

MACROGENESIS: Generative Design at the Urban Scale **MACROGENESI: Progettazione generativa a scala urbana**

J.H. Frazer

Professor, AA Dipl., MA (Cantab), FCSD,
FRSA

Swire Chair and Head of School of Design
HongKong Polytechnic University, Kowloon,
HongKong, China

e-mail: sdfrazer@polyu.edu.hk

Abstract

Questo è un saggio che valuta e definisce i punti chiave del coinvolgimento dell'autore nella progettazione generativa. Il lavoro selezionato è riassunto in una serie di momenti chiave dello sviluppo. Il lavoro che è stato sviluppato recentemente è spiegato in modo più completo, includendo "l'esperimento Groningen", che applica le idee generative ad un modello interattivo per una pianificazione urbana di Groningen, permettendo un'interazione dei cittadini stessi con il modello generativo. Il progetto è stato ripreso oggi alla School of Design, Hong-Kong Polytechnic University, dove il lavoro si sta sviluppando nei campi del disegno industriale e della grafica.

La Progettazione Evolutiva.

La Progettazione Evolutiva coinvolge l'utilizzo dello spazio virtuale del computer in modo analogo ai processi evolutivi nella natura, tentando di emulare i processi di progettazione inconsapevoli dell'architettura vernacolare. Mentre le tecniche descritte possono essere finalizzate per risolvere alcuni problemi di progettazione relativamente semplici, come il progetto di uno yacht, i problemi posti dall'architettura richiedono tuttavia una potenza di calcolo più elevata rispetto a quella a disposizione adesso, rimanendo solo all'inizio di una loro eventuale risoluzione. Questa teoria è spiegata in modo più completo nel libro dell'autore: "An Evolutionary Architecture"[1].

Abstract

This is a reflective paper indicating key points in the author's involvement in generative design. Selected work is summarised in a series of snapshots of key developments. More recent evolutionary work is explained more fully including the "Groningen Experiment" which applied generative ideas to an interactive city planning model for Groningen that enabled citizen interaction with a generative model. The project has now been relocated in the School of Design, the Hong Kong Polytechnic University where the work is being expanded into the realm of industrial design and graphics.

Evolutionary Design

Evolutionary Design involves using the virtual space of the computer in a manner analogous to evolutionary processes in nature. It attempts to emulate the unselfconscious design processes of vernacular architecture. Whilst the techniques described can be achieved with relatively simple design problems such as yacht design, architectural problems still require computing power in excess of what is yet readily available and are thus only on the cusp of being realisable. This theory is elucidated fully in the author's book, "An Evolutionary Architecture" [1].

In an attempt to achieve in the built environment the symbiotic behaviour and metabolic balance that are characteristic of the natural environment, it proposed the

Nell'intento di raggiungere, nell'ambito del costruito, il comportamento di simbiosi e l'equilibrio del metabolismo tipici del mondo naturale, ci si propone il modello evolutivo della natura come processo generativo per la forma architettonica. La proficua nascita di prototipi e l'incredibile forza creativa caratteristiche dell'evoluzione naturale, sono emulate nel generare modelli architettonici virtuali che rispondono ai vari ambienti in mutamento. Gli sviluppi ottenuti sono incoraggianti ed avanzati. L'architettura è considerata come una forma di vita artificiale, soggetta, come per il mondo naturale, ai principi della morfogenesi, della codificazione genetica, della ripetizione e selezione. I concetti architettonici sono espressi come regole generative, così la loro evoluzione e il loro sviluppo possono essere accelerati e testati grazie all'utilizzo di modelli al computer. I concetti sono descritti attraverso un linguaggio genetico, che produce un codice scritto di istruzioni per generare forme. Vengono utilizzati modelli computerizzati per simulare lo sviluppo di forme sperimentali, forme che poi sono valutate sulla base della loro prestazione in un ambiente simulato.

Numerose tappe evolutive possono essere generate in poco tempo, e le forme che ne emergono sono spesso inaspettate. Queste tecniche sono state precedentemente limitate per quantificare facilmente i problemi ingegneristici. Solo adesso è diventata fattibile la loro applicazione ai problemi complessi associati al nostro ambiente edificato. Per poter finalizzare tutto questo è necessario considerare come la forma strutturale possa essere codificata per l'utilizzazione di algoritmi genetici, come criteri troppo definiti e conflittuali possano essere descritti, come questi criteri operino per la selezione, e come i processi morfologici e metabolici siano utilizzabili per un'interazione fra una forma costruita ed il suo ambiente. Una volta risolte queste questioni, il computer potrà essere utilizzato non solo come un aiuto alla progettazione nel senso più comune, ma anche come un acceleratore dell'evoluzione e come forza generativa. [2]

evolutionary model of nature as the generating process for architectural form. The profligate prototyping and awesome creative power of natural evolution are emulated by generating virtual architectural models which respond to changing environments. Successful developments are encouraged and evolved. Architecture is considered as a form of artificial life, subject, like the natural world, to principles of morphogenesis, genetic coding, replication and selection.

Architectural concepts are expressed as generative rules so that their evolution and development can be accelerated and tested by the use of computer models. Concepts are described in a genetic language that produces a code script of instructions for form-generation. Computer models are used to simulate the development of prototypical forms that are then evaluated on the basis of their performance in a simulated environment. Very large numbers of evolutionary steps can be generated in a short space of time and the emergent forms are often unexpected.

These techniques had previously been limited to easily quantified engineering problems. Only now is it becoming feasible to apply them to the complex problems associated with our built environment. To achieve this it is necessary to consider how structural form can be coded for the utilisation of genetic algorithms, how ill-defined and conflicting criteria can be described, how these criteria operate for selection, and how the morphological and metabolic processes are adapted for the interaction of built form and its environment. Once these issues are resolved, the computer can be used not only as an aid to design in the usual sense, but also as an evolutionary accelerator and a generative force [2].

How an evolutionary model works

The evolutionary model requires that a design concept is described in a genetic code. The code is then mutated and developed in a computer program into a series of models in response to a simulated environment. The models are then evaluated in that simulated

Come funziona un modello evolutivo.

Il modello evolutivo richiede che il concetto di progettazione sia descritto all'interno di un codice genetico. Il codice, successivamente, viene mutato e sviluppato, con un programma per computer, in una serie di modelli in risposta all'ambiente simulato. Quindi, i modelli sono valutati negli ambienti simulati, ed il codice di quelli più riusciti verrà selezionato. Il codice selezionato è poi utilizzato per reiterare il ciclo fino ad una particolare fase di sviluppo selezionata per creare dei prototipi nel mondo reale.

Per poter creare una descrizione genetica, è necessario sviluppare primariamente un concetto di progettazione in modo generativo, capace di essere espresso attraverso una varietà di forme ed in risposta ai diversi ambienti. Ciò costituisce un modo attraverso il quale molti progettisti già lavorano, nel senso che hanno già un personale insieme di strategie che varia in virtù delle circostanze di progetto. Questa strategia è spesso molto marcata e consistente, fino al punto di rendere immediatamente riconoscibile il lavoro del progettista.

Flashback 1: le origini.

La mia prima escursione nella progettazione generativa ed evolutiva, e nel campo che noi adesso identifichiamo come edificio "cooperante", avvenne alla fine degli anni 60, con l'inizio di una ricerca per un paradigma progettuale alternativo. Queste prime esplorazioni divennero il tema della mia tesi finale all'Architectural Association di Londra nel 1969. La tesi era intitolata "Autotectonics: The choice of choice". Ho coniato il termine "autotectonics" nel 1965 come reazione all'"architettura", dove "arch" implica delle connotazioni di potere (arcidiacono, "arcidiavolo"), per sostituirlo con "auto" che include la connotazione del se' (autonomia, automobile). Il sottotitolo "scelta della scelta" (choice of choice) era inteso a suggerire che il modo allora corrente di pensare architettura, che stava iniziando a considerare il concetto di scelta, lo stava facendo in modo errato, offrendo un insieme di scelte sbagliate

environment and the code of successful models is selected. The selected code is then used to reiterate the cycle until a particular stage of development is selected for prototyping in the real world.

In order to create a genetic description, it is first necessary to develop a design concept in a generative manner capable of being expressed in an a variety of forms in response to different environments. This is a manner in which many designers already work in the sense that they have a personal set of strategies that they adapt to particular design circumstances. This strategy is often very pronounced and consistent to the point where a designer's work is instantly recognised.

Flashback 1: Background

My first excursion into generative and evolutionary design and into the field that is now being referred to as co-operative buildings, was in the late 60s with the beginnings of a search for an alternative design paradigm. These first explorations became my final year thesis at the Architectural Association in London in 1969. The thesis was entitled "Autotectonics: The choice of choice". I coined the term "autotectonics" in 1965 as a reaction to "architecture" - where "arch" has connotations of power (archdeacon, archdevil) and substituted "auto" which has connotations of self (autonomy, automobile). The "choice of choice" part of the subtitle was intended to suggest that current architectural thinking was starting to at least consider choice, but that the wrong set of choices was being offered like a menu in the wrong restaurant. I proposed that this increase in choice could be achieved by emulation of the processes of evolution and genetics which produced diversity in nature. The project introduced the idea of genetically coded building descriptions and the idea of user interaction in the design process and subsequent reorganisation of the building in use and drew on my student projects of the previous few years. The genetic code of the building was manipulated in a primitive computer model. Later at

come menu in un ristorante sbagliato. Avevo proposto che questo aumento della scelta, poteva essere realizzato emulando i processi di evoluzione e di genetica, che producevano la diversità in natura. Il progetto ha introdotto le idee di una descrizione attraverso un codice genetico degli edifici, e di interazione dell'utente nel processo progettuale, giungendo ad una riorganizzazione dell'edificio in uso, che sperimentai utilizzando i progetti di miei studenti degli anni precedenti. Il codice genetico degli edifici veniva manipolato in un primitivo modello computerizzato. Più tardi alla Cambridge University, ho avuto accesso a computer piu' potenti e alle capacità di certi software che mi permisero di trasformare tutto ciò in una dimostrazione operativa (3,4).

Flashback 2: il progetto del "Generator."

Uno dei principali pensatori a proposito di una progettazione alternativa e' Cedric Price. Il suo lavoro è dominato da preoccupazioni sociali che sono fortemente presenti nel concetto di cooperazione. Nel 1978, Cedric Price ci chiese di lavorare come consulenti informatici all'interno del progetto Generator. Il Generator consisteva in un insieme di parti come recinzioni, passaggi, schermature e servizi da essere sistemati in un sito, una radura in un bosco della Florida, per esaudire le richieste degli utenti, la Gilman Paper Corporation. Si era proposto di porre una rete di blocchi di fondazione fornendo una permanente mobilità ai componenti mobili, coinvolgendo anche gli utenti del centro per l'organizzazione dello stesso.

Un programma del computer era stato sviluppato per suggerire nuove sistemazioni del sito in risposta al cambiamento dei bisogni. Preoccupati dal fatto che i componenti potevano non trovarsi nei posti dove ce li saremmo aspettati, abbiamo deciso di trasformare tutto il sito in un vasto modello operativo.

Nell'incastare l'elettronica in ogni sua componente e creando le connessioni ai blocchi delle fondazioni, abbiamo effettivamente trasformato il sito in un gigantesco elaboratore di serie riconfigurabili, dove la configurazio-

Cambridge University I had access to computer power and software expertise which allowed this to be turned into a working demonstration. [3, 4]

Flashback 2: The Generator project

One of the formative thinkers about alternative design paradigms must be Cedric Price. His work is dominated by social preoccupations which are epitomised by the concept of co-operation. In 1978 Cedric Price asked us to work as computer consultants on the Generator project [5]. The Generator consisted of a kit of parts which enabled enclosures, gangways, screens and services to be arranged on a site, a clearing in a forest in Florida, to fulfil the requirements of the users, the Gilman Paper Corporation. It was proposed to grid the site with foundation pads and to provide a permanent mobile for moving components, thus involving the co-operation of the users of the centre in its organization.

The computer program was developed to suggest new arrangements of the site in response to changing needs. Our concern that components might not be where we expected them to be prompted our decision to turn the whole site into a vast working model. By embedding electronics in every component and making connections to the foundation pads we effectively made the site into a gigantic reconfigurable array processor, where the configuration of the processor was directly related to the configuration it was modelling. At this stage, the controlling processor could be dispensed with, as there was more than adequate processing power distributed throughout the structure of the building. The building thus became intelligent, as we explained it in a letter to Cedric Price in 1979. This led to some amusing headlines: Birth of the Intelligent Building, Thinking for Fun and The Building that Moves in the Night [6, 7] Unfortunately the term intelligent building has now been devalued to mean any building with provision for information technology! The term intelligent structures, on the other hand, has acquired considerable meaning and is now the subject of serious

ne dell'elaboratore era direttamente relazionata alla configurazione che stava modellando. A questo punto, il processore di controllo poteva essere escluso, visto che c'era una capacità di elaborazione più che adeguata distribuita in tutta la struttura della costruzione.

L'edificio dunque diventò intelligente, come spieghiamo in una lettera a Cedric Price, nel 1979. Questo condusse alla pubblicazione di divertenti articoli: Nascita dell'edificio intelligente, Pensare per divertimento e L'edificio che si muove nella notte [6,7]. Oggi, sfortunatamente, il termine "edificio intelligente" ha perso di significato, essendo attribuito ad ogni edificio predisposto ad usufruire di tecnologie informatiche!

D'altra parte, il termine "strutture intelligenti", ha acquisito un considerevole significato e risulta essere oggi il soggetto di libri e giornali seri. L'aspetto più interessante, la natura cooperativa dell'edificio proposto con i suoi utenti, non aveva attratto troppi commenti. Una preoccupazione consisteva nel fatto che l'edificio poteva non essere modificato abbastanza dagli utenti, perché quest'ultimi non ne vedevano le potenzialità. Di conseguenza, suggerimmo che un carattere di intelligenza, e quindi del Generator, era che quest'ultimo avrebbe registrato la sua stessa noia e avrebbe dato dei suggerimenti per la propria riorganizzazione [8]. Non è uno scherzo come può sembrare, nel senso che il Generator avrebbe imparato dalle alterazioni che faceva alla sua stessa organizzazione, autosviluppandosi, per ottenere dei suggerimenti migliori.

46

In conclusione, l'edificio stesso potrebbe essere capace di determinare la sua stessa sistemazione per il beneficio degli utenti rispetto agli utenti stessi. Questo principio è adesso impiegato nei sistemi di controllo ambientale con capacità di apprendimento.

Flashback 3 : Il modello co-evolutivo

Questo fu un progetto di ricerca collaborativa che coinvolgeva sia l'Università dell'Ulster che l'Architectural Association. Nelle prime fasi, il gruppo dell'Architectural Association di Lon-

books and a journal. The more interesting cooperative nature of the proposed building and its users did not attract so much comment.

One worry was that the building would not be changed enough by the users because they did not see the potential to do so. We consequently suggested that a characteristic of intelligence, and therefore of the Generator, was that it would register its own boredom and make suggestions for its own reorganisation [8]. This is not as facetious as it may sound, as we intended that the Generator would learn from the alterations it made to its own organisation, and coach itself to make better suggestions. Ultimately, the building itself might be better able to determine its arrangement for the users benefit than the users themselves. This principle is now employed in environmental control systems with a learning capability.

Flashback 3: The co-evolutionary model

This was a collaborative research project involving both the University of Ulster and the Architectural Association. In the first stages the team at the Architectural Association in London had developed a theoretical model of an evolvable environment. For the example described here, Manit Rastogi of the Diploma Unit 11 at the Architectural Association developed a working interactive computer version and teamed up with Peter Graham from Ulster to produce a dynamically evolving model for the exhibition in London and the Internet experiment.

The model is organised by using a multiple hierarchical approach and a datastructure which is recursively self similar. The simulated environment in which evaluation takes place is modelled in exactly the same terms as the evolving structures. The environment and the structure not only evolve in the same dataspace, but can co-evolve. Moreover competitive structures can also evolve in the same space. Environment in this case includes user response and is modelled with virtual societies. The environment has a significant effect on the development of the concept using a genetic design language.

dra aveva sviluppato un modello teorico di un ambiente evolutivo. Per l'esempio descritto qui, Mani Rastogi del Diploma Unit 11 dell'Architectural Association, sviluppò una versione di un computer interattivo, e si unì con Peter Graham dell'Università dell'Ulster, per produrre un modello dinamico evolutivo per una mostra a Londra e per una sperimentazione in Internet.

Il modello è organizzato usando un approccio gerarchico multiplo e una struttura di dati che periodicamente ritorna al suo punto iniziale. L'ambiente simulato nel quale è inserita la valutazione è modellato esattamente negli stessi termini di quelli per le strutture evolutive. L'ambiente e la struttura non solo si evolvono nello stesso database spaziale, ma possono anche co-evolvere. Inoltre strutture competitive possono evolversi nello stesso spazio. L'ambiente in questo caso include le risposte dell'utente ed è modellato in base a società virtuali. L'ambiente ha un effetto significativo sullo sviluppo del concetto, utilizzando un linguaggio di progettazione genetica. Algoritmi genetici sono utilizzati per eseguire la selezione, l'incrocio e il mutamento naturale per generare le popolazioni.

Il modello consiste in una serie infinita di datapunti che collettivamente costituiscono un data-spazio. Ogni punto nel data-spazio è intelligente, nel senso che sa dove si trova e perché si trova in quel posto ed ha una chiara consapevolezza delle relazioni spaziali con i suoi vicini. Le leggi della simmetria e della sua rottura sono utilizzate per controllare lo sviluppo del modello dal codice genetico. Le informazioni che circolano attraverso il modello prendono la forma di campi logici. Il prendere forma di questa data-struttura è un processo guidato modellando quello di generazione della forma piuttosto che le forme stesse.

Il modello è basato sull'evoluzione sequenziale di una famiglia di strutture cellulari all'interno di un ambiente. Ogni struttura cellulare inizia a svilupparsi da una singola cellula che porta con sé le informazioni genetiche ereditate dai suoi antenati e da un insieme di geni centrale. Ogni cellula in una struttura cellulare contiene gli stessi cromosomi che compongono il codice

Genetic algorithms are used to perform the selection and normal crossover and mutation are used to breed the populations.

The model consists of an endless array of data points which collectively constitute a dataspace. Each point in the dataspace is intelligent in the sense that it knows where it is and why it is there and it has a clear awareness of the spatial relationship of its neighbours. The laws of symmetry and symmetry breaking are used to control the development of the model from the genetic code. Information flow through the model takes the form of logic fields. Externalisation of this datastructure is process driven by modelling the process of form generation rather than the forms themselves.

The model is based on the sequential evolution of a family of cellular structures in an environment. Each cellular structure begins development from a single cell inheriting genetic information from its ancestors and from a central gene pool. Each cell in a cellular structure contains the same chromosomes which make up the genetic code. The cells divide and multiply based on the genetic code script and the environment with each new cell containing the same genetic information. The development process of each member of the family consists of three parts - cellular growth, materialisation and the genetic search landscape. A genetic algorithm is used to ensure that future generations of the model learn from the previous ones as well as provide for biodiversity during the evolutionary process.

The datastructure of the model is based on a universal state space or isospatial model where each cell in the world has a maximum of 12 equidistant neighbours and can exist in one of 4096 states, the state of a cell being determined by the number and spatial arrangement of its neighbours.

The local environment of a cell can thus be coded in a 12 bit binary string. The growth and development of the cellular structure is controlled by chromosomes.

Chromosomes are generated either by being

genetico. Le cellule si dividono e si moltiplicano basandosi su un codice genetico scritto come l'ambiente con ogni nuova cellula contenente le stesse informazioni genetiche. Il processo di sviluppo di ogni membro della famiglia consiste in tre parti- la crescita cellulare, la materializzazione e il paesaggio di ricerca genetica. Un algoritmo genetico è utilizzato per assicurare che le future generazioni del modello imparino da quelle precedenti così come per la biodiversità durante i processi evolutivi. La data-struttura del modello è basata su uno stato base dello spazio o modello isospaziale dove ogni cellula nel mondo ha un massimo di 12 vicini equidistanti e può esistere in uno dei 4096 stati, e lo stato di una cellula viene determinato dal numero e dalla disposizione spaziale dei suoi vicini.

L'ambiente locale di una cellula può quindi essere codificato in una stringa binaria di 12 bit. La crescita e lo sviluppo della struttura cellulare sono controllati dai cromosomi. I cromosomi possono essere generati sia da qualsiasi utente remoto, tipo un sito attivo, che li fa pervenire, o come una funzione di selezione, tipo l'incrocio e il mutamento all'interno dell'attività cellulare, e sono mantenuti in un insieme principale di cromosomi.

L'ambiente fisico determina quale parte dell'insieme principale di cromosomi diventa dominante. La cellula allora si moltiplica e si divide in accordo con quel codice genetico. Nel momento in cui avviene una divisione cellulare, vengono generate delle cellule instabili. Nella generazione successiva, questo materiale rimanente crea uno spazio di esclusione all'interno dello spazio cellulare. Questo spazio di esclusione interagisce con l'ambiente fisico per creare una materializzazione del modello. I piani confinanti sono identificati nelle cellule instabili come parte della loro informazione dello stato e una superficie ottimizzata è generata per avvolgere la struttura. Questo materiale continua ad esistere attraverso l'evoluzione del modello e avrà effetto dall'inizio sulla crescita cellulare delle future generazioni.

Il criterio di selezione nel modello non è programmato ma è una proprietà emergente

sent in by any remote user, an active site or as a function of selection, crossover and mutation within cellular activity and are maintained in a main chromosomal pool. The physical environment determines which part of the main chromosome pool becomes dominant. The local environment of each cell then determines which part of the genetic code is switched on. The cell then multiplies and divides in accordance with that genetic code.

As cellular division takes place, unstable cells are generated. In the next generation this leftover material creates a space of exclusion within the cellular space. This space of exclusion interacts with the physical environment to create a materialisation of the model. Boundary layers are identified in the unstable cells as part of their state information and an optimised surface is generated to skin the structure. This material continues to exist throughout the evolution of the model and will initially affect the cellular growth of future generations.

The selection criteria in the model is not programmed but is an emergent property of the evolution of the model itself. A genetic search landscape is generated for each member graphically representing the evolving selection criteria within the model based on the relationship between the chromosomes, cellular structure and the environment over time. Form, or the logic of form, emerges as a result of travelling through this search space.

Once chromosomal stability has been achieved, the parent cellular activity is terminated. The final cellular structure, the materialisation and the genetic search space are posted out. A daughter cellular activity is then initiated from a single cell. The fittest chromosomes from the parent generation are bred using selection, crossover and mutation and combined with the new list of dominant chromosomes from the main chromosome pool to form a new chromosomes set for the daughter generation. The development process is then repeated for the daughter generation [9, 10, 11].

dell'evoluzione del modello stesso. Un paesaggio di ricerca genetica è generato per ogni membro rappresentando graficamente l'evoluzione del criterio di selezione all'interno del modello basato sul rapporto fra cromosomi, sulla struttura cellulare e sull'ambiente nel tempo. La forma, o la logica della forma, emerge come un risultato del viaggio attraverso questo spazio della ricerca. Una volta raggiunta la stabilità cromosomica, l'attività parentale cellulare è terminata. Sono quindi ottenuti: la struttura cellulare finale, la materializzazione e la ricerca genetica dello spazio. Un'attività genitrice cellulare ha quindi inizio da una singola cellula.

I cromosomi più adatti ottenuti dalla generazione madre sono generati tramite selezioni, incroci e mutamenti e combinati con la nuova lista di cromosomi dominanti appartenenti al gruppo principale di cromosomi per formarne uno nuovo per la generazione dei figli. Il processo di sviluppo è allora ripetuto per la generazione successiva, figlia della precedente [9, 10, 11].

Flashback 4. Evoluzione cooperativa in Internet: l'Interattivatore

Nel gennaio del 1995 abbiamo organizzato una mostra di Architettura Evolutiva [12] per l'Architectural Association Gallery di Londra. L'elemento centrale della mostra, l'Interattivatore [13,14], era un ambiente in evoluzione pianificato per rispondere sia all'interazione con il visitatore della mostra sia all'ambiente dello spazio espositivo. I visitatori dovevano interagire proponendo delle informazioni genetiche che incidevano sull'evoluzione del modello. Dei sensori nello spazio espositivo registravano alcuni dati come la temperatura, l'umidità, il rumore, il fumo ed altro, che avevano effetto sull'evoluzione del modello.

Estendemmo questo concetto in Internet per permettere la cooperazione in tre modi: primo, utilizzando Internet per permettere ai visitatori virtuali di immettere nel modello delle informazioni genetiche, come facevano i visitatori reali. Secondo, nel permettere al programma del modello di essere scaricato dai

Flashback 4: Co-operative evolution on the Internet: The Interactivator

In January 1995 we constructed An Evolutionary Architecture [12] exhibition for the Architectural Association Gallery in London. The centrepiece to the exhibition, The Interactivator [13, 14], was an evolving environment which was planned to respond to both interaction from the exhibition visitors and the atmosphere in the exhibition space. Visitors were to interact by proposing genetic information which would influence the evolution of the model. Sensors in the exhibition space also affected the evolution of the model with data on temperature, humidity, noise, smoke and so forth. We extended this concept to allow co-operation on the Internet in three ways: First, by using the Internet to allow virtual visitors to input genetic information to the model just like actual visitors. Second, by allowing the program of the model to be downloaded to remote sites so that it replicated itself and each replication took on a divergent evolutionary path, the results of which could also be fed back to the central model to contribute to the gene pool. And third, by allowing access to the exhibition and the book via a conventional Web site so that the context could be understood and the stages in the development of the evolving model could be observed.

The exhibition installation and virtual visitors

For the exhibition installation three interlinked computers were in use. The central machine handled the evolving model and displayed a rendered visualisation of the developing cell structure and a representation of the landscape of the genetic search space. The second computer handled communication with the outside world and received input from the environmental sensors in the exhibition space, input from gene switches for visitors to experiment with, output sound generated by the system and was directly connected to the Internet to receive and transmit genetic information. The third computer generated

siti più remoti, di modo tale che replicandosi, seguendo ogni volta una linea evolutiva differente, i risultati ottenuti potevano essere reinseriti nel modello centrale, contribuendo allo sviluppo del "pool" di geni. E terzo, permettendo l'accesso alla mostra e al libro grazie ad un sito Web, cosicché il contesto poteva essere capito e le fasi dello sviluppo del modello in evoluzione potevano essere osservate.

L'installazione della mostra e i visitatori virtuali.

Per l'installazione della mostra, sono stati utilizzati tre computers interconnessi. L'apparecchio principale maneggiava il modello in evoluzione e mostrava una visualizzazione "renderizzata" della struttura cellulare che si stava sviluppando, e una rappresentazione del paesaggio dello spazio di ricerca genetica. Il secondo computer si occupava della comunicazione con il mondo esterno e riceveva input dai sensori ambientali nello spazio espositivo, input dal gene mutato dalla sperimentazione dei visitatori, produceva suoni generati dal sistema ed era direttamente connesso ad Internet per ricevere e trasmettere informazioni genetiche. Il terzo computer generava immagini di forme emergenti e forniva un'animazione della crescita e dello sviluppo del modello.

Le tecniche genetiche per la logica interna del modello progettato, più della sua forma esterna, e la mostra, offrivano uno sguardo ad un'architettura futura che solo nell'immaginazione di un computer poteva evolversi. I visitatori virtuali potevano vedere lo stato corrente del modello, e riceverne una spiegazione, o potevano partecipare fornendo informazioni genetiche o ambientali. Per i veri entusiasti, delle copie del software erano disponibili per essere scaricate. Anche il "feedback" dalle copie remote del software doveva far evolvere il modello-sorgente.

Nelle prime due settimane dal suo lancio, il modello ha fatto evolvere quattro membri di una famiglia, basati sui cromosomi ricevuti e su quelli generati internamente, ogni membro raggiungendo una stabilità cromosomica più

images of the emerging forms and provided an animation of the growth and development of the model.

Genetic techniques for design model inner logic, rather than external form, and the exhibition afforded a glimpse of a future architecture as yet evolving only in the imagination of a computer.

Virtual visitors could view the current state of the model and receive an explanation, or they could participate by providing genetic or environmental information. For real enthusiasts, copies of the software were available for downloading. Feedback from remote copies of the software also affected the source model.

In the first two weeks after the launch of the model it evolved four family members based on the chromosomes received and those bred internally, each member achieving chromosomal stability in about 120 generations. Though it is impossible to predict the nature of the model, or its evolving internal logic, there seems to be a pattern emerging towards its selective and hence, evolutionary process.

With the assistance of Ellipsis publishers the virtual version of the exhibition was launched on the Internet in January 1995 [15] There are some successes and failures to record with this experiment. The central model convincingly demonstrated the principle of evolving a structure under the influence of both public participation and environmental information. But the rate of change was too slow to give any indication of how any individual was affecting it, and the feed-back to the net was never properly implemented to show any development. Downloading the model to remote sites revealed all manner of technical problems which meant that biodiversified genetic material never found its way back to the central model. The Ellipsis site was labyrinthine which delighted many visitors but frustrated others who never found how to input genetic information. Overall the experiment attracted a great deal of comment, both on the net and in the press including a feature in Wired [16] and an article in

o meno dopo 120 generazioni. Anche se è impossibile prevedere la natura del modello, o la sua logica evolutiva interna, sembra essercene uno che emerge in direzione del suo processo selettivo, e dunque del suo processo evolutivo.

Con l'aiuto degli editori Ellipsis, la versione virtuale della mostra fu lanciata in Internet nel gennaio 1995 [15]. Ci sono alcuni successi ed alcuni fallimenti da registrare con questo esperimento. Il modello centrale ha dimostrato in modo convincente il principio dell'evoluzione di una struttura sotto l'influenza sia della partecipazione del pubblico sia delle informazioni ambientali. Il ritmo del cambiamento era troppo lento per poter dare qualche indicazione su come un individuo stesse influenzando il modello, ed il feedback alla rete non era sempre correttamente implementato per mostrare qualche sviluppo.

Scaricare il modello ai siti remoti rivelò ogni tipo di problemi tecnici, ciò significò che il materiale genetico biodiversificato non trovò mai la via del ritorno al modello centrale. Il sito di Ellipsis era labirintico, il che aveva rallegrato molti visitatori ma frustrato anche altri, che non hanno mai trovato il modo di inserire delle informazioni genetiche. Nell'insieme l'esperimento aveva attratto molti commenti, sia sulla rete, sia sulla stampa includendo un servizio in Wired [16] ed un articolo in Architectural Design [17]. Il sito Web ha avuto un gran numero di visitatori.

Flashback 5: la cooperazione dei cittadini nella progettazione urbana: l'esperimento di Groningen.

In questa parte si descrive un modello cooperativo sperimentale per la città di Groningen, nel nord dei Paesi Bassi. Si indaga su come tali tecniche potrebbero essere applicate ed ampliate a una possibile evoluzione cooperativa globale delle città.

Il contesto di Groningen.

La città di Groningen gode di una certa reputazione nella progettazione urbana e nelle innovazioni di pianificazione alle quali hanno contribuito in questi ultimi anni Rem Koolhaas,

Architectural Design [17]. The Web site enjoyed a large number of visitors.

Flashback 5: Citizen co-operation in urban design: The Groningen Experiment

This section describes an experimental co-operative model for the city of Groningen in northern Holland. It then speculates on how such techniques could be broadened and applied to the possible global co-operative evolution of cities.

The Groningen context

Groningen enjoys a reputation for urban design and planning innovation and contributors over the last few years have included Rem Koolhaas, Will Alsop, Zaha Hadid, Bernard Tschumi, Henri Ciriani, John Hejduk, Daniel Libeskind, Paul Virilio, Philippe Starck, Coop Himmelbau, Alessandro Medini, Mecanoo. Groningen now have a development plan to the year 2005 and are looking beyond at urban strategies for the 21st Century. In this future context, I was asked in collaboration with colleagues and students from the Architectural Association in London to demonstrate the potential for an intelligent, interactive, evolving, co-operative computer model of a sustainable urban environment which would enable the citizens of Groningen to interact and influence the development of their city.

Exploring new urban strategies

One of the key speakers in the "Opening the Envelope" series which formed the briefing for the project was Maarten Schmitt the Chief City Planner. His talk was crucial to the direction taken by the project described in this paper [18].

He said, "A very special atmosphere has been created in Groningen since the sixties revolutionary atmosphere. The intention has been to create a more meaningful and coherent society related to such ideals as the American Pueblo society, especially in reaction to previous failures in post war European cities.

Will Alsop, Zaha Hadid, Bernard Tschumi, Henri Ciriani, John Hejduk, Daniel Libeskind, Paul Virilio, Philippe Starck, Coop Himmelbau, Alessandro Mendini, Mecanoo. Oggi Groningen ha un piano di sviluppo fino al 2005 e sta guardando oltre verso strategie urbane per il Ventunesimo Secolo. In questo contesto futuro, mi era stato chiesto una collaborazione con colleghi e studenti dell'Architectural Association di Londra per dimostrare il potenziale di un modello a computer intelligente, interattivo, evolutivo, cooperativo, di un ambiente urbano sostenibile, che possa permettere agli abitanti di Groningen di interagire ed influenzare lo sviluppo della loro città.

Esplorando nuove strategie urbane.

Uno degli oratori chiave nella serie "Opening the Envelope" all'interno della parte preliminare di discussione sul progetto, fu Maarten Schmitt, il responsabile capo della pianificazione urbana della città. Il suo intervento fu cruciale per la direzione presa dal progetto descritto in questa relazione [18].

Lui disse, "Un'atmosfera molto speciale è stata creata nella città di Groningen dai tempi rivoluzionari degli anni 60". L'intenzione era di creare una società più significativa e coerente, in relazione a certi ideali come la società American Pueblo, in reazione ai precedenti fallimenti delle città europee nel dopo guerra.

La crescita quantitativa degli anni 60 di Groningen divenne un cumulo di ambizioni private senza ambizioni di più larghe vedute, che provocò una reazione sociale. L'ambizione sociale collettiva si sviluppò da questa reazione, focalizzandosi sugli interessi qualitativi. Da tutto questo si sviluppò un'idea più ampia o un'intelaiatura di elementi culturali, economici e sociali per la città. Questo includeva la riduzione del ruolo dell'automobile, ottenendo degli spazi per altre attività, il tutto combinato con la pulizia degli spazi pubblici, di modo tale da restituirgli il loro vero significato di "spazio pubblico". Le discussioni sulle alternative per gli elementi logorati della città, e l'introduzione di una versatilità di usi e significati nel centro, diventarono fonda-

The quantitative growth of the 60s in Groningen became an accumulation of private aspirations without any larger ambition and caused a social reaction. The social collective ambition grew out of this reaction, focusing on qualitative concerns. From this developed a larger idea or framework for cultural, economic and social elements of the city. This included reducing the role of the car, enabling coherent space for other activities combined with cleaning public space in order to give it back its public meaning. Discussion about alternatives for the worn out city elements, and the introduction of a multiformity of uses and meanings into the centre became crucial to a dynamic view of the city and the need for change as a revitalisation agent. Reducing mobility and encouraging a diversity of service industries back into the inner city was a crucial achievement of this social democratic ambition.

Around 1980 the discussion on formal objectivity (creating symbols) in urban development was raised in professional circles, to develop the cultural identity of the city as a whole. The main spatial structure formed a fixed framework for continuously changing uses. These ideas were defined in the structure plan of 1987. These projects also explored a new type of public participation based upon the idea of planning by communication of which participation is an important part. This is initiated by a framework proposition for urban development which then involves wide public involvement and comment with the final responsibility held by the city council to assess and define the outcome.

The nature of the model

We produced a generative computer model which could mediate in scale, space and time.

- In scale between the urban context and the fine grain of the housing typologies.
- In space between the existing fabric of Groningen and specific dwelling units.
- In time between the life style of the medieval core and the future desires of citizens of the next century.

The Evolutionary Model explained the transition from the past to the present and

tali per una veduta dinamica della città e come agente rivitalizzante per il bisogno di cambiamento. La riduzione della mobilità e l'incoraggiamento per una diversificazione delle industrie di servizio nella città più interna, fu una conquista cruciale di questa sociale e democratica ambizione.

Intorno al 1980, la discussione sull'obiettività formale (creazione di simboli) nello sviluppo urbano fu promossa ai circoli professionali, per sviluppare l'identità culturale della città come un insieme. La struttura spaziale principale formava un'intelaiatura fissa per una serie di cambiamenti continui. Queste idee furono definite in una pianificazione strutturale del 1987. Questi progetti esplorarono anche un nuovo tipo di partecipazione del pubblico basata sull'idea della pianificazione attraverso la comunicazione, dove ogni partecipazione risultava importante. Tutto ciò è iniziato attraverso la proposta di una struttura per lo sviluppo urbano che implicava successivamente un coinvolgimento pubblico con dei commenti, e con la responsabilità finale presa dal consiglio della città che doveva valutarne e definirne l'esito.

La natura del modello.

Abbiamo prodotto un modello generativo a computer che potesse mediare in scala, in spazio e in tempo. - In scala, tra il contesto urbano e la fine trama delle tipologie abitative. - In spazio, tra il fabbricato esistente di Groningen e le specifiche unità abitative. - In tempo, tra lo stile di vita dell'anima medievale e i futuri desideri dei cittadini del prossimo secolo.

Il Modello Evolutivo spiegava la transizione dal passato al presente e proiettava traiettorie per possibilità future: un modello "ma cosa succederebbe se" per esplorare futuri e poterli valutare.

In modo più specifico, svilupparammo un modello che simulasse lo sviluppo storico di Groningen in modo dinamico e profetico. Cercammo la situazione locale per delle regole locali che potessero generare delle proprietà emergenti autodeterminanti, per l'insieme. Guardammo in modo specifico come le impli-

projected trajectories for future possibilities : A "what if" model for exploring futures and evaluating them.

More specifically we developed a model which simulated the historical development of Groningen in a dynamic and predictive manner. We searched the local situation for local rules which would generate self determining emergent properties for the whole. We looked specifically at the way in which the implications of changing life styles and work patterns could be incorporated into the model. We developed a structure for the model which was strategically modular (in the sense that say a tree is) without being geometrically constrained to modularity. We embodied all ideas for the housing typologies and the site organisation including environmental influences.

The model was designed using the techniques which we had developed over the last few years. The structure of the model was new and specifically tailored to the scale and nature Groningen.

The operation of the model

Central to the Groningen model is the idea that the computer program inhabits an environment, enters it, reads it, understands its developmental rules and history, grasps its topography, latitude and climate, models its society and economy - and then starts to solicit suggestions and make proposals for possible features.

The model becomes an inhabitant. It maintains a discourse with other, human inhabitants and tries to understand and interpret their desires, aspirations, urges, expectations, and reactions to their existing environment and projected future environments. On the basis of this interaction with the actual inhabitants, the virtual Inhabitor patiently modifies its criteria for evolutionary development and selection, endlessly repeating the process of refining and modelling prototypical futures. As it does so, it occasionally produces experimental genetic mutations or amplifies variety.

The Inhabitor models the desires, aspirations,

cazioni relative al cambiamento di stile di vita e di tipo di lavoro potessero essere incorporate nel modello. Sviluppammo una struttura per il modello che era strategicamente modulare (nel senso di come lo potrebbe essere un albero) senza essere geometricamente costretta alla modularità. Raggruppammo tutte le idee per le tipologie abitative e per l'organizzazione del sito, includendo le influenze ambientali. Il modello fu progettato utilizzando le tecniche che avevamo sviluppato negli ultimi anni. La struttura del modello era nuova e fatta su misura rispetto alla scala e alla natura di Groningen.

Il funzionamento del modello.

Nel modello di Groningen era centrale l'idea che il programma computerizzato ospitasse un ambiente, ci entrasse dentro, lo leggesse, ne capisse le regole di sviluppo e la sua storia, cogliendone topografia, latitudine e clima, modellasse società ed economia, e quindi iniziasse a sollecitare suggerimenti e a fare delle proposte per delle possibili configurazioni.

Il modello diventa un abitante. Mantiene un discorso con gli altri abitanti umani provando a capirne ed interpretarne i desideri, le aspirazioni, le necessità, le aspettative e le reazioni al loro ambiente esistente e agli ambienti proiettati nel futuro. Sulla base di questa interazione con gli abitanti attuali, quello virtuale modifica pazientemente il suo criterio per lo sviluppo evolutivo e per la selezione, ripetendo infinitamente il processo di ridefinizione e modellazione di prototipi futuri. Così facendo produce occasionalmente delle mutazioni genetiche sperimentali o amplifica la varietà.

L'abitante virtuale modella i desideri, le aspirazioni, le necessità, le aspettative, le reazioni degli abitanti al loro ambiente e a quelli futuri.

L'abitante virtuale può abitare a qualsiasi livello: cellula, stanza, casa, distretto, città, regione, continente, pianeta. Può abitare negli ambienti passati e in quelli presenti, riabitare gli "habitat" del passato e del presente, grazie all'interazione dei cittadini che forniscono in-

urges, expectations, reactions of the inhabitants to their environment and projected new environments.

The Inhabitor can inhabit at any level: cell, room, house, district, city, regions, continent, planet. It can inhabit past environments, present environments and possible re-inhabitation of past and present habitats, and from the interaction of citizens who provide feedback tendencies and selection criteria.

The core of the Inhabitor is the Evolver, an evolving genetic model in which the isospatial datastructure and genepool are controlled by genetic algorithms. The Evolver is a recursively self-similar program which employs the same strategies at each level of interaction. It provides starting configurations or seeds for genetic algorithms, which learn on the basis of feedback from specific sites. The criteria for genetic selection are determined by citizen interaction with the Enabler. The Enabler has connections to an interactive map (input desire lines, etc.) and an active output model. This is the basis for dialogue between the virtual Inhabitor and the real inhabitants.

The Generators: A hierarchically self-similar datastructure models the environment at the regional, urban, district and site scales (part of a continuum of scales, from global down to cellular). The datastructure is strategically modular without being geometrically constrained to modularity. It can interact with other sites at the same level, or with other levels, either top down or bottom up. Using specific data (GIS), these levels are mapped to specific situations and respond to exogenous influences. In the case of Groningen, the demonstrations are at the level of the local topography, the city form, the Ooesterhamrick district and the Ciboga site. Generative modellers actively generate new possibilities from inputs the Evolver. In turn, feedback from the specific sites affects the selection processes in the Evolver.

formazioni, definendo tendenze e criteri di selezione.

Il cuore dell'abitante virtuale è l'Evolver, un modello genetico in evoluzione, nel quale la struttura di database isospaziale e l'insieme principale dei geni sono controllati da algoritmi genetici. L'Evolver è un programma che si ripete in modo simile a se stesso impiegando le stesse strategie ad ogni livello d'interazione. Egli provvede alle configurazioni di partenza o semina per degli algoritmi genetici, che imparano sulla base dei "feedback" dai siti specifici. Il criterio per la selezione genetica è determinato dall'interazione da parte dei cittadini con l'Enabler. L'Enabler ha delle connessioni con una mappa interattiva (input di linee desiderate) e con un modello attivo di output. Questo è la base per un dialogo tra l'abitante virtuale e quelli veri.

I generatori: una struttura di dati gerarchica simile a se stessa, modella l'ambiente a scala regionale, urbana, distrettuale fino al luogo (parte di un continuum di scale, dal globale fino al cellulare). La struttura del database è modulare in modo strategico senza essere geometricamente costretta alla modularità. Può interagire con altri siti dello stesso livello, o con altri livelli, sia superiori che inferiori. Utilizzando dei dati specifici (GIS), questi livelli sono mappati a specifiche situazioni, e rispondono alle influenze esogene. Nel caso di Groningen, le dimostrazioni sono al livello della topografia locale, alla forma della città, al distretto di Ooesterhamrick ed il sito Ciboga. I modellatori generativi generano attivamente nuove possibilità dagli stimoli dell'Evolver. In cambio, il "feedback" dai siti specifici ha effetto sui processi di selezione nell'Evolver

L'implementazione del prototipo di Groningen.

Il prototipo operativo venne mostrato a Groningen, e poi a Londra nel Giugno del 1996. Venne successivamente esibito all'Architectural Association in Luglio [19]. Una mappa interattiva con degli input video di blocchi modellati, forniva una facile interfaccia al sistema. Le dimostrazioni vennero accolte in maniera molto favorevole, e vennero registrati

The implementation of the Groningen prototype

The working prototype was demonstrated in Groningen and then in London in June 1996. It was subsequently exhibited at the Architectural Association in July [19]. An interactive map with video input of modelling blocks provided an easy interface to the system. The demonstrations were very favourably received and many valuable comments were recorded. The intention now is to seek further funding for a robust demonstrator system which can be used to test the system with the inhabitants of Groningen. Holland is a café oriented society. The intention is to provide interactive systems in some of the many cafés of the city [20,21,22, 23].

To paraphrase Stafford Beer "The public is conceived as a system, a model of which is contained in the computer. The public supplies minimal information, which the computer then synthesises in the model. This amplifies variety as required to help the public and attenuates variety to help the manager - thereby meeting the requirement of the law of requisite variety for each of them".

Interaction with the Inhabitor is achieved via the Enabler which has connections to an interactive map (input desire lines etc) and an active output model.

We feel that this experiment went some way to realise, through the medium of modern digital technology, the preoccupation of Patrick Geddes that the ordinary citizen should have a vision and a comprehension of the possibilities of his own city. This experiment addresses the need for and value of "citizen participation" in town planning. It also demonstrates the need for a Civic Exhibition and a permanent centre for Civic Studies in every town - an "Outlook Tower". We are proposing that the cafes of Groningen should be the Outlook Towers of the future.

Flashback 6: Global co-operation in the Electronic Evolution of Cities: The Talking Cities Project

Towards the end of the project another possibility developed. One of the students

molti commenti positivi. L'intenzione attuale è di trovare un robusto sistema di dimostrazione, che possa essere usato per testare il metodo con gli abitanti di Groningen. L'Olanda è una società orientata verso i caffè. L'intenzione è di fornire dei sistemi interattivi in alcuni dei numerosi caffè della città. [20, 21, 22, 23]. Parafrasando Stafford Beer: "Il pubblico è concepito come un sistema, un modello del quale è contenuto nel computer. Il pubblico fornisce un minimo d'informazioni che il computer sintetizza in un modello. Questo amplifica la varietà per aiutare il pubblico, e ne attenua la varietà per aiutare il manager - dunque incontrando la richiesta della legge di varietà necessaria per ognuno di loro".

L'interazione con l'abitante virtuale è raggiunta attraverso l'Enabler, che ha delle connessioni ad una mappa interattiva (input di linee della domanda, etc) e ad un modello attivo di output. Sentiamo che questo esperimento ha avuto modo di enfatizzare, attraverso la tecnologia moderna digitale, la preoccupazione di Patrick Geddes sul fatto che il cittadino ordinario dovrebbe avere una visione ed una comprensione delle possibilità della propria città. Quest'esperimento s'indirizza sulla necessità e sul valore della "partecipazione del cittadino" nella pianificazione della città. Ciò dimostra anche il bisogno di una mostra civica e di un centro permanente per gli studi civici in ogni città - "una torre di controllo." Stiamo proponendo che i caffè di Groningen potrebbero essere le "torri di controllo" del futuro.

Flashback 6: cooperazione globale nell'evoluzione elettronica delle città: il progetto delle città parlanti.

Verso la fine del progetto si sviluppò un'altra possibilità. Uno degli studenti coinvolti nel progetto, Cristiano Ceccato, aveva suggerito che l'esperimento potesse essere esteso globalmente attraverso Internet come modelli di città. L'intenzione era che i differenti modelli avrebbero imparato l'uno dall'altro producendo una ricca esperienza nelle diverse situazioni. Quest'idea fu sviluppata come un prototipo che faceva lavorare in rete una serie di

involved in the project, Cristiano Ceccato, suggested that the experiment should be extended to networking globally such models of cities. The intention was that the different models should learn from each other producing a wealth of experience in different situations. This idea was also prototyped by networking a series of computers each representing a different cities at different latitudes and with different economies. This made it possible to demonstrate dramatic difference in the solar envelope at different latitudes and the effect of different economies on growth patterns.

We referred to this as "talking cities" in deference to the "walking cities" of Ron Herron whose recent death had deeply shocked us all.

Present

Now I have moved to Hong Kong there is added motivation to realise such a global network of cities co-operating with each other in their evolution. We aspire to create a virtual global city, a connectivity of urban models communicating and exchanging information and experience around the world [24].

Potential collaborators are most welcome.

Acknowledgements

This interest in generative design has been previously supported by three institutions namely Cambridge University, University of Ulster and the Architectural Association. The Arts Council of England supported the "Evolutionary Architecture" exhibition in London in 1995 and the publication of the book with the same title. The work has now been re-established at Hong Kong Polytechnic University and the support of the Research Committee and the HK UGC is gratefully acknowledged. The collaboration of my wife Julia is central to the work and nothing could have been achieved without the efforts of research assistants and students who are individually acknowledged in the relevant papers.

computers, ognuno dei quali rappresentava una città diversa, con latitudini ed economie diverse. Questo ha permesso di dimostrare la profonda differenza nella copertura solare alle diverse latitudini, e gli effetti delle differenti economie nei modelli di crescita.

Ci riferiamo a questa sperimentazione come "città parlanti" per differenziarle dalle "città camminanti" di Ron Herron, la cui recente scomparsa ci ha sconvolto in modo profondo.

Il presente.

Adesso mi sono trasferito a Hong-Kong, e questo aggiunge motivazioni per realizzare un network globale di città cooperanti vicendevolmente nella loro evoluzione. Aspiriamo a creare una città globale virtuale, una connessione di modelli urbani che comunichino e scambino informazione ed esperienza nel mondo intero [24].

Collaboratori potenziali sono i benvenuti.

Ringraziamenti.

Quest'interesse nella progettazione generativa è stata precedentemente sostenuta da tre istituzioni come la Cambridge University, la Ulster University e l'Architectural Association. L'Art Council d'Inghilterra ha supportato la mostra "Architettura Evolutiva" a Londra nel 1995 e la pubblicazione del libro con lo stesso titolo. Il lavoro, adesso, è stato ricollocato alla Hong-Kong Polytechnic University ed il supporto del Research Committee ed del HK UGC è riconosciuto con gratitudine. La collaborazione con mia moglie Julia è fondamentale per il lavoro, e niente sarebbe potuto essere raggiunto senza gli sforzi degli assistenti di ricerca e degli studenti che si saranno riconosciuti individualmente in ogni ricerca citata.

References

1. Frazer, J.H., *An Evolutionary Architecture*, Architectural Association Publications, London, 1995, 127 pages.
2. Frazer, J.H., 'The Paradoxical Image of the Virtual World': Towards a New Theory of Spaces and Places" (In Japanese) *Ten Plus One, 10 + 1*, No. 6, Japan, 1996, pp 100-103.
3. Frazer, J.H. and Connor, J.M., 'A Conceptual Seeding Technique for Architectural Design'. *PArC79*, proceedings of International Conference on the Application of Computers in Architectural Design, Berlin, Online Conferences with AMK, 1979, pp.425-34
4. Frazer, J.H. and Frazer, J.M., "The Evolutionary Model of Design" in *Approaches to Computer Aided Architectural Composition*, Technical University of Bialystok, 1996, pp. 105-117.
5. J.H.Frazer, *The Co-operative Evolution of Buildings and Cities*, Co-operative Buildings; Integrating Information, Organization, and Architecture. First International Workshop, CoBuild'98, Darmstadt, Germany, February 1998, Springer- Verlag, Berlin 1998, pp. 130-141.
6. Sudjic D., 'Birth of the Intelligent Building', *Design*, Januar, 19981
7. Landau, R. "New Directions" in *British Architecture*, Studio Vista, 1968
8. Frazer, J.H., *An Evolutionary Architecture*, Architectural Association, London. The generous support of the Arts Council of England is gratefully acknowledged for both the book and the exhibition.1995
9. Frazer, J.H., (1992), 'Datastructures for Rule-Based and Genetic Design' in Kunii,

- T.L.(ed.) *Visual Computing - Integrating Computer Graphics with Computer Vision* Springer-Verlag, Tokyo, pp. 731-44.
10. Graham, P.C., *Evolutionary and Rule-Based Techniques in Computer-Aided Design*, Doctorate Thesis, University of Ulster, 1995.
 11. Graham, P.C., Frazer, J.H., Hull, M.C., 'The Application of Genetic Algorithms to Design Problems with Ill-defined or Conflicting Criteria', in Glanville, R. and de Zeeuw, G.,(eds) *Proceedings of Conference on Values and (In)Variants*, Amsterdam, 1993, pp 61-75.
 12. <http://www.ellipsis/evolutionary/evolutionary.html#top>
 13. Frazer, J.H., Graham P.C., Rastogi M. ,*Biodiversity in Design via Internet*, *Proceedings of Conference Digital Creativity*, Brighton, April, 1995, pp97-106.
 14. Frazer, J.H., Rastogi, M., Graham, P., "The Interactivator", *Architectural Design, Architects in Cyberspace*, 1995, pp. 80-81.
 15. <http://www.ellipsis/evolutionary/interactivator.html#top>
 16. Kunzru, Hari and Search, Jess, 'Architects of Change', *Wired*, 1995, pp 68-71, July/Aug
 17. Frazer, J.H., 'Architectural Experiments in Cyberspace', *Architectural Design*, 1995, pp 78-79,
 18. Schmitt, M., "Exploring New Urban Strategies" workshop in the *Opening the Envelope* series, , Groningen, 1995.
 19. Frazer, J.H., "The Groningen Experiment", *Projects Review Architectural Association Publications*, London, 1996, pp. 108-111.
 20. Frazer, J.H., *Action and Observation: The Groningen Experiment*, *Abstracts of papers for Problems of Action and Observation Conference*, Amsterdam, April 1997, pp. 14-16.
 21. J.H. Frazer, "The Groningen Experiment" *Global Co-operation in the Electronic Evolution of Cities*, CAADRIA '97, *Proceedings of the Second Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia*, April 1997, pp. 345-353
 22. John Frazer, *Le Experimento Groningen (The Groningen Experiment)* (Trans. Spanish and English) *Las ciudades inasibles, Fissuras 5*, Madrid, December 1997, pp. 88-106.
 23. John and Julia Frazer, *The Groningen Experiment: Architecture as an Artificial life form - Materialisation Phase II*, *Architects in Cyberspace II*, *Architectural Design*, Vol 68, No 11/12 Nov-Dec 1998, pp8-11
 24. John Frazer and Manit Rastogi, *The New Canvas*, *Architects in Cyberspace II*, *Architectural Design*, Vol 68, No 11/12 Nov-Dec 1998, pp8-11