

Extensión de una Plataforma de Mapas Cognitivos Para el Caso Multicapa

Aguilar José, Hidalgo José, Osuna Fernando

Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

aguilar@ula.ve

josehidalgo129@hotmail.com

osunaf@ula.ve

Resumen— Los mapas cognitivos son una herramienta para representar el conocimiento científico social, esta permite crear modelos de sistemas más complejos donde un modelo matemático exacto no es posible utilizar debido a la complejidad del sistema. Una extensión de los mapas cognitivos son los mapas cognitivos difusos, estos fueron presentados inicialmente como mecanismos difusos y permite deducir información sobre la importancia de los conceptos implicados en el problema e identificar cuáles son los verdaderos argumentos involucrados. En este trabajo se diseñó e implementó un mecanismo para lograr que la herramienta FCM Designer permita crear MCD multicapas. La relación entre 2 mapas cognitivos se puede hacer de diversas maneras, para este mecanismo se utilizarán 3 formas mediante reglas difusas, conexiones y ecuaciones matemáticas.

Palabras Clave: Mapas Cognitivos Multicapa, Representación del conocimiento.

1. INTRODUCCION

Existen múltiples problemas de tomas de decisiones que en su mayoría se resuelven utilizando MCD, sin embargo se pueden encontrar casos con mayor complejidad en el que se es necesario utilizar los MCD a un nivel multicapa para obtener la solución. Se tiene una aplicación (FCM Designer) que nos permite construir MCD, esta herramienta actualmente no crea MCD a múltiples niveles por lo que se busca lograr incorporar dicha opción; para lograr esta meta se realizó un estudio de la aplicación existente, luego de tener un nivel de comprensión adecuado del funcionamiento de la herramienta y la utilidad de la representación mediante los mapas

cognitivos, se analizaron e implementaron los tres métodos de conexión (Reglas Difusas, Conexiones y Ecuaciones Matemáticas) entre los niveles de un mismo mapa, los cuales se especifican al igual que las demás herramientas utilizadas para el desarrollo de la extensión multicapa.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Muchos de los problemas del mundo real, que no poseen una fórmula matemática que describa su funcionamiento son resueltos con la ayuda de mapas cognitivos difusos (MCD). Para el caso de un sistema jerárquico de dos niveles, la toma de decisiones de un sistema o proceso como por ejemplo la Radioterapia se realiza mediante MCD (An Integrated Two-Level Hierarchical System for Decision Making in Radiation Therapy Based on Fuzzy Cognitive Maps).

Un MCD hace evidente la relación de causa y efecto entre los diversos factores que determinan las dosis de radiación, manteniendo en un nivel mínimo y al mismo tiempo tener el mejor resultado en la destrucción de tumores, con lesiones mínimas a los tejidos y órganos sanos en situación de riesgo.

El caso de la radioterapia es solo uno de muchos posibles aplicaciones, por lo que se requieren las herramientas que permitan el desarrollo en los distintos campos de investigación o procesos de producción que lo requieran.

3. MARCO TEORICO

3.1 Lógica Difusa

La lógica difusa es una metodología que proporciona una manera simple y elegante de obtener

una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta, en general la lógica difusa imita como una persona toma decisiones basada en información con las características mencionadas. Una de las ventajas de la lógica difusa es la posibilidad de implementar sistemas basados en ella tanto en hardware como en software o en combinación de ambos.

La lógica difusa es una generalización de la lógica convencional (booleana) que fue expandida para abordar el concepto de la verdad parcial, es decir valores de verdad entre completamente cierto y completamente falso. La lógica tradicional permite que las variables puedan tener dos valores posibles, cierto o falso, lo cual cumple con la ley del medio excluido. En el caso de los conjuntos difusos se rompe la ley del medio excluido y se extiende permitiendo una transición suave, representando así una región de verdad parcial. Un elemento difuso puede pertenecer parcialmente a dos o más conjuntos difusos o completamente a uno solo.

3.2 Causalidad

Se entiende por causalidad, una relación entre dos o más eventos: algo que es, existe, o sucede, y que hace que otro algo suceda. Un evento puede ser el resultado de más de una causa y puede darse el caso de que ninguna de ellas aisladamente puedan causar el evento. De la misma forma que es posible que un evento sea el resultado de más de una causa, pero podría bastar una de ellas para causarlo.

3.3 Mapas Cognitivos

Los mapas cognitivos son una herramienta para representar el conocimiento científico social, esta permite crear modelos de sistemas más complejos donde un modelo matemático exacto no es posible utilizar debido a la complejidad del sistema. Es una herramienta útil para quien pretenda estructurar un problema, discutirlo con otros, y ayudar a decidir sobre ese problema. Los componentes de los mapas cognitivos son:

Conceptos: variables que pueden poseer valores las cuales representan una idea y su contrario.
Relaciones: Indican como los conceptos se afectan unos con otros.

Podemos encontrar cinco diferentes familias de mapas de representación de conocimiento que están

relacionadas con distintas perspectivas sobre los procesos cognitivos y el nivel de profundidad resultante de los distintos abordajes.

- Mapas de asociación y ordenamiento al nivel de los conceptos: Son mapas donde se busca enumerar (inventariar) conceptos u objetos considerados relevantes para el individuo en cuestión.
- Mapas de categorías de jerarquía entre conceptos: Son mapas donde se busca jerarquizar y disponer por dimensiones diferentes conceptos involucrados en el proceso de cognición.
- Mapas focalizados en relaciones de causalidad e influencia: Son mapas que pretenden ilustrar la dinámica de los procesos cognitivos en base a las relaciones de causalidad o influencia.
- Mapas de argumentación estratégica: Son mapas donde se hace referencia y pesan los argumentos a favor o en contra de una determinada vía. En este tipo de mapas se busca capturar las estrategias seguidas por el individuo, así como las dinámicas del tipo acción-reacción implícitas en ellas.
- Mapas interpretativos: Son mapas donde se busca exponer las estructuras de análisis que explican el raciocinio de los individuos en estudio.

3.4 Representación de Mapas Cognitivos

Normalmente, un mapa se caracteriza por tener un gran número de conceptos y conexiones, formando un ciclo de realimentación que dificulta su análisis sin recorrer a métodos elaborados.

Los mapas cognitivos pueden ser representados de forma gráfica (Grafos dirigidos), tal que los conceptos son conectados por flechas, o a través de una matriz de conexión en que la intersección de cada par de conceptos indica la relación existente entre ellos (Matriz de conexión)

3.5 Mapas Cognitivos Difusos (MCD)

Una extensión de Los mapas cognitivos son los mapas cognitivos difusos, estos fueron presentados inicialmente como mecanismos difusos y permite

deducir información sobre la importancia de los conceptos implicados en el problema e identificar cuáles son los verdaderos argumentos involucrados. Sin embargo, la noción de difuso en la ejecución de un MCD se limita al hecho de que los conceptos y las relaciones pueden tener valores continuos, no existiendo ningún mecanismo de inferencia difusa asociado a la ejecución de los MCD.

3.6 Arquitectura de un MCD

Los MCD, están compuestos por conceptos y relaciones. Hay que resaltar que el único tipo de relación entre conceptos que es permitido por un MCD es la causalidad, por lo que el nombre más adecuado para un MCD sería de Mapa Causal Difuso y no de Mapa Cognitivo Difuso. Los MCD son mecanismos iterativos. Como tal, cada iteración simula el paso de un intervalo de tiempo determinado en el sistema modelado, y el valor de cada Concepto en la iteración actual es calculado a partir de los valores de sus conceptos antecedentes en la iteración anterior.

4. DISEÑO

4.1 Diseño de la interfaz multicapa

Es necesario conectar de alguna forma un mapa que representa el primer nivel con el mapa del segundo nivel de mi sistema multicapa.

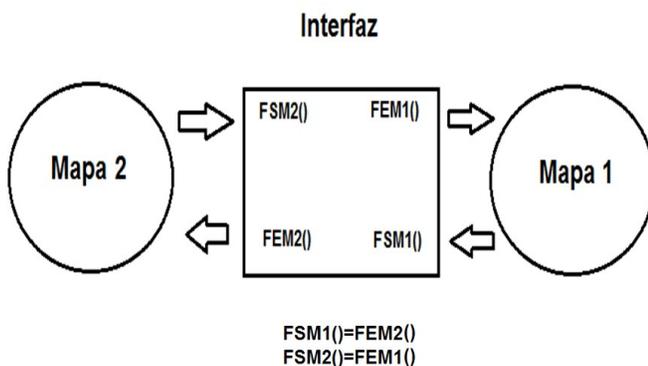


Figura N° 1: Interfaz del sistema multicapa

El módulo principal de la aplicación es la interfaz; esta se encarga de realizar todo el proceso de cálculo y comunicación entre los mapas. Ella utiliza como base dos funciones, una de entrada y otra de salida. La de salida de un mapa será la entrada del otro, como se muestra en la figura 1.

La interfaz ofrecerá al usuario tres maneras de realizar la comunicación o relación entre los distintos mapas. Estas reglas pueden ser las siguientes:

- ✓ **Reglas difusas:** Le permite al usuario utilizar lógica difusa para describir la relación entre los distintos mapas.
- ✓ **Conexiones:** el usuario puede establecer directamente los pesos de las conexiones entre los conceptos de cada mapa.
- ✓ **Ecuaciones Matemáticas:** El usuario puede utilizar ecuaciones matemáticas como reglas para describir la relación entre los distintos mapas.

4.2 Modificación en la función que se encarga de calcular el estado actual de un concepto.

Para construir este sistema multicapa se requiere modificar la ecuación que permite calcular el estado actual de un mapa cognitivo, se le debe integrar la función generada por la interfaz a partir de las reglas que describen la relación entre los mapas.

$$C_m(i+1) = S \left[\sum_{k=1}^N w_{m,k} \cdot C_k(i) \right] + F(mp);$$

Donde:

$C_m(i+1)$ = Indica el valor del concepto en la siguiente iteración.

N = Indica el número de conceptos.

$w_{m,k}$ = Indica el valor de la relación causal que imparte el concepto C_k sobre el concepto C_m .

$S(y)$ = Función utilizada para normalizar el valor del concepto.

$F(mp)$ = función de entrada del mapa generada por la interfaz.

4.3 Diseño del algoritmo central del sistema multicapa

Es el algoritmo principal de la aplicación y se encarga de la ejecución de todo el sistema multicapa. Se describe de la siguiente manera:

- Repita mientras el MCD1 y MCD2 no converjan globalmente o alcance el máximo de iteraciones.

- Repita mientras MCD1 no converja o alcance el máximo de iteraciones.
- Repita mientras MCD2 no converja o alcance el máximo de iteraciones.
- Invocar Interfaz.

MCD1= Mapa cognitivo difuso 1

MCD2= Mapa cognitivo difuso 2

4.4 Diseño de integración de Java con Octave.

Para lograr crear reglas del tipo ecuación y lógica difusa se requiere de una herramienta matemática para realizar los cálculos, en este proyecto se decidió utilizar octave. En la figura 2 se muestra un diagrama de cómo funcionara la integración

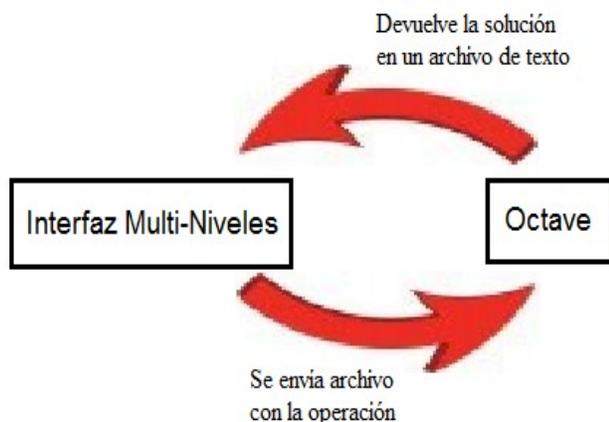


Figura N° 2: Integración Octave y el sistema.

En la interfaz se establecen las reglas y son almacenadas en un archivo, la extensión del fichero dependerá del tipo de regla (.txt para ecuaciones y .fis para lógica difusa), luego es enviado a octave para que se realicen los cálculos y una vez termina el proceso, se guarda la solución en un archivo con extensión txt que luego será utilizado por la interfaz para continuar con la simulación.

4.5 Módulos a modificar en la herramienta FCM Designer

Para lograr integrar la opción de diseño MCD a un nivel multicapa sin perder las demás funcionalidades actuales de la herramienta (FCM Designer) se deben realizar modificaciones a las siguientes clases.

MapWindow: Esta clase es la que encarga de crear y mostrar todos los componentes visuales de la herramienta FCM Designer, aquí se debe incorporar un mecanismo que permita acceder a la ventana de MCD multicapa.

Map: Esta clase se encarga de almacenar y proporcionar toda la información referente a un MCD ya sea estático o dinámico, para lograr diferenciar un mapa de otro en el sistema multicapa se debe integrar en este módulo una variable que identifique al mapa.

RunFCM: Esta clase se encarga de ejecutar un MCD (estático o dinámico), establece el máximo de iteraciones y asigna el tipo normalización. Para ejecutar un mapa estático utiliza el método **runStatic** de lo contrario cuando se trata de uno dinámico utiliza el **runDynamic**.

En esta clase se debe incorporar un método que permita identificar el concepto que va a ser afectado por los valores de la interfaz y devolver el peso obtenido de la regla. Los métodos **runDynamic** y **runStatic** deben ser modificados de tal manera que acepten los valores de la interfaz siempre y cuando el sistema se multicapa.

5. IMPLEMENTACION

Es necesario realizar modificaciones al sistema actual así como también implementar todas las clases requeridas para lograr la opción de mapas multiniveles, en la figura 3 se muestra un diagrama con dichos cambios.

Las clases que se encuentran en azul son las que tenía el sistema inicialmente y no han sido cambiadas, las que están en verde son las nuevas y estas son las que permiten ejecutar los mapas a un nivel por capas y las amarillas pertenecen al modelo inicial y fueron modificadas para lograr un correcto funcionamiento de la opción multicapa.

La clase **Map** es la encargada de modelar un mapa, en ella se agregó un nuevo atributo denominado **idMap** el cual permitirá identificarlos en el sistema multicapa.

Otro de los mecanismos que fue modificado es **RunFCM** el cual se encarga de ejecutar los mapas, en este se integraron algunas funciones que permiten tomar en cuenta los valores generados por la interfaz multicapa al momento de actualizar un concepto,

siempre y cuando se esté trabajando con un sistema multiniveles.

manera normal y muestra en conjunto el resultado final de ambos.

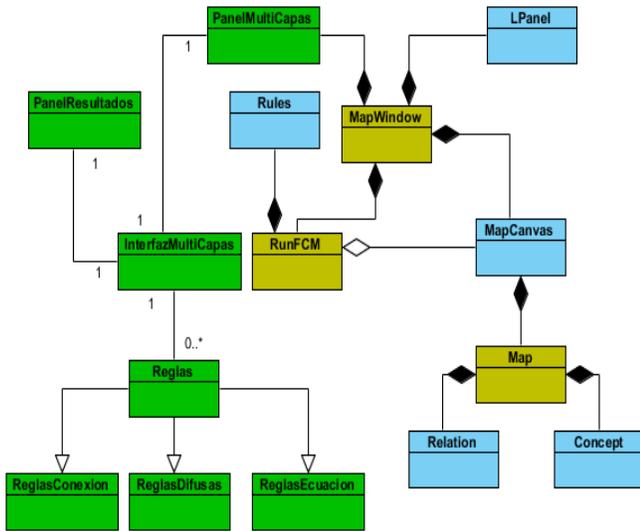


Figura N° 3: Diagrama UML del sistema con sus respectivas modificaciones

MapWindow es el panel principal del sistema y entre uno de sus componentes se encuentra la barra de menú, en este se agrego una opción que le permite al usuario ir a la vista multi-capas ver figura 4.

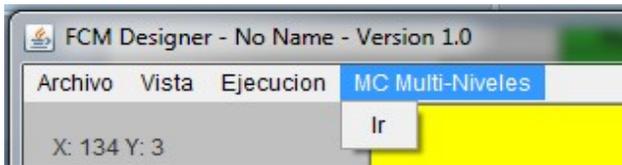


Figura N° 4: Nuevo menú de la aplicación

La clase InterfazMultiCapas es el mecanismo central del sistema multicapas y se encarga de ejecutar el algoritmo principal, que es quien decide cuando se detiene la simulación, sus atributos principales son: una lista por cada tipo de regla, un máximo de iteraciones, una lista que almacena el valor de los conceptos en la iteración actual y los mapas de cada nivel con sus respectivos algoritmos de ejecución. Cuando existen conexiones entre los componentes de los distintos mapas, es esta clase la que se encarga de actualizar la información de los conceptos con el valor obtenido de la interfaz. Si por el contrario no existen conexiones, esta clase simplemente ejecuta los mapas por separado de

La clase PanelMultiCapas Es la ventana principal de la opción multi-capas y sus atributos principales son: los paneles que muestran la información de cada mapa, un cuadro de información que almacena el máximo de iteraciones y una serie de botones que me permiten iniciar la simulación, ir a la vista de reglas y salir de esta ventana. En la figura 5 se muestra su diagrama UML.

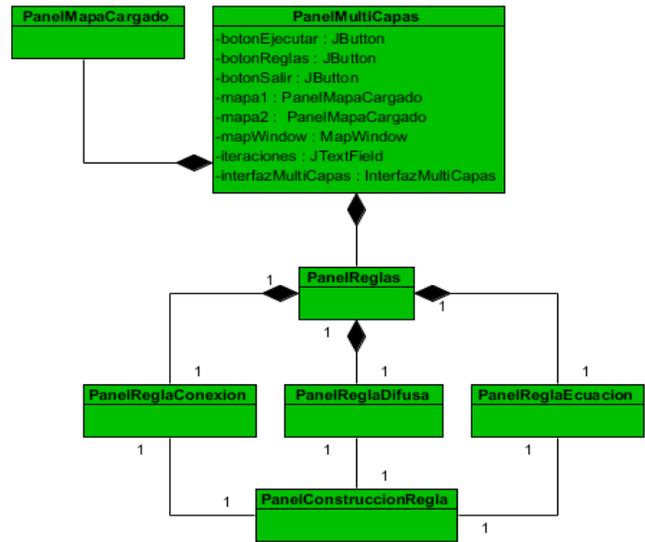


Figura N° 5: Diagrama UML para la clase PanelMultiCapas.

La clase PanelMapaCargado es la encargada de crear el panel que le permite al usuario configurar las condiciones de un mapa, se divide en 2 regiones, en la superior se muestran una serie de componente que se encargan de cargar y visualizar el mapa y en la inferior se encuentran los elementos que establecen los parámetros de ejecución del mapa (iteraciones y tipo de normalización).

PanelReglas es una clase que se encarga de crear el panel de reglas, este se divide en tres categorías, una para cada tipo de regla.

La clase PanelReglaConexion crea el panel para la construcción de reglas de conexión, se divide en dos regiones, en la izquierda se muestra una lista con las reglas actuales y en la derecha se encuentra los componentes necesarios para establecer la condición de la regla.

PanelReglaEcuacion es la clase encargada de establecer el panel de reglas de ecuaciones, este se divide en dos regiones, en el de la derecha se encuentran una serie de componentes necesarios para crear las reglas, entre estos tenemos los campos que permiten crear las ecuaciones y variables asociadas a la fórmula, en la región izquierda se muestra la lista de reglas actuales.

La clase **PanelReglaDifusa** se encarga de crear el panel de reglas difusas, en la región izquierda se encuentran los componentes necesarios para crear una regla de este tipo, entre sus elementos tenemos: el botón que permite cargar el archivo con la información de la regla difusa y un panel en el que se agregan las variables de entrada de dicha regla, por otro lado en la región derecha se muestra una lista con las reglas creadas. Aquí se establecen las condiciones de la simulación es decir: se cargan y configuran los mapas, se establecen las reglas, el máximo de iteraciones y se da inicio a la simulación.

Para mostrar los resultados de la simulación ya sea porque se completó el máximo de iteración o el sistema convergió se crea una clase denominada **PanelResultados**, esta toma la información generada por la interfaz y la muestra conjuntamente en una matriz de resultados, para visualizar los valores de las relaciones se incorporó un botón que muestra un panel con el mapa final.

6. CASOS DE ESTUDIO

6.1 Wikipedia

Se define MASOES como una arquitectura multiagente para sistemas emergentes y auto-organizados. Esta arquitectura permite la posibilidad de modelar un sistema emergente y auto-organizado a través de una sociedad de agentes [5].

Se propone, un método de verificación para MASOES basado en el paradigma de la sabiduría de las multitudes y los mapas cognitivos difusos (MCDs), para comprobar el cumplimiento de las especificaciones de diseño y los criterios de verificación que se establecieron tales como: densidad, diversidad, independencia, emotividad, auto-organización y emergencia, entre otros. Finalmente, los dos modelos que se proponen en MASOES: el modelo multiagente inicial y el modelo con MCDs basado en ese modelo multiagente inicial se complementan mutuamente. Esto significa que es

posible hacer pruebas en el modelo multiagente a través del meta-modelo basado en MCDs. Ello representa una alternativa novedosa para estudiar, probar, verificar o validar la auto-organización y emergencia en sistemas complejos y hacer pruebas en el modelo multiagente, ya que es difícil hacerlas en este tipo de sistemas directamente por el nivel de incertidumbre y complejidad que manejan.

Se presenta el caso de estudio de Wikipedia para verificar la utilidad de la herramienta. Wikipedia es una enciclopedia de contenido libre que todos pueden editar. Esta enciclopedia es el resultado de un trabajo colectivo, donde cada artículo es el producto de múltiples contribuciones, que son mejoras y extensiones de un borrador inicial. En este caso de estudio, se caracterizan los componentes y procesos involucrados a nivel individual y colectivo en Wikipedia.

6.1.1 Definiendo los conceptos vinculados a las propiedades emergentes y auto-organizadas involucrados en el MDC del nivel I para Wikipedia se tienen:

- Densidad: En Wikipedia, cada artículo es producto de múltiples contribuciones de una gran masa crítica de participantes, que garantizan la calidad del contenido generado. El nivel de participación de cada uno de los agentes está dado por el número de contribuciones realizadas.

- Diversidad: Se observa en los diferentes agentes que participan, tanto en la creación, revisión y mantenimiento del contenido como en la gestión de la plataforma que soporta a Wikipedia. Puede participar cualquier persona experta o no, lo que garantiza una gran diversidad de ideas y opiniones.

- Síntesis: La formación de redes sociales en Wikipedia, sus normas y reglas (para la edición e interacción social), y el contenido logrado con altos niveles de calidad, es el resultado de un proceso de agregación y depuración colectivo generado a partir de la participación intensa de un gran número de agentes.

- Independencia : Cada wikipedista que participa en el proceso de generación de contenido en Wikipedia, se integra inicialmente de acuerdo a sus conocimientos, capacidades, objetivos, e intereses particulares.

- Emotividad : Es medida por el grado de satisfacción de los wikipedistas de acuerdo a la actividad realizada, y es influida por los reconocimientos o sanciones obtenidas por sus contribuciones.

- Auto-Organización : Wikipedia posee la capacidad de auto-organizarse, siendo posible que un gran grupo de personas logren de forma colectiva y descentralizada, a través del seguimiento de reglas bien definidas y una herramienta sencilla (la tecnología wiki).

- Emergencia: Es posible gracias al esfuerzo colectivo de colaboradores en todo el mundo, que de forma voluntaria han contribuido con la redacción de miles de artículos que pueden ser modificados por cualquier persona con acceso a Internet.

6.1.2 Definición de los conceptos arquitectónicos involucrados en el MCD del nivel II para Wikipedia

- Número de Agente: El número de agentes que intervienen en la elaboración de un artículo depende de la complejidad del tema planteado. Así, la participación en los foros de discusión sobre un tema y la edición del mismo estará limitada a los especialistas en el tema planteado, lo que puede significar niveles muy diferentes de participación.

- Tipo de Comportamiento Agente: Los wikipedistas experimentan diversos tipos de comportamientos en función de las tareas desarrolladas y el rol desempeñado, lo que permite encontrar comportamientos reactivos, cognitivos e imitativos.

- Interacción Directa: La interacción directa en Wikipedia es poco común con respecto a las interacciones indirectas. Se presenta cuando surgen conflictos sobre el contenido y edición de un artículo.

- Interacción Indirecta: Son las interacciones más comunes dentro de Wikipedia, y se establecen a través del conocimiento generado, entre quién lo produce y quién lo corrige, complementa o usa, para satisfacer sus propias necesidades de información.

- Mecanismo Retroalimentación Positiva: Los mecanismos de retroalimentación positiva promueven la creación de estructuras y cambios en la Wikipedia.

- Mecanismo Retroalimentación Negativa: La aplicación de normas de comportamiento y participación dentro de Wikipedia evidencia la búsqueda de equilibrio en el sistema, ejemplo de ello son los mecanismos de castigo y sanciones utilizados, tales como el bloqueo de wikipedistas y/o páginas por vandalismo.

- Mecanismo de Agregación: Wikipedia usa una herramienta llamada wiki que permite a cualquiera editar un documento por medio de un sistema de texto estructurado. Todos los tipos de página existentes son agregados a través de esta herramienta

6.1.3 Definición de los conceptos arquitectónicos involucrados en el MCD del nivel III para Wikipedia

- Componente Reactivo: Representa las reacciones generadas a partir de estímulos dejados por otros miembros de la Wikipedia.

- Componente Cognitivo: Es posible lograr un buen nivel de aprendizaje a través del trabajo colaborativo, generado a partir del esfuerzo individual de un gran número de agentes, que siguiendo metas comunes del grupo de trabajo, hacen posible el logro de artículos de alta calidad.

- Componente Conductual: Las decisiones tomadas por cada wikipedista determinan el tipo de comportamiento asumido ante una situación dada. Así, un administrador puede experimentar distintos comportamientos de acuerdo al rol asumido en determinado momento.

- Componente Social: El seguimiento de reglas y políticas dentro de un grupo de trabajo colaborativo como Wikipedia, resulta indispensable para el manejo de las interacciones sociales dadas dentro de las comunidades y grupos formados.

- Tipo de Emoción: Las emociones que experimente un agente en un momento dado dentro de la Wikipedia están determinadas por las decisiones tomadas por el agente, o la comunidad, ante una situación dada.

De forma general podemos observar como el Nivel I se encarga de las tareas de agregación y

coordinación de contenido y el Nivel II se encarga del mantenimiento y la verificación de los contenidos.

En [5] estaba teóricamente separado en mapas de tres niveles, pero en la simulación que realizaron generaron un mapa cognitivo de un solo nivel con todos los conceptos en ese mismo nivel, usando la herramienta FCM Designer .

A modo de prueba de la extensión de mapas multinivel de la herramienta FCM Designer, tomamos el mapa de un solo nivel de Wikipedia y los separamos en dos mapas, en el Mapa I agrupamos los conceptos que teóricamente se ubicaban en el Nivel I y en el Mapa II agrupamos los conceptos que teóricamente se ubicaban en los niveles II y III, los cuales se pueden observar en las figuras N°6 y N°7 respectivamente.

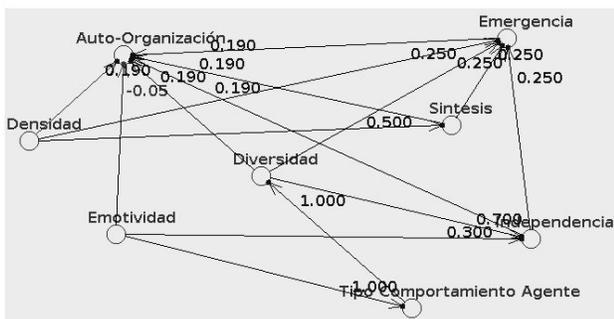


Figura N° 6: Mapa de Nivel I Wikipedia

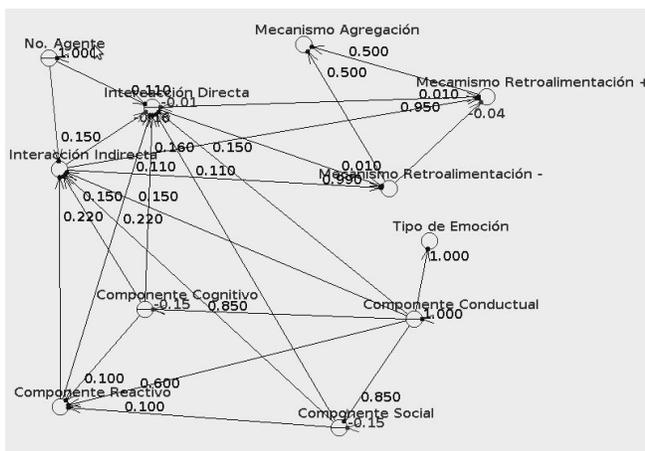


Figura N° 7: Mapa de Nivel II Wikipedia

La conexión de los dos niveles se realiza mediante reglas de conexión directa en las que se define el concepto de origen, el concepto de destino y el peso de la conexión. Se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Concepto Origen	Peso	Concepto Destino
Síntesis	0,110	Interacción Direc.
Síntesis	-0,160	Interacción Ind.
Mec. Agregación	0,500	Síntesis
Tipo de Emoción	1,000	Emotividad
Interacción Direc.	0,100	Densidad
Interacción Ind.	0,566	Densidad
Nro. Agentes	0,333	Densidad

Tabla 1: Reglas de conexión.

La interfaz del sistema es la que se encarga de realizar todo el proceso de conexión entre los dos mapas, para lograr esto toma como información los valores que se encuentran en la Tabla 1.

6.2 RadioTerapia

La radiación oncológica es el esfuerzo clínico y científico para curar a los pacientes con cáncer utilizando radiación ionizante e investigar las bases biológicas y físicas de la terapia de radiación. El objetivo de la radioterapia es administrar una dosis calculada de radiación a un volumen tumoral que permita el mínimo daño posible al tejido sano, dando como resultado la erradicación del tumor, que significa alta calidad de vida, y la prolongación de la supervivencia a un costo razonable. [1]

Un MCD hace evidente la relación de causa y efecto entre los diversos factores que determinan las dosis de radiación, manteniendo en un nivel mínimo y al mismo tiempo tener el mejor resultado en la destrucción de tumores, con lesiones mínimas a los tejidos y órganos sanos en situación de riesgo.

Este modelo de decisión basado en el conocimiento y la experiencia humana, consiste en una estructura jerárquica de dos niveles con un MCD en cada nivel que crea un avanzado sistema de decisión. El MCD de nivel inferior tiene 33 conceptos y planifica el tratamiento, teniendo en cuenta todos los factores, variables e influencias. El MCD de nivel superior tiene 6 conceptos y planifica el

procedimiento de ejecución del tratamiento y calcula la dosis final durante el proceso de radiación. Estos dos niveles se relacionan por medio de una interfaz de reglas difusas.

Esta propuesta de dos niveles parece un enfoque bastante realista para el proceso de toma de decisiones en la terapia de radiación. Con este avanzado sistema de toma de decisiones, se puede simular un buen número de tratamientos, teniendo en cuenta muchos factores difusos y así decidir si su selección es aceptable o no para un caso específico.

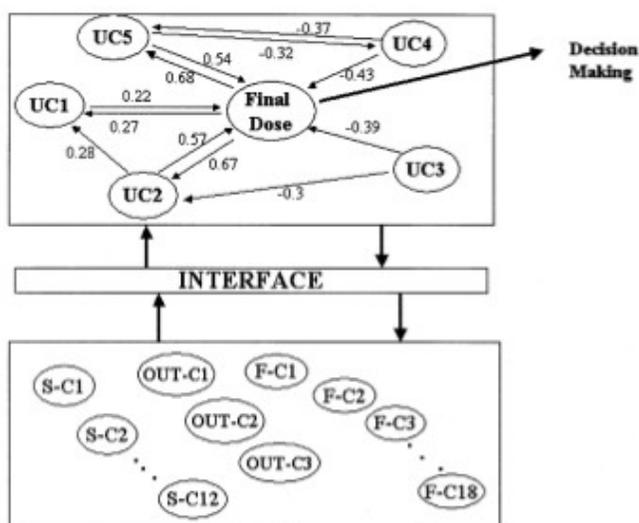


Figura N° 8: Mapa Cognitivo a dos niveles para el caso de estudio de Radioterapia

Las siguientes reglas difusas definen la conexión de los dos mapas:

IF value of OUT-C1 is very high AND values of (OUT-C2 AND OUT-C3) are very low, THEN value of UC2 is very high.

IF value of OUT-C1 is the highest AND values of (OUT-C2 AND OUT-C3) are the lowest, THEN value of UC2 is highest.

IF value of OUT-C1 is high AND values of (OUT-C2 OR OUT-C3) are low, THEN value of UC2 is high.

IF value of OUT-C1 is very high AND values of (OUT-C2 OR OUT-C3) are low, THEN value of UC2 is high.

IF value of S-C3 is very low AND values of (S-C7 AND S-C9 AND S-C10) are very high, THEN value of UC3 is high.

IF value of S-C3 is very low AND values of (S-C7 AND S-C9 AND S-C10) are the highest, THEN value of UC3 is very high.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Wikipedia

Haciendo un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el artículo de donde se tomó el ejemplo de Wikipedia en Inglés, donde se diseñó un mapa de un sólo nivel se muestran que al estabilizarse el MCD instanciado, el sistema alcanza un nivel de auto-organización de 82% y de emergencia de 93%. Cabe señalar que el número de interacciones directas está en un estado bajo (0.29), las interacciones indirectas (0.87), el componente reactivo (0.95), cognitivo (0.74) y social (0.74) en un estado alto, pero con mayor valor el componente reactivo. También, la calidad de los mecanismos de retroalimentación negativa (0.87) es mayor a los de retroalimentación positiva (0.79), esto indica que en la Wikipedia en inglés se realizan más acciones correctivas y de borrado (retroalimentación negativa) que acciones de adición o generación de contenidos (retroalimentación positiva), esto explica la alta calidad de los contenidos generados. Los usuarios registrados de la Wikipedia en inglés se dedican menos a la generación o adición de contenidos (40%) (páginas de artículos) que a las acciones correctivas, de borrado o discusión (60%) (suma de las otras páginas). Estos resultados corresponden con la figura N°9.

Luego de estudiar el problema y plantearlo como un mapa cognitivo de dos niveles como se mostró en los casos de estudio, se realizó una simulación donde se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla 2 y en la figura N°10, donde claramente se puede ver que los resultados finales que se obtienen en un mapa cognitivo de dos niveles son los mismos que se observan en la simulación de un mapa cognitivo de un solo nivel para el mismo experimento. La diferencia que resalta es que en un mapa de dos niveles los valores se estabilizan más rápidamente.

Auto-Org.	Emergencia	Densidad	Emotividad	Diversidad	Síntesis	Indep.
0	0	0	0	0	0	0
0,865925	0,97150004	0,92399997	1	1	0,962	1
0,8252174	0,9286499	0,86202645	1	1	0,85257316	1
0,8221448	0,92541564	0,8571376	1	1	0,84452486	1
0,82191885	0,92517775	0,8567781	1	1	0,84393287	1
0,8219022	0,9251603	0,8567516	1	1	0,84388936	1
0,821901	0,925159	0,8567497	1	1	0,84388614	1
0,8219009	0,92515886	0,8567496	1	1	0,8438859	1
0,8219009	0,92515886	0,85674953	1	1	0,8438859	1

Tabla 2: Resultados Wikipedia en Inglés Mapa Cognitivo Multinivel.

Mec. Ret. -	Tipo Emocion	Comp Social	Comp Cognit	Comp Reac.	Comp Cond
1	1	0,5	1	1	1
0,88159394	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1
0,86986965	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1
0,86900735	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1
0,868944	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1
0,8689393	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1
0,8689389	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1
0,86893886	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1
0,86893886	1	0,73913044	0,73913044	0,9478261	1

Tabla 2: Resultados Wikipedia, Continuación.

Tipo Comp. A	Nro de Agente	Interacción D.	Mec. Agreg.	Mec. Ret. +	Interacción I.
1	1	0,25	1	1	1
1	1	0,26520285	0,84311986	0,8046462	0,88782
1	1	0,28444466	0,83191204	0,79395443	0,875783
1	1	0,28585985	0,8310877	0,793168	0,8748977
1	1	0,28596395	0,83102715	0,79311025	0,87483263
1	1	0,28597164	0,8310226	0,793106	0,87482786
1	1	0,2859722	0,83102226	0,79310566	0,8748275
1	1	0,28597224	0,83102226	0,7931056	0,87482744
1	1	0,28597224	0,83102226	0,7931056	0,87482744

Tabla 2: Resultados Wikipedia, Continuación.

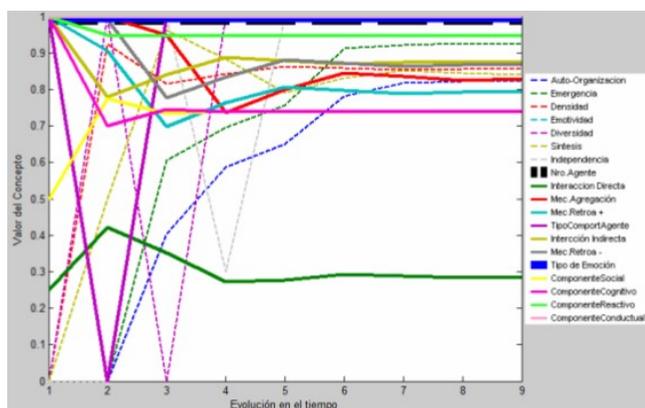


Figura N° 9: Resultados obtenidos para Wikipedia en Inglés, Mapa de un nivel

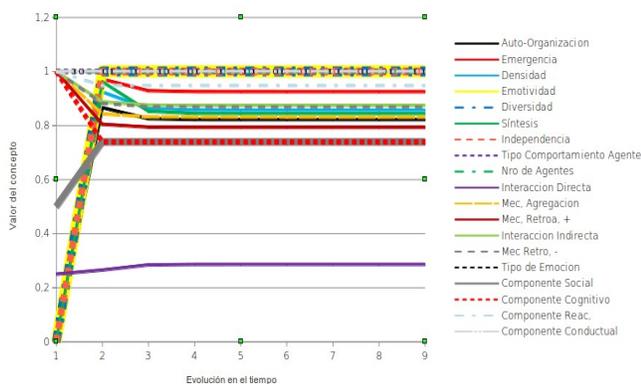


Figura N° 10: Resultados obtenidos para Wikipedia en Inglés, Mapa multinivel

7.2 RadioTerapia

Para el problema de la radioterapia [1], se procedió como se planteó en la sección de casos de estudio, se construyó el mapa cognitivo con dos niveles como está planteado con la herramienta MCD Designer [2], se construyeron las reglas difusas y se definieron los conjuntos difusos en octava para ejecutarlos desde la aplicación pero aun contando con estas herramientas los resultados no fueron concluyentes porque el problema no tenía fijado de forma clara todos sus parámetros en el artículo del cual obtuvimos la propuesta [1].

Sin embargo la herramienta es completamente funcional si se cuenta con todo el diseño de el problema a simular.

8. CONCLUSIONES

En este trabajo se estudió principalmente [4] para comprender el funcionamiento de la herramienta base, mediante el desarrollo del mismo se comprendió mejor la importancia que tienen los mapas cognitivos a la hora de modelar tareas o procesos complejos.

La extensión de mapas cognitivos multicapa se logró en su totalidad, se estudiaron casos para prueba como el de Wikipedia y el de Control del proceso de Radioterapia que demuestran las distintas funcionalidades que se tiene y la utilidad de la herramienta para futuros trabajos a desarrollarse.

Los casos de estudio presentados son complejos, se muestran forma simplificada y aunque en uno de los casos no se obtuvieron resultados del todo concluyentes, se puede mejorar replanteando el diseño del caso de estudio.

9. REFERENCIAS

- [1] An Integrated Two-Level Hierarchical System for Decision Making in Radiation Therapy Based on Fuzzy Cognitive Maps, Elpiniki I. Papageorgiou, Chrysostomos D. Stylios*, Member, IEEE, and Peter P. Groumpos, Member, IEEE
- [2] The FCM Designer Tool, Aguilar Jose and José Contreras
- [3] THE USE OF FUZZY COGNITIVE MAPS IN MODELING SYSTEMS, Chrysostomos D. Stylios, Voula C. Georgopoulos* and Peter P. Groumpos
- [4] APLICACIÓN DE MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS DINÁMICOS EN TAREAS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL, Aguilar Jose y José Contreras.
- [5] MODELADO MULTIAGENTE PARA SISTEMAS EMERGENTES Y AUTO-ORGANIZADOS, Perozo Niriaska, Aguilar Jose Theraulaz Guy, Terán Oswaldo.