



Introduzione alla System Dynamics

Alberto F. De Toni – Massimo Bearzi
Università degli studi di Udine

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
- Approcci

AGENDA

- **Introduzione**
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
- Approcci

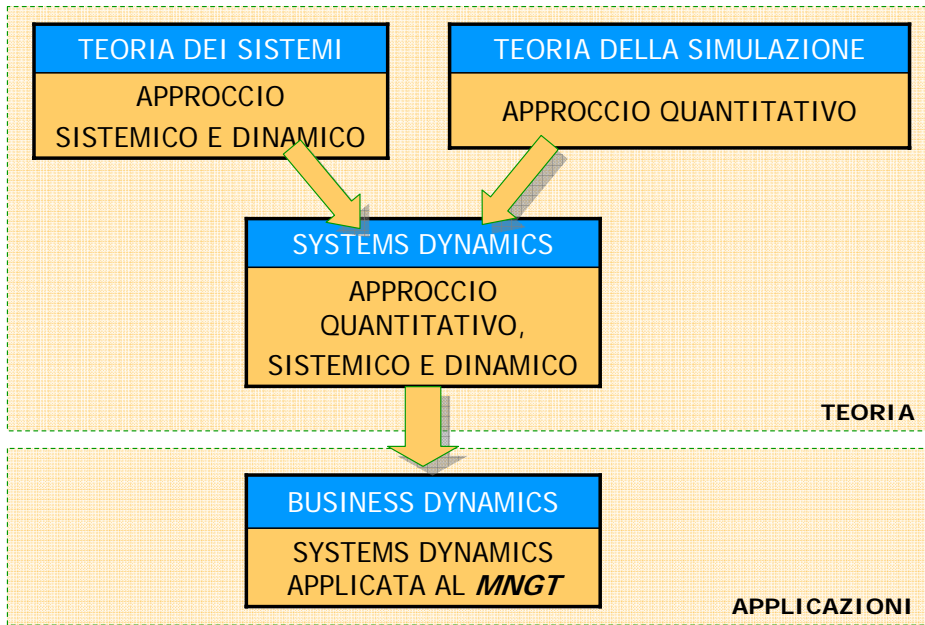
COS'È LA SYSTEM DYNAMICS

È una tecnica che consente di:

- *rappresentare i sistemi* come insiemi di più componenti che interagiscono tra di loro
- *analizzarne il comportamento dinamico*

Viene applicata mediante la realizzazione di **modelli di simulazione** che vengono fatti 'girare' su un apposito software.

Discipline, strumenti ed aree logiche



5

Cenni storici

- Nasce alla fine degli anni '50 presso il MIT di Cambridge (USA) ad opera di **J.W. Forrester**, che pubblica successivamente:
 - *Industrial dynamics* (1961)
 - *Urban dynamics* (1969)
 - *World dynamics* (1973)
- Si accresce nei contenuti teorici grazie alla corrente del ***Pensiero Sistemico***, soprattutto con **P. Senge**:
 - *La quinta disciplina* (1990)
- Trova un'accurata organizzazione solo recentemente con **J.D. Sterman** (ancora MIT):
 - *Business dynamics: system thinking and modelling for a complex world* (2000)

6

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
 - CONCETTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - ACCUMULI E FLUSSI
- Prospettive di analisi
- Approcci

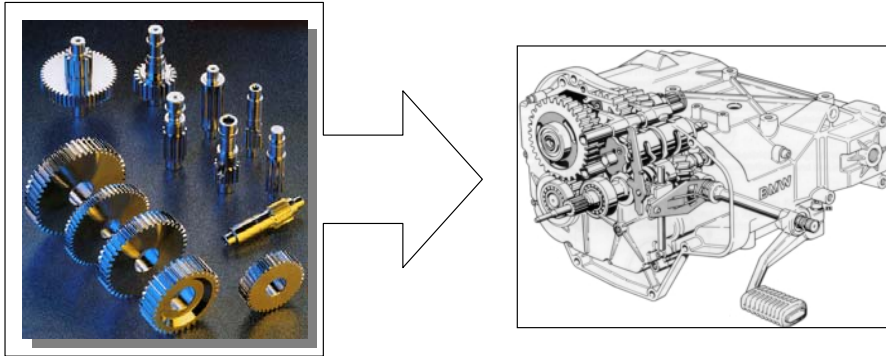
AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
 - CONCEPTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - ACCUMULI E FLUSSI
- Prospettive di analisi
- Approcci

SISTEMA – definizione meccanica

« gruppo di elementi che operano insieme per un fine comune »

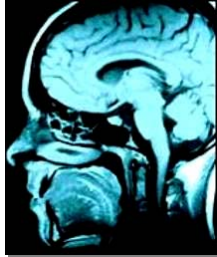
J.W. Forrester, "Principles of Systems", 1968



SISTEMA – definizione organica

« unità globale organizzata di interrelazioni fra elementi, azioni o individui »

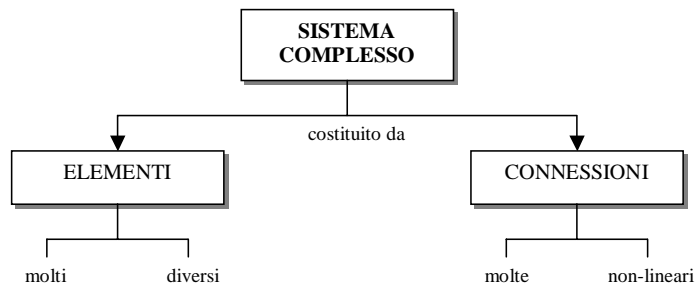
E. Morin, "Il metodo. Ordine, disordine, organizzazione", 1983



IL CERVELLO:

10^{11} – 10^{12} neuroni
1.000 dendriti per neurone
 10^{12} – 10^{13} connessioni (1.000 – 10.000 miliardi)

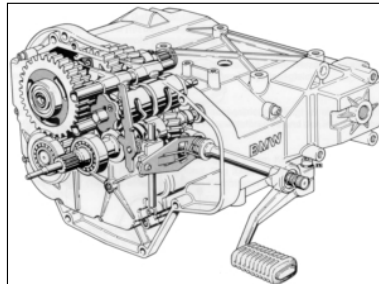
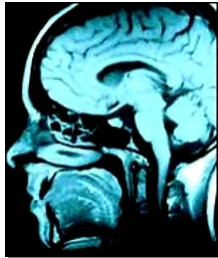
SISTEMA COMPLESSO



COMPLICATO vs COMPLESSO

	COMPLICATO	COMPLESSO
Etimologia	<i>cum plicum</i>	<i>cum plexum</i>
Approccio	analitico	sintetico
Soluzione	spiegato nelle sue pieghe	compreso nel suo insieme
Esempi	meccanismo	organismo

COME AFFRONTARE IL "COMPLESSO"



COME AFFRONTARLI?

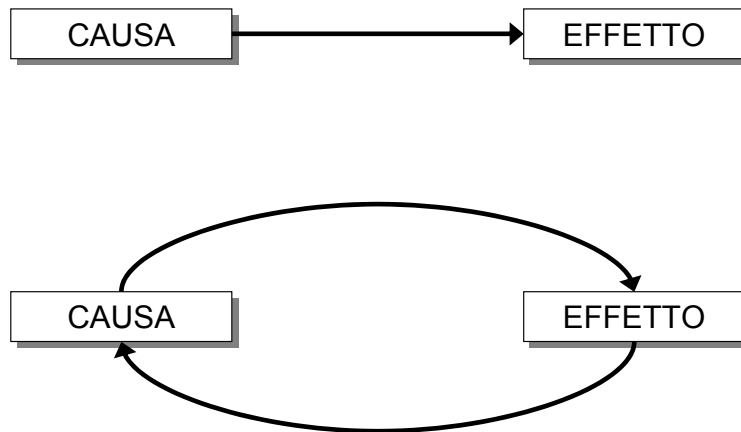
Per confrontarsi con i sistemi complessi bisogna utilizzare un **approccio sistemico**. Il complesso va compreso nel suo insieme, non spiegato nelle sue pieghe.

13

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
 - CONCETTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - ACCUMULI E FLUSSI
- Prospettive di analisi
- Approcci

CAUSALITA' LINERARE vs CAUSALITA' CIRCOLARE

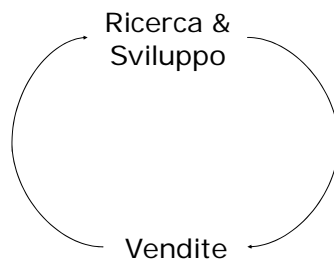


15

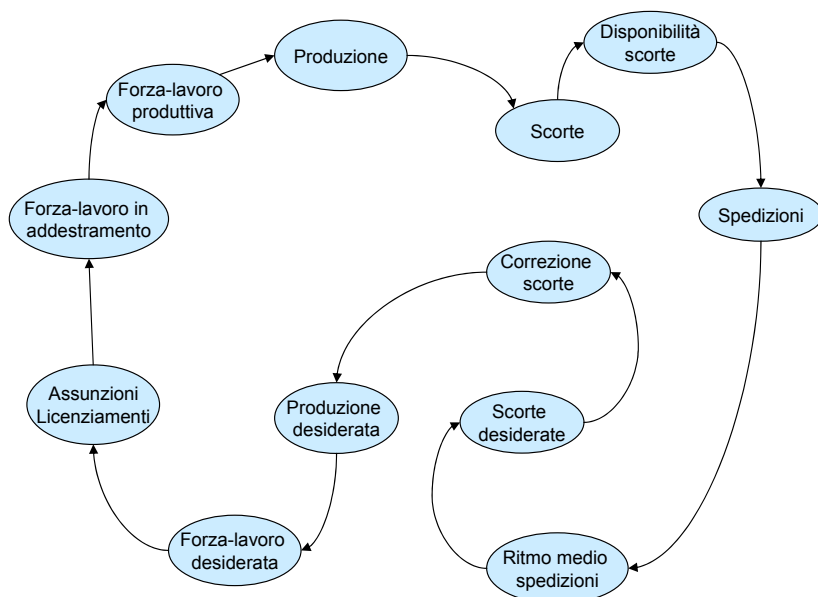
Molto spesso si è portati a ragionare in maniera lineare: una causa implica un determinato effetto.

Ma nella realtà può accadere anche che l'effetto vada ad influenzare la causa che lo ha generato, chiudendo così un circolo causale (detto di retroazione).

Un esempio di circolo causale



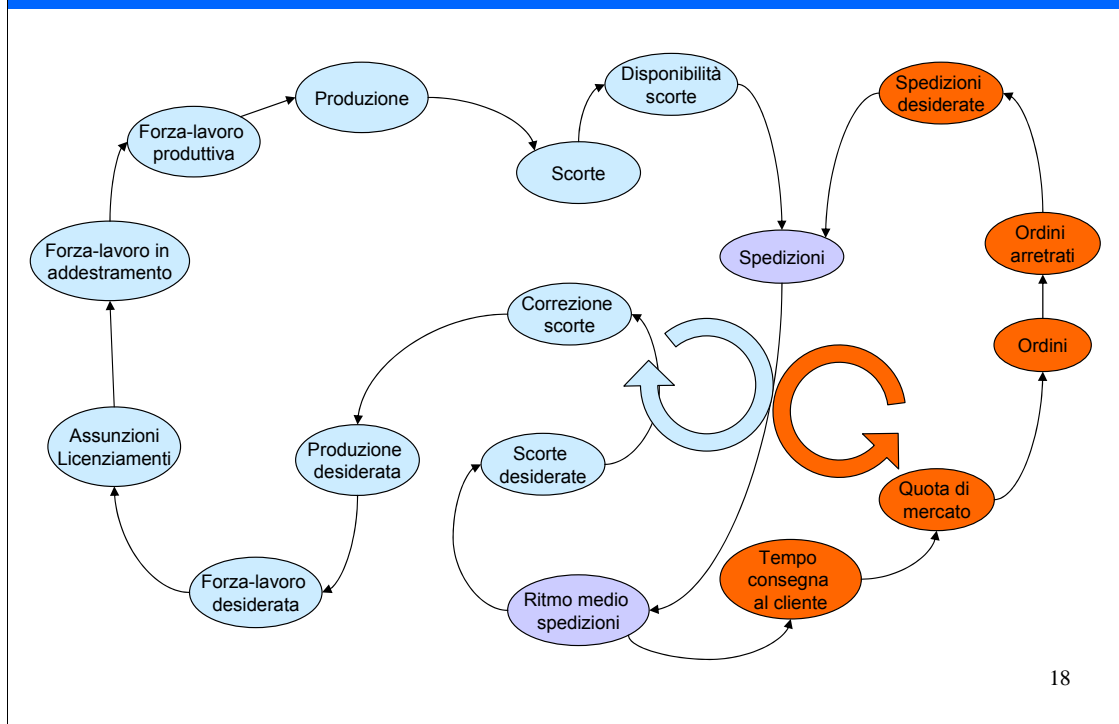
Un circolo causale può coinvolgere molte variabili



17

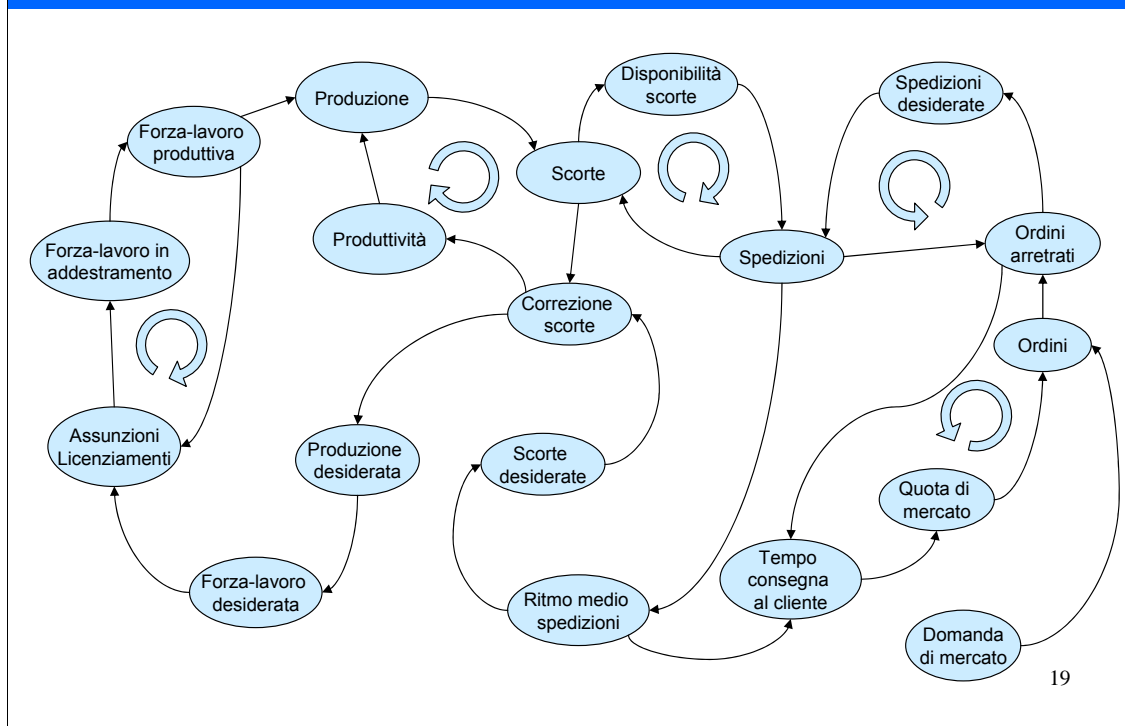
Per di più succede che all'interno di un sistema questi circoli possono costituirsi di più variabili.

I circoli causali possono concatenarsi



Inoltre i circoli possono concatenarsi, sovrapporsi e dar luogo a delle relazioni di difficile definizione.

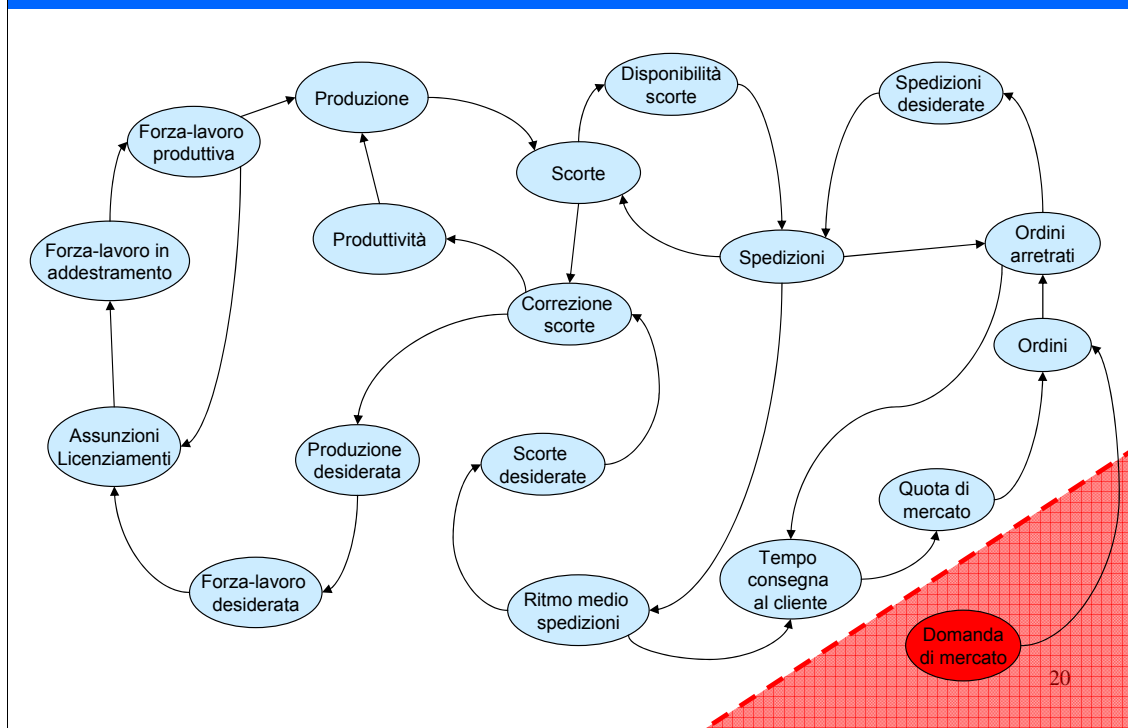
...e le variabili sono connesse da molti circoli.



In particolare questo succede nella realtà aziendale, dove i circoli non sono affatto semplici, ma si concatenano nelle maniere più complesse.

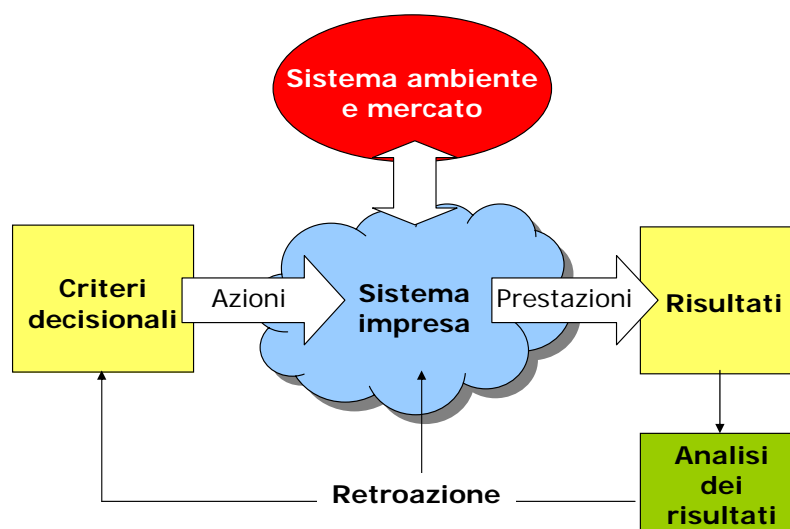
In questi insiemi di variabili interdipendenti ogni variabile coproduce le altre e, a sua volta, è coprodotta dalle altre. All'interno del sistema addirittura si perde il concetto di causalità lineare, dal momento che nessuna variabile può esistere senza le altre e quindi non ha senso chiedersi chi venga prima.

Le variabili esogene



Piuttosto è utile pensare ad esse come agli elementi che costituiscono il sistema e lasciare il nome di cause a quelle grandezze che sollecitano il sistema dall'esterno.

L'impresa come un sistema retroattivo complesso



21

La caratteristica principale dei sistemi adattivi complessi (dal corpo umano ai sistemi socio economici) è che **le relazioni causa-effetto non sono lineari ma presentano meccanismi tipici del feedback** che permettono l'**adattamento all'ambiente circostante**.

Un'azienda è un'*entità* che, per alcuni suoi elementi caratterizzanti, può essere studiata attraverso *modelli sistemici*. Questo avviene quando si ritiene che il comportamento esibito presenti caratteristiche incomprensibili tramite l'analisi dei suoi singoli elementi e sia possibile studiarlo solo come risultato delle relazioni tra essi.

L'azienda può essere associata ad un sistema perché è composta da elementi che interagiscono tra loro; essa è infatti composta da un'aggregazione di persone, di macchine e di risorse economiche interconnesse tra loro da operazioni e attività. Sistemi di questo tipo sono presenti ovunque ma il più delle volte manca l'abilità nell'individuarli e si giunge così a risultati opposti a quelli desiderati.

Da queste considerazioni è evidente la necessità di interpretare i processi aziendali in modo sistemico per ampliare i contesti decisionali; i responsabili delle decisioni strategiche devono essere in grado di gestire *sistemi* di persone, *sistemi* di risorse e *sistemi* di informazioni.

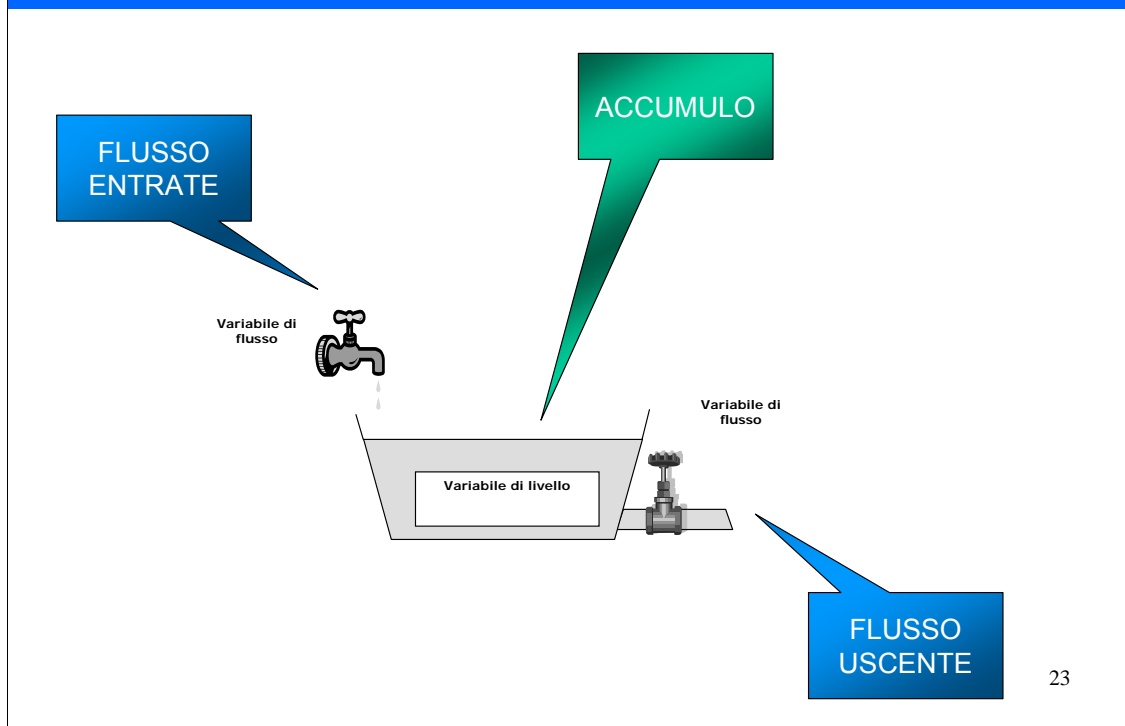
Lo scopo generale è capire come il "sistema impresa" si comporti nel tempo in funzione delle azioni/decisioni intraprese e delle interazioni con il "sistema ambiente e mercato"

La retroazione, in questo caso, scaturisce dall'analisi dei risultati per modificare lo stato iniziale del sistema aziendale e rivedere i criteri decisionali, generando ancora una volta un circolo.

AGENDA

- Introduzione
- **Principi base della System Dynamics**
 - CONCETTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - ACCUMULI E FLUSSI
- Prospettive di analisi
- Approcci


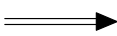


ACCUMULI E FLUSSI – metafora idraulica



Le variabili che costituiscono il sistema in osservazione non sono tutte dello stesso tipo. Infatti possiamo individuare tra di esse alcune che rappresentano una quantità di una grandezza che si accumula nel tempo, altre che rappresentano un flusso di una grandezza. Nella terminologia anglosassone più comune le prime sono indicate con il termine "stock" e le seconde con il termine "flow", anche se si possono trovare gli altrettanto validi "leve" e "rate". Noi useremo la coppia *accumulo / flusso* perché è quella che rende meglio l'idea.

Per capire i concetti di accumulo e flusso è molto valida la seguente metafora. Un accumulo può essere pensato come un serbatoio, mentre un flusso come un tubo munito di rubinetto che riempie – nel caso di flusso entrante – o che svuota – nel caso di flusso uscente – il serbatoio. Il rubinetto indica che la portata nel tubo può essere modificata.

ACCUMULI E FLUSSI – notazioni grafiche e definizione

SIMBOLO	SIGNIFICATO
	Variabile di livello
	Flussi in entrata e in uscita
	Regolatore di flusso
	Sorgenti o pozzi del sistema (confini)

24

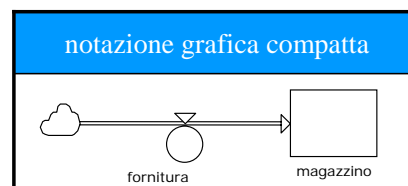
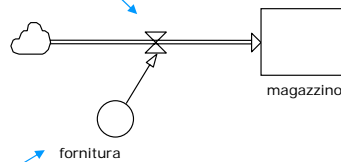
Forse per tenere sempre viva nella mente la metafora idraulica, è convenzionalmente usata la seguente notazione grafica:

1. un accumulo è indicato da un rettangolo (che dà l'idea di una scatola o di un contenitore in genere);
2. un flusso è indicato da una doppia linea orientata interrotta nel mezzo da una valvola a farfalla (questo assieme dà l'idea della tubazione in cui la portata può essere variata).

ACCUMULI E FLUSSI – uso delle notazioni grafiche

un accumulo può variare solo a causa dei flussi

al flusso corrisponde una variabile effettiva

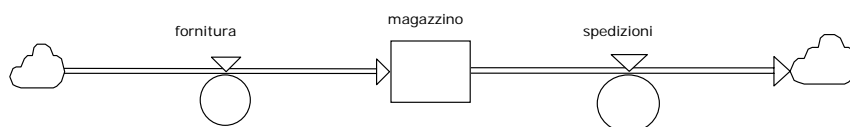
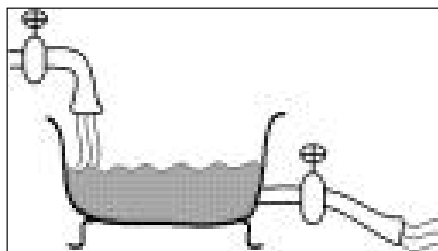


25

Per indicare che al flusso corrisponde una variabile effettiva – e non solo un processo di accumulo in un'altra variabile – gli si associa l'icona circolare delle variabili ausiliarie dalla quale parte un link che termina sulla valvola a farfalla.

Usualmente, questa notazione viene resa compatta posizionando l'icona circolare direttamente sulla valvola.

ACCUMULI E FLUSSI – la metafora idraulica ... strutturata

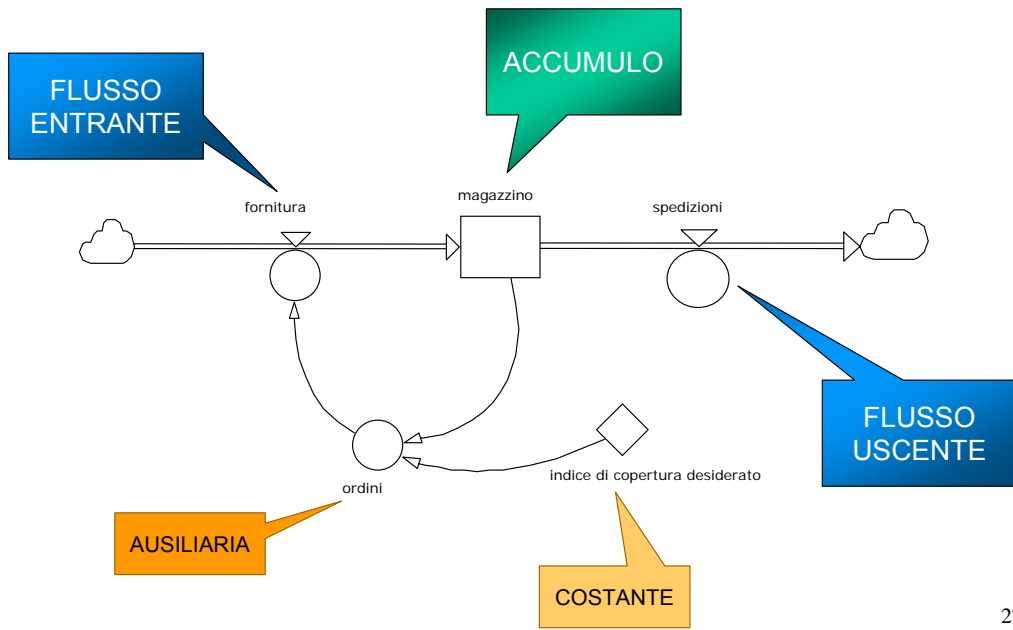


26

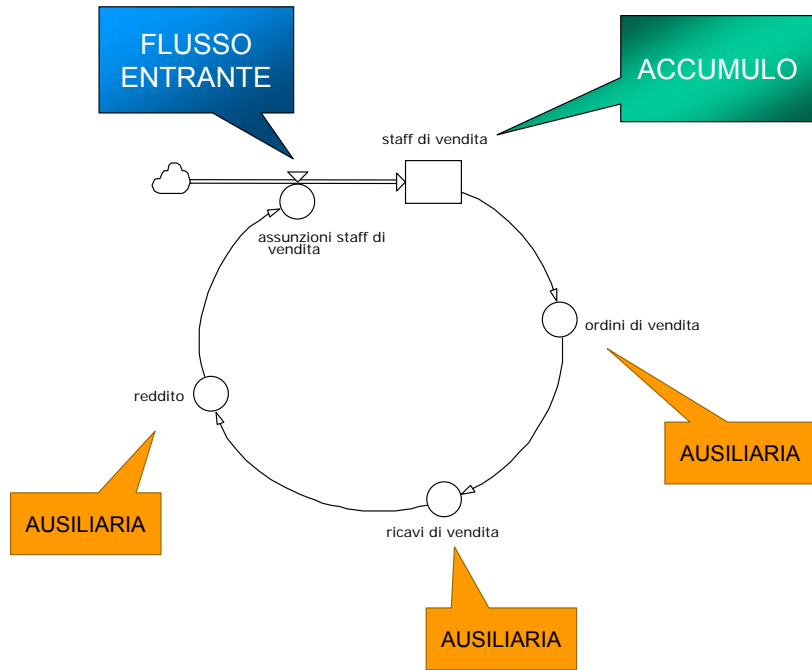
Con tale concetto intendiamo evidenziare il fatto che se una variabile *accumulo* evolve nel tempo, allora questa deve essere necessariamente accompagnata da una variabile *flusso entrante* e da una variabile *flusso uscente* – almeno una delle quali deve essere non nulla.

→ ritorniamo alla metafora idraulica !!

ACCUMULI E FLUSSI – il magazzino



ACCUMULI E FLUSSI – le vendite



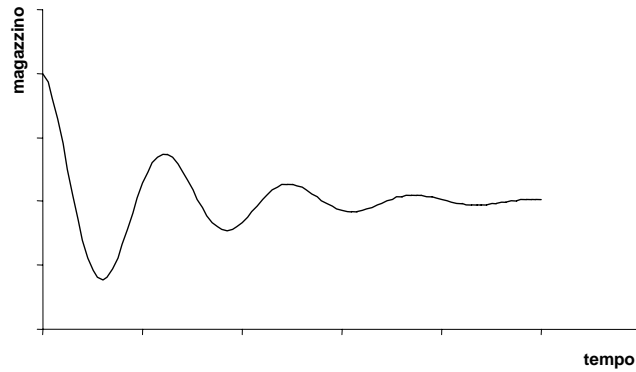
AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE
- Approcci

AGENDA

- Introduzione
- Principi base di System Dynamics
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE
- Approcci

EVOLUZIONI TEMPORALI

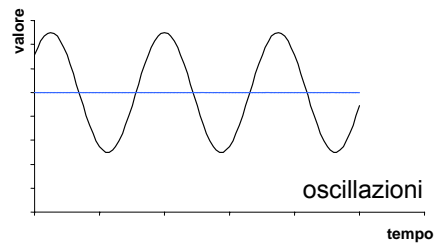
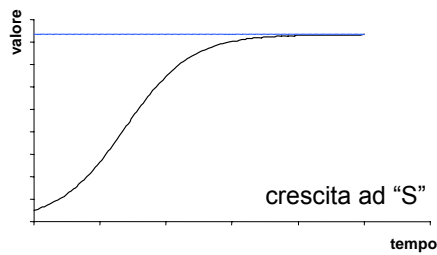
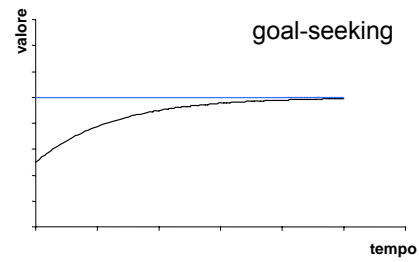
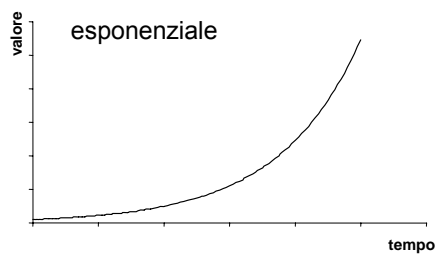


31

La metodologia SD è incentrata sul comportamento dinamico di un sistema.

Un passo critico quando si esamina un problema sistemico è quello di identificare i *modelli di comportamento* delle variabili di interesse, cioè come evolvono nel tempo. In pratica si tratta di considerare un grafico cartesiano che ha in ascissa la variabile **tempo** e in ordinata il **valore** della variabile di interesse.

COMPORAMENTI FONDAMENTALI



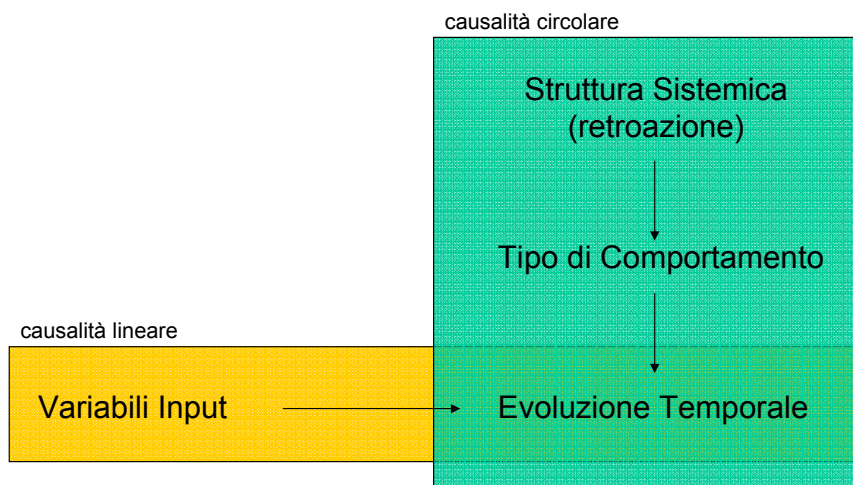
32

Sebbene nel mondo reale una variabile può esibire una vasta gamma di evoluzioni temporali, almeno è confortante il fatto che si possono riconoscere dei modelli di comportamento fondamentali.

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE
- Approcci

PENSIERO SISTEMICO

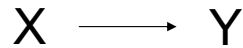


34

La metodologia del pensiero sistemico ci fornisce alcuni strumenti per poter meglio comprendere i difficili problemi che deve affrontare il management. Questa metodologia è stata usata per oltre trent'anni proprio da Forrester e dai suoi collaboratori al *System Dynamics Group* presso la *Sloan School of Management* del MIT.

Questo approccio richiede un cambiamento nel modo in cui pensiamo che un'organizzazione possa funzionare. In particolare, è necessario staccarsi dall'abitudine a guardare eventi isolati e le loro cause (che generalmente si tende a far coincidere con altri eventi) e iniziare a concepire l'organizzazione come un *sistema* fatto di parti interagenti. Con questo approccio sistemico adottiamo quindi un nuovo punto di vista: la struttura interna del sistema è spesso più importante degli eventi esterni nel far sorgere i problemi.

Legami causali



Siamo in presenza di un legame causale
quando una variabile X influenza un'altra variabile Y

35

I legami causali hanno il seguente significato:

- un legame causale da una variabile A ad un'altra variabile B è *positivo* se il valore di A si somma a quello di B (+) oppure se una variazione del valore di A produce una variazione del valore di B nella stessa direzione (S = same direction ; cioè se A aumenta, anche B aumenta e se A diminuisce, anche B diminuisce);
- un legame causale da una variabile A ad un'altra variabile B è *negativo* se il valore di A è sottratto da quello di B oppure se una variazione del valore di A produce una variazione del valore di B nella direzione opposta (O = opposite direction ; cioè se A aumenta, B diminuisce).

In aggiunta ai segni su ogni legame, si dà un segno anche al circolo intero. Questo è determinato dal numero di legami causali negativi (-) che lo costituiscono:

- Un circolo causale è *positivo* (auto-rafforzante) quando contiene un numero *pari* di legami causali negativi.
- Un circolo causale è *negativo* (auto-bilanciante) quando contiene un numero *dispari* di legami causali negativi.

In pratica, il segno di un circolo corrisponde al prodotto algebrico dei segni dei suoi legami. Di norma viene riportato tra due parentesi al centro del circolo e circondato da una freccia che ne indica il senso di percorrenza.

Un circolo auto-bilanciante tende ad assorbire un'improvvisa variazione delle variabili che lo costituiscono.

Un circolo auto-rafforzante tende ad amplificare un'improvvisa variazione delle variabili che lo costituiscono.

Polarità dei legami causali

$X \xrightarrow{+} Y$

un legame è *positivo* se:

$$\frac{\partial y}{\partial x} > 0$$

- una variazione del valore di X produce una variazione del valore di Y nella stessa direzione

$X \xrightarrow{-} Y$

un legame è *negativo* se:

$$\frac{\partial y}{\partial x} < 0$$

- una variazione del valore di X produce una variazione del valore di Y nella direzione opposta

36

I legami causali hanno il seguente significato:

- un legame causale da una variabile A ad un'altra variabile B è *positivo* se il valore di A si somma a quello di B (+) oppure se una variazione del valore di A produce una variazione del valore di B nella stessa direzione (S = same direction ; cioè se A aumenta, anche B aumenta e se A diminuisce, anche B diminuisce);
- un legame causale da una variabile A ad un'altra variabile B è *negativo* se il valore di A è sottratto da quello di B oppure se una variazione del valore di A produce una variazione del valore di B nella direzione opposta (O = opposite direction ; cioè se A aumenta, B diminuisce).

In aggiunta ai segni su ogni legame, si dà un segno anche al circolo intero. Questo è determinato dal numero di legami causali negativi (-) che lo costituiscono:

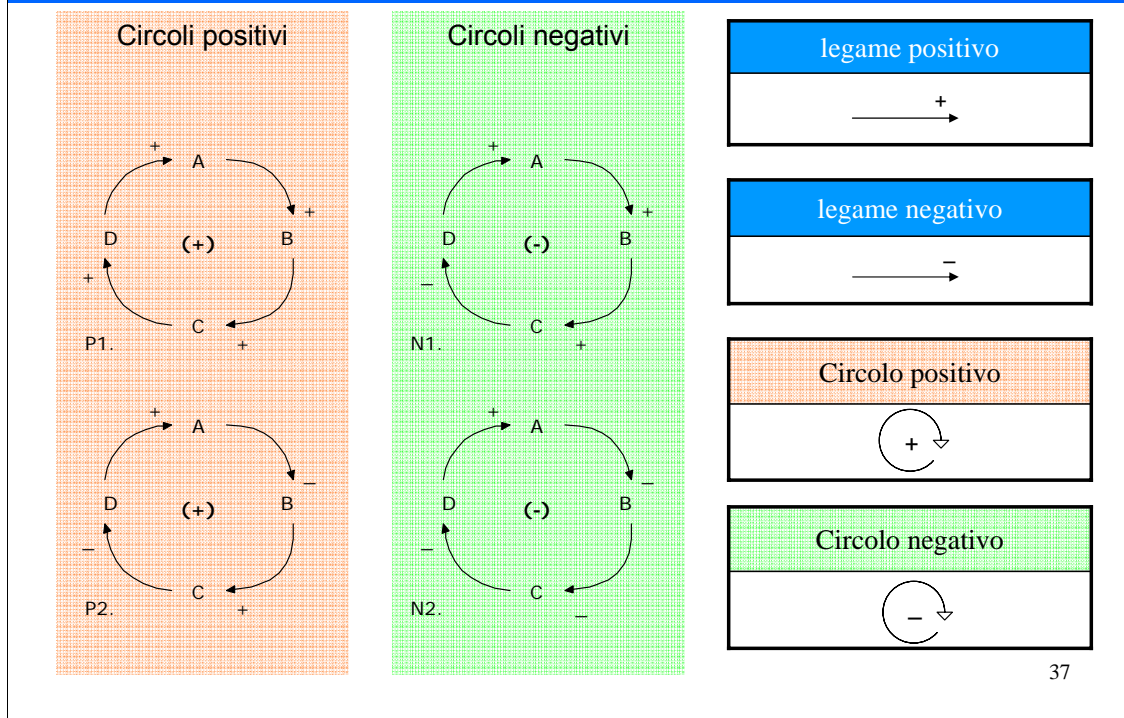
- Un circolo causale è *positivo* (auto-rafforzante) quando contiene un numero *pari* di legami causali negativi.
- Un circolo causale è *negativo* (auto-bilanciante) quando contiene un numero *dispari* di legami causali negativi.

In pratica, il segno di un circolo corrisponde al prodotto algebrico dei segni dei suoi legami. Di norma viene riportato tra due parentesi al centro del circolo e circondato da una freccia che ne indica il senso di percorrenza.

Un circolo auto-bilanciante tende ad assorbire un'improvvisa variazione delle variabili che lo costituiscono.

Un circolo auto-rafforzante tende ad amplificare un'improvvisa variazione delle variabili che lo costituiscono.

Circoli positivi e circoli negativi



I legami causali hanno il seguente significato:

- un legame causale da una variabile A ad un'altra variabile B è *positivo* se il valore di A si somma a quello di B (+) oppure se una variazione del valore di A produce una variazione del valore di B nella stessa direzione (S = same direction ; cioè se A aumenta, anche B aumenta e se A diminuisce, anche B diminuisce);
- un legame causale da una variabile A ad un'altra variabile B è *negativo* se il valore di A è sottratto da quello di B oppure se una variazione del valore di A produce una variazione del valore di B nella direzione opposta (O = opposite direction ; cioè se A aumenta, B diminuisce).

In aggiunta ai segni su ogni legame, si dà un segno anche al circolo intero. Questo è determinato dal numero di legami causali negativi (-) che lo costituiscono:

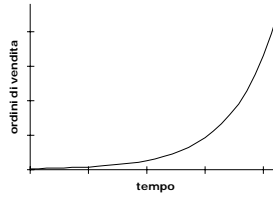
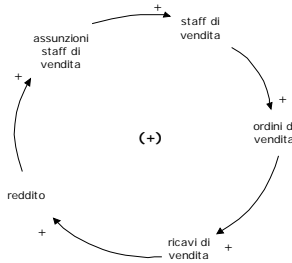
- Un circolo causale è *positivo* (auto-rafforzante) quando contiene un numero *pari* di legami causali negativi.
- Un circolo causale è *negativo* (auto-bilanciante) quando contiene un numero *dispari* di legami causali negativi.

In pratica, il segno di un circolo corrisponde al prodotto algebrico dei segni dei suoi legami. Di norma viene riportato tra due parentesi al centro del circolo e circondato da una freccia che ne indica il senso di percorrenza.

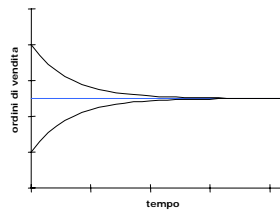
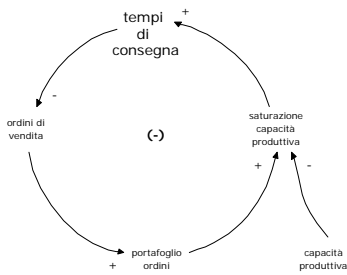
Un circolo auto-bilanciante tende ad assorbire un'improvvisa variazione delle variabili che lo costituiscono.

Un circolo auto-rafforzante tende ad amplificare un'improvvisa variazione delle variabili che lo costituiscono.

Circoli auto-rafforzanti e auto-bilancianti



Circolo positivo o
auto-rafforzante

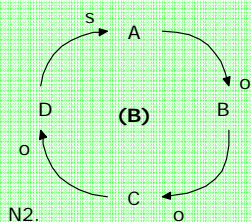
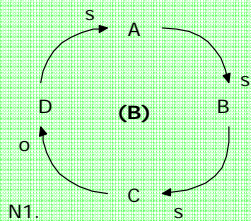


Circolo negativo o
auto-bilanciante

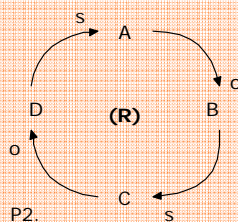
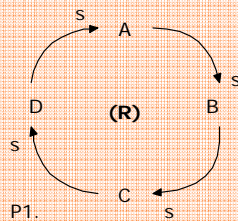
38

altre notazioni

Circoli negativi (auto-bilancianti)



Circoli positivi (auto-rafforzanti)



legame positivo

→^s variazione nello stesso verso

legame negativo

→^o variazione in verso opposto

Circolo auto-bilanciante

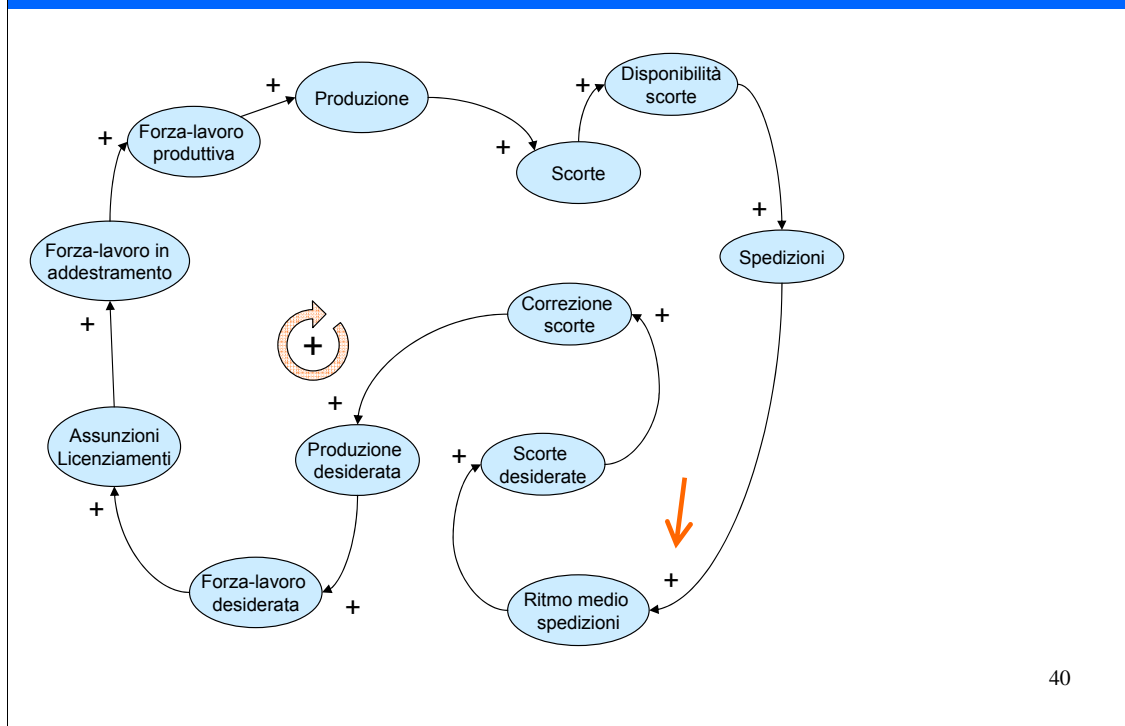


Circolo auto-rafforzante



39

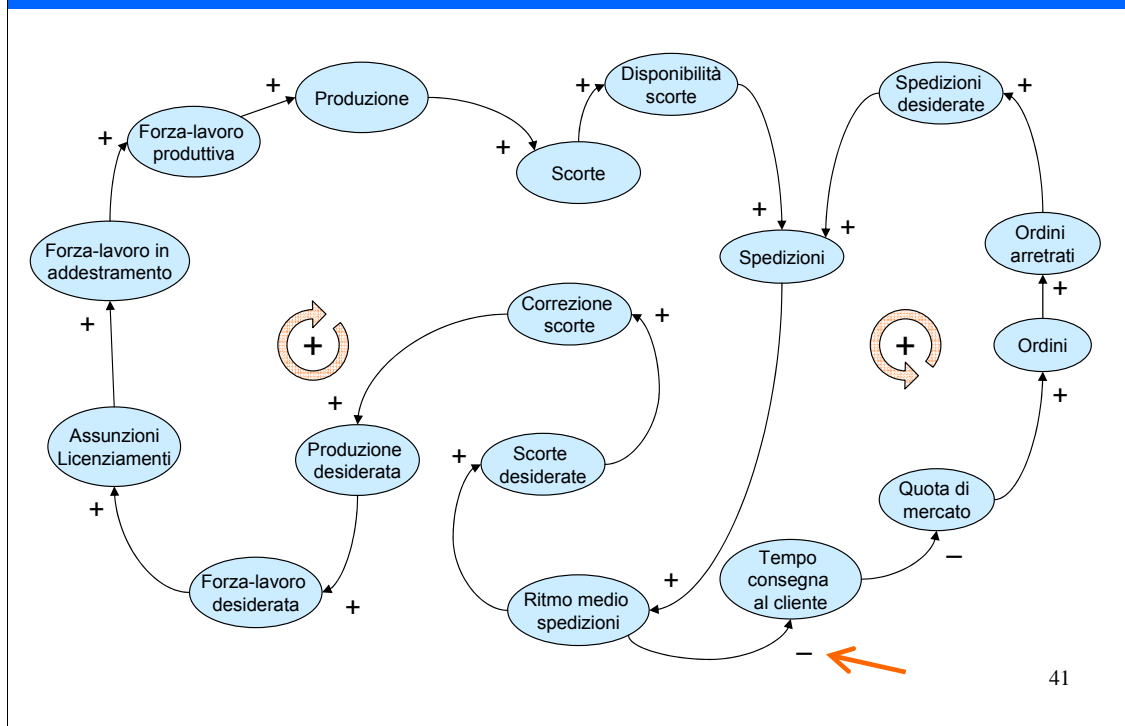
Introducendo le polarità..



40

Come abbiamo visto in precedenza, circoli positivi e negativi possono interagire tra di loro dando origine a mappe causali più o meno complesse. La Figura ci fornisce un esempio. Questa, sebbene ci dia un'ampia veduta della struttura retroattiva che sta alla base del sistema, non può essere usata istantaneamente per determinarne il comportamento dinamico. In altre parole, è impossibile per qualcuno capire la dinamica del sistema solo osservando il diagramma. Proprio per questo abbiamo bisogno di ricorrere alla simulazione al computer, argomento dell'ultima parte del presente lavoro.

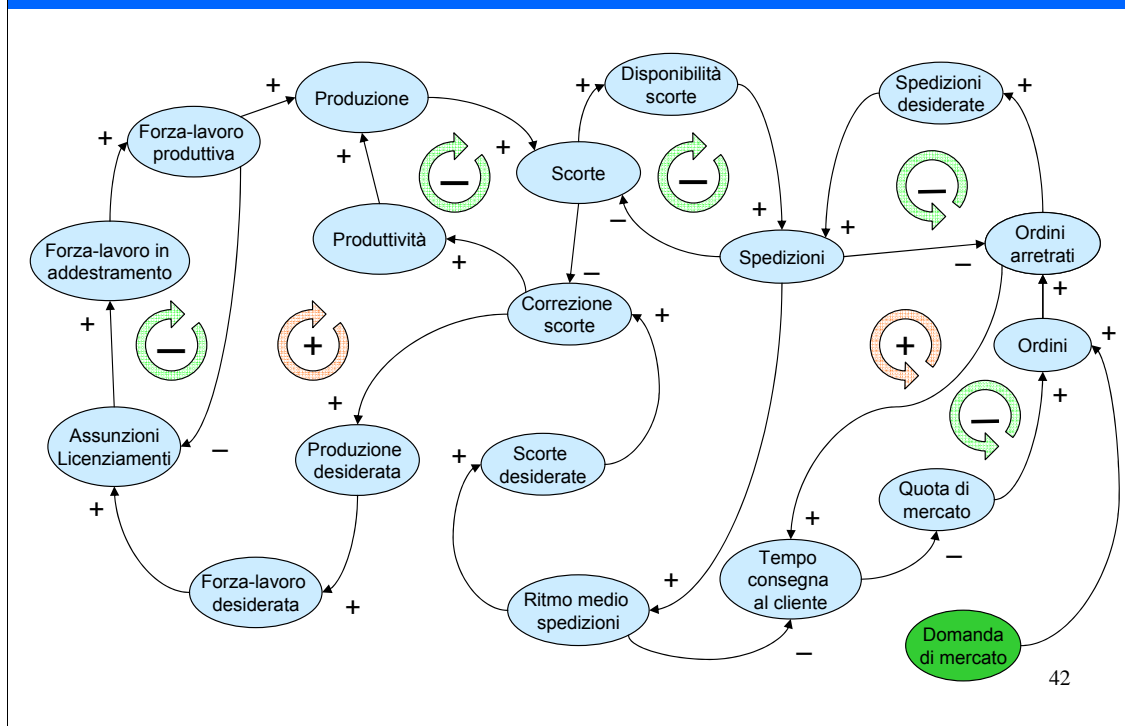
Introducendo le polarità..



41

Come abbiamo visto in precedenza, circoli positivi e negativi possono interagire tra di loro dando origine a mappe causali più o meno complesse. La Figura ci fornisce un esempio. Questa, sebbene ci dia un'ampia veduta della struttura retroattiva che sta alla base del sistema, non può essere usata istantaneamente per determinarne il comportamento dinamico. In altre parole, è impossibile per qualcuno capire la dinamica del sistema solo osservando il diagramma. Proprio per questo abbiamo bisogno di ricorrere alla simulazione al computer, argomento dell'ultima parte del presente lavoro.

.. ottengo la MAPPA CAUSALE



Come abbiamo visto in precedentemente, circoli positivi e negativi possono interagire tra di loro dando origine a mappe causali più o meno complesse. La Figura ci fornisce un esempio. Questa, sebbene ci dia un'ampia veduta della struttura retroattiva che sta alla base del sistema, non può essere usata istantaneamente per determinarne il comportamento dinamico. In altre parole, è impossibile per qualcuno capire la dinamica del sistema solo osservando il diagramma. Proprio per questo abbiamo bisogno di ricorrere alla simulazione al computer, argomento dell'ultima parte del presente lavoro.

ARCHETIPI

L'*archetipo* è una struttura retroattiva generica, illustrata da una mappa causale, che riesce a descrivere un tipo di situazione che compare frequentemente in diversi settori.

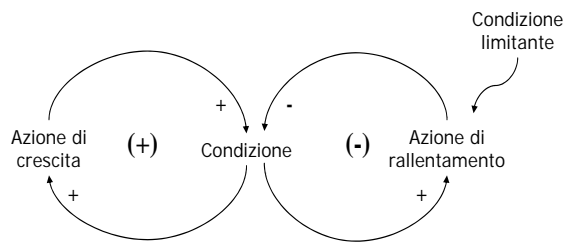
Descriviamone alcuni.

43

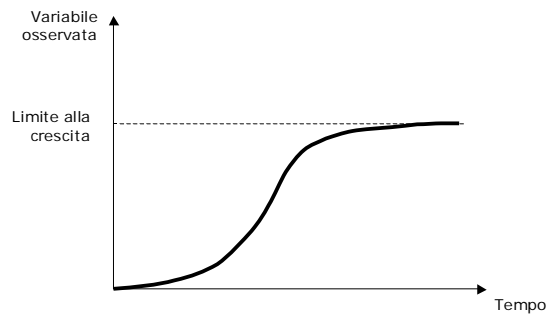
L'*archetipo* è una struttura retroattiva generica, illustrata da una mappa causale, che riesce a descrivere un tipo di situazione che compare frequentemente in diversi settori.

Un archetipo molto ricorrente: "limiti alla crescita"

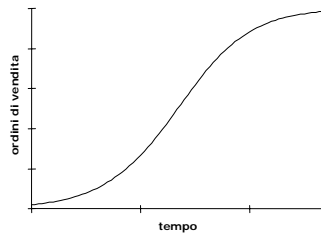
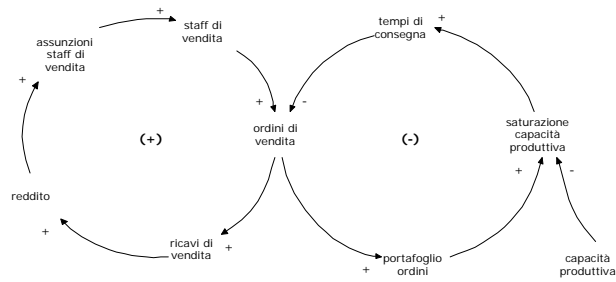
Prospettiva sistemica



Prospettiva dinamica

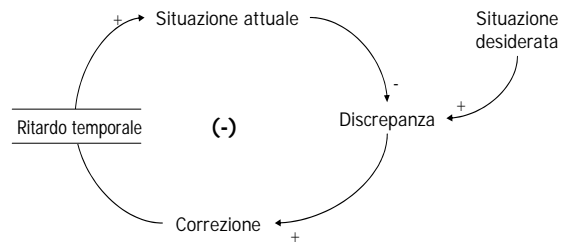


Esempio di "limiti alla crescita"

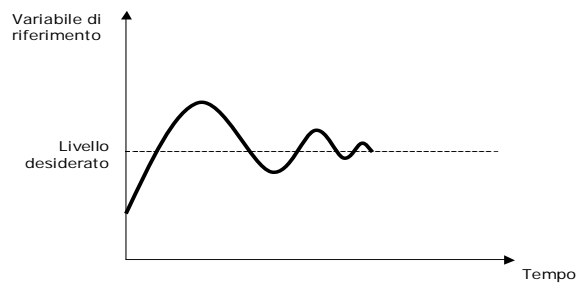


archetipo : "riequilibrio tra processo e ritardo"

Prospettiva sistemica



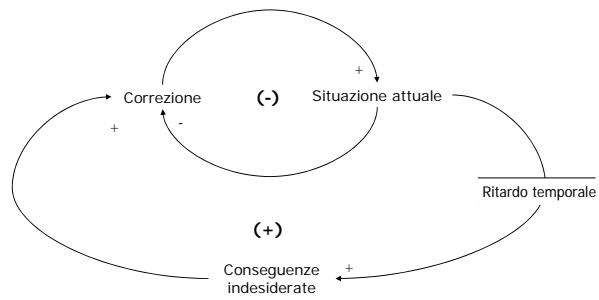
Prospettiva dinamica



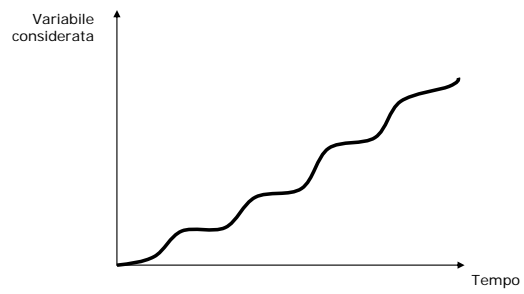
46

archetipo : "soluzioni che falliscono"

Prospettiva sistemica

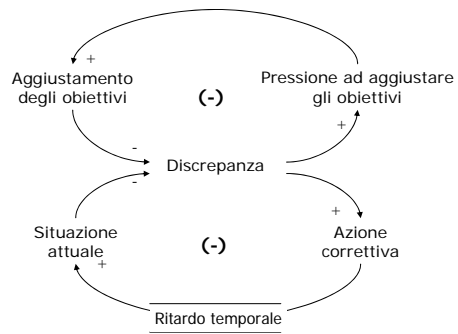


Prospettiva dinamica

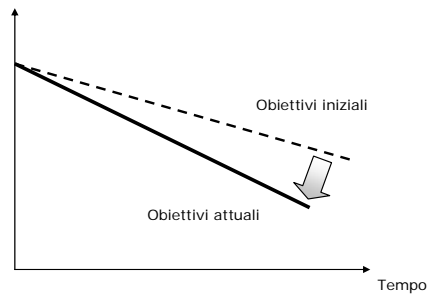


archetipo : "erosione degli obiettivi"

Prospettiva sistemica



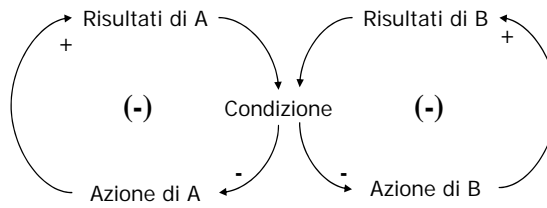
Prospettiva dinamica



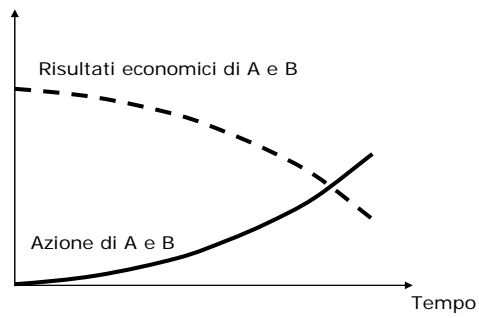
48

archetipo : "Escalation"

Prospettiva sistemica

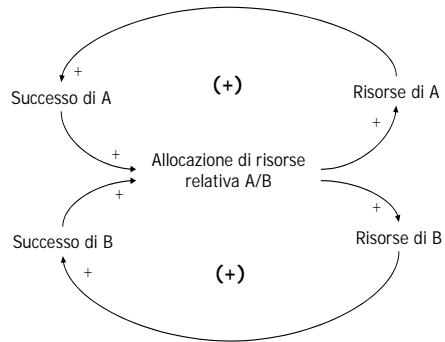


Prospettiva dinamica

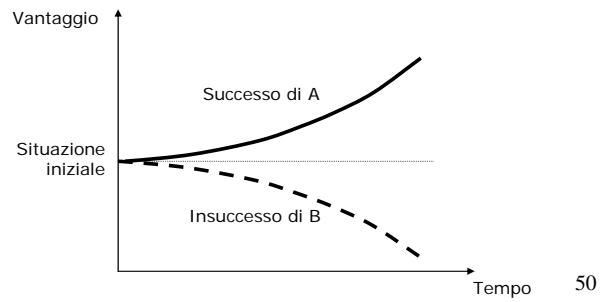


archetipo : "successo a chi ha successo"

Prospettiva sistemica



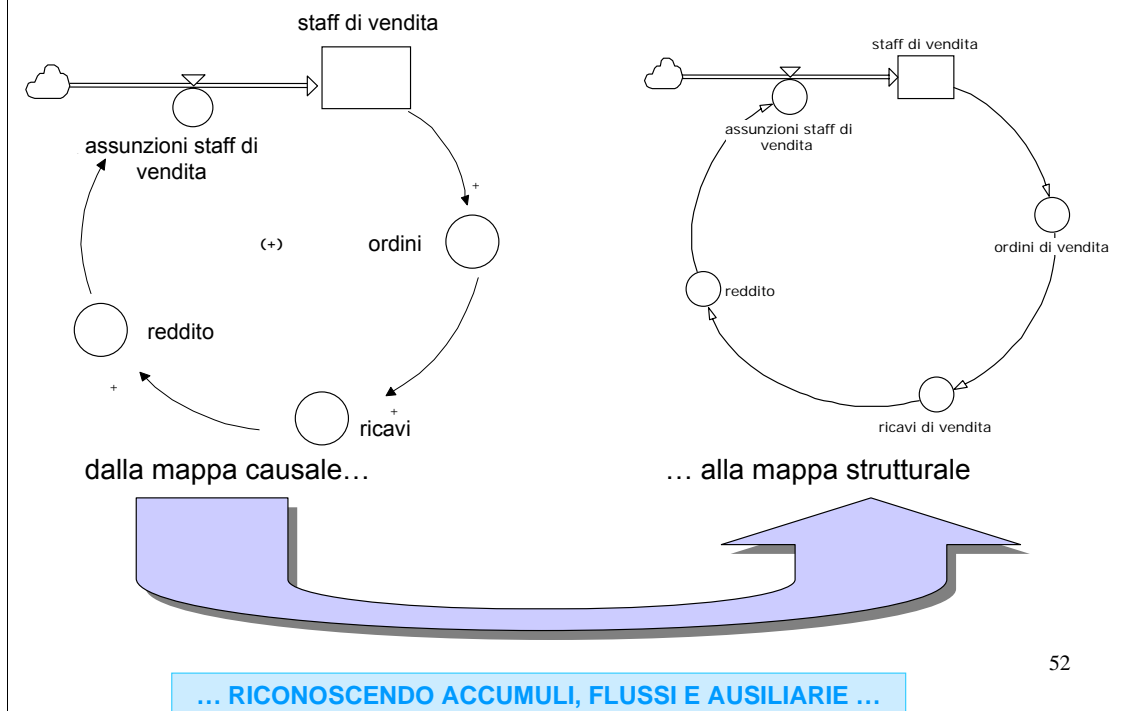
Prospettiva dinamica



AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE
- Approcci

Dalla mappa causale alla mappa strutturale

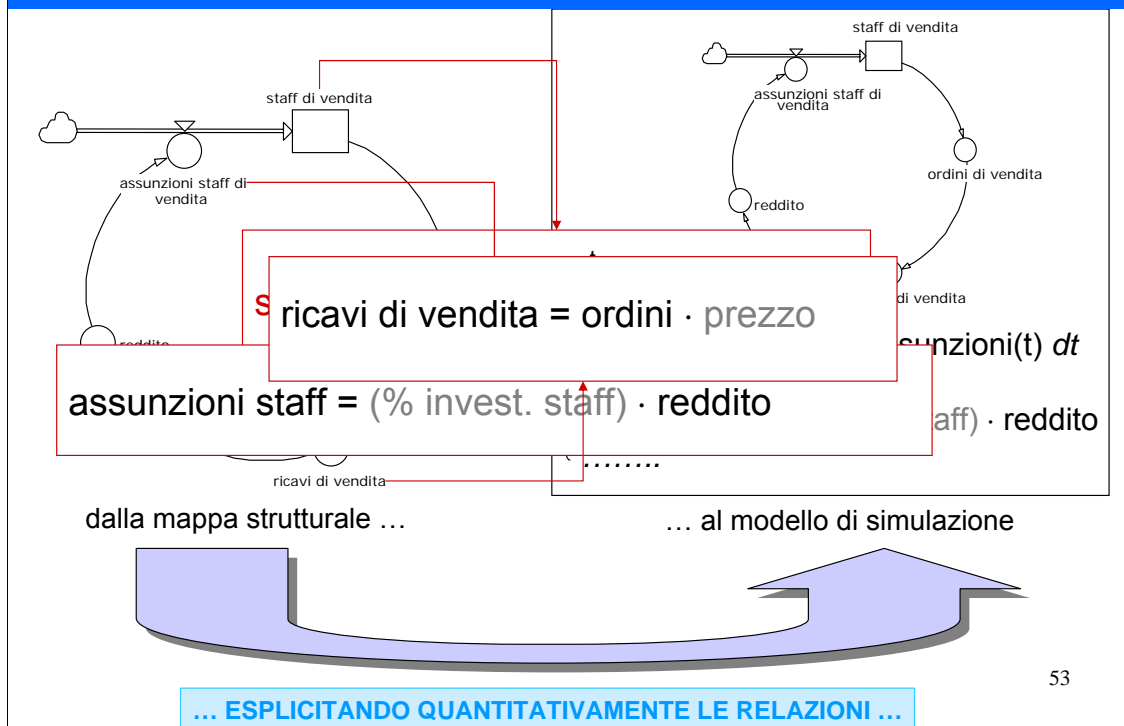


52

Sebbene le mappe causali siano molto utili per scandagliare la natura di un problema, possono presentare alcune insidie.

Prima fra tutte è che risulta impossibile, almeno in principio, determinare il comportamento di un sistema solamente osservando la mappa causale che lo rappresenta – soprattutto se è di una certa complessità. Oltre a questo inconveniente, bisogna assolutamente notare il fatto che in esse non si distingue tra i diversi tipi di variabili. Pertanto è opportuno raffinare le mappe causali del pensiero sistemico nell'ottica di accumuli, flussi e variabili ausiliarie.

Dalla mappa strutturale al modello di simulazione



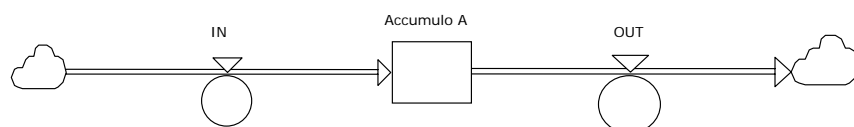
53

Sebbene le mappe causali siano molto utili per scandagliare la natura di un problema, possono presentare alcune insidie.

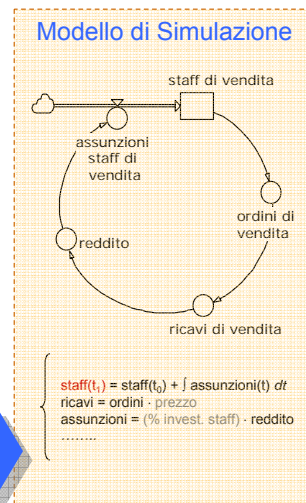
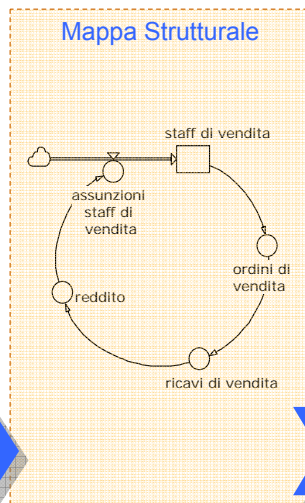
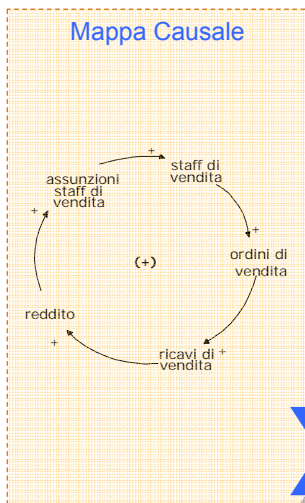
Prima fra tutte è che risulta impossibile, almeno in principio, determinare il comportamento di un sistema solamente osservando la mappa causale che lo rappresenta – soprattutto se è di una certa complessità. Oltre a questo inconveniente, bisogna assolutamente notare il fatto che in esse non si distingue tra i diversi tipi di variabili. Pertanto è opportuno raffinare le mappe causali del pensiero sistemico nell’ottica di accumuli, flussi e variabili ausiliarie.

In particolare l'equazione per ogni accumulo sarà del tipo :

$$A(t_1) - A(t_0) = \int_{t_0}^{t_1} A'(t) dt = \int_{t_0}^{t_1} [IN(t) - OUT(t)] dt$$



Riassumendo ...



+

Accumuli e Flussi

+

Equazioni di struttura

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE
- Approcci
 - INTERPRETATIVO
 - PROGETTUALE

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE
- **Approcci**
 - **INTERPRETATIVO**
 - PROGETTUALE

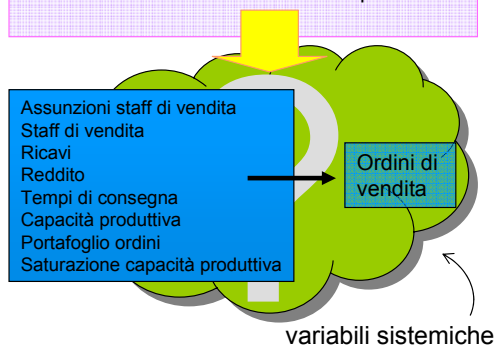
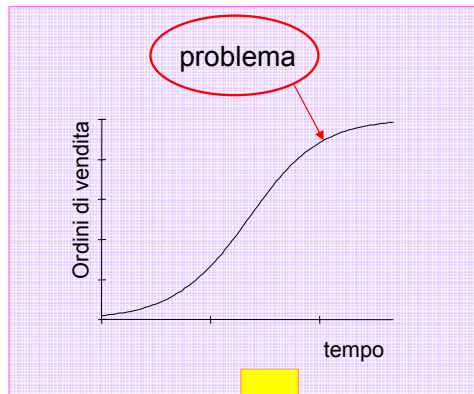
FASI DELL'APPROCCIO INTERPRETRATIVO

1. Individuo il problema manifestatosi (evoluzione inaspettata di una variabile) e identifico le variabili che costituiscono il sistema (cioè la frontiera del sistema)
2. (Individuo l'archetipo che contempla l'evoluzione in questione)
3. Deduco la mappa causale che descrive il problema
4. Esplicito la mappa strutturale ed il modello di simulazione
5. Validazione del modello

FASI DELL'APPROCCIO INTERPRETRATIVO

1. Individuo il problema manifestatosi (evoluzione inaspettata di una variabile) e identifico le variabili che costituiscono il sistema (cioè la frontiera del sistema)
2. (Individuo l'archetipo che contempla l'evoluzione in questione)
3. Deduco la mappa causale che descrive il problema
4. Esplicito la mappa strutturale ed il modello di simulazione
5. Validazione del modello

APPROCCIO INTERPRETATIVO : fase 1

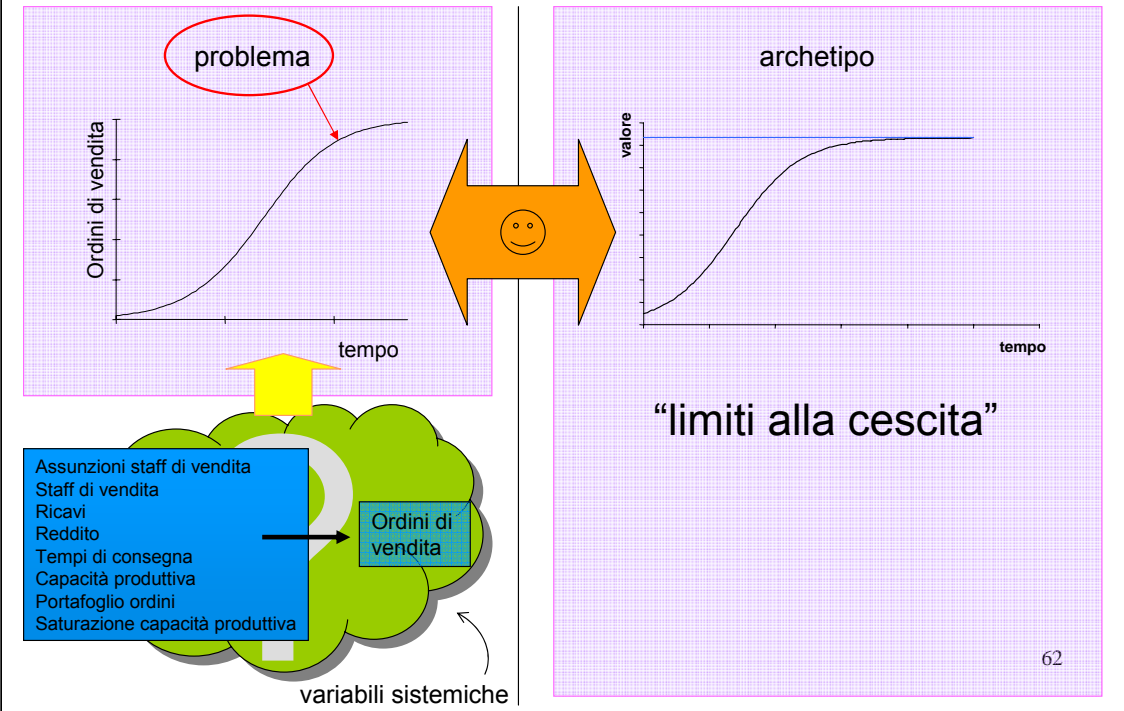


60

FASI DELL'APPROCCIO INTERPRETRATIVO

1. Individuo il problema manifestatosi (evoluzione inaspettata di una variabile) e identifico le variabili che costituiscono il sistema (cioè la frontiera del sistema)
2. (Individuo l'archetipo che contempla l'evoluzione in questione)
3. Deduco la mappa causale che descrive il problema
4. Esplicito la mappa strutturale ed il modello di simulazione
5. Validazione del modello

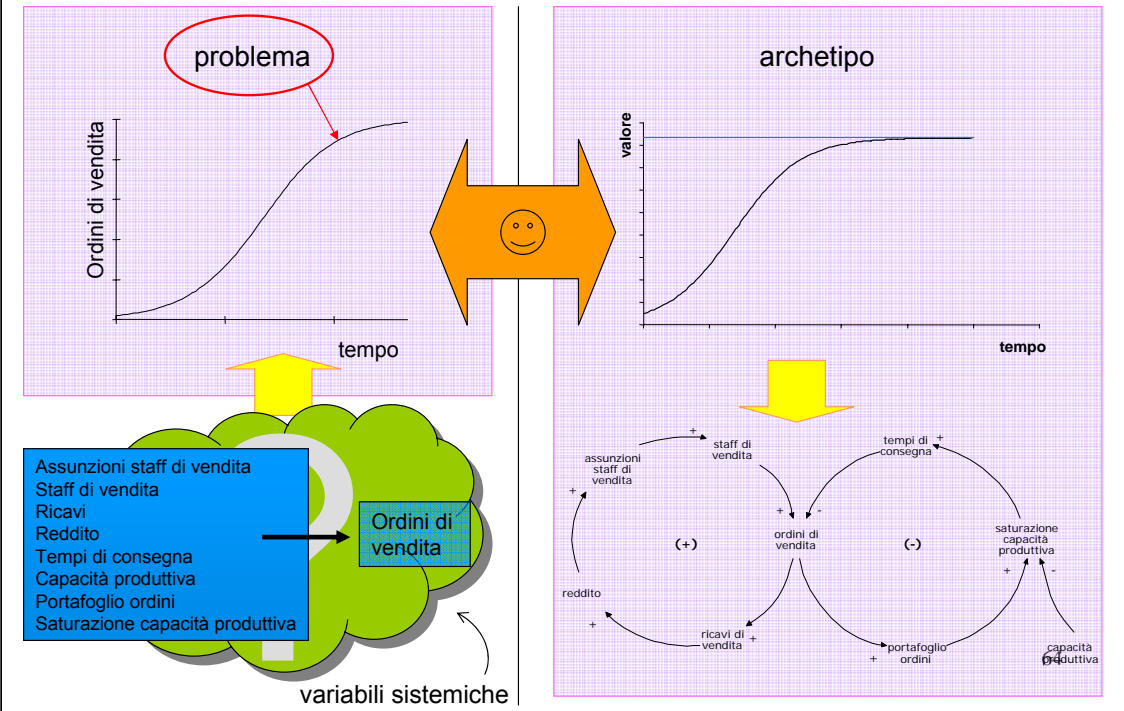
APPROCCIO INTERPRETATIVO : fase 2



FASI DELL'APPROCCIO INTERPRETRATIVO

1. Individuo il problema manifestatosi (evoluzione inaspettata di una variabile) e identifico le variabili che costituiscono il sistema (cioè la frontiera del sistema)
2. (Individuo l'archetipo che contempla l'evoluzione in questione)
- 3. Deduco la mappa causale che descrive il problema**
4. Esplicito la mappa strutturale ed il modello di simulazione
5. Validazione del modello

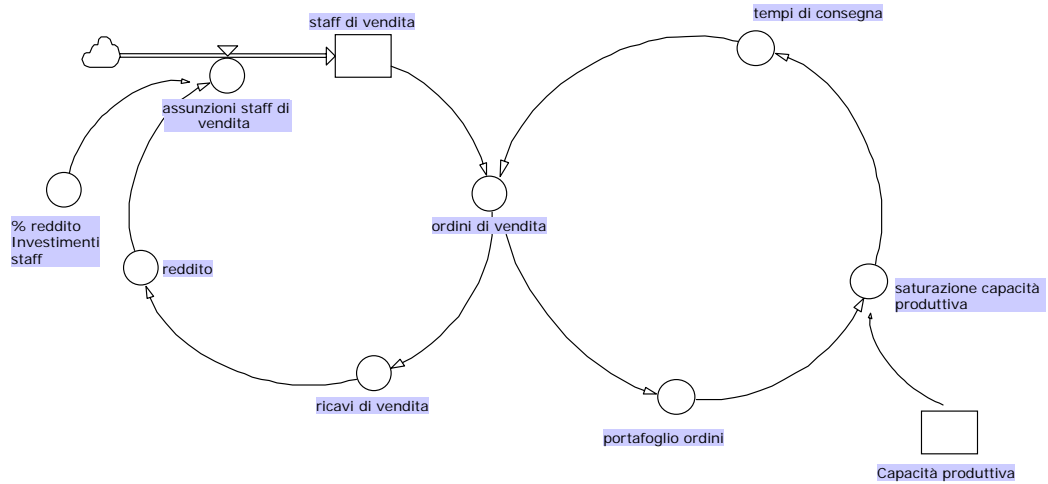
APPROCCIO INTERPRETATIVO : fase 3



FASI DELL'APPROCCIO INTERPRETRATIVO

1. Individuo il problema manifestatosi (evoluzione inaspettata di una variabile) e identifico le variabili che costituiscono il sistema (cioè la frontiera del sistema)
2. (Individuo l'archetipo che contempla l'evoluzione in questione)
3. Deduco la mappa causale che descrive il problema
4. **Esplicito la mappa strutturale ed il modello di simulazione**
5. Validazione del modello

APPROCCIO INTERPRETATIVO : fase 4



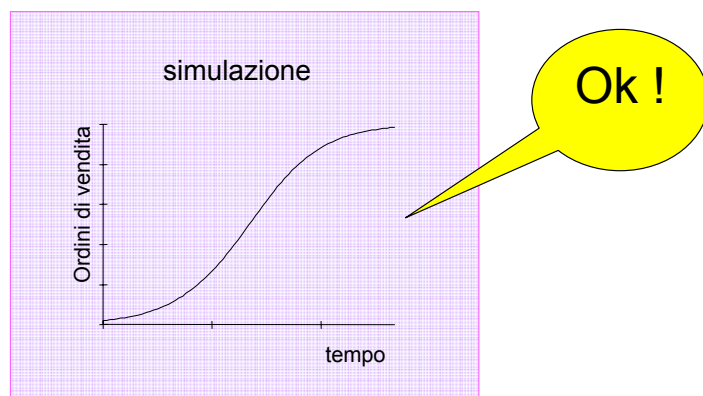
$$\begin{cases}
 \text{assunzioni staff} = (\% \text{reddito invest. staff}) \times \text{reddito} \\
 \text{staff} = \int (\text{assunzioni staff}) dt \\
 \dots\dots\dots
 \end{cases}$$

FASI DELL'APPROCCIO INTERPRETRATIVO

1. Individuo il problema manifestatosi (evoluzione inaspettata di una variabile) e identifico le variabili che costituiscono il sistema (cioè la frontiera del sistema)
2. (Individuo l'archetipo che contempla l'evoluzione in questione)
3. Deduco la mappa causale che descrive il problema
4. Esplicito la mappa strutturale ed il modello di simulazione
5. Validazione del modello

APPROCCIO INTERPRETATIVO : fase 5

la simulazione con il modello deve sovrapporsi ai dati precedentemente rilevati



68

Il problema della validazione dei modelli

- **TEST DI STRUTTURA** finalizzato a verificare la validità della struttura di un modello e delle ipotesi che sono state utilizzate per costruirlo;
- **TEST DI COMPORTAMENTO** finalizzato alla valutazione della corrispondenza tra i comportamenti esibiti dal modello e i comportamenti reali del sistema oggetto di analisi;
- **TEST SULLE IMPLICAZIONI DEGLI INTERVENTI ADOTTATI** focalizzati sull'abilità di un modello di suggerire politiche di intervento su un determinato sistema. Questa tipologia di test è la più aderente alla filosofia pragmatica.

Test di struttura

- Verifica dei parametri
- Verifica della struttura
- Test di “condizioni estreme”
- Test di adeguatezza dei confini del modello
- Test di consistenza dimensionale

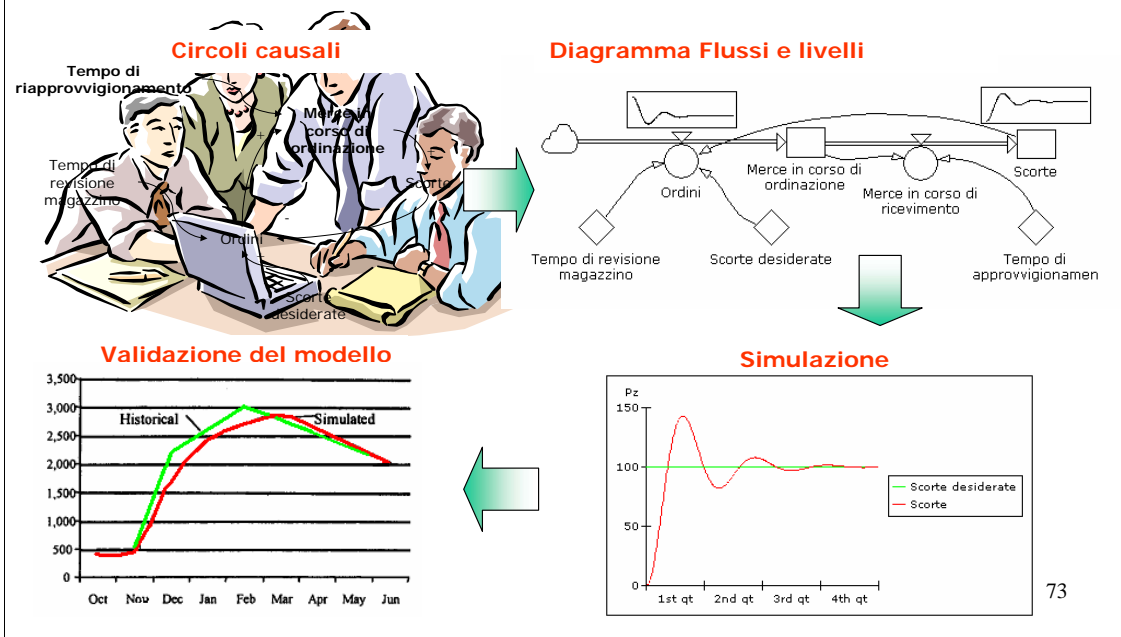
Test di comportamento

- Test di riproduzione del comportamento:
Generazione dei sintomi
- Test di riproduzione del comportamento:
Riproduzione della frequenza e della fase relativa.
- Test di riproduzione del comportamento:
Multiple - mode
- Test di riproduzione del comportamento:
Test delle caratteristiche del comportamento
- Test di predizione dei comportamenti
- Test di predizione degli eventi
- Etc ...

Test sulle implicazioni degli interventi

- Test delle implicazioni sul sistema studiato
- Test di predizione degli effetti degli interventi
- Test sull'adeguatezza dei confini
- Test sulla sensitività delle prescrizioni

In definitiva, l'approccio interpretativo...



Una visione d'insieme della metodologia:

- I workshop producono come risultato la definizione dei circoli causali contenenti le principali leve gestionali del processo analizzato
- Dai circoli causali è necessario passare alla rappresentazione per flussi e livelli, rappresentazione tipica dei simulatori.
- Una volta tradotto il modello in questa forma è immediato trascriverlo sul simulatore. Attraverso il computer è possibile creare diversi scenari futuri.
- L'ultimo passo della metodologia è la validazione del modello attraverso procedimento empirici che vengono valutati caso per caso.

Il problema della validità esterna

- L'utilità di un modello System Dynamics risiede nel fatto che esso costituisce una sorta di laboratorio dove eseguire esperimenti per comprendere il comportamento di un sistema.
- Questi esperimenti sono fondamentali per anticipare possibili risposte del sistema e sviluppare nuovi interventi per governare al meglio le realtà complesse. Per poter confidare nei risultati ottenuti è auspicabile che il modello sia quanto più possibile aderente al sistema reale e questo problema viene in parte risolto proprio dai test di validazione.

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE
- Approcci
 - INTERPRETATIVO
 - PROGETTUALE

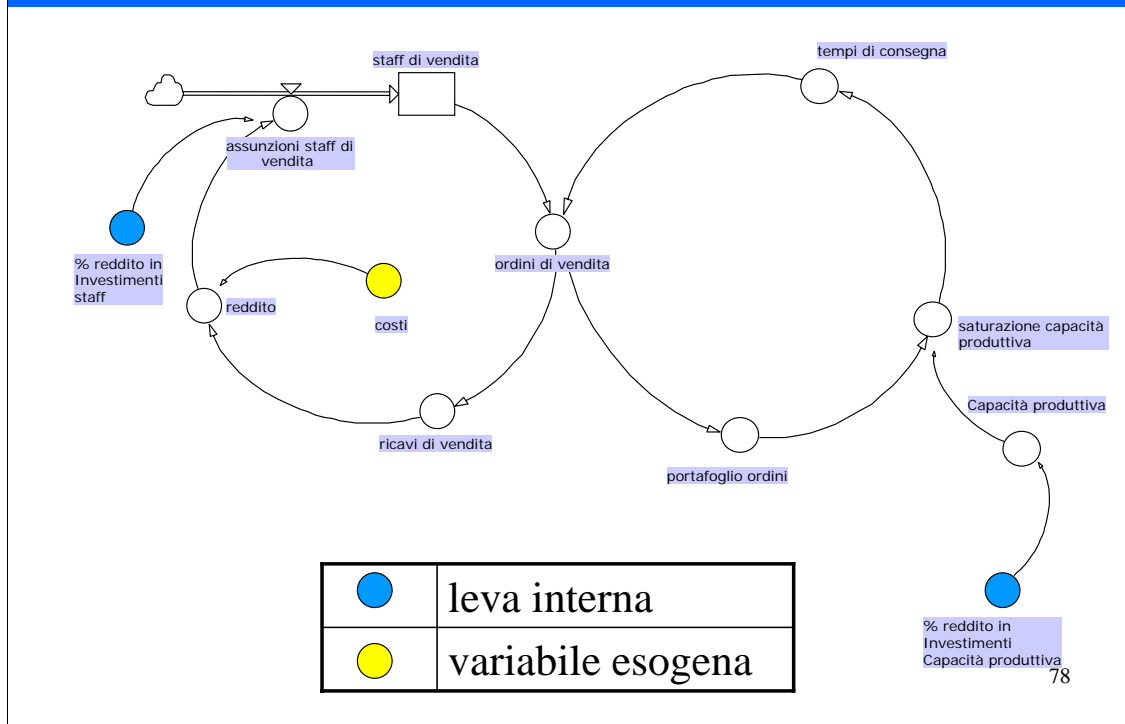
FASI DELL'APPROCCIO PROGETTUALE

1. Considero il modello
2. Classifico i possibili comportamenti futuri delle variabili esogene (in un orizzonte temporale prestabilito) → *SCENARI*
3. Individuo diverse ipotesi sulle leve interne preposte all'ottenimento di un risultato → *POLICY*
4. Valuto l'impatto delle leve nei vari scenari e scelgo le migliori

FASI DELL'APPROCCIO PROGETTUALE

1. Considero il modello
2. Classifico i possibili comportamenti futuri delle variabili esogene (in un orizzonte temporale prestabilito) → *SCENARI*
3. Individuo diverse ipotesi sulle leve interne preposte all'ottenimento di un risultato → *POLICY*
4. Valuto l'impatto delle leve nei vari scenari e scelgo le migliori

APPROCCIO PROGETTUALE : fase 1




Un'equazione del modello è :

$$(\% \text{ reddito investimenti staff}) + (\% \text{ reddito investimenti capacità produttiva}) = \text{cost.}$$

FASI DELL'APPROCCIO PROGETTUALE

1. Considero il modello
2. Classifico i possibili comportamenti futuri delle variabili esogene (in un orizzonte temporale prestabilito) → *SCENARI*
3. Individuo diverse ipotesi sulle leve interne preposte all'ottenimento di un risultato → *POLICY*
4. Valuto l'impatto delle leve nei vari scenari e scelgo le migliori

APPROCCIO PROGETTUALE : fase 2



SCENARI	costi +10%			
	costi +5%			
	costi cost.			

80

FASI DELL'APPROCCIO PROGETTUALE

1. Considero il modello
2. Classifico i possibili comportamenti futuri delle variabili esogene (in un orizzonte temporale prestabilito) → *SCENARI*
3. Individuo diverse ipotesi sulle leve interne preposte all'ottenimento di un risultato → *POLICY*
4. Valuto l'impatto delle leve nei vari scenari e scelgo le migliori

APPROCCIO PROGETTUALE : fase 3

		POLICY		
		% reddito inv. staff 5%	% reddito inv. staff 2%	% reddito inv. staff 0%
SCENARI	costi +10%			
	costi +5%			
	costi cost.			

personale ← **investimenti** → **capacità produttiva**

82

Un'equazione del modello è :

(% reddito investimenti staff) + (% reddito investimenti capacità produttiva) = cost.

FASI DELL'APPROCCIO PROGETTUALE

1. Considero il modello
2. Classifico i possibili comportamenti futuri delle variabili esogene (in un orizzonte temporale prestabilito) → *SCENARI*
3. Individuo diverse ipotesi sulle leve interne preposte all'ottenimento di un risultato → *POLICY*
4. Valuto l'impatto delle leve nei vari scenari e scelgo le migliori

APPROCCIO PROGETTUALE : fase 4



84

Sono evidenziate le policies migliori per ogni scenario.