

VINCULACIÓN DE TRIZ CON EL DISEÑO FUNCIONAL

Vicente Chulvi ^(P), Rosario Vidal

Abstract

The use of TRIZ tools in Computer Aided Inventing (CAI) is current hot topic. The Integration TRIZ in synthesis computational models has been the study object of many researchers. While there exist a large number of studies discussing a theoretical way to integrate TRIZ creativity with semantic knowledge in order to provide assistance in the design phase, few researches have sought to put a model into practice.

Several studies describe proposals of CAI models based on the architecture of a system from the TRIZ viewpoint, as well as proposals to allow its integration through topological optimization systems. The present study aims to go a step further than previous attempts to combine existing TRIZ software with Knowledge Based Engineering (KBE) semantic tools.

The purpose of our work is to establish a relation between generic taxonomies of engineering functions and flows and TRIZ taxonomies as a first step in the creation of a library of TRIZ-based algorithms for generating and evaluating solutions that consider the product lifecycle. This library should also allow its integration into a KBE system through a Function-Behaviour-Structure (FBS) framework.

Keywords: TRIZ; KBE; FBS; Function; taxonomies

Resumen

El uso de herramientas de TRIZ en Invención Asistida por Ordenador (Computer Aided Inventing, CAI) es un tema de máxima actualidad. La integración de TRIZ en modelos de síntesis computacional ha sido objeto de estudio de diversos investigadores. Mientras que la mayor parte de estos estudios discuten la forma de integrar la creatividad de TRIZ con el conocimiento semántico de un modo teórico con la finalidad de asistir en la fase de diseño, muy pocas investigaciones han intentado poner dichos modelos en práctica.

Varios estudios describen propuestas de un modelo CAI basado en la arquitectura de un sistema desde el punto de vista de TRIZ, así como propuestas para permitir su integración a través de sistemas de optimización topológica. El presente estudio pretende ir un paso más allá de los intentos previos para combinar el software existente de TRIZ con las herramientas semánticas de la Ingeniería Basada en el Conocimiento (Knowledge Based Engineering, KBE).

El propósito de el presente trabajo es el de establecer una relación entre las taxonomías genéricas de funciones y flujos de ingeniería y las taxonomías de TRIZ como primer paso en la creación de una librería de algoritmos basados en TRIZ para generar y evaluar soluciones que tomen en consideración el ciclo de vida del producto, y que al mismo tiempo permita ser integrada en un sistema KBE a través de un marco Función-Comportamiento-Estructura (Function-Behaviour-Structure, FBS).

Palabras clave: TRIZ; KBE; FBS; Función; taxonomía

1. Introducción

El uso de herramientas de TRIZ (Altshuller, 1997, Altshuller and Shulyak, 1997) en Invención Asistida por Ordenador (Computer Aided Inventing, CAI) es un tema de máxima actualidad. La integración de TRIZ en modelos de síntesis computacional ha sido objeto de estudio de diversos investigadores (Cascini, 2004, Cavallucci and León, 2004, Ikovenko, 2004). Mientras que la mayor parte de estos estudios discuten la forma de integrar la creatividad de TRIZ con el conocimiento semántico de un modo teórico con la finalidad de asistir en la fase de diseño (Mulet and Vidal, 2005), muy pocas investigaciones han intentado poner dichos modelos en práctica (Verbitsky, 2004).

El punto de partida para la vinculación de TRIZ con el modelo funcional procede de la idea de función en el modelo FBS, conocido con este nombre por sus iniciales en inglés *Function-Behaviour-Structure* (función-comportamiento-estructura) y explicado por Umeda et al. (1990) y Wood and Greer (2001) entre otros. Para el presente trabajo se seguirá la variante del modelo conocida como B-FES, *behaviour-driven function-environment-structure* (Tor et al., 2002, Zhang et al., 2002).

Gershenson and Stauffer (1995) nos introducen en el mundo de la taxonomía a nivel industrial haciendo referencia al desarrollo de taxonomías elaborado por la Universidad de Idaho. Según los citados autores existe una taxonomía diferente para cada parte del ciclo de vida del producto a nivel corporativo: *marketing, business environment, strategic management, finance, accounting, manufacturing, shipping, support/service* y *retirement*. Szykman et al. (1999) ya entran en la representación de función, diferenciando entre función y flujo y presentando una revisión extensa de referencias que tratan terminologías basadas en función y flujo dentro del contexto ingenieril desde 1976 hasta 1998. Mas adelante Hirtz et al. (2002) elaboran para el NIST (Nacional Institute of Standards and Technology) una reconciliación de taxonomías de funciones, elaborando las correspondencias con los términos que no aparecen en su taxonomía y si en alguna de las que se basa. Esta clasificación será la base para buscar posteriormente las correlaciones con las funciones de TRIZ.

Otros autores han elaborado sus propias taxonomías de funciones (Feygenson, 2006, Golden, 2005) o métodos para tratarlas (Pinyayev, 2006) en un intento de optimizar y facilitar una integración del análisis funcional en modelos informáticos. Del mismo modo, diversos autores han optado por enfocar sus estudios hacia las taxonomías de los *behaviours* (Borgo et al., 2006, Borgo et al., 2002, Gero et al., 1992) y de *Structure* (Bonaccorsi, 2006)

La vinculación de las taxonomías de las herramientas de TRIZ con aplicaciones informáticas a través de herramientas semánticas de KBE ya ha sido tema de estudio, en mayor o menor medida, en los trabajos de Cascini and Rissone (2004), Chang and Chen (2004), Chang et al. (2003) y Dewulf (2006)

2. Materiales y métodos

La estructuración a nivel informático de una aplicación basada en TRIZ, es decir, para la generación y evaluación de soluciones, útil y adaptable a las necesidades del usuario final requiere un marco común de trabajo. Este marco, como se ha definido anteriormente, es el B-FES, para el cual se deberá crear un conjunto de algoritmos de búsqueda de soluciones basados en TRIZ que funcione con una librería de modelos, que debe ser capaz de integrarse con sistemas KBE. Para lograr dicha integración se debe trabajar con una taxonomía común e inequívoca para todas las librerías. La taxonomía escogida para trabajar es la propuesta por el NIST (Hirtz et al., 2002).

El NIST ofrece una reconciliación de las taxonomías funcionales más relevantes hasta el momento en el ámbito de la ingeniería de diseño, entre ellas las 30 relacionadas con el diseño mecánico proporcionadas por Altshuller (1984), presentando una taxonomía de flujos y otra de funciones organizadas a tres niveles, señalando sus correspondencias a modo de sinónimos.

A pesar de que el modelo del NIST tiene en cuenta las funciones proporcionadas por Altshuller (padre de TRIZ), existen un par de inconvenientes que nos impiden efectuar una relación directa NIST-TRIZ de un modo sencillo: Primero, las funciones tomadas de TRIZ solo tienen en cuenta el diseño mecánico, mientras que se desea un nivel más amplio de aplicación. Segundo, dichas funciones datan de 1984 y han sufrido una considerable evolución desde esas fechas. Por todo ello hace falta realizar un mayor análisis a las funciones en que se basa TRIZ.

La herramienta utilizada en el presente estudio como fuente de funciones de TRIZ es el *Creax Function Database* (<http://function.creax.com/>). La base de datos de funciones consiste en una enciclopedia de soluciones ligadas a funciones y cuenta con 37 distintas funciones primarias. Cada una de estas funciones proporciona diversos métodos de cumplir la función vinculada a un estado: sólido, líquido, gas o campo. Estos métodos, según el esquema B-FES, pueden ser tanto sub-funciones como *behaviours*. La misma dirección nos permite acceder a la herramienta *Creax Attribute Database* (en construcción a fecha de hoy), que proporciona un conjunto de métodos para cumplir como objetivo una de las cinco funciones, *incrementar*, *disminuir*, *estabilizar*, *cambiar* y *medir*, relacionada con uno de los 26 atributos. El total inicial de funciones primarias suma en este caso 42, que son las consideradas a relacionar con las del NIST en un principio.

Estas funciones primarias son las que permiten elaborar un análisis funcional del ítem a ser estudiado, es decir, del objeto sobre el que se quieren generar soluciones a través de TRIZ. Para tal efecto, en el presente estudio se ha utilizado la aplicación informática *Creax Innovation Suite 3.1*, en concreto su herramienta para el modelado de sistemas.

3. Resultados

La tabla 1 muestra la correspondencia entre la taxonomía propuesta por el NIST (a la izquierda) y las funciones de TRIZ provenientes de la base de datos de funciones de *Creax* (a la derecha). La dificultad para su aplicación práctica radica en el hecho de que no se puede establecer una correlación directa uno es a uno. Por este motivo nos encontramos con cuatro casos a la hora de establecer las relaciones:

- Relación directa: La función en TRIZ tiene el mismo nombre que en la clasificación del NIST. P. ej: *Extraxct*.
- Relación indirecta: La función en TRIZ no comparte el mismo nombre que la función del NIST, pero se puede establecer una correspondencia directa de significados. P. ej: *Polish* (TRIZ) – *Remove* (NIST).
- Relación 1:2: La misma función en TRIZ puede ser relacionada con dos funciones diferentes del NIST. P. ej: *Move* (TRIZ) – *Translate* (NIST) y *Move* (TRIZ) – *Transport* (NIST).
- Sin relación: La función de TRIZ no tiene una correspondencia directa con ninguna función del NIST, por lo que debe ser asignada a alguna por aproximación. En este caso solo nos encontramos con *Vibrate* (TRIZ), que por similitud a otras funciones (*Move*, *Rotate*) ha sido vinculada a *Guide* (NIST).

Primary Function	Secondary Function	Tertiary Function	Creax Function Database									
			Separate	Break down	Decompose	Remove	Corrode	Erode	Eliminate			
Branch	Separate	Divide	Decompose									
		Extract	Extract	Clean	Dry							
		Remove	Remove	Polish	Corrode	Erode						
	Channel	Distribute										
		Import		Deposit								
		Export		Destroy	Clean	Remove	Corrode	Erode	Eliminate			
		Transfer		Sublimate								
			Transport	Move	Wear							
		Guide	Transmit	Lift								
				Bend	Vibrate							
	Move											
Connect	Couple	Rotate										
		Allow degree of freedom (DOF)										
		Join	Assemble	Embed	Join							
	Link		Assemble									
			Mix									
Control magnitude	Actuate											
	Regulate	Increase	Increase									
		Decrease	Decrease	Drop								
	Change	Increment	Heat	Spread	Sublimate	Wet						
		Decrement	Cool	Dry								
		Shape	Bend	Flatten								
		Condition										
	Stop		Break down									
		Prevent	Prevent									
		Inhibit	Preserve	Prevent	Protect							

Primary Function	Secondary Function	Tertiary Function	Creax Function Database						
			Change phase of melt	Condense	Evaporate	Freeze	Melt	Produce	
Convert	Provision	Store	Accumulate	Preserve					
			Protect						
Signal	Supply	Sense	Absorb						
			Deposit	Produce					
	Indicate	Sense	Detect						
			Measure	Locate					
		Indicate	Track						
			Display						
	Support	Process							
		Stabilize		Stabilize					
		Secure		Hold	Embed	Deposit			
		Position		Locate	Orient				

Tabla 1.- Correspondencia de las funciones del NIST con las funciones primarias de TRIZ según Creax Function Database

4. Conclusiones

Una vez creada la correspondencia de las funciones de primer nivel de TRIZ con las del NIST se observan dos dificultades básicas para completar la vinculación a nivel de diseño funcional. La primera de ellas es la cantidad de “sinónimos” con la que nos podemos encontrar en algunos casos, que puede causar una pérdida de información al trasladar la función. La segunda es la carencia de funciones de TRIZ para corresponder a todas las existentes en el NIST, por lo que se deberá buscar una solución para completar dichos “vacíos”.

Para poder conseguir el objetivo final de una herramienta para la generación y evaluación de soluciones basada en TRIZ es clave el poder vincular las funciones con las herramientas de que dispone TRIZ. Las más fácilmente adaptables a tal efecto son la matriz de contradicciones, los 40 principios y las líneas evolutivas, si bien estas herramientas no funcionan directamente con funciones. Por ello, con las soluciones para las funciones aportadas por las herramientas de *Creax Function Database* y *Creax Attribute Database*, se puede establecer el vínculo intermedio, siguiendo el esquema B-FES propuesto dónde dichas soluciones ejercerán de sub-funciones y *behaviours*.

En el análisis funcional (figura 1) se pueden observar las carencias de las funciones de TRIZ respecto al NIST, como la función *signal* (referido a transmitir una señal), que no aparece en la taxonomía de TRIZ y sí en la del NIST. También se destaca la necesidad de la aparición de sub-funciones y *behaviours*, pues la relación entre “luz” y el medio debe ser *illuminate*.

Como se ha mencionado, la misma caracterización de las funciones al ser aplicadas entre dos estructuras nos proporciona un primer *behaviours* básico. Este hecho es asimilable al método propuesto por Pinyayev (2006), las “functional clues”, donde las estructuras constituyen el sujeto y el objeto y las funciones aplicadas equivalen a las acciones a la hora de crear una “application condition” genérica.

Las futuras investigaciones tienen planificado profundizar más en ésta última propuesta como base para la automatización del proceso. Del mismo modo, la creación de una aplicación basada en TRIZ para la generación y evaluación de soluciones, útil y adaptable a las necesidades del usuario final demanda un estudio más profundo sobre la taxonomía de los *behaviours* y de las sub-funciones.

Referencias

- Altshuller, G. (1984), "Creativity as an exact science: The theory of the solution of inventive problems", *Gordon and Breach Science Publishers*, Luxembourg.
- Altshuller, G. (1997), "Introducción a la innovación sistemática: TRIZ", *Internet Global S.L.*,
- Altshuller, G. and Shulyak, L. (1997), "40 principles: TRIZ keys to technical innovation", *Technical Innovation Center*, Worcester, MA.
- Bonaccorsi, A. (2006), "Grammars of creation. Mapping search strategies for radical innovation", *Innovation Pressure Conference*, Vol. pp en Innovation Pressure Conference Tampere, Finland.
- Borgo, S., Carrara, M., Vermaas, P.E. and Garbacz, P. (2006), "Behaviour of a technical artifact: An ontological perspective in engineering", *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Vol. 150, pp 214–225.
- Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Masolo, C. and Oltramari, A. (2002), "Wonderweb deliverable d15", pp
- Cascini, G. (2004), "State-of-the-art and trends of computer-aided innovation tools", *IFIP 18th World Computer Congress*, Vol. pp 461-470, en IFIP 18th World Computer Congress Toulouse, France.

- Cascini, G. and Rissone, P. (2004), "Plastics design: Integrating TRIZ creativity and semantic knowledge portals", *Journal of Engineering Design*, Vol. 15, pp 405-424.
- Cavallucci, D. and León, N. (2004), "Towards "Inventiveness-oriented" CAI tools", *IFIP 18th World Computer Congress*, Vol. pp 441-452, en IFIP 18th World Computer CongressToulouse, France.
- Chang, H.T. and Chen, J.L. (2004), "The conflict-problem-solving cad software integrating TRIZ into eco- innovation", *Advances in Engineering Software*, Vol. 35, pp 553-566.
- Chang, H.T., Chen, J.L. and Tainan, T. (2003), "Eco-innovative examples for 40 TRIZ inventive principles", *TRIZ journal*, Vol. pp
- Dewulf, S. (2006), "Directed variation: Variation of properties for new or improved function product DNA, a base for 'connect and develop'", *ETRIA TRIZ Futures*, Vol. pp en ETRIA TRIZ FuturesKortrijk, Belgium.
- Feygenson, N. (2006), "Function synthesis: New methodological tool and case studies", *ETRIA TRIZ Futures*, Vol. pp en ETRIA TRIZ FuturesKortrijk, Belgium.
- Gero, J.S., Tham, K.W. and Lee, H.S. (1992), "Behaviour: A link between function and structure in design", *IFIP - Intelligent Computer Aided Design*, Vol. pp 193-220, en IFIP - Intelligent Computer Aided DesignNorth Holland.
- Gershenson, J.A. and Stauffer, L.A. (1995), "The creation of a taxonomy for manufacturability design requirements", *Design Engineering Technical Conferences*, Vol. 2, pp 305 - 314, en Design Engineering Technical Conferences
- Golden, I.J. (2005), "Function based archival and retrieval: Developing a repository of biologically inspired product concepts", *Department of Mechanical Engineering*, pp
- Hirtz, J., Stone, R., McAdams, D., Szykman, S. and Wood, K. (2002), "A functional basis for engineering design: Reconciling and evolving previous efforts", *Research in Engineering Design*, Vol. 13, pp 65 - 82.
- Ikovenko, S. (2004), "TRIZ and computer aided inventing", *IFIP 18th World Computer Congress*, Vol. pp 475 - 485, en IFIP 18th World Computer CongressToulouse, France.
- Mulet, E. and Vidal, R. (2005), "Integración de principios inventivos de triz en sistemas de diseño conceptual asistido por ordenador (CACD)", *AEIPRO - Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Vol. pp en AEIPRO - Congreso Internacional de Ingeniería de ProyectosMálaga, España.
- Pinyayev, A. (2006), "Functional clues", *ETRIA TRIZ Futures*, Vol. pp en ETRIA TRIZ FuturesKortrijk, Belgium.
- Szykman, S., Racz, J. and Sriram, R. (1999), "The representation of function in computer-based design", *Desing Engineering Technical Conferences*, Vol. pp en Desing Engineering Technical ConferencesLas Vegas, Nevada.
- Tor, S.B., Britton, G.A., Zhang, W.Y. and Deng, Y.M. (2002), "Guiding functional design of mechanical products through rule-based causal behavioural reasoning", *International Journal of Production Research*, Vol. 40, pp 667-682.
- Umeda, Y., Takeda, H., Tomiyama, T. and Yoshikawa, H. (1990), "Function, behaviour, and structure", *Applications of artificial intelligence in engineering v*, Springer, pp 177-194, Berlin.
- Verbitsky, M. (2004), "Semantic triz", *TRIZ journal - Español*, Vol. pp
- Wood, K.L. and Greer, J.L. (2001), "Function-based synthesis methods in engineering design", Vol. pp 170-227.
- Zhang, W.Y., Tor, S.B. and Britton, G.A. (2002), "Automated functional design of engineering systems", *Journal of Intelligence Manufacturing*, Vol. 13, pp 119-133.

Agradecimientos

La investigación presentada ha estado parcialmente financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia de España, dentro del Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007) - (DPI2006-15570-C02)

Los autores agradecen el apoyo del resto de personal del Grupo de Ingeniería del Diseño (GID) de la Universitat Jaume I de Castellón.

Correspondencia

Vicente Chulvi.

Grupo de Ingeniería del Diseño (GID)

Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universidad Jaume I.

Avenida Sos Baynat s/n. 12071 - Castellón (España)

Teléfono: +34 964 72 9252 Fax: +34 964 72 8106

E-mail: chulvi@emc.uji.es

URL: www.gid.uji.es

Rosario Vidal

Grupo de Ingeniería del Diseño (GID)

Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universidad Jaume I.

E-mail: vidal@emc.uji.es