

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Ingeniería y gestión de software | Inteligencia artificial
Recibido: 20/11/18 | Aceptado: 30/01/19 | Publicado: 25/09/19

Mapas cognitivos con operaciones de números borrosos para determinar el impacto de los riesgos en el tiempo de desarrollo de proyectos

Cognitive maps with fuzzy numbers operations to determine the impact of the risks in the project development time.

Neysis Hernández Díaz ^{1*}, Frank Alain Castro Sierra ¹

¹ Departamento Ciencias Básicas. Facultad CITEC. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba. CP. 19370. nhernandez@uci.cu; fcastro@uci.cu;

* Autor para correspondencia: nhernandez@uci.cu

Resumen

Se propone un Modelo que permite realizar un análisis de la incertidumbre de los riesgos en proyectos de desarrollo de software, a partir del uso de las técnicas de modelado causal (Mapas Cognitivos Difusos), con las operaciones básicas de números borrosos. El modelo propuesto incluye la vista estática así como la descripción de cada uno de los elementos que lo componen siendo aplicable a la gestión de riesgos. Permite la estimación del impacto de un riesgo en el tiempo de desarrollo del proyecto con el uso de la lógica difusa y operaciones borrosas. Su aplicación en proyectos reales demuestra que se puede estimar la afectación de un riesgo en el tiempo de desarrollo en caso de incertidumbre.

Palabras claves: Mapa Cognitivo Difuso, riesgo, análisis, incertidumbre

Abstract

Model for the uncertainty analysis of risks in software development projects from the approaches posed by the use of causal modeling techniques (Fuzzy Cognitive Maps) with basic number operations blurred. The proposed model includes a static view and a description of each of the component parts being applicable to the management of risks and the likelihood and impact of each of the risks identified and analyzed during the project life cycle. It allows estimating the impact of a risk at the time of project development with the use of fuzzy logic and fuzzy operations for a possible risk assessment. Its application in real projects shows that we can estimate the effect on risk in development time in case of uncertainty.

Keywords: Fuzzy Cognitive Maps, risks, uncertainty

Introducción

Dentro de los factores que influyen en la desviación del cumplimiento de los objetivos de los proyectos se encuentran los eventos que pueden ocurrir o no, a estos se les denomina riesgos. Los riesgos surgen de la incertidumbre que rodea a las decisiones y a los resultados de las organizaciones debido a las estimaciones inadecuadas en los procesos de planificación (Julio & Gómez Flórez, 2012).

Según el libro **Project Resolution Benchmark** publicado por el **Standish Group** en mayo del 2018, aproximadamente el 29 % de los proyectos que se inician son completados con el alcance esperado, en el tiempo planificado y dentro del presupuesto asignado. El 52 % son completados con menor alcance, y/o sobrecosto y/o fuera de término. El resto de los proyectos (19 %) son cancelados antes de terminar (the standish group, 2018). Los fracasos son asociados a una incorrecta planificación de los mismos así como una ineficiente planificación y control de riesgos.

Por otra parte, en un estudio de eGovernment for Development (2016) de la Universidad de Manchester, se plantea que sólo el 15% de los proyectos son considerados exitosos, el 35% de los proyectos que se inician no se culminan y el 50% restante se consideran como fracaso parcial. En ese mismo informe se plantea que los principales factores del fracaso de los proyectos son (Anthopoulos & Reddick, 2016)

-Especificaciones y requerimientos cambiantes o incompletos, falta de involucramiento de usuarios, pocos conocimientos técnicos del equipo de proyecto, uso inadecuado de métodos y herramientas, expectativas poco realistas, falta de soporte gerencial, gestión de proyectos débil, lo que incluye no identificación de riesgos, falta de planificación, comunicación deficiente.

La mayoría de las herramientas, metodologías y modelos utilizados en la gestión de riesgos, se enfocan en centrar todos sus esfuerzos a otras áreas del conocimiento de la gestión de proyectos, disminuyendo importancia a la gestión de riesgos, pues el análisis cuantitativo que se realiza posee deficiencias, ya que no se toma adecuadamente la certidumbre de los riesgos, que son de por sí imprecisos, así como otros factores que son por su naturaleza difusos.

Materiales y métodos

En la figura 1 se muestra un modelo causal para el análisis cuantitativo de riesgos en los proyectos desarrolladores de software.

El modelo para el análisis cuantitativo del impacto de los riesgos con el uso de los Mapas Cognitivos Difusos (MCD, realiza un híbrido de la propuesta por (Lanzarini & Yanibello, 2013) en el desglose de cómo realizar los mapas cognitivos difusos, así como sus relaciones con un conjunto de actividades propuestas por el autor. El modelo propuesto presenta como principios y características la integración de distintas actividades relacionadas con la toma de decisiones apoyadas en MCD en un marco de trabajo único.



Figura 1: Vista Estática del Modelo

Características del modelo

El enfoque sistémico está presente en el modelo con el objetivo de obtener resultados sinérgicos a partir de la interacción e integración de los riesgos. Brinda capacidad a los decisores para obtener modelos causales en forma de MCD y la existencia del nivel de madurez necesario para lograr la toma de decisiones en caso de incertidumbre. En la figura 2 se muestra el flujo de trabajo para la obtención de un modelo causal de riesgos y en la figura 3 se describe el flujo de explotación del MCD.

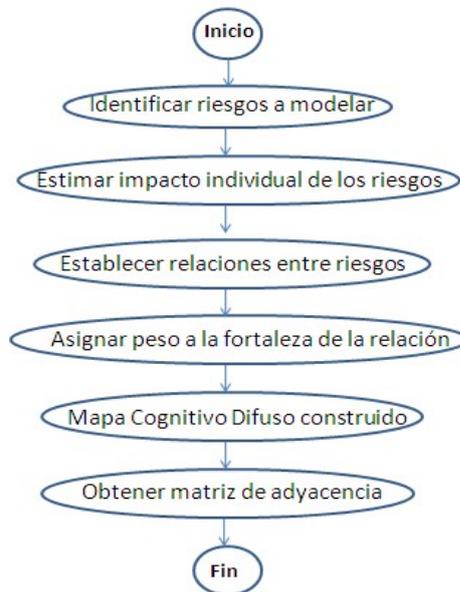


Figura 2: Flujo de trabajo obtención del modelo causal (MCD de riesgos)

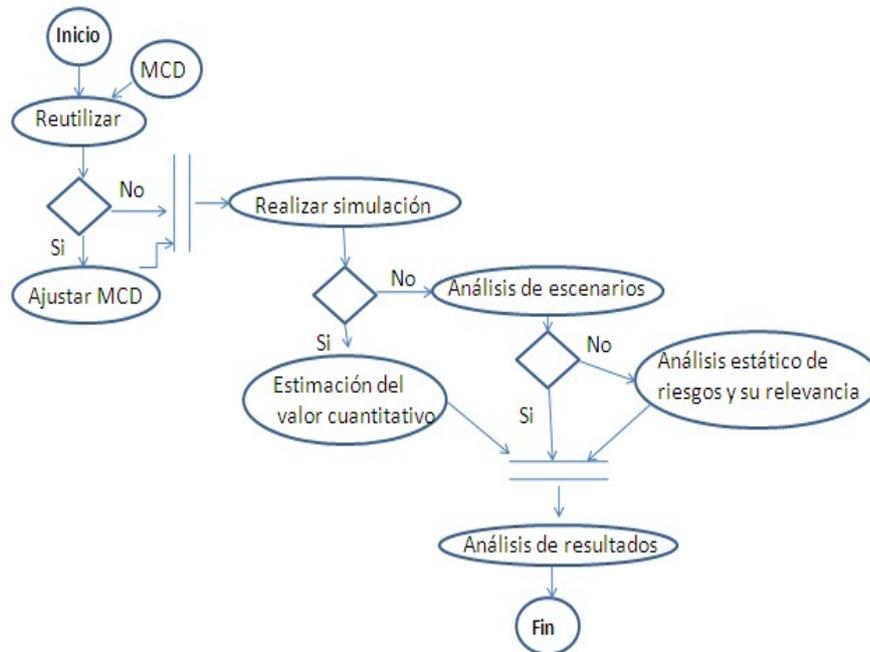


Figura 3: Flujo de trabajo Explotación del MCD de riesgos

Descripción de las actividades del Flujo de trabajo obtención del modelo causal (MCD de riesgos)

1- Identificar Riesgos a modelar.

-Para este primer paso se recomienda la participación de múltiples expertos, ya que pueden representar sus distintos puntos de vista. Se introducen cada uno de los riesgos con su nombre y descripción (lo que representa dentro del proyecto). En este caso son el conjunto de riesgos del proyecto los cuales fueron seleccionados por los expertos. Estos riesgos seleccionados serán las variables analizadas y a partir de las que confluirá todo el flujo de información dentro del MCD.

-Agregar a las variables de entradas, las variables de salida, en este caso la variable de salida será el tiempo. Del listado de riesgos, seleccionar los que serán modelados. Debe cumplirse que: $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$

- ✓ Los riesgos asignados sean $m \geq 2$ donde m es la cantidad de riesgos.
- ✓ El dominio de criterios R sea finito.

La tabla 1 muestra cómo deben introducirse los nodos, cada uno con su descripción.

Tabla 1: Descripción de los nodos

Nodo	Identificador del Riesgo	Descripción
N1	R1	Descripción que permita identificar el riesgo dentro del proyecto.
N2	R2	Descripción que permita identificar el riesgo resultante dentro del proyecto.
ND	Nodo de decisión	En el nodo tiempo sobre el que influyen los riesgos.

2- Estimar Impacto individual de los riesgos.

-La identificación de los riesgos a valorar, no es más que la selección específica de los riesgos identificados dentro del proyecto a lo largo del ciclo de desarrollo del mismo. Los expertos acceden a la base de conocimiento de donde serán extraídas.

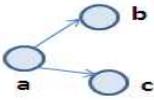
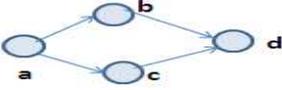
3- Establecer las relaciones entre riesgos.

-Se establecen las relaciones existentes entre las variables de entradas donde cuyas relaciones serán representadas con el uso de la influencia de un riesgo sobre otro.

-Se establecen las relaciones de las variables de entradas sobre los nodos de decisión (Variable de salida Tiempo).

-Las relaciones entre los nodos se representan por los bordes dirigidos. Los expertos establecerán la incidencia de un nodo sobre otro. En la tabla 2 se muestran los tipos de relaciones.

Tabla 2: Descripción de relaciones

Tipo de relación	Descripción	Representación
Relación Simple	Una relación sencilla, que implica que un riesgo incide sobre otro positivamente o negativamente.	 <p>Relación simple (a+b)</p>
Relación de transitividad	Un riesgo puede ser causa de otro que, a su vez, cause un tercero, y así sucesivamente. Se está ante un caso de múltiples riesgos intermediarios.	 <p>Relación de transitividad (a-c)</p>
Relación Causa Común	Un mismo riesgo puede generar riesgos diferentes, o sea las condiciones suficientes de un mismo riesgo pueden ser múltiples, con lo cual puede faltar uno determinado y producirse el efecto por otro.	 <p>Relación causa común (b y c causa común a)</p>
Relación Causa Común Remota	Riesgos distintos pueden producir el mismo efecto. Se está ante un caso típico de varias causas suficientes que no son necesarias para este efecto, él caso de diversas condiciones necesarias, incapaces de producir el efecto por sí mismas, pero suficientes cuando se asocian.	 <p>Relación causa común remota(entre a-b)</p>

4- Asignar peso a la fortaleza de la relación.

Los expertos denotan con una etiqueta lingüística el peso de la relación, posteriormente esta debe ser transformada al conjunto de números borrosos para ello busca la correspondencia, entre el estado de los riesgos y la función de pertenencia definida para tal propósito.

Los valores para fusificar la información de los riesgos que se utilizarán para establecer el peso de la fortaleza de las relaciones entre riesgos se muestran en la Figura 4.

El valor definido en el eje de coordenadas, identifica el valor de imprecisión revelado en términos lingüísticos asociados al concepto (la relación). El valor definido en el eje de las ordenadas, establece el grado de membresía que corresponde al valor definido en el eje de coordenadas.



Figura 4: Relaciones entre variables

Cuando los evaluadores emiten sus valoraciones respecto a los riesgos, si dos riesgos tienen igual valoración indica que ambos criterios son igualmente importantes y si un riesgo tiene mayor valor que otro significa que este primero es más importante. La etiqueta lingüística **No existe relación** indica la no afectación de un riesgo sobre otro, mientras que el valor más alto indica la máxima importancia para ese criterio, en este caso el resultado es **Extra Fuerte**.

Se determinan los pesos de cada uno de los arcos, así como el peso que ejercen los riesgos en el tiempo de desarrollo del proyecto, es un nodo más, pero es reconocido como el nodo de decisión. Determinar los pesos equivale a cuantificar la relación que existe entre un riesgo y otro. Entiéndase por peso de la fortaleza de la relación al valor que se le atribuye a la evaluación de un riesgo respecto al resto con una etiqueta lingüística.

Cuando se decide obtener esta información en números borrosos (a_1, a_2, a_3) es preciso ubicar la etiqueta lingüística donde corresponde haciendo uso de la Figura 4, lo que evidencia que tal etiqueta se puede encontrar según la fusificación dentro de cierto intervalo de incidencia.

5- Mapa Cognitivo Construido

Al tener las fuentes de información identificadas, las relaciones entre los riesgos y el peso de las mismas se procede a crear en un mismo gráfico todas las informaciones obtenidas previas a las actividades anteriores. El MCD de riesgos es la unión de todos los riesgos con sus respectivas relaciones, así como los pesos de las fortalezas de cada uno independiente. Cada uno de los expertos genera un mapa cognitivo difuso de riesgos el cual dará paso a la obtención de la matriz de adyacencia.

6- Obtener Matriz de Adyacencia correspondiente

Para analizar los procesos de decisión disponibles, se parte de la base de establecer lo que se conoce como la matriz de adyacencia que permite delimitar las diferentes guías o acciones que pueda tomar el experto. En este las celdas serán números borrosos. Una vez concluido el MCD se crea la matriz de adyacencia correspondiente, como existe un MCD por cada uno de los expertos implicados, esto trae consigo que existe una matriz de adyacencia por cada MCD creado y viceversa. La matriz de adyacencia posee 3 posibles relaciones causales, esta matriz de adyacencia depende de las etiquetas lingüísticas introducidos en los arcos.

Relaciones causales:

- ✓ $W_{i,j} > 0$: la relación existente entre los riesgos R_i y R_j indica una causalidad positiva. O sea que la relación es directamente proporcional, si ocurre un incremento (decremento) del riesgo R_i lo mismo sucede con el riesgo R_j .
- ✓ $W_{i,j} < 0$: la relación existente entre los riesgos R_i y R_j indica una causalidad negativa. Es decir, si ocurre un incremento (decremento) del riesgo R_i provoca en el riesgo R_j decremento (incremento).
- ✓ $W_{i,j} = 0$: indica la no relación entre los riesgos R_i y R_j .

Para este modelo no se tendrán cuenta las relaciones negativas, pues se asume que siempre existirá un impacto de un riesgo sobre otro debido a las amenazas que estos provocan dentro del proyecto.

Las relaciones pueden variar según el tipo de relación (simple, transitividad, causa común o causa remota), además también se tendrá en cuenta la influencia del riesgo sobre el indicador tiempo de desarrollo del proyecto, o sea que el mapa abordará las influencias de los riesgos sobre esta denotándolos con el uso de valores lingüísticos.

Para mejorar la fiabilidad del modelo final, resulta útil en la construcción de la matriz generalizada, integrar conocimientos de diferentes expertos con modelos mentales diversos, es por ello que cuando participa un conjunto de expertos (k) la matriz de adyacencia se formula a través de la media:

$$Mg = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_i \quad (1)$$

Donde:

Mg : Matriz de adyacencia generalizada

E_i : son las matrices de adyacencia creadas por los expertos que tributan a sus respectivos MCD.

E_i es una matriz compuesta por elementos borrosos en las filas y columnas correspondientes por lo que para efectuar la media es preciso sumar las matrices $E_1 + E_2 + \dots + E_i$ creadas por los expertos y luego hallar la media.

$$E_i = \begin{pmatrix} A_{i1} & \dots & A_{ij} \\ \dots & \dots & \dots \\ A_{i1} & \dots & A_{ij} \end{pmatrix}$$

$A_{ij} = ((a_1^{ij}, a_2^{ij}, a_3^{ij}))$ Donde $i = 1 \dots n$, $j = 1 \dots n$ e indican la fila y la columna en la cual se encuentra el elemento.

$$A_{ij_media} = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{ij}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{ij}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_3^{ij} \right] \quad (2)$$

	R1	R2	R3
R1	(No existe relación,0)	(Muy Alto,) α	(Bajo, α)
R2	(Bajo, α)	(No existe relación,0)	(Muy Alto, α)
R3	(Medio, α)	(Muy Alto, α)	(No existe relación,0)

Figura 4: Matriz Generalizada

α : es el error que se comete al aplicar el modelo 2-tuplas.

Se puede obtener la matriz de adyacencia generalizada en números borrosos:

	R1	R2	R3
R1	$((a_1, b_1, c_1), 0)$	$((a_2, b_2, c_2), 0.2)$	$((a_3, b_3, c_3), 0.1)$
R2	$((a_4, b_4, c_4), -0.07)$	$((a_5, b_5, c_5), 0)$	$((a_6, b_6, c_6), -0.02)$
R3	$((a_7, b_7, c_7), 0.01)$	$((a_8, b_8, c_8), -0.02)$	$((a_9, b_9, c_9), 0)$

Figura 5: Matriz generalizada con números borrosos

Descripción de las actividades del flujo de trabajo Explotación del MCD de riesgos

1- Reutilizar.

- a. La reutilización consiste en utilizar para una situación determinada una que ya ha sido generada con anterioridad, se selecciona el mapa que posee relaciones similares a la que se desea modelar.

2- Ajustar MCD

- a. Ajustar el MCD consiste en seleccionar las relaciones existentes entre los riesgos, tanto las direccionales como las bidireccionales, el peso de la relación establecida y eliminar las que no serán de utilidad.
- b. Se obtiene un nuevo MCD ajustado el cual a vez genera una nueva matriz de adyacencia.

3- Realizar simulación

- a. Los expertos definen un vector inicial, el cual representa el impacto de cada uno de los riesgos en ese instante inicial de la simulación representando el grado de aceptación de los riesgos y la compensación. Se pueden determinar distintos vectores que representen distintas combinaciones de compensación y aceptación del riesgo, los nodos de decisión en este vector toman valor cero.

Se establece un vector de impacto con todos los valores de las ponderaciones de los nodos para una situación determinada. **Vector impacto = [Muy Alto; Bajo; Medio; Alto; No existe relación]**

Con la matriz de adyacencia de la actividad anterior y el vector de impacto inicial definido se procede a modelar la situación. La información que se posee con etiquetas lingüísticas es transformada en números borrosos haciendo uso de la Figura 4.

$$\text{Vector de impacto} = [(a_1, b_1, c_1); (a_2, b_2, c_2); \dots; (a_n, b_n, c_n)]$$

La fórmula matemática para el proceso de simulación es la siguiente:

$$W^k = f(VI * Mg + W^{k-1}) \quad (3)$$

Donde;

W^k : Vector resultante luego de haber realizado el proceso varias iteraciones

VI : Vector de impacto (vector columna)

Mg : La matriz de adyacencia generalizada

W^{k-1} : Vector resultante de la iteración anterior

En el caso de W^0 es igual a VI , el proceso concluye cuando $W^k = W^{k-1}$

Se realiza la multiplicación del vector de impacto inicial por la matriz de adyacencia resultante la cual fue definida por la media de las matrices de adyacencias generadas por cada uno de los expertos más la relación causal de la iteración anterior, luego este resultado es multiplicado por la función de activación seleccionada para garantizar que el resultado esté normalizado, es decir entre 0 y 1, para lograr que sean iguales a los valores de entrada. Esta función es aplicada de forma individual sobre los componentes del producto de la matriz por el vector de impacto. La multiplicación de la matriz y el vector culmina cuando se obtiene el vector resultante en números borrosos.

Los MCD conllevan una técnica iterativa donde cada riesgo modifica su valor. En cada iteración se simula el paso correspondiente a un intervalo de tiempo determinado y el valor de cada riesgo en la iteración actual es calculado a partir de los valores de sus conceptos antecedentes en la iteración anterior. Debido al carácter iterativo del procedimiento, el sistema representado por un MCD evoluciona a lo largo del tiempo hacia nuevos estados, es decir que, a partir de un estado inicial dado por un vector R_0 cuyas componentes son los valores de los conceptos $R_0 = \{R_1 \ R_2 \ R_3 \dots R_n\}$, se llega a un nuevo estado y a semejanza del sistema real, podrá o no converger a un estado o ciclo de estados de equilibrio.

De esta forma, en un MCD el valor de cada riesgo representado en el mapa depende del nivel de sus antecedentes en la iteración anterior, y es calculado por medio de una suma de productos a la que se le aplica una función de salida. La relación entre un concepto y sus antecedentes es modelada por un arco que los vincula y que tiene asignado un peso que establece la intensidad de la influencia de un riesgo sobre el otro. En este trabajo los nodos adoptarán sólo dos valores posibles, 0 ó 1 reservándose el término difuso para los valores de las aristas donde cada arco tiene asociado un peso cuyos valores se distribuyen en el intervalo $[-1, 1]$.

Se ha considerado el empleo de las funciones (Sigmoide y Tangente Hiperbólica) de tal forma que los cambios de estado se hagan de forma continua y con resultados más detallados sobre el estado final de los factores que intervienen en el ambiente a evaluar.

El algoritmo de ejecución consiste en obtener el estado inicial del mapa $R_0 = \{R_1 \ R_2 \ R_3 \dots R_n\}$ que no es más que la simulación de un escenario inicial de una situación acerca de los riesgos. Mientras el sistema no converja se obtendrán valores de las relaciones mediante $W^{k,j} = df_{i,j}(W^{k-1})$ donde $df_{i,j}$ es la función de ajuste para la relación W^k .

Este proceso finaliza hasta que el vector resultante sea igual al anterior. Una vez ejecutada la situación se obtiene el vector resultante basado en los distintos niveles de activación generados por la función de activación escogida, si la convergencia no llegase a producirse se puede realizar un ajuste del parámetro λ en la función de activación seleccionada. En este caso las funciones serán (Sigmoide y Tangente Hiperbólica) (Llano & Hoyos, 2007).

Si al realizar el ajuste del parámetro λ en cualquiera de estas dos funciones de activación se escoge un valor próximo a 5 se puede obtener un buen grado de normalización. Se muestra un ejemplo en la figura 6.

Iteración 0	Iteración 1	Iteración 2	Iteración 3
(0,0.17,0.33)	(0.18,0.52,0.40)	(0.15,0.50,0.40)	(0.15,0.50,0.40)
(0.17,0.33,0.5)	(0.16,0.30,0.45)	(0.18,0.52,0.45)	(0.18,0.52,0.45)
(0.5,0.67,0.83)	(0.48,0.65,0.82)	(0.44,0.60,0.80)	(0.44,0.60,0.80)
(0,0.17,0.33)	(0,0.15,0.28)	(0.67,0.83,1)	(0.67,0.83,1)

Figura 6: Ejemplo de simulación con números borrosos

4- Análisis de escenarios

Una vez confeccionado el mapa se pueden determinar distintos escenarios ya que estos pueden describir circunstancias que pueden ocurrir en el futuro. Basado en estas perspectivas futuras los decisores pueden explorar diferentes opciones (Julio & Gómez Flórez, 2012). La representación y análisis de las relaciones causales resulta imprescindible en el análisis de escenario (Leyva & Pérez Turell, 2014).

Se le llamará escenario de mayor prioridad a aquel que luego de haber realizado un proceso de reordenamiento, determine en que intervalo se encuentran los riesgos de mayor prioridad. Este escenario indica que se le debe prestar especial atención dentro de los proyectos pues podrá afectar directamente el tiempo de desarrollo del mismo.

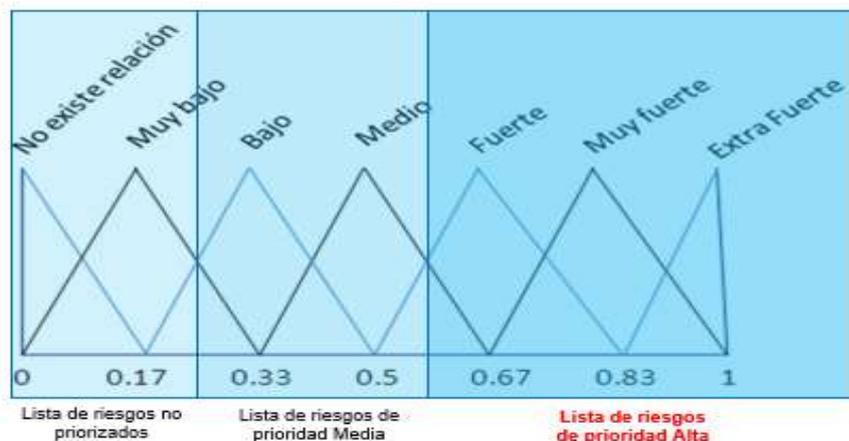


Figura 7: Análisis de escenarios

Los riesgos pueden oscilar dentro de tres grupos como se muestra en la Figura 7, los riesgos incluidos dentro de la **Lista de riesgos no priorizados** evidencian que no requieren un esfuerzo centrado por parte del equipo gestor de riesgos. Los riesgos que se encuentran dentro de la **Lista de riesgos con prioridad Media**, se les debe dar un tratamiento diferenciado respecto a los anteriores ya que una importancia media si es necesario considerarla, sin embargo los riesgos incluidos dentro de la **Lista de riesgos de prioridad Alta**, todos los esfuerzos deben ser centrado para erradicarlos pues pueden provocar inclusive el colapso total del proyecto.

5- Análisis estático de los riesgos y su relevancia dentro del proyecto

Los sistemas estáticos describen un sistema en términos de ecuaciones matemáticas, donde el efecto potencial de cada alternativa es evaluada a través de ecuaciones. Permite ordenar los riesgos de acuerdo a su importancia dentro del modelo para la posterior selección de un conjunto de conceptos asociados al MCD para obtener una simplificación del mismo. Los sistemas estáticos ignoran las variaciones en el tiempo, en estos todos sus elementos permanecen estables, al contrario, los sistemas dinámicos complejos.

Como inicio del análisis estático se seleccionan los riesgos del MCD que se desea analizar, donde es importante tener en cuenta el peso de las relaciones en varios aspectos como: cuán fuerte es la relación entre nodos, cuán importante es el flujo de información abordado en el interior del mapa y como se propaga la información entre los riesgos. Finalmente se calcularán las medidas seleccionadas mediante el uso del valor absoluto de los pesos de la matriz de adyacencia para luego establecer conclusiones.

Al ser representados los MCD como un grafo dirigido ponderado (V,E) , donde V es el conjunto de nodos y E es el conjunto de conexiones entre esos nodos existen tres propiedades de variables que puede poseer un nodo: grado de entrada, grado de salida y centralidad¹.

Grado de entrada de un riesgo: Es la suma de las columnas correspondientes de la matriz, es decir, la suma de las variables que afectan a la variable relacionada. Lo que muestra cuantas relaciones poseen los riesgos ubicados en la red con uno específico.

Grado de salida de un riesgo: Es la suma de la fila correspondiente de la matriz, es decir, la suma de las variables que se ven afectados por la variable relacionada. Muestra cuantos riesgos se ven afectado por uno mismo.

Grado de centralidad de un riesgo: La centralidad mide según un cierto criterio como la contribución de un riesgo según su ubicación en la red, independientemente de si se evalúa su importancia, influencia, relevancia o prominencia. Permite conocer cuán importante es un riesgo dentro del proyecto, no necesariamente debe ser el primer riesgo con el cual se comenzó a simular el mapa, sino que el riesgo que posee mayor centralidad indica como su surgimiento puede estar provocado por la probabilidad de ocurrencia de otros.

Las fórmulas para calcular el grado de entrada, grado de salida y la centralidad son las siguientes:

$$ge_i = \sum_{i=0}^n |W_{ij}| \quad (4)$$

$$gs_i = \sum_{i=0}^n |W_{ji}| \quad (5)$$

$$Cent_i = ge_i + gs_i \quad (6)$$

Donde W_{ij} es el valor de la relación causal. Además, se puede establecer la intermediación es una medida de centralidad global porque se basa en los caminos más cortos entre pares de nodos en el mapa causal de los riesgos, controla la comunicación entre el resto de los nodos y se propaga la información a través del mapa cognitivo difuso la misma se puede calcular con la siguiente fórmula:

¹ En [teoría de grafos](#) y [análisis de redes](#) la centralidad en un [grafo](#) se refiere a una medida posible de un [vértice](#) en dicho grafo, que determina su importancia relativa dentro de éste.

$$I(V) = \sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{C_{st}(v)}{C_{st}} \quad (7)$$

Donde C_{st} representa el menor camino en longitud desde el nodo s al nodo t y $C_{st}(V)$ es el número de caminos de menor longitud que van de s a t a través de v . En un MCD indica la importancia de un nodo en el flujo de la información (Leyva & Pérez Turell, 2014).

También se puede establecer la cercanía, la cual es una medida de centralidad mundial basada en el concepto de los caminos más cortos. Esta mide la cantidad de veces que un nodo está cerca de otros dentro del grafo dirigido, se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$C_c(V) = \frac{1}{\sum_{t \in V} d_G(v,t)} \quad (8)$$

Donde $t \neq v$ y $d_G(v,t)$ es la distancia del camino más corto entre v y t . En el caso de un MCD brinda información de cuán rápido se difunde la información de un riesgo con otro en la red (Leyva & Pérez Turell, 2014). Estas medidas permiten identificar los riesgos centrales, así como las posiciones que ocupan dentro del mapa cognitivo difuso en dependencia de los cálculos.

Tanto la intermediación como la cercanía deben ser normalizadas por lo se realiza la *Normalización por el Ideal o normalización por el mayor*: consiste en realizar el cociente entre el elemento a normalizar y el mayor elemento del vector (Leyva & Pérez Turell, 2014). Con esta variante se garantiza que el resultado se encuentre en el intervalo $[0,1]$ y mantenga la proporcionalidad. Matemáticamente se define como se muestra a continuación.

$$x_i \text{ normalizado} = \frac{x_i}{\max x_i} \quad (9)$$

6- Estimación del valor cuantitativo

Se obtiene el vector resultante en forma de conceptos con distintos niveles de activación después de alcanzar el estado de equilibrio. Los resultados arrojados por el mapa tienen tres opciones, la estabilización del mapa alrededor de un punto fijo, alrededor de un ciclo límite, o presentar un comportamiento caótico. Esto es mediante la función de activación seleccionada.

En este paso se realiza el proceso de adecuar los valores difusos generados por la inferencia realizada en la fusificación a la etiqueta lingüística, los cuales posteriormente serán utilizados en el proceso de análisis de los resultados. Para esta

desfusificación se utiliza un método en este caso será: Máxima membresía (es el valor mayor del universo de discurso con el cual se alcanza el máximo grado) con el uso de la función de pertenencia triángulo.

Una vez concluido los cálculos anteriores se establecerán las conclusiones, con el vector resultante durante la simulación del mapa, es necesario definir el rango en el cual osciló la simulación de cada uno de los riesgos, así como el nodo de decisión para lograr inferir en el impacto del riesgo sobre el tiempo en semanas del cronograma de proyecto.

La Figura 8 permite colocar la etiqueta lingüística correspondiente para estimar en semanas el atraso que provocan los riesgos dentro del proyecto en semanas del cronograma pactado en la planificación inicial.

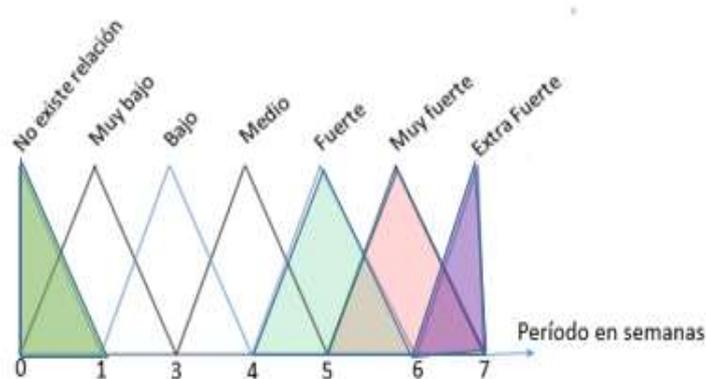


Figura 8: Incidencias de los riesgos en el tiempo de desarrollo del proyecto

7- Análisis de resultados

Con el vector resultante se realiza un análisis del comportamiento de cada riesgo, cada uno de los elementos que componen el vector representan cómo se comportan los riesgos del modelo dentro del proyecto con respecto al tiempo de desarrollo del mismo. Con la información brindada por la desfusificación la cual muestra como impactan los riesgos en las semanas de planificación del tiempo estimado del proyecto los miembros de los proyectos deben establecer las medidas pertinentes para erradicar estos problemas.

Resultados y discusión

Una vez concluido el proceso de aplicación del modelo para el análisis cuantitativo de los riesgos dentro de los proyectos de desarrollo de software, se procede a prestarle atención específica a los riesgos de mayor impacto. El proceso de desfusificación de las variables de salida son las que permiten observar los riesgos de mayor impacto una vez modelados.

Teniendo en cuenta las incidencias de los riesgos sobre el tiempo de desarrollo del proyecto los implicados en el mismo deben proceder a tomar medidas en caso del que la ocurrencia del riesgo sea inmediata o en caso de que la probabilidad de ocurrencia sea a largo plazo.

En los proyectos productivos los cuales cuentan con un expediente de proyecto deben revisar los artefactos implicados en la gestión de riesgos y actualizar Registro de lecciones aprendidas, una vez concluido el proceso de defusificación y análisis de los resultados estos deben quedar actualizados y así el equipo de desarrollo puede tomar medidas en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y el impacto del mismo sobre el desarrollo de software. Además, puede esta información ser almacenada para ser consultadas por otros proyectos los cuales pueden tener los mismos riesgos.

En caso de haber realizado análisis estático y análisis de escenarios estos arrojan la importancia que poseen los riesgos dentro del proyecto y da una noción de cuáles son los riesgos que pueden implicar desviaciones en los cronogramas de proyectos.

Conclusiones

- ✓ El modelo da la posibilidad de lograr una representación y análisis de los riesgos basados en el conocimiento causal, para la toma de decisiones.
- ✓ Con el uso de la expresión matemática para describir la evolución de los mapas, el modelo permite ser más directo en el diseño de las relaciones causales al poder ajustarlas, para que contribuyan al logro de una mayor fiabilidad de los riesgos en un ambiente de incertidumbre.
- ✓ La aplicabilidad del modelo permite estimar el tiempo de desarrollo de un proyecto (nodo de decisión) afectado por el surgimiento de los riesgos.
- ✓ Mediante el modelo de análisis de riesgos se pueden determinar medidas de centralidad lo que permite tomar decisiones ante el impacto de riesgo.
- ✓ El modelo solo es aplicable a la estimación del impacto de los riesgos en el tiempo de desarrollo del proyecto. No está diseñado para ser utilizado en la estimación del análisis cuantitativo en cuanto a alcance, costo y calidad.

Bibliografía

- Anthopoulos, L., & Reddick, C. G. (2016). *Government Information Quarterly*. ELSEVIER. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X15000799/pdfft?md5=eb328d11d4805d327debb7c5ef67da52&pid=1-s2.0-S0740624X15000799-main.pdf>
- JOSÉ-MARTI, I. C. (2013). *PROCESO DE GESTIÓN*. España: Depósito Legal: M-23318-2013. Obtenido de https://fundacioninade.org/sites/inade.org/files/primer_libro_isabel_casares.pdf
- Julio, M. I., & Gómez Flórez, L. C. (2012). Risk management and controls in information systems: from the learning to organizational transformation. *Gestão de riscos e controlos em sistemas de informação: da aprendizagem à transformação organizacional. Sciencedirect*, 28, 87-95. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592312700116>
- Lanzarini, L. C., & Yanibello, D. (2013). Técnicas de Soft Computing aplicadas a biometría, predicción y ruteo de vehículos. *SEDICI*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiNt_fpuJzcAhWG6YMKHY0YCrMQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fsedici.unlp.edu.ar%2Fhandle%2F10915%2F27340&usg=AOvVaw17-t-ovR7dEmtaKoi3J9yH
- Leyva, M. Y., & Pérez Turell, K. (2014). Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico. *Pontificia Universidad Javeriana*. Obtenido de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/2047>
- Llano, L., & Hoyos, A. (2007). Comparación del Desempeño de Funciones de Activación. *bdigital*. Obtenido de https://www.revolucionia.com/2017/11/Funciones_activacion_redes_neuronales_artificiales.html
- López, M. R., & De Llanos Modelos, P. (2013). Mapa de Riesgos Identificación y Gestión de Riesgos. *DIALNET*, 2(N° 1, 2013, 29 págs.), <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4744304>. Recuperado el 20 de junio de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4744304>
- the standish group. (13 de julio de 2018). *The standish group*. Obtenido de The standish group: <https://www.standishgroup.com/store/>