

## Designing the Undesigned: Emergence as a tool for design Disegnare il non-disegnato: l'emergenza come un utensile per il design

Michael Steven Pontecorvo

Emergent Design, San Francisco, USA

[www.emergent-design.com](http://www.emergent-design.com)

e-mail: [ponte@emergent-design.com](mailto:ponte@emergent-design.com)

### Abstract

La progettazione come atto e risultato, è una parte naturale del contesto biologico più ampio dove noi viviamo. Si tratta sia di un comportamento sia di una conseguenza tangibile del sistema organico dal quale si sviluppa. Un progetto può essere caratterizzato come esemplare fisico di un concetto di memes, di un insieme di idee o unità di trasmissione culturale. Grazie a questa capacità, la progettazione è servita ad allargare gli obiettivi raggiungibili dell'uomo e ad assicurare ed arricchire la sopravvivenza dell'uomo stesso a fronte di tutta la gamma e variabilità delle condizioni offerte dalla Terra. In un senso molto realistico, la progettazione ha fatto evolvere un suo proprio ecosistema, con una robusta diversificazione di elementi, di dinamicità e d'interrelazioni che competono con il sistema organico da cui deriva.

Nell'ecologia della progettazione, i progetti obbediscono a delle regole analoghe a quelle della sopravvivenza e della selezione che sono proprie della natura. Dato il recente progresso nella comprensione e modellazione di sistemi biologici e fisici, non è sorprendente che gli artisti o i progettisti si stiano adesso indirizzando verso questi modelli come una "nuova" risorsa per la concettualizzazione e progettazione di artefatti strutturati e di spazi. All'interno delle discussioni tecniche sul tema fondamentale dello sviluppo ed applicazione di modelli generativi e dei suoi processi, un tema centrale è il legame dell'artista al pro-

### Abstract

Design, as an act and a result, is a natural part of the larger biological context in which we live. It is both a behavior and a tangible side effect of the organic system from which it arises. A design can be characterized as a physical exemplar of the concept of memes, the 'genetic' building blocks of ideas or units of cultural transmission. In this capacity, design has served to extend humankind's reach and ensure and enrich humankind's survival in the full range and variability of conditions the Earth has to offer. In a very real sense, design has 'evolved' its own rich ecosystem, with a robust diversity of elements, dynamics, and interrelationships rivaling that of the organic system from which it derives.

In the ecology of design, designs obey laws analogous to the laws of survival and selection that organisms in nature obey. Given the recent advances in understanding and modeling of the biological and physical systems, it is not surprising that artists and designers are now turning to these models as a 'new' resource for the conceptualization and design of structured artifacts and spaces.

While there are many fundamental technical issues surrounding development and application of generative models and processes, the relationship of artist to the process of creation is a central issue in the scaling up and widespread accessibility/acceptance of the generative approach.

cesso della creazione attraverso la crescita e la diffusione di una accettazione/accessibilità dell'approccio generativo.

Questo saggio presenterà un insieme di osservazioni dal punto di vista di una piccola compagnia di artisti/tecnici che cercano il ponte di collegamento tra l'applicazione artistica e quella commerciale del processo generativo.

In modo più specifico, il saggio esplorerà alcuni approcci al legame progettista/sistema e alla metafora del controllo del processo, l'equilibrio di serendipity e di convergenza della progettazione, le definizioni e rappresentazioni degli spazi progettati, e finalmente, presenterà alcune idee sulle prospettive future e sulle nuove promettenti tecniche per la progettazione generativa.

### 1.0 Introduzione/premesse.

La progettazione è una naturale estensione del sistema biologico del quale la razza umana fa parte. E' una parte del comportamento umano nel suo processo evolutivo di sopravvivenza psicologica e fisica e di ricerca del benessere. In un certo senso, la razza umana è implicata nello sviluppo di uno strato complesso "eso dermale" fisico e psicologico, che aumenta e respinge la condizione umana. L'atto progettuale è un comportamento emergente che cresce in risposta allo stimolo della sopravvivenza umana.

Quando si esamina la gamma e la diversità delle forme e delle strutture fatte dall'uomo, uno non può fare a meno di sentire un legame fluido fra queste forme progettate e la loro collocazione nell'ambiente. L'interrelazione tra gli oggetti e gli spazi progettati con il loro ambiente è composta di attivazioni costruttive della funzione e dell'estetica. Guardate qualsiasi sistema all'interno della gamma di creazioni dell'uomo e potrete trovare più di una tenue analogia con quello che avevamo studiato tradizionalmente come sistema biologico.

Il nostro primo esempio di quest'orientamento biologico verso la progettazione è descritto nello sviluppo urbano. In modo specifico, l'osservazione è sulla formazione di meta-strutture persistenti e spesso non progettate all'in-

This paper will present a set of observations from the perspective of a small company of artist/technologists trying to bridge the commercial and artistic application of generative processes. Specifically, the paper will explore some approaches to the designer/system relationship and process control metaphor, the balancing of serendipity and design convergence, the definitions and representations of design spaces, and, finally, present some ideas about the future prospects for generative design.

### 1.0 Introduction/Background

Design is a natural extension of the biological system of which humankind is a part. It is a part of the behavior of humans in their evolving processes of physical and psychological survival and well being. In a sense, humankind is involved in development of a complex physical and psychological 'exodermal' layer, augmenting and buffering the human condition. The act of designing is an emergent behavior arising in response to the human survival drive.

As one examines the range and diversity of manmade forms and structures, one cannot help but sense the fluid relationship between these designed forms and their larger environmental setting. The inter-relationship between designed objects and spaces and their surroundings is composed of the fitness pressures of function and aesthetics. Look at any system within the range of human creation and you can find more than a tenuous analogy with what have been traditionally studied as biological systems.

One prime example of this biological

202

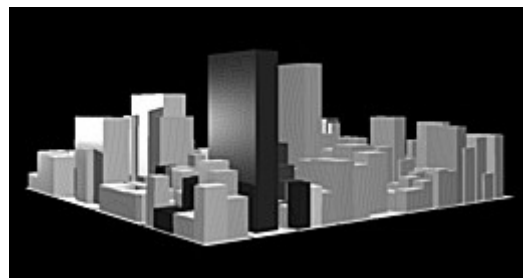


Figure 1-1 Generative Cityscape from cellular model (Emergent Design 1997).

terno della città. La vita e il carattere di unicità degli edifici, degli isolati e degli agglomerati, formano nel tempo, contraendosi e/o estendendosi, il flusso, l'attività, e la personalità della popolazione umana che occupa questi spazi. Gli edifici ed isolati formano delle colonie di "cellule" che cooperano e competono per i loro bisogni. Queste strutture fatte dall'uomo in modo collettivo sviluppano una propria vita come flusso costante, e sono impregnate dall'energia e dai propositi, oltre al fatto che siano state formate dalle strutture organiche che fluiscono attraverso ed attorno a loro.

Alcuni edifici ed isolati sono specializzati, ad esempio: in "distretti di banche", in "strade piene di auto". Altri isolati trovano successo attraverso una collaborazione di cellule cooperative: una singola cellula (un edificio) moltiplica le risposte in modo simbiotico. Da una Chiesa si sviluppa una scuola, si aggiunge a questo un parco, un centro ricreativo e poi un centro di abitanti della terza età. Da un teatro nasce un distretto di teatri, un distretto di ristoranti ed ancora... I consumatori cambiano e la particolare micro-struttura degli isolati cambia a sua volta nel tempo, ma nell'insieme, gli adattamenti degli isolati servono a sostenere la loro energia in un paesaggio dove il consumatore si evolve.

Alcune volte delicatamente, altre in modo drammatico, tutte queste entità si adattano in modo tale da poter assicurare una loro propria sopravvivenza. Gli stili delle strutture e delle funzioni sono riciclati, ricombinati in modo tale da formare nuove variazioni e possibilità, aprendo delle aree non ancora scoperte all'interno del progetto.

Così come la loro controparte organica, queste cellule emergono in nuove e sempre diverse forme, nascendo da un insieme semplice sotto l'influenza di un piccolo insieme di pressioni esterne per formare dei sistemi organici complessi.

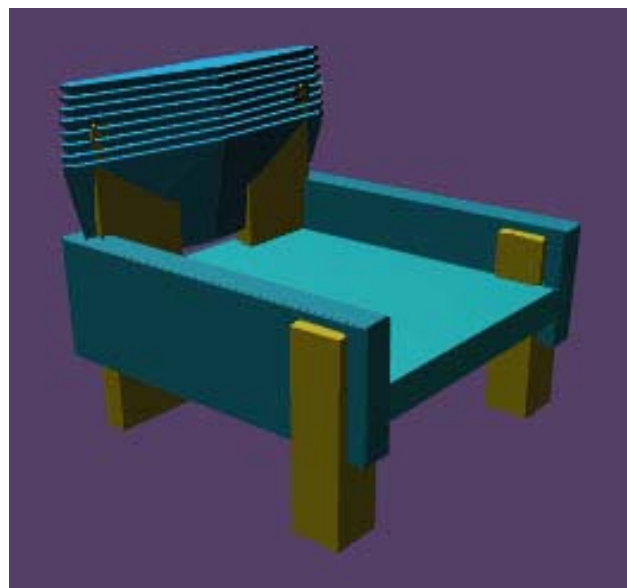
Trattando un progetto come una specie di meta-organismo [1] si fornisce un utile congegno concettuale di comprensione delle analogie fra sistemi della progettazione generativa ed altri processi biologici e creativi.

orientation toward design is drawn from observations of urban development. Specifically, the observation that persistent and often undesigned meta-level structures emerge within a city. The life and unique character of individual buildings, blocks, and neighborhoods forms over time, encompassing, but extending beyond, the flow, activity, and personality of human population which occupies them.

The buildings and blocks form colonies of 'cells' cooperating, competing for their needs. These manmade structures collectively take on a life of their own in constant flux, and imbued with energy and purpose beyond that of the matter which forms them and the organic structures which flow through and around them.

Some city blocks specialize: 'Automobile Row', a 'Banking District'. Other blocks seek their success through a broader collaboration of complimentary cooperating cells: a single cell (a building) multiplies in symbiotic response. From a Church grows a school, add to that a park, a recreation center, and then a senior citizens' center. From a theatre grows a theatre district grows a restaurant district, and so on. The consumers change and the particular micro-structure of blocks change over time, but over all, the blocks' adaptations serve to sustain their vitality/energy in an evolving consumer landscape.

Sometimes subtly, sometimes dramatically,



203

Figure 1-2 Emergent Design: image 1998



Figure 1-3 Emergent Design: image 1998

### 1.1 Il fenomeno di emergenza.

Un fattore centrale della vitalità di tali sistemi è quello dell'emergenza. L'emergenza è una tendenza che il sistema deve avere per formare delle strutture nuove e persistenti con una complessità incrementata. Un fenomeno di emergenza è un aspetto onnipresente nella nostra realtà.

Da componenti semplici, regole o relazioni, si formano delle strutture sempre più complesse e robuste, e fanno nascere fenomeni nuovi e non anticipati. Alcuni di questi fenomeni sono di notevole interesse, ma vivono poco tempo e sono destinati a trovarsi davanti ad un vicolo cieco dell'evoluzione. Persistono però altri fenomeni che prosperano col fatto che i suoi elementi sono in continuo cambiamento. Un semplice esempio di questa qualità che persiste è la formazione di una onda stabile che nasce dal rinforzamento dell'onda sonora di una colonna d'aria dovuta all'operazione di reintegrare di continuo la sua frequenza. L'onda fissa persiste, anche se le molecole dell'aria che la definiscono sono sempre diverse ed in movimento.

204

these entities all adapt to better ensure their survival. Styles of structure and function are recycled, recombined to form new variations and possibilities, opening up untraveled areas within the space of design.

Just like their organic counterparts, these cells emerge in new and ever diverse forms arising from a simple set of elements under the influence of a small set of external pressures to form richly organic complex systems.

Treating a design as a kind of meta-organism or expression of memes [1] provides a useful conceptual device for comprehending the analogies between generative design systems and other biological and creative processes.

### 1.1 Emergent Phenomena

A central factor in the vitality of such systems is that of emergence. Emergence is the tendency a system has to form new and persistent structures of increased complexity. Emergent phenomena are a ubiquitous feature of our reality.

From simple components, rules, and relationships form ever more complex and robust structures and new and unanticipated phenomena arising from these simpler elements. Some of these new phenomena are of novel interest, but are short lived and destined to meet an evolutionary dead end.

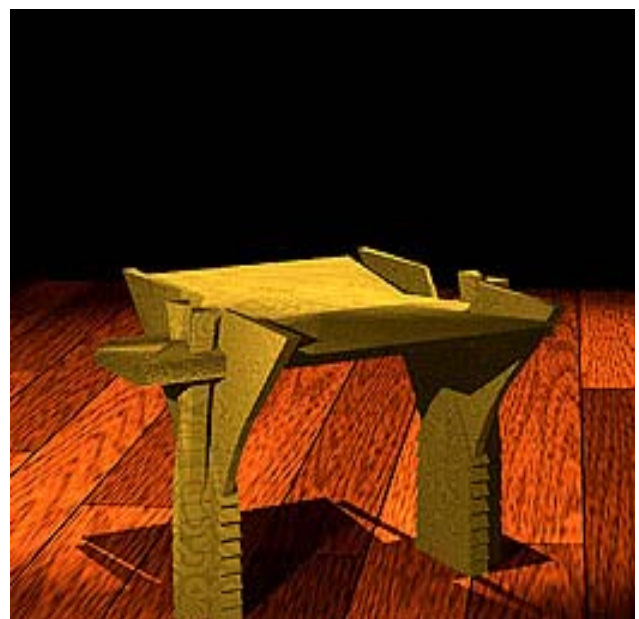


Figure 1-4 Emergent Design: image 1998



L'ubiquità del fenomeno emergente rende difficile la sua caratterizzazione. La nostra conoscenza attuale dei sistemi complessi dinamici è per il momento troppo limitata per poter definire delle generalizzazioni utili e significative sul fenomeno emergente. Quello che possiamo dire è che il fenomeno emergente non è percepibile direttamente esaminando solo le parti che costituiscono il fenomeno - l'insieme è molto più di una somma delle sue parti. Il fenomeno emergente appare anche come un modello-tipo persistente con componenti sempre in cambiamento. Il contesto attorno a questi modelli- tipi persistenti determina le sue funzioni.

### 1.2 Il ruolo di modelli-tipo emergenti in un sistema complesso.

Nel regno della progettazione, l'emergenza della forma è un concetto d'interesse crescente. Ciò diventa la sorgente di nuove possibilità progettuali. L'emergenza della forma può essere pensata come un caso speciale di un concetto più generale del fenomeno dell'emergenza nei sistemi dinamici complessi. Nel caso della progettazione, i componenti di un sistema complesso sono definiti da un insieme di forme primitive, da regole di costruzione e da meccanismi che sono disponibili all'interno

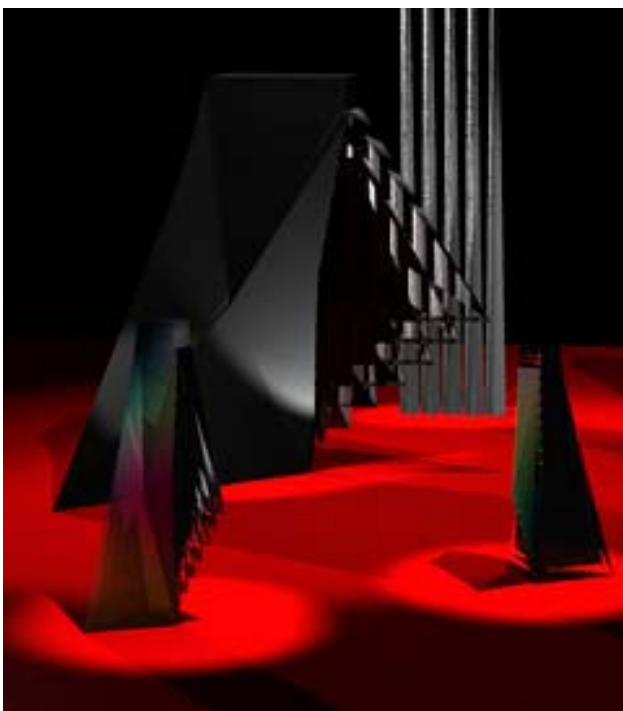


Figure 1-6 Emergent Design: image 1998



Figure 1-5 Emergent Design: image 1998

Still other phenomena persist and thrive even as their constituent elements are constantly in a state of change. A simple example of this persistent quality is the formation of a standing wave from the re-enforcement of integral frequency sound waves in a column of air. The standing wave persists, though the air molecules which define it are constantly different and in motion.

The ubiquity of emergent phenomena often makes them difficult to characterize. Our current understanding of complex dynamic systems is, as yet, too limited to be able to form significantly useful generalizations about emergent phenomena. What we can say is that emergent phenomena is often not directly perceivable by examining the constituent parts which contribute to the phenomena - the whole is truly more than the sum of its parts. Also, emergent phenomena often appear as persistent patterns whose components are constantly changing. The context surrounding these persistent patterns determines its function. [2]

### 1.2 Role of Emergent Patterns in complex systems

In the realm of design, shape emergence is a concept of growing interest. It is the source of new design possibilities. Shape emergence can be thought of as a special case of the more general concept of emergent phenomena in complex dynamic systems. In the case of design, the complex system's components are defined by the set of shape primitives,

della rappresentazione del progetto, e la misura definitiva obiettiva dell'adeguatezza diventa l'accettazione del progetto in termini estetici e funzionali, che sarà prima accettata dal progettista e poi dal consumatore dell'artefatto progettato. L'emergenza è un'altro aspetto dell'appropriatezza della rappresentazione progettuale e per estensione del sistema di progettazione. La presenza o l'assenza del fenomeno emergente nel tempo in un sistema di progettazione generativa è indicativa della "salute" generale di questo sistema di progettazione.

Così come appare dalla struttura di un sistema, i fenomeni emergenti agiscono come agiscono le macro o i sottosistemi in un programma di computer. Queste strutture sono dei componenti specializzati che possono essere ricomposti per costruire strutture più complesse o blocchi. Questi rappresentano un modo per risolvere i problemi imposti dall'ambiente e per poter riutilizzare soluzioni già sperimentate. In questo modo, il fenomeno emergente contribuisce alla vitalità di un sistema.

Il fenomeno emergente è spesso sottile e caratterizzare la tendenza di un sistema ad un'emergenza può risultare difficile e magari diventa un problema intrattabile. Andando verso la connotazione di pensieri comuni attorno al concetto di emergenza, John Holland, padre della ricerca degli Algoritmi Genetici, ha fatto un appello per uno studio sistematico più circoscritto dell'emergenza nei sistemi complessi (2).

Fino a quando lo studio dell'emergenza non sarà avanzato al punto da poter ottenere dei significativi riconoscimenti sul suo potenziale in un sistema, persisterà un approccio sperimentale operativo per creare strumenti per la progettazione che possano supportare l'utilizzazione del fenomeno dell'emergenza da parte dal progettista.

## 2.0 Un quadro complessivo di uno strumento per un Sistema di Design Generativo (GDS).

Il resto di questo saggio esplorerà alcuni aspetti di uno strumento per un sistema di progetta-

construction rules, and mechanisms available within the design's representation, and the ultimate objective measure of fitness is the acceptance of the design in terms of aesthetics and functional performance, first by the designer and then by the end consumer of the designed artifact. Emergence is another measure of fitness of the design representation and, by extension, the design system. The presence or absence of the occurrence of emergent phenomena over time in a system of design generation is indicative of the overall 'health' of that design system.

As a system's structure unfolds, emergent features act in a similar fashion to macros or subroutines in a computer program. These structures are specializations which can be re-composed to build more complex structures or building blocks. These building blocks are a system's means of solving problems imposed by the environment and reusing those solutions. In this way, emergent phenomena contribute to the viability of a system.

Emergent Phenomena is often subtle, and characterizing a system's propensity for emergence is a difficult and perhaps intractable problem. Toward growing mindshare around the concept of emergence, John Holland, pioneer of Genetic Algorithm research, has called for a more focused systematic study of emergence in complex systems [2].

Until the study of emergence advances to the point of having better means of recognizing the relative potential for emergence in a system, there are still some basic practical ways of creating design tools which support the designer's use of emergent phenomena.

## 2.0 Generative Design System Tool (GDS) Overview

The remainder of this paper will explore some features of a generative design system tool (GDS) which assists the designer in creating generative systems with the potential to exhibit emergence and which has facilities to exploit emergence once it is encountered. These features include support for grammar/

zione (design) generativa (GDS) che potrebbe assistere il progettista nella creazione di sistemi generativi con la potenzialità di mostrare l'emergenza e che potrebbero permettere alcune facilitazioni per sfruttare l'emergenza una volta trovata. Questi aspetti includono un supporto allo sviluppo della grammatica/rap-presentazione, un sistema di progettazione limitata alla ricognizione/analisi dei patterns ed un'estensione interattiva della rappresentazione.

## 2.1 L'approccio dello sviluppo.

Per poter arrivare ad una comprensione complessiva del GDS e delle sue origini, è importante aver presente che il nocciolo del nostro approccio è altamente pragmatico rispetto al paradigma generativo, alle definizioni teoriche ed allo stile di progettazione. Lo scopo pratico di questo sforzo è la creazione di sistemi altamente produttivi per assistere ed aumentare la pratica del progettista.

Il GDS risultante dovrebbe permettere al progettista professionale di lavorare ad un livello di astrazione riguardo alle necessità dei compiti richiesti e alla comprensione dei meccanismi generativi dalla parte del progettista. Facendo ciò, il GDS deve sostenere sia un'alta produttività sia un accesso alla esplorazione ed estensione del lavoro in progress, in modo dettagliato e profondo.

Questo approccio costruttivo di sistemi generativi fa largamente riferimento ad una combinazione del concetto progetto-come-organismo, come era stato menzionato prima con i parallelismi fra meccanismi della genetica e i processi creativi in evoluzione che operano attraverso la sintetizzazione delle ricombinazioni in nuove idee di elementi che fanno parte delle idee esistenti.

## 2.2 La struttura del sistema.

A livello più elementare, un GDS (1) di una rappresentazione di progetto consiste in: (1) una grammatica di progetto od un insieme di parametri (definendo uno spazio-stato) ed un in-

representation development, limited design pattern recognition/analysis, and iterative extension of representation.

## 2.1 Development Approach

In order to gain a general understanding of the GDS and its background, it is important to keep in mind that the core of our approach is highly pragmatic with respect to generative paradigm, theoretical underpinnings, and design style. The practical goal of this effort is the creation of high-performance systems to assist and augment the designer's practice.



Figure 1-7 Emergent Design: image 1998

The resulting GDS should allow the design professional to work at a level of abstraction consistent with the task needs and the designer's understanding of the generative mechanisms. In doing so, the GDS must support both high productivity and provide access to explore and extend its detailed inner workings.

This approach to building generative systems is informed largely by a combination of the design-as-organism concept mentioned above and the parallels between the mechanisms of genetics and the creative brainstorming process of synthesizing new ideas by

sieme di vincoli (definendo le regioni d'interesse di questo spazio-stato), (2) un motore generativo: un mezzo per generare nuove istanze progettuali descritte nel progetto generato, (3) un motore comunicativo: il mezzo per visualizzare le istanze prima generate, (4) un mezzo per realizzare la congruenza tra i risultati di progetto.

### 2.2.1. Rappresentazioni.

Una rappresentazione di un progetto può variare da un insieme di grammatiche semplici composte da vettori o da una grammatica di forme sofisticate che definiscono un insieme altamente flessibile con operatori di composizione e di primitive.

Esempi di queste componenti primitive sono realizzate sotto forma di descrizioni del progetto. Ogni descrizione del progetto corrisponde ad un singolo punto all'interno di uno spazio multi-dimensionale con possibili stati di evoluzione progettuale. Uno spazio di progettazione contiene tutte le possibili configurazioni di parametri e strutture permesse dalle regole di costruzione e dai vincoli che definiscono quello spazio progettuale. Tutte le configurazioni plausibili o non plausibili del progetto sono presenti in questo spazio.

Un'altra componente della rappresentazione è l'insieme di vincoli o di pre- e post-condizioni. Questi vincoli servono a delineare la forma (i bordi) dello spazio dei possibili progetti. Queste filtrano l'insieme di descrizioni del progetto sul quale il progettista o la funzione obiettivo dovrà effettuare un processo finale di selezione.

La rappresentazione deve anche dare dei risultati per una funzione oggettiva, la misurazione dell'adeguatezza alla descrizione di un progetto. Questo può essere incrementato come una funzione distinta calcolabile, un insieme di costrizioni/filtri post-generativo, o di essere incorporato al controllo del progettista.

recombining fragments of existing ideas.

## 2.2 System Structure

At its most basic, a GDS consists of a (1) design representation: a design grammar or parameter set (defining a state-space) and a set of constraints (defining regions of interest in that state-space), (2) a generation engine: a means of generating new design description instances, (3) an expression

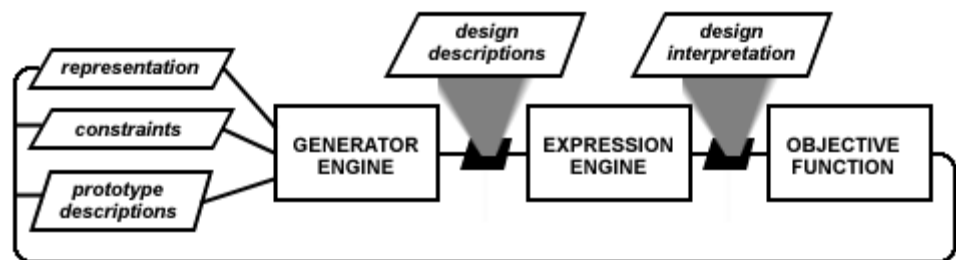


Figure 2-1 Generative Design System Tool (GDS) Flow Diagram.

engine: the means of realizing/visualizing the generated design description instances, and (4) a means of measuring the fitness of the resulting designs.

### 2.2.1 Representations

A design representation can range from a simple vector grammar of parameter sets to a sophisticated shape grammar defining a highly flexible set of composition operators and primitives.

Instances of these primitive components are composed into design descriptions. Each design description corresponds to a single point within a multi-dimensional space of possible design states. A design space contains all possible configurations of parameters and structures allowed by the design construction rules and constraints which define that space. All plausible and implausible design configurations are present in this space.

Another component of the representation is the set of pre- and post- conditions or constraints. These constraints serve to delineate the shape (boundaries) of the space of possible designs. They filter the set of design descriptions upon which the designer or



Quest'ultimo approccio da parte del progettista è preferibile perché offre una capacità consistente, analitica ed intelligente, più che di calcolo, ed è spesso più adeguato per la gamma di possibilità nell'approccio generativo.

### 2.2.2. Il motore generativo.

L'esatta natura degli algoritmi generativi utilizzati all'interno del motore generativo è legata strettamente alla struttura della rappresentazione del progetto. Per i semplici parametri dei vettori si utilizzano spesso gli algoritmi genetici. Le rappresentazioni basate su grammatiche più sofisticate e dinamiche possono essere impiegate tutta una serie di variazioni delle tecniche di programmazione genetica (3).

Il motore utilizza la rappresentazione ed un piccolo insieme descrittivo di progetti prototipi affini come input al processo della generazione.

Questo motore può potenzialmente sostenere un numero interessante di alternative ai modelli strettamente genetici per una generazione creativa, come l'analogia dello sviluppo biologico proposto da Gero (4) o come le variazioni operative della ricombinazione genetica menzionata da Sims(5). Altri modelli generativi alternativi potrebbero includere dei modelli non biologicamente probabili, come i modelli fisici derivati dalle dinamiche dei campi di attrazione etc.

### 2.2.3. Il motore dell'espressività.

Il motore dell'espressività è un interprete che traduce una descrizione del progetto in una forma percettibile (visiva, uditiva, tattile etc...). Questo processo di espressività può essere modulare e quindi può essere capace di sostenere delle interpretazioni visive multiple della risultante descrizione del progetto. Un approccio per un suo completamento potrebbe essere una rete di agenti cooperanti, ognuno contribuendo ad un'interpretazione dell'insieme.

the objective function must perform the final selection process.

The representation must also have provision for an objective function, the measurement of a design description's fitness. This can be implemented as a distinct computable function, a set of post-generation constraints/filters, or be embodied in the designer's eye. This last designer-in-the-loop approach is preferred, as it offers a more robust and intelligent analytic capability than computed functions and is often a better match for the range of possibilities of the generative approach.

### 2.2.2 Generation Engine

The exact nature of generative algorithms employed within the generation engine are tied closely to the structure of the design representation. For simple parameter vectors, genetic algorithms are often used. More sophisticated and dynamic structural grammar-based representations will employ variations on genetic programming techniques [3].

The engine uses the representation and a small set of prototypical 'parent' design descriptions as input to the generation process.

This engine can support a number of interesting alternatives to strictly genetic models for generation, such as the developmental biological analogy proposed by Gero[4] or the genetic recombination operator variations mentioned in Sims[5]. Other alternative generation models could include non-biological probabilistic models, such as physical models derived from quantum and classical mechanical dynamics, fields of attraction, etc.

### 2.2.3 Expression Engine

The expression engine is an interpreter which translates a design description into a perceivable form (visual, aural, tactile, etc.). This expression process can be modular, and, hence, able to support multiple alternative visual interpretations of the resulting design description. One approach to its

### 2.3. Considerazioni sull'interfaccia progettista/strumento di progettazione.

Anche se esistono molti approcci per presentare le tecnologie della progettazione generativa al progettista/utente come strumento, ci sono delle conseguenze fondamentali nell'espansione effettiva dell'adozione di una tale tecnologia. Una conseguenza implica il cambiamento del rapporto fra lo strumento ed il progettista, visto lo sviluppo sofisticato ed intelligente degli strumenti. Un'altra conseguenza è come lo strumento si presenterà al progettista con le sue tecnologie così profonde e potenti.

#### 2.3.1. Legame progettista/strumento.

La natura di un elevato livello del GDS necessita un nuovo legame fra il progettista umano e il GDS. La profonda essenza del potere in un sistema generativo deriva da un nuovo contatto tra l'input dell'utente e l'output del sistema. In questo modo un sistema generativo funziona come un moltiplicatore delle azioni dell'utente, migliorando potenzialmente le inadeguatezze inerenti che potrebbero creare degli impedimenti fra le facoltà cognitive/percettive del progettista e le capacità di input abbastanza sorprendenti dell'attuale generazione delle tecnologie di calcolo.

Questo cambiamento nella strategia di controllo puntualizza il fatto della necessità di esplorare nuove metafore nel processo di controllo e nell'interazione. Questo cambiamento di ruolo implica un cambio della forma del paradigma per l'interfaccia con l'utente, da una diretta manipolazione (vicino ad una rappresentazione uno a uno tra l'azione dell'utente e il cambiamento del sistema primitivo) ad una guida di alto livello nei processi accoppiati. Un'area dove un nuovo insieme di metafore potrebbero essere disegnate è l'area della performance e della composizione musicale. Nei sistemi tradizionali di CAD (computer aided design) il progettista agisce in un certo senso come un attore solitario, responsabile di ogni singola azione che lui guida, dalla concezione alla realizzazione. Il tipo di guida dell'interfaccia del GDS incoraggia un progettista a prendere più di un ruolo come direttore d'orchestra o

implementation is as a network of cooperative agents, each contributing to the overall interpretation.

### 2.3 Designer/Design Tool Interface Considerations

Though there are many approaches to presenting generative design technologies to the designer/user of such tools, there are some fundamental issues in the effective widespread adoption of such technologies. One issue involves the change in relationship between the tool and the designer as tools continue to grow in sophistication and intelligence. The other issue is the means by which the tool exposes the designer to the depth and power of the underlying technologies.

#### 2.3.1- Designer/Tool Relationship

The nature of a high-level GDS necessitates a new relationship between the human designer and the GDS. The very essence of a generative system's power derives from the rebinding of the relationships between user input and system output. In this way, a generative system acts as a multiplier of user actions, potentially improving upon the inherent impedance mismatch between the designer's cognitive/perceptual faculties and the somewhat stunted input capabilities of current generation computing systems.

This change in control strategy points toward the need to explore new metaphors of control, process, and interaction. This role shift involves a change in user interface paradigm from a direct manipulation (near one-to-one mapping between user action and primitive system change) to one of high-level guidance of loosely coupled processes. One area where a new set of metaphors could be drawn is in the area of musical performance and composition. In traditional Computer Aided Design systems, the designer acts in some sense as a solo performer, responsible for every action leading from conception to realization. The guiding style of the GDS interface encourages a designer to take on more of a role of conductor or lead player in

come suonatore in un gruppo Jazz. Il processo di concettualizzazione del progetto diventa una delle combinazioni di una Jam session e prove di varie componenti del GDS.

Questo potrebbe essere un potenziale esito per il progettista. Dipendendo dallo stile personale del progettista e dalla sua pratica, ci potrebbe essere un aspetto dinamico della progettazione che va verso un approccio guida-come-controllo del GDS.

In un complesso di Jazz, un suonatore (anche il leader) rallenta volontariamente il controllo definitivo dell'esecuzione per una potenziale inventiva di nuovi ritmi, melodie, armonie e timbri, che nascono dagli sforzi collettivi da parte dagli altri membri del complesso. I risultati di questo processo effettuato dal complesso potrebbero essere impossibili da realizzare nel caso l'esecuzione aderisca ad una stretta interpretazione di una partitura musicale predefinita. ( *En passant*, questo è un primo esempio di un fenomeno emergente vitale che nasce da una condizione biologica.)

Questo approccio alle interfacce è però solo uno degli elementi di approccio verso un sostegno di strumenti più espressivi e di esecuzione della progettazione. Altri aspetti di questo approccio possono essere trovati nel lavoro e nei concetti elaborati da Lakin (6).

Liberato dai dettagli specifici del progetto, il progettista può scegliere di focalizzare la gestione della progettazione ad un livello concettualmente più astratto. Il progettista può concentrarsi su di uno dei meta-livelli della progettazione come la rappresentazione dei dettagli, la formazione del campo di progettazione (definizione dei vincoli) e contesto del progetto. Nello stesso modo in cui il progettista esplora lo spazio del progetto, esiste l'opportunità di osservare e di riconoscere il fenomeno emergente ed altri elementi nuovi della progettazione. A questo livello d'esecuzione, il progettista può iniziare a raggiungere un discernimento intuitivo di questi fenomeni e di altri aspetti non-lineari nel processo generativo.

a jazz ensemble. The design conceptualization process becomes one of a combination jam session and rehearsal of the various components of the GDS.

This can be a potential issue for the designer. Dependent upon the designer's personal style and practice, there can be a kinesthetic aspect to design which runs counter to the guidance-as-control approach of the GDS.

In the jazz ensemble, a player (even the leader) willingly gives up ultimate control of a performance for the potential of new creative possibilities arising from the collective efforts of the other members of the ensemble. The results of this ensemble process would be virtually impossible to realize from a performance which adhered to a strict interpretation of a pre-composed musical score.

This approach to interfaces is but one element in moving toward support for more expressive design performance tools. Other aspects of this approach can be found in the work of and concepts espoused by Lakin [6].

By freeing the designer from the detailed actions of design interpretation, the designer can shift focus to managing design from a more abstract conceptual level. The designer can concentrate on meta-level aspects of the design such as representation design/refinement, design space formation (constraint definitions), and design context. As the designer explores the design space, there is the opportunity to observe and recognize emergent phenomena and other novel design elements. At this level of performance, the designer can begin to gain an intuitive insight into these phenomena and other non-linear aspects of the design process.

### 2.3.2 Mediating the unfolding of interaction between Designer and Tool

An important consideration in building general environments for development of generative systems is the effective mediation of user/system interactions. Early examples of generative tool products [MetaCreations][Animatek] attempt to shield the designer from the rough edges and

**2.3.2. Mediando l'esplicitazione dell'interazione tra il Progettista e lo Strumento.**

Una considerazione importante nel costruire le condizioni generali per lo sviluppo di sistemi generativi è la mediazione effettiva delle interazioni utente/sistema. I primi esempi di prodotti di strumenti generativi (MetaCreations) (Animatek) tende a difendere il progettista da procedure indefinite e complesse proprie del meccanismo generativo. Vincolando i limiti e il campo della tecnologia, questi prodotti mantengono un'alta qualità nei risultati "prevedibili", nella novità ed espressività dell'innovazione. Questo ha come effetto di tagliare fuori l'utilizzatore dalle potenzialità d'uso del paradigma generativo. Questo potrebbe ulteriormente limitare o ridurre la possibilità per gli aspetti emergenti di raggiungere imprevedibili e desiderabili risultati progettuali.

Una alternativa a questo approccio "di sicurezza" è un sistema che applichi la filosofia di "nessuna soglia, nessun limite"[7] attraverso un'interfaccia multilaterale che utilizza il concetto di scoperta progressiva per riportare l'utilizzatore alle potenzialità espressive del sistema, un insieme di mappe stratificate definiscono su livelli successivi di astrazione e complessità i concetti del sistema generativo. Quando l'utente dimostra una certa padronanza dei concetti e dei controlli, e quando un campo specifico e la necessità di dettagli funzionali identificati non sono più disponibili su quel livello, il sistema sblocca il suo livello successivo.

212

Il livello successivo consente l'accesso ai metodi di lavoro più specifici di quelli utilizzati

complexities of the generation mechanism. By severely constraining the range and depth of the technology, these products maintain 'predictable' high-quality results at the expense of novelty and expressive innovation. This has the effect of cutting the user off from the full power of the generative paradigm. This can further limit or cut-off the possibility for emergent features or other unanticipated and potentially desirable design novelty to occur.

An alternative to this 'fail-safe' approach is a system which applies the philosophy of 'No Thresholds, No Limits' [7] through a multi-layered interface utilizing the concept of progressive disclosure to mediate the user's access to the full expressive power of the system. In this type of system, a set of layers map to successive levels of abstraction and complexity of the generative system's concepts.

As the user demonstrates mastery of concepts and control constructs of a specific layer and the need for functional details unavailable at that layer are identified, the system unlocks the next layer of the system to the user. This next layer provides access to the inner-workings of the constructs and processes utilized in the previous layer. This abstraction hierarchy approach to the

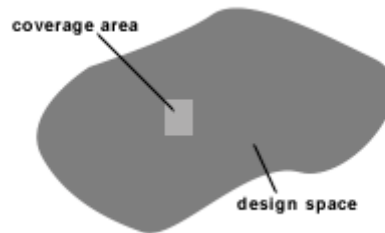


Figure 3 - Coverage of commercial tools vs. Overall Design Space

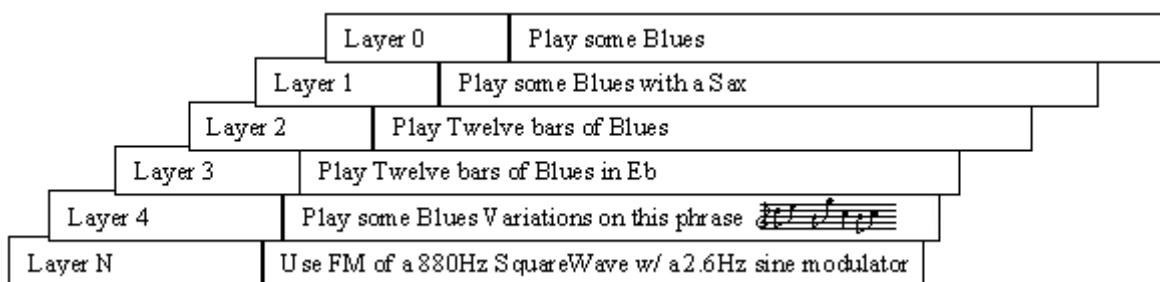


Figure 4 Multi-Layered Interface Example.



nel livello precedente. Questo approccio strutturato con un'interfaccia organizzato su livelli di astrazione successivi fornisce all'utente la possibilità di comprendere effettivamente e di padroneggiare le possibilità espressive della tecnologia, e permette anche un grado di personalizzazione del sistema. Così, come quando si tolgono gli strati di una cipolla, il progettista può fare tutte le ricerche che vuole nel lavoro più interno del GDS. Non esiste una soglia richiesta per poter utilizzare un tale sistema: l'utente è introdotto subito ad un livello alto di astrazione, e quindi può diventare immediatamente produttivo.

### 3.0 La serendipity generativa e la convergenza nella progettazione.

I sistemi generativi devono offrire al progettista il controllo dell'indice della convergenza verso un progetto finale o un insieme di possibilità del progetto. L'arco di possibili concettualizzazioni del progetto è spesso diviso in una fase iniziale di brainstorming: le idee che aprono possibilità ("crescenti") e la loro ricombinazione; e in una seconda fase di raccolta di idee: filtrando e affinando iterativamente delle idee che convergono in un insieme di progetti possibili.

Questa prima fase di concettualizzazione corrisponde al raggiungimento e all'espansione dei campi di esplorazione progettuale. Un sistema generativo basato su algoritmi generativi può agevolare la crescita di un'idea: (1) incrementando il ritmo e la profondità della mutazione e (2) utilizzando la ricombinazione degli algoritmi e la casualità del processo di ricombinazione.

Questo ha avuto l'effetto di operare salti trasversali nel campo di progettazione incrementando o riducendo la casualità. Concretamente questo approccio promuove la "serendipity". Da questi percorsi altamente volatili possono nascere progetti nuovi ed innovativi. Questo è un modo per uscire dai limiti di un campo progettuale così come avviene quando in una rete neurale artificiale si utilizza un rinforzo stimolato per incrementarne la forza cinetica.

La fase di messa a punto delle soluzioni progettuali viene attuata, nei sistemi generativi da

interface layers provides the user with an effective and comprehensible means of mastering the range and depth of the technology's expressive possibilities, and allows also for a high-degree of system personalization. Much like peeling back the layers of an onion, the designer can delve as deeply as she desires into the internal workings of the GDS. There is 'no threshold' requirement for using such a system, in that the user is introduced to the highest (safest) level of abstraction first, hence, the user can be immediately productive.

### 3.0 Generative Serendipity and Design Convergence

Generative systems must offer the designer control over the rate of convergence toward a final design or set of design candidates. The arc of design conceptualization is often divided into an initial phase of brainstorming: opening up ('growing') ideas and their recombination; and a second phase of idea culling: filtering and iterative refinement of ideas converging on a candidate design set.

This first phase of conceptualization corresponds to expanding the reach or range of exploration over the design space. A generative system based on genetic algorithms can promote the activity of idea expansion by (1) increasing the rate and depth of mutation, and (2) using a recombination algorithm which increases the randomness of the recombination process. This has the effect of making larger jumps on a more or less random traversal of the design state space. In a very real sense, this style of activity promotes serendipity. New and novel designs may arise from these highly volatile excursions. This is a means of escaping local minima encountered within a design space, in a similar fashion to the use of simulated-annealing in artificial neural networks to raise the kinetic 'heat' of the network.

The phase of refinement and honing-in on design solutions is supported in generative systems by (1) limiting of the rate and depth of mutation, (2) deploying of more coherent

(1) la limitazione del ritmo e della profondità della mutazione, (2) sviluppando algoritmi più coerenti e capaci di ricombinazioni di tipo conservativo e (3) applicando un filtro assoluto o parziale su mutazioni e ricombinazioni in base a parametri specifici. L'effetto complessivo di questa attività è il convergere all'interno di uno specifico campo progettuale ed eventualmente verso un singolo progetto o una serie di progetti.

#### 4.0. I tipi di processi generativi

Il GDS ha la possibilità di misurare e ricercare i tipi di cambiamento e di stabilità possibili nel processo generativo. Questi aspetti di GDS favoriscono l'identificazione e il controllo di tipi strutturali all'interno delle descrizioni particolari e procedure evolutive del progetto.

I parametri dimensionali, come la distanza euclidea e i parametri totali vengono riscritti come gerarchici, ed aiutano a riconoscere le tendenze della convergenza e della divergenza dei risultati del progetto nel percorso del processo progettuale. Queste tendenze aiutano ad identificare la fase della progettazione ed il carattere dell'attività del processo stesso, permettendo al progettista di comprendere meglio e di guidare il percorso della generazione basandosi su questa informazione.

Il GDS scandaglia ed analizza anche i tipi di parametri che sono stati o meno cambiati dalle indicazioni selezionate dal progettista. Quest'analisi può identificare i patterns stabili nel tempo che potrebbero indicare la presenza di alcuni aspetti che il progettista ritiene desiderabili.

214 Al contrario, questa analisi può determinare cambiamenti di parametri persistenti che potrebbero portare ad una identificazione di gruppi di parametri che formano delle aree di innovazione che il progettista tenta di sfruttare. Nell'applicare questa stessa tecnica di analisi ad un grande numero di scenari di progetto che possiedono aspetti desiderabili (emergenti e non), il progettista può eliminare i parametri che non contribuiscono all'aspetto osservato, riducendo il sottoinsieme di parametri considerati come portanti di specifici aspetti formali. Questi meccanismi semplici sono arricchiti da

and conservative recombination algorithms, and (3) applying absolute or partial resistance to mutation of recombination to specific parameters or sets of parameters. The overall effect of this activity is one of convergence on a region within design space and eventually a single design or design set.

#### 4.0 Generation Process Patterns

GDS has provision for measuring and tracking patterns of change and stability in the generation process. These GDS features assist in the capture and recognition of structural patterns within particular design descriptions and behavioral and protocol patterns over the design cycle.

Scalar metrics such as euclidean distance and total-parameters-changed from parent description to offspring description, aid in recognizing trends of convergence and divergence of design results over the course of the design process. These trends help identify the design phase and character of process activity allowing the designer to better understand and guide the course of generation based on this information.

The GDS also tracks and analyzes the patterns of changed and unchanged parameters of designer selected descriptions. This analysis can identify patterns of stability over time which can provide indicators of the presence of features which the designer deems desirable. Conversely, this analysis can detect patterns of persistent parameter change which can lead to identification of parameter sets forming areas of innovation which the designer is attempting to exploit. By applying this same analysis technique to a large number of design descriptions which possess desirable features (emergent or otherwise), the designer can eliminate parameters which don't contribute to the observed feature, narrowing the subset of parameters for consideration as contributing to the features.

These simple mechanisms are augmented by a set of rules which are applied to the individual members in the set of changed parameters. This mechanism can track such

un insieme di regole che sono applicate ad ogni componente individuale nell'insieme di parametri cambiati. Questo meccanismo può sviluppare ciò come cambiamento relativo del parametro tra la descrizione del progetto affine a quello della nuova generazione. Lo stesso meccanismo può attivare scambi tra copie di parametri, tra parametri affini e gerarchicamente sequenziali, fra proprietà di insiemi di parametri che rappresentano le intenzioni del progettista.

### 5.0. Il meccanismo per sfruttare le strutture emergenti.

Due meccanismi di GDS interattivi supportano l'analisi e la cattura dei fenomeni emergenti. Il primo è uno strumento di valutazione progettuale che propone al progettista informazioni sul contributo dei parametri agli elementi visivi specifici del progetto. Il secondo, un insieme di strumenti per poter specificare visivamente le nuove relazioni e vincoli, che formano nuovi parametri compositi e gruppi di parametri che vengono aggiunti all'insieme di quelli esistenti.

#### 5.1. L'"attributore".

L'attributore (fig.5-1) è uno strumento di ricognizione visiva che utilizza un agente di espressione e una struttura di rappresentazione per costruire e presentare una rappresentazione delle relazioni casuali fra un elemento particolare o un aspetto dell'interpretazione del progettista con i parametri che specificano quel progetto. Il progettista può vedere l'interpretazione di un progetto, costruita dal motore di espressività, e quindi seleziona gli elementi d'interesse. Ogni parametro che contribuisce alla selezione dell'elemento è ripresentato al progettista per un esame più approfondito. Nelle sperimentazioni ulteriori con il parametro (o parametri), il progettista può raggiungere una chiave di lettura più introspettiva della natura esatta del contributo del parametro al progetto.

things as the relative change of a parameter between the parent and offspring design description. It can also filter for ratios of change between pairs of changed parameters between parent and child descriptions or other parameter set properties relevant to the designer's intent.

### 5.0 Mechanism for Harnessing Emergent Structures

Two interactive GDS mechanisms support the analysis and capture of emergent phenomena. One is a design inspection tool which presents the designer with information about the contribution of parameters to specific visual elements of the design. The other, a tools set for visually specifying new relationships and constraints, forming new composite parameters and grouping parameters, adding them to a parameter set.

#### 5.1 Attributor

The Attributor (fig. 5-1) is a visual inspection tool utilizing the expression agent and the representation structure to construct and present a map of the casual relationships between a particular element or feature of a design's interpretation and the parameters which specify that design. The designer views the design interpretation, as constructed by the expression engine, and selects elements of interest. Each parameter that has contributed to the selected element is presented to the designer for closer examination. By further experimentation with the identified parameter(s), the designer can gain insight into the exact nature of the contribution of the parameter to the design element.

#### 5.2 Visual Representation Constructors

Various general and domain dependent tools are provided as a means of defining new relationships between parameters of the design and between parameters and reference metrics/objects.

In the domain of 3D Object design, the reference objects include primitive geometric constructs (points, lines, polygons, curves, planes, and surfaces) and relationship and

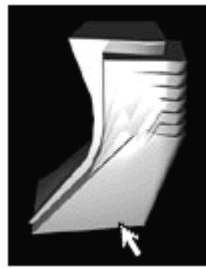
### 5.2. I costruttori delle rappresentazioni visive.

Vari strumenti generali e dipendenti da un certo tipo di campo di applicazione sono proposti perché significativi nel definire nuove relazioni fra i parametri del progetto e fra le loro strutture dimensionali.

Nel campo della progettazione di oggetti 3D, gli oggetti di riferimento includono primitive geometriche (punti, linee, poligoni, curve, piani e superfici) e attributi di relazioni come angolo, distanza, area, volume. Questi strumenti di riferimento supportano proprietà come il parallelismo, la perpendicolarità, la complanarità, la collocazione, l'adiacenza, la disgiunzione ed il contenimento.

Attraverso un interfaccia di manipolazioni dirette, il progettista seleziona gli elementi del progetto, i parametri esistenti del progetto e gli oggetti di riferimento che sono proposti per formare nuove costrizioni e relazioni. Questi nuovi elementi formati per la rappresentazione sono aggiunti all'insieme di elementi, affinandone la rappresentazione.

Il supporto per un affinamento interattivo della rappresentazione del progetto e delle descrizioni di prototipi del prodotto è essenziale per lo sviluppo dei sistemi generativi. Il progettista può selezionare un paio di parametri e creare un nuovo parametro basato sul rapporto tra questi parametri. Parametri multipli possono essere raggruppati in un sottoinsieme che sarà aggregato a un nuovo sottoinsieme di parametri basati sulle relazioni fra loro, e sulle proprietà aggregate. Nuovi pacchetti di parametri possono essere utilizzati per estendere il campo progettuale con nuove strutture. Come fatto pragmatico, il GDS ha delle capacità di poter tornare indietro per effettuare i cambiamenti della rappresentazione, disfacendo effettivamente qualsiasi affinamento che il



X	ΔX
Y	ΔY
Z	ΔZ
Base Radius	ΔBase Radius
Top Radius	ΔTop Radius
Base Minor Eccentricity	ΔBase Minor Eccentricity
Base Major Eccentricity	ΔBase Major Eccentricity
Corner Curvature	ΔCorner Curvature
# of Segments	# of Facets

Figure 5-1 Attributor - highlighting parameters contributing to selected object feature

attribute tools such as angle, distance, area, and volume. These reference tools also support such properties as parallelism, perpendicularity, co-planarity, co-location, adjacency, disjunction, and containment.

Through a direct manipulation interface, the designer selects elements of the design and existing design parameters and the reference objects provided to form new constraints and relationships. These newly formed representation elements are added to the set of representation elements refining the representation.

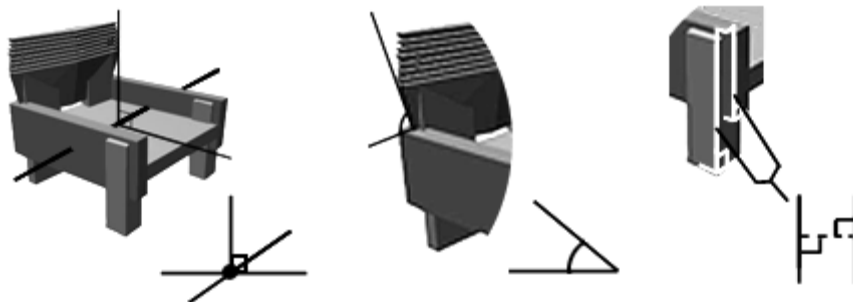


Figure 5-2 Some 2D and 3D Reference Objects - line 1:ortho, 2D-angle, parallel.

216

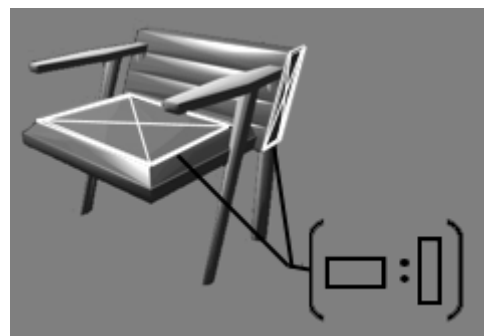


Figure 5-3 New 'Area Ratio' parameter formed from a relationship of more primitive parameters.



progettista ritiene non produttivo.

La capacità del GDS nel sistematizzare nuovi pacchetti di parametri e nell'estendere interattivamente la rappresentazione "al volo", offre al progettista un motivo effettivo nell'incapsulare le strutture emergenti per una ulteriore analisi e riutilizzo.

La ricerca degli aspetti di emergenza nella progettazione è incominciata. Il lavoro nelle aree come la Ricognizione delle Strutture Emergenti(8) e l'analisi di Sistemi Complessi mantiene la promessa di una sorgente futura di tecniche che potenzieranno i metodi deboli che sono in pratica attualmente.

### 6.0. Lo status del sistema.

I meccanismi descritti in questo saggio fanno parte di uno sforzo di sviluppo che sarà incluso in una versione prossima del software *Emergent Design Workbench*: Un'area legata al GDS descritta in questo saggio è un nostro lavoro con una serie di test per esplorare agenti di espressione evolvibili basati sui Sistemi Adattivi Complessi (CAS) descritti da Holland(10). Questo lavoro si concentra sul progetto artistico che coinvolge il CAS, e permette la creazione di costrutti visuali e uditivi e di come gli effetti collaterali nelle loro interazioni con l'ambiente e con altre entità costruiscono l'ambiente.

### 7.0. Le Opportunità Future per le Soluzioni di Sistemi Generativi.

Gli ultimi approcci dei Sistemi Generativi nella progettazione dipenderanno dalla combinazione di (1) una qualità dei risultati, (2) di una facilità di utilizzo, (3) di una gamma profonda di espressioni e (4) dalle pressioni del mercato dovute al volume incrementato di progetti. La generazione attuale di prodotti commerciali che impiega sistemi generativi prova che esiste un mercato per uno tale strumento, ma che questo mercato non si evolve per lasciare il potere della tecnologia nelle mani del progettista.

Le tecniche della progettazione generativa sono attualmente realizzabili come strumento per i progettisti ed artisti nei lavori di progettazione tradizionale. La crescita della ricerca in

Support for the iterative refinement of the design representation and prototype design descriptions is essential to the development of generative systems. The designer can select a pair of parameters and create a new parameter based on the ratio of these parameters. Multiple parameters can be bundled into a subset which then are accessed by a new set of parameters based on relationships between them and aggregate properties. The new parameter bundles can be used to extend the parameter set and add new structure to the resulting design description.

As a pragmatic matter, the GDS has provision for selectively rolling-back changes to the representation, in effect undoing any refinement which the designer deems unproductive.

The GDS capability for formatting of new parameter bundles and iteratively extending the representation 'on-the-fly', gives the designer an effective means of encapsulating the emergent structures for further analysis and reuse.

Research into aspects of emergence in design is underway. Work in the areas such as Emergent Structure Recognition [8] and Complex System analysis holds promise as a future source of techniques for augmenting the weaker methods currently available in practice.

### 6.0 System Status

The mechanisms described in this paper are a part of an ongoing development effort and will be included in the next released version of the *Emergent Design Workbench* software. A related area to the GDS described in this paper is our work on a test-bed for exploring evolvable expression agents based on the Complex Adaptive Systems (CAS) described by Holland [10]. This work centers on an artistic project involving CAS which create dynamic visual and aural constructs as side effects of their interactions with their environment and with other entities which share the environment.

questo campo e l'apparizione commerciale dei primi strumenti puntualizzano questa tendenza. Il GDS raggiungerà il suo massimo potenziale nel momento in cui si apriranno nuove aree e richieste nel campo della progettazione.

I nuovi media, che si basano sulla rete interattiva di telecomunicazioni a grande raggio, necessitano di sistemi affidabili per la creazione di oggetti virtuali, scenografie, ambientazioni. La sete costante del consumatore per le novità nel design, combinata con le opportunità di nuovi spazi ibridi virtuali/fisici e con l'evoluzione degli oggetti, guideranno la domanda per nuovi progetti concreti.

### **7.1. Nuove opportunità della progettazione nel dominio digitale.**

Le nuove generazioni di consumatori e le società di telecomunicazioni avranno necessità di un volume mai visto di contenuti digitali di alta qualità, includendo gli oggetti e le scenografie originali. Questi oggetti digitali e le scenografie saranno utilizzati sia nelle animazioni digitali sia nelle scenografie virtuali ed ambienti per gli attori umani. L'attuale libreria degli oggetti digitali e l'approccio "brutale del kit" ai nuovi contenuti non ha la capacità di poter passare ad un livello superiore per permettere un'attività che sostenga un grande volume, che diventerà una richiesta per poter servire questi nuovi sbocchi.

### **7.2. Le opportunità di un nuovo Dominio Fisico della Progettazione.**

Il nuovo cambiamento verso le comunicazioni on-line sta aprendo nuove opportunità per un approccio alla progettazione fisica che possa mescolare gli spazi virtuali e reali sotto forma di intrattenimenti commerciali e di siti di rivendita. Questi siti saranno fortemente caratterizzati dal marchio ed avranno un'immagine connessa all'identità del marchio, che attraverserà lo spazio virtuale e quello reale. L'esperienza del consumatore on-line si riferirà all'esperienza dal vivo del consumatore. Gli spazi con i temi e le scritte strumentali ed interattive della rivendita fisica e gli spazi di intrattenimento saranno altamente interconnessi con lo spa-

## **7.0 Future Opportunities for Generative System Solutions**

Ultimate acceptance of Generative Systems in design will depend on a combination of (1) quality of results, (2) ease of use, (3) range and depth of expression, and (4) market pressures due to increased design volume. The current generation of commercial products employing generative systems prove that there is a market for such tools, but don't go far enough to put the power of the technology in the hands of the designer.

Generative design techniques are becoming viable as a tool for designers and artists in traditional design tasks. The growth in research in this area and the appearance of the first commercially available tools point to this viability. GDS's will reach their full potential as the new areas and demands for design open up.

. New media outlets in the form of high-bandwidth interactive telecommunications networks require a robust system for creation of virtual content objects, props, and sets. The consumer's constant thirst for novelty in design, combined with new hybrid virtual/physical space and object development opportunities, will drive the demand for new physical designs.

### **7.1 New Digital Domain Design Opportunities**

Next generation high-bandwidth consumer and corporate telecommunications will require an unprecedented volume of high-quality digital content, including original objects and scenes. These digital objects and settings will be used both in purely digital animation productions and as virtual sets and props for human actors. The current digital object library and 'kit bashing' approach to new content does not have the ability to scale up to the level of sustainable high-volume activity required to serve the needs of this new outlet.

### **7.2 New Physical Domain Design Opportunities**

The new shift toward on-line communications is opening up new opportunities for physical design media in the blending of real and virtual

zio virtuale del sistema on-line e forniranno al consumatore un' uscita a due direzioni nello spazio fisico e nello spazio virtuale on-line.

I sistemi generativi che supportano la creazione di processi dinamici e di sistemi di progettazione, opposti alle istanze del progetto singolo e combinati con le moderne tecniche di manifatture robotizzate che utilizzano interfacce standard e componenti riciclabili, saranno la chiave per rispondere a questa nuova opportunità di progettazione ad "alto-volume".

### 8.0. Sommario.

Questo saggio ha tentato di presentare una prospettiva sul legame della progettazione con i sistemi biologici e fenomeni d'emergenza, quindi di descrivere uno strumento flessibile per sviluppare dei sistemi generativi e di puntualizzare delle opportunità future dell'impiego di tecniche generative. I Sistemi Generativi sono: uno sviluppo naturale dell'attività progettuale ed un sistema biologico di cui fa parte la razza umana. I Fenomeni di Emergenza sono difficili da caratterizzare, ma si tratta di una proprietà essenziale ed interessante per una crescita possibile della complessità in un sistema.

Il paradigma primario di controllo per gli strumenti di una progettazione generativa è una delle guide per un processo opposto alla manipolazione diretta che si trova nei sistemi tradizionali del CAD. Dato questo paradigma di controllo, il ruolo del progettista cambia da un performer solitario a più di un leader nel complesso. Uno strumento che espone il progettista alla profondità del potenziale ed espressione delle tecniche generative, deve mediare l'interazione progetto/sistema in modo tale di presentare nuovi aspetti dello strumento, nel momento in cui la necessità e la conoscenza del progettista degli aspetti dello strumento progrediscono.

Le tecniche generative danno al progettista un supporto sia per le attività tradizionali della progettazione sia per l'inseguimento alla domanda di opportunità progettuali per gli oggetti. La disponibilità proiettata dalla comunicazione con i media a grande raggio e

spaces in the form of commercial entertainment and retail sites. These sites will be highly branded and themed, with the brand identity carrying over from the live to the virtual space. The on-line consumer's experience will have a strong resonance with the in-store live experience. Themed and digitally instrumented/interactive physical retail and entertainment spaces will be highly interconnected with the on-line virtual space and provide two-way portals between consumers in the physical space and consumers in the virtual on-line space. Generative systems which support the creation of dynamic processes and systems of design, as opposed to single design instances, combined with modern automated manufacturing techniques utilizing standard and recyclable interfaces, components, and chassis, are an important part of a strategy to support this new level of mass customization design opportunity.

### 8.0 Summary

This paper has attempted to present a perspective on the relationship of design to biological systems and emergent phenomena, describe a flexible tool for developing generative systems, and point toward some future opportunities for employing generative techniques. Generative Systems are a natural outgrowth of design practice and the biological system from which humankind arises. Emergent Phenomena is difficult to characterize, but an essential and interesting property for viable growth of complexity in a system.

The primary control paradigm for generative design tools is one of 'process guidance', as opposed to the 'direct manipulation' as found in traditional CAD systems. Given this control paradigm, the designer's role shifts from solo performer to more of a leader of an ensemble. A tool which exposes the designer to the depth of power and expression of generative techniques must mediate the design/system interaction in such a way as to present new features of the tool as the designer's need and knowledge of tool features progresses.

dall'intrattenimento, e l'interesse negli spazi commerciali tematici ibridi virtuali/fisici apriranno nuove opportunità con richieste non-tradizionali. Queste nuove opportunità richiederanno una grande quantità di progetti che dovranno cambiare rapidamente, e sfideranno i sistemi tradizionali del CAD, mostrando una capacità di incrementare le possibilità progettuali.

### Ringraziamenti

Vorrei ringraziare il ruolo fondamentale che Ercolino Ferretti e le nostre numerose conversazioni hanno avuto su questo lavoro ed il suo sviluppo.

Generative techniques will provide the designer with support for both traditional design activities and in keeping up with the demand for projected design opportunities. The projected availability of high-bandwidth media-rich communications and entertainment, and the interest in hybrid virtual/physical themed commercial and entertainment spaces will provide new design opportunities with non-traditional demands. These new opportunities will require a large volume of rapidly changing designs, challenging traditional CAD's ability to scale-up.

### References

- [1] Dawkins, Richard, *The Selfish Gene*, Oxford University Press, 1976.
- [2] Holland, John H., *Emergence: From Chaos to Order*, Addison Wesley Publishing, 1998.
- [3] Koza, John R., *Genetic Programming : On the Programming of Computers by Means of Natural Selection (Complex Adaptive Systems)*, MIT Press, 1992.
- [4] Gero, John S., *Adaptive systems In Design: New Analogies from Genetics and Developmental Biology*, Adaptive Computing in Design and Manufacture, Springer, 1998.
- [5] Sims, Karl, *Artificial Evolution for Computer Graphics*, SIGGRAPH '91, Las Vegas, NV, 1991.
- [6] Lakin, Fred, *A Performing Medium for Work Group Graphics*, Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Austin, TX, 1986.
- [7] Papert, Seymour A., *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*, Basic Books, 1993.
- [8] Tomlinson, Phil, John S. Gero, *Emergent Shape Generation in design using the Boundary Contour System*, located at [http://www.arch.su.edu.au/~tomil\\_p/resume/BCS.html](http://www.arch.su.edu.au/~tomil_p/resume/BCS.html).
- [9] Holland, John H., *Hidden Order: How Adaptivity Builds Complexity*, Addison Wesley Publishing, 1995.