

**MODELLI URBANI. AUTOMI CELLULARI E SCENARI EVOLUTIVI DEL CENTRO
STORICO DI SIENA.**

Francesco LAPIANA

Dip. di Economia e Scienze Sociali, Facoltà di Economia "R. Goodwin", Università di Siena, Piazza
S.Francesco, 53100 Siena.

SOMMARIO

In molte città, a causa della forte concentrazione di servizi pubblici e privati, di attività economiche e dell'alto grado di antropizzazione, i valori immobiliari hanno raggiunto livelli tali che possono costituire un importante problema per il tessuto economico e sociale urbano. Per questo motivo i piani urbanistici o qualsiasi altro progetto volto ad introdurre modificazioni in un sistema urbano, dovrebbero essere valutati anche sulla base dei loro potenziali effetti sul mercato immobiliare. Ma una tale valutazione necessita di strumenti di misura precisi, non generali, che, appunto, tengano conto delle caratteristiche economiche e delle dinamiche sociali che distinguono il sistema in questione. Sulla base di quanto detto, ho costruito un modello di analisi, fondato sull'intelligenza artificiale, capace di simulare l'evoluzione del mercato immobiliare in virtù di cambiamenti di carattere sia endogeno che esogeno della città (interventi pianificatori, cambiamenti di destinazione d'uso del suolo o degli edifici, aumento della popolazione...). Il contributo segue il presente schema: dopo una breve introduzione e una sintesi della teoria economica di riferimento e dei fondamenti teorici degli automi cellulari, è descritta la costruzione del modello e la metodologia di acquisizione delle informazioni per la sua implementazione. Al termine sono presentati alcuni risultati di una applicazione al mercato immobiliare di Siena e alcune considerazioni sulle conseguenze economiche e sociali del possibile realizzarsi degli scenari ipotizzati.

1 INTRODUZIONE. UN'ANALISI TEORICA MULTI-AGENTE

Il presente contributo si propone di indagare ed individuare, mediante un modello informatizzato basato sugli automi cellulari, le forze e le cause che determinano la dinamica evolutiva del mercato immobiliare di un centro ad alta competitività, caratterizzato, cioè, da una forte concorrenza fra gli agenti che concorrono alla formazione della domanda di immobili.

Il centro storico di Siena costituisce un ottimo esempio in tal senso: è un capoluogo di provincia e dunque sede di importanti uffici amministrativi, economici e finanziari, è un polo universitario (sono circa diciottomila gli studenti iscritti), è un importante polo di attrazione turistica internazionale visitato ogni anno da oltre un milione di persone.

E' facile immaginare dunque quanto sia importante per studenti, industria turistica, e liberi professionisti trovare una localizzazione al suo interno, ma essendo un centro di piccole dimensioni la crescente domanda immobiliare è destinata a rimanere insoddisfatta. Il centro storico di Siena è dunque un sistema estremamente complesso in cui gli agenti, nonostante siano mossi da interessi molto diversi fra loro, perseguono il fine comune di localizzarsi al suo interno.

L'ipotesi generale da cui sono partito è di carattere interpretativo: il mercato è un fenomeno dinamico complesso e come tale non può essere rappresentato mediante un'analisi statica di stampo tradizionale, basata sui generali concetti di domanda aggregata e prezzo medio. Il mercato è dunque il risultato delle continue interazioni fra gli agenti che in esso operano così che ogni tentativo di rappresentarlo e prevederlo non può prescindere né da una approfondita analisi delle caratteristiche comportamentali dei suoi agenti.

La teoria economica sulla quale questa analisi è fondata è quella classica della rendita fondiaria (von Thunen, Ricardo), interpretata in chiave dinamica in un contesto urbano moderno (Micelli, 2000): il fenomeno della rendita immobiliare è stato assimilato ad un processo di tipo diffusivo che percola all'interno del sistema interagendo con le componenti preesistenti, strutturali e funzionali trasformando il valore economico degli immobili. La scelta di utilizzare gli automi cellulari (AC) come strumento di analisi deriva dall'ipotesi che esistano delle relazioni fra tali valori, e che questi si distribuiscano nello spazio secondo criteri di contiguità, lungo traiettorie in cui i crescono o decrescono sempre per valori vicini, quasi mai per grandi salti. (Sichirollo, 1997)

Sulla base del formalismo immobile-AC è stato possibile rappresentare la complessità (di significati, di funzionamento) della rendita all'interno di un modello di analisi in cui le interazioni locali, sulla base di prossimità spaziale, sono all'origine delle trasformazioni di tutto il sistema.

Ciò che si è voluto raggiungere con la costruzione del modello qui presentato non è la formulazione di una legge generale di funzionamento, ma l'identificazione di quei processi che più di altri sono alla base della diffusione (qualitativa e quantitativa appunto) della rendita.

In passato vari autori (Guariso, 1999, Sichirollo 1997) si sono confrontati con la creazione di un modello di analisi del mercato immobiliare mediante automi cellulari ma, nonostante gli interessanti risultati a cui sono pervenuti, non hanno indagato sulle cause che muovono la dinamica evolutiva della domanda di mercato né sui fattori che determinano i prezzi degli immobili in quel particolare contesto urbano o territoriale.

In particolare o si erano avvalsi di modelli informatizzati in cui le trasformazioni dei prezzi avvenivano secondo logiche di mercato predeterminate e generali (AURES, Mode) o avevano condotto la loro analisi presupponendo che l'evoluzione del mercato di un particolare contesto geografico rispondeva solamente a logiche desunte dall'analisi storica.

L'analisi qui condotta parte invece dall'ipotesi per la quale ciascun sistema urbano è intimamente diverso dagli altri, sia nella struttura che nelle caratteristiche psicologiche ed economiche degli agenti che vi operano (vincoli di bilancio, attitudini e bisogni, percezione delle distanze, capacità di adattamento a fenomeni emergenti...).

Ho dunque fondato la costruzione di questo modello sull'acquisizione della conoscenza sistemica degli agenti instaurando un rapporto diretto con essi e attraverso l'osservazione empirica del sistema: ho intervistato vari campioni rappresentativi di agenti e confrontato le mie ipotesi iniziali con la realtà che via via andava definendosi. Mediante questo duplice rapporto dialettico (osservatore-agente e osservatore-sistema) sono stato in grado di individuare, con maggiore precisione, le profonde regole con cui il mercato immobiliare si estrinseca in virtù delle diverse scelte comportamentali degli attori.

Questo set di regole è stato poi formalizzato in tre automi cellulari di base che, eseguiti a cascata, hanno permesso di simulare l'evoluzione del mercato sia in condizioni di stabilità, ovvero senza ipotizzare cambiamenti nel comportamento degli agenti o nella loro composizione, sia in caso di ipotetiche specializzazioni della città e/o in presenza di fenomeni emergenti.

2 CENNI DI ECONOMIA URBANA. IL MERCATO IMMOBILIARE E LA GENESI DELLA RENDITA

Da un punto di vista economico, i beni immobili –il suolo, le case, i centri commerciali, i complessi direzionali, ecc.- sono oggetto di mercati particolari. Uno degli aspetti peculiari che distingue il mercato dei beni immobili, riguarda il meccanismo di formazione del prezzo al quale essi sono scambiati.

I beni immobili si compongono di due parti distinte. La prima riguarda il manufatto edilizio come risultato di un processo di produzione più o meno assimilabile ad un processo industriale. La seconda è costituita da una risorsa - il suolo - che presenta la duplice caratteristica di disomogeneità e di limitatezza. Il suolo è disomogeneo poiché, generalmente, non vi è una porzione di suolo perfettamente identica ad un'altra. Il suolo è limitato in quanto le terre disponibili all'edificazione (o alla coltivazione) sono fisicamente limitate (Micelli, 2001)

Il processo di formazione del valore di qualsiasi bene immobile risente delle particolarità del bene suolo che in esso è incorporato e non può essere quindi essere ricondotto entro la logica del mercato perfettamente concorrenziale.

L'elemento distintivo del mercato di concorrenza perfetta è che in esso ciascuna impresa assume che il prezzo sia indipendente dalla quantità prodotta. In altri termini, l'impresa che opera in un mercato perfettamente concorrenziale "subisce" il prezzo di mercato e lo assume come vincolo. (Varian, 1993)

Perché ciò avvenga alcune importanti condizioni devono verificarsi simultaneamente.

- Le quantità offerte e domandate devono essere tali per cui nessun operatore deve essere in grado di influenzare il prezzo della merce.
- Il mercato deve essere aperto a tutti coloro che intendono produrre o acquistare il bene scambiato. Ciò comporta che il mercato non deve presentare alcun ostacolo di tipo economico, tecnico o amministrativo a chi desideri operarvi.
- Il bene scambiato deve essere omogeneo.

Nel mercato immobiliare, almeno di norma, opera una pluralità di agenti economici, nessuno dei quali è in grado di influenzare il prezzo dei beni scambiati. Il mercato della casa e quello dei suoli si presentano generalmente frazionati in una molteplicità di operatori e nella maggior parte dei casi non appare verosimile che un soggetto, sia esso compratore o venditore, riesca a influenzare il prezzo di mercato, né tanto meno a stabilirlo autonomamente.

Diverso invece è il ragionamento sulle caratteristiche del mercato immobiliare quando si vada a verificare le ultime due condizioni che qualificano il mercato di concorrenza perfetta: la natura aperta del mercato e l'omogeneità del prodotto. Il mercato immobiliare non è aperto a tutti gli operatori: la possibilità di disporre della risorsa suolo non è assicurata a tutti dal momento che essa è fisicamente limitata. L'omogeneità del prodotto, inoltre, non rappresenta un'ipotesi plausibile: anche se due edifici sono stati realizzati dalla stessa impresa edile, con gli stessi materiali e con lo stesso progetto, essi non insistono sullo stesso sito e questa loro differente localizzazione li rende beni diversi. (Micelli 2001).

Se eventuali deviazioni rispetto alla condizione di impossibilità da parte di un agente di modificare il prezzo deve essere considerata un'alterazione contingente del mercato immobiliare, per le due ultime condizioni lo scarto rispetto ad una situazione di mercato di

concorrenza perfetta va considerato come aspetto strutturale di tale mercato, in grado di condizionarne in modo decisivo le regole di funzionamento.

E' quindi possibile affermare che il mercato immobiliare rappresenta un caso particolare di un mercato di concorrenza, in cui l'accesso a risorse necessarie alla produzione è limitato e in cui i beni prodotti risultano strutturalmente disomogenei.

Questi due fattori che potremmo definire genetici della rendita fondiaria posti a fondamento dei due modelli di Ricardo e von Thünen sono stati elaborati nella prima metà dell'Ottocento, in contesti economici radicalmente diversi da quelli attuali, in cui il settore primario rappresentava di gran lunga il settore più rilevante per la formazione della ricchezza. Ripensare tali fattori genetici nel quadro delle economie avanzate rappresenta un nodo ineludibile per dare attualità e quindi validità ai due modelli (Nassisi 1986, Camagni, 1992)

Il primo problema è legato ad una traduzione del concetto di fertilità in un ambito non solo rurale e in un contesto economico dominato dal settore secondario e da quello terziario. Possiamo generalizzare il concetto di fertilità come possibilità di ottenere ricavi superiori alla media delle imprese che operano in un certo settore dell'economia; per le funzioni terziarie e commerciali, possiamo sensatamente affermare che determinati contesti territoriali (ad esempio le grandi città) consentono livelli di domanda superiori e assicurano quindi alle imprese che hanno in quelle aree la propria localizzazione superiori livelli di ricavo. Tradotto in termini di potenziale di mercato, il concetto ricardiano di fertilità sembra in grado di riguadagnare operatività e di essere reso attuale con successo (Micelli).

Analogamente, anche l'accessibilità è suscettibile di una traduzione nei termini di un'economia avanzata. Se spostiamo l'attenzione dall'accessibilità fisica ai mercati alla capacità di ottenere "informazione" - input produttivo decisivo soprattutto in molte attività terziarie avanzate - a costi più contenuti, ecco che il modello di von Thünen ridiviene modello di grande utilità nella comprensione dell'allocazione del suolo fra attività diverse. Del resto, è con esplicito riferimento a questo fondamentale modello che sono stati elaborati dagli anni '60 in poi i più importanti modelli di equilibrio parziale per l'interpretazione della localizzazione urbana delle attività produttive e delle attività residenziali.

Un ultimo aspetto infine merita di essere tenuto in considerazione. Nel momento in cui portiamo il concetto della rendita all'interno di contesti economici avanzati, ci stacciamo definitivamente dall'idea di rendita come tratto statico dell'economia, essenzialmente ancorato a vincoli di tipo fisico-naturale peculiari di economie fondate sul settore primario.

Se la rendita è legata a vantaggi localizzativi in cui l'informazione e il livello di domanda giocano un ruolo decisivo, allora la rendita interagisce dinamicamente con il processo di costruzione collettivo della città e del territorio. Se ne deduce che la rendita non è concetto statico, bensì dinamico: gli interventi sulla città portano a trasformazioni in grado di modificare i livelli di accessibilità e di fertilità delle diverse aree e quindi rimodellano

costantemente la rendita, valorizzando aree prima sfavorite, penalizzandone altre ponendole ai margini rispetto ai luoghi centrali.

3 AUTOMI CELLULARI.

In matematica e in logica un automa è un formalismo che consente di descrivere il comportamento di una macchina. Formalmente un automa può essere descritto da cinque elementi (X, Y, Q, ϕ, σ) dove:

- X è l'insieme finito dei simboli d'INPUT;
- Y è l'insieme finito di simboli d'OUTPUT;
- Q è l'insieme finito di stati della cella;
- ϕ è la funzione di transizione di stato che programma la trasformazione degli stati in funzione dell'input;
- σ è la funzione di uscita che programma l'uscita in funzione dell'input e dello stato interno.

Col termine automa s'intende il modello astratto di un dispositivo il quale può assumere certi stati, può ricevere stimoli (input) secondo una scala discreta del tempo dall'ambiente in cui è immerso e reagisce a questi stimoli con una transizione di stato e con una risposta (output) secondo una logica prefissata.

Gli stati interni rappresentano la situazione del sistema ad un dato istante, e costituiscono la "memoria" dell'automata, consentendo ad esso di "ricordare" la risposta da fornire a determinati ingressi.

Intuitivamente, un automa cellulare può essere pensato come una rete infinita di piccoli e identici automi finiti, o celle, connessi uniformemente e sincronizzati

Un automa cellulare è un sistema dinamico discreto in cui spazio, tempo e stati del sistema sono anch'essi discreti.

Ogni elemento dell'automata in una griglia spaziale regolare è detto cella, e può trovarsi solamente in uno degli stati finiti che la cella può avere. Gli stati delle celle variano secondo una regola locale, cioè lo stato di una cella ad un dato istante di tempo dipende dallo stato della cella stessa e dagli stati delle celle vicine all'istante precedente. Gli stati di tutte le celle sono aggiornati contemporaneamente in maniera sincrona (automa cellulare sincrono). L'insieme degli stati delle celle compone lo stato dell'automata. Quindi lo stato globale dell'automata evolve in passi temporali discreti. Secondo questo modello un sistema viene rappresentato come composto da tante semplici parti ed ognuna di queste parti (dette Automi Elementari), per evolvere, ha una propria regola interna (regola di transizione) ed interagisce solo con le parti ad essa vicine che ne costituiscono l'intorno di transizione. L' intorno (o vicinato) della cella specifica le posizioni, relative alla cella generica, di un numero finito di celle. Tali intorni non necessitano di essere quelli fisicamente adiacenti, possono includere la

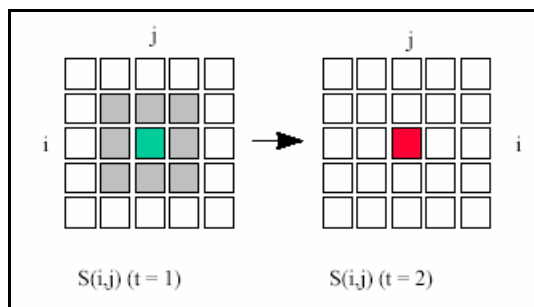
stessa cella, oppure celle fisicamente distanti dalla cella considerata, l'importante è che le celle che compongono il vicinato siano in numero finito, e che il tipo di vicinato sia uguale per ogni cella che compone l'automa cellulare. Gli stati delle celle dell'intorno sono usati nella regola di transizione della cella centrale per calcolare il suo nuovo stato. In un automa cellulare gli intorni delle celle si sovrappongono e una data cella viene inclusa in diversi intorni delle celle ad essa adiacenti.

Un'assegnazione di stati a tutte le celle è chiamata configurazione.

Dunque, riassumendo, il passaggio da uno stato a quello successivo è dovuto alla composizione di due operatori, l'intorno (o vicinato), che specifica quali celle influiscono sulla data cella, e la funzione di transizione.

L'evoluzione complessiva del sistema emerge dall'evoluzione di tutte le parti elementari.

Figura 1 Automa cellulare. Passaggio di stato della cella



Nella figura 1 è rappresentato lo schema di base di un automa cellulare e il suo cambiamento di stato in due istanti di tempo discreti $t=1$ e $t=2$. L'intorno, colorato in grigio, della cella verde rappresenta lo stato delle celle che ne condizionano il cambiamento di stato (da verde a rosso) della cella. Formalmente:

$$g_{i,j}^{t+\Delta t} = F(g_{i,j}^t, g_{i\pm 1,j}^t, g_{i,j\pm 1}^t, \dots, g_{i\pm p,j}^t, g_{i,q\pm 1}^t)$$

dove i e j sono le coordinate della cella e $g_{i,j}^t$ è il suo stato al tempo t .

3.1 Automi cellulari urbani

I modelli dinamici (o esplicativi) di sviluppo urbano possono essere descritti con gli automi cellulari, che assumono in questo caso la specifica denominazione di automi cellulari urbani (ACU).

Gli automi cellulari urbani costituiscono un tentativo di descrivere le dinamiche di sviluppo urbano in una forma più "naturale", attraverso una formulazione locale contrapposta alla tradizionale formulazione globale dei modelli statici (descrittivi).

Il comportamento complessivo di un sistema urbano deriva quindi dall'integrazione di molti comportamenti locali dello stesso.

La formulazione globale, ovvero i processi di sviluppo urbano interpretati secondo leggi generali, può dunque essere sostituita dalla formulazione locale in cui i tali processi, appunto, sono interpretati sulla base delle regole d'uso dello spazio che sono a loro volta dipendenti dalle condizioni degli intorni vicini.

I vantaggi dell'uso della formulazione locale sono essenzialmente: la semplificazione delle regole di trasformazione; la possibilità di analizzare localizzazioni puntuali; la possibilità di utilizzare fattori casuali; la semplicità della calibrazione del sistema relativamente al contesto d'analisi.

Gli AC hanno infatti due caratteristiche intrinseche che li rendono vantaggiosi se applicati a problemi urbani e geografici. La prima è che essi sono intrinsecamente spaziali, e la seconda è che essi possono generare forme molto complesse per mezzo di regole semplicissime, offrendo così la possibilità di comprendere l'origine e il ruolo della complessità spaziale.

Un automa cellulare urbano può essere interpretato quindi come una specificazione di un automa cellulare, avente le seguenti peculiarità distintive:

- la cella è una zona urbana o geografica di una data estensione
- la matrice di celle è un reticolo che identifica una superficie urbana o geografica (una città o un territorio in generale)
- Gli stati delle celle rappresentano gli usi del suolo (es. libero, residenziale, industriale etc.) o altre caratteristiche come, nel caso di questa tesi, il valore immobiliare.
- L'intorno di una data cella è costituito dalle zone adiacenti alla zona considerata.

Le regole di transizione sono le regole che consentono la trasformazione dell'uso del suolo di una data regione in un altro uso o la variazione del valore del suolo o dell'immobile rappresentato.

L'uso del suolo in una data zona ad un tempo $(t+1)$ è quindi determinato dall'uso del suolo della zona stessa e delle zone vicine ad un tempo (t) .

4 LA COSTRUZIONE DEL MODELLO

Il modello è stato costruito partendo dalla scomposizione del mercato immobiliare in termini di offerta e di domanda.

L'offerta immobiliare è costante mentre per quanto concerne i prezzi questi sono stati raggruppati in quattro macro classi di cui si è studiato il trend nel decennio 1991-2001 : classe lusso, alta, media, bassa.

Ciascun immobile della città è stato censito e fatto rientrare in una di queste classi in modo da ottenere, mediante una colorazione appropriata degli stessi sulla mappa cartografica della città, una rappresentazione grafica dell'offerta mercato alla data 2001. (Figura 2).

La domanda, a sua volta, è stata scomposta nelle componenti relative agli agenti analizzati (studenti, industria turistica, liberi professionisti). Al fine di rendere più snella l'analisi, sono

stati esclusi gli hotel e altre tipologie recettive considerando l'attività di bed&breakfast rappresentativa dell'intero settore turistico.

A questa fase preliminare è seguita la raccolta delle informazioni relative ai comportamenti degli agenti.

Per quanto concerne i bed&breakfast le suddette informazioni sono state desunte dai numerosi studi di settore che le amministrazioni pubbliche e private hanno condotte nell'ultimo decennio. In particolare abbiamo analizzato lo sviluppo spaziale che questa attività ha avuto nel centro storico, verificando dalla mappatura degli indirizzi, le zone che maggiormente sembrano attrarre la loro localizzazione.

Il trend di sviluppo è stato inoltre studiato quantitativamente fissando la frequenza media annua con cui cresce questa attività. Correlando tale frequenza con i dati sui flussi turistici abbiamo tracciato le linee con cui questo agente opera nel centro.

Infine per apprezzare i cambiamenti che gli affittacamere provocano sul mercato immobiliare sono stati presi a campione alcuni di essi e analizzato localmente l'impatto che hanno avuto sui prezzi degli immobili vicini al momento della loro nascita.

Le informazioni relative agli studenti e ai liberi professionisti sono state invece raccolte interpretando ciascuna categoria come una vera e propria popolazione e conseguentemente sviluppando due tipi di analisi: una di carattere documentale, finalizzata alla conoscenza quantitativa di ognuna (in termini di flussi migratori in entrata e in uscita dal centro, nuove iscrizioni o cancellazioni dagli elenchi universitari o di categoria....), ed una che segue un approccio diretto, che potremmo definire "sociologico", finalizzata all'apprendimento della più volte richiamata conoscenza sistemica.

sottoponendo ad un campione rappresentativo (circa un sesto degli studenti iscritti alle facoltà del centro) un questionario in cui si chiedeva anche di indicare su di una mappa il proprio domicilio.

Dall'elaborazione dei questionari ho potuto definire sia le esigenze localizzative degli agenti (qualità dell'immobile, vincolo di bilancio, percezione della distanza ...) nonché di effettuare una classifica, mediante un coefficiente ad hoc, della capacità di ciascuna sede universitaria di attrarre la domanda immobiliare degli studenti nel suo vicinato. La popolazione studentesca è stata classificata per facoltà di appartenenza e opportunamente censita.

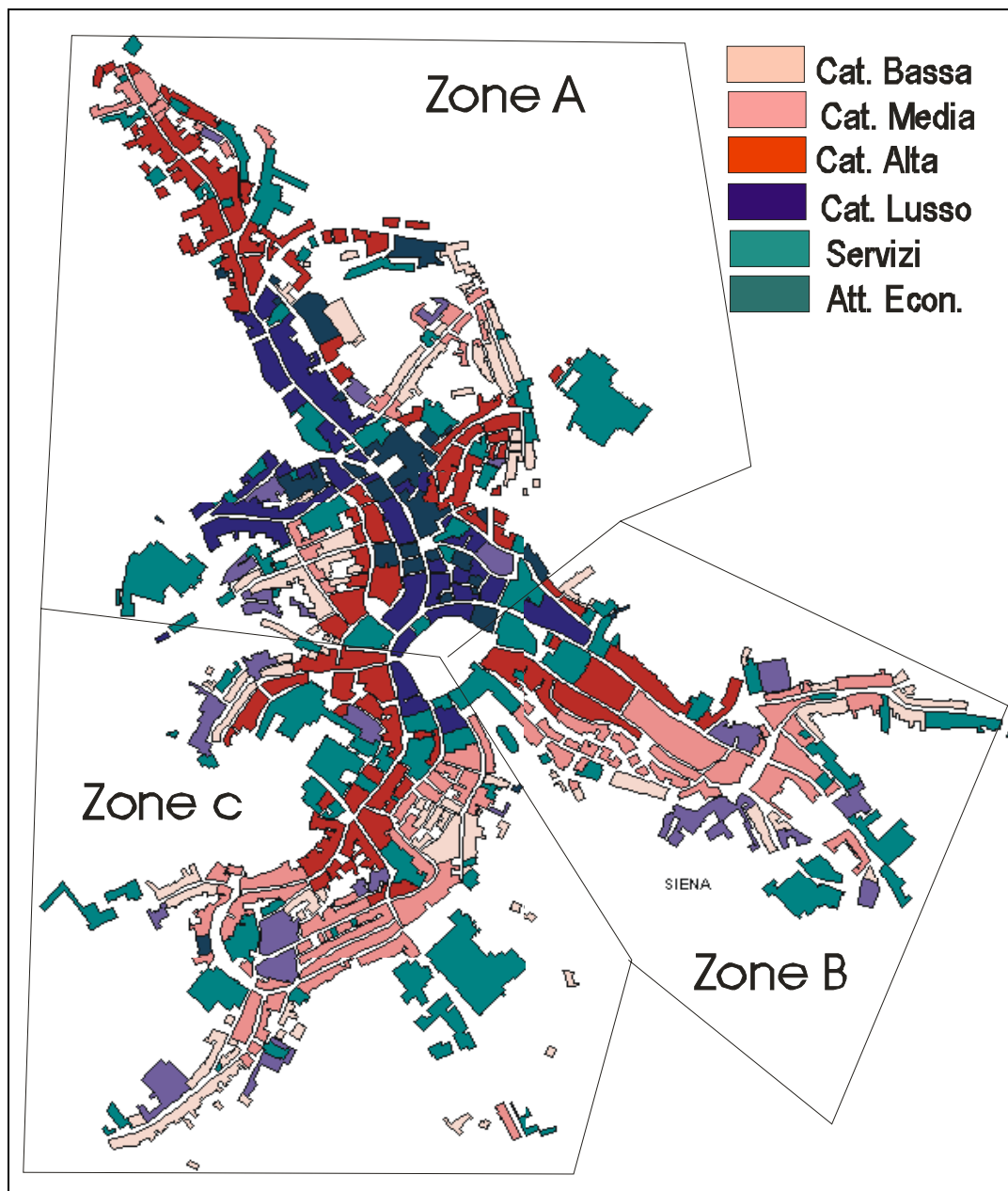
In virtù di questa classifica è stato possibile formalizzare i diversi impatti che questa componente della domanda immobiliare ha sul mercato immobiliare delle aree limitrofe a ciascuna sede universitaria.

I professionisti sono stati inizialmente suddivisi in base all'attività esercitata e successivamente contattati per un'intervista telefonica finalizzata alla conoscenza dei diversi interessi localizzativi di ciascuna categoria.

La domanda di locali di questi agenti è risultata molto diversificata sia per la frequenza dei rapporti con la clientela (i commercialisti che continuamente ricevono brevi visite dal cliente

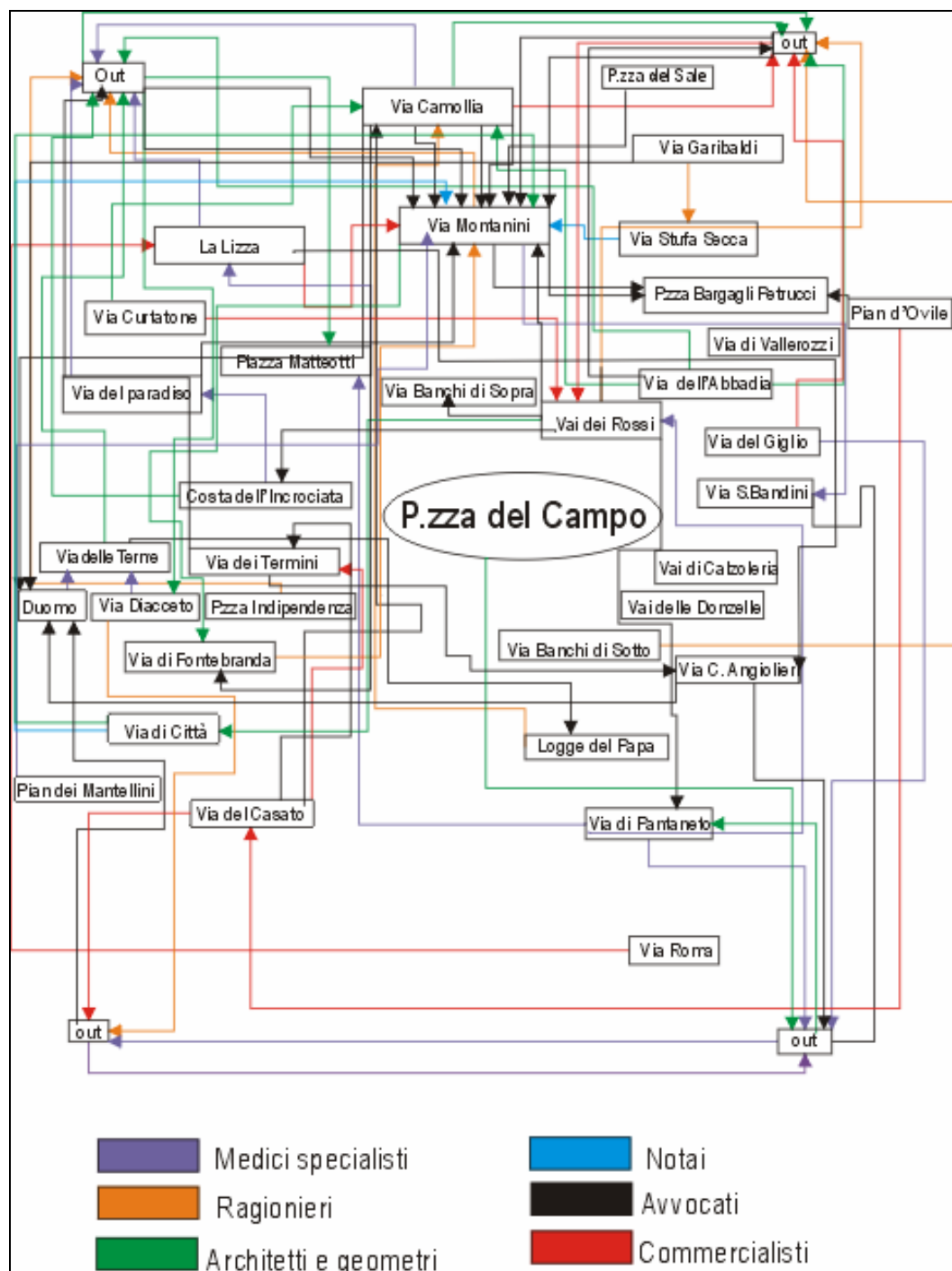
per esempio prediligono l'accessibilità e la vicinanza di parcheggi alla bellezza architettonica del palazzo, al contrario dei medici e dei notai che necessitano di uffici di rappresentanza) che per i diversi bisogni di spazio (gli architetti necessitano di studi di grandi dimensioni mentre ai medici è sufficiente un piccolo locale per ricevere l'assistito). Infine ho domandato se avessero effettuato cambiamenti di domicilio, e, in caso di risposta affermativa, di specificare quali e le motivazioni.

Figura 2 Mappa delle categorie immobiliari del centro storico di Siena.



Mentre per gli studenti non era stato possibile a causa della loro numerosità, per i liberi professionisti sono stato in grado di costruire una mappa degli spostamenti all'interno del centro storico nonché in entrata e in uscita. (Figura 3).

Figura 3 Mappa dei cambiamenti di domicilio dei liberi professionisti.

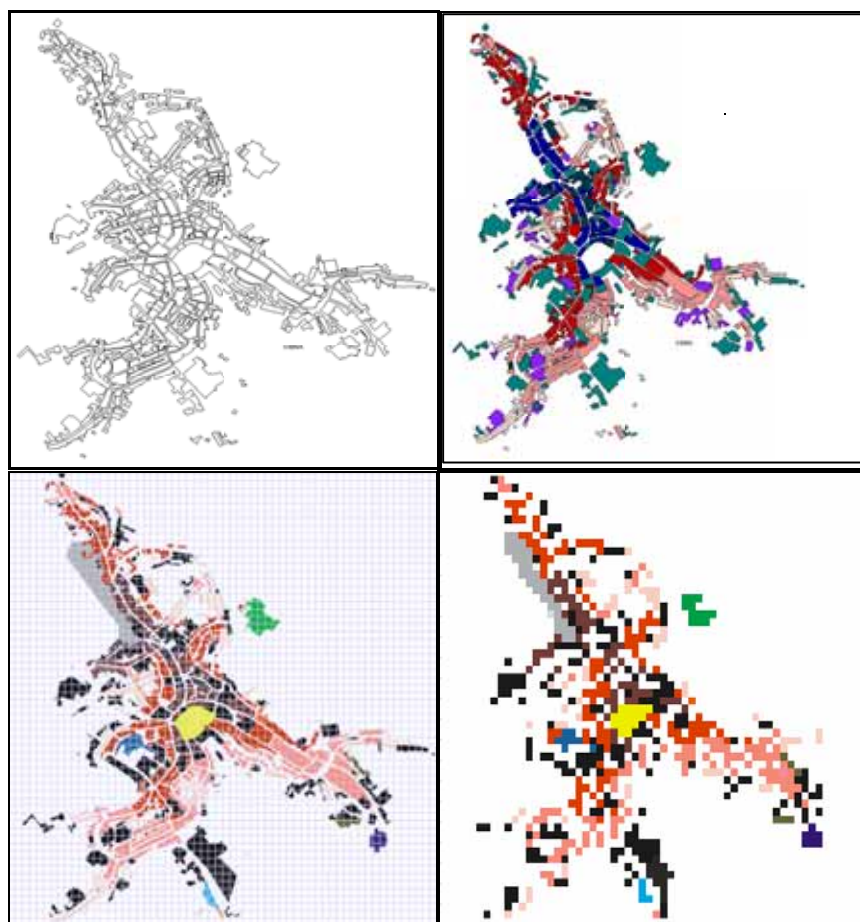


Infine, come nel caso degli affittacamere, ho correlato le informazioni sul comportamento con il data base del mercato in modo da formalizzare, anche per queste due categorie di agenti, il loro ruolo nella dinamica di cambiamento dei prezzi.

5 IL MULTI-AUTOMA CELLULARE

Il sistema informatizzato utilizzato per la simulazione del mercato è AUGH2!¹. Il sistema Augh2! necessita di uno scenario di base in cui è contenuta l'iniziale distribuzione territoriale dei valori e sul quale vengono poi applicate le regole di trasformazione. Tale scenario è stato ottenuto mediante la sovrapposizione alla mappa cartografica espressiva dell'offerta di mercato (Figura 2) con una griglia a base quadrata (80x80) in cui ogni cella corrisponde ad una porzione di territorio di circa trenta metri quadrati. Infine questa mappa è stata trasferita su Augh2! ottenendo il risultato rappresentato nella figura 4

Figura 4 Le fasi di costruzione dello scenario di base



Sulla base dello scenario iniziale e sul data base del mercato ho formalizzato le regole di trasformazione delle celle creando tre automi cellulari elementari (Automa Studenti, professionisti Bed&breakfast). L'algoritmo di costruzione di ciascun automa è sintetizzato nella figura 5.

¹ AUGH2! (Automi Urbani Generalizzati con Help! in linea) è un sistema per la costruzione di automi cellulari di diversi tipi attraverso una interfaccia grafica. AUGH2! è stato realizzato dal Laboratorio di Ricerca e Laurea STRATEMA dell'Istituto Universitario di Architettura di Venezia, Dipartimento di Analisi Economica e Sociale del Territorio, nell'ambito di una ricerca pluriennale riguardante gli automi cellulari come metodologia di simulazione di fenomeni dinamici ambientali.

Successivamente ho concatenato in sequenza gli automi elementari in modo tale che l'output prodotto da un automa diventi l'input dell'automata successivo nella sequenza (lo scenario elaborato da un automa della sequenza diventa lo scenario da elaborare dal successivo automa nella sequenza). L'esecuzione di un multiautoma corrisponde all'esecuzione in cascata degli automi elementari per più cicli. Nella nostra analisi ogni ciclo corrisponde ad un arco temporale di un anno. (Figura 6)

Figura 5 Le fasi di costruzione dell'automata elementare.

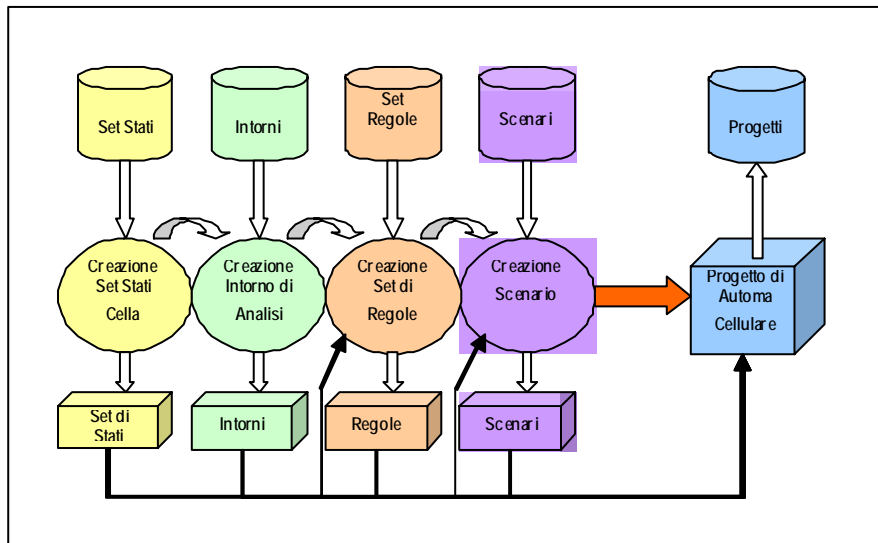
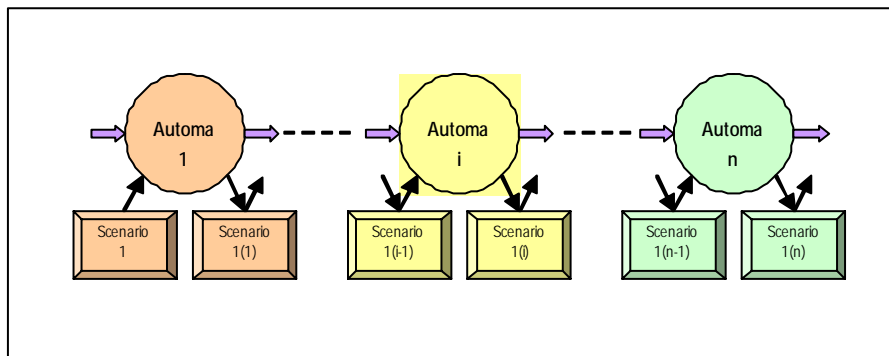


Figura 6 Ciclo logico del multi automa cellulare



6 LE SIMULAZIONI E LE CONSEGUENZE DEGLI SVILUPPI DEL MERCATO

Ho applicato il modello allo scenario immobiliare del 2003 di Siena varie volte modificando i parametri iniziali così da poter simulare l'impatto sul mercato di un aumento della popolazione studentesca e di un aumento del turismo. Lo scopo è stato duplice: il primo, di carattere tecnico, è volto a testare il modello anche in situazioni di "stress" di calcolo aumentandone la mole con l'inserimento di un fenomeno emergente (Apertura di nuove sedi universitarie e il fenomeno CasaVacanze); il secondo, finalizzato alla maggiore conoscenza

del fenomeno rendita, è quello di confrontare i vari scenari per individuare la componente di domanda che influisce maggiormente sull'aumento dei prezzi. In questo caso il fenomeno emergente è servito a valutare l'impatto sul mercato dei due potenziali fenomeni.

In particolare la prima simulazione ha avuto come oggetto il mercato in condizioni di stazionarie (il trend di crescita rimane costante nel corso dei cinque anni simulati e non si ha l'insorgere di nessun fenomeno emergente).

Con la seconda simulazione ho voluto prevedere lo sviluppo del mercato qualora la popolazione studentesca raddoppi nel corso dei cinque anni. Il fine è stato quello di valutare l'impatto sui prezzi di un aumento di questa componente per valutarne soprattutto il "peso" e l'importanza nella dinamica della rendita. E' stata scelta l'apertura delle nuove sedi universitarie sia per amplificare i risultati e sia per valutare, nel contesto economico, il cambiamento di destinazione d'uso di alcuni immobili di importanza strategica nel tessuto urbano.

L'ultima simulazione, invece, è stata eseguita per analizzare il peso, che ha sul mercato, degli immobili la variabile "Turismo". Per un migliore confronto con lo scenario evolutivo della seconda simulazione, ho ipotizzato un incremento del turismo pari a quello verificatosi nella popolazione studentesca. Anche in questo caso il fenomeno emergente (l'affermarsi del business "Case Vacanza") ha una duplice natura: quella di "amplificatore" dei risultati e quella di oggetto di studio come fenomeno modificatore dell'assetto immobiliare tradizionale. L'output ottenuto, rappresentato in sequenza alla fine di ogni paragrafo, è stato opportunamente ricolorato per una migliore visualizzazione dei risultati secondo la legenda posta accanto ad ogni immagine.

Al fine di rendere più chiara la descrizione di ciascuna simulazione è stato fatto riferimento alla divisione del centro storico in tre zone (A,B,C) rappresentata in figura 2.

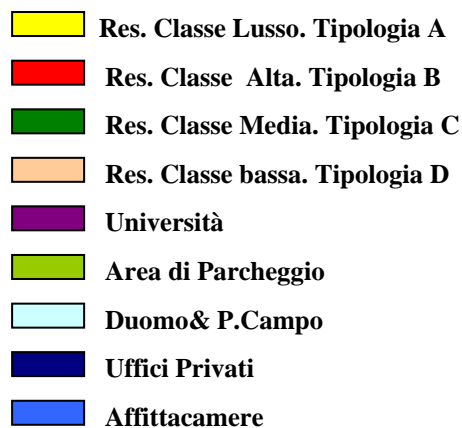
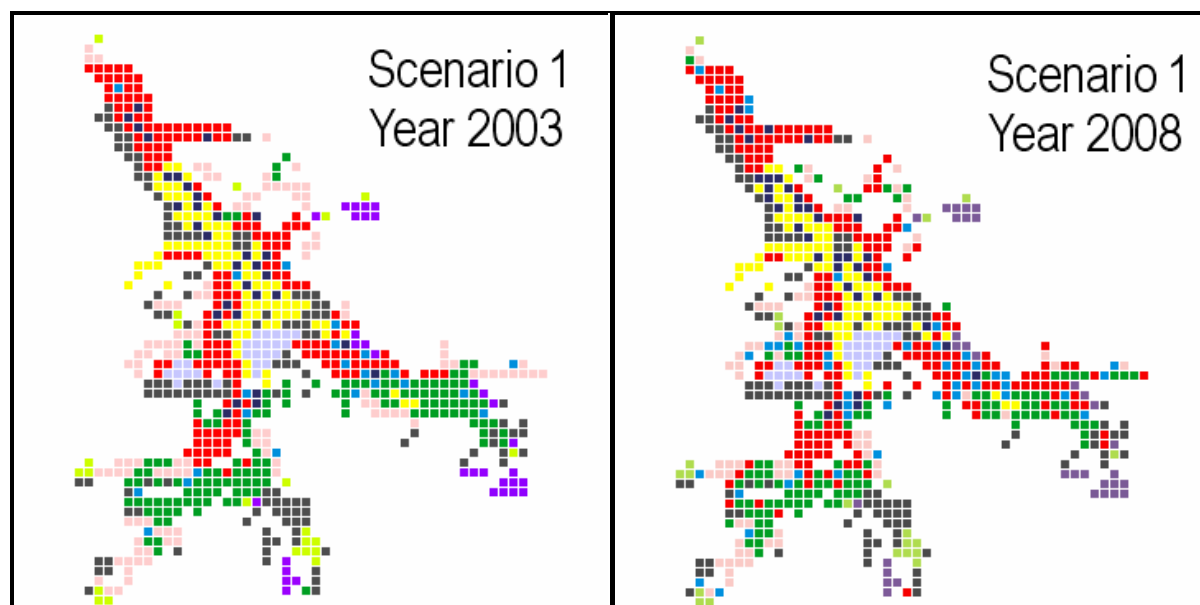
6.1 Scenario 1. Consolidamento del trend storico della domanda. Nessun fenomeno emergente

L'evoluzione globale del sistema ha prodotto un modesto sviluppo del mercato immobiliare. Nell'arco delle cinque scansioni del software, corrispondenti ad altrettanti anni nella realtà simulata, non si registrano forti impennate dei prezzi degli immobili né del numero delle attività terziarie prese in considerazione.

Lo scenario che va configurandosi con il seguirsi delle scansioni presenta un aumento del prezzo degli immobili a destinazione residenziale nelle zone che si distinguono per la vicinanza con gli attrattori. L'aumento del prezzo ha un andamento diffusivo caratterizzando prima, gli immobili più prossimi alle aree di interesse, per poi passare quelli più distanti. La zona A si conferma come la migliore per la libera professione e per tutte le attività che necessitano di locali di rappresentanza (che godano cioè del connubio fra bellezza

architettonica e accessibilità) mentre la simulazione prefigura un aumento continuo e consistente dell'attività di affittacamere nella zona B ma con un'interruzione già dal secondo anno (2005).

Figura 7 Scenario 1. Evoluzione tendenziale del mercato



A causa dell'elevato numero di palazzi di pregio artistico-architettonico la zona A non sembra essere adatta per questo tipo di attività. Infatti, i pochi affittacamere che il modello prevede in è limitato alla zona più a Nord dove i prezzi di mercato sono mediamente più bassi. L'aumento generale dei prezzi di mercato sembra in ogni caso confermato nel quinquennio prossimo soprattutto per quella tipologia immobiliare caratterizzata da un prezzo medio-basso. Le tipologie abitative D e C sono, infatti, maggiormente commercializzabili e, potenzialmente, offrono un rapporto investimento-rendita, maggiore rispetto a quello di altre categorie.

L'output generale offre una conferma a quanto detto sopra, mostrando una situazione in cui i prezzi raggiungono il massimo livello (categoria A) solo in situazioni particolari. La tipologia abitativa di classe A sembra assumere, nell'arco dei cinque anni simulati, sempre più i connotati di un mercato di nicchia registrando le minori variazioni di questa prima simulazione.

6.2 Scenario 2. Incremento della popolazione studentesca. Apertura di quattro nuove sedi universitarie (fenomeno emergente)

Con questa simulazione ho voluto verificare la capacità del modello di simulare la dinamica del mercato immobiliare in presenza di due fenomeni, uno di carattere endogeno (la maggiore attrazione esercitata sulla popolazione studentesca dall'Ateneo Senese e in particolare dalle facoltà del centro Storico) ed uno di carattere esogeno al modello (l'istituzione di tre nuove facoltà e di una nuova sede di una facoltà già presente nel centro).

Per quanto concerne il fenomeno endogeno ho ipotizzato già dall'anno 2003 un aumento medio annuo degli studenti del 25%, supponendo dunque un incremento del 100% della popolazione studentesca. Già dalla prima scansione, è evidente un notevole aumento dei prezzi di ciascuna categoria abitativa in direzione Piazza del Campo che assume il ruolo di punto ideale verso cui confluiscono tutti gli effetti degli aumenti locali.

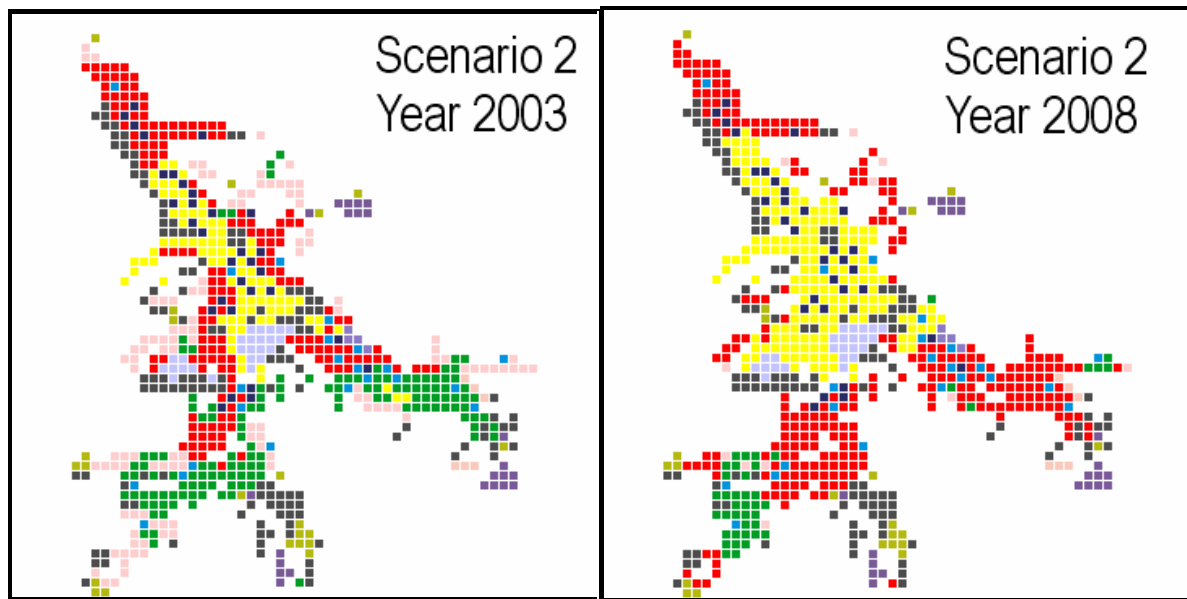
Le zona che maggiormente risente dell'innalzamento di prezzo è la B in cui si assiste, nell'arco di due anni, alla scomparsa dei prezzi classificati come medi e bassi; nella zona C si osserva il medesimo effetto ma limitatamente, e con intensità minore, alle zone comprese fra le facoltà

Il risultato della simulazione fa dedurre che la componente studentesca svolga un ruolo da protagonista nel mercato immobiliare del centro storico causando incrementi di prezzo vertiginosi in tutta l'area.

La concentrazione di dieci sedi universitarie in un contesto urbano di questo genere, può risultare addirittura controproducente per l'economia della città qualora, da un incontrollato aumento iniziale della domanda localizzativa, si innescasse un processo inverso di spopolamento e diminuzione delle iscrizioni all'ateneo a causa del caro vita.

Una tale situazione potrebbe rappresentare, inoltre, un terreno fertile per forme di speculazione che aggraverebbero ulteriormente l'economia e l'immagine della città.

Figura 8 Scenario 2. Evoluzione del mercato immobiliare in seguito all'aumento della popolazione studentesca.



6.3 Scenario 3. Incremento della componente Turistica. Nascita del fenomeno delle Case Vacanza (fenomeno emergente)

L'ipotizzato incremento del turismo implica un complessivo e notevole aumento dei prezzi in tutti i Terzi.

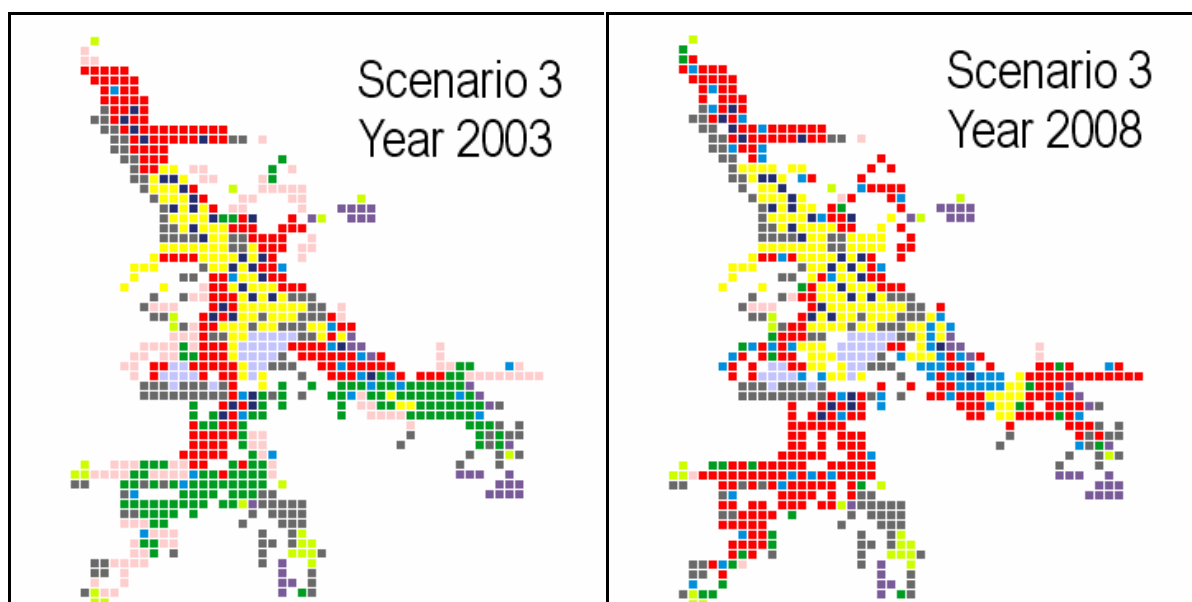
Il numero di affittacamere subisce una forte impennata soprattutto nella zona B provocando un aumento consistente del valore degli immobili ivi locati. I prezzi medi e bassi crescono fino a raggiungere la classe alta. Si può dedurre dunque che i prezzi aumentino in virtù della potenziale trasformazione in affittacamere degli appartamenti: tale valore aggiunto, incoraggiato dalla crescente attività imprenditoriale, non presenta, nella sua diffusione, dei rallentamenti che potrebbero presagire una saturazione di mercato.

Ad avvalorare questa tesi si presenta il fenomeno della "Casa Vacanze" che, seppure a livello embrionale, mostra come la crescente domanda turistica stimoli l'adozione, da parte dei proprietari di immobili, di questa nuova tipologia affaristica, che a sua volta crea valore aggiunto agli immobili della città. Tale fenomeno nasce inizialmente intorno a Piazza del Campo e si diffonde in tutti i terzi senza una vera e propria logica di localizzazione. Tale aleatorietà sembra derivare dalla casuale distribuzione, fra i proprietari di immobili, dello spirito imprenditoriale sensibile a questo business.

Il fenomeno che si presenta al termine delle scansioni di simulazione non è molto dissimile dallo scenario 2: l'unica differenza che contraddistingue lo scenario 3 dallo scenario 2 è il raggiungimento della classe alta dei prezzi in tutto in tutta la zona C.

In questa situazione l'aumento dei prezzi sembra assumere, almeno inizialmente, una particolare valenza. E' infatti ipotizzabile che tale aumento sia indicatore di una fiorente e vivace attività economica legata al turismo, secondo questa logica: aumenta il turismo, aumentano le attività terziarie ad esso legate; conseguentemente aumenta la domanda di locali per tali attività incrementando il benessere sociale in termini di occupazione e redistribuzione del reddito. Ma nel caso simulato non c'è nessun freno all'aumento dei valori immobiliari e la situazione che va configurandosi potrebbe attivare ad un processo di crisi e di involuzione economica della città. E' auspicabile infatti che il costo immobiliare (in termini di affitto o, in caso di acquisto o di rata di un eventuale mutuo), superi la soglia dei ricavi delle attività in questione, con la conseguente cessazione per fallimento.

Figura 9 Scenario 3. Evoluzione del mercato immobiliare in seguito all'aumento del turismo



7 CONCLUSIONI

Il meccanismo col quale la dinamica del mercato immobiliare si estrinseca è quello classico della rendita fondiaria (Von Thunen, Ricardo), ma i risultati previsionali ai quali sono pervenuto simulando il mercato (mediante l'implementazione del modello) del un centro storico senese appaiono particolarmente singolari e talvolta controintuitivi. Dai risultati delle tre tipologie di simulazione effettuate è evidente come la dinamica del prezzo degli immobili del centro storico di Siena sia mossa soprattutto dal principio Accessibilità e dalla scarsità dell'offerta rispetto alla domanda. La differenza della tipologia abitativa, che normalmente contribuisce ad incrementare il differenziale di prezzo tra gli immobili più pregiati e quelli meno, influenza marginalmente i prezzi ed è apprezzabile solamente nel mercato degli immobili ad uso professionale. Lo scenario che si presenta al termine delle simulazioni,

(scenario 2 e 3), mostra un evidente innalzamento dei prezzi degli immobili di valore medio e basso fino al livello medio alto e di quelli medio alti al livello alto. Questa apparente anomalia per la quale immobili architettonicamente meno pregiati raggiungono una quotazione così alta è plausibile per due motivi.

La prima causa è imputabile al principio di accessibilità: immobili prima isolati dalle dinamiche cittadine (soprattutto nelle zone B e C) con l'apertura di nuove sedi universitarie acquistano, data la grande domanda di alloggi nelle loro vicinanze, un forte valore aggiunto.

La seconda causa implicita nella prima è di carattere finanziario: la congiuntura economica che sta subendo il nostro Paese è caratterizzata da una grande incertezza; il mercato internazionale è destabilizzato dalle guerre e dal terrorismo, i consumi sono contratti a causa della pesante inflazione post Euro, con il risultato che il ceto medio ha perso la sua fiducia nel mercato azionario e nelle tradizionali forme di investimento del risparmio. In Italia il mercato immobiliare ha subito un grande impulso trasformandosi, in scala maggiore, in un nuovo e sicuro mercato dove investire. La rendita derivante dagli affitti, anch'essi fortemente alzati con l'adozione della moneta unica, è oggi più che mai appetibile in termini sia di sicurezza che di profitto.

Un immobile a Siena, città d'arte e città universitaria, rappresenta un investimento dal grande margine di sicurezza e redditività. La domanda di alloggi nel centro storico, qualora non subisca variazioni (Caso 1: Affermazione del trend storico anche nei prossimi cinque anni), offre comunque forti garanzie. È poco auspicabile, infatti, anche in virtù delle ottimistiche previsioni sia sul turismo sia sulle future immatricolazioni all'Ateneo Senese, che la domanda di immobili, da parte di studenti e affittacamere (con questo termine si è intesa qualsiasi forma di attività turistico-recettiva, dai Bed&Breakfast alle "Case Vacanza", agli alberghi), diminuisca nel quinquennio prossimo.

La forzatura dei parametri adottati nelle simulazioni del Caso 2 e del Caso 3 non hanno un fondamento preciso se non quello di esprimere un aumento della domanda: sono stati applicati per mettere in maggiore evidenza i potenziali cambiamenti che il mercato immobiliare può subire nel tempo.

Il modello così strutturato ha permesso, quindi, di trovare scenari evolutivi che inizialmente non erano stati previsti mediante la semplice osservazione del fenomeno e delle relative ipotesi previsionali. Il modello è riuscito ad estrinsecare la natura complessa di questo meccanismo apparentemente semplice e di piccole dimensioni, mostrando anche la forza con cui gli attori del sistema interagiscono fra di loro imponendosi, gli uni sugli altri, a seconda delle caratteristiche locali in cui si trovano.

I cambiamenti locali, a conferma della natura complessa del mercato del centro storico, hanno prodotto i loro effetti in tutto il sistema generando un dettagliato output globale difficilmente individuabile con i modelli tradizionali.

In tutti e tre i casi, è evidente come il meccanismo della rendita governi il mercato immobiliare e come l'interesse privato, senza alcun intervento delle autorità competenti possa creare degli scenari economici instabili e dannosi per l'intera comunità.

Entrambi gli scenari ottenuti con l'amplificazione dei parametri evidenziano, infatti, situazioni inequivocabilmente pericolose per un sistema urbano come quello di Siena la cui economia è essenzialmente fondata per due terzi sulle università e sul turismo.

Un mercato come questo, caratterizzato da una domanda in continua crescita e da una curva di offerta pressoché verticale, non può comunque mantenersi stabile anche a causa delle disparità nella forza contrattuale dei soggetti interessati.

Il rischio che il modello fa presagire è quello per il quale, in assenza di qualsiasi intervento pubblico (di natura strutturale o funzionale), una delle due componenti economiche analizzate sia, nel corso degli anni, destinata scomparire dal centro a causa o del caro vita (gli studenti) o per la smisurata incidenza dei costi immobiliari sul bilancio dell'attività (affittacamere o struttura alberghiera o di servizio).

L'applicazione degli Automi Cellulari alle dinamiche della rendita immobiliare ha mostrato le grandi potenzialità descrittive e previsionali del modello, confermando la crescente importanza che questo strumento sta assumendo nella modellistica urbana in campo internazionale. Già da anni, infatti, molti paesi stranieri adottano gli automi cellulari per descrivere e simulare lo sviluppo di sistemi urbani, anche di grandi proporzioni, al fine di coadiuvare, in maniera sempre più precisa e costruttiva, l'attività decisionale della pianificazione.

8 REFERENCES

- Aretze T.A, Timmermans H.J.P., (2002).Modelling agglomeration forces in urban dynamics: a multiagent system approach, *Architecture and Urban Planning. 7th International Conference on Design & Decision Support Systems*.
- Bertuglia C.S., Bianchi G., Mela A, (1998). The city and its sciences, Heidelberg
- Caja S., Cislighi R., Guariso G. (1999). Dinamica demografica e mercato immobiliare nella provincia di Milano. Un modello di automi cellulari, *Collana tesi di Laurea, Politecnico di Milano*.
- Camagni R., (1992). Economia Urbana: principi e modelli teorici., Edz. Nis
- Cavezzali A., Rabino G., (2003). Sistemi multiagente e territorio: concetti, metodi e problematiche, *Input 2003. Papers of 3th National Conference on Computing and Urban Planning*, Pisa
- Cecchini, A., Rinaldi, E., (1999). The multi-cellular automaton: a tool to build more sophisticated models. A theoretical foundation and a practical implementation. *Proceedings ESIT, Creta*.

- Cecchini, A., Rizzi, P., (2001). The reasons why cellular automata are a useful tool in the working-kit for the new millennium urban planner, *Governing the territory, CUPUM 2001 Proceedings*. Honolulu.
- Deadman, P., (2002). Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review, *Forthcoming, Annals of the Association of American Geographers*.
- Koomen E., Burman JJG., (2002). Economic Theory and Land Prices in Land Use Modeling. Paper presentato al *5th AGILE Conference on Geographic Information Science*, Palma Balearic Islands, Spain.
- Kurz, H. D., (1999). From classical rent theory to marginal productivity theory: the works of F. B. W. Hermann and J. H. von Thünen, *Routledge frontiers of political economy*. London: Routledge. p. 145-164.
- Un modello di automi cellulari. Collana tesi di Laurea, Politecnico di Milano.
- Gutowitz H.A., Langton C., (1988). Methods for designing Cellular Automata with "Interesting" Behavior. *CNLS News Letter*. University of Santa Fe press.
- Huriot, J.M., Thissie, J.F., (2002). Economics of cities: Theoretical perspectives, Cambridge
- Lombardo S., Petri M., Zotta D., (2003). Un approccio multiagente alla simulazione dell'evoluzione delle attività urbane. Alcune sperimentazioni. *Input 2003. Papers of 3th National Conference on Computing and Urban Planning*, Pisa.
- Micelli E., (2000). Introduzione alla rendita fondiaria e alla genesi del valore immobiliare, Angeli, Milano.
- Sichirollo S., (1997). L'uso degli automi cellulari nello studio delle trasformazioni dei valori del mercato immobiliare. La città di Mestre. *Collana tesi di laurea "Agostino Nardocci" DAEST*, Venezia.
- Sosa R., Gero JS., (2002). Computational models of creative situations: Towards multiagent modelling of creativity and innovation in design, *Key Centre of Design Computing and Cognition*. University of Sydney press.
- Varian H., (1993). Microeconomia, Cafoscarina, Venezia

ABSTRACT

The following research has the objective to analyze the dynamics and the evolution of the real estate market of a highly competitive urban centre, in which there is a strong competition amongst the subjects that demand these housing properties. An analysis has been conducted through the definition of a Mas implemented on a cellular automata ad hoc.

In this specific case, the focus is on the study of the historical city centre of Siena and certain behaviours regarding the agents that compose this area, namely the students (six university faculties are located in the historical centre), the professional working class (the principal actors of the city's tertiary sector) and the tourist industry (Siena is an important pole of international tourist attraction).

The basis of this study proves that the market may be studied not only with reference to the demand, the aggregate offer and the average price, but more importantly one notes how the market is determined by the specific interaction between groups of agents endowed with a certain personal operational autonomy.

Considering this hypothesis, one realizes a need to delve deeper to understand the needs and dynamics that comprise the core of the housing demand of the agents.

In the end, two types of analysis have been conducted:

The first, of historic and documentary character, seeks to individualize the trend of the market in the last decade and to trace its evolutionary directions. The second of empirical character, has been conducted regarding personal interviews with various representatives, a sampling of each category of agents.

Comparing and correlating the data obtained in these two investigations, one may individualize both a set of rules regarding the operation of the local market, and a set of behavioural rules for every category of agents.

The simulation and the evolutionary analysis of the market has been realized creating a cellular multiautoma constituted by three automata base (one for every category of agents). The rules of transformation have been fixed following a comparison amongst the set of rules mentioned previously.

Particular attention has been paid to the evolution of the market and three hypothetical scenarios may be determined:

CASE I: The trend of the housing demand remains constant at historical levels.

CASE II: The historic centre specializes in being a university city. The university enrolment doubles in numbers. In addition, four new faculties have been created, taking the place of particular city buildings, now home to cultural and commercial facilities.

CASE III: The city specializes in tourism and the presence of tourists in the area has doubled. Residential homes have been converted to bed and breakfasts and rental vacation homes.