

Un Sistema Basado en FLINTSTONES para Procesos de Selección Mediante un Modelo Difuso TOPSIS

Francisco J. Estrella¹ *, Rosa M. Rodríguez², Álvaro Labella¹, and Luis Martínez¹

¹ Dpto. de Informática, Universidad de Jaén, España

² Dpto. de Ciencias de la Computación e I.A., Universidad de Granada, España

Resumen En múltiples problemas de toma de decisión es necesario valorar criterios de diferente naturaleza para cada alternativa del problema. En estos casos, debido a la falta de conocimiento de los expertos o a la ausencia de información sobre el problema, es usual que los expertos duden al realizar sus valoraciones. En esta contribución se propone un sistema basado en FLINSTONES que permite agilizar los procesos de selección en problemas de toma de decisión como los mencionados, empleando para ello un modelo difuso de toma de decisión multi-criterio TOPSIS capaz de tratar con información heterogénea. El sistema propuesto está formado por dos aplicaciones, una aplicación rica de escritorio y una aplicación rica de internet.

Keywords: FLINTSTONES, FGC, toma de decisión multi-criterio, información heterogénea, expresiones lingüísticas comparativas, conjunto de términos lingüísticos difusos dudosos

1. Introducción

A diario, los individuos se enfrentan a múltiples problemas de decisión en los que deben elegir una alternativa o conjunto de alternativas de entre un conjunto dado. En un gran número de estos problemas, denominados como problemas de Toma de Decisión (TD), la evaluación de las alternativas se realizará atendiendo a diferentes criterios, encontrándonos en este caso con problemas de Toma de Decisión Multi-Criterio (TDMC). En los problemas de TDMC es habitual que los criterios empleados para evaluar las alternativas sean de diferente naturaleza, definiéndose el problema de TDMC en un contexto heterogéneo [3,4]. En un problema de TD de este tipo, al tener que valorar los expertos las diferentes alternativas empleando criterios de diferente naturaleza, suele ser usual que los expertos proporcionen información vaga e imprecisa fruto de su falta de conocimiento sobre el problema o a la ausencia de información.

En la contribución *Modelo Difuso TOPSIS que Maneja Información Lingüística Dudosa en Contextos Heterogéneos*, CAEPIA'15 [5], ha sido presentado un

* Autor de contacto

proceso de selección basado en un modelo difuso de TDMC TOPSIS [7] capaz de tratar con problemas de TD definidos en contextos heterogéneos en los que términos lingüísticos, expresiones lingüísticas comparativas [6], valores numéricos e intervalares pueden ser utilizados para valorar los criterios del problema.

Para agilizar este proceso de selección, proponemos el desarrollo de un sistema basado en FLINTSTONES que implementa el modelo y permite llevar a cabo todas las fases del proceso de selección, desde la elicitación de las valoraciones hasta el proceso de resolución. El sistema se compone de dos herramientas, una *aplicación rica de escritorio* basada en FLINTSTONES que permite realizar todas las fases del modelo propuesto y una *aplicación rica de internet* desarrollada con la base de componentes de FLINTSTONES, la cual facilita la recogida de valoraciones realizadas por los expertos mediante el uso de tecnologías web, permitiendo llevar a cabo el proceso de forma remota y distribuida.

Esta contribución se estructura del siguiente modo: la Sección 2 presenta FLINTSTONES, exponiendo su arquitectura y su esquema de resolución para problemas de TD. La Sección 3 muestra la implementación del sistema propuesto. La Sección 4 ilustra el funcionamiento del sistema en la resolución de un ejemplo. Por último, la Sección 5 detalla las conclusiones y trabajos futuros.

2. FLINTSTONES

En esta sección se realiza una breve revisión de FLINTSTONES, exponiendo los puntos más destacados de la arquitectura de la herramienta y mostrando el esquema de resolución que define para la resolución de problemas de TD.

2.1. Arquitectura de FLINTSTONES

FLINTSTONES es una suite para la resolución de problemas de TD bajo incertidumbre mediante modelos lingüísticos y difusos [2]. La suite ha sido desarrollada como una aplicación *Eclipse Rich Client Platform* (Eclipse RCP)¹, una plataforma para desarrollar aplicaciones bajo una arquitectura de componentes.

Una aplicación Eclipse RCP consiste en varios componentes Eclipse. En su versión actual, FLINTSTONES está formada por más de 100 componentes Eclipse, los cuales pueden ser agrupados en nueve tipos básicos: i) núcleo, ii) interfaz gráfica de usuario (Graphical User Interface, GUI), iii) fases de resolución, iv) esquemas de resolución, v) dominios, vi) valoraciones, vii) fases de métodos, viii) métodos y ix) operadores de agregación.

A fin de minimizar el acoplamiento entre componentes, Eclipse define el concepto de *punto de extensión* (Extension Point, EP). Un EP define un conjunto de requerimientos a cumplir para extender o modificar una funcionalidad (véase Figura 1). En FLINTSTONES se hace un uso intensivo de este concepto, proporcionándose desde su núcleo EPs para definir: i) fases de resolución, ii) esquemas de resolución, iii) dominios, iv) valoraciones, v) fases de métodos, vi) métodos y vii) operación.

¹ <http://www.eclipse.org/home/categories/rcp.php>

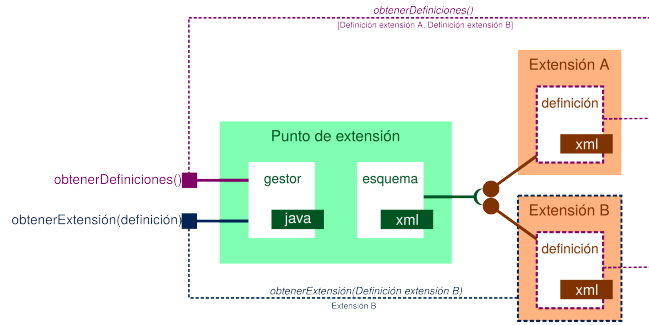


Figura 1. Esquema general de un punto de extensión

2.2. Esquema de Resolución para Toma de Decisión

El EP de FLINTSTONES para esquemas de resolución (*resolution.scheme*) facilita la resolución de diferentes problemas de decisión. Para la resolución de problemas de TD, la herramienta emplea el esquema de resolución *resolution.scheme.dm*, el cual adapta el esquema general de TD propuesto en [1] (véase Figura 2).

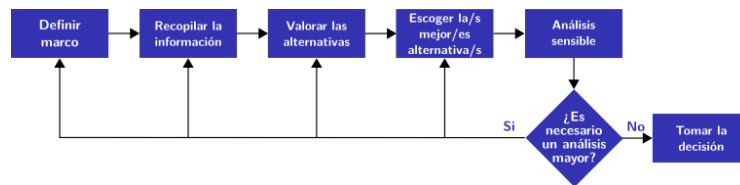


Figura 2. Esquema general de toma de decisión

El esquema de resolución está compuesto por tres fases de resolución:

1. *Definición del marco (resolution.phase.framework)*. En esta fase se define el conjunto de elementos involucrados en el problema y se realiza la asignación de dominios empleados para valorar los elementos definidos.
2. *Recopilación de información (resolution.phase.gathering)*. En esta fase, los expertos proporcionan sus valoraciones para cada criterio de cada alternativa en los dominios de expresión definidos en el marco del problema, pudiendo indicar adicionalmente su opinión sobre la importancia de los criterios.
3. *Valoración de las alternativas (resolution.phase.rating)*. En esta fase se selecciona el método para resolver el problema, el cual se realiza paso a paso.

3. Sistema Software de Soporte al Método Propuesto

Esta sección muestra como ha sido llevada a cabo la implementación del sistema software de soporte al método propuesto a partir de FLINTSTONES. Para ello, se presentan las diferentes partes funcionales que conforman el sistema para, posteriormente, describir la integración entre las mismas.

3.1. Integración del Método

Los *métodos*, al igual que los esquemas de resolución, son definidos mediante un EP de FLINTSTONES. Los métodos están compuestos de *fases de método* secuenciales tales como la *unificación*, la *agregación* o la *translación* entre otras.

A partir del EP para métodos, se ha desarrollado un método FLINTSTONES denominado *TOPSIS HFLTS* (*method.topsis.hflts*), el cual implementa el nuevo método difuso TOPSIS presentado en [5]. El método desarrollado realiza las últimas cuatro fases del proceso de selección tal y como se define en [5], esto es: iii) el proceso de unificación, iv) la obtención de los pesos de los criterios, v) el proceso de agregación y vi) la aplicación del método difuso TOPSIS.

El método *TOPSIS HFLTS* realiza estas cuatro fases de forma automatizada en una única fase de método FLINTSTONES, *TOPSIS HFLTS Proceso de Selección* (*method.phase.topsis.hflts.selection.process*). La fase emplea a su vez otras fases de método disponibles en FLINTSTONES, concretamente, las fases de *unificación* (*method.phase.unification*) y de *agregación* (*method.phase.aggregation*).

Como resultado de la ejecución de la fase se obtendrán dos pestañas:

- *Log*. Todos los valores calculados en formato texto.
- *TOPSIS*. Muestra tablas con los valores de: i) la matriz de decisión, ii) la matriz de decisión normalizada ponderada, iii) las distancias a la solución ideal positiva, iv) las distancias a la solución ideal negativa y v) los coeficientes de cercanía.

Así, la integración del método TOPSIS difuso en el sistema se ha realizado desarrollando una aplicación rica de escritorio Eclipse RCP a partir de la base de componentes de FLINTSTONES en la que se han utilizado los siguientes componentes²:

- *Esquema de resolución: resolution.scheme.dm*. Compuesto por las fases de resolución:
 - *resolution.phase.framework*.
 - *resolution.phase.gathering*.
 - *resolution.phase.rating*.
- *Método: method.topsis.hflts*. Compuesto por las fases de método:
 - *method.phase.topsis.hflts.selection.process*. Emplea las fases de método:
 - *method.phase.unification*.
 - *method.phase.aggregation*.

El método desarrollado es plenamente funcional y la aplicación Eclipse RCP que lo integra puede ser descargada desde la página web de la suite³. Sin embargo, deben ser consideradas dos condiciones especiales al emplear la aplicación:

² Son necesarios muchos más componentes de FLINTSTONES como valoraciones, dominios, operadores de agregación o componentes de GUI, pero por motivos de claridad nos ceñimos a los más significativos.

³ <http://sinbad2.ujaen.es/flintstones>

- La versión actual de FLINTSTONES no permite definir el dominio de expresión empleado por los expertos para expresar su opinión sobre la importancia de los criterios. Para superar esta limitación debe ser definida una alternativa especial con el nombre *Importancia*.
- Al realizarse las cuatro últimas fases del método difuso TOPSIS en una única fase de método, el operador de agregación empleado para agregar las valoraciones de los expertos ha sido establecido directamente en la implementación.

3.2. FLINTSTONES Gathering Cloud

Las aplicaciones Eclipse RCP pueden ser fácilmente portadas a *aplicaciones ricas de internet* o *Rich Internet Application* (RIA) realizando su conversión en aplicaciones *Eclipse Remote Application Platform* (Eclipse RAP)⁴.

Gracias a ello, ha sido desarrollada una aplicación Eclipse RAP denominada *FLINTSTONES Gathering Cloud* (FGC) a partir de la base de componentes que conforman FLINTSTONES (véase Figura 3). FGC facilita el proceso de recogida de información de un problema de TD permitiendo distribuir problemas creados con FLINTSTONES para realizar este proceso de forma remota y distribuida.

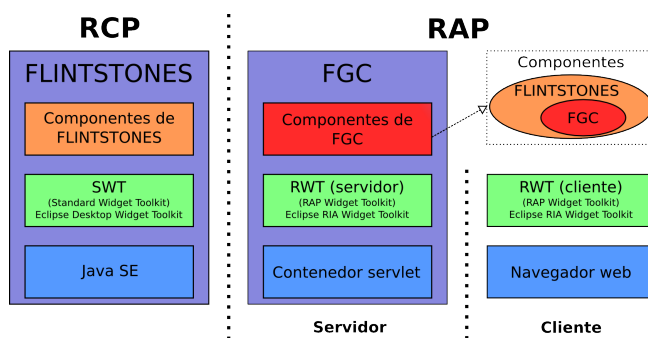


Figura 3. Arquitectura de FGC

La aplicación está formada por dos zonas (véase Figura 4):

- *Zona de administración*: Permite importar problemas creados con FLINTSTONES e indicar las direcciones de correo electrónico de los expertos que participan en el problema.
- *Zona de experto*: Permite a los expertos introducir sus valoraciones y opiniones sobre la importancia de los criterios en los problemas que les sean asignados.

⁴ <http://eclipse.org/rap/>

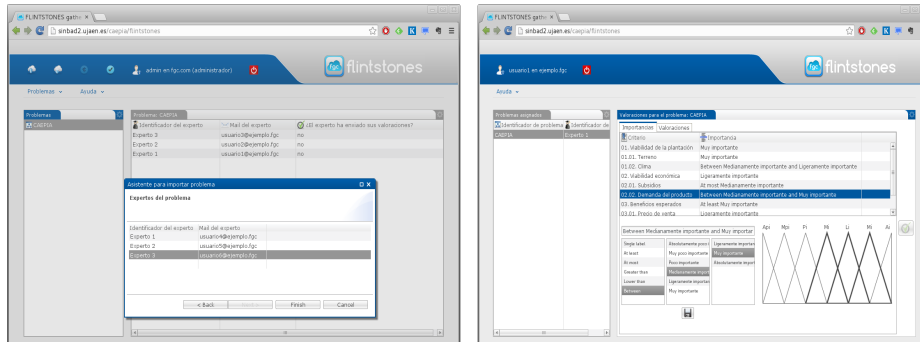


Figura 4. Interfaz de FGC

3.3. Integración de FLINTSTONES y FGC

Las dos aplicaciones presentadas en las Secciones 3.1 y 3.2 han sido desarrolladas de modo que puedan ser empleadas de forma conjunta en la resolución de los procesos de selección. El sistema formado por ambas aplicaciones queda integrado del siguiente modo (véase Figura 5):

1. Un usuario *gestor* o *administrador* del problema define el marco del problema empleando la aplicación rica de escritorio basada en FLINTSTONES.
2. El *gestor* exporta el problema.
3. El *gestor* carga el problema en la zona de administración de FGC, especificando para ello las direcciones de correo electrónico de los *expertos* que participan en el problema.
4. Los *expertos* que participan en el problema son notificados por correo electrónico de que tienen asignado un problema, creándose una nueva cuenta en FGC si no disponían de ella.
5. Los *expertos* envían sus valoraciones y opiniones sobre la importancia de los criterios empleando FGC.
6. El *gestor* recibe un correo electrónico informando que todos los *expertos* han enviado la información.
7. El *gestor* descarga el problema con la información enviada por los expertos.
8. El *gestor* importa el problema en la aplicación rica de escritorio basada en FLINTSTONES para llevar a cabo el resto de fases del proceso de selección.

4. Ejemplo Ilustrativo

En esta sección se muestra la resolución de un problema de TDMC mediante el sistema de soporte propuesto en la Sección 3, el cual aplica el método TOPSIS difuso presentado en [5]. El caso de estudio de este ejemplo puede ser descargado desde el sitio web de FLINTSTONES.

En el ejemplo suponemos que una empresa agrícola ha adquirido un terreno en el cual se va a realizar una plantación, pero el director de la empresa duda

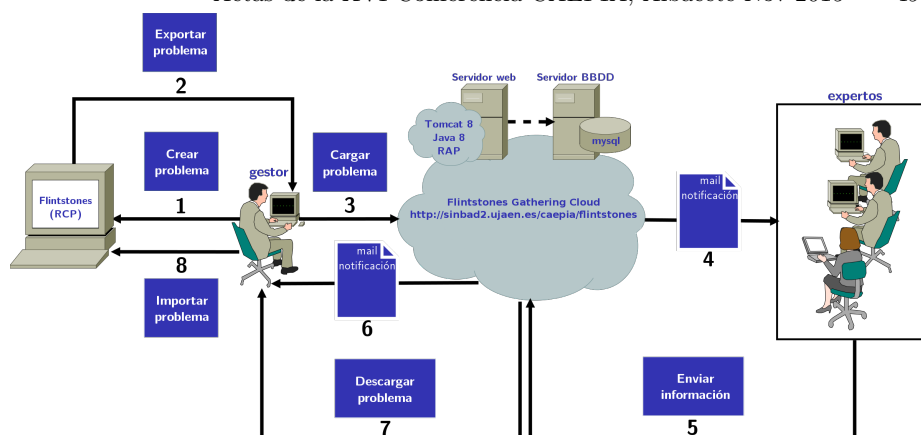


Figura 5. Integración de FLINTSTONES y FGC

entre 3 alternativas de plantación: arroz, soja o trigo. Para realizar el proceso de selección, tres expertos de esta compañía proporcionarán sus valoraciones sobre las diferentes alternativas considerando los siguientes criterios y subcriterios:

- Viabilidad de la plantación.
 - Terreno: El terreno es adecuado para el cultivo.
 - Clima: El clima es adecuado para el cultivo.
- Viabilidad económica.
 - Subsidios: Existencia de subsidios para el cultivo del producto.
 - Demanda del producto: El producto es demandado por los consumidores.
- Beneficios esperados.
 - Precio de venta: Precio estimado de venta del Kg. (en euros).
 - Producción: Cantidad estimada de producto obtenida (en toneladas).
 - Porcentaje de beneficio: Porcentaje estimado de beneficio por cada euro.

La valoración de los criterios se realizará del siguiente modo:

- Los criterios *Terreno*, *Clima* y *Demanda del producto* serán valorados en un dominio lingüístico con siete términos lingüísticos usando expresiones lingüísticas comparativas.
- El criterio *Subsidios* será valorado en un dominio numérico usando valores numéricos enteros entre 0 y 1.
- El criterio *Precio de venta* será valorado en un dominio numérico usando valores numéricos reales entre 0 y 5.
- El criterio *Producción* será valorado en un dominio numérico usando valores intervalares reales entre 0 y 1000.
- El criterio *Porcentaje de beneficio* será valorado en un dominio numérico usando valores intervalares numéricos enteros entre 0 y 100.

Para expresar la opinión sobre la importancia de los criterios, los expertos utilizarán expresiones lingüísticas comparativas en un dominio lingüístico con siete términos lingüísticos.

4.1. Definición del marco del problema

En primer lugar, los elementos del problema son definidos en la aplicación rica de escritorio del sistema empleando la fase de resolución *Framework*. En la Figura 6 se muestra el marco del problema definido.

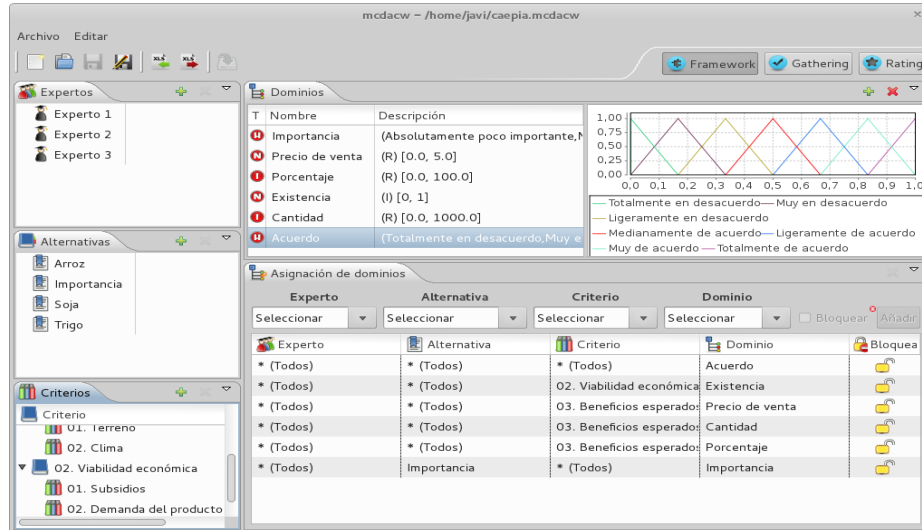


Figura 6. Definición del marco del problema en FLINTSTONES

4.2. Proceso de recogida de información

Una vez el marco del problema ha sido definido en la aplicación de escritorio del sistema, el problema es exportado y cargado en la aplicación web del sistema, FGC, de modo que los diferentes expertos puedan evaluar los diferentes criterios para cada alternativa así como proporcionar sus opiniones sobre la importancia de los criterios y subcriterios. En la Figura 7 se ilustra como se realiza la recogida de la información empleando FGC.

Una vez completado el proceso de recogida de información en FGC, la información es descargada e importada en FLINTSTONES para llevar a cabo las siguientes fases del proceso de selección.

4.3. Proceso de selección

Finalmente, es aplicado el método TOPSIS HFLTS para realizar el proceso de selección, el cual únicamente tiene una fase de método a realizar de acuerdo a la implementación descrita en la Sección 3.1, la fase de *proceso de selección* (véase Figura 8).

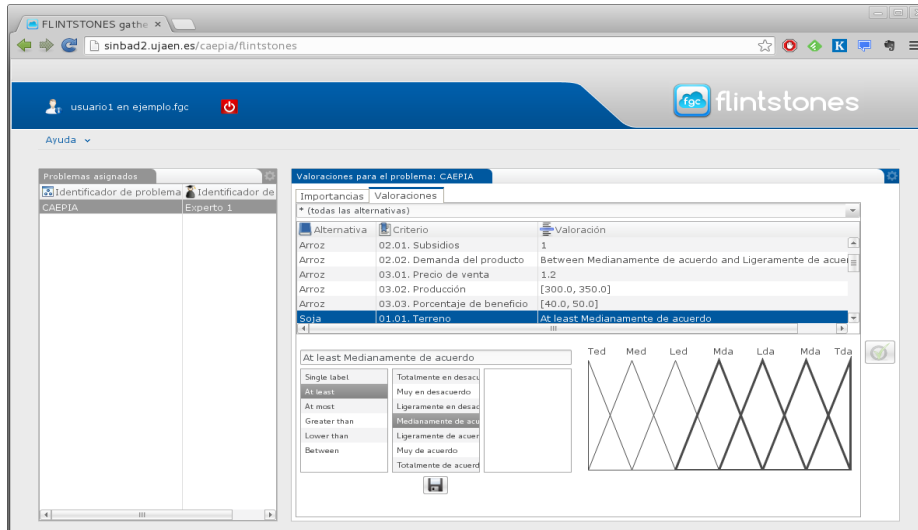


Figura 7. Proceso de recogida de información en FGC

En vista de los resultados, el ranking de las alternativas de acuerdo a los coeficientes de cercanía obtenidos es: $Soja \succ Trigo \succ Arroz$ ⁵.

5. Conclusiones

En muchos problemas de toma de decisión es necesario valorar diferentes criterios de diversa naturaleza, pudiendo ocurrir que los expertos duden al realizar sus valoraciones. En esta contribución hemos presentado un sistema basado en FLINTSTONES que permite automatizar los procesos de selección en problemas de toma de decisión multi-criterio definidos en marcos heterogéneos. El sistema está formado por dos aplicaciones, una aplicación rica de escritorio que implementa un modelo multi-criterio difuso TOPSIS capaz de manejar información lingüística dudosa, y una aplicación rica de internet denominada FLINTSTONES Gathering Cloud que facilita realizar el proceso de recogida de información de forma remota y distribuida.

Como trabajos futuros, respecto a la aplicación rica de escritorio, se pretende superar las limitaciones detectadas en la misma, permitiendo seleccionar el operador de agregación difuso a emplear y evitando definir una alternativa especial para expresar la opinión sobre la importancia de los criterios. En cuanto a la aplicación rica de internet, se pretende incorporar en ésta una mayor funcionalidad de cara a permitir realizar desde la misma un mayor número de fases en la resolución de los problemas de toma de decisión.

⁵ Los valores de este ejemplo han sido obtenidos empleando la media aritmética como operador de agregación y la distancia euclídea como medida de distancia de cada alternativa respecto a la solución ideal positiva y negativa.

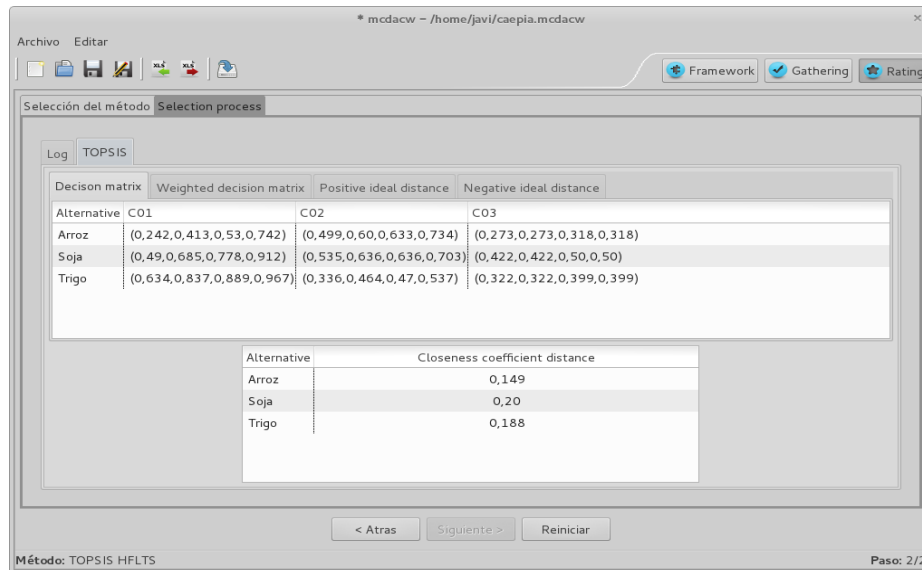


Figura 8. Proceso de selección en FLINTSTONES

Agradecimientos

Este trabajo está parcialmente financiado por el proyecto de investigación TIN2012-31263, el Ministerio de Economía y Competitividad formación posdoctoral (FPDI-2013-18193), la red de excelencia Lógica Difusa y Soft Computing (LODISCO) TIN2014-56381-REDT y fondos FEDER.

Referencias

1. R. T. Clemen. *Making Hard Decisions. An Introduction to Decision Analysis*. Duxbury Press, 1995.
2. F.J. Estrella, M. Espinilla, F. Herrera, and L. Martínez. FLINTSTONES: A fuzzy linguistic decision tools enhancement suite based on the 2-tuple linguistic model and extensions. *Information Sciences*, 280, 2014.
3. F. Herrera, L. Martínez, and P.J. Sánchez. Managing non-homogeneous information in group decision making. *European Journal of Operational Research*, 166(1):115–132, 2005.
4. D.F. Li, Z.G. Huang, and G.H. Chen. A systematic approach to heterogeneous multiattribute group decision making. *Computers & Industrial Engineering*, 59(4):561–572, 2010.
5. R.M. Rodríguez, F.J. Estrella, and L. Martínez. Modelo difuso TOPSIS que maneja información lingüística dudosa en contextos heterogéneos. *CAEPIA'15*, 2015.
6. R.M. Rodríguez, L. Martínez, and F. Herrera. Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(1):109–119, 2012.
7. Y.J. Wang and H.S. Lee. Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. *Computers & Mathematics with Applications*, 53(11):1762–1772, 2007.