

Piano della lezione

Descrizione del sistema urbano nel modello ACME

Descrizione delle regole di evoluzione dell'automa cellulare

Processi decisionali e dinamica del territorio

Esempio delle tecniche utilizzate nella costruzione concreta di un modello

Esempi di simulazioni

Alcune applicazioni del modello ACME

- Evoluzione della distribuzione nello spazio dei differenti utilizzi del territorio
- Strategie di pianificazione del territorio
- Impatto di grandi interventi sulle infrastrutture
- Progetti di riqualificazione di aree urbane depresse
- Dinamiche demografiche
- Processi di urbanizzazione su scala regionale
- Impatto ecologico dello sviluppo urbano
- Prezzi di affitti e di terreni
- Flussi di traffico viario e pedonale

1 - Descrizione del sistema urbano nel modello ACME

Grandezze estensive e unità spaziali interagenti

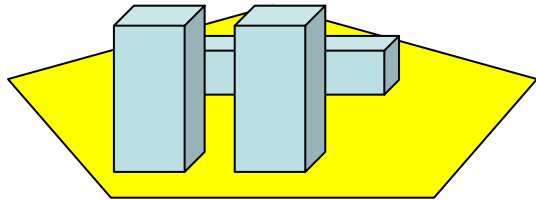
Scomposizione cellulare dello spazio e vettore di stato della cella

Interazioni tra unità spaziali e intorno di una cella

La città è un sistema di grandezze estensive dotate di organizzazione spaziale

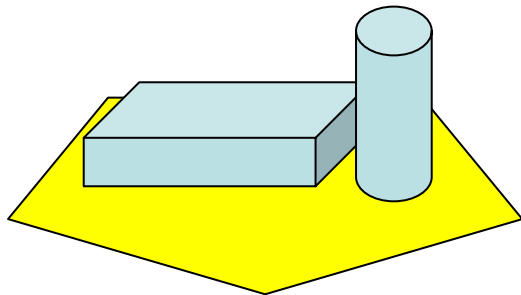
- 1) Volume ad uso residenziale
- 2) Volume ad uso commerciale
- 3) Volume ad uso uffici
- 4) Volume residenziale in uso
- 5) Volume commerciale in uso
- 6) Volume per uffici in uso
- 7) Volume industriale
- 8) Superficie coperta da edifici
- 9) Superficie adibita a verde pubblico
- 10) Superficie agricola
- 11)

Grandezze estensive



$$(\Delta_1, S_1, V_1)$$

U



$$(\Delta_2, S_2, V_2)$$

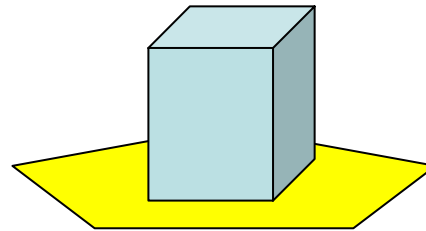
$$\begin{cases} \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \\ S = S_1 + S_2 \\ V = V_1 + V_2 \end{cases}$$

Il valore che una grandezza estensiva assume sull'unione di due porzioni di spazio è la somma dei valori relativi a ciascuna porzione

Attenzione: il rapporto di grandezze estensive non è una grandezza estensiva

Esempio: densità spaziale di volume

$$I = \frac{V}{\Delta}$$



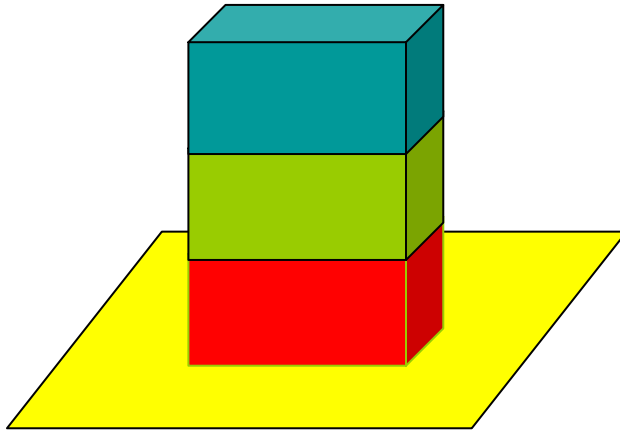
$$I_1 = \frac{V_1}{\Delta_1}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{\Delta_2}$$

$$I = \frac{V_1 + V_2}{\Delta_1 + \Delta_2} = \frac{I_1 \cdot \Delta_1 + I_2 \cdot \Delta_2}{\Delta}$$

La densità spaziale di volume
è una grandezza intensiva

Organizzazione delle grandezze in unità spaziali



Il sistema delle risorse è strutturato in unità spaziali dotate di significato urbanistico e sociale: singoli edifici con diverse destinazioni d'uso, strade, spazi verdi eccetera.

- Volume commerciale
- Volume residenziale
- Volume per uffici
- Superficie occupata

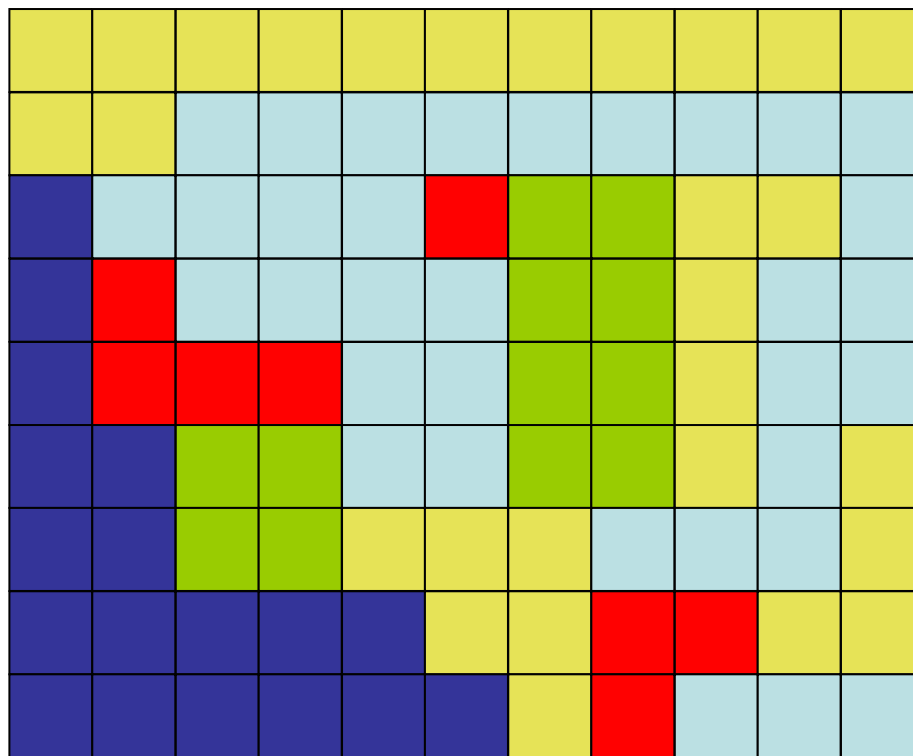
Scomposizione cellulare dello spazio

In un grossa superficie di territorio sono presenti un gran numero di unità Spaziali; questo può generare problemi:

- a) Difficoltà nel reperimento di dati
- b) Disponibilità di adeguate risorse di calcolo
- c) Eccessiva complessità del modello

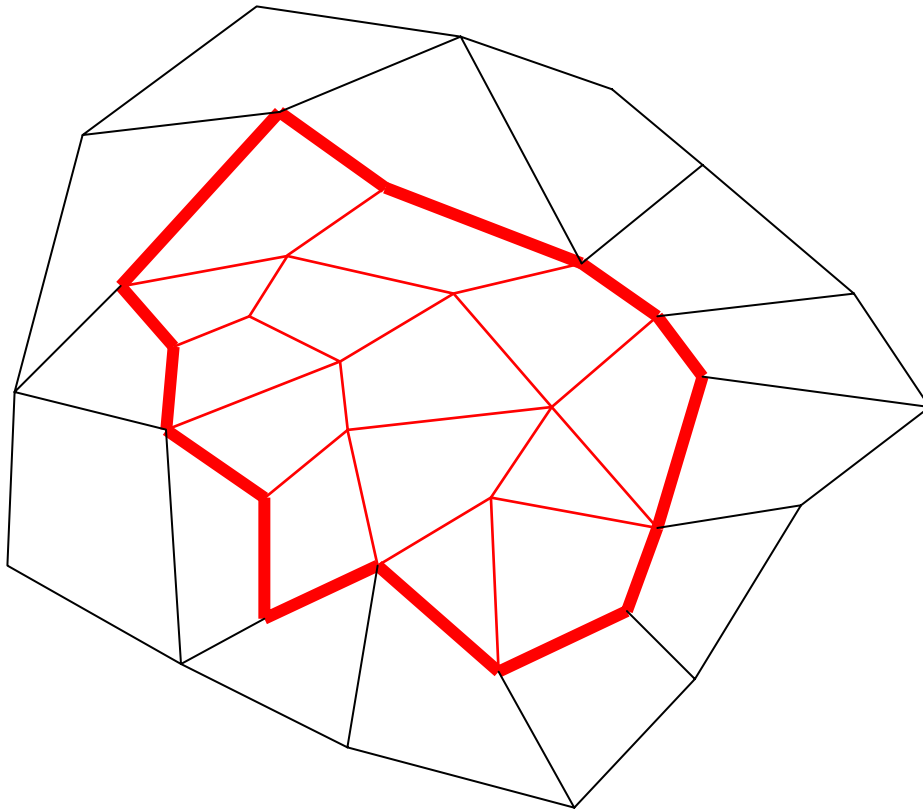
La scomposizione dello spazio in celle, attraverso una riduzione della mole di informazioni che vengono considerate ed elaborate, permette una notevole semplificazione del problema.

Scomposizione cellulare dello spazio: modello di WE



-  commercio
-  residenze
-  terreno edificabile
-  verde pubblico
-  acqua

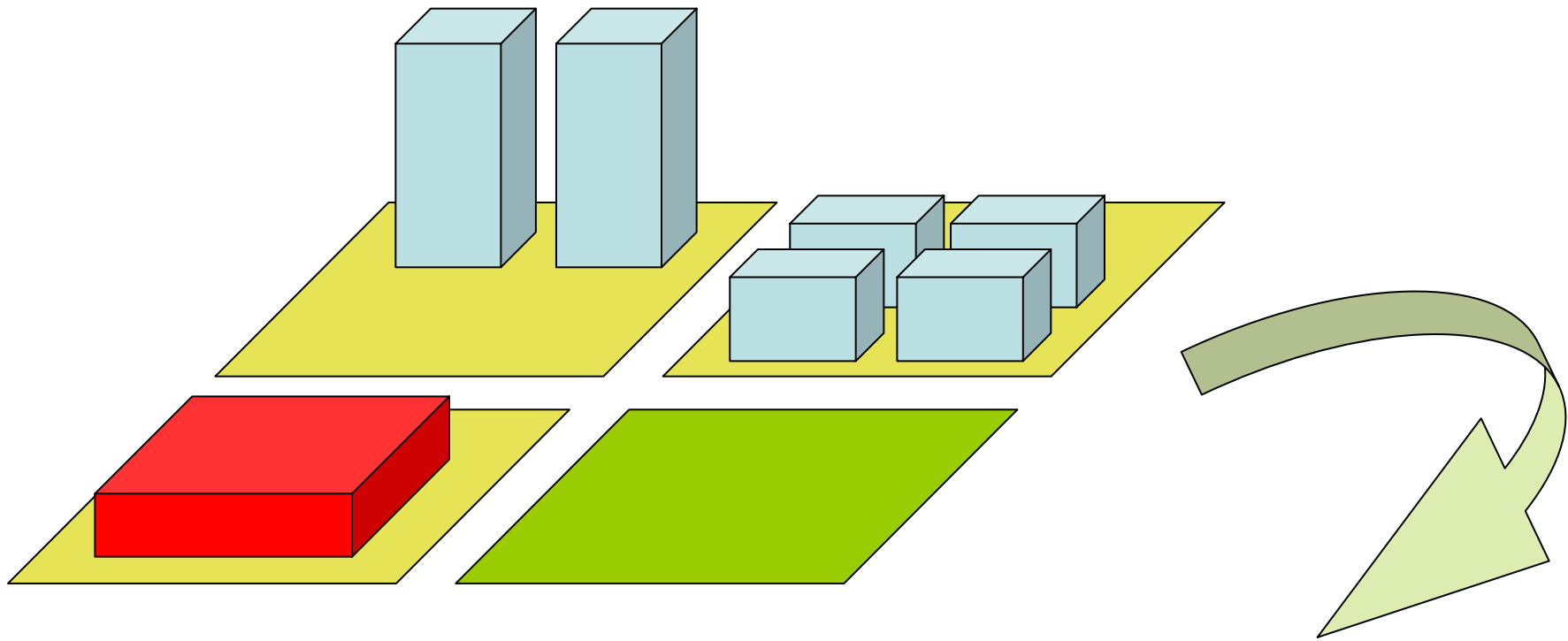
Scomposizione cellulare dello spazio: modello ACME



Invece di utilizzare una griglia regolare a maglia quadrata abbiamo costruito le celle raggruppando particelle di terreno caratterizzate da proprietà omogenee e soprattutto da una normativa omogenea.

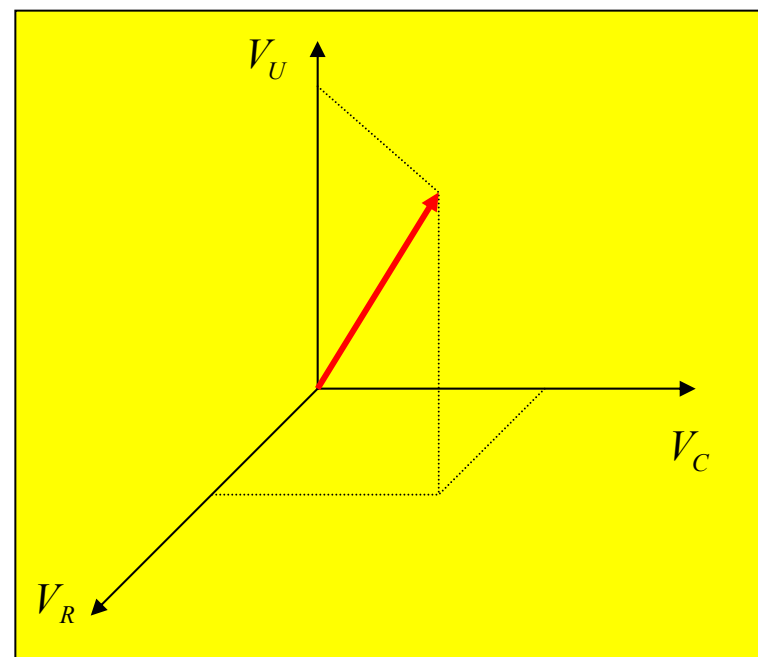
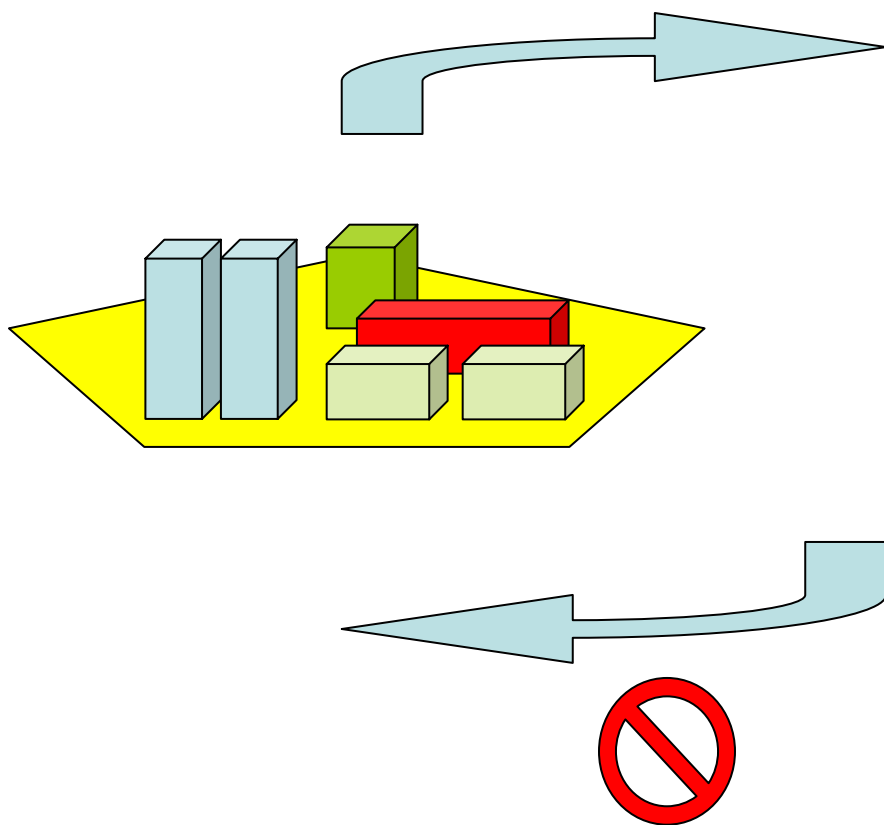
La scomposizione cellulare dello spazio tiene conto in questo modo della morfologia del tessuto urbano

Costruzione del vettore di stato della cella

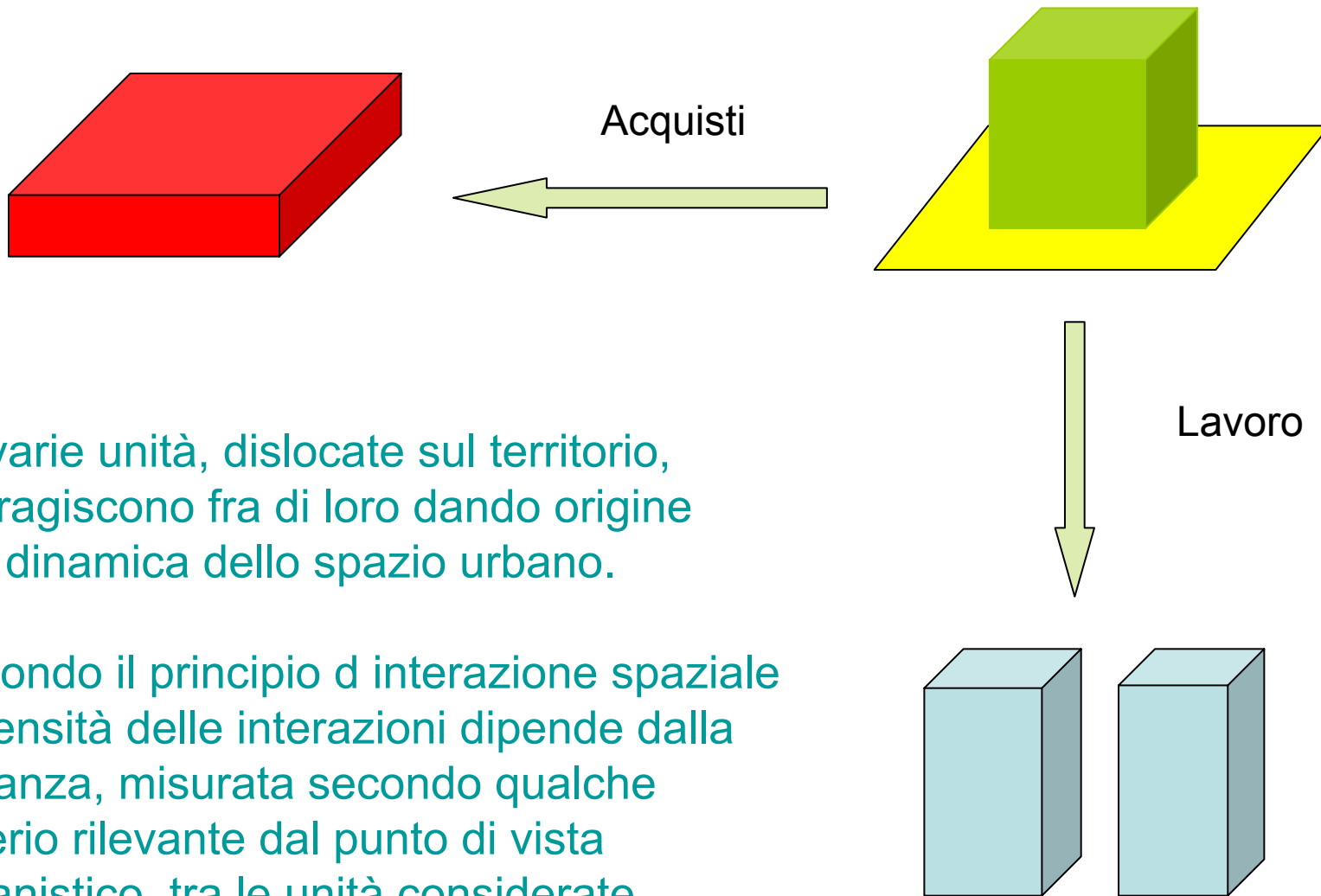


$$v(c) = (V_r, V_c, V_u, V_r^{occ}, V_c^{occ}, V_u^{occ}, V_i, S_v, S, \Delta)$$

L'utilizzo di un vettore di stato comporta la perdita delle informazioni sulla struttura spaziale delle risorse al di sotto della scala delle dimensioni tipiche di una cella. In compenso semplifica la descrizione del sistema



Interazione tra unità spaziali



Le varie unità, dislocate sul territorio, interagiscono fra di loro dando origine alla dinamica dello spazio urbano.

Secondo il principio d interazione spaziale l'intensità delle interazioni dipende dalla distanza, misurata secondo qualche criterio rilevante dal punto di vista urbanistico, tra le unità considerate.

Numerosi fattori rilevanti per la dinamica dello spazio urbano sono riconducibili a relazioni di tipo spaziale tra gli utilizzi del territorio.

1) Intensità dei flussi associati agli spostamenti di individui nello spazio urbano:

- da residenza a luogo di lavoro
- da residenza a aree commerciali
- da residenza a servizi
-

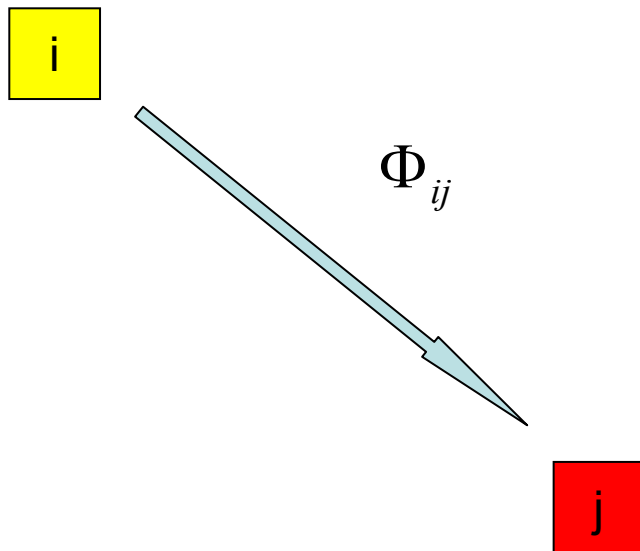
2) Esistenza di economie di scala (fattore di aggregazione)

3) Valore della rendita (fattore associato alla dispersione delle attività sul territorio)

4) Qualità dello spazio urbano

Modelli gravitazionali di interazione spaziale

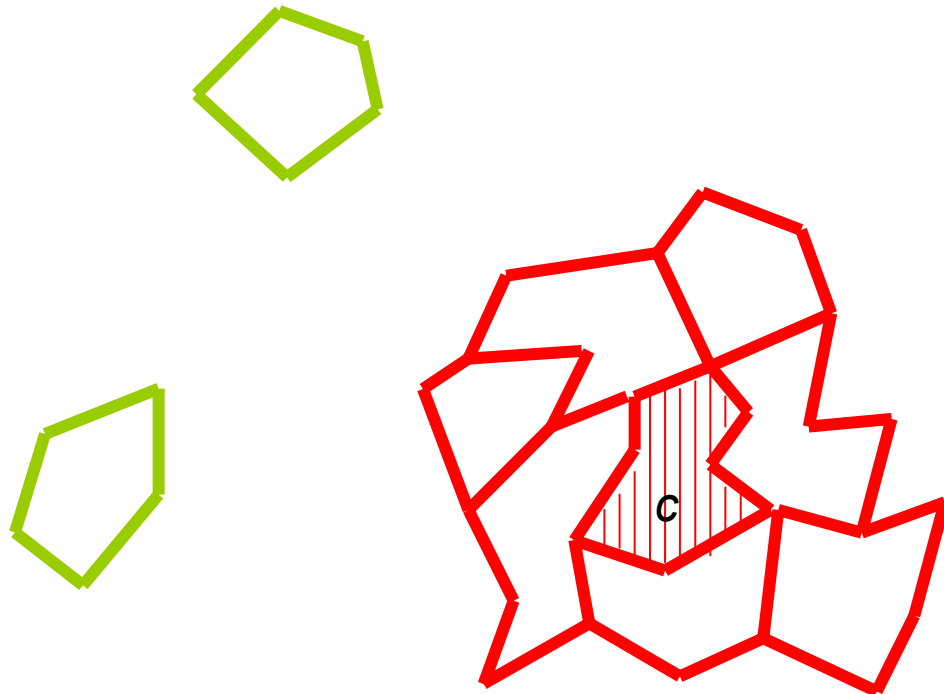
Esempio: flusso di acquirenti dal sito i verso l'area commerciale j



$$\Phi_{ij} = \frac{G \cdot V_C^\alpha \cdot V_R^\beta}{d_{ij}^\gamma}$$

Secondo il modello gravitazionale il flusso che si instaura tra due siti spaziali decresce all'aumentare della loro distanza secondo una legge analoga a quella che regola la interazione gravitazionale tra masse.

Intorno di una cella



Ogni cella interagisce in modo diretto con le celle che appartengono ai suoi interni

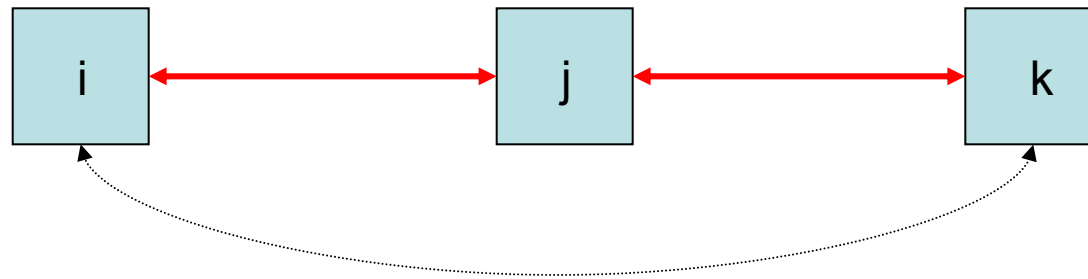


L'intorno metrico della cella *c* contiene le celle che hanno una diretta influenza su *c* a causa della vicinanza spaziale



L'intorno esteso della cella *c* contiene le celle che maggiormente influenzano *c* a causa della vicinanza indotta dalla rete di comunicazione

Propagazione delle interazioni spaziali



Le celle i e k, pur non essendo contenute l'una nell'intorno dell'altra, risultano correlate dal fatto di possedere entrambe la cella j nel loro intorno.

Questo permette alle interazioni spaziali di propagarsi nell'intero spazio urbano, con un raggio di azione che supera la dimensione dell'intorno.

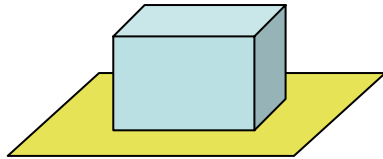
2 - Descrizione delle regole di evoluzione dell'automa cellulare

Definizione di una classe di eventi elementari

Definizione dell'insieme dei beni coinvolti in una trasformazione elementare

Definizione delle regole di trasformazione del vettore di stato della cella

Descrizione di un intervento sul territorio



L'intervento è caratterizzato da:

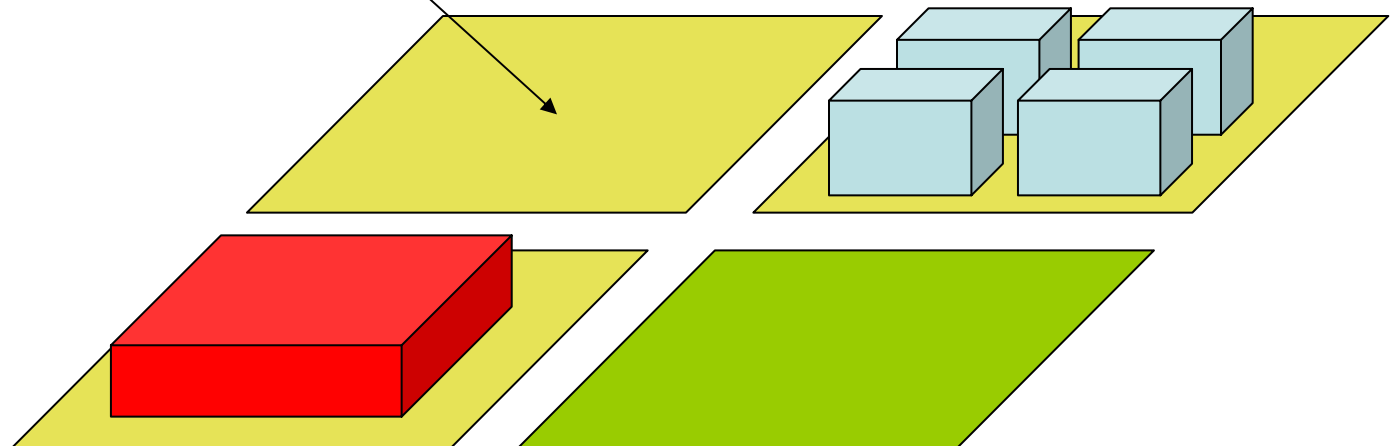
- 1) Una tipologia
- 2) Un insieme di parametri continui, chiamati beni, che caratterizzano l'intervento da un punto di vista quantitativo

Tipo di intervento

$$E \rightarrow R$$

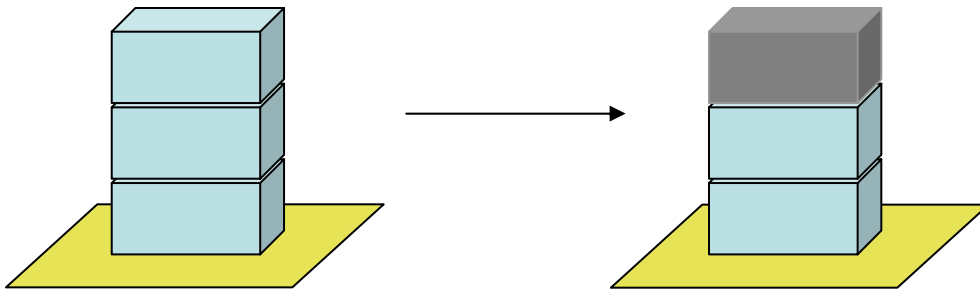
Beni prodotti

$$\pi = (\overline{S}, \overline{V}, \overline{\Delta})$$



Esempio: conversione da uso residenziale in uso ufficio:

$$R \rightarrow U$$

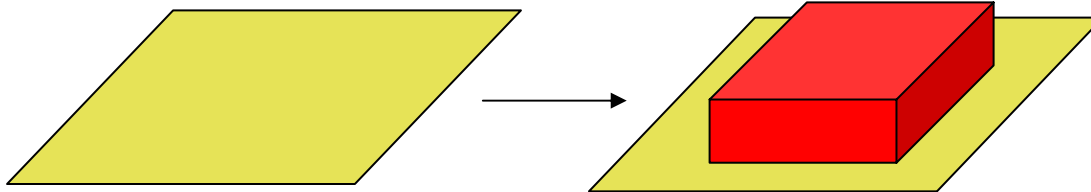


Bene prodotto:

$$\pi = \bar{V}$$

Esempio: costruzione di nuovo volume commerciale:

$$E \rightarrow C$$



Beni prodotti:

$$\pi = (\bar{V}, \bar{S}, \bar{\Delta})$$

Eventi elementari

- 1) Occupazione di volume residenziale
- 2) Occupazione di volume commerciale
- 3) Occupazione di volume ad uso ufficio

- 4) Abbandono di volume residenziale
- 5) Abbandono di volume commerciale
- 6) Abbandono di volume ad uso ufficio

- 7) Costruzione di volume residenziale
- 8) Costruzione di volume commerciale
- 9) Costruzione di volume industriale

- 10) Conversione di volume ad uso ufficio in volume residenziale
- 11) Conversione di volume residenziale in volume ad uso ufficio

- 12) Creazione di nuove superfici agricole
- 13) Conversione di superficie agricola in superficie edificabile

Beni e risorse

Il modello fa un uso sistematico degli strumenti della pianificazione territoriale

Indice di copertura

$$I_c(c) = \frac{S_M(c)}{S_T(c)}$$

$S_M(c)$ massima superficie copribile
nella cella c

$S_T(c)$ superficie territoriale
della cella c

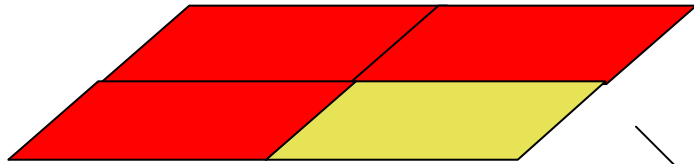
Indice di edificabilità fondiaria

$$I_e(c) = \frac{V_M(c)}{S_T(c)}$$

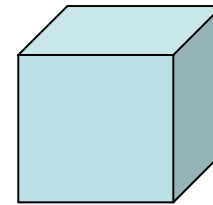
$V_M(c)$ massimo volume edificabile
nella cella c

$S_T(c)$ superficie territoriale
della cella c

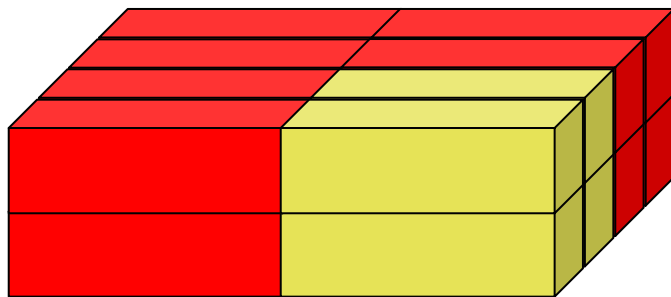
L'intervento edilizio può essere concepito come la produzione di un bene attraverso lo sfruttamento di una risorsa spaziale disponibile:



$$\bar{S} \leq I_c(c) \cdot S_T(c) - S$$



$$\pi = (\bar{S}, \bar{V}) \in R^2$$

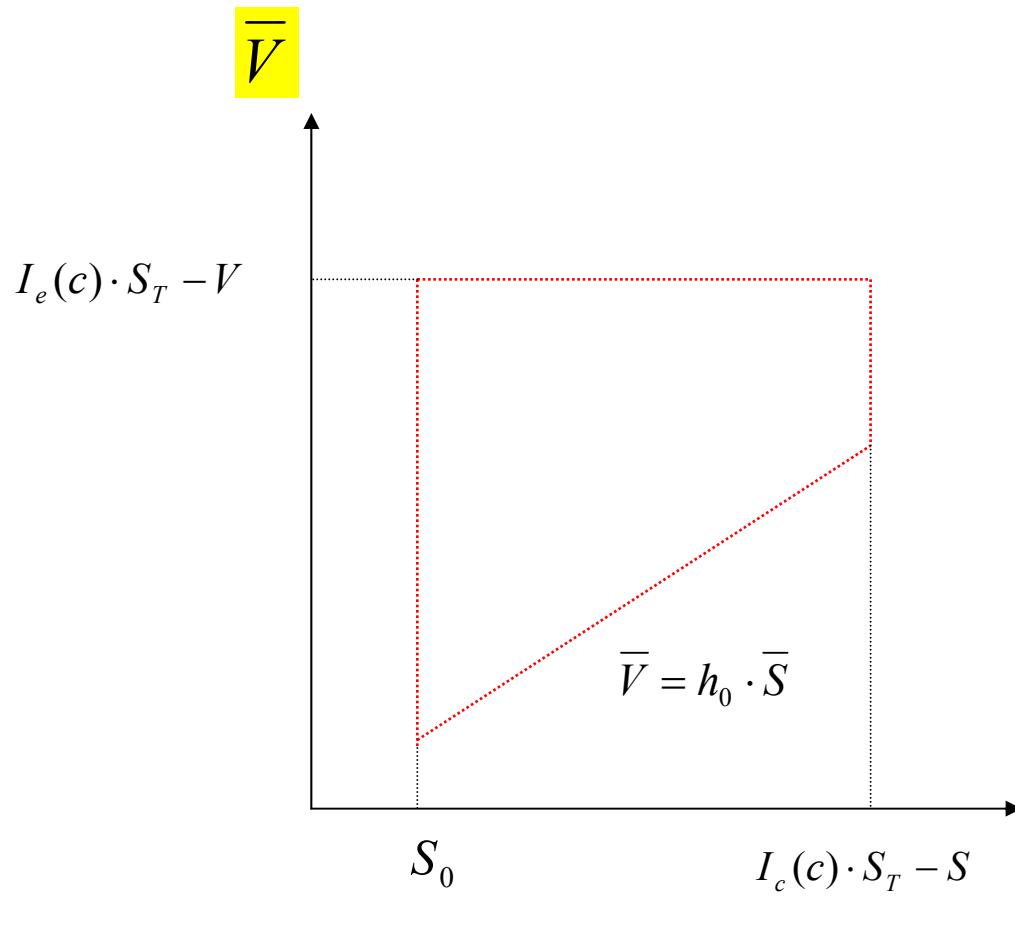


$$\bar{V} \leq I_e(c) \cdot S_T(c) - V$$

 Risorsa occupata

 Risorsa libera

Vincoli all'attuazione di un intervento



$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{S} \leq I_c(c) \cdot S_T(c) - S \\ \bar{S} \geq S_0 \\ \bar{V} \leq I_e(c) \cdot S_T(c) - V \\ \bar{V} \geq \bar{S} \cdot h_0 \end{array} \right.$$

Regole di trasformazione del vettore di stato della cella

Consideriamo come esempio l'evento elementare che consiste nella costruzione di volume residenziale su terreno edificabile

Tipologia dell'intervento:

$$E \rightarrow R$$

Beni coinvolti nella trasformazione:

$$\pi = (\overline{V}_R, \overline{V}_C, \overline{V}_U, \overline{S}, \overline{\Delta})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_R' = V_R + \overline{V}_R \\ V_C' = V_C + \overline{V}_C \\ V_U' = V_U + \overline{V}_U \\ V_R^{occ}' = V_R^{occ} \\ V_C^{occ}' = V_C^{occ} \\ V_U^{occ}' = V_U^{occ} \\ V_I' = V_I \\ S_V' = S_V \\ S' = S + \overline{S} \\ \Delta' = \Delta + \overline{\Delta} \end{array} \right.$$

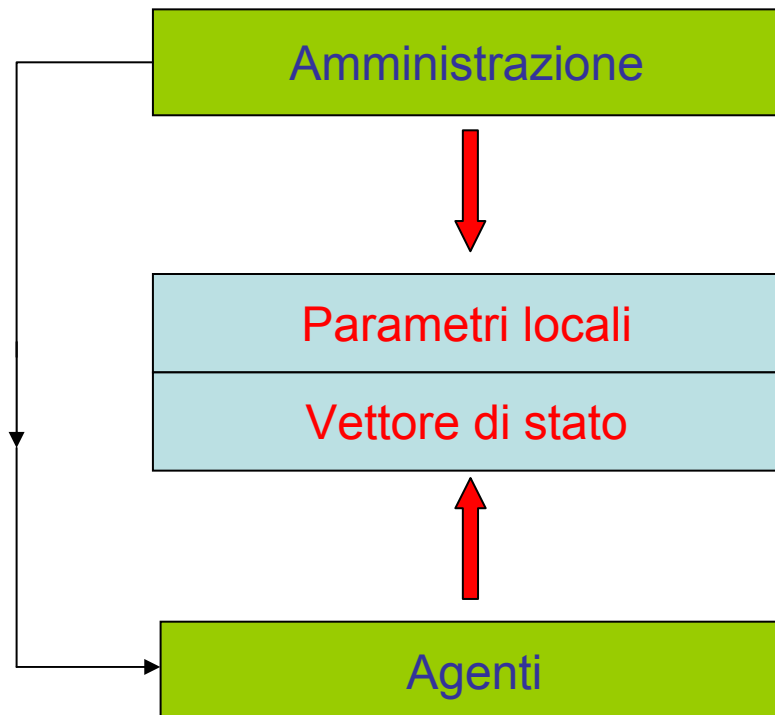
3 - Processi decisionali e dinamica del territorio

Agenti e processi decisionali

Conteggio di eventi

Determinazione dei beni prodotti in un evento

Agenti e processi decisionali



Gli agenti (popolazione, imprenditori) modificano attraverso le loro decisioni i vettori di stato delle celle.

L'amministrazione, attraverso la pianificazione e gli interventi sulle infrastrutture, modifica le condizioni nelle quali gli agenti operano e i parametri che, accanto al vettore di stato, contribuiscono a caratterizzare la struttura di una cella

Alcune applicazioni del modello ACME

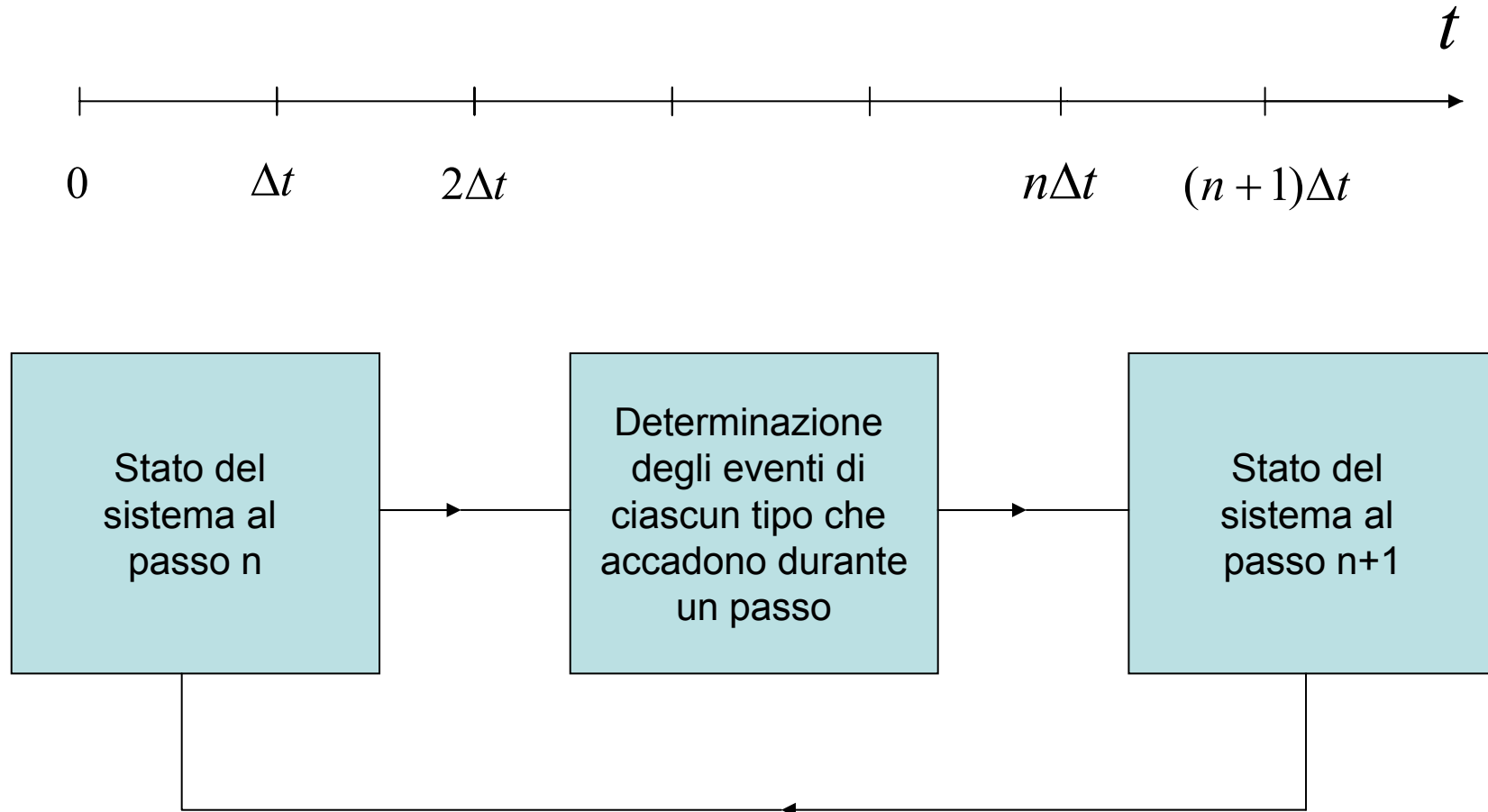
Quale sarà l'impatto sulla città di un certo intervento infrastrutturale come la costruzione di una nuova strada o di una stazione ferroviaria?

In che modo un'importante intervento architettonico incide sullo spazio urbano?

Come valutare tra diverse strategie di riqualificazione di un' area depressa?

Come valutare scenari relativi a diverse strategie di pianificazione del territorio?

Schema di evoluzione del sistema



Conteggio di eventi

In che modo bisogna far agire le regole affinché il modello descriva la corretta evoluzione del sistema urbano?

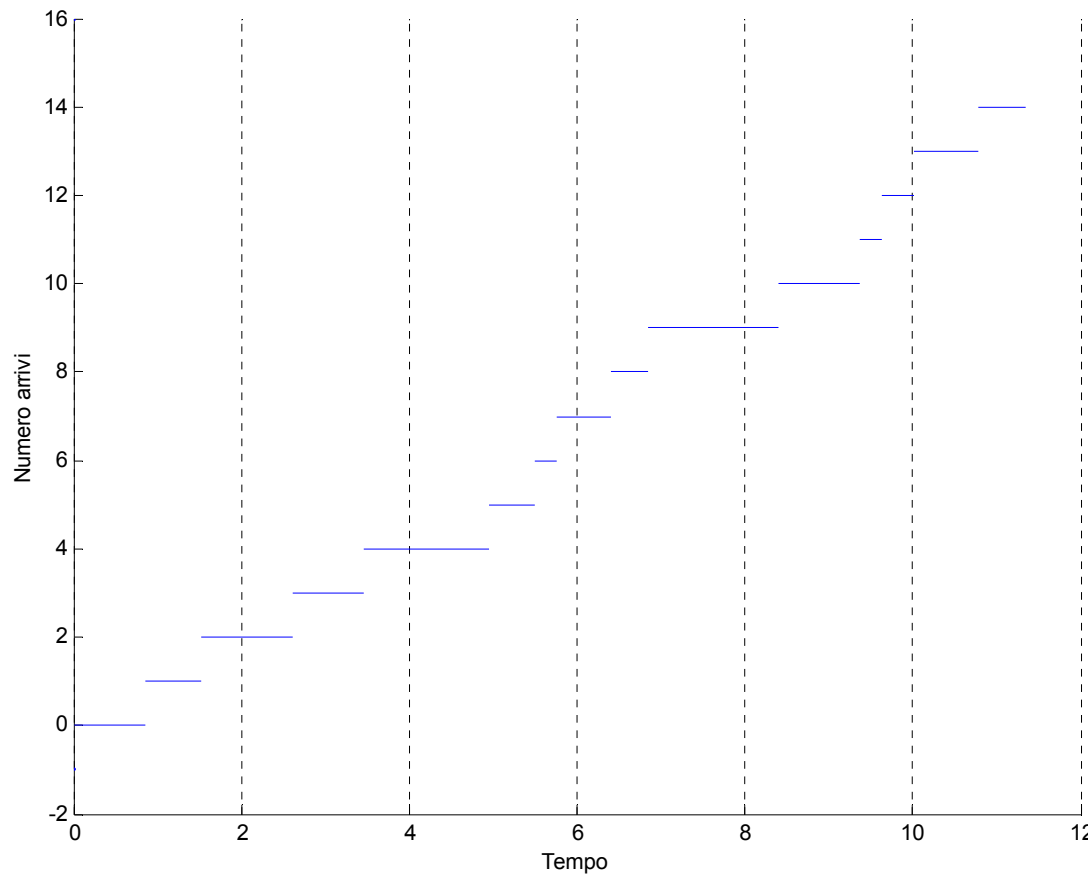
Riformuliamo la domanda nel seguente modo:

Quanti eventi di un certo tipo α accadono durante l'intervallo di tempo Δt in una data cella?

Sfruttiamo una interessante analogia con il seguente problema:

Quanti clienti arrivano in un negozio durante un prefissato tempo Δt ?

Sia N_T il numero di clienti che arrivano nel negozio tra l'istante $t = 0$ e l'istante $t = T$



Non è possibile prevedere in modo esatto gli istanti dei singoli arrivi: il fenomeno ha una natura stocastica

E però possibile chiedersi qual è la probabilità di avere un dato numero di arrivi in un prefissato intervallo di tempo

Se sono soddisfatte le seguenti due condizioni:

- 1) Gli individui che accedono al negozio prendono le loro decisioni uno indipendentemente dall'altro
- 2) Le condizioni nelle quali gli individui prendono le decisioni non mutano durante l'intervallo di tempo considerato

Si ha la seguente legge, detta distribuzione di Poisson:

$$P\{N_{t, \Delta t} = n\} = \frac{1}{n!} \exp(-\lambda \cdot \Delta t) \cdot (\lambda \cdot \Delta t)^n$$

$N_{t, \Delta t}$

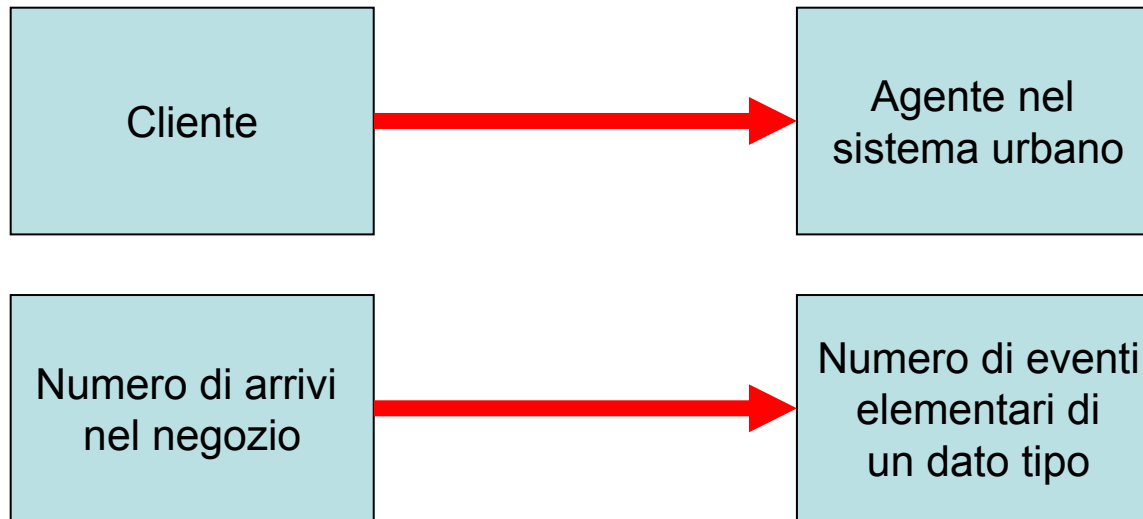
Numero di individui che accedono al negozio tra i tempi t e $t + \Delta t$

λ

Intensità del processo

$$N_{t, \Delta t}^{\alpha}$$

Numero di eventi elementari di tipo α che avvengono tra i tempi t e $t + \Delta t$



Durante il tempo Δt

- 1) Le informazioni sulle decisioni degli agenti non hanno il tempo di diffondersi nel sistema
- 2) La configurazione del sistema urbano non cambia al punto da modificare le condizioni nelle quali le decisioni vengono prese

Se le precedenti condizioni sono soddisfatte possiamo assumere anche per gli eventi elementari nello spazio urbano una distribuzione di Poisson

$$P\{N_{t, \Delta t}^\alpha = n\} = \frac{1}{n!} \exp(-\lambda^\alpha(c, t) \cdot \Delta t) \cdot (\lambda^\alpha(c, t) \cdot \Delta t)^n$$

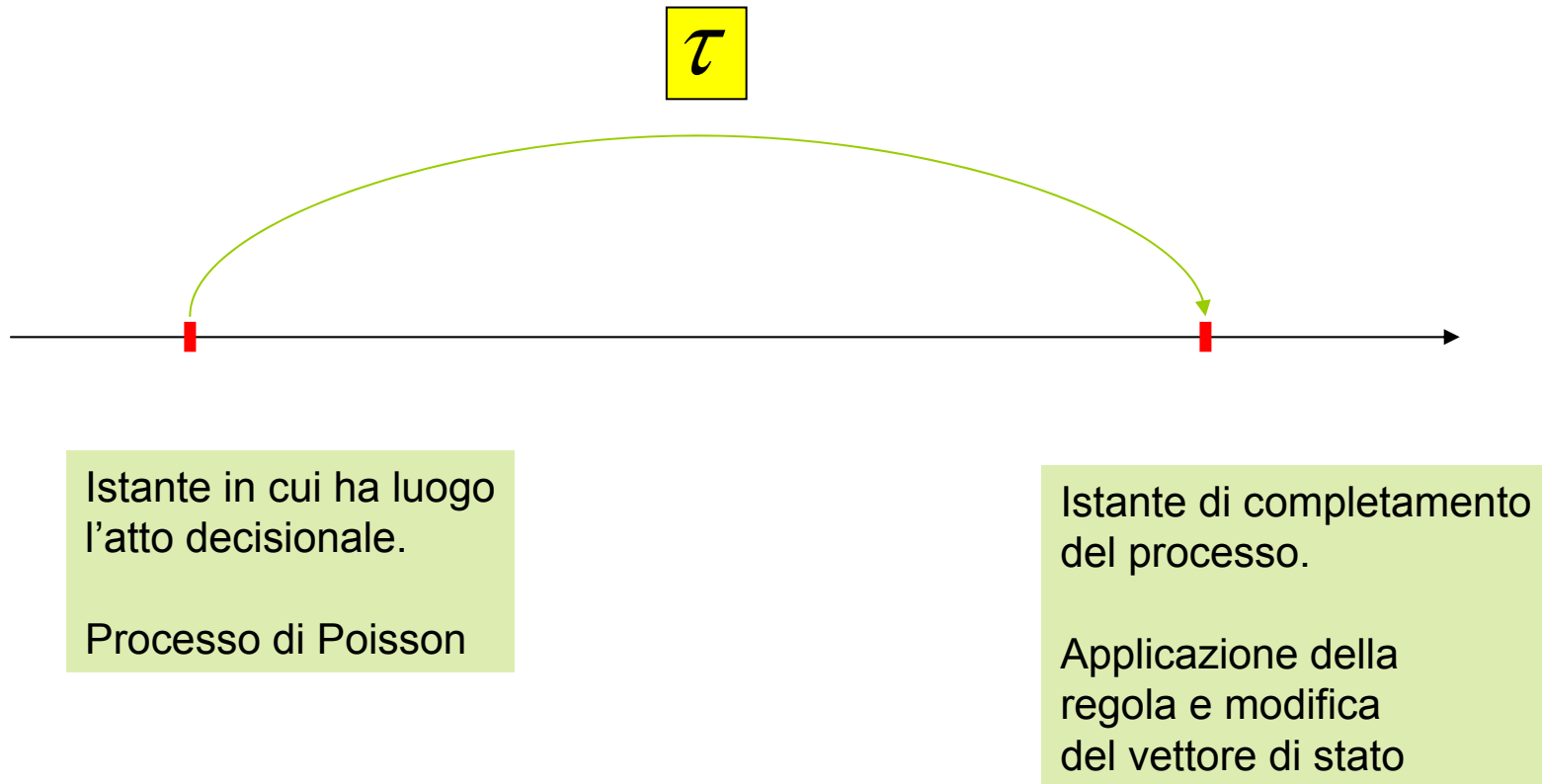
$\lambda^\alpha(c, t)$

Intensità del processo di Poisson nella cella c al tempo t .

Il tempo Δt è lo step temporale dell'automa cellulare ACME.

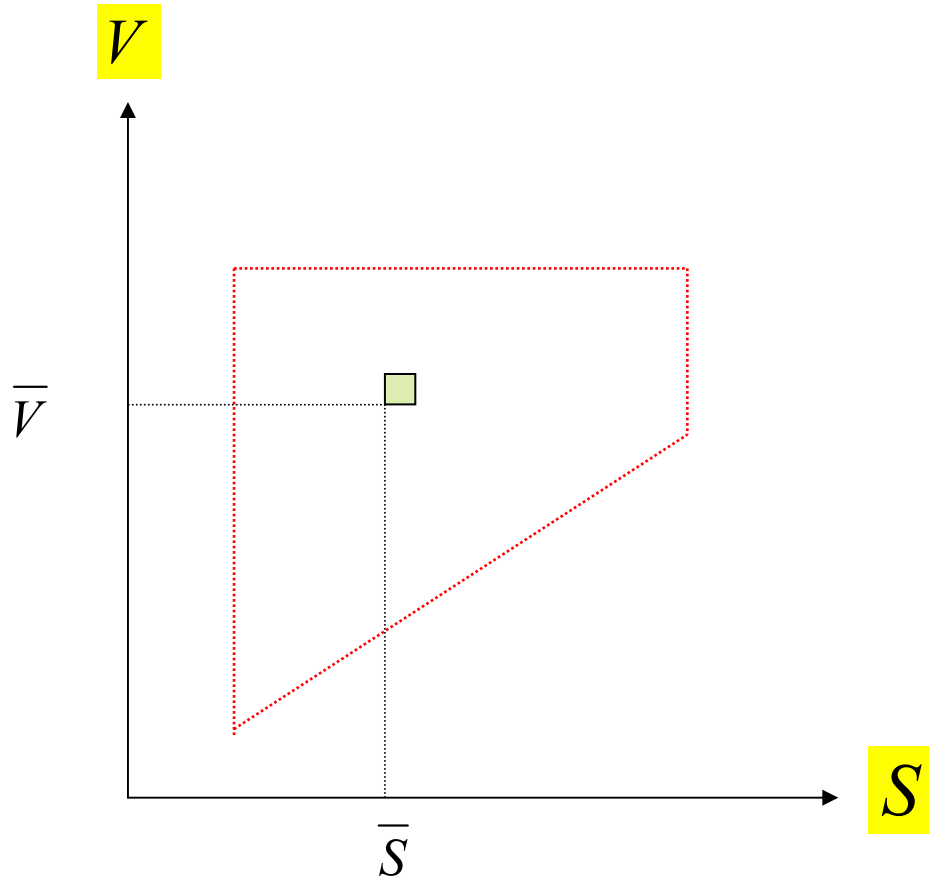
Le condizioni di applicabilità dei processi di Poisson forniscono criteri di scelta per il suo valore.

Tempi di ritardo



Il tempo di ritardo τ tiene conto del fatto che i processi non avvengono istantaneamente, ma che sono distribuiti lungo un certo intervallo di tempo.

Determinazione del valore dei beni

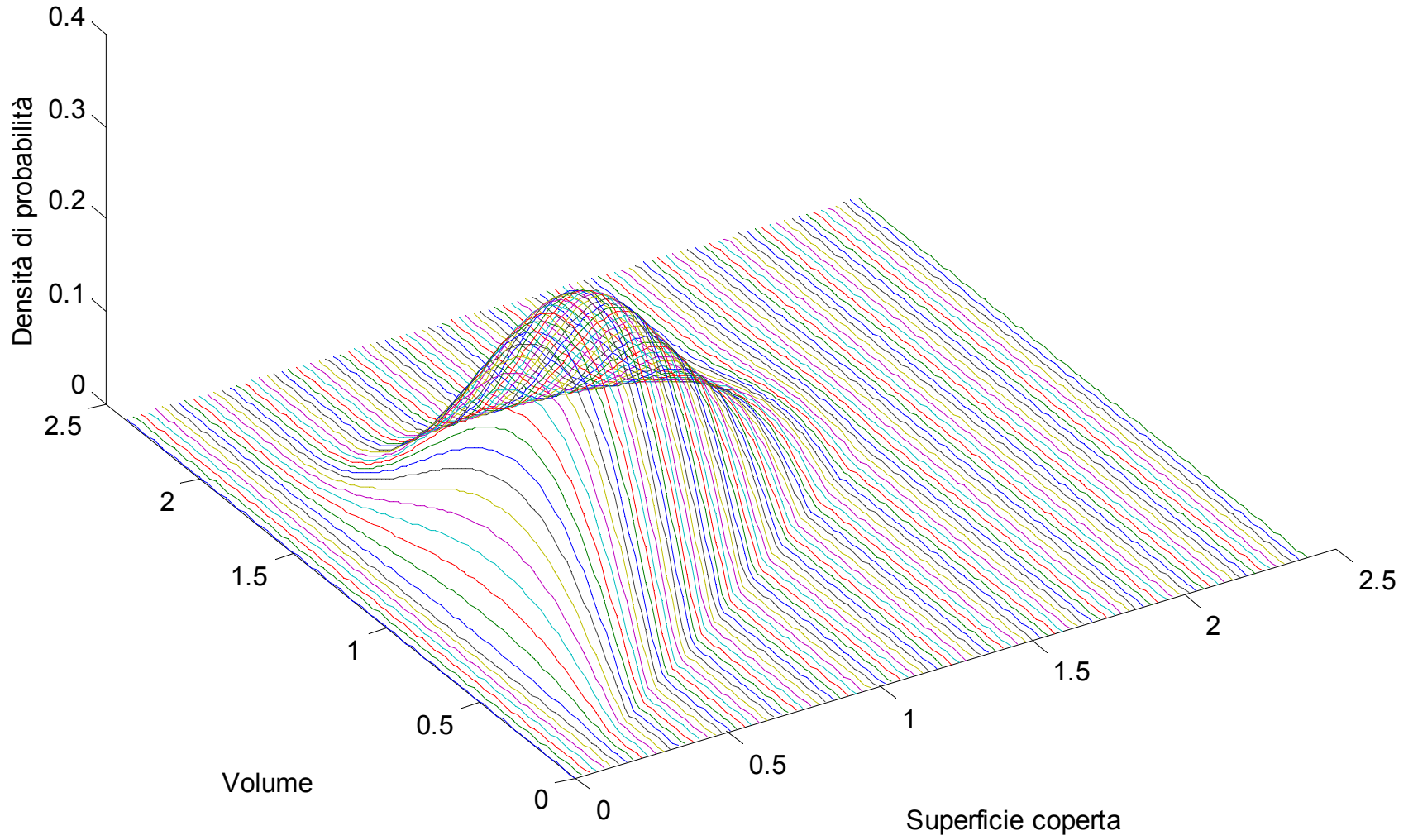


Con quale probabilità i beni prodotti avranno un determinato valore?

La domanda deve essere riformulata in modo più preciso:

Con quale probabilità i beni prodotti hanno un valore che cade in un piccolo intervallo attorno ad un valore fissato?

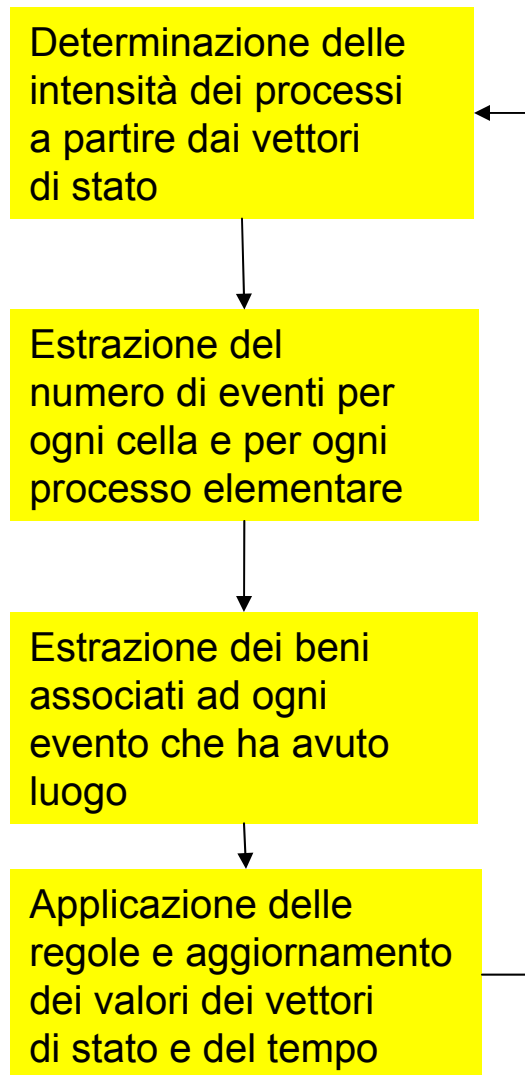
$$\beta(\bar{S}, \bar{V}) \Delta S \Delta V = P \left\{ \bar{S} \leq S \leq \bar{S} + \Delta S ; \bar{V} \leq V \leq \bar{V} + \Delta V \right\}$$



Le densità di probabilità per il valore dei beni prodotti vengono scelte tenendo conto di vari fattori:

- 1) Vincoli di piano regolatore
- 2) Ottimizzazione nello sfruttamento delle risorse spaziali a disposizione secondo criteri che dipendono dal tipo di intervento considerato
- 3) Ricerca della qualità
- 4) Criteri di uniformità nello sfruttamento dello spazio
- 5)

Algoritmo per la simulazione



Ogni ciclo dell'algoritmo corrisponde ad un passo nell'evoluzione dell'automa

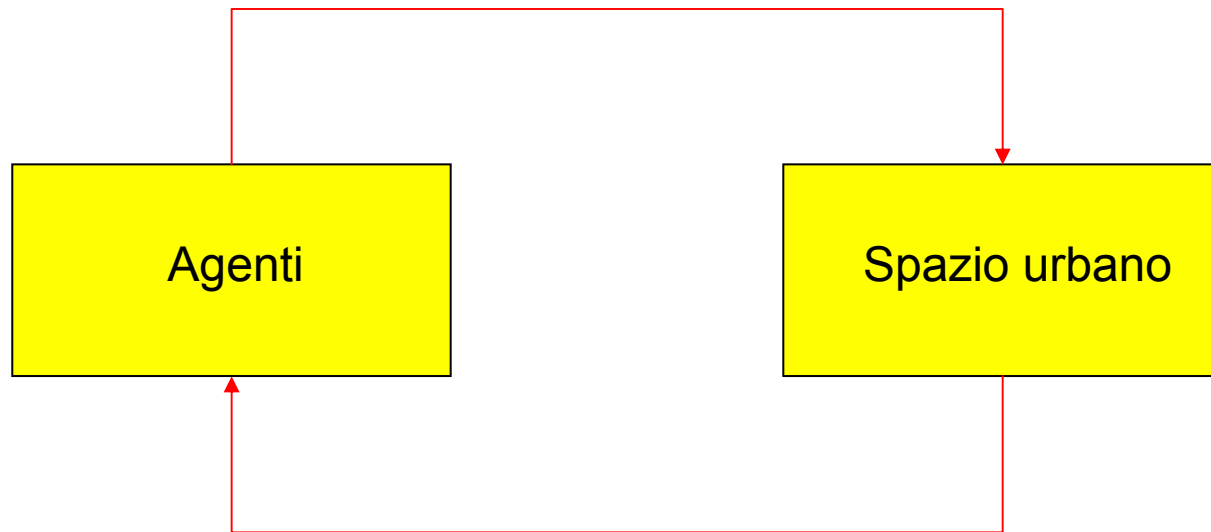
4 - Esempio delle tecniche utilizzate nella costruzione concreta di un modello

Metodo di Nägeli-Wengen e determinazione del potenziale di posizione

Termini locali nell'intensità: forza e resistenza per il processo di occupazione di superfici commerciali

Termini globali nell'intensità: indici globali di domanda nel settore commerciale

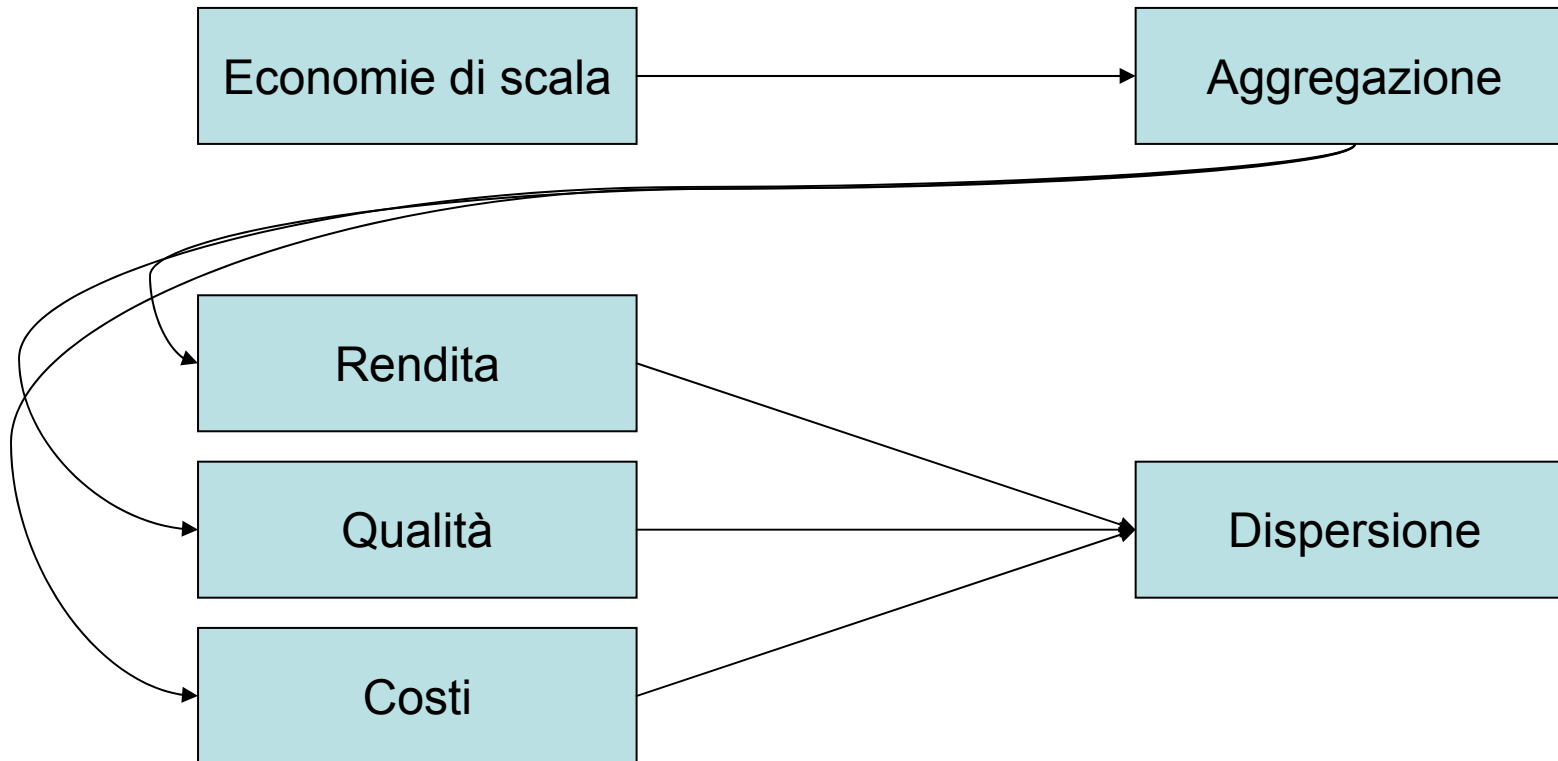
Gli agenti modificano con le loro decisioni
la configurazione dello spazio urbano



Lo spazio urbano fornisce agli agenti la cornice
nella quale le loro decisioni si formano

Le intensità dei processi dipendono dalla configurazione del sistema e
più in particolare dal valore dei vettori di stato delle celle che
appartengono all'intorno della cella data

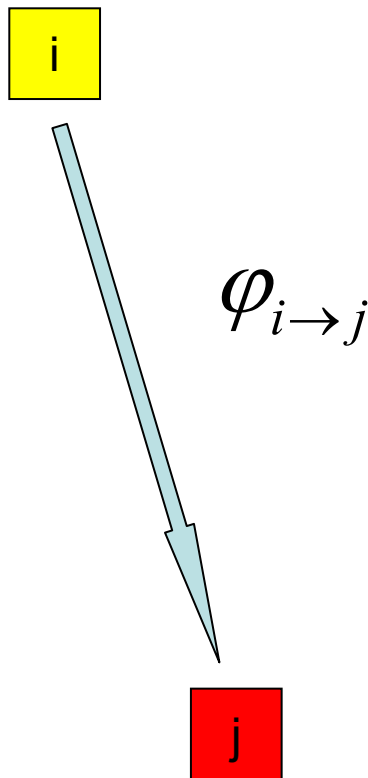
Rendita e localizzazione delle attività



Il valore della rendita, collegato alla competizione per la risorsa territoriale, gioca un ruolo preponderante nella localizzazione delle attività

Modello gravitazionale di interazione spaziale

Esempio: settore commerciale



$$\varphi_{i \rightarrow j} = G \cdot V_R(i) \cdot F(j) \cdot Z(i, j)$$

Il flusso di spesa dalla cella di origine i alla cella di destinazione j è proporzionale alla forza di attrazione $F(j)$ della cella di destinazione, al volume residenziale nella cella i di origine e dipende da una “trasmittanza” spaziale $Z(i, j)$

Vincolo all'origine

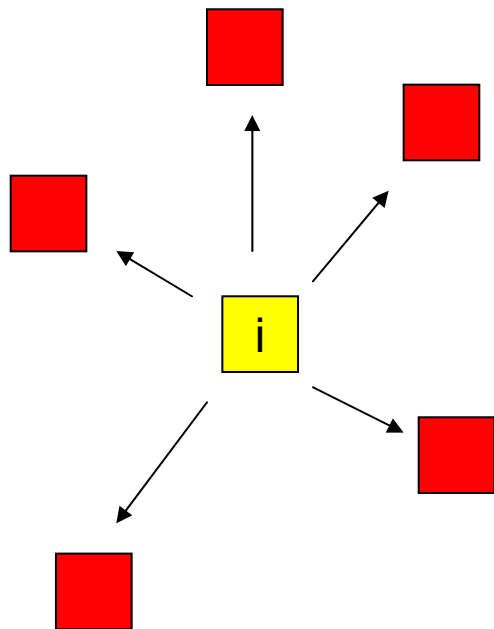
Calcoliamo il flusso uscente dalla cella i

$$\varphi_i^\uparrow = \sum_j G \cdot V_R(i) \cdot F(j) \cdot Z(i, j)$$

Il flusso uscente deve anche essere proporzionale al volume residenziale di i (vincolo all'origine)

$$\varphi_i^\uparrow = a \cdot V_R(i)$$

Con a abbiamo indicato la capacità di spesa per unità di volume residenziale



Le due condizioni portano al seguente sistema:

$$\begin{cases} \varphi_i^\uparrow = G \cdot V_R(i) \cdot \sum_j F(j) \cdot Z(i, j) \\ \varphi_i^\uparrow = a \cdot V_R(i) \end{cases}$$

E' facile ora ricavare G , che non risulta essere di fatto una costante:

$$a \cdot V_R(i) = G \cdot V_R(i) \cdot \sum_j F(j) \cdot Z(i, j)$$

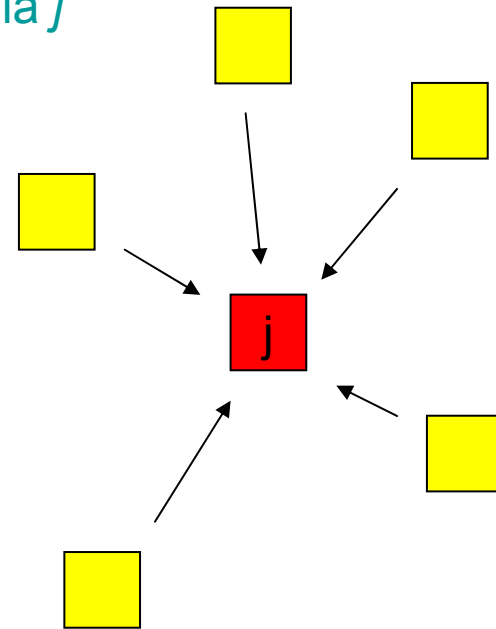
$$G = \frac{a}{\sum_j F(j) \cdot Z(i, j)}$$

Il flusso dall'origine i alla destinazione j risulta quindi:

$$\varphi_{i \rightarrow j} = \frac{a \cdot V_R(i) \cdot F(j) \cdot Z(i, j)}{\sum_k F(k) \cdot Z(i, k)}$$

E' facile ora calcolare il flusso attratto da una cella j

$$\varphi_j^\downarrow = \sum_i \varphi_{i \rightarrow j}$$



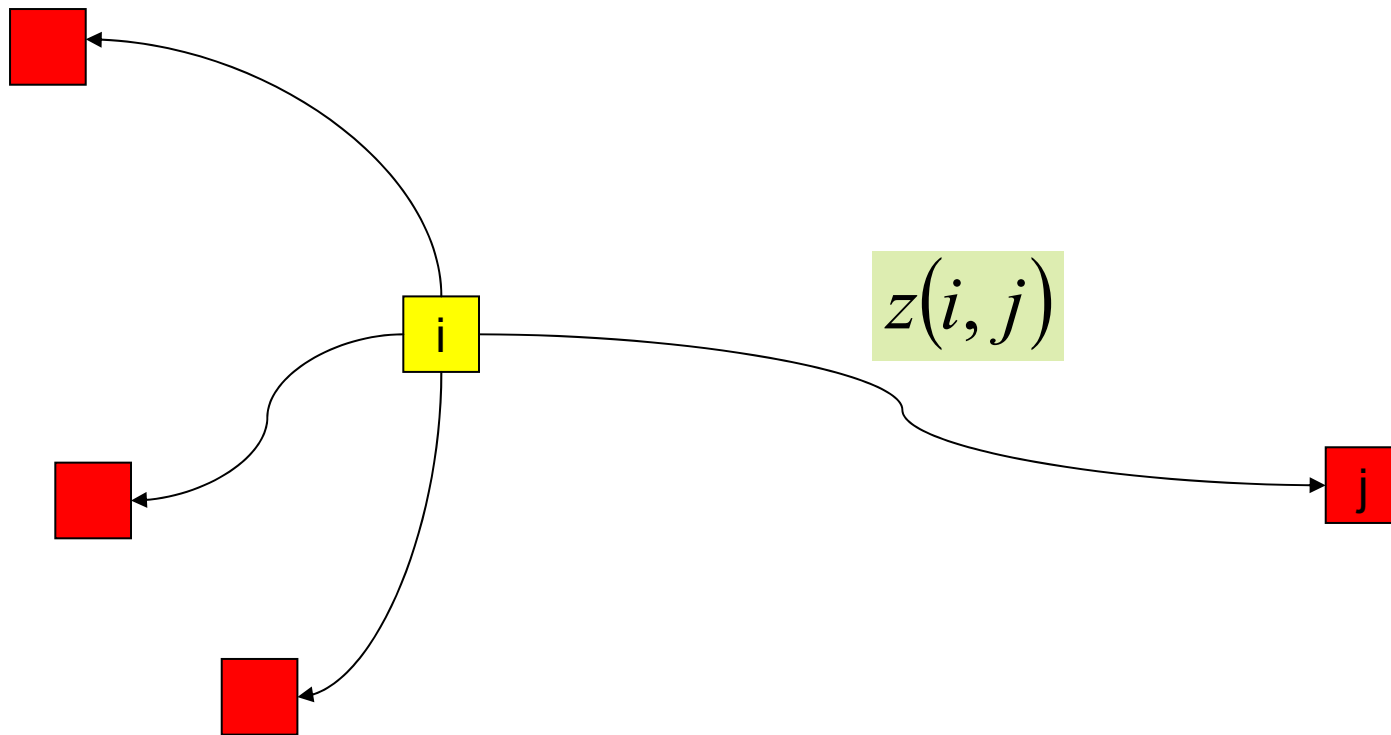
$$\varphi_j^\downarrow = a \cdot F(j) \cdot \sum_i \left(Z(i, j) \frac{V_R(i)}{\sum_k F(k) \cdot Z(i, k)} \right)$$

Il flusso attratto da j :

- cresce con la capacità di spesa della popolazione
- cresce con l'attrattività commerciale di j
- cresce con l'ampiezza del bacino di utenza (domanda)
- decresce con l'attrattività commerciale dei siti concorrenti

Si noti il ruolo giocato dalla trasmittanza spaziale nell'attenuare gli effetti dovuti alla concorrenza e quindi nel localizzare il bacino di utenza di ogni cella commerciale

$$\varphi_j^\downarrow = a \cdot F(j) \cdot \sum_i \left(Z(i, j) \frac{V_R(i)}{\sum_k F(k) \cdot Z(i, k)} \right)$$



Fattore di attrazione locale per il commercio

$$F(j) = f(j) \cdot (V_C(j))^\alpha$$

Il termine $f(j)$ traduce contributi all'attrattività commerciale dipendenti dalla tipologia della zona non dipendenti dalla presenza di altre superfici commerciali:

- 1) Disponibilità di infrastrutture che favoriscano l'accesso (parcheggi)
- 2) Presenza di altri elementi di attrattiva
- 3)

Un esponente $\alpha > 1$ segnala la presenza di un effetto di cooperazione del commercio con se stesso.

Infatti in questo caso il flusso attratto per unità di volume commerciale cresce più che linearmente con il volume stesso

Relazioni sinergetiche

Cooperazione commercio-commercio a breve distanza:

la forza di attrazione di un sito commerciale cresce fortemente con la concentrazione locale di attività commerciali

Antagonismo commercio-commercio a lunga distanza

concorrenza per la spartizione della domanda di superfici commerciali

Cooperazione abitazioni-commercio a lunga distanza

Livello della domanda di superfici commerciali

L'effetto di impedenza spaziale dovuta alla distanza media le relazioni sinergetiche tra utilizzi del territorio fungendo, per esempio, da fattore di protezione dalla concorrenza.

Gli effetti connessi allo spazio sono perciò importanti nel determinare la localizzazione delle attività.

Dinamica del settore commerciale

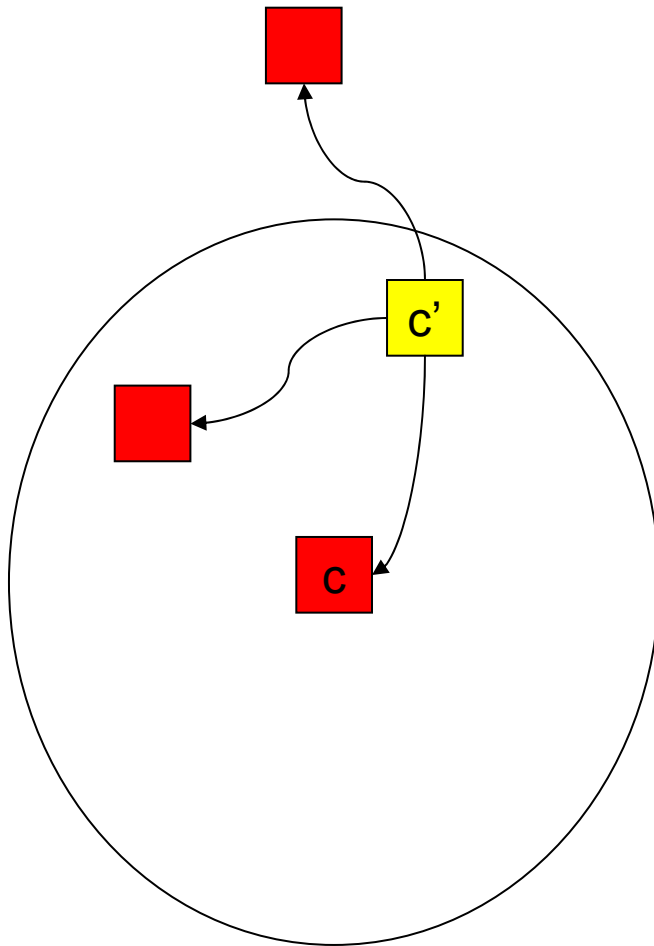
La variazione del tempo della localizzazione delle superfici commerciali dipende da un calcolo costi-benefici

Il costo può essere in prima approssimazione stimato proporzionale al volume commerciale creato

Il beneficio tratto può essere misurato attraverso il flusso attratto dalla nuova superficie creata.

Dato che i siti commerciali competono per una domanda complessiva finita, ci sarà un momento nel quale l'ulteriore crescita dell'offerta commerciale in un sito non risulterà più essere vantaggiosa.

Modelli gravitazionali e intorni nella teoria degli AC



La cella c' , inclusa nell'intorno di c , indirizza un flusso anche verso celle poste al di fuori dell'intorno di c .

Per questa ragione il flusso diretto su c dipende dallo stato del sistema in celle esterne all'intorno

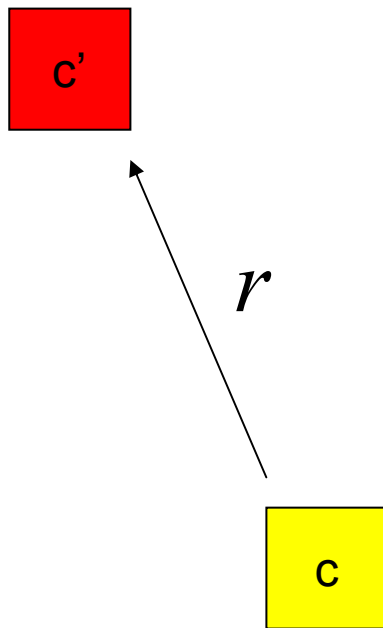
Si presentano allora due problemi:

Il carattere a lunga portata delle interazioni richiede l'uso di intorni di grande raggio.

Nella costruzione delle regole la dipendenza dallo stato dell'intorno assume un carattere complicato

Fattori locali (WE)

Qual è il peso per la trasformazione di una cella dall'uso j all'uso k in presenza di una cella di tipo i alla distanza r ?



Esempio:

Qual è il peso per la conversione di una cella c da edificabile in commerciale in presenza di una cella commerciale c' alla distanza r ?

Qual è il peso per la conversione di una cella c da edificabile in commerciale in presenza di una cella residenziale c' alla distanza r ?

Questi pesi determinano il potenziale della cella per l'uso commerciale e sono scelti conformemente alla natura delle relazioni sinergiche tra gli utilizzi del territorio.

Fattori locali e fattori globali (WE)

Livello globale della dinamica

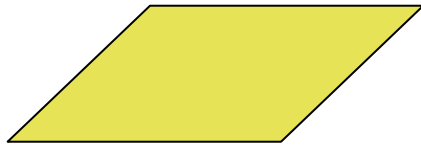
Determinazione esogena del numero di celle di un tipo fissato che dovranno essere assegnate nel passo successivo.



Livello locale della dinamica

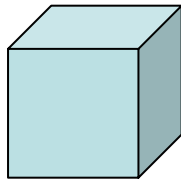
Determinazione endogena della localizzazione delle celle mediante la regola del “massimo potenziale”

Metodo posizionale per la determinazione della rendita

 V_T

Valore del terreno

+

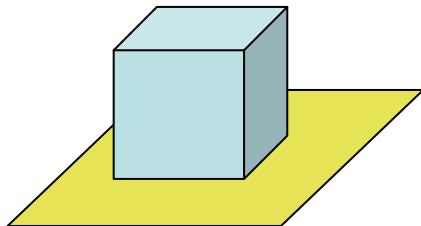
 V_I

Valore immobile

=

$$V_{tot} = V_T + V_I$$

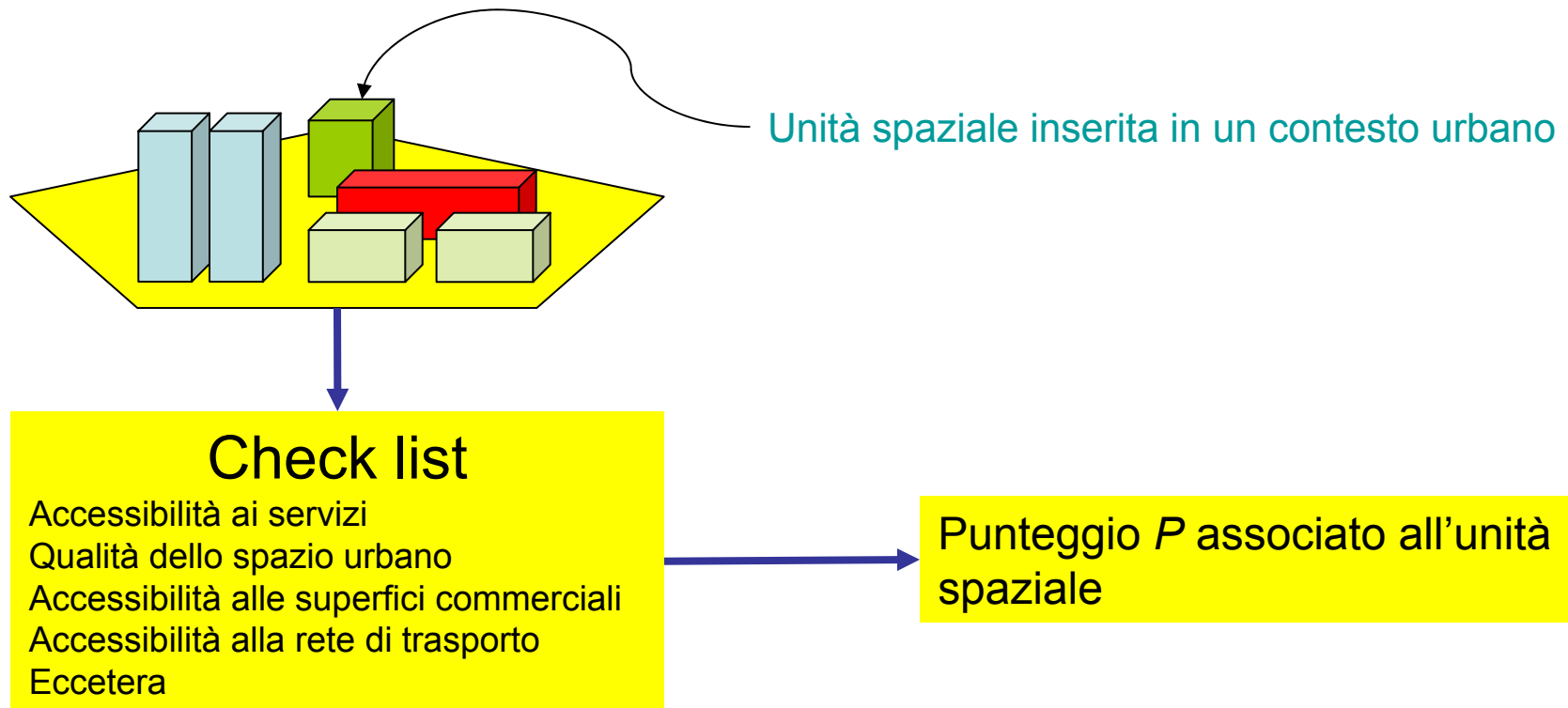
Valore totale dell'unità spaziale



$$\frac{V_T}{V_I} = q \Rightarrow V_{tot} = V_I(1 + q)$$

Il quoziente q dipende dal contesto urbano in cui è inserita l'unità spaziale considerata

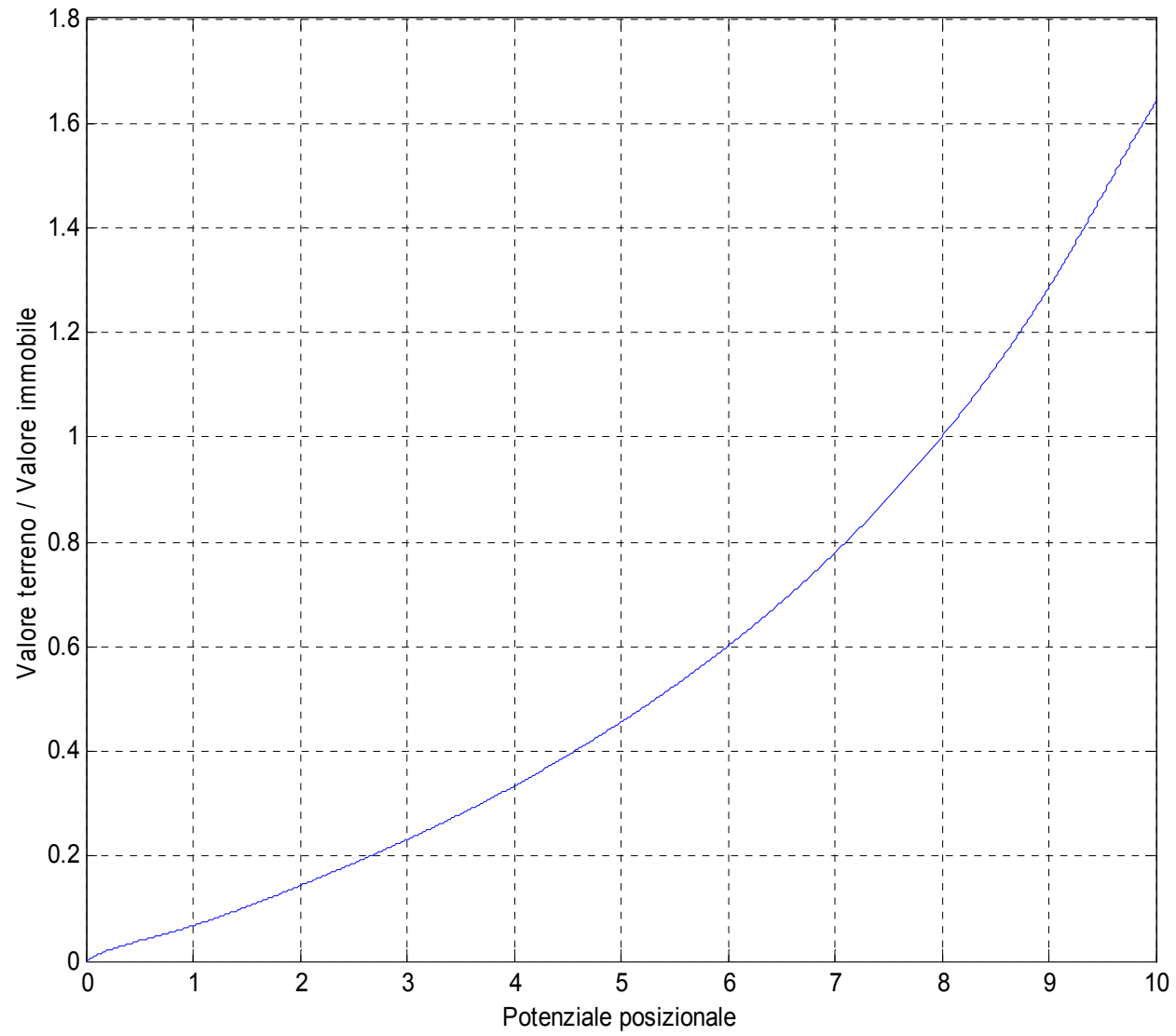
Valutazione di una unità spaziale con il metodo posizionale



$$0 \leq P \leq 10$$

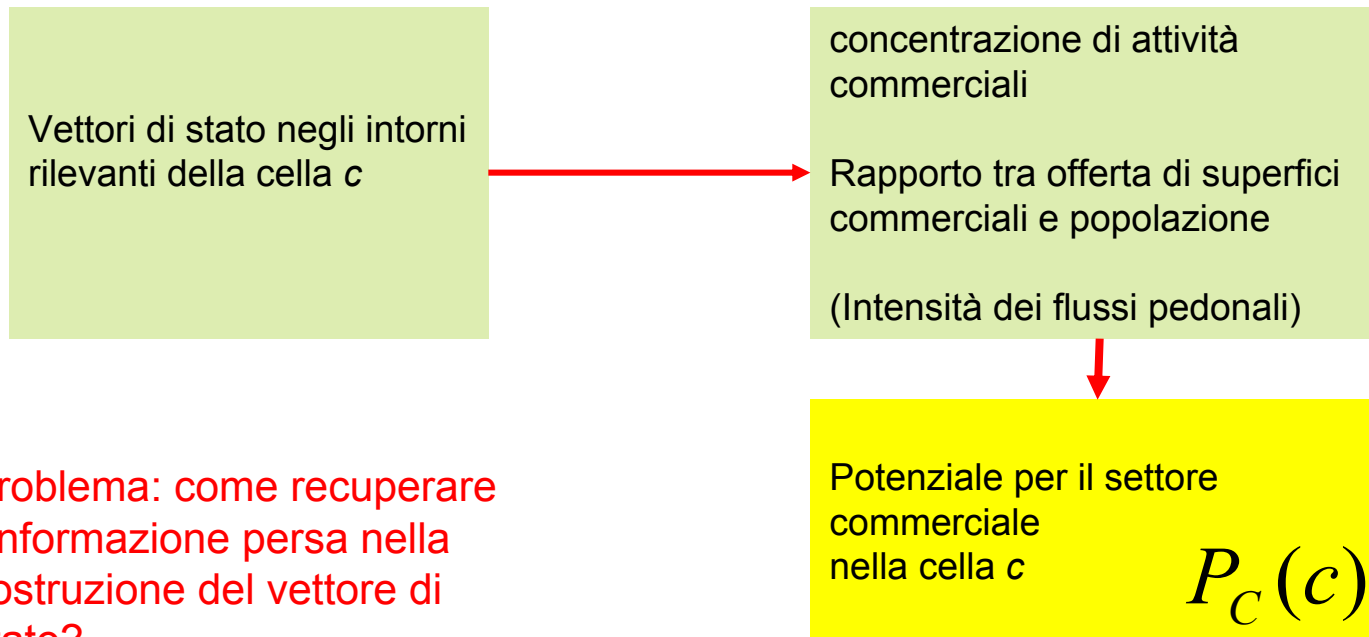
$$P \mapsto q(P)$$

Il quoziente q usato nel calcolo della rendita è una funzione del punteggio ottenuto dall'analisi del contesto urbano



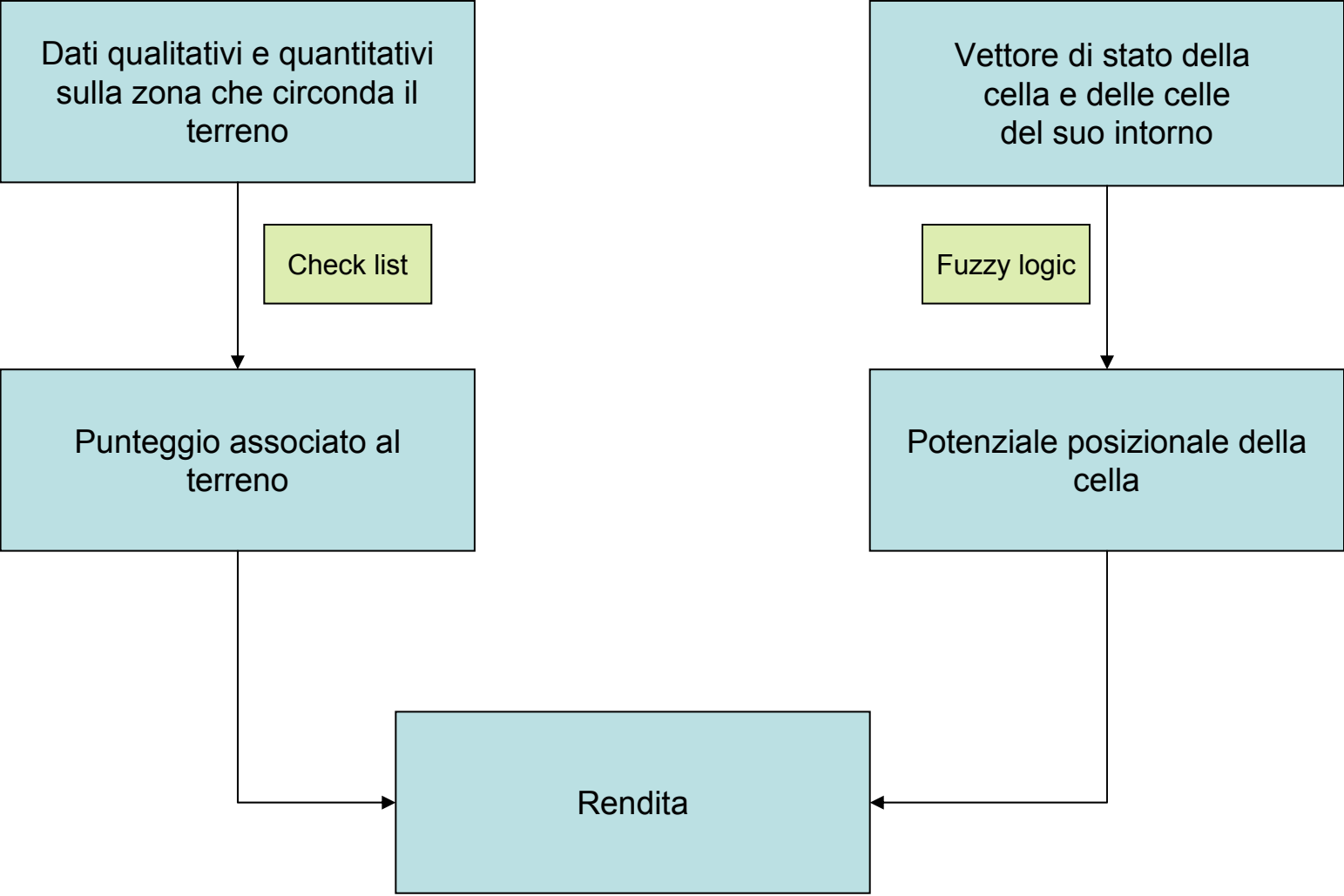
Fattori locali (ACME) settore commerciale

1 – Costruzione di un potenziale posizionale per il settore commerciale



Problema: come recuperare l'informazione persa nella costruzione del vettore di stato?

Determinazione del potenziale posizionale



Si individua un insieme di tratti rilevanti per la determinazione del valore attribuito dagli agenti ad una cella per l'utilizzo considerato.

Esempio: settore commerciale

- Carattere commerciale dell'intorno della cella
- Livello della domanda locale
- Livello di centralità
- Relazione con la rete di trasporto
- Altri

Per ogni tratto considerato si costruisce un indicatore, dipendente dalla configurazione dell'intorno della cella, che ne misura quantitativamente la presenza

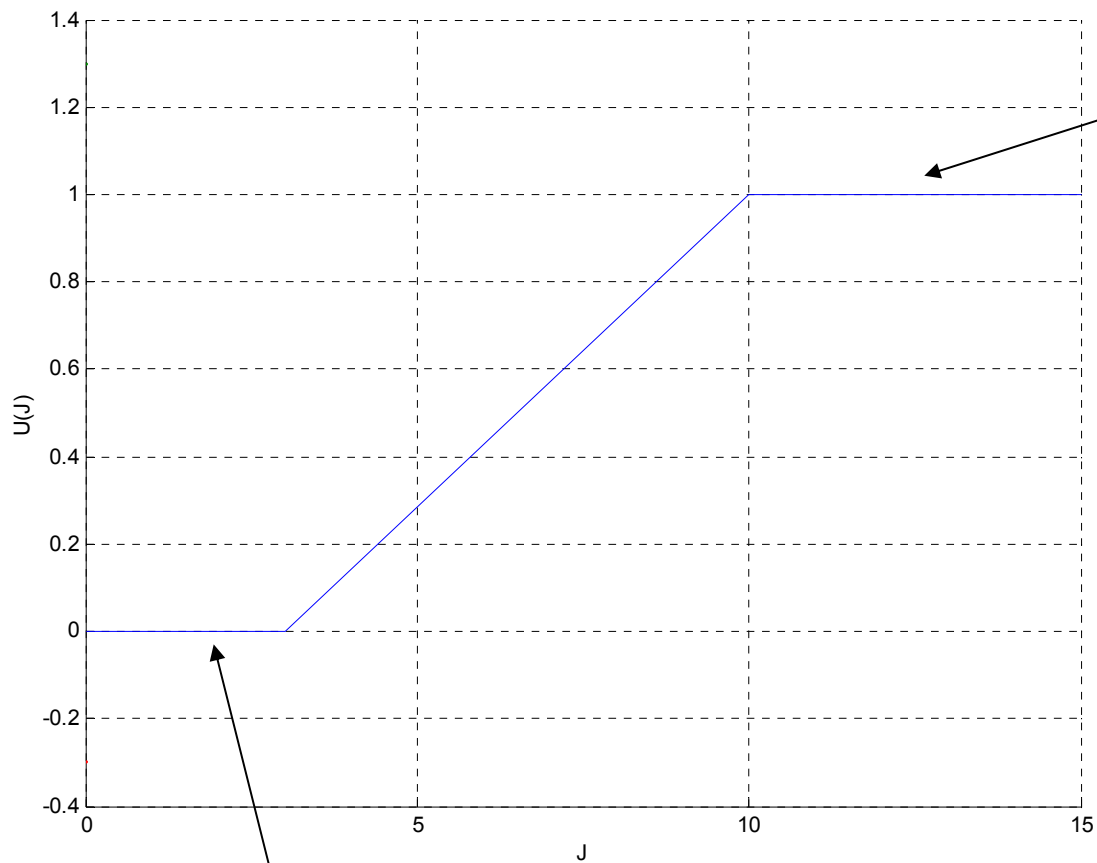
Esempio: livello di domanda locale

$$J_1(c) = \sum_{c' \in U_1(c)} (V_R(c') - \alpha_1 \cdot V_C(c')) \cdot z_1(c, c')$$

Esempio: livello di centralità

$$J_2(c) = \sum_{c' \in U_2(c)} \frac{(V_{CI}(c') + V_U(c')) \cdot z_2(c, c')}{(V_{CI}(c') + V_U(c') + V_R(c')) \cdot z_2(c, c')}$$

Per ogni tratto si costruisce una funzione che assume valori tra 0 e 1 e che dipende dall'indicatore associato al tratto.



Tratto presente al massimo grado

I valori intermedi della funzione corrispondono a gradi intermedi della attribuzione del tratto

Tratto assente

I valori delle funzioni vengono poi combinati attraverso operatori logici per determinare il grado di attrattività complessivo della cella.

Centroide di un insieme di tratti:

$$\bar{P}(J_1, J_2, \dots, J_k) = \sum_{j=1}^n \eta_j \cdot P_j(J_j)$$

$$\sum_{j=1}^n \eta_j = 1 \quad \eta_j \geq 0$$

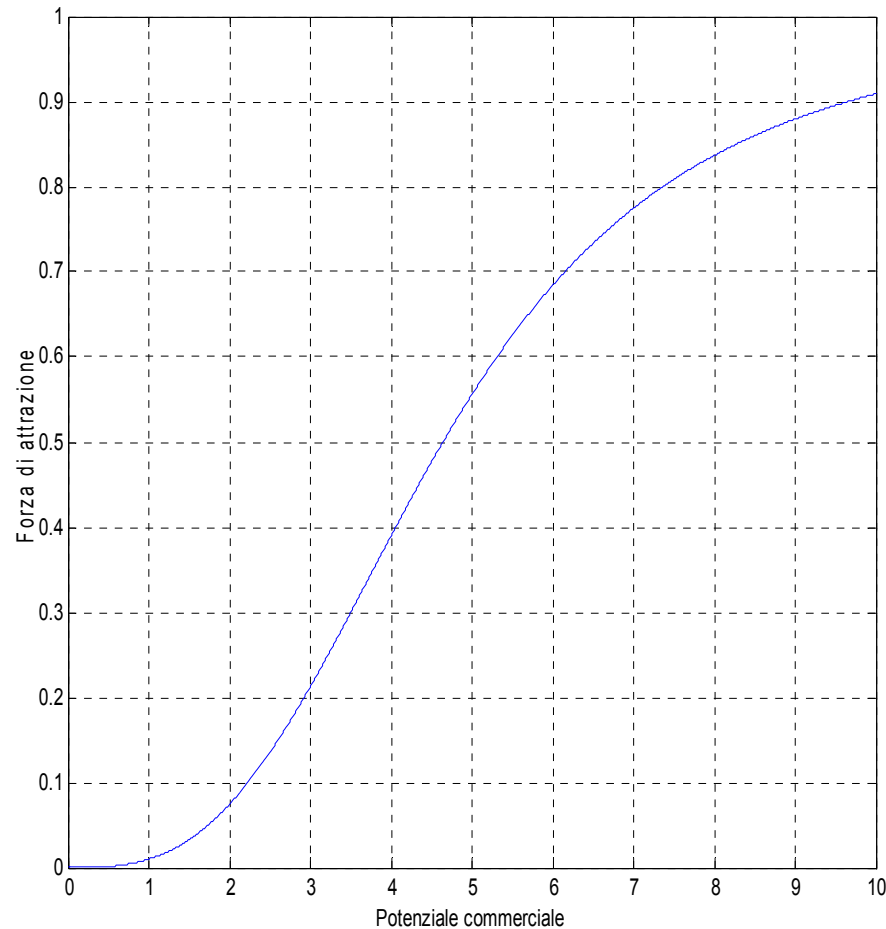
Condizioni necessarie

$$\bar{P} = \text{Min} \{P_1(J_1), P_2\}$$

Condizioni sufficienti

$$\bar{P} = \text{Max} \{P_1(J_1), P_2\}$$

Determinazione dell'attrattività locale della cella

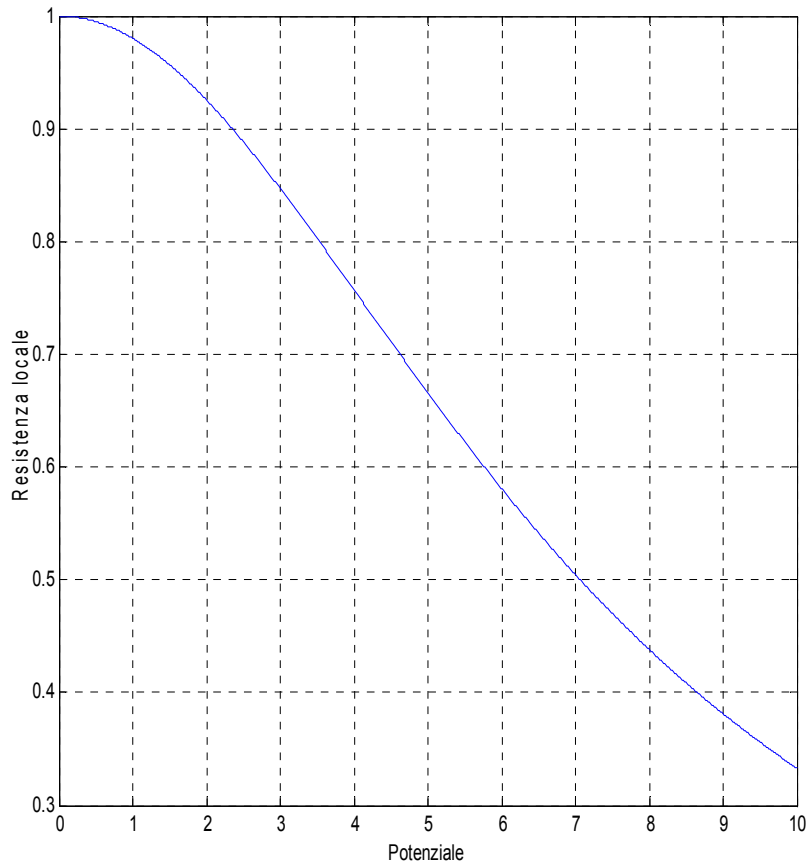


$$P_C \mapsto f(P_C)$$

L'attrattività della cella per le attività commerciali aumenta con il potenziale.

Si osservino gli effetti di soglia e di saturazione

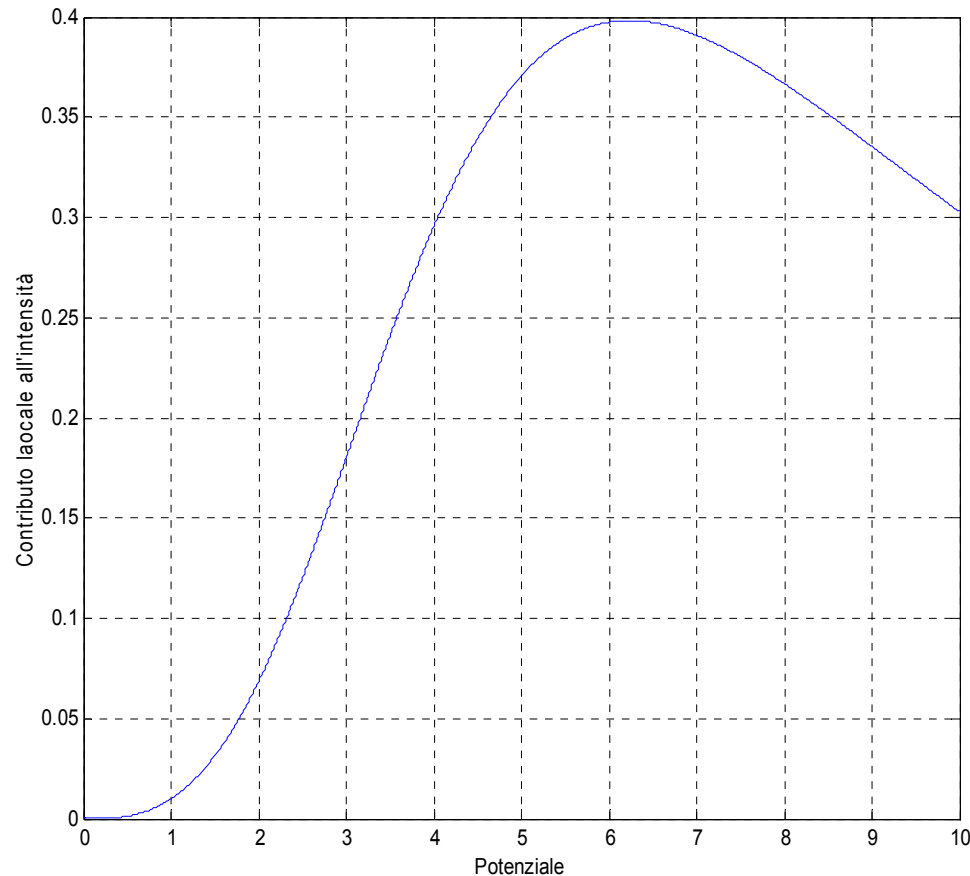
Determinazione della resistenza locale della cella



$$P_C \mapsto r(P_C)$$

Al crescere del potenziale cresce la rendita (metodo posizionale) e di conseguenza la resistenza all'occupazione di superfici commerciali

Determinazione del contributo locale alla intensità del processo



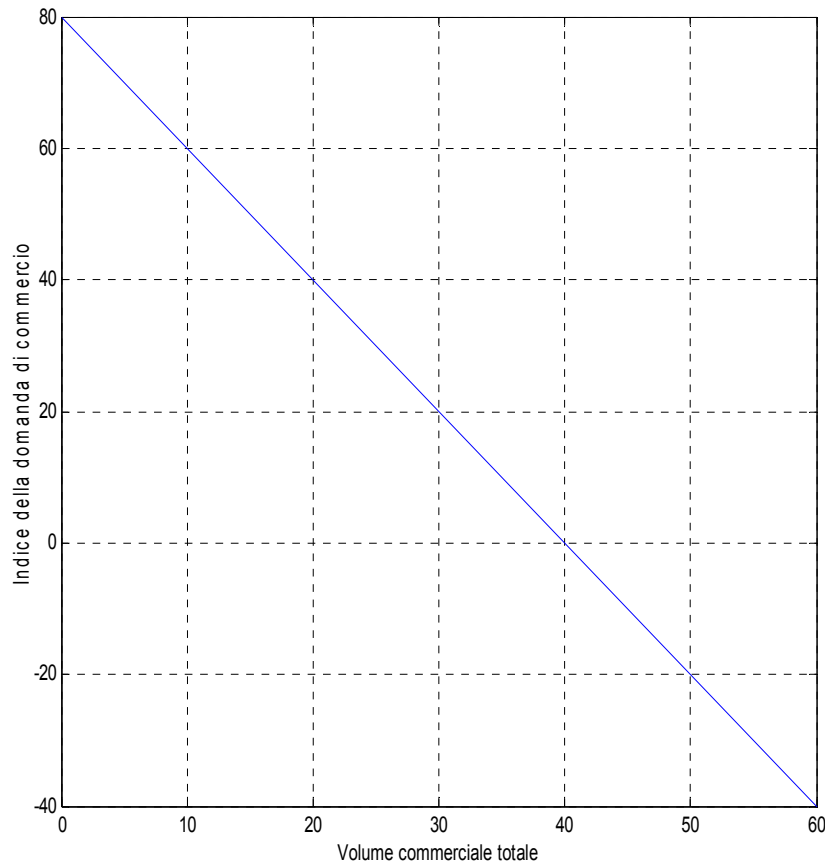
$$F_L(c) = f(P_C) \cdot r(P_C)$$

La resistenza locale smorza la forza locale attraverso un fattore moltiplicativo.

Si osservi l'effetto della competizione fra fattori di aggregazione (forza locale) e fattori di dispersione dovuti alla rendita (resistenza locale)

Fattori Globali (ACME)

Assumiamo che, su scala globale, l'aumento o la diminuzione nel tempo del volume commerciale dipenda dall'equilibrio tra domanda e offerta di commercio.

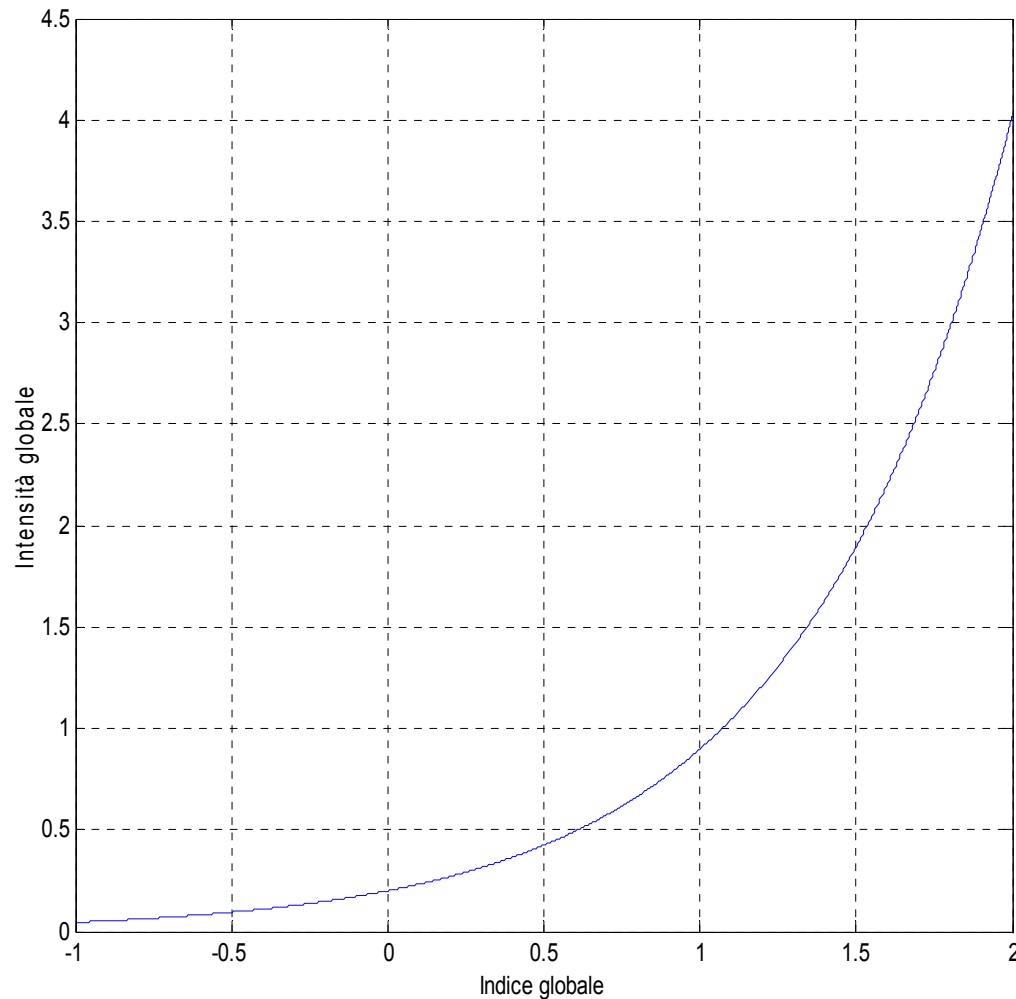


$$J_C(t) = V_R(t) - \eta(t) \cdot V_C(t)$$

Valori positivi dell'indice corrispondono ad un eccesso di popolazione e quindi ad una domanda di superfici commerciali.

Valori negativi dell'indice corrispondono ad un eccesso di superfici commerciali

$$\Lambda(t) = \sum_c \lambda_c(c, t) = \gamma_1 \cdot \exp(\gamma_2 \cdot J_C(t))$$



L'intensità globale del processo di occupazione di superfici commerciali cresce rapidamente con l'aumentare dell'indice globale e si riduce rapidamente quando questo assume valori negativi

Determinazione della intensità del processo nella cella

1) L'intensità nella singola cella deve essere proporzionale al termine locale

$$F_L(c) = f(P_C) \cdot r(P_C)$$

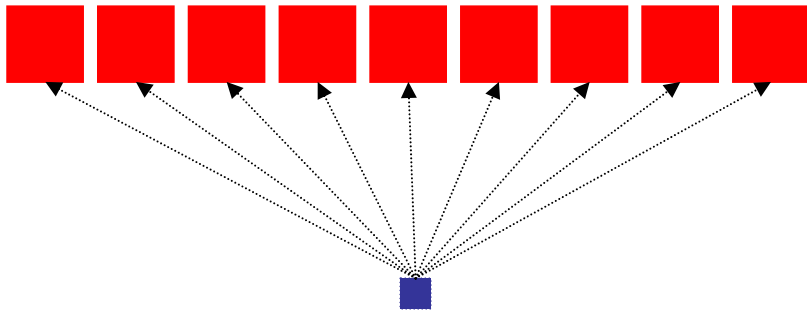
2) L'intensità globale deve essere $\Lambda(t) = \gamma_1 \cdot \exp(\gamma_2 \cdot J_C(t))$

$$\begin{cases} \lambda_C(c) = N \cdot F_L(c) \\ \Lambda(t) = \sum_{c'} N \cdot f(c') \cdot r(c') = \gamma_1 \cdot \exp(\gamma_2 \cdot J_C(t)) \end{cases}$$

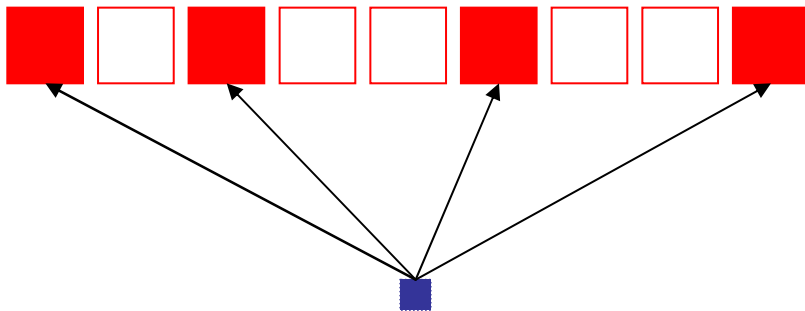
$$N = \frac{\gamma_1 \cdot \exp(\gamma_2 \cdot J_C(t))}{\sum_c f(c') \cdot r(c')}$$

$$\lambda(c) = \frac{\gamma_1 \cdot \exp(\gamma_2 \cdot J_C(t)) \cdot F_L(c)}{\sum_{c'} F_L(c')}$$

Osservazione: meccanismo di redistribuzione delle pressioni



Se, per esaurimento delle risorse o per un intervento esogeno di tipo normativo, alcune celle si “spengono” è naturale aspettarsi un riorintamento delle scelte degli agenti sulle celle rimaste attive.



$$\lambda(c) = \frac{\gamma_1 \cdot \exp(\gamma_2 \cdot J_C(t)) \cdot F_L(c)}{\sum_{c'} F_L(c')}$$

Esempi di simulazioni

A partire dal vettore di stato possono essere calcolate numerose grandezze di interesse urbanistico.

Esempi:

$$\delta(c) = \frac{V_{occ}^R(c)}{S_T(c)} \cdot \frac{1}{a}$$

Densità di popolazione

$$I_c(c) = \frac{S(c)}{S_T(c)}$$

Densità di occupazione del suolo

$$I_e(c) = \frac{V_R(c) + V_C(c) + V_U(c) + V_I(c)}{S_T(c)}$$

Densità di sfruttamento

