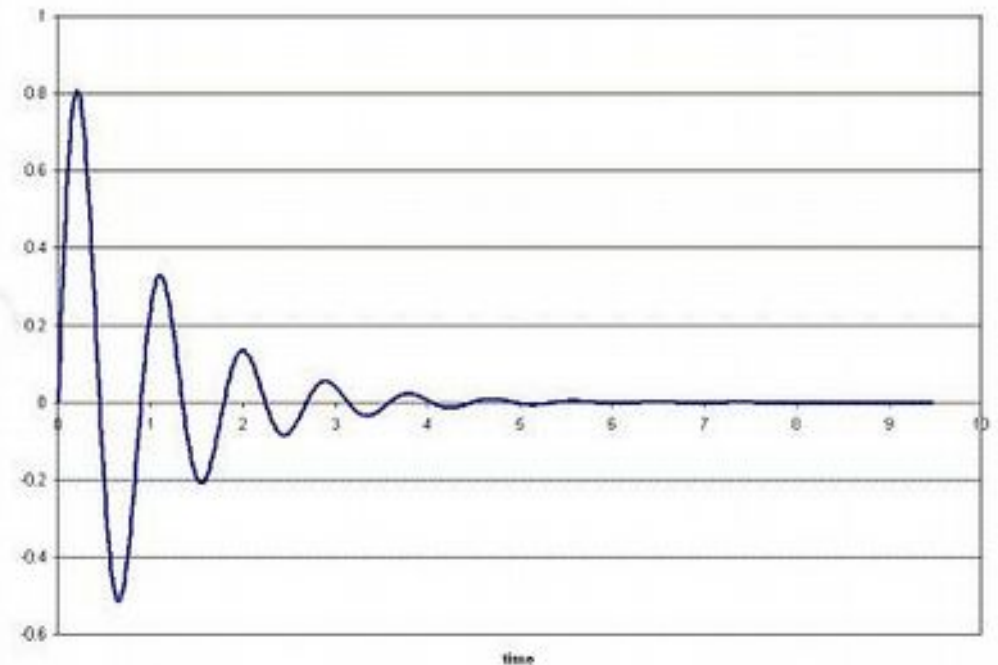
Negative feedback loop & Delay

- Regolazione della temperatura dell'acqua



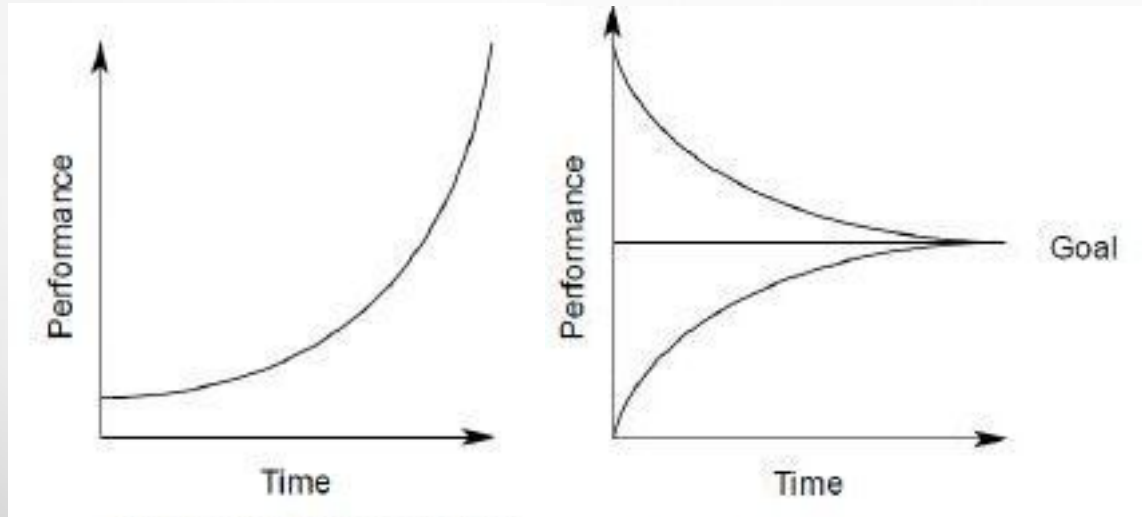
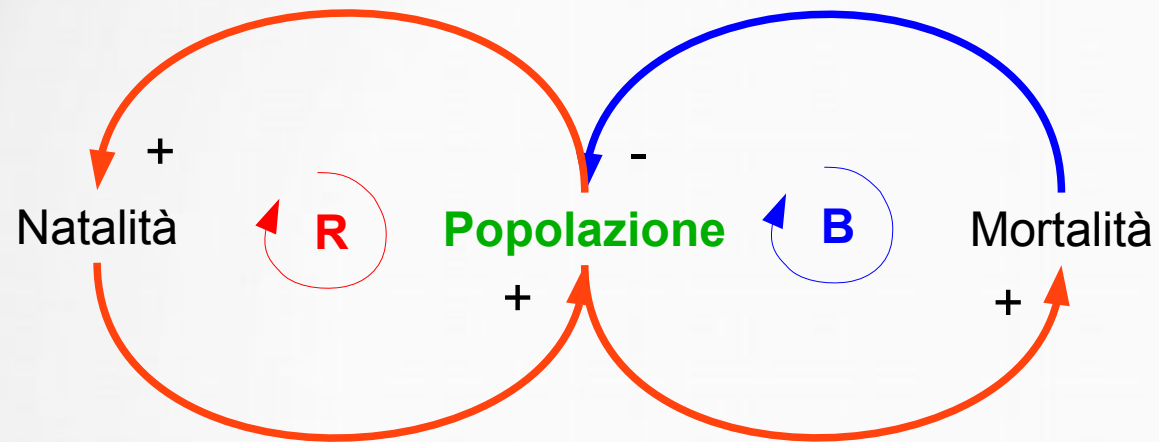
Negative feedback loop & Delay

- E' un processo che permette ai sistemi di **stabilizzarsi oscillando** intorno a un punto di equilibrio dinamico



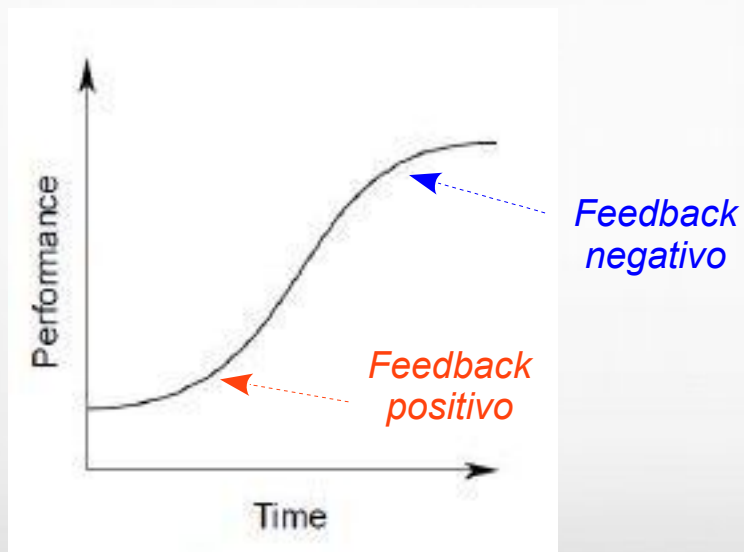
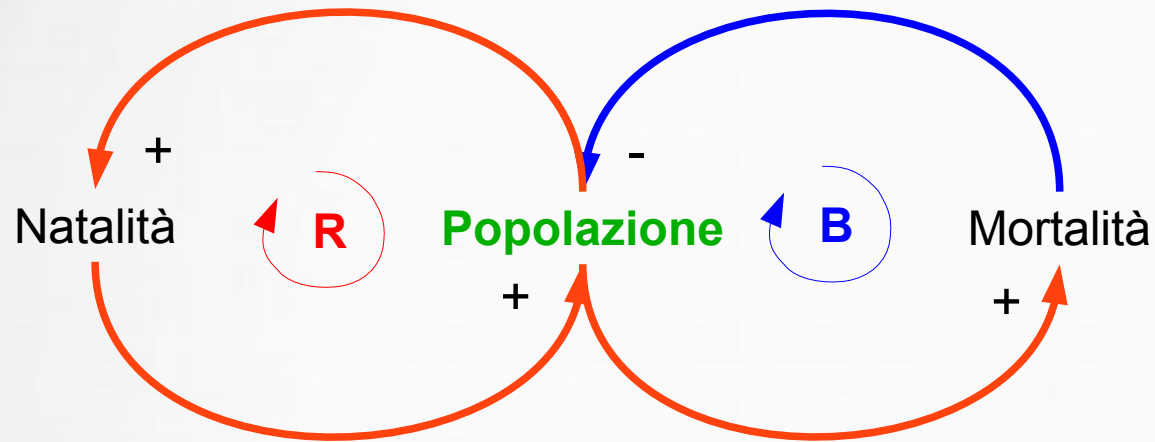
Positive & negative feedback loop

- Interazione di due cicli di feedback



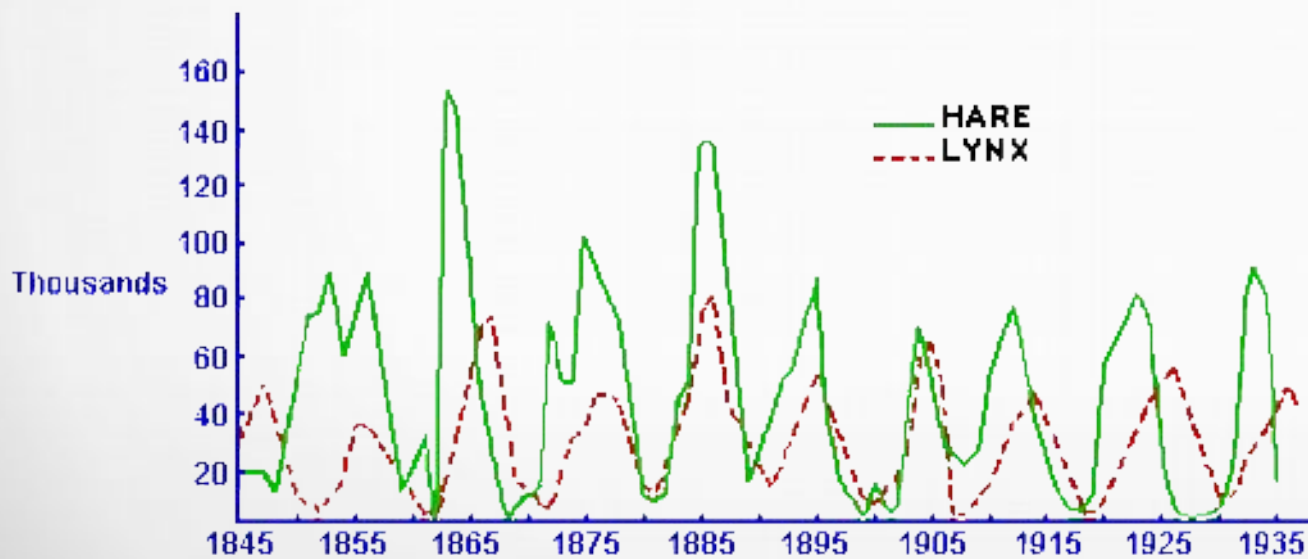
Positive & negative feedback loop

- Curva di crescita logistica (*S shaped*)



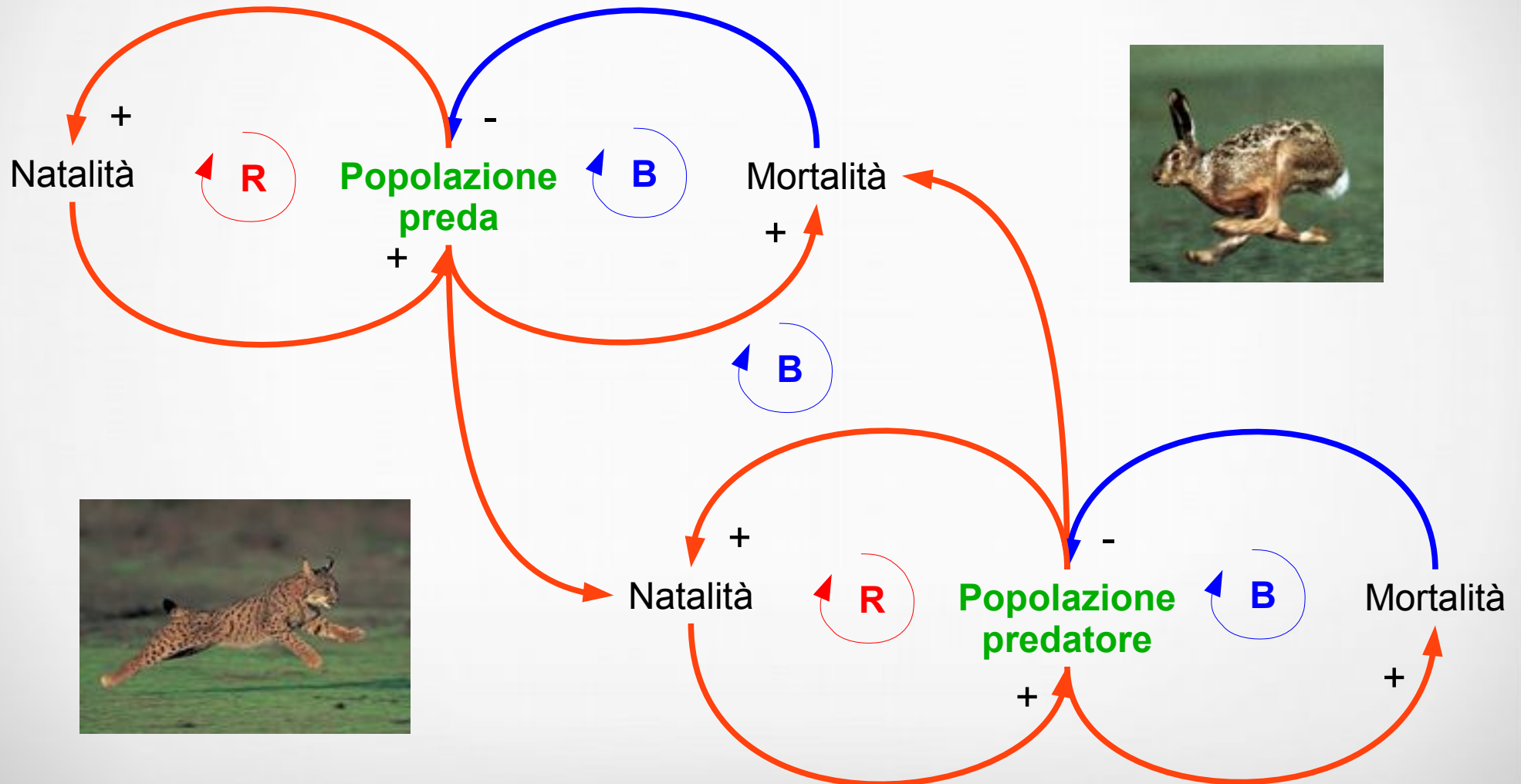
Positive & negative feedback loop

- In natura permettono la coesistenza e la coevoluzione delle specie
- Es. equilibrio dinamico **preda-predatore**



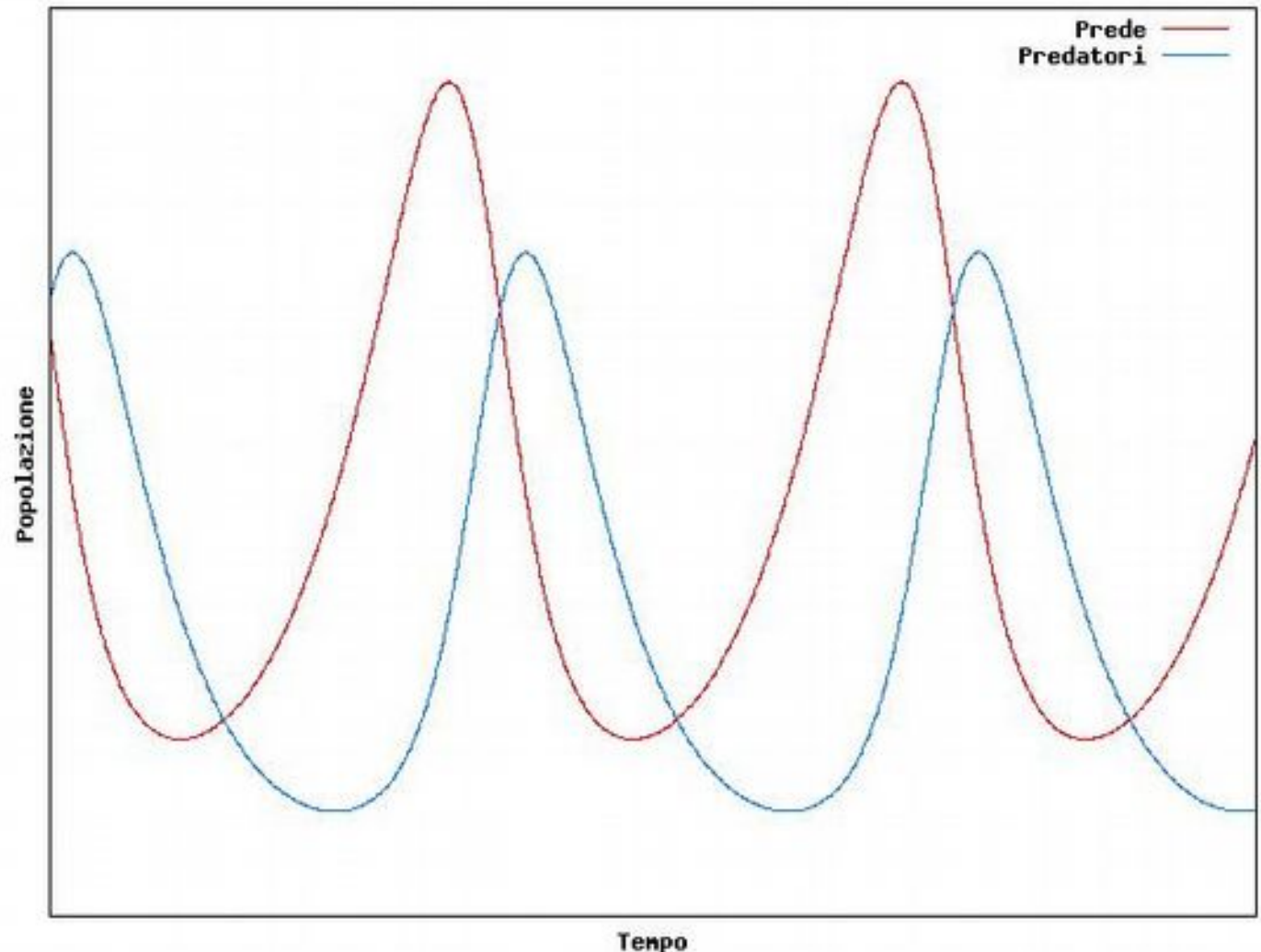
Positive & negative feedback loop

- Interazione di più cicli di feedback



Positive & negative feedback loop

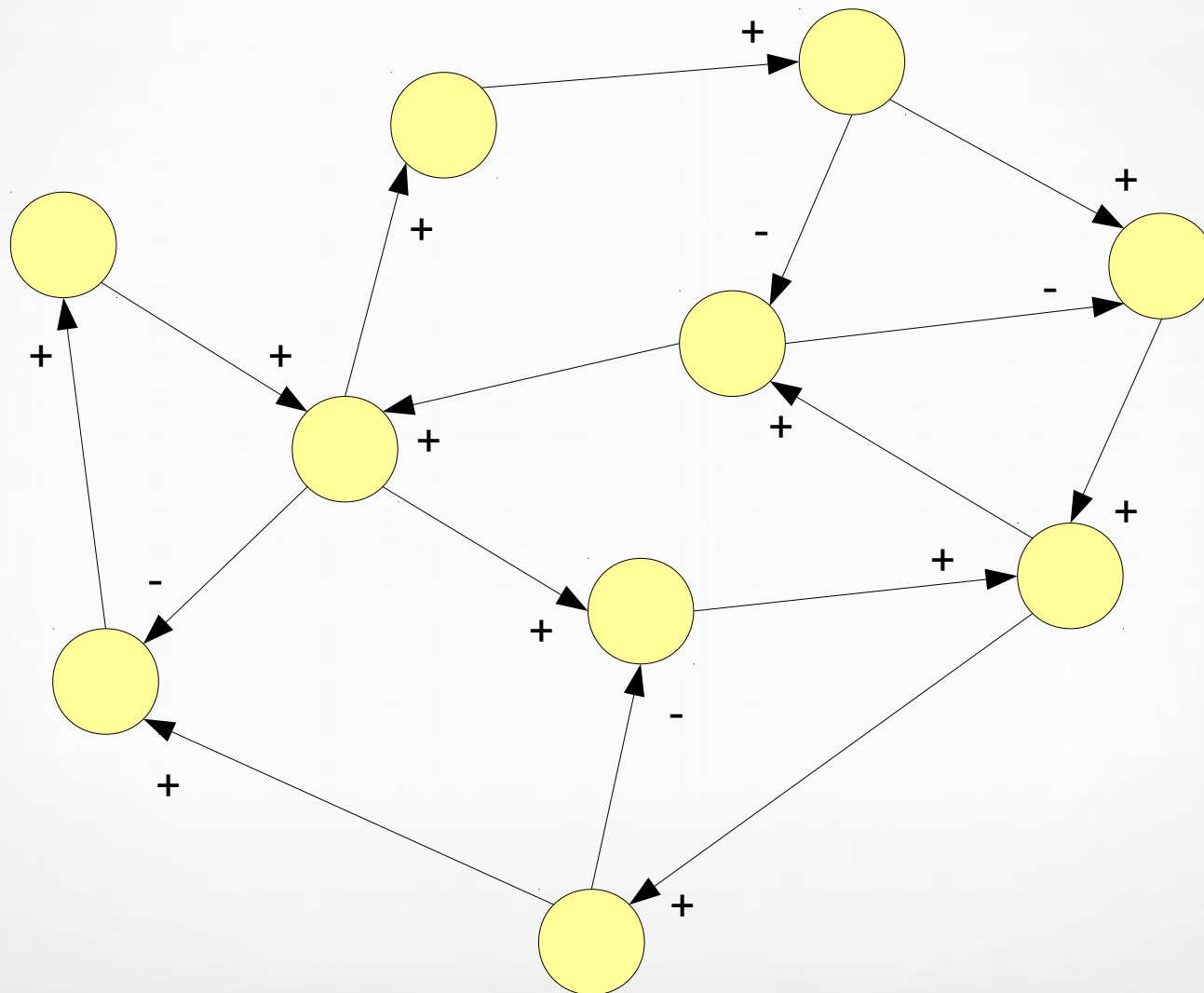
- Le popolazioni dei predatori e delle prede oscillano insieme intorno ai punti di equilibrio (modello Lotka-Volterra, 1925).



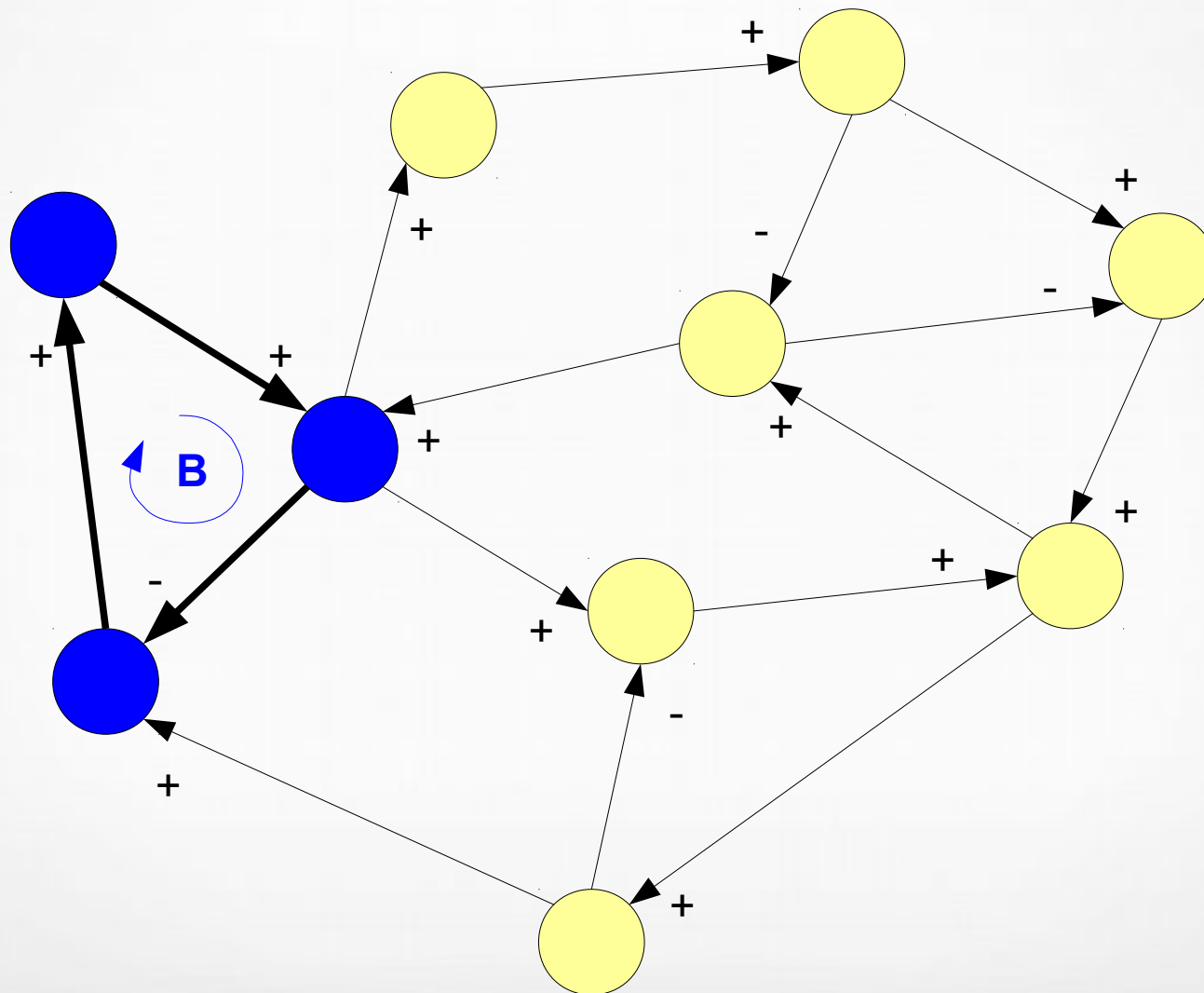
Sistemi complessi reali

- Le componenti di un sistema complesso interagiscono **localmente** tra loro formando una **RETE** di **interazioni non lineari**
- All'interno della rete, si intrecciano
 - processi di **feedback negativo**
 - processi di **feedback positivo**

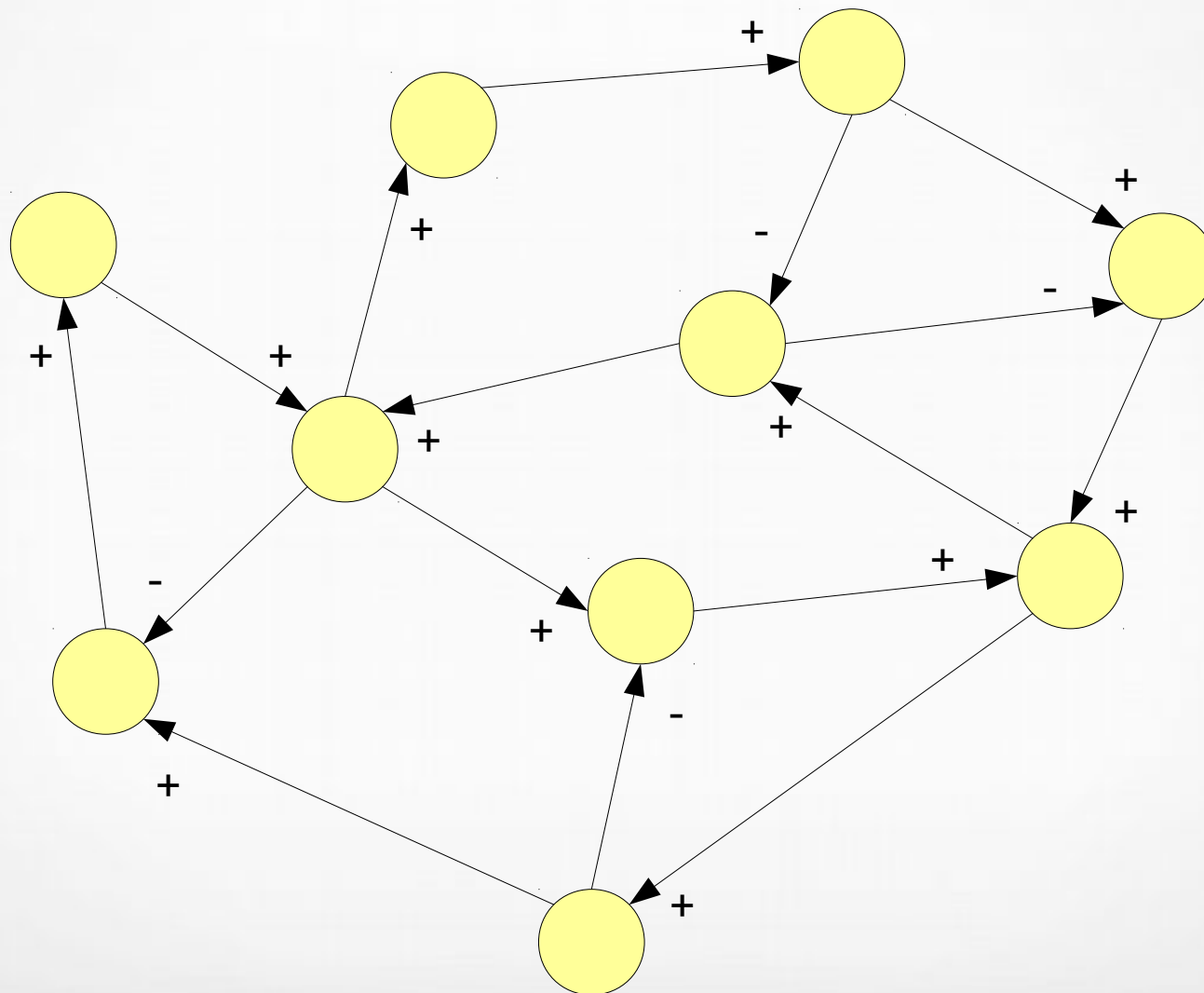
Sistemi complessi reali



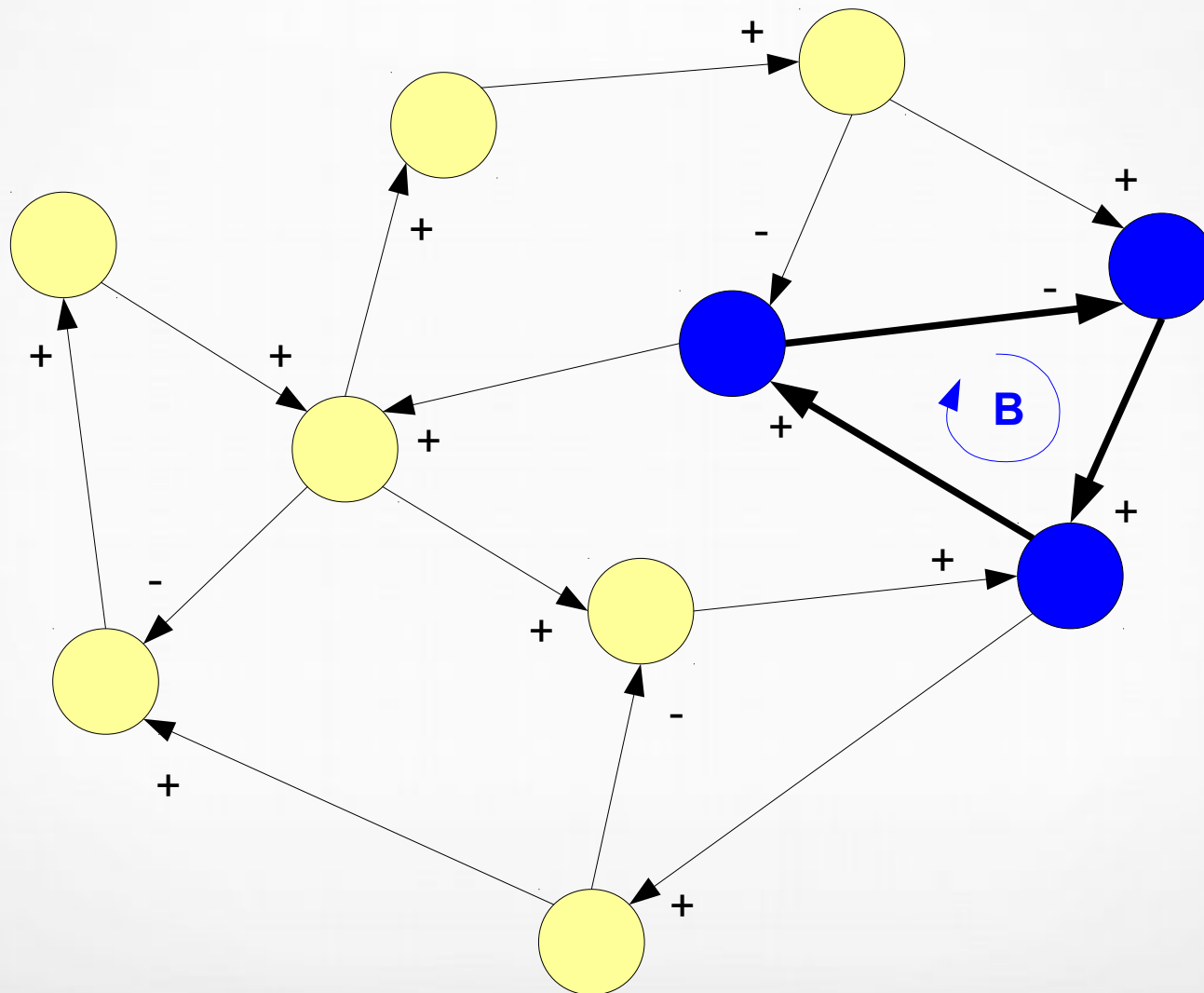
Sistemi complessi reali



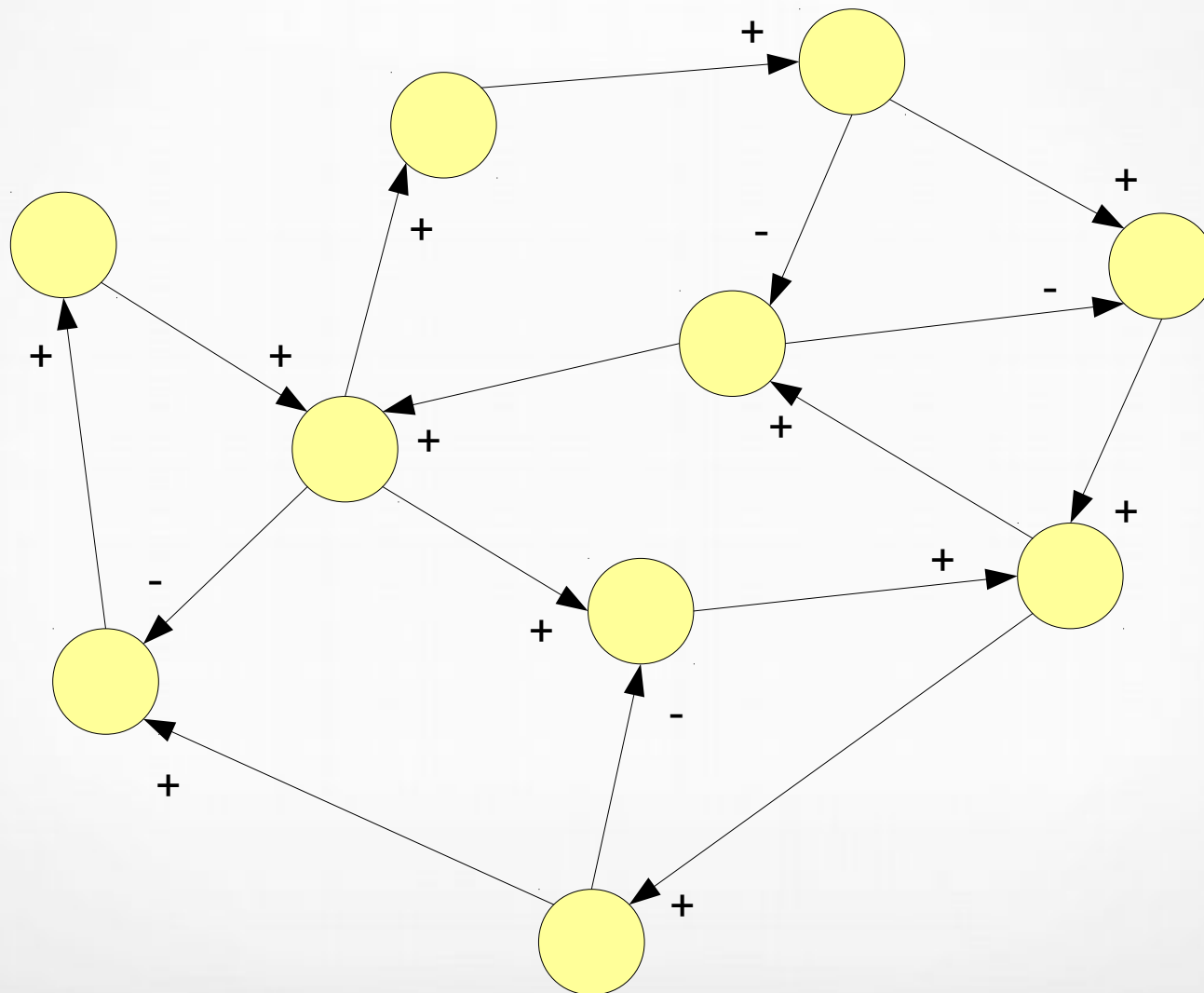
Sistemi complessi reali



Sistemi complessi reali



Sistemi complessi reali



Sistemi complessi reali

