

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Inteligencia Artificial
Recibido: 05/05/2016 | Aceptado: 13/10/2016

Método para la integración de ontologías en un sistema para la evaluación de créditos

Method for the integration of ontologies in a credit scoring system

Yoan Antonio López Rodríguez ^{1*}, Yusniel Hidalgo Delgado ¹, Nemury Silega Martínez ¹

¹ Centro de Informatización de Entidades. Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños, Km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba, CP.: 19370. {yalopez, yhdelgado, nsilega}@uci.cu

* Autor para correspondencia: yalopez@uci.cu

Resumen

Los bancos son entidades financieras en los que se evalúa el riesgo de crédito a clientes. Los sistemas informáticos para la evaluación de créditos apoyan a los analistas de riesgo en ese proceso de evaluación. En la literatura consultada, se constató que existen sistemas para la evaluación de créditos basados en técnicas de Inteligencia Artificial, incluyendo las ontologías como forma de representación del conocimiento. En ese sentido, no se encontró ninguno en el que se integre el modelo ontológico con el modelo relacional. En este artículo se propone un método para la integración de ontologías en sistemas para la evaluación de créditos con bases de datos relacionales. El método está basado en siete actividades que incluyen: desarrollar el modelo relacional, desarrollar el modelo ontológico, cargar el modelo ontológico, poblar el modelo ontológico, inferir conocimiento, brindar las salidas y validar la solución. Para evaluar la aplicabilidad del método propuesto, se utilizó en la implementación de un sistema para la evaluación de créditos basado en ontologías para el Banco Nacional de Cuba. Para el desarrollo de las ontologías se utilizó la herramienta Protégé 5.0 y se siguió la metodología para el desarrollo de ontologías de Rubén Darío Alvarado. Para la carga y manipulación de las ontologías se utilizaron las librerías Jena y OWL API. Con la aplicación del método propuesto se obtuvo un sistema reutilizable, flexible ante los cambios y de fácil mantenimiento.

Palabras clave: evaluación de créditos, método, ontologías, Protégé.

Abstract

The banks are financial institutions that evaluate the credit risk to customers. The information systems for the credit evaluation support the risk analysts in this evaluation process. In the reviewed literature, we found that there are systems for the evaluation of credits based on Artificial Intelligence techniques, including the ontologies as form of

knowledge representation. In this sense, we did not find evidence about credit scoring systems using both, ontological and relational model together. In this paper, we propose a novel method for integrating ontologies in credit scoring systems based on relational databases. The method is based on seven activities that they include: to develop the relational model, to develop the ontological model, to load the ontological model, to populate the ontological model, to infer knowledge, to offer the outputs and to validate the solution. To evaluate the applicability of the proposed method, it was used in the implementation of one system for the evaluation of credits based on ontologies in the National Bank of Cuba. We used Protégé 5.0 as development tool of ontologies and the methodology for the development of ontologies proposed by Rubén Darío Alvarado. In order to the load and manipulation of ontologies were used the framework Jena and OWL API. With the use of the proposed method was obtained a system reusable, flexible and easy to maintain.

Keywords: *credit scoring, method, ontologies, Protégé.*

Introducción

Los bancos son entidades financieras que enfrentan un conjunto de riesgos, uno de los más significativos es el riesgo de crédito. La evaluación de los créditos debe ser un proceso ágil, por ello el creciente uso de sistemas informáticos para apoyar a los analistas de riesgos en la toma de decisiones. Antes de la década de los 70 los sistemas para la evaluación de créditos se construían con técnicas estadísticas principalmente con la técnica Análisis Discriminante. A partir de entonces el auge alcanzado por la Inteligencia Artificial se hizo notar en el desarrollo de este tipo de sistemas (Rayo y Lara, 2010).

Según un estudio realizado por (Sosa, 2008) las técnicas más destacadas de la Inteligencia Artificial aplicadas al campo de la gestión financiera empresarial, que incluye los sistemas para la evaluación de créditos son: los sistemas basados en reglas (sistemas expertos tradicionales), las redes neuronales, la lógica difusa, y los algoritmos genéticos, esta última generalmente integrada a otras técnicas formando sistemas mixtos. Sin embargo, desde la década de los 80 los investigadores de la Inteligencia Artificial, especialmente los del área de la representación del conocimiento comprendieron la necesidad de usar ontologías para describir el mundo de manera que pudiera ser comprendido por sistemas inteligentes (Welty y Guarino, 2001). Las ontologías son una técnica novedosa de la Inteligencia Artificial. Su empleo en sistemas informáticos aumenta la calidad interna y externa, la extensibilidad y la flexibilidad, a la vez que facilita el mantenimiento de los mismos. En los sistemas informáticos pueden utilizarse tanto para su desarrollo como en tiempo de ejecución. Cuando la ontología se utiliza en tiempo de ejecución el sistema se dice “dirigido por ontologías” mientras que cuando se utiliza para el desarrollo, se dice “desarrollo dirigido por ontologías”. Los

programas suelen contener conocimiento del negocio en las declaraciones de tipos o clases, lo cual afecta su mantenimiento, en los sistemas dirigidos por ontologías es posible representar el conocimiento del negocio separado del código del programa (Aranda y Ruiz, 2005).

Los problemas de clasificación suelen ser un caso especial de aplicación de las ontologías, con ellas es posible clasificar términos, caracterizar relaciones y definir restricciones sobre esas relaciones. Los sistemas para la evaluación de créditos resuelven un problema de clasificación. Estos sistemas persiguen clasificar a los clientes en buenos y malos de acuerdo a sus condiciones financieras. En la literatura se pueden encontrar métodos y sistemas para la evaluación de créditos basados en ontologías, entre ellos se destacan el portal basado en ontologías para análisis de riesgo de crédito (Kotsiantis, Kanellopoulos, Karioti y Tampakas, 2009), el meta-modelo de evaluación de créditos basado en ontologías (Fan, Ren y Xiong, 2004) y el modelo de evaluación de riesgo de crédito basado en ontologías (Arsovski, Markoski, Pecev, Ratgeber y Petrov, 2014). En ellos se aprecian diferencias en cuanto al número de ontologías que se definieron y la herramienta de edición de ontologías que se utilizó, predominando la definición de una sola ontología y el empleo de la herramienta Protégé. De igual manera se apreciaron semejanzas tales como que han sido desarrollados para la evaluación de créditos a personas naturales y que a pesar de que la mayoría de los bancos gestionan la información de sus clientes en bases de datos relacionales, estos utilizan como modelo de datos únicamente al modelo ontológico. La adaptación de estos métodos y sistemas al entorno bancario cubano con especial interés en la atención de clientes jurídicos, infelizmente no es posible debido a que el proceso de análisis financiero de este tipo de clientes es más complejo. De igual forma, los modelos ontológicos de estos sistemas representan características socio económicas particulares de acuerdo a regulaciones específicas de sus países.

Sobre la obtención de ontologías a partir de bases de datos relacionales se encuentran publicados un gran número de trabajos, en (Vega, Grangel, Sáez y García, 2014) se analizan algunos de ellos y se afirma que ninguno presenta mecanismos para clasificar la información almacenada en las bases de datos. En ámbitos específicos como el de la salud se han utilizado las ontologías para trabajar con la información no sensible de las bases de datos, en (Kiong, Palaniappan y Yahaya, 2011) se crean ontologías a partir de bases de datos relacionales para ser usadas como bases de conocimientos de agentes de software y se crean mecanismos para que la información que se genera en esas ontologías sea almacenada nuevamente en las bases de datos.

En este artículo se propone un método donde se integran las ontologías con la base de datos relacional en el desarrollo de sistemas y las ontologías se utilizan para clasificar información almacenada en la base de datos. El método propone la creación de ontologías a partir de las entidades del modelo relacional que puedan usarse en su conjunto para

resolver un problema de clasificación. Se ha escogido para la aplicación del método el desarrollo de un sistema para la evaluación de créditos en el Banco Nacional de Cuba (BNC).

Materiales y métodos

Acorde con Studer, las ontologías se definen como una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida (Studer y Benjamins, 1998). Las ontologías definen conceptos y relaciones para describir y representar conocimiento. Existe un gran número de clasificaciones de ontologías, dentro de ellas la de (Guarino, 1998) que establece cuatro tipos: ontologías de alto nivel, ontologías de dominio, ontologías de tareas y ontologías de aplicación.

Para representar conocimiento de dominio, las ontologías poseen los siguientes componentes (Kotsiantis, Kanellopoulos, Karioti y Tampakas, 2009):

- **Conceptos:** ideas básicas que se intentan formalizar. Pueden ser clases de objetos, métodos, planes, estrategias, procesos de razonamiento, entre otros.
- **Relaciones:** representan la interacción y enlace entre los conceptos del dominio. Suelen formar la taxonomía de dominio: “subclase de”, “parte de”, “parte exhaustiva de”, “conectado a”.
- **Funciones:** son un tipo concreto de relación donde se identifica un elemento mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de la ontología. Por ejemplo, pueden aparecer funciones como categorizar clase, asignar fecha.
- **Instancias:** se utilizan para representar objetos que pertenecen a un concepto determinado.
- **Axiomas:** proposiciones que se declaran sobre las relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología. Los axiomas, junto a la herencia de conceptos, permiten inferir el conocimiento oculto detrás de una taxonomía de conceptos.

El desarrollo y aplicación de ontologías depende del razonamiento. Un razonador es un componente clave para trabajar con ontologías. Los razonadores juegan dos importantes roles: uno de ellos es decidir si una clase es subclase de otra y el otro es chequear la consistencia de la ontología. Acorde a la descripción de las clases los razonadores pueden determinar las instancias (individuos) de cada clase. Virtualmente toda consulta a una ontología debe ser realizada utilizando un razonador que infiera conocimiento implícito. Un razonador también es conocido como clasificador por la tarea de computar una jerarquía de clases inferidas (Zhao, Zhang y Zhao, 2012).

Para el desarrollo de ontologías se han definido metodologías. Dentro de ellas la de Noy y Mc Guinness y Methontology son de las más usadas, incluso como base de otras metodologías como la de Rubén Darío, esta última escogida para el desarrollo del presente trabajo (Alvarado, 2010).

Acorde con (Bhatia y Jain, 2011) las ontologías pueden recibir la información desde diferentes tipos de fuentes, entre ellos: textos, diccionarios, bases de conocimientos, esquemas semiestructurados y esquemas relacionales, un elemento importante a lograr en ello es realizar la carga de las instancias de forma automática (Cala, Schorlemmer y Noriega, 2013). Las ontologías pueden ser almacenadas de tres formas diferentes: en memoria, en ficheros o en bases de datos relacionales (Huang, Li y Wang, 2013). Este artículo se enfoca en la carga automática desde una base de datos relacional y el almacenamiento en ficheros. Para proveer el acceso, la manipulación y la consulta de las ontologías se han desarrollado marcos de trabajo tales como: Jena (Ameen, Khan y Rani, 2014), OWL API (Horridge y Bechhofer, 2011) y M2O (Pop, Moldovan, Antal, Valea, Cioara, Anghel, Salomie, 2015), la última de ellas ofrece la posibilidad de cargar la ontología desde un modelo orientado a objetos.

Existen 5 escenarios principales de la utilización de ontologías en el desarrollo de sistemas informáticos: el análisis conceptual, la especificación de requisitos, el modelado de los datos, el diseño de programas e interfaces y la usabilidad del sistema. En el escenario 4 sobre el diseño de programas, acorde con Barchini (Barchini, Álvarez y Herrera, 2006), normalmente los programas contienen conocimiento del dominio que no se guarda explícitamente en base de datos, este conocimiento se codifica en la parte estática del programa en forma de tipos o declaraciones de clases, otras en la parte procedimental. Con el uso de ontologías es posible evitar la codificación del conocimiento del negocio, la parte declarativa y procedimental de los programas se convierten en una base de conocimiento y en un motor de inferencias.

Con el fin de ayudar a sustituir la codificación del conocimiento del negocio por el razonamiento ontológico y mantener el modelo relacional como modelo de datos del sistema, se propone el método que se describe a continuación.

Descripción del método propuesto

El método que se propone consta de 7 actividades: desarrollar el modelo relacional, desarrollar el modelo ontológico, cargar el modelo ontológico, poblar el modelo ontológico, inferir conocimiento, brindar las salidas del sistema y validar la solución, ver Figura 1.

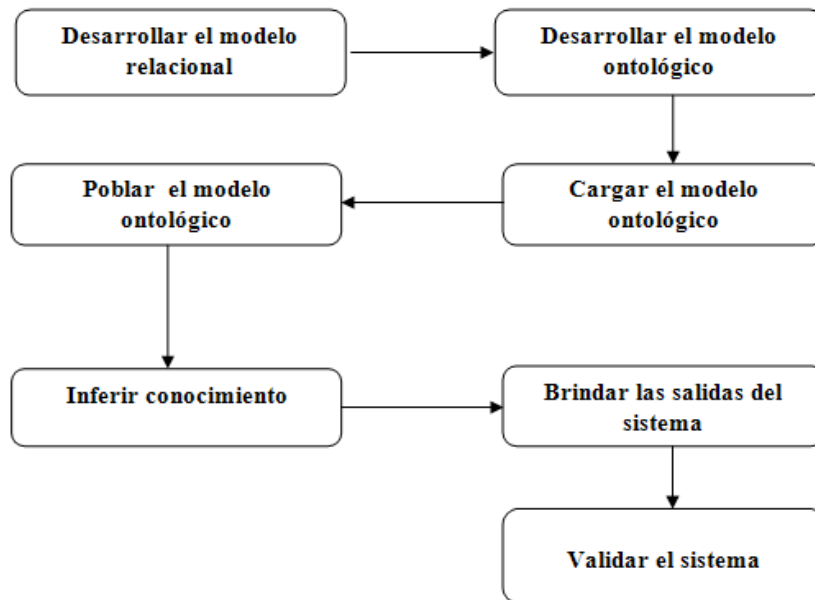


Figura 1. Actividades del método

Se sugiere realizar las dos primeras actividades de forma simultánea ya que ambas forman parte de un único modelo de datos. El modelo relacional abarca todas las entidades y el modelo ontológico las que formen parte de alguna de las ontologías que se creen. Cualquier concepto O_{11} modelado en la ontología O_1 del conjunto de ontologías O , deberá coincidir con algún elemento M_1 en el modelo relacional M . A continuación, se describen las actividades:

- **Desarrollar el modelo relacional**

Para el desarrollo del modelo relacional es preciso revisar el modelo de datos existente en los sistemas nativos y realizar las modificaciones necesarias. En las entidades que van a ser clasificadas a partir del modelo ontológico se sugiere adicionar el campo “clasificación” de tipo cadena que se utilizará para introducir la clasificación luego del proceso de inferencia de conocimiento.

- **Desarrollar el modelo ontológico**

Para el desarrollo del modelo ontológico es preciso seleccionar las entidades o grupos de entidades del modelo relacional que puedan participar en un problema de clasificación y a partir de ellas crear una ontología de aplicación siendo posible que todas las entidades del modelo relacional formen parte de una única ontología. A menudo las ontologías de aplicación extienden y especializan vocabulario de una ontología de dominio o de tarea para una aplicación particular, por ello se recomienda buscar en repositorios tales como: *DAML Ontology Library* (Disponible en: <http://www.daml.org/ontologies/>) y *Suggested Upper Merged Ontology* (SUMO) (Disponible en:

<http://www.adampease.org/OP/>). En el proceso de creación de las ontologías a partir del modelo relacional se tendrá en cuenta que las entidades y los campos del modelo relacional se convierten en conceptos y relaciones respectivamente, formando el TBox de la ontología. En dependencia de la reutilización que se desee obtener será el número de ontologías que se cree. Como lenguaje para la representación de ontologías se recomienda el Lenguaje de Ontologías para la Web (OWL) (McGuinness y Harmelen, 2004) que está diseñado para representar conocimiento complejo. Para la creación de las ontologías es recomendable utilizar una herramienta de edición, estas herramientas le permiten al usuario concentrarse en la representación real del conocimiento sin necesidad de hacerlo directamente en el fichero de la ontología. Protégé es una de las herramientas más usadas por la comunidad científica para la ingeniería ontológica y por ello se recomienda en este trabajo. Las ontologías creadas en el Protégé se pueden exportar en una de las sintaxis que este brinda tales como: RDF/XML y OWL/XML.

- **Cargar el modelo ontológico**

Aunque el Protégé no solo permite la creación y gestión de ontologías sino también un conjunto de funcionalidades que se le han incorporado mediante plugins, se sugiere para desarrollar el sistema, utilizar un entorno de desarrollo que permita trabajar con las librerías existentes para la manipulación de ontologías. Mediante estas librerías es posible transformar el fichero de la ontología a la programación orientada a objetos, facilitándole a los desarrolladores su manipulación. Para la carga del modelo ontológico se creará un modelo por cada una de las ontologías que se utilicen.

- **Poblar ontologías**

Poblar ontologías es el proceso de introducir la información del modelo relacional en el modelo ontológico. Las tuplas almacenadas en la base de datos se convierten en instancias formando el ABox de las ontologías.

- **Inferir conocimiento**

Con este proceso se persigue transformar el conocimiento implícito en conocimiento explícito y con ello obtener un nuevo modelo ontológico con la clasificación esperada. Una vez que se ha poblado el modelo ontológico, se debe aplicar alguno de los razonadores para obtener la inferencia de conocimiento. Para el proceso de inferencia se sugiere utilizar la librería OWL API y alguno de los razonadores que esta brinda, entre ellos: Pellets y Hermits.

- **Salidas del sistema**

En los sistemas para la toma de decisiones con empleo de técnicas de procesamiento automático, es deseable mostrar al usuario tanto el resultado final de la decisión como los resultados intermedios que lo originaron. Por tanto, se sugiere mostrar al usuario los resultados de la clasificación obtenida en el proceso de inferencia del modelo ontológico y los motivos que dieron lugar a ella. A partir de las apreciaciones del usuario sobre las respuestas

brindadas por el razonamiento automático, el sistema deberá permitir la retroalimentación del modelo relacional, evidenciándose la integración entre el modelo ontológico y el modelo relacional.

- **Validación de la solución**

Para validar la solución es preciso validar cada una de las ontologías desarrolladas y luego el sistema como un todo. La validación de una ontología se enfoca en comprobar que la misma cubre la representación del dominio para el cual fue creada (Mohamad y Modh-Hamka, 2014), por ello para la validación de las ontologías se sugiere utilizar validadores online y el método propuesto por Guerrero (Guerrero, 2012). El método se basa en el uso de casos de prueba para validar las preguntas de competencias y razonadores para validar las propiedades lógico formales. Para la validación del sistema se pueden emplear pruebas funcionales y otras técnicas que permitan constatar que el sistema realiza correctamente las funcionalidades para las cuales fue creado.

Resultados y discusión

El método antes expuesto fue probado en el desarrollo de un sistema para la evaluación de créditos en el Banco Nacional de Cuba. A continuación, se explica brevemente el proceso de evaluación de créditos, se muestra el sistema desarrollado y se evalúan los resultados de su aplicación.

Evaluación del riesgo de crédito en el Banco Nacional de Cuba

Los riesgos y la política de provisiones en Cuba dependen del comportamiento de los pagos y de la situación financiera del cliente y se clasifican según la instrucción No. 34/2006 del Banco Central de Cuba (BCC), ver Tabla 1. La determinación del comportamiento de los pagos en el BNC se realiza a partir de la revisión del atraso de los clientes en los pagos contraídos con la entidad y con otros bancos, puede tomar los valores que se muestran en la cabecera de la Tabla 1 acorde a la cantidad de días que presenten los pagos atrasados. Para la determinación de la situación financiera se calculan un conjunto de razones financieras sobre la información contable del cliente. La situación financiera puede tomar los valores que se muestran en la primera columna de la Tabla 1 acorde al número de indicadores financieros evaluados de satisfactorios.

Tabla 1. Matriz de clasificación del riesgo de crédito

Comportamiento de los pagos / Situación financiera	Muy bueno	Bueno	Regular	Insatisfactorio
Muy buena	Mínimo	Bajo	Medio	Medio-Alto
Satisfactoria	Bajo	Medio	Medio	Medio-Alto

Buena	Medio	Medio	Medio-Alto	Alto
Regular	Medio	Medio-Alto	Alto	Irrecuperable
Insatisfactoria	Medio-Alto	Alto	Irrecuperable	Irrecuperable

Aplicación del método

La evaluación del riesgo de crédito en el BNC es un problema típico de clasificación, por ello fue escogido para probar el método que se propone. A continuación, se describe la ejecución de las actividades:

- **Desarrollo del modelo relacional**

El modelo relacional que existía en el BNC abarcaba las entidades relacionadas con el control de los pagos atrasados de los clientes y el registro de su información financiera. Para desarrollar el sistema fue necesario agregar nuevas entidades que permitieran almacenar la información de los indicadores financieros y las solicitudes de créditos, ver Figuras 2 y 3 respectivamente. Se tuvo en cuenta agregar el campo “clasificación” en las entidades que van a ser clasificadas mediante el modelo ontológico. Se debe aclarar que en ninguna de las imágenes que se muestran en este artículo hay información sensible del Banco Nacional de Cuba.

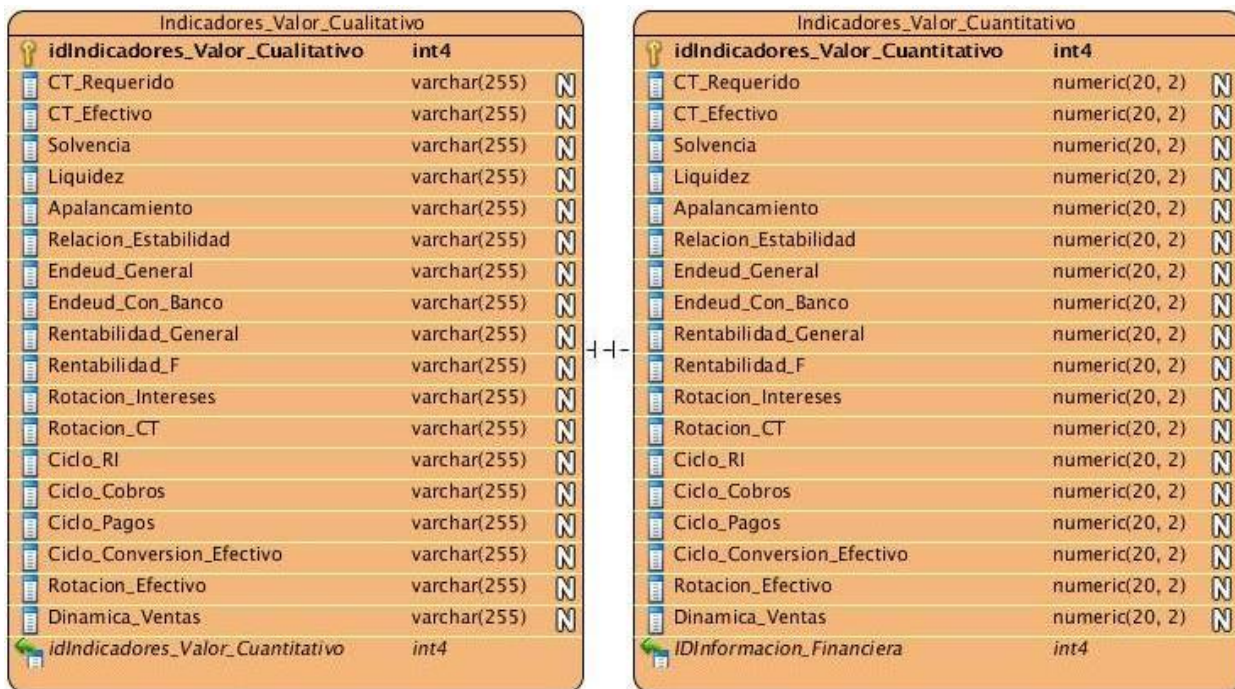


Figura 2. Entidades de los indicadores financieros

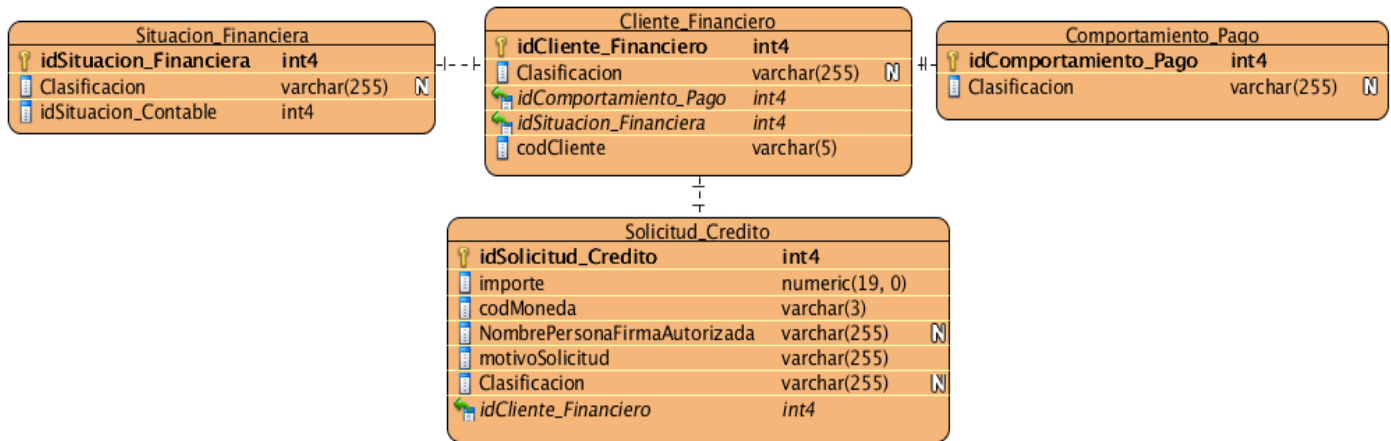


Figura 3. Entidades de las solicitudes de crédito

- **Desarrollo del modelo ontológico**

Se llevó a cabo un proceso de análisis para seleccionar las entidades que formarían parte de alguna ontología. Se decidió resolver con ayuda de las ontologías la evaluación de los indicadores y la clasificación del riesgo de las solicitudes de crédito, por ello se decidió crear dos ontologías donde se verían involucradas las entidades del modelo relacional correspondientes. Para el desarrollo de las ontologías se utilizó la herramienta Protégé 5.0 y se realizaron las 5 actividades que plantea la metodología de Rubén Darío. Las actividades de la metodología incluyen: la determinación de los requerimientos, la reutilización de ontologías, la elaboración del modelo conceptual, la implementación y la evaluación de las ontologías. No se reutilizaron conceptos de otras ontologías, la ontología para la clasificación de los indicadores abarcó 55 clases, 2 relaciones y un total de 156 axiomas, mientras que la ontología para la clasificación del riesgo abarcó 64 clases, 14 relaciones y un total de 260 axiomas, en la Figura 4 se muestran las clases de las ontologías.

- **Cargar el modelo ontológico**

Con la herramienta Protégé 5.0 se exportaron las ontologías hacia ficheros en la sintaxis RDF/XML. Mediante el API Jena en la herramienta NetBeans 8.0 se cargaron las ontologías construidas. Las clases “OntModel” y “ModelFactory” permitieron crear modelos de las ontologías en lenguaje Java. A continuación, se muestra la carga de la ontología para la clasificación de riesgos de las solicitudes de crédito, ver Figura 5.

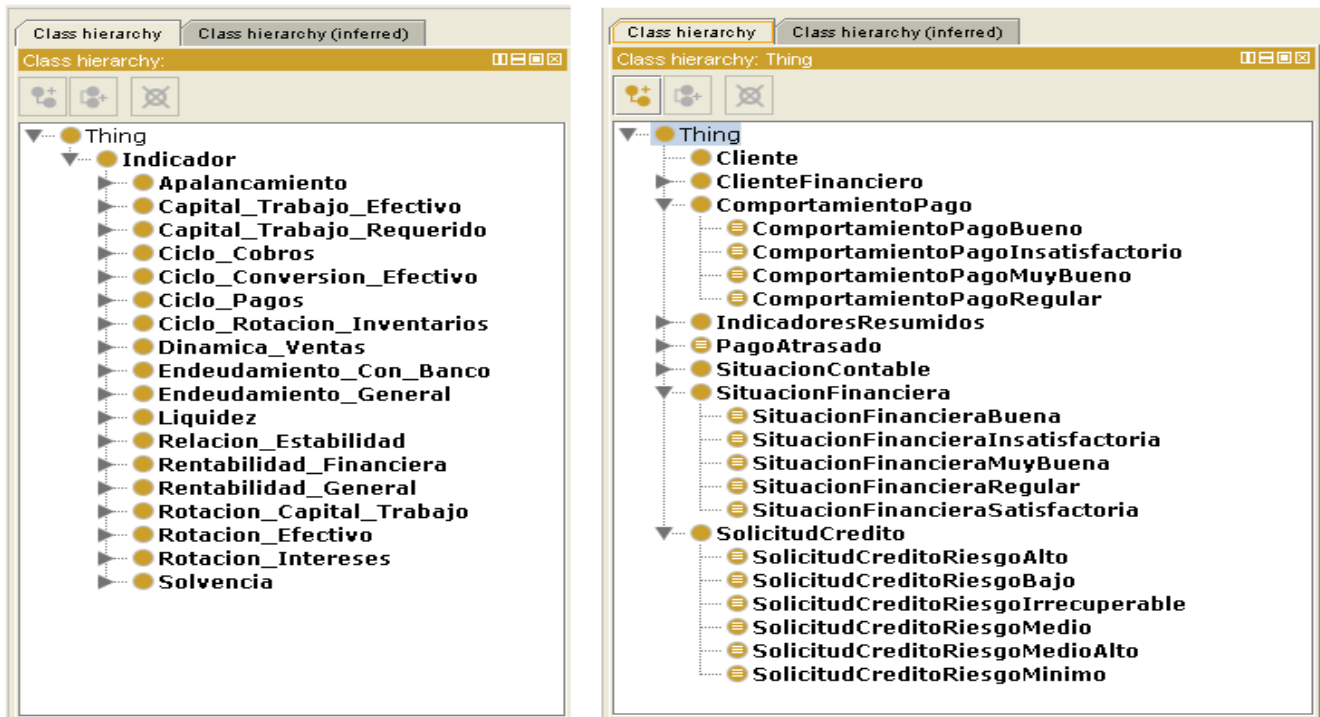


Figura 4. A la izquierda las clases de la ontología de los Indicadores y a la derecha las clases de la ontología de las solicitudes de créditos

```
String pathFile = "file:/root/Ontologia/OntoCreditRisk.owl";
OntModel modelBase = ModelFactory.
    createOntologyModel(OntModelSpec.OWL_MEM);
modelBase.read(pathFile, "RDF/XML");
```

Figura 5. Cargar ontologías

Poblar ontologías

La creación de los individuos de las ontologías se realizó con el API Jena. Para la creación de los individuos se invocó el método createIndividual() de la clase OntModel, a continuación se muestra la inserción de las tuplas de la tabla Solicitud_Credito del modelo relacional en la ontología correspondiente, ver Figura. 6.

```
for (SoliciitudCredito solicitudCredito1Aux : solicitudesCredito)
{
    solicitudCreditoModelo = modeloBase.createIndividual(NS + solicitudCredito1Aux.
        getNombreIdentificador(),SolicitudCreditoModelo);
}
```

Figura 6. Poblar ontologías

- **Inferir conocimiento**

Para el proceso de inferencia se utilizó el razonador Pellets incorporado a la librería OWL API. La ontología de los indicadores fue concebida para obtener los valores cualitativos de los indicadores a partir de los valores cuantitativos. El analista de riesgo del BNC aportó el conocimiento necesario para realizar ese proceso que fue incorporado a la ontología en forma de axiomas. A modo de ejemplo, el indicador “Ciclo de cobros” es favorable cuando es menor o igual que 30 días, en la ontología se definió una clase “Ciclo de cobros favorable” con ese axioma, ver Figura 7.

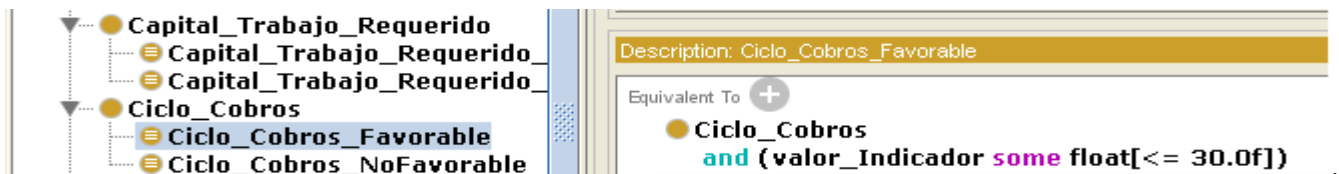


Figura 7. Axioma ciclo de cobros favorable

La ontología de las solicitudes de créditos fue concebida para clasificar el riesgo de las solicitudes de créditos. Las entradas del proceso son los indicadores resumidos y los pagos atrasados. A partir de los indicadores resumidos la ontología debe clasificar la situación financiera y a partir de los pagos atrasados debe clasificar el comportamiento de los pagos. Una vez clasificada la situación financiera y el comportamiento de los pagos entonces le será posible clasificar el riesgo de la solicitud de crédito de acuerdo a la matriz de la Resolución 34/2006 de BCC. Cabe destacar que los indicadores resumidos se obtienen en el proceso de inferencia de la ontología de los indicadores.

- **Salidas del sistema**

En el sistema desarrollado se muestran: la clasificación del riesgo de la solicitud de crédito, la clasificación de la situación financiera y del comportamiento de los pagos que la originaron, el listado de los pagos atrasados del cliente y los indicadores financieros, ver Figura 8. El usuario tiene la posibilidad de solicitar la persistencia de los datos lográndose de esa manera la retroalimentación del modelo relacional a partir de la inferencia del modelo ontológico.

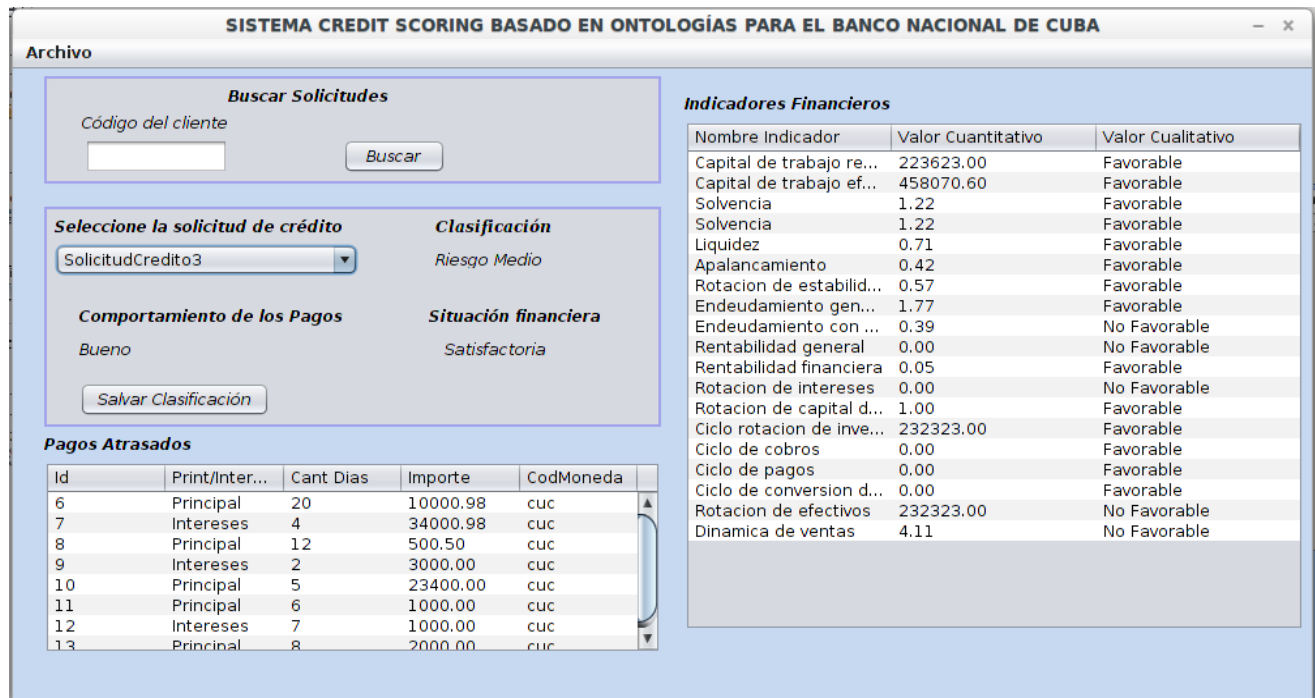


Figura 8. Salidas del sistema

Finalmente se puede destacar que la incorporación de ontologías en el sistema desarrollado contribuyó a evitar la codificación de conocimiento del negocio. El método utilizado permitió introducir el razonamiento ontológico de forma natural y en los dominios potencialmente reutilizables, aumentando la reutilización, usabilidad y el mantenimiento del sistema. Con la inferencia obtenida del modelo ontológico fue posible retroalimentar el modelo relacional.

Conclusiones

En ocasiones en el desarrollo de sistemas con razonamiento ontológico es importante mantener el modelo relacional. En este artículo se propuso un método que permite la incorporación de ontologías manteniendo el modelo relacional, el desarrollador crea las ontologías con el fin de obtener algún razonamiento automático que luego puede ser almacenado en la base de datos relacional. El método fue probado en el desarrollo de un sistema para la evaluación de créditos en el Banco Nacional de Cuba para el cual fueron desarrolladas dos ontologías de aplicación que permitieron clasificar de forma independiente los indicadores financieros y el riesgo de las solicitudes de créditos, contribuyendo con ello a la reutilización. Como trabajos futuros se plantea obtener versiones superiores del método propuesto.

Referencias

- ALVARADO, R. D. Metodología para el desarrollo de ontologías. 2010. Disponible en: <http://es.slideshare.net/Iceman1976/metodologia-para-ontologias>.
- AMEEN, A; KHAN, K. U. R; RANI, B. P. Reasoning in Semantic Web Using Jena. *Computer Engineering and Intelligent Systems*, 2014, 5 (4): p. 39-47.
- ARANDA, G.N.; RUIZ, F. Clasificación y ejemplos del uso de ontologías en Ingeniería del Software. En XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 2005.
- ARSOVSKI, S.; MARKOSKI, B.; PECEV, P.; RATGEBER, L.; PETROV, N. An ontology driven credit risk scoring model. In *Computational Intelligence and Informatics (CINTI), IEEE 15th International Symposium*, 2014, p. 301-305.
- BARCHINI, G. E.; ÁLVAREZ, M.; HERRERA, S. Sistemas de información: nuevos escenarios basados en ontologías. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 2006, 3(1): p. 3-18.
- BHATIA, C.S; JAIN, S. Semantic Web Mining: Using Ontology Learning and Grammatical Rule Inference Technique. In *process automation, IEEE, 2011, Control and Computing (PACC)*, p. 1-6.
- CALA, A; SCHORLEMMER, M; NORIEGA, P. Prototipo de un módulo de búsqueda semántica para la plataforma GreenIDI. 2013. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/77ef/9bbe83b82fd8b6e13d11b4c197e8137c63b9.pdf>.
- FAN, J.; REN, B.; XIONG, L. R. Modeling and Management of Ontology-based Credit Evaluation Meta-model. In *Systems, Man and Cybernetics, IEEE International Conference*, 2004, 4: p. 3164-3168.
- GUARINO, N. *Formal Ontology in Information Systems. Proceeding of the first international conference (FOIS'98)*, Trento, Italia, IOS Press, 1998, 46.
- GUERRERO, R. S. *Ontología para la representación de las preferencias del estudiante en la actividad de aprendizaje en entornos virtuales. Tesis de doctorado, Universidad de Granma, Granma, Cuba, 2012.*
- HORRIDGE, M; BECHHOFFER, S. The OWL API: A Java API for OWL Ontologies. *Semantic Web*, 2011, 2 (1): p. 11-21.

HUANG, Y; LI, G; WANG, X. Semantic Web Rough Ontology: Definition, Model and Storage Method. In Information Management, innovation management and Industrial Engineering (ICIII), 6th IEEE International Conference, 2013, 1: p. 104-107.

KIONG, Y.C; PALANIAPPAN; S. YAHAYA, N.A. Health Ontology System. In Information Technology in Asia (CITA 11), IEEE, 2011, 7th International Conference, p. 1-4.

KOTSIANTIS, S.B.; KANELLOPOULOS, D.; KARIOTI, V.; TAMPAKAS, V. An ontology-based portal for credit risk analysis. In Computer Science and Information Technology, 2nd IEEE International Conference, 2009: p. 165-169.

MCGUINNESS, D. L; HARMELEN, F. V. OWL Web Ontology Language Overview, W3C Recommendation 10 February 2004. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.

MOHAMAD, R; MODH-HAMKA, N. Similarity Algorithm for Evaluating the Coverage of Domain Ontology for Semantic Web Services. In Software Engineering Conference (MySEC), IEEE, 2014, 8th Malaysian, p. 189-194.

POP, C; MOLDOVAN, D; ANTAL, M; VALEA, D; CIOARA, T; ANGHEL, I; SALOMIE, I. M2O: A Library for Using Ontologies in Software Engineering. Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2015, IEEE, p. 69-75.

RAYO, S.; LARA, J. Un Modelo de Credit scoring para instituciones de micro finanzas en el marco de Basilea II. Journals of Economics, Finance and Administrative Science, 2010, 15 (28): p. 89-124.

SOSA, M. D. C. Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial. Revista científica Pensamiento y gestión. 2008, (23).

STUDER, R.; BENJAMINS, V. R. Knowledge engineering: Principles and methods. Data and Knowledge engineering, 1998, 25(1): p. 161-197.

VEGA, A.; GRANGEL, I.; SÁEZ, I.; GARCÍA, R. Procedimiento para la obtención de un modelo ontológico para representar la información contenida en bases de datos. CEUR Workshop Proceedings, 2014.

WELTY, C.; GUARINO, N. Supporting ontological analysis of taxonomic relationships. Data & Knowledge Engineering, 2001, 39 (1): p. 51-74.

ZHAO, H; ZHANG, S; ZHAO, J. Research of Using Protégé to Build Ontology. IEEE/ACIS 11th International Conference on Computer and Information Science, 2012, p. 697-700.