

EXPLORACIÓN DE RELACIONES ENTRE ANALOGÍAS Y BOCETOS DURANTE LA GENERACIÓN DE IDEAS EN DISEÑO INDUSTRIAL COMO ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA CAD

Andrés S. Rodríguez

Universidad de Buenos Aires

Centro de Investigación en Diseño Industrial de Productos Complejos

Ciudad Universitaria – Pabellón III – Piso 4 – (1414) Buenos Aires – Argentina

arodrig@netverk.com.ar

Abstract

An exploration on the analogy-based idea generation process in industrial design is reported. In particular we try to identify relationships between the sketching process and the analogy building in order to elicit requirements for a supporting software. We use concurrent think aloud protocols to obtain experimental data and an extension of a proved content oriented schema to analyze them. Statistical analysis on segments containing “analogical chains” found relations between **analogical** and **design** actions that allow us to support the hypothesis that the sketch seems to be more useful for helping the analytical aspects of the analogical making (i.e. to code a situation in terms of higher order relations) than the synthetic ones (i.e. to identify an analogy source). Results were interpreted as software requirements for a Computer Aided Design Application.

Key words: Sketching, Analogy, CAD, Industrial design, Protocol analysis.

1. Introducción y objetivos

Este trabajo presenta una exploración experimental sobre el uso de analogías durante elaboración de bocetos y generación de ideas en diseño industrial. El objetivo es obtener datos empíricos que puedan ser analizados como fuente de elicitación de requerimientos para el desarrollo de sistemas CAD para el soporte de la actividad de diseño industrial en las etapas tempranas del proceso.

2. Metodología

El objeto de la investigación es un Sistema de Matrices de Datos [1] con tres Unidades de Análisis: las acciones cognitivas del diseñador, los bocetos y las entidades referenciadas o evocadas. Como fuente de datos se empleó el análisis de protocolos obtenidos por la técnica de pensar en voz alta. El esquema de codificación es una extensión del propuesto por Suwa et al. [2,3] que clasifica las operaciones cognitivas del diseñador en cuatro categorías de acciones: físicas, perceptuales, funcionales y conceptuales. Con el objetivo de permitir el análisis de acciones cognitivas vinculadas con la generación y uso de analogías y el rol que desempeñan durante el bocetado, consideramos dos grupos de acciones: a) aquellas focalizadas directamente sobre el objeto en diseño (las llamamos *acciones de diseño*); b) las operaciones que manifiestan o se relacionan con evocaciones o referencias recuperadas del conocimiento previo del diseñador (las llamamos *acciones de analogía*).

Derivamos la extensión del esquema original mediante la replicación de las cuatro categorías para identificar *acciones de dise-*

ño y de analogía en cada una de ellas. Por ejemplo, el esquema identifica como acciones Físicas las operaciones de graficar, mirar el dibujo o gesticular sobre él. Nuestro esquema identifica *acciones físicas de analogía* cuando un diseñador grafica un objeto evocado, mira referencias visuales o gesticula sobre tales gráficos o imágenes. En la categoría Conceptual, enriquecimos el esquema para analizar el tipo de referencia analógica: guiada por casos o por esquemas. Hablamos de una analogía basada en casos, cuando el diseñador evoca un problema de diseño anterior concreto cuyos elementos pueden mapearse sobre el problema actual. Una analogía guiada por esquemas se define como la aplicación de generalización de conocimientos basados en la experiencia que pueden aportar una solución al problema actual [4]. En la Tabla 1 mostramos la descripción de cada grupo de Categorías, tanto para acciones de diseño, como de analogía.

Tabla 1: Descripción de categorías de acciones cognitivas de diseño y de analogía.

Categoría	Acciones de Diseño	Acciones de Analogía
Física	Graficar, mirar gráficos, gesticular (foco en objeto en diseño)	Graficar, mirar gráficos, gesticular (foco en evocaciones)
Perceptual	Prestar atención a características visuales, relaciones espaciales y organización de componentes en bocetos de diseño	Prestar atención a características visuales, relaciones espaciales y organización de componentes en bocetos de evocaciones o imágenes de referencia
Funcional	Explorar la interacción entre el objeto en diseño y la gente (física y psicológica)	Explorar la interacción entre el objeto evocado y la gente (física y psicológica)
Conceptual	Establecer metas de diseño, hacer evaluaciones	Recuperar conocimiento de casos previos concretos o generalizaciones de dominio

2.1. Experimento y resultados

En el experimento participó una población de 4 diseñadores (2 expertos y 2 novatos) que generaron ideas para un puesto de sala de juegos de computadoras en red. En sesiones individuales, cada diseñador recibió un brief con los requerimientos del proyecto y una carpeta con imágenes de diferentes objetos y con distintos niveles de representación. Cada uno dispuso de una hora para generar ideas de diseño. Todas las sesiones fueron registradas en video y audio y se recolectó el material gráfico producido.

Los protocolos se segmentaron buscando conjuntos de operaciones significativas en el proceso de diseño ("movidas de diseño" [6]) y las acciones en cada segmento se codificaron según el esquema descripto.

Para explorar la relación entre la construcción de analogías y el bocetado, identificamos cadenas de operaciones vinculadas por relaciones del tipo "depende-de", "sugerida-por" o "disparada-por" entre acciones de diseño y de analogía. Consideramos que existe algún tipo de razonamiento analógico vinculado a una acción de diseño cuando dentro de una cadena se pueden identificar acciones de ambos grupos. La Figura 1 muestra las acciones correspondientes a tres segmentos de un protocolo con las relaciones que permiten identificar una cadena analógica, correspondiente al siguiente párrafo del protocolo: "...con lo cual lo ideal sería un asiento que no tenga... que no sea liso, que no sea cuadrado, sino más bien una base redonda. Tipo asiento de tractor, que le da una contención... una clásica imagen de tractor... con los agujeritos, que acá se podrían aprovechar para que exista una ventilación, para que haya un movimiento de aire y no sea una cosa molesta..."

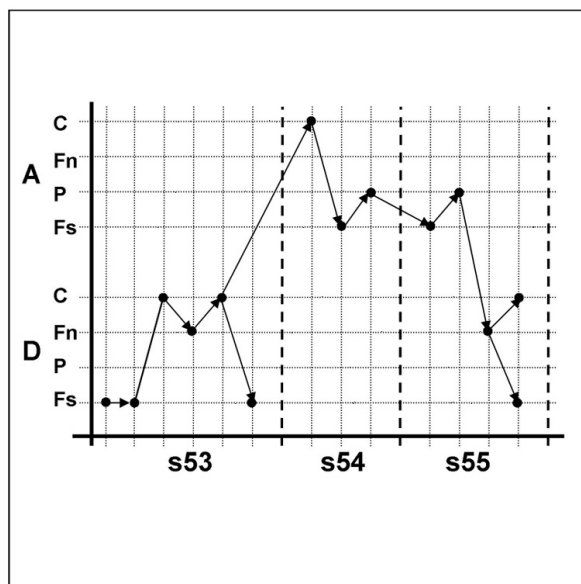


Figura 1: Identificación de una cadena analógica

Luego concentramos el análisis en las relaciones de categorías que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Relaciones analizadas entre Categorías de Acciones

Relación	Descripción
R1: A(C,Fn) ⇔ D(C,Fn)	Relación entre acciones de analogía en las categorías Conceptual o Funcional y acciones de diseño en las mismas categorías.
R2: A(C,Fn) ⇔ D(P,Fs)	Relación acciones de analogía en las categorías Conceptual o Funcional y acciones de diseño en las categorías Perceptual o Física.
R3: A(C,Fn) ⇔ A(P, Fs)	Relación entre acciones de analogía en las categorías Conceptual y Funcional y otras de analogía en las categorías Perceptual o Física.

Las relaciones del tipo R1 (por ejemplo, evocar un caso previo y establecer como meta de diseño la utilización de alguna de sus características en el problema actual) las interpretamos como las asociación entre un dominio fuente (el caso evocado) y el dominio objeto (el diseño en curso) que corresponde claramente a lo que en la literatura de analogía se describe como identificar fuentes analogables o hacer un mapeo entre ambos dominios (parte de la fase sintética de un proceso creativo) [7].

En cambio, el grupo R2 y el R3 representan tareas de análisis creativo [5] (o descubrimiento inesperado, según [3]) ya que involucran acciones de dibujar y percibir componentes del boceto o imágenes y facilitar su reelaboración mental.

Para evaluar la significación de estas relaciones, analizamos su distribución de frecuencias y correlación de a pares para cada protocolo. La Figura 2 grafica las frecuencias normalizadas de las series de R1, R2 y R3 de un protocolo, por bloques de 5 segmentos consecutivos.

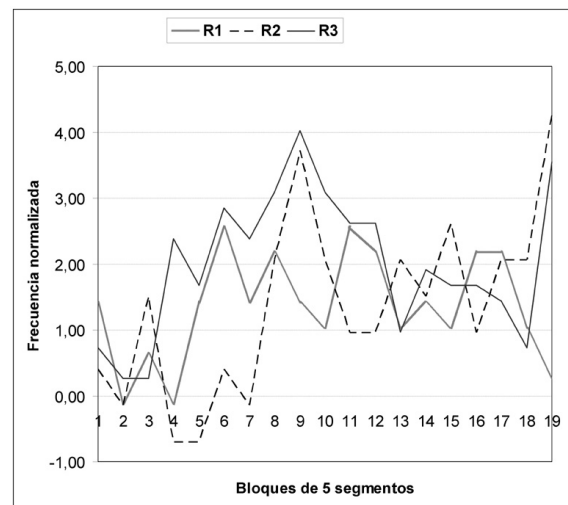


Figura 2: Frecuencias de relaciones R1, R2 y R3

Vemos que los tramos del protocolo en los que se verifica una correlación significativa para los pares R1-R2 y R1-R3 ocupan una porción baja del protocolo. Podemos interpretar esta situación como que el boceto no es una herramienta esencialmente necesaria a la hora de generar inferencias analógicas (recuperación de conocimiento previo que "dispare" o "dependa-de" establecer metas en el proceso de diseño).

En cambio, los tramos con correlación positiva entre las relaciones R2 y R3 ocupan una porción significativa del proceso. Dada

la relación directa entre la posibilidad de interpretación mediante percepción visual y la externalización gráfica, podemos interpretar que en presencia de cadenas analógicas, el boceto constituye una herramienta útil en el momento de escudriñar una situación en términos de sus componentes o modificaciones estructurales locales [5], que no necesariamente impliquen un salto directo del dominio fuente al objetivo.

En resumen, este análisis cualitativo nos permite señalar, que desde el punto de vista de los procesos cognitivos que toman lugar en la generación de ideas, el boceto parece ser un medio útil (quizá necesario), para detectar componentes, combinar figuras, explorar modificaciones estructurales, procesos difíciles de llevar a cabo mentalmente [5], pero, al mismo tiempo, estos datos sugieren sustento a la hipótesis de que la síntesis puede prescindir de externalizaciones y ser llevada a cabo sólo delante del "ojo de la mente"[10].

3. Discusión y conclusiones

El objetivo del trabajo es explorar la elicitación de requerimientos de software a partir del estudio de las operaciones cognitivas del diseñador. Para ello interpretamos los resultados del análisis previo como fuente del proceso de ingeniería de requerimientos para la elaboración de un software de asistencia al proceso de generación de ideas en diseño industrial.

Describimos a continuación los requerimientos que se derivan del análisis, agrupados en las dos caras del proceso creativo.

En la fase de síntesis, resuelta en gran medida en forma intramental, un sistema que intente apoyar esta actividad debería facilitar una rápida y fluida externalización de la síntesis concebida. Para ello tendría que:

- Minimizar la obstrucción a la fluida externalización de pensamientos, facilitando el dibujo, la escritura o cualquier método de representación en la velocidad, ritmo e intensidad que el diseñador quiera imponerle y que responda a su experticia
- Minimizar la carga cognitiva secundaria, evitando por ejemplo la imposición de secuencias de operación predeterminadas o el recuerdo de comandos y procedimientos del sistema
- Proveer en todo momento feedback visual del trabajo que efectúa el diseñador, permitiéndole rápidamente "cambiar de hoja" o lugar de bocetado y escritura y recuperar con poco esfuerzo el trabajo efectuado

Según los resultados del protocolo, para las operaciones de análisis el sistema debería:

- permitir el dibujo de estructuras vagas con múltiples interpretaciones en términos de primitivas y sin forzar a una interpretación estructural o relacional temprana
- responder a la condición del boceto como objeto enriquecido históricamente [8], permitiendo la visualización simultánea de varios estadios del dibujo (varias hojas, elementos de referencia, etc.), registrando y recuperando rápidamente la historia del proceso (secuencia de acciones desarrolladas).
- Adquirir un soporte proactivo en esta etapa de análisis (en la que el boceto parece más útil) mediante mecanismos cognitivos que provocan saltos creativos, tales como sugerir al diseñador un cambio del foco de atención mediante una atención

simultánea a elementos graficados a lo largo del proceso. En [3] se mostró que este mecanismo cognitivo es en gran medida responsable de los descubrimientos inesperados que parecen guiar el proceso de diseño.

- Almacenar y recuperar el estado de organización de la superficie "virtual" de trabajo sin ningún costo cognitivo para el diseñador. La distribución de elementos en la superficie de trabajo observada en los videos en los segmentos de relaciones R2 y R3 muestra un uso inteligente del espacio por parte del diseñador (en términos de [9]), disminuyendo el costo cognitivo del proceso de análisis para la generación de ideas.

En resumen, podemos señalar que este trabajo presenta evidencia empírica sobre la utilización del bocetado en la creación de ideas en diseño industrial utilizando referencias analógicas. Se describe el resultado de experimentos basados en el análisis de protocolos, utilizando un esquema de segmentación y codificación orientado al contenido. Empleando técnicas de elicitación de requerimientos de software sobre los datos estadísticos se puede interpretar que las herramientas computacionales deberían favorecer una rápida y fluida externalización de las elaboraciones intra-mentales y soportar y mejorar el proceso de análisis y reestructuración de tales elaboraciones.

Como trabajos posteriores, será necesario realizar la especificación formal de los requerimientos elicitados e implementarlos en prototipos que puedan ser utilizados como banco de pruebas de nuevos experimentos.

Referencias

1. Samaja, J., Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica, Eudeba, Buenos Aires, 1993
2. Suwa, M Gero, J, Purcell, T, Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions, Design Studies 19(4), 455-483
3. Suwa, M Gero, J, Purcell, T, Unexpected discoveries and S-inventions of design requirements: a key to creative designs, Design Studies 21(4), 539-567
4. Ball, L, Ormerod, T and Morley N., Spontaneous analogizing in engineering design: a comparative analysis of experts and novices, in Proceedings of Expertise in Design 2003, University of technology, Sydney (<http://research.it.uts.edu.au/creative/design/>), 2003
5. Verstijnen, IM., Sketches of creative discovery. A psychological inquiry into the role of imagery and sketching in creative discovery, PhD Thesis, Technical University of Delft, 1997
6. Goldschmidt, G. The dialectics of sketching. Creativity Research Journal 4(2), 123-143
7. Casakin, H. The role of analogy and visual displays in architectural design; PhD Thesis, Technion Institute of Technology: Haifa, 1997
8. Hollan, J.D., Hutchins, E., Kirsch, D. Distributed cognition: a new foundation for human-computer interaction research, Transactions on Computer Human Interaction (1999)
9. Kirsch, D. The intelligent use of space, Artificial Intelligence 73: 31-68.
10. Kosslyn, S.M. Image and mind, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1980.