

Emergence in Schema Representations L'Emergenza nelle Rappresentazioni Schematiche

Rikva Oxman

Barch, MSc, PhD

Faculty of Architecture and Town Planning
Technion- Israel Institute of Technology
Haifa, Israel 32000

e-mail: arrro01@tx.technion.ac.il

Abstract

Reinterpretare e ristrutturare le rappresentazioni del design sono proprietà fondamentale del pensiero progettuale. Questo procedimento è facilitato generalmente dall'interazione tra il progettista e le rappresentazioni visive del design. Il processo di riconoscimento di nuove proprietà che appaiono all'interno delle rappresentazioni esistenti caratterizza quella che è chiamata "emergenza", un' *apparizione improvvisa*. In questo saggio, stiamo tentando di capire e modellare come, attraverso lo sfruttamento delle strutture di conoscenza cognitiva, questa comparsa opera nello schema del design, o sulla conoscenza generica di rappresentazioni di classe. In primis, la nostra ricerca corrente sulla comparsa di uno schema è rivisitata. Successivamente, il nostro lavoro sperimentale nello sviluppo di un sistema di aiuto alla progettazione che ha lo scopo di agevolare la comparsa di un nuovo schema attraverso la manipolazione interattiva della rappresentazione grafica.

1. Introduzione: emergenza di forma contro emergenza di design

Quali sono i diversi tipi di emergenza?

La ristrutturazione e la reinterpretazione di immagini è una proprietà fondamentale del pensiero progettuale. Questo ragionamento generalmente è facilitato dall'interazione tra il disegnatore e le rappresentazioni visive del design. Il processo di identificazione di nuove proprietà emergenti all'interno delle rappresentazioni esistenti caratterizza l'emergen-

Abstract

Reinterpretation and restructuring of design representations is a fundamental property of design thinking. This reasoning is generally facilitated by the interaction between the designer and the visual representations of the design. The process of recognizing new emergent properties within existing representations characterizes what is termed, *emergence*. In this paper, we are attempting to understand and model how, through the exploitation of cognitive knowledge structures, emergence operates in design schema, or the generic knowledge of class representations. First our current research in schema emergence is reviewed. Following, our experimental work in the development of a design aid system which is intended to support the emergence of new schema through the interactive manipulation of graphical representations.

1. Introduction: shape emergence vs design emergence

What are the different types of emergence?

Restructuring and reinterpretation of images is a fundamental property of design thinking. This reasoning is generally facilitated by the interaction between the designer and the visual representations of the design. The process of recognizing new emergent properties within existing representations characterizes emergence.

Most current research in design computation

za.

Molte delle ricerche attuali nel campo del design trattano l'emersione grafica nell'interpretazione della *forma*. Le opere pionieristiche di Stiny, [1] formalizzarono l'emergenza attraverso grammatiche di forma. Una struttura generale per la descrizione e la rappresentazione dell'emersione di forme è stata proposta recentemente [3]. Queste ricerche svilupparono una formulazione di categorie di forme emergenti e un meccanismo per l'isolamento delle stesse forme basato sulla proposta di una struttura di calcolo. Un altro sviluppo significativo è il lavoro basato sul riconoscimento di forme implicite all'interno di disegni di linee [4]. Le interpretazioni delle forme e l'interpretazione di modelli di forme nelle strutture grafiche sono un ulteriore sviluppo nell'area delle interpretazioni della forma e delle loro semantiche [5].

Tuttavia, piuttosto che trattare con le specifiche classi di emergenza di forma, stiamo tentando di capire e modellare come, attraverso lo sfruttamento delle strutture di conoscenza cognitive, l'emergenza operi in schemi di design, o nella conoscenza generica di rappresentazioni di classe. La conoscenza delle classi di design e delle loro rappresentazioni generiche è una delle forme di conoscenza del disegnatore esperto.

Nel nostro lavoro trattiamo anche di problemi di rappresentazione, di riconoscimento e di reinterpretazione della forma. Tuttavia, piuttosto che trattare con classi specifiche di emergenza di forma (classi geometriche) stiamo tentando di capire e modellare come la comparsa di strutture di conoscenza cognitive di livello semantico più alto possa essere sostenuta dalla sintassi delle forme all'interno di rappresentazioni generiche.

Noi proponiamo un approccio conoscitivo attraverso il quale la conoscenza generica, un corpo ben formalizzato di conoscenza specifica, può contribuire alla comparsa di un nuovo schema generico attraverso la manipolazione e la reinterpretazione della forma.

deals with graphical emergence in *shape* interpretation. Stiny's pioneering work, [1] formalized emergence through shape grammars. A general framework for the description and the representation of the emergence of shapes has recently been proposed by [3]. They developed a formulation of categories of emergent shapes and a mechanism for the isolation of those shapes based upon a proposed computational framework. Another significant development is work based on the recognition of implied shapes within line drawings [4]. Interpretations of shapes and the interpretation of patterns of shapes into graphical structures are a further advance in the area of shape interpretations and their semantics [5].

However, rather than dealing with specific classes of shape emergence, we are attempting to understand and model how, through the exploitation of cognitive knowledge structures, emergence operates in design schema, or the generic knowledge of class representations. Knowledge of design classes and their generic representations is one of the forms of knowledge of the experienced designer.

In our work we also deal with the problems of shape representation, recognition and re-interpretation. However, rather than dealing with specific classes of shape emergence (e.g. geometric classes) we are attempting to understand and model how the emergence of cognitive knowledge structures of higher level semantics can be supported by the syntax of shapes within generic representations.

We propose a cognitive approach through which generic knowledge, a well formalized body of specific knowledge, can contribute to the emergence of new generic schema by shape manipulation and re-interpretation.

2. Schema emergence as a paradox of generic design

how does design emergence differ from design evolution?

Developing and manipulating generic

2. Schema di emergenza come paradosso del design generico

Come può l'emergenza, nella progettazione, differire dall'evoluzione?

Lo sviluppo e la manipolazione della conoscenza generica è una delle forme più significative di comportamento conoscitivo del progettista. Il design generico richiede la conoscenza di proprietà relative allo schema e alle variabili che sono manipolate in questo tipo di progettazione [6]. La comparsa di un nuovo schema è una capacità fondamentale di creatività nel progettista umano. Un paradosso di design creativo è come il progettista umano può scoprire un nuovo schema mentre lavora con il contenuto generico di uno schema esistente. Dickemann, (Dickemann, 1930) illustrò come può accadere un processo di trasformazione nel quale prototipi specifici di sedie possono essere trasformati in altri profili. Questo e gli altri lavori fanno emergere una domanda interessante: come può una conoscenza tipologica specifica contribuire alla comparsa di nuovi tipi nel pensiero creativo? La comparsa di uno schema appare così essere una unica, ed estremamente significativa, forma di comparsa nella letteratura della ricerca. La nostra ricerca tenta di modellare cognitivamente questa classe di comparsa.

All'interno del contesto dei processi generici assumiamo il termine tipologia come un dominio conoscitivo del design di classi di tipi di problemi relativi al design. Una delle rappresentazioni schematiche più significative che i progettisti assumono nello sviluppo visivo di rappresentazione del design è la conoscenza del tipo [6]. Le tipologie possono sfruttare le rappresentazioni generiche che sono specifiche alla classe tipologica. Così ciascuna tipologia implica l'esistenza di uno schema di rappresentazioni generiche. La conoscenza tipologica, è quindi caratterizzata da un insieme di rappresentazioni generiche che sono associate con specifici problemi di tipo relativi al design, e la conoscenza delle variabili di tipo è organizzata in un ordine gerarchico di rappresentazioni delle quali il livello più alto è quello della schematica rappresen-

knowledge is one of the most significant forms of cognitive behavior of the designer. Generic design demands knowledge handling properties related to the schema and variables which are manipulated in generic design [6]. The emergence of new schema is a fundamental cognitive capability of creativity in the human designer. A paradox of creative design is how the human designer can discover new schema while working with the generic content of existing schema. Dickemann, (Dickemann, 1930) illustrated how a transformation process can occur in which specific prototypes of chairs can be transformed to other profiles. This and other works raise an interesting question: how can specific typological knowledge contribute to the emergence of new types in creative thinking? Schema emergence thus appears to be a unique, and highly significant, form of emergence in the research literature. Our research attempts to cognitively model this class of emergence.

Within the context of generic processes we employ the term typology as design domain knowledge of classes of design problem types. One of the most significant schematic representations which designers employ in visual development of design representations is knowledge of the type [6]. Typologies can exploit generic representations which are specific to the typological class. Thus each typology implies the existence of a schema of generic representations. Typological knowledge, therefor, is characterized by a set of generic representations which are associated with specific design problem types, and the knowledge of the variables of the type is organized in a hierarchical order of representations of which the highest level is that of the schematically represented class description. Generic design is the exploitation of this structured knowledge in design reasoning.

Typologies are well known in the context of evolutionary design. However, exploration process in which new types emerge, the employment of generic design is not yet well understood. In our modeling of this process, we propose that the designer can decide how

tazione descrittiva di classe. Il design generico è lo sfruttamento di questa conoscenza strutturata nel ragionare sul design.

Le tipologie sono ben conosciute nel contesto del design evolutivo. Tuttavia, il processo di esplorazione nel quale emergono nuovi tipi, l'impiego del design generico non è ancora ben capito. Nel modellare questo processo, proponiamo che il progettista possa decidere come lui desidera riformulare, o ristrutturare, la rappresentazione grafica, e così sfruttare lo schema esistente e i processi generici di creatività' [6]. Per esempio, nel caso del design di una sedia, la sua tipologia può essere rappresentata come una componente olistica o da varie combinazioni di sub-componenti. Secondariamente, all'interno di ogni elemento particolare della struttura, il cambiamento parametrico può anche risultare come mezzo per differenziare l'immagine. Per esempio, le figure seguenti illustrano due analisi di possibili rappresentazioni derivate dalle stesse tipologie. In figura 1 la tipologia si è prodotta nella sedia di C.R.Mackintosh. In figura 2, la stessa tipologia si è prodotta in una poltrona di Michele de Lucchi.

he wishes to reformulate, or re-structure, the graphical representation, and thus exploit existing schema and generic processes in creative [6]. For example, in the case of chair design, the typology of the chair can be represented as a holistic component or by various combinations of sub-components. Secondly, within each particular element of structure, parametric modification is also possible as a means to differentiate the image. For example, the following figures illustrate two analyses of possible representations which are derived from the same typologies.

In figure 1 the typology has resulted in the ladderback chair by C.R.Mackintosh. In figure 2, the same typology has resulted in a bench-based chair by Michele de Lucchi. Generic knowledge enables transformations to take place when creating such sub-types through parametric and formal manipulations within the generic schema of the type. Recent works have already dealt with representation and manipulation issues of typological knowledge in generic design in the architectural domain (7).

Figura 1. La sedia di C.R.Mackintosh associata con la rappresentazione generica della proporzione di altezza (analisi fatta da Zvi Zayit e Aviram Kuri)

Figura 2. La prima sedia di Michele de Lucchi associata con la rappresentazione generica dell'inclinazione dello schienale (analisi fatta da Zvi Zayit e Aviram Kuri)

100 La conoscenza generica favorisce le trasformazioni quando crea cio' che possiamo chiamare sub-tipi attraverso manipolazioni parametriche e formali all'interno dello schema generico del tipo. Lavori recenti hanno già trattato problemi di rappresentazione e manipolazione di conoscenza tipologica nel design generico nel campo dell'architettura [7]. Nei lavori attuali, stiamo investigando come la stessa conoscenza che è associata al design generico e tipologico può contribuire all'emergenza di nuovi progetti. In questa relazione in-

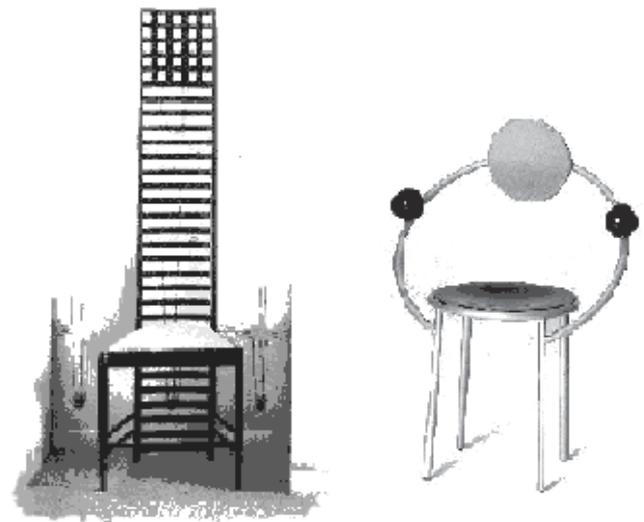


Figure 1. The 'Ladderback chair by C.R.Mackintosh' associated with generic representation of 'tall proportion' (analysis done by Zvi Zyit and Aviram Kuri)

Figure 2. The 'First chair by Michele de Lucchi' associated with generic representation of a 'benched-based chair' (analysis done by Zvi Zayit and Aviram Kuri)

vestigiamo il fenomeno di *emergenza di uno schema* nel processo della rappresentazione. Noi presentiamo un modello della comparsa di un nuovo schema. In accordo con questo punto di vista, vediamo l'emergenza di uno schema come il risultato di un processo di esplorazione della rappresentazione nel quale i sub-tipi di uno schema generico possono essere reinterpretati come un sub-tipo di un altro schema generico. Ciascuna rappresentazione di schema può essere ristrutturata, o ricomposta, in modi diversi così che un altro schema rilevante di rappresentazione può emergere.

3. Sistema di design che supporta l'emergenza di uno schema: l'approccio di calcolo

Che significato diamo all'emergenza in termini di calcolo?

Mentre la maggior parte della ricerca sull'emergenza e sulla creatività nel design è, o teoretica, o troppo specifica per una applicazione, stiamo tentando di studiare come costruire strumenti computerizzati che sostengano l'emergenza umana nel design.

Nel nostro approccio, lo strumento computerizzato si comporta come un mezzo grafico ed interattivo di comunicazione di design che supporta le capacità cognitive del disegnatore. L'emergenza di uno schema è supportata da un'interfaccia interattiva che assiste la costruzione di nuove strutture, che possono essere derivate da quelle già esistenti. Il sistema di rappresentazione opera attraverso il mantenimento di uno schema generico e di una conoscenza tipologica permettendo delle modifiche all'interno del tipo. I riferimenti tipologici agiscono all'interno del background mentre il progettista interagisce con la rappresentazione dinamica per ottenere delle trasformazioni. Quando i limiti di uno schema tipologico sono stati raggiunti dal progettista, quest'ultimo è libero di trasformare lo schema tipologico e successivamente di esplorare le variazioni all'interno della nuova struttura tipologica.

Stiamo perfezionando un sistema di calcolo per la *comparsa di schema* che richieda uno

In the present work, we are investigating how the same knowledge which is associated with generic and typological design can contribute to the emergence of new designs. In this paper we investigate the phenomenon of *schema emergence* in the re-representation process. We present a model of the

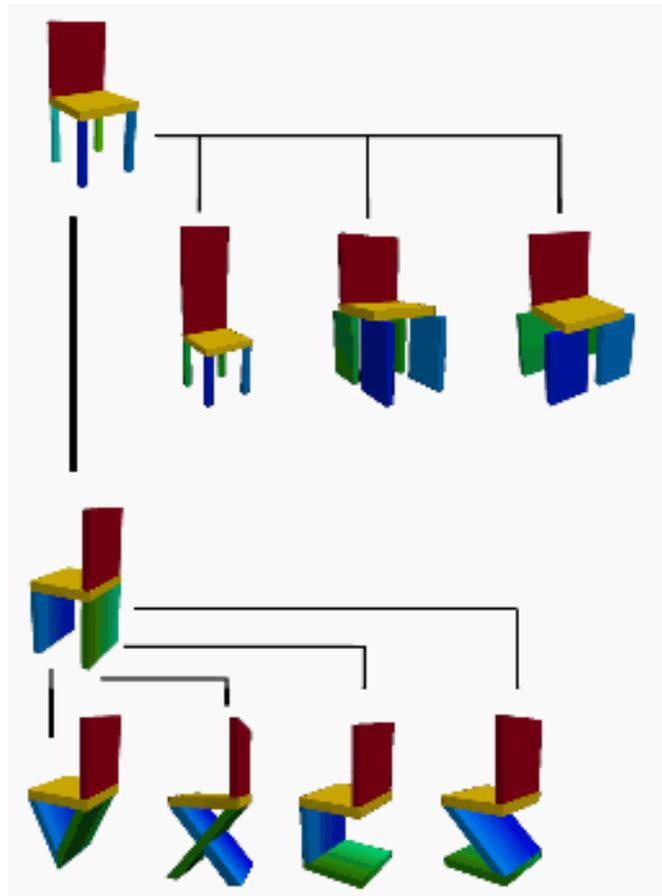


Figure 3. *Typological Emergence*

emergence of new schema. According to this view, we view the emergence of schema as a the result of an exploration process of representations in which sub-types of one generic schema can be re-interpreted as a sub-type of another generic schema (see figure 3). Each schema representation can be re-structured, or componentized, in different ways so that another relevant new schema representation can emerge.

3. Design system which supports schema emergence:

a computational approach

what do we mean by emergence in computational terms?

schema generico specifico e una conoscenza tipologica appropriata a un problema di classe. Abbiamo assunto una terminologia generale che, speriamo, indirizzerà le nostre idee nella nostra corrente implementazione. Utilizziamo i tre termini astratti, oggetto, azioni e meta-azioni, per poter descrivere attraverso il calcolo l'emergenza di schema di design.

Oggetti:

questi sono oggetti in un linguaggio di modellazione che definisce l'interna rappresentazione generica di un oggetto tipologico.

Azione:

è una qualsiasi trasformazione prodotta da un cambiamento di parametri e da una ricompilazione della rappresentazione interna.

Meta-azione:

quando il codice di un linguaggio di modellazione specifico è cambiato e ricostruisce una struttura nuova o modificata della rappresentazione interna.

L'emergenza può essere definita come segue: lo schema iniziale è una scena iniziale data che contiene un codice di base accettato di oggetti relativi a un tipo specifico. Le trasformazioni e le modifiche sono cambiamenti di parametri di un tipo specifico. L'emergenza può accadere quando interpretazioni multiple di una struttura specifica procurano opzioni per cambiare il codice. Un cambio di codice può accadere importando un nuovo codice di tipi nuovi che possono cambiare l'organizzazione strutturale e il contenuto della rappresentazione interna.

Il sistema corrente è implementato con il linguaggio VRML. Stiamo sviluppando attualmente un'interfaccia che supporti l'emergenza umana. Il disegnatore interagisce dinamicamente con la rappresentazione tipologica per realizzare delle trasformazioni. Una volta che il disegnatore può riconoscere l'emergenza di un altro schema tipologico, è libero di cambiare e modificare la rappresentazione interna del nuovo schema e quindi esplorare un'altra gamma di variazioni all'interno di una nuova struttura tipologica. L'interfaccia per l'utente presenta all'utente stesso la rappresentazione interna permettendogli di agire diret-

While much research in emergence and creativity in design is either theoretical, or too specific for an application, we are trying to study how to build computational environments supporting human emergence in design.

In our approach, the computational environment behaves as a graphical interactive design medium which is supportive of the cognitive capabilities of the designer. Schema emergence is supported by providing an interactive interface which assists in the construction of new structures which can be derived from existing ones. The representational system operates through the maintenance of generic schema and typological knowledge while enabling modifications within the type. The typological generics act within the background while the designer interacts with the representation dynamically to achieve transformations. Once the limits of a typological schema have been reached by the designer, he is free to transform the typological schema and then explore variations within the new typological framework.

We are implementing a computational system for *schema emergence* which requires a relevant generic schema and typological knowledge suitable to a problem class. We have employed a general terminology which we hope will address our ideas in our current implementation. We utilize the three abstract terms, objects, actions and meta-actions, in order to describe computational emergence of design schema.

Objects:

these are objects in a modeling language which define the internal generic representation of a typological object.

Action:

is any transformation resulting in a change of parameters and re-compilation of the internal representation.

Meta action:

when the code of a specific modeling language is changed and reconstructs a new or modified structure of the internal representation.

tamente sulla stessa per le prossime esplorazioni e modifiche.

Riconoscimenti

Questo lavoro è sostenuto da una concessione del DFG dal Governo tedesco. L'obiettivo generale della concessione è di studiare un Supporto Basato su Media per la Creatività del Design. Questa relazione è basata su di un'altra che fu presentata al "workshop" sulla 'Emergenza nel Design' all'AID 98' in Portogallo.

Hezi Golan dalla Facoltà di Scienze del Computer, Technion, Eyal Nir dalla Facoltà di Architettura e Pianificazione della Città e Daniel Braining di Disegno Industriale alla Facoltà di Architettura e Pianificazione della Città, Technion, sono attualmente coinvolti in questa ricerca e hanno contribuito a queste idee e alla loro realizzazione.

Emergence can be defined as follows: initial schema is a given initial scene which contains basic and accepted code of objects related to a specific type. Transformations and modifications are changes of parameters of a specific type. Emergence can occur when multiple interpretations of a specific structure provide options to change the code. A change

References

1. Stiny, G. (1980) Introduction to shape and shape grammars. Environment and Planning B, Vol. 7, pp. 345-35
2. Stiny G., (1993) Emergence and continuity in shape grammars, in Flemming U. and Van Wyk (eds.) CAAD Futures, '93, Elsevier, Amsterdam, pp. 37-54
3. Soufi B. and Edmonds E. (1995) A framework for the description and representation of emergent shapes, in CAAD Futures '95 National University of Singapore, Tan M. and The R. (eds.)pp. 411-422
4. Liu T.Y. (1995) Problem decomposition on restructuring shapes in terms of emergent sub-shapes, in CAAD Futures '95 National University of Singapore, Tan M. and The R. (eds.)pp.455-468
5. Gero S. and Damsky J, and Jun H. (1995) Emergence in CAAD systems, in CAAD Futures '95 National University of Singapore, Tan M. and The R. (eds.) pp.423 - 438
6. Oxman Rivka E. (1998) Beyond sketching: visual reasoning through re-representation in cognitive design media, in CAADRIA '98 Sasada T., Yamaguchi S. Morozumi M. Kaga A. and Homma R. (eds.) Kumamoto University, pp. 337-347
7. Oxman Rivka E. and Oxman Robert M, (1991) Refinement and adaptation in design, Design Studies.