

Uso de Técnicas de Inteligencia Artificial para Aplicaciones Financieras

Carlos A. Coello Coello
Laboratorio Nacional de Informática Avanzada
Rébsamen 80
Xalapa, Veracruz 91090
ccoello@xalapa.lania.mx

y

Ma. Guadalupe Castillo Tapia
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco, México, D.F.
mgct@hp9000a1.uam.mx

I. Introducción

El creciente desarrollo de la tecnología ha incrementado considerablemente los volúmenes de información que las empresas actuales deben manipular, no sólo para realizar sus operaciones cotidianas, sino también para expandir sus mercados y para dirigir sus productos al público adecuado.

Al usarse una tarjeta de crédito, por ejemplo, suelen acumularse datos sobre patrones de consumo que después se venderán a diversas empresas. En base a los pagos efectuados en dicha tarjeta de crédito, los bancos e instituciones de crédito irán elaborando un historial del usuario, el cual se usará para autorizar una transacción, para decidir cuándo extender el crédito y para detectar fraudes.

Este tipo de procesos requiere de chequeos que suelen resultar bastante complejos, además de ameritar el uso de criterios variables para poder tomar una decisión final en torno a la autorización de una cierta transacción. Claro que al manejar volúmenes de información enormes, como las 16 millones de transacciones que *Visa International* debe verificar diariamente, no resulta nada fácil poder detectar un fraude. Aunque es evidente la necesidad de automatizar este proceso, no es del todo obvio incorporar el comportamiento "inteligente" requerido en un programa de computadora que reemplace a un evaluador humano.

A través de los años, se han utilizado diversas técnicas de Inteligencia Artificial (IA) para emular dichos "comportamientos inteligentes". Al software que hace uso de dichas técnicas se le denomina de forma genérica "sistema inteligente", y la gama de aplicaciones financieras donde incide es cada vez más amplia, como se muestra en la figura 1 (tomada de [1]).

En este artículo se revisarán brevemente algunas aplicaciones financieras del mundo real de las 4 técnicas de IA más ampliamente utilizadas en la actualidad: los algoritmos genéticos, las redes neuronales, la lógica difusa y los sistemas expertos.

II. Algoritmos genéticos

En los últimos años ha habido un notable incremento en las aplicaciones de los algoritmos genéticos a problemas financieros de diversa índole, y las aplicaciones presentadas a continuación son simplemente representativas.

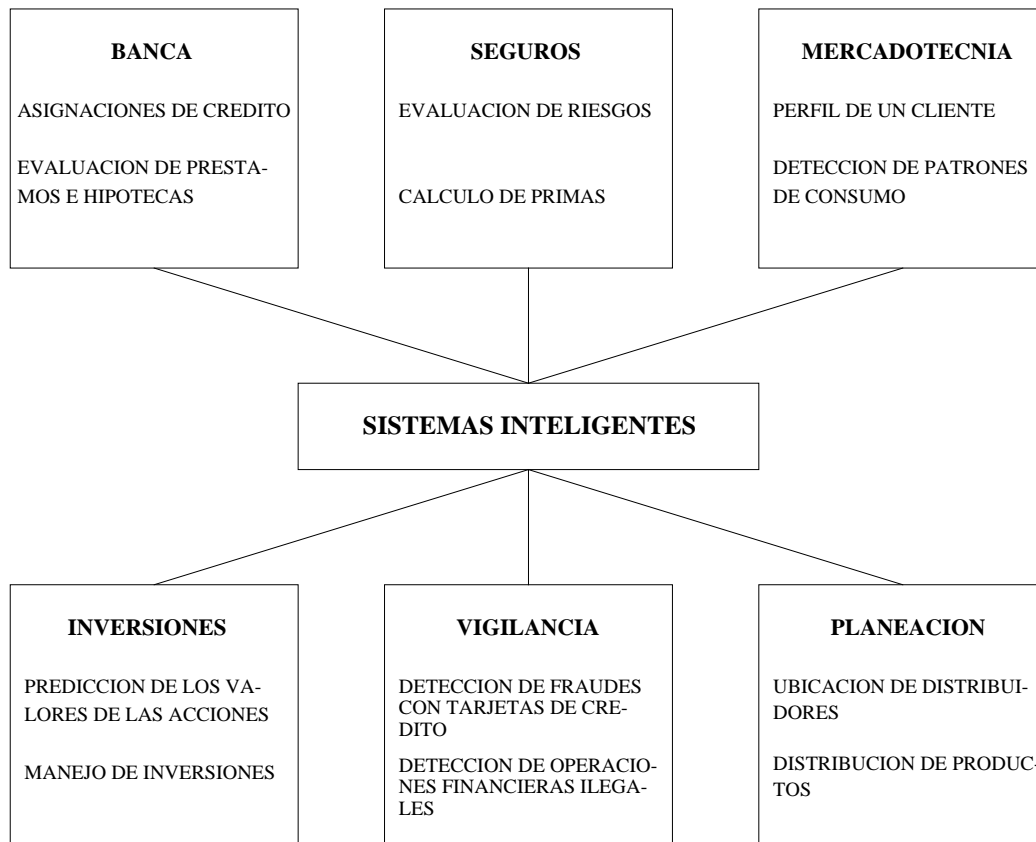


Figura 1 : Areas de aplicación financieras de los sistemas inteligentes

Kingdon y Feldman [2] han usado algoritmos genéticos para predecir la bancarrota de una corporación. El objetivo de este problema es determinar si la capacidad financiera de una empresa es suficiente como para absorber un préstamo, y así decidir si se le otorga o no. Los métodos tradicionales para este proceso son las técnicas de programación lineal, principalmente el análisis discriminante múltiple. El algoritmo genético propuesto por Kingdon y Feldman [2] ha sido capaz de inferir reglas para predecir la bancarrota de una empresa usando su información financiera (datos sobre ventas, ingresos, activos, etc.). En promedio, los autores reportaron que el algoritmo genético produjo resultados un 15% mejores que los modelos tradicionales. Esta es una aplicación muy interesante, porque el algoritmo genético produce reglas¹ que ayudan a predecir a un humano la posibilidad de que una cierta empresa se vaya a la quiebra. Debido a que estas reglas pueden ser analizadas por un humano, los usuarios del sistema (en este caso una agencia de crédito italiana)

¹ Aunque usamos el término “algoritmo genético”, no nos referimos a su versión simple, sino más bien a los *sistemas clasificadores*, en que se usa el principio de la evolución para producir reglas similares a las de los sistemas expertos.

prefirieron el uso de algoritmos genéticos por encima de las redes neuronales, ya que aunque estas últimas proporcionaban resultados similares, las decisiones se producían sin generar reglas, lo que hacía dudar a los usuarios sobre la veracidad de los resultados [1,2].

Packard [3] utilizó un algoritmo genético para determinar la asignación del presupuesto gubernamental de un estado. En esta aplicación se consideraron 730 dependencias entre las cuales se repartiría el presupuesto, cada una de las cuales hubo de llenar un cuestionario en el que detallaban el tipo de productos que deseaban adquirir. Dicho cuestionario contaba con 19 preguntas, cada una de las cuales tenía 12 respuestas posibles. El algoritmo genético se utilizó para inferir reglas que indicaran cuáles eran las mejores decisiones sobre la asignación de recursos en base a varios años de información histórica. Packard [3] logró encontrar ciertas combinaciones de respuestas específicas que conducían a maximizar la eficiencia del proceso (la eficiencia se medía dividiendo el dinero gastado entre el dinero asignado; conforme este valor se aproximaba más a uno, mayor resultaba la eficiencia). Los resultados proporcionados por el algoritmo genético resultaron muy buenos comparados con los producidos mediante técnicas tradicionales de asignación de recursos.

Walker et al. [4] reportan el uso de programación genética para generar fórmulas que mapeen valores observados en salidas esperadas, dado un conjunto cualquiera de datos (básicamente, se trata de un problema de regresión simbólica). Walker y sus colegas aplicaron programación genética a la evaluación de créditos, mostrando ser ésta una alternativa viable a las técnicas tradicionalmente utilizadas en este dominio: métodos estadísticos, redes neuronales y algoritmos de aprendizaje mediante ejemplos (como el ID3).

III. Redes Neuronales

Visa International tiene actualmente en operación un sistema de detección de fraudes que usa redes neuronales, el cual ha sido empleado por 5 bancos canadienses y 10 bancos norteamericanos, cubriendo a unos 40 millones de tarjetahabientes [1]. La red neuronal se entrena en este caso para detectar actividades fraudulentas, comparando transacciones legales con casos previos de fraude. Una vez que la red ha aprendido ciertos patrones de comportamiento "sospechosos", se le utiliza para alertar a un experto humano cuando una cierta transacción pudiese resultar fraudulenta. Este sistema, llamado *Cardholder Risk Identification Service* (CHRIS) le ahorró a *Visa International* unos \$40 millones de dólares simplemente durante sus primeros 6 meses de operación [5].

Dutta y Shekhar [6] describen el uso de una red neuronal para predecir la clasificación de los bonos de una empresa. Los bonos que emite una cierta compañía son clasificados (por ejemplo, AAA, AAB, etc.) por organizaciones independientes en base a sus riesgos posibles. Esta clasificación estima la capacidad de una compañía de poder re-pagar estos bonos en el tiempo convenido, con la tasa de interés acordada. Claro que los métodos usados por estas organizaciones para producir tales clasificaciones son estrictamente confidenciales, a fin de evitar la especulación. La idea de la técnica de Dutta y Shekhar fue usar información de dominio público sobre la empresa (por ejemplo sus balances financieros) para

predecir la clasificación que se le asignará a sus bonos. Si se logra predecir esta clasificación con una cierta tolerancia, se pueden hacer inversiones muy afortunadas, y de ahí la importancia de esta aplicación. Tradicionalmente, se han utilizado métodos de regresión estadística para tratar de realizar estas predicciones, produciéndose resultados con una precisión del 60% en promedio. La red neuronal de Dutta y Shekhar fue capaz de efectuar predicciones con una precisión del 82% usando 10 variables de entrada que describen el estado financiero de una compañía (entre ellas se incluyen su liquidez, sus activos, la relación entre ganancias y ventas, el capital de trabajo, los porcentajes de crecimiento y su porcentaje de endeudamiento).

IV. Lógica difusa

El *Fuji Bank*, en Tokio, usa un sistema que maneja lógica difusa para efectuar transacciones con bonos a corto plazo [7]. Este sistema ha estado en operación durante los dos últimos años, y consta de unas 200 reglas difusas que se basan en estrategias financieras de uso común. Dado que en la vida real este tipo de reglas tienen un tiempo de vida limitado, las reglas difusas del sistema son también actualizadas regularmente por expertos humanos, usando como base datos históricos y su propia experiencia. Se ha estimado que este sistema le ha permitido al *Fuji Bank* ganar unos \$770,000 dólares mensuales [7].

Un área de aplicación de la lógica difusa que ha crecido considerablemente en los últimos años es la extracción de información de bases de datos. En la extracción convencional de información no se permite el tipo de flexibilidad a la que los humanos estamos acostumbrados, porque el tipo de búsqueda que se efectuaría podría pasar por alto detalles importantes que para un ser humano resultarían obvios. Por ejemplo, si queremos detectar a agentes de ventas jóvenes que sean prometedores, tendríamos que definir qué entendemos por "joven" y por "prometedor". Si, por ejemplo, para nosotros, alguien de menos de 25 años es joven, entonces podríamos pasar por alto el desempeño de vendedores de 26 años. Análogamente, si para nosotros es "prometedor" alguien que vende más de \$100,000 pesos en un año, podríamos ignorar a quien vende \$99,000 pesos. La lógica difusa permite definir de manera más flexible el tipo de búsqueda que deseamos realizar, y nos proporcionaría mucha mayor información que usando las técnicas tradicionales. McNeil y Freiburger [7] presentan ejemplos reales de este tipo de aplicaciones.

Cox [8] presenta un sistema de detección de fraudes en el suministro de servicios de salud que usa lógica difusa. Esta aplicación intenta disminuir las pérdidas millonarias que se producen por concepto de fraudes en el sector salud en los Estados Unidos (que se estima ascienden a entre el 10% y 12% de los \$650,000 millones de dólares que se gastan anualmente en servicios médicos en aquel país). Este sistema se basa en la detección de patrones anómalos o sospechosos de comportamiento usando reglas derivadas de expertos humanos a las que la lógica difusa proporciona la flexibilidad necesaria para hacerlas útiles en un sistema de cómputo.

V. Sistemas Expertos

Existe un gran número de aplicaciones exitosas de sistemas expertos reportadas en la literatura [9,10,11]. Algunos ejemplos de empresas que los utilizan son: *American Express*, *Citibank*, *Manufacturers Hanover Trust*, *Yamaichi Securities* y *National Westminster Bank*, que los han empleado para efectuar evaluación de préstamos personales, manejo de inversiones, y para predicciones de mercados financieros [1].

La empresa californiana *Countrywide Funding* usa un gigantesco sistema experto para evaluar sus hipotecas. El objetivo de la empresa era desarrollar un sistema inteligente capaz de evaluar hasta 50,000 aplicaciones mensuales de una forma más eficiente que la utilizada tradicionalmente [12]. Aunque inicialmente se evaluaron otras técnicas tales como las redes neuronales, se optó por los sistemas expertos debido a su capacidad de explicar la forma en que se llega a una cierta decisión. Tradicionalmente, el proceso de evaluación de hipotecas es efectuado por personal altamente calificado que analiza hasta unos 150 elementos para tomar su decisión, incluyendo la solvencia del cliente y el valor de la propiedad. En promedio, el proceso de evaluación manual toma unos 50 minutos. El sistema experto que *Countrywide Funding* usa ahora, llamado CLUES, tiene unas 1000 reglas y requiere de entre 1 y 2 minutos para procesar una aplicación [12]. El sistema aprueba automáticamente el 55% de las aplicaciones y desaprueba todas aquellas que un humano rechazaría. Si el sistema recomienda que se rechace una cierta aplicación, la decisión final la debe tomar un evaluador humano, quien verifica el proceso que siguió el programa para tomar esa decisión.

La empresa aseguradora *Continental Canada* ha desarrollado un sistema experto para evaluar aplicaciones de seguros para automóviles de una forma eficiente [13]. Este sistema contiene cientos de reglas derivadas de expertos humanos en pólizas de seguros. Por ejemplo, hay reglas específicas para asignar un riesgo más alto a aquellos casos en que el cliente sea joven (y por tanto inexperto) y cuando se tengan vehículos más viejos (y por ende más propensos a fallas mecánicas). El sistema procesa todas las aplicaciones y activa ciertas alertas cuando se detectan posibles problemas. En estos casos, la decisión final queda a cargo nuevamente de un experto humano. *Continental Canada* afirma que este sistema experto redujo los gastos administrativos de la empresa en un 55%, incrementado las ganancias en un 30%.

VI. Tendencias Futuras

Indudablemente el uso de los sistemas inteligentes en aplicaciones financieras se extenderá considerablemente en los años venideros, pues se ha percibido una fuerte tendencia en esa dirección en los últimos años, con el advenimiento de varias conferencias especializadas, la formación de postgrados y la publicación de libros y revistas especializadas.

Es importante hacer notar que aunque los sistemas inteligentes suelen presentar varias ventajas con respecto a las técnicas tradicionales de programación lineal o de cálculo de series de tiempo que se suelen utilizar en diversas áreas financieras, su uso no intenta reemplazar a los expertos humanos totalmente, sino más bien auxiliarlos a realizar más rápida y eficientemente su tarea.

Una de las tendencias más marcadas en la actualidad es el mezclar diferentes técnicas en una misma aplicación, aprovechando las ventajas de cada una. Por ejemplo, el *London Stock Exchange* ha concluido la primera fase de un sistema automatizado de detección de fraudes que son sumamente difíciles de descubrir por medios manuales. El sistema que utilizan, llamado MoniTARS (*Monitoring Insider Trading and Regulatory Surveillance*) usa una combinación de algoritmos genéticos, lógica difusa y redes neuronales para detectar transacciones sospechosas [14]. Detectar transacciones fraudulentas en este entorno es sumamente difícil por medios convencionales, pues resulta fácil ocultarlas entre las más de 100,000 operaciones que se efectúan diariamente en la bolsa de valores londinense.

El sistema moniTARS usa una combinación de técnicas estadísticas y redes neuronales para identificar conductas inusuales en el mercado, en base a los perfiles de los individuos y empresas que efectúan transacciones regularmente. Un sistema que usa algoritmos genéticos y lógica difusa se encarga de buscar patrones específicos, o combinaciones de ellos, que puedan ser calificados de "conductas sospechosas". El sistema es incluso capaz de detectar anillos de distribución, en los cuales varios individuos (o un individuo con varias cuentas) efectúan transacciones a través de todas sus cuentas con el propósito de manipular el mercado o beneficiarse ilegalmente de la especulación.

En términos de aplicaciones, parece haber una tendencia hacia el crecimiento del sector de ventas al menudeo, debido sobre todo al incremento en el uso del Internet. En términos de técnicas de Inteligencia Artificial parece claro que, los agentes [15,16] jugarán un papel preponderante en los sistemas inteligentes del futuro.

Los agentes tienen la capacidad de negociar a nombre de sus dueños, y navegan a través de recursos en línea (digamos, en el Internet) para obtener información o servicios. Por ejemplo, se les puede usar para efectuar transacciones en la bolsa de valores, enviándolos a través de los índices de diferentes países, y usándolos para extraer información de diferentes bases de datos. En el futuro, tal vez las transacciones mismas se efectúen entre agentes electrónicos, que serán capaces de negociar entre sí los precios de las acciones. Una de las tendencias en esta disciplina es el diseñar "agentes autónomos", los cuales podrán decidir por sí mismos en torno a una cierta acción, cuando la intervención humana pueda hacer perder segundos valiosos en una transacción. Algunos de estos agentes podrían también permanecer "dormidos" en algún lugar de una enorme red financiera, y "despertar" sólo cuando se presenten ciertas oportunidades para efectuar transacciones que le interesen a su dueño. Claro que este tipo de técnicas son todavía una posibilidad, y las consecuencias que su uso podría traer todavía no se han analizado en toda su magnitud.

Bibliografía

[1] Goonatilake, Suran. "Intelligent Systems for Finance and Business: An Overview", en Goonatilake, Suran & Treleaven, Philip (Eds). *Intelligent Systems for Finance and Business*, John Wiley & Sons, 1996, pp. 1-28.

- [2] Kingdon, J. & Feldman, K. "Genetic Algorithms for Bankruptcy Prediction", Search Space Research Report No. 01-95, SearchSpace Ltd, Londres, 1995.
- [3] Packard, N. H. "A genetic learning algorithm for the analysis of complex data", *Complex Systems*, **4**, 543-572.
- [4] Walker, R. F.; Haasdijk, E. W. & Gerrets, M. C. "Credit Evaluation Using a Genetic Algorithm", en Goonatilake, Suran & Treleaven, Philip (Eds). *Intelligent Systems for Finance and Business*, John Wiley & Sons, 1996, pp. 39-59.
- [5] Holder, V. "War on suspicious payments", *Financial Times*, **7**, February, 1995.
- [6] Dutta, S. & Shekhar, S. "Bond rating: A non-conservative application of neural networks", *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, San Diego, California, 1988.
- [7] McNeil, Daniel & Freiburger, Paul. *Fuzzy Logic*, Simon & Schuster, 1993.
- [8] Cox, Earl, "A Fuzzy System for Detecting Anomalous Behaviors in Healthcare Provider Claims", en Goonatilake, Suran & Treleaven, Philip (Eds). *Intelligent Systems for Finance and Business*, John Wiley & Sons, 1996, pp. 111-134.
- [9] Feigenbaum, E.; McCorduck, P. & Nii, H. *The Rise of the Expert Company*, Macmillan, 1988.
- [10] *IEEE Expert*, Special Issue, "Financial Applications", Vol. 2, No. 3, 1987.
- [11] Leinweber, D. "Knowledge-based systems for financial applications", *IEEE Expert*, Vol. 3, No. 3, pp. 18-31, 1988.
- [12] Intertek Group, *Adaptive Computational Methods in Retail Banking and Finance*, 1994.
- [13] Pilote, M. & Fillion, M. "Automated underwriting at Continental Canada: results and major obstacles", *Proceedings of the First AI Conference on Wall Street*, IEEE Computer Press, 1991.
- [14] Holder, V. "Tackling insider dealing with fuzzy logic", *Financial Times*, **29**, September, 1994.
- [15] Maes, P. "Agents that reduce work and information overload", *Communications of the ACM*, July, 1994.
- [16] Russell, Stuart & Norvig, Peter. *Artificial Intelligence. A Modern Approach*, Prentice-Hall, 1995.