

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Ingeniería y Gestión de software
Recibido: 9/07/2013 | Aceptado: 29/10/2013 | Publicado: 10/12/2013

Modelos causales para la Gestión de Riesgos

Causal Models for Risk Management

Neysis Hernández Díaz ^{1*}, Maikel Yelandy Leyva ², Betsy Cuza García¹

¹ Departamento de Ciencias Básicas. Facultad 6. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana Cuba. CP.: 19370

² Departamento Soluciones SOA. Centro de Consultoría y Desarrollo de Arquitecturas Empresariales. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana Cuba. CP.: 19370

{[nhernandez](mailto:nhernandez@uci.cu); [mleyvaz](mailto:mleyvaz@uci.cu), [bcuza](mailto:bcuza@uci.cu)}@uci.cu

Resumen

En el presente trabajo se desarrolla un estudio acerca del proceso de gestión de los riesgos en las principales escuelas del mundo. Se analizan las herramientas de gestión de proyectos a nivel mundial para evidenciar la necesidad de redefinir los procesos de gestión de riesgos de las mismas. A partir de la información obtenida se propone el uso de los modelos causales para realizar el análisis de los riesgos basado en la información obtenida del proyecto o empresa, dígame riesgos y la influencia de los mismos sobre los costos, tiempo de desarrollo y alcance del proyecto, para así detectar las afectaciones de un sin números de tareas que tributan a su desarrollo. Se realizó un estudio acerca del uso de los modelos causales como técnicas de representación del conocimiento causal, entre los que se encuentran los Mapas Cognitivos Difusos y las Redes Bayesianas, siendo los Mapas Cognitivos Difusos la técnica más favorable a utilizar ya que permite modelar la información de los riesgos sin necesidad de tener una base de conocimiento bien detallada.

Palabras clave: Análisis cuantitativo, mapas cognitivos difusos, proyectos, riesgos, gestión de riesgos.

Astract

In this work a study about the process of risk management in major schools in the world. The project management tools worldwide highlights the need to redefine risk management processes. From the information obtained it is proposed the use of causal models for risk analysis based on information from the project or company, say risks and the influence thereof on the costs, human capital and project requirements and detect the damages of a number of tasks without tribute to the development of the project. A study on the use of causal models as knowledge representation techniques causal, among which are the Fuzzy Cognitive Maps (DCM) and Bayesian networks, with the most favorable MCD technique to use because it allows modeling the risk information without having a knowledge base either itemize.

Keywords: *Fuzzy cognitive maps, projects, quantitative analysis, risk, risk management.*

Introducción

El riesgo es considerado en la mayoría de los casos como un evento negativo con probabilidad de impacto en el desarrollo del proyecto. Para algunos autores, su ocurrencia genera pérdidas si se hace realidad, debido a que pueden surgir retrasos en la planificación temporal del proyecto y aumento de los costos (Pérez, 2011).

En ocasiones los riesgos se pueden considerar como una experiencia pues forman parte del aprendizaje y la madurez para gestionar los proyectos de software. De igual manera un riesgo puede ser provocado por múltiples causas, o sólo una, y de producirse, suele tener uno o más impactos. Los riesgos poseen incertidumbre ya que pueden o no ocurrir, además ocasionan pérdida potencial, si el riesgo ocurre puede generar pérdidas no deseadas para la empresa.

En el contexto de tecnologías de riesgo, el riesgo percibido representa la expectativa subjetiva de una pérdida o el sacrificio en la utilización de la tecnología aventurada. El cálculo del riesgo consiste en la evaluación de la posibilidad que ocurran consecuencias negativas así como la severidad percibida de estas consecuencias (Escala, 2010). Un riesgo es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto en por lo menos uno de los objetivos del proyecto. Los objetivos pueden incluir el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos (Project Management Institute, 2010).

La identificación del riesgo y el análisis exclusivamente de los mismos es tarea principal de las empresas. La gestión de riesgos es asociada con la planificación estratégica. La identificación de los riesgos debe realizarse al menos una vez al año por el análisis de argumentos (entornos externos e internos) como la parte de una de las etapas en el ciclo

de planificación estratégico. Se deben aplicar estrategias para reducir o eliminar los riesgos que hayan sido identificados, mientras estén manejados los riesgos más significativos por un plan de contingencia, los daños serían menos perjudiciales.

La Gestión de los Riesgos de los Proyectos incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su seguimiento y control en un proyecto. Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto (Project Management Institute, 2010).

En el mundo con el desarrollo desmedido de las tecnologías las empresas comienzan a hablar de términos mayores cuando de gestión de riesgos se trata, pues no es más que un mecanismo de protección y control de los proyectos empresariales. Se toma en cuenta la necesidad de medir los efectos de ocurrencias de los riesgos así como los indicadores claves para el éxito. Para lograr la erradicación de estos problemas, se hace necesario un análisis exhaustivo de los mismos para luego proceder a la creación de ciertas medidas de seguridad, para que el uso de las TIC genere confianza en los usuarios. Ante este fenómeno se incrementa en las empresas la creciente necesidad de mitigar los mismos en aras de lograr la eficiencia y la calidad de los productos (Piedra *et al.*, 2011).

La mayoría de los fracasos de los proyectos de desarrollos de software se deben en su mayor parte a la no realización de una eficiente gestión de los riesgos, tomando como base que si los problemas hubiesen sido detectados a tiempo se hubieran reducido en gran medida los impactos. Lo que no quiere decir que aplicando solamente la gestión de los riesgos se garantiza la eficiencia del proyecto, al contrario son muchas las disciplinas que se encuentran relacionadas para lograr el mismo fin (Zulueta *et al.*, 2009).

Materiales y métodos

En el mundo con el desarrollo desmedido de las tecnologías las empresas comienzan a hablar de términos mayores cuando de gestión de riesgos se trata, pues no es más que un mecanismo de protección y control de los proyectos empresariales. Se toma en cuenta la necesidad de medir los efectos de ocurrencias de los riesgos así como los indicadores claves para el éxito.

Uno de los principales problemas que se afrontan en el desarrollo de software hoy día, es la falta de una gestión eficiente de los riesgos. Pues no todas las herramientas de gestión de proyectos tratan los mismos como un área

fundamental. Tener una buena estimación del impacto de los riesgos y de las probabilidades de ocurrencia, está basado en la aplicación de técnicas para realizar una estimación del análisis cuantitativo y cualitativo de los riesgos, que permita preverlos y erradicarlos una vez ocurridos.

A continuación se realiza el estudio de algunas herramientas de gestión de proyectos. El estudio está enfocado en la aplicación o no, del análisis cuantitativo y cualitativo de los mismos. También se analizan los modelos causales como representación del conocimiento para la representación de los riesgos.

Modelos de gestión de riesgos

Actualmente se utilizan una serie de modelos para realizar un proceso lógico y sistemático que puede ser utilizado cuando se toman decisiones para mejorar la efectividad y eficiencia de las empresas. Los modelos permiten identificar y estar preparados para lo que puede suceder, se trata de tomar acciones destinadas a eludir y reducir la exposición a los costos u otros efectos de aquellos eventos que ocurran, en lugar de reaccionar después de que un evento ya ha ocurrido e incurrir en los costos que implican recuperar una situación.

Boehm

Plantea 7 factores de riesgo críticos en los proyectos: *Riesgos en los recursos* (Insuficiencias de personal, plazos y presupuestos irreales), *Riesgos de los requerimientos* (Desarrollo de funciones equivocadas, desarrollo de interfaz de usuario equivocada, especificaciones excesivas, continuos cambios de requerimientos), *Riesgos en la externalización* (Insuficiencias en suministros externos de componentes, insuficiencias en realizaciones externas de tareas), *Otros riesgos* (Insuficiencias de rendimiento del sistema al funcionar en tiempo real, optimismo sobre las capacidades de las tecnologías informáticas) (Sepulveda, 2010).

Valoración del modelo:

El modelo de Boehm tiene bien definidos sus 7 factores de riesgos críticos, sin embargo puede darse el caso de que la identificación de los mismos no se haga de la forma correcta, por lo que la aplicación del modelo se ve de cierta forma abstracta ya que necesita de un personal bien capacitado en el uso del mismo. El empleo de las técnicas requiere de la mayor cantidad de información del proyecto o sea que es necesario poseer una base de conocimientos bien detallada, lo cual generalmente no se obtiene de los riesgos. No posee ninguna plantilla para la planificación y registro de los riesgos, además no permite realizar una estimación del análisis de los riesgos tanto cualitativos como cuantitativos.

McFARLAN

Tras considerar las 5 consecuencias clásicas del riesgo (fracaso en beneficios, coste, plazo del proyecto, rendimiento y compatibilidad con otros sistemas), define tres factores de riesgo:

1. Experiencia en la tecnología aplicable (factor subjetivo interno): La familiarización del equipo con el hardware, sistema operativo, gestores (DB, DC) y lenguajes comprendiendo también la absorción de experiencia externa, como puede ser la formación.
2. Estructuración del proyecto (factor subjetivo externo): Los objetivos iniciales del proyecto y sus resultados dependen de la claridad de los requerimientos trasladados por la organización cliente al equipo de desarrollo.
3. Tamaño del proyecto (factor objetivo, no reducible): Importa sobre todo la envergadura del proyecto (en coste años-hombre) relativo al tamaño de los que el equipo desarrolla normalmente (Valladares, 2011).

Valoración del modelo:

Este modelo está basado en lo objetivo y lo subjetivo, lo cual evidencia que es de vital importancia tener bien definidos los objetivos iniciales. A pesar de ser uno de los modelos de la tercera generación, no tiene definido un proceso para la gestión de riesgos, las relaciones cliente – usuario las trata como un factor subjetivo ajeno al quipo de desarrollo. No permite tener un proceso detallado para el análisis de los riesgos, lo que lleva a que si no se es experto en Riesgos la aplicación del mismo sería compleja, además no permite realizar estimaciones cualitativas y cuantitativas de estos.

Magerit

El modelo MAGERIT (Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información de las Administraciones Públicas), es un modelo formal para investigar los riesgos que soportan los sistemas de información y para recomendar las medidas apropiadas que deberían adoptarse para controlar los riesgos. Permite un seguimiento exhaustivo de la seguridad del sistema ajustándose a criterios como los de ITSEC (*Information Technology Security Evaluation Criteria*) o Criterios Comunes de Evaluación de la Seguridad de los Productos y Sistemas de Información, que permitan la posterior homologación y certificación del sistema de información desde el punto de vista de la seguridad.

Valoración del modelo:

Este modelo posee Guías Técnicas, las cuales proporcionan las claves para comprender y seleccionar las técnicas más adecuadas para los procedimientos de análisis y gestión de riesgos, de seguridad de los sistemas de información. Este modelo garantiza un control eficiente de la información del proyecto ya que basa sus fortalezas en los riesgos referentes a la seguridad, lo que lo hace que carezca de uso en la presente investigación, ya que se necesita un uso eficiente de la gestión de riesgos. No realiza un análisis cuantitativo y cualitativo de estos.

MoGeRi

MoGeRi propone la utilización de varias herramientas durante el ciclo de GR, las más importantes son el Plan de Gestión de Riesgos y el Registro de Riesgos. El primero recoge los objetivos, alcance, dominio, restricciones y las actividades planificadas con los recursos y limitaciones temporales correspondientes. La planificación permite definir los objetivos del proceso dentro del proyecto, su dominio y sus límites, pues un perímetro demasiado amplio o ambiguo podría ser inabarcable, por muy general o de muy largo plazo, con perjuicio en las estimaciones de los elementos del análisis. El registro muestra la evolución de los riesgos del proyecto desde su identificación, pasando por el análisis de su impacto y probabilidad, hasta las estrategias para responder ante ellos y su efecto real en la exposición al riesgo (Zulueta, y otros, 2009).

Valoración del modelo:

A pesar de ser un modelo concebido en la Universidad de las Ciencias Informáticas su uso requiere que la gestión de los riesgos se implemente desde el inicio del proyecto, pero no permite realizar una estimación cualitativa y cuantitativa del impacto de los riesgos. No posee una platilla para la gestión de riesgos ni un plan de gestión que permita darle seguimiento a los mismos.

Modelo *Microsoft Solution Frameworks*

MSF provee una estructura orientada a facilitar el análisis, diseño e implantación de soluciones tecnológicas efectivas. Este marco permite exponer, revelar y manejar riesgos críticos, determinar los criterios de planeación y establecer las interdependencias necesarias para una ejecución exitosa de los proyectos. En su lugar, MSF provee mecanismos flexibles para aplicar soluciones adecuadas a los problemas tecnológicos y de negocios. MSF no es un marco estático y evoluciona respondiendo a los cambios en la tecnología y en los requerimientos de los proyectos. En el proceso de

administración de los riesgos permite identificarlos, analizarlos, realizar un plan y controlarlos, donde el producto final que se obtiene es el documento de estimación de riesgos dinámicos (García, 2009).

Valoración del modelo:

Este modelo no permite la obtención de plantillas para la confección del Plan de Gestión de Riesgos y del Registro de Riesgos, documentos importantes para realizar una buena estimación del impacto de los riesgos. Además para su uso se necesitan prerequisites como conocimientos generales de análisis y diseño de sistemas de información, competencias que no todos los miembros del equipo de desarrollo del proyecto poseen. Posee el principio de "mantenerse ágil, esperar el cambio", lo que advierte que es necesario mantenerse y esperar el cambio para actuar después que este ocurra. No permite realizar una estimación cualitativa ni cuantitativa de los riesgos.

Valoración general de los modelos de Gestión de riesgos

Luego de haber realizado el análisis de los modelos anteriores, se evidenció que el uso de los mismos va emparejado a las particularidades específicas que posean los proyectos, ya que permiten revelar y manejar riesgos de alguna forma u otra. Sin embargo no permiten estimar cómo afectan estos el tiempo de desarrollo de un proyecto, los costos, el alcance y otras áreas de desarrollo del proyecto. La mayoría de estas herramientas poseen la desventaja de que no se comercializan libremente y el enfoque está definido más desde el punto de vista cualitativo que cuantitativo. Muchas carecen de un Plan de gestión de riesgos, así como un Plan de contingencia para erradicarlos una vez ocurridos. Además no tienen en cuenta las dependencias que existen entre los diferentes factores de riesgos.

Modelos causales

A partir de los modelos causales se pueden establecer las causas de algunos eventos y predecir sus efectos. El conocimiento causal puede ser empleado para facilitar el proceso de toma de decisiones.

El modelado causal resulta importante para entender el proceso de toma de decisiones; sin embargo, continúa siendo un área relativamente poco estudiada. La causalidad se ve generalmente como una relación precisa: la misma causa provoca siempre el mismo efecto. Pero en el mundo cotidiano, los enlaces entre causa y efecto son frecuentemente imprecisos o imperfectos por naturaleza. Para considerar la causalidad desde un punto de vista computacional, se requiere la obtención de modelos causales imprecisos. Por esto es necesario considerar la utilización de técnicas

de *Soft Computing*¹, dentro de estas se tienen las Redes Bayesianas (RB) y los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) (Leyva, y otros, 2012).

Los modelos más utilizados a nivel mundial para el análisis de los riesgos, no son capaces de modelar las dependencias entre los factores de riesgos, sin embargo los métodos probabilísticos causales han tenido un buen auge en los últimos años, pues han logrado representar las interdependencias entre los riesgos combinándolos de alguna forma con la opinión de expertos.

Los MCD y las RB proporcionan un análisis cuantificable en relación a los riesgos y permiten tomar una decisión genuina de gestión de riesgos. El enfoque de los modelos causales ayuda a identificar, comprender y cuantificar las complejas interrelaciones, las cuales incluso aparentemente son situaciones sencillas cuando en realidad pueden convertirse en complejas. Pueden ayudar a dar sentido a cómo surgen los riesgos, cómo están conectados, cómo se podrían representar para así poder lograr la mitigación.

Mapas cognitivos Difusos

Los mapas cognitivos difusos (MCD) son estructuras de grafos difusos utilizados para representar razonamiento causal. La estructura de grafo permite la propagación sistemática causal, particularmente el avance hacia atrás y hacia adelante. Esta técnica permite modelar sistemas de retroalimentación con grados de causalidad comprendido entre el intervalo [0,1]. Para ello es necesario tener un diagrama del sistema mostrando las suposiciones iniciales del modelo. En el diagrama los nodos representan un conjunto difuso o evento que ocurre en algún grado. Los nodos son conceptos causales y pueden modelar eventos, acciones, valores, metas o procesos (Mutula Information Noise Benefits, 2006).

Los mapas cognitivos son herramientas básicas para comprender las relaciones y percepciones humanas dentro de los elementos y se aplican en muchas áreas. Son compuestos de variables y relaciones dentro de variables. Cada variable se enlaza entre sí, ya sea con una relación positiva que denota una proporción directa o una relación negativa que denota una relación de inversa proporción. Mapeo cognitivo comienza con la definición de las relaciones entre las variables con las flechas extraídas de una variable a la variable afectada (Mutula Information Noise Benefits, 2006).

Los MCD son modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad. Combinan herramientas teóricas de los mapas cognitivos, la lógica difusa, las redes neuronales, las redes semánticas, los sistemas expertos y los sistemas dinámicos no lineales (Leyva *et al.*, 2012).

¹ Es un término empleado en informática que engloba diversas técnicas empleadas para solucionar problemas que manejan información incompleta, con incertidumbre e inexacta.

La utilización de los mapas cognitivos difusos permiten establecer modelos muy ajustados al sistema real, aumentando en poco la complejidad del mapa de acuerdo a las situaciones que se estén modelando, por lo tanto requiere un poco más de detalle de la situación a modelar. Pueden ser utilizados en el moldeamiento de las situaciones existentes de los riesgos en un proyecto, debido a los diferentes tipos de relaciones causales que estos pueden tener. Combinan el enfoque tanto cualitativo como cuantitativo para ventaja de los usuarios permitiendo tomar decisiones bajo incertidumbre. Para utilizar esta técnica no es necesario tener mucha información acumulada relacionada con los riesgos.

Redes Bayesianas

En el campo de la Inteligencia Artificial (IA) se han desarrollado las redes bayesianas (RB) como herramientas orientadas al modelado de la causalidad en términos gráficos (cualitativos) y probabilísticas (cuantitativos). Las RB surgieron como alternativa a los sistemas expertos clásicos basados en reglas para subsanar las insuficiencias de los primeros ante la toma de decisiones bajo incertidumbre (López, 2010).

La actualización de las probabilidades condicionadas se fundamenta en la aplicación del Teorema de Bayes. Las RB permiten seleccionar solo las variables que tienen relaciones causales para el cálculo de las probabilidades condicionadas. Una RB muestra la estructura relación-dependencia entre las diferentes variables del dominio (nodos) y su distribución de probabilidad. Estas ofrecen un modelo apropiado para caracterizar la causalidad en términos de probabilidades condicionales. En este sentido han sido ampliamente utilizadas (Sedki *et al.*, 2012).

Sin embargo, presentan limitaciones para manejar la existencia de ciclos en las relaciones causales. Otra limitación está dada por la dificultad para determinar de manera exacta las probabilidades (Leyva *et al.*, 2012).

Las RB necesitan mucha información específica de los riesgos, sin embargo los riesgos son imprecisos pues pueden o no ocurrir y la información asociada puede ser poca, si bien es cierto que permiten influir en un análisis cuantitativo y cualitativo también es importante destacar que los resultados probabilísticos pueden no ser tan exactos. Para la utilización de esta técnica es necesario tener un flujo de información acumulada acerca de lo que se desea modelar.

Resultados y discusión

Una vez analizadas las dos técnicas de modelado causal (MCD y RD) se evidenció que debido a las particularidades del trabajo con los riesgos de un proyecto es más factible el uso de los MCD no siendo así con las RB. Pues los riesgos son imprecisos, debido a su naturaleza, además generalmente en los proyectos no se posee abundante información de estos, sino una breve descripción y sus relaciones con otros factores. También un riesgo puede tener

relaciones con el mismo y ahí entraría un ciclo, lo que no permite modelarse utilizando las redes bayesianas. Los MCD proveen esquemas más realistas para lograr representar el conocimiento de los expertos.

Caso de estudio de análisis de riesgos basado en el uso de los modelos causales (Mapas Cognitivos Difusos)

Para la conformación del Mapa cognitivo difuso es necesario seguir una serie de pasos:

1. Obtener modelo causal:

1.1 -Se identifican las fuentes de información a incluir en el estudio. Se recomienda la participación de múltiples expertos que representan distintos puntos de vista del sistema a modelar. En este caso es una base de conocimiento basadas en los riesgos.

1.2 -Insertar los conceptos o las variables de entrada en este caso, son el conjunto de riesgos de los proyectos definidos por los expertos y algunos indicadores de tiempo, calidad y costo que serán las variables de salidas. Estos riesgos seleccionados serán las variables que serán analizadas y a partir de las que confluirá todo el flujo de información dentro del MCD.

1.3 -Establecer las relaciones que existen entre las variables de entradas donde cuyas relaciones serán representadas haciendo uso de las variables lingüísticas².

1.4 –Determinar los pesos³ de cada uno de los arcos.

2. Establecer vectores de pesos: Se determinan los vectores de pesos que reflejan el nivel de relación que determine el experto. El vector correspondiente a la media aritmética define la importancia de los nodos. El grado de aceptación del riesgo definido y la compensación son definidos mediante el vector. Se pueden determinar distintos vectores que representen distintas combinaciones de compensación y aceptación del riesgo.

3. Evaluar Resultado: Son ordenados los escenarios⁴. El ordenamiento ocurre de forma de ascendente, siendo los escenarios con un menor valor en la distancia los de mayor prioridad.

Es necesario recordar que una vez concluido el mapa se procede a la creación de la matriz de adyacencia con sus tres posibles relaciones causales recordando que las relaciones se encuentran en el intervalo [0,1], esta matriz de adyacencia depende de los valores introducidos en los arcos.

²Las variables lingüísticas las cuales permitirán conocer el peso de las de dichas relaciones causales Ping, C. W. (2009). A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network. Chonnam National University.

³ El peso representa la intensidad de la relación causal.

⁴ Los escenarios describen circunstancias que pueden ocurrir en el futuro. Basado en estas perspectivas futuras los decisores pueden explorar diferentes opciones (Banuls & Salmeron, 2007). La representación y análisis de las relaciones causales resulta imprescindible en el análisis de escenario (Goodier, Austin, Soetanto, & Dainty, 2010).

Relaciones causales:

$R_{i,j} > 0$: La relación existente entre las variables R_i y R_j indica una causalidad positiva. O sea que la relación es directamente proporcional, si ocurre un incremento (decremento) R_i lo mismo sucede con R_j

$R_{i,j} < 0$: La relación existente entre las variables R_i y R_j indica una causalidad negativa. Es decir si ocurre un incremento (decremento) R_i la variable R_j decremento (incremento).

$R_{i,j} = 0$: indica la no relación entre las variables R_i y R_j .

Las relaciones entre riesgos, serán las influencias que tienen cada uno sobre otros donde estas relaciones pueden variar según la relación, además también se tendrá en cuenta la influencia del riesgo sobre algunos indicadores, o sea que el mapa abordará las influencias de los riesgos sobre cualquiera de ellas denotándolos con el uso de valores numéricos.

Un MCD posee un proceso iterativo, en el que cada iteración representa un instante de tiempo, además se dice que el MCD está totalmente determinado para ese instante, si se conoce el valor de cada concepto en ese instante. Este conjunto de valores puede ser visto como un vector de estado, y el conjunto de todos los posibles vectores de estado es llamado espacio estado del sistema. La ecuación que permite este proceso iterativo está dada para un determinado concepto de la siguiente manera:

$$R_j(t + 1) = S[\sum_{k=1}^t W_{i,j} * R_i(t)] \quad (1) \text{ (Leyva, y otros, 2012)}$$

Donde: $R_m(t + 1)$ indica el valor del R_m en la iteración $(t + 1)$, $W_{i,j}$ indica el valor de la relación causal que imparte el concepto R_j sobre R_i y $S(y)$ es la función lineal utilizada para normalizar el valor del concepto, esta función puede ser lineal, puede ser una función de densidad de probabilidad, o cualquiera que el diseñador del MCD prefiera, siempre y cuando cumpla con su objetivo de normalización.

El algoritmo de ejecución es:

Obtener el estado inicial del mapa $R_0 = \{R_1, R_2, R_3, \dots \dots R_n\}$. Mientras el sistema no converja Obtener los valores de las relaciones mediante $W_{i,j} = df_{i,j}(R^{t-1})$ donde $df_{i,j}$ es la función de ajuste para la relación $W_{i,j}$. Para obtener los estados actuales $R_j^t = \sum_{i=1}^n (W_{i,j} * R_i^{t-1})$.

Caso de estudio

Tabla 1. Descripción de los Nodos.

Nodos	Descripción
N1	Filtraciones por lluvia en el laboratorio
N2	Inundaciones en el laboratorio de producción del proyecto
N3	Fallo eléctrico
N4	Rotura de Computadoras
N5	Receso del trabajo en el Proyecto
N6	Atraso en la entrega de información del proyecto

Tabla 2. Descripción de los Nodos de Decisión.

Nodos de Decisión	Descripción
ND1	Costo
ND2	Tiempo de desarrollo del Proyecto
ND3	Alcance del Proyecto

Se determinaron las siguientes relaciones y pesos de cada arco de acuerdo con los especialistas en el análisis de riesgos.

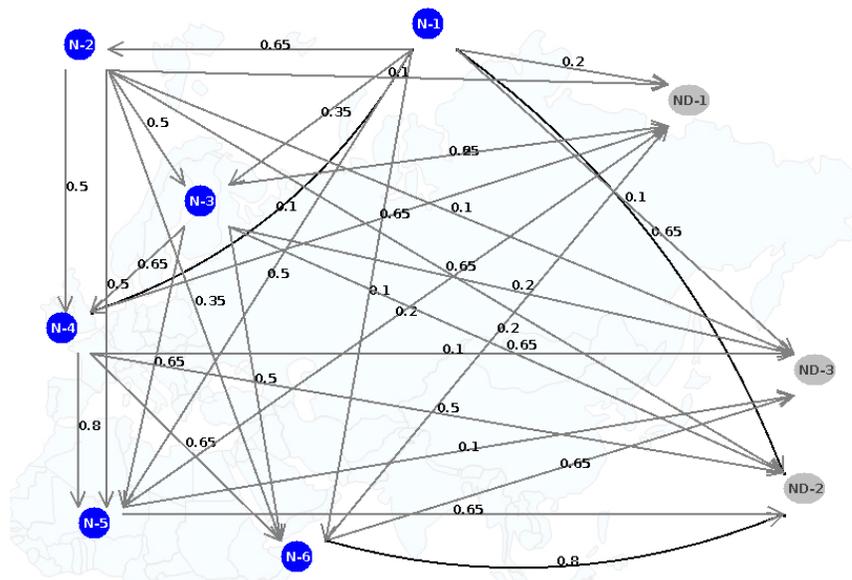


Figura 1. Mapa cognitivo Difuso con las relaciones causales entre nodos.

Las relaciones causales tienen un valor según la incidencia de un riesgo sobre otro lo cual permite confeccionar la matriz de adyacencia correspondiente al MCD. Es necesario aclarar que los nodos de decisión también pueden tener relaciones entre ellos.

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	ND1	ND2	ND3
N1	0.0	0.65	0.35	0.1	0.5	0.1	0.2	0.65	0.1
N2	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.35	0.1	0.65	0.1
N3	0.0	0.0	0.0	0.65	0.65	0.5	0.65	0.65	0.2
N4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.65	0.65	0.5	0.1
N5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.65	0.1
N6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	0.65
ND1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ND2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ND3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 2: Matriz de adyacencia correspondiente al MCD.

Para obtener el riesgo más prioritario se determinan la centralidad del factor (C_i) a partir de su *outdegree* (od_i) e *indegree* (id_i), teniendo en cuenta la magnitud de los pesos C_{ij} de la siguiente manera:

$$od_i = \sum_{j=1}^n |C_{ij}| \quad (2) \text{ (Elaboración Propia)}$$

$$id_i = \sum_{j=1}^n |C_{ji}| \quad (3) \text{ (Elaboración Propia)}$$

$$C_i = od_i + id_i \quad (4) \text{ (Elaboración Propia)}$$

Para la realización del análisis estático se obtienen el *outdegree*⁵ y el *indigree*⁶, además se calcula la centralidad siendo esta la suma de los dos anteriores. Los resultados arrojados según el cálculo efectuado, evidencian que el nodo de mayor centralidad es el **Fallo eléctrico** o sea, es el que más entradas y salidas posee, seguidamente la Rotura de una Computadora del Proyecto.

⁵ Variable de salida

⁶ Variable de entrada

Factores	Outdegree	Indegree	Sumatoria	Centralidad
-> Filtraciones por lluvia	2.65	0.0	2.65	0.095
-> Inundaciones en el laboratorio	2.7	0.65	3.35	0.12
-> Fallo electrico	3.3	0.85	4.15	0.149
-> Rotura de PC	2.7	1.25	3.95	0.142
-> Receso de trabajo en el proyecto	0.95	2.45	3.4	0.122
-> Atraso en la entrega de informacion de proyecto	1.65	1.6	3.25	0.116
-> Costo	0.0	2.0	2.0	0.072
-> Tiempo de desarrollo	0.0	3.9	3.9	0.14
-> Alcance	0.0	1.25	1.25	0.045

Figura 3. Centralidad de los nodos.

1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10
1.0	0.731	0.675	0.663	0.66	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659
0.5	0.76	0.775	0.771	0.769	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768
0.5	0.75	0.8	0.806	0.806	0.806	0.805	0.805	0.805	0.805
0.5	0.764	0.846	0.861	0.863	0.863	0.863	0.862	0.862	0.862
0.5	0.878	0.938	0.946	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947
0.5	0.794	0.881	0.897	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
0.0	0.75	0.908	0.928	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
0.0	0.907	0.981	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985
0.0	0.663	0.838	0.869	0.874	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875

Figura 4. Simulación de los escenarios.

En cuanto al análisis dinámico este se realiza mediante la simulación de los distintos escenarios examinando cómo se comportaría cada uno de los nodos con sus probabilidades de ocurrencia. Para su realización se obtiene un vector inicial que representa una situación o escenario que permite observar la evolución del sistema. La simulación del escenario definido por un vector de entrada C_0 , esta se realiza según (1) hasta que se llegue a un factor, y luego se analizan los valores alcanzados por los distintos nodos.

El vector inicial que representa este escenario es $C_0 = [1, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0, 0, 0]$. La simulación se realiza según la ecuación 1, empleando $F(x) = \tanh(x)$, donde en el vector inicial los nodos de decisión toman valor cero. Se obtiene como resultado que el nodo más crítico y al que lo riesgos afectan severamente, es el **Tiempo de desarrollo del Proyecto ya que toma valor 0.985**.

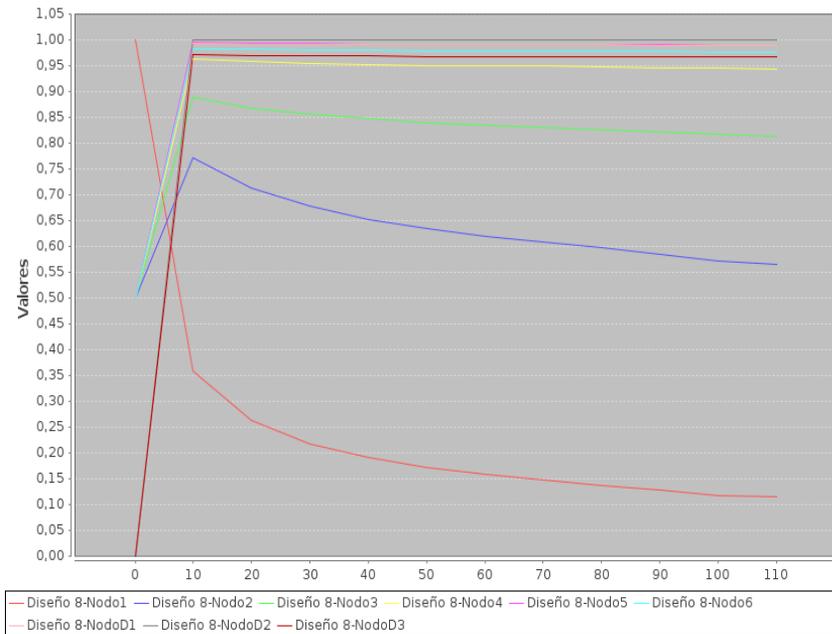


Figura 5. Gráfica de simulación con Tangente Hiperbólica.

Conclusiones

En la investigación se demostró la necesidad de utilizar nuevas técnicas para el trabajo con los riesgos. Se presentó la simulación y el análisis de un MCD, proporcionando un área de trabajo que permite visualizar conceptos y analizar sus características principales basados en riesgos. Se emplea un caso de estudio para realizar el análisis de los riesgos utilizando un mapa dinámico sobre una base de conocimiento de riesgos en un proyecto informático de la Universidad de las Ciencias Informáticas, lo que evidencia la obtención de los riesgos más críticos mediante el cálculo de la centralidad de los mismos, demostrando según un proceso iterativo cuán importante es un riesgo sobre otro. Este modelo permite crear un mapa con las relaciones causales entre riesgos para así obtener como resultado el riesgo de mayor centralidad así como la variable más afectada dentro del proyecto.

Referencias

- ESCALA, E. *Examining the Relative Influence of Risk and Control on Intention to Adopt Risky Technologies*. Santiago de Chile: Journal of technology management & innovation, 2010. p. 22-37. Vol. 5. versión On-line ISSN 0718-2724.
- FERNÁNDEZ, R. *Sistemas de gestión de la calidad, ambiente y prevención de riesgos laborales. Su integración*. [ed.] Imprenta Granma España. s.l. : Editorial Club Universitario, 2006. p. 130. Depósito legal: A-296-2006. ISBN-13:978-84-8454-504-0.
- GARCÍA, E. *Propuesta de modelo para la Gestión de Riesgos en los proyectos de producción de software*. Ciudad Habana: s.n., 2009. ISSN 5698-5236-85.
- LEYVA, M. Y., *et al.* Técnicas para la representación del conocimiento causal: un. Ciudad Habana : Revistas Cubana de Información de Ciencias de la Salud, 2012. Vol. Vol 24, No 1 (2013). Disponible en: [<http://acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/382/283>. versión electrónica ISSN:2307-2113].
- LEYVA, M. Y. *et al.* Mapas cognitivos difusos para la selección de proyectos de tecnologías de la Información. México: División de Investigación de la facultad de contaduría y Administración de la UNAM, 05 2012. Disponible en: [http://www.contaduriayadministracionunam.com.mx/userFiles/app/pp_21052012.pdf].
- LITTEN, D, PERNIMOVA and W. Project Risk and Risk Management. [Online] 2009 [Consultado el 19 de abril de 2012]. Disponible en: [<http://www.pmhut.com/project-risk-and-risk-management>].
- LÓPEZ, J. and GARCÍA GARCÍA, J. Modelado Causal Predictivo Basado en Redes. Disponible en: [<http://www.ceautomatica.es>]. [Online] 2010 [Consultado el: 24 de abril de 2013]. Disponible en: [http://www.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXVIII/documentos/1381-Model_causal_pred2.pd].
- KOSKO, P. A. Sheraton Vancouver Wall Centre Hotel, BC, Canada: s.n., 2006. International Joint Conference on Neural Networks.
- PÉREZ, O. *Los Riesgos en la Gestión de Proyectos*. Habana: Semana Tecnológica Fordes, 2011. Disponible en: [<http://semanatecnologica.fordes.co.cu/index.php/st/xi/paper/viewFile/13/41>].
- PIEDRA, M. C. GALLARDO and CORDONES, P. O. J. *Análisis de riesgos informáticos y elaboración de un Plan de contingencia*. Quito: Quito/EPN, 2011. Disponible en: [<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3790/1/CD-3510.pdf>]. A parece en las colecciones Tesis Sistemas Informáticos y de Computación (ISIS).

- Project Management Institute. *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, 4ta Edición*. Pelsylvania, USA : PMI Publications, 2010. ISBN: 978-1-933890-72-2.
- Project Management Institute, Inc. *Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA.: s.n., 2008. p. 54. Vol. 4. ISBN: 978-1-933890-72-2.
- SEDKI, K. and BONNEAU de BEAUFORT, L. Cognitive Maps and Bayesian Networks for. Francia: 24th International Conference on Tools with Artificial Intelligence, noviembre 26, 2012. 1. Disponible en: [<http://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/docs/00/75/71/89/PDF/SedkiBonneauSoumICTAI12.pdf>. DOI : 10.1109/ICTAI.2012.175 hal 00757189].
- SEPULVEDA, A. M. Metodologías de la Gestión de Riesgos. [Online] 2010 [Consultado el: 19 de abril de 2012]. Disponible en: [<http://auditoriaunal20101.wikispaces.com/.../METODOS+DE+GESTION+..>. Cód. 906547].
- VALLADARES, A. S. *Proceso de Gestión de riesgos para proyectos de desarrollo de software de Softel*. Ciudad Habana: Informática Habana, 2011. Disponible en: [www.informaticahabana.cu/taxonomy/term/2/program?page=27].
- ZULUETA, Y. and HERNÁNDEZ, E. La gestión de riesgos en la producción de software y la formación de profesionales de la informática: experiencias en la universidad cubana. Madrid España: Sistema de Información Científica, octubre 2009. Vol. 10, 3. Disponible en: [<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=92217181003.1885-4486>].