

MỘT SỐ ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT TẬP THÔ TRONG KINH TẾ VÀ TÀI CHÍNH

Nguyễn Đức Thuận¹

Abstract: *Rough set theory provides a useful mathematical foundation for developing automated computational systems that can help understand and make use of imperfect knowledge. Recently, Rough set theory and its extensions have been widely applied to many problems, including decision analysis, data mining, intelligent control and pattern recognition, economic and financial problems: risk management, economic and financial forecasting, evaluating marketing performance, decision support... This paper presents an outline of the basic concepts of rough sets and their major extensions. It also shows the diversity of successful applications these theories in Economy and Finance.*

Tóm tắt: Lý thuyết tập thô cung cấp một nền tảng toán học hữu ích cho việc phát triển hệ thống tính toán tự động, khai phá và phát hiện tri thức của các hệ thống không đầy đủ. Trong thời gian gần đây, lý thuyết tập thô đã được ứng dụng rộng rãi giải quyết nhiều bài toán: phân tích ra quyết định, khai thác dữ liệu, điều khiển thông minh và nhận dạng mẫu, các bài toán kinh tế và tài chính như: quản lý rủi ro, dự báo thị trường tài chính, đánh giá năng lực hoạt động các mạng lưới tiếp thị sản phẩm, hỗ trợ ra quyết định.... Bài viết này trình bày các khái niệm cơ bản của tập thô cổ điển và mở rộng, sự ứng dụng hữu hiệu lý thuyết tập thô trong lĩnh vực kinh tế và tài chính.

Từ khóa: Tập thô, Kinh tế, Tài chính, Quản lý rủi ro, Dự báo, Đánh giá năng lực thị trường.

1 MỞ ĐẦU

Lý thuyết tập thô hiện nay đã trở thành một công cụ toán học quen thuộc để xử lý dữ liệu không đầy đủ và mơ hồ. Các kết quả đạt được và tiềm năng của lý thuyết tập thô đã thu hút sự chú ý giới học thuật trên toàn thế giới nghiên cứu và phát triển. Kết quả mở rộng lý thuyết tập thô ngày càng nhiều và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Bài viết này cố gắng trình bày một số khái niệm cơ bản của lý thuyết tập thô và một số ứng dụng trong lĩnh vực kinh tế, tài chính.

2 LÝ THUYẾT TẬP THÔ

Lý thuyết tập thô (lt. tập thô) là sự mở rộng lý thuyết tập hợp, nhằm phát hiện tính chất đặc trưng xác định 1 tập hợp. Để xấp xỉ tính chất đặc trưng này, lý thuyết tập thô gắn liền với 2 phép xấp xỉ, gọi là xấp xỉ dưới và xấp xỉ trên. Hai phép xấp xỉ này trong lý thuyết tập thô cổ điển được định nghĩa dựa trên một phân hoạch gắn liền với một quan hệ tương đương. Từ 2 phép xấp xỉ này, lt. tập thô xác định được mối quan hệ giữa các tập thuộc tính của tập các đối tượng khảo sát, định lượng được tầm quan trọng các thuộc tính, phát hiện được các đặc trưng của dữ liệu, rút gọn các thuộc tính, loại bỏ đối tượng dư thừa, hỗ trợ việc rút trích tập luật quyết định..

¹ Khoa Công Nghệ Thông Tin – ĐH Nha Trang

Các mở rộng của lý thuyết tập thô tập trung vào việc định nghĩa lại các phép xấp xỉ dưới và xấp xỉ trên. Việc lai tập thô và lý thuyết tập mờ, tập thô và mạng neuron... cũng nhằm định nghĩa lại các phép xấp xỉ này nhằm mở rộng phạm vi ứng dụng lý thuyết tập thô trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

Trong phần này, chúng tôi chỉ trình bày tóm tắt các khái niệm của tập thô, chi tiết có thể tham khảo [9][18]

2.1 Hệ thống tin và bảng quyết định

2.1.1 Hệ thống thông tin

Hệ thống thông tin là một cặp $I = (U, A)$, U là một tập hữu hạn khác rỗng các đối tượng gọi là tập vũ trụ hay là tập phổ dụng, A là một tập hữu hạn khác rỗng các thuộc tính. Với mỗi $u \in U$ và $a \in A$, ta ký hiệu $u(a)$ là giá trị của đối tượng u tại thuộc tính a . Nếu gọi I_a là tập tất cả giá trị của thuộc tính a , thì $u(a) \in I_a$ với mọi $u \in U$. Bây giờ, nếu $B = \{b_1, b_2, \dots, b_k\} \subseteq A$, ta ký hiệu bộ các giá trị $u(b_i)$ bởi $u(B)$.

2.1.2 Bảng quyết định

Bảng quyết định là một hệ thống thông tin có dạng $I = (U, A)$, trong đó $A = C \cup D$, với $C \cap D = \emptyset$, C được gọi là tập thuộc tính điều kiện, còn D là tập thuộc tính quyết định.

2.2 Quan hệ không phân biệt được

Xét hệ thống thông tin $I = (U, A)$, với mỗi tập thuộc tính $B \subseteq A$ tạo ra một quan hệ hai ngôi trên U , ký hiệu $IND(B)$,

$$IND(B) = \{(u, v) \in U \times U \mid u(a) = v(a), \forall a \in B\}$$

$IND(B)$ được gọi là quan hệ B -không phân biệt được. Để kiểm chứng đây là một quan hệ tương đương trên U . Với mọi đối tượng $u \in U$, lớp tương đương của u trong quan hệ $IND(B)$ được ký hiệu bởi $[u]_B$. Tập thương xác định bởi quan hệ $IND(B)$ được ký hiệu $U/IND(B)$ hay U/B , tức là $U/IND(B) = U/B = \{[u]_B \mid u \in U\}$

2.3 Tập thô

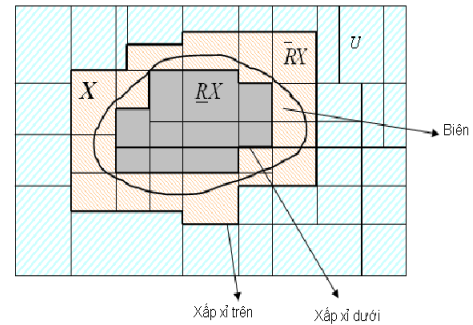
Để biểu diễn một tập hợp bằng tri thức được cho xác định bởi một tập thuộc tính, người ta định nghĩa hai phép xấp xỉ:

Cho một hệ thống thông tin $I = (U, A)$, với mỗi tập con $X \subseteq U$ và $B \subseteq A$, ký hiệu $R = IND(B)$, ta có 2 tập con sau

$$\underline{R}(X) = \{u \in U \mid [u]_B \subseteq X\}$$

$$\overline{R}(X) = \{u \in U \mid [u]_B \cap X \neq \emptyset\}$$

$\underline{R}(X)$, $\overline{R}(X)$ lần lượt gọi là R -xấp xỉ dưới và R -xấp xỉ trên của tập X .



Từ xấp xỉ trên, xấp xỉ dưới người ta định nghĩa các tập:

$$BN_B(X) = \bar{R}(X) - \underline{R}(X): B\text{-miền biên của } X.$$

$$POS_B(X) = \underline{R}(X): B\text{-vùng dương của } X.$$

$$NEG_B(X) = U - \bar{R}(X): B\text{-vùng âm của } X.$$

Trong trường hợp $BN_B(X) \neq \emptyset$, X được gọi là tập thô, ngược lại X được gọi là tập rõ.

Đối với một hệ thống thông tin $I = (U, A)$, $B, D \subseteq A$, ký hiệu $R = IND(B)$, người ta gọi B -miền khẳng định dương của D là tập được xác định như sau

$$POS_B(D) = \bigcup_{V \in U/D} (\underline{R}(V)) \quad (1)$$

2.4 Phụ thuộc thuộc tính và trọng số

Một vấn đề quan trọng trong phân tích dữ liệu là phát hiện sự phụ thuộc giữa các thuộc tính. Trong lý thuyết tập thô, phụ thuộc thuộc tính được định nghĩa như sau:

Với $P, Q \subseteq A$, Q phụ thuộc độ k vào P ($0 \leq k \leq 1$), ký hiệu $P \Rightarrow_k Q$, nếu:

$$k = \gamma_P(Q) = \frac{|POS_P(Q)|}{|U|} \quad (2)$$

Ở đây, $|S|$ là lực lượng của S . Nếu $k=1$, Q là phụ thuộc đầy đủ vào P khi đó ký hiệu $P \Rightarrow Q$; nếu ($0 < k < 1$) Q là phụ thuộc bộ phận (độ k) vào P ; nếu $k = 0$, Q không phụ thuộc vào P .

Bằng cách tính sự thay đổi độ phụ thuộc, khi 1 thuộc tính bị xóa bỏ thể hiện được trọng số của thuộc tính này đối với sự phụ thuộc. Định nghĩa trọng số của thuộc tính đối với sự phụ thuộc như sau: cho 2 tập thuộc tính P, Q và thuộc tính $a \in P$, trọng số của thuộc tính a theo Q được xác định:

$$\gamma_P(Q, a) = \gamma_P(Q) - \gamma_{P-\{a\}}(Q) \quad (3)$$

Một số tính chất của phụ thuộc thuộc tính:

Mệnh đề 1

1. Nếu $P \Rightarrow_k Q$ và $R \Rightarrow_l Q$ thì $P \cup R \Rightarrow_m Q$, với $m \geq \max(k, l)$
2. Nếu $P \cup R \Rightarrow_k Q$ thì $P \Rightarrow_l Q$ và $R \Rightarrow_m Q$, với $l, m \leq k$
3. Nếu $P \Rightarrow_k Q$, và $P \Rightarrow_l R$ thì $P \Rightarrow_m Q \cup R$, với $m \leq \min(k, l)$
4. Nếu $P \Rightarrow_k Q \cup R$, thì $P \Rightarrow_l Q$ và $P \Rightarrow_m R$, với $l, m \geq k$
5. Nếu $P \Rightarrow_k Q$, và $Q \Rightarrow_l R$ thì $P \Rightarrow_m R$, với $m \geq l + k - 1$

2.5 Rút gọn tập thuộc tính

Nhiều bài toán ứng dụng cần rút gọn hệ thống thông tin, tìm biểu diễn tối thiểu của hệ thống thông tin ban đầu, nhất là các bản quyết định. Đối với điều này, khái niệm rút gọn và tập thuộc tính điều kiện tối thiểu được định nghĩa như sau:

Tập thuộc tính P được gọi là tập rút gọn tối thiểu của tập thuộc tính điều kiện C ứng với tập thuộc tính quyết định D xác định như sau:

$$P = \{a \in C \mid \gamma_P(D) = \gamma_C(D), \gamma_{P-\{a\}}(D) \neq \gamma_P(D)\} \quad (4)$$

Giao tất cả tập rút gọn tối thiểu của C , gọi là nhân của C ký hiệu $Core(C)$. Có nhiều thuật toán tìm rút gọn tập thuộc tính điều kiện, phổ biến nhất là thuật toán QuickReduct.

2.6 Luật quyết định [18]

Cho bảng quyết định $I = (U, C \cup D)$, giả sử $U/C = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ và $U/D = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$. Nếu $X_i \cap Y_j \neq \emptyset$, ký hiệu $des(X_i)$, $des(Y_j)$ lần lượt là các mô tả của các lớp tương đương tương ứng với X_i , Y_j . Một luật quyết định xác định bởi X_i , Y_j có dạng $Z_{ij}: des(X_i) \rightarrow des(Y_j)$.

3 MỞ RỘNG LÝ THUYẾT TẬP THÔ

Với lt.tập thô cổ điển, điểm hạn chế là các khái niệm được xây dựng trên các phép xấp xỉ dựa vào phân hoạch hay quan hệ tương đương. Trong thực tế, lớp các quan hệ tương đương là không nhiều, vì vậy một số mở rộng lt.tập thô cổ điển là định nghĩa lại các phép xấp xỉ, hay thay quan hệ tương đương bởi các quan hệ 2 ngôi khác như quan hệ dung sai (*tolerance relation*).

Một vấn đề quan trọng trong phân tích dữ liệu là phát hiện sự phụ thuộc giữa các thuộc tính. Trong lý thuyết tập thô, phụ thuộc thuộc tính được định nghĩa như sau:

3.1 Chuẩn xác tập thô theo tham biến

Chuẩn xác tập thô theo tham biến (*Variable precision rough sets*) [14] là đề xuất mở rộng tập thô bằng cách nới lỏng các phép toán, nhằm để phân tích và xác định các mô hình dữ liệu theo xu hướng thống kê. Ý tưởng chính của đề xuất là cho phép các đối tượng được phân lớp với một độ sai lệch. Xét $X, Y \subseteq U$, sai lệch phân lớp được xác định bởi

$$c(X, Y) = 1 - \frac{|X \cap Y|}{|X|} \quad (5)$$

Nhận xét, $c(X, Y) = 0$ nếu và chỉ nếu $X \subseteq Y$. Quan hệ bao hàm mức β được định nghĩa:

$$X \subseteq_{\beta} Y \Leftrightarrow c(X, Y) \leq \beta, \text{ với } 0 \leq \beta \leq 0.5$$

Sử dụng \subseteq_β thay cho \subseteq , phép xấp xỉ β -trên và xấp xỉ β -dưới của tập X được định nghĩa:

$$R_\beta = \bigcup \{ [x]_R \in U/R \mid [x]_R \subseteq_\beta X \} \quad (6)$$

$$\bar{R}_\beta = \bigcup \{ [x]_R \in U/R \mid c([x], X) < 1 - \beta \} \quad (7)$$

Chú ý, $R_\beta X = \underline{R}X$ khi $\beta=0$. Các khái niệm miền dương, miền âm, miền biên, của tập thô cổ điển có thể được mở rộng

$$POS_{R,\beta}(X) = \underline{R}_\beta X \quad (8)$$

$$NEGB_{R,\beta}(X) = U - \bar{R}_\beta X \quad (9)$$

$$BNR_{R,\beta}(X) = \bar{R}_\beta X - \underline{R}_\beta X \quad (10)$$

β -miền dương của một quan hệ tương đương Q trên U được xác định bởi

$$POS_{R,\beta}(Q) = \bigcup_{X \in U/Q} \underline{R}_\beta X \quad (11)$$

Ở đây, R cũng là một quan hệ tương đương trên U . Đại lượng này có thể dùng tính độ phụ thuộc giữa 2 tập thuộc tính và xác định β -rút gọn tập thuộc tính.

$$\gamma_{R,\beta}(Q) = \frac{|POS_{R,\beta}(Q)|}{|U|} \quad (12)$$

3.2 Tập thô dung sai

3.2.1 Độ đo tương đồng [9][14]

Để xử lý các thuộc tính không chắc chắn, mơ hồ là đưa ra độ đo tương đồng giữa các thuộc tính và định nghĩa lại các phép xấp xỉ theo độ đo tương đồng này.

Độ đo tương đồng được xác định trên mỗi thuộc tính. Độ đo tương đồng chuẩn ứng với thuộc tính a của 2 đối tượng x, y được xác định

$$SIM_a(x, y) = 1 - \frac{|a(x) - a(y)|}{|a_{\max} - a_{\min}|} \quad (13)$$

Ở đây, $a(x)$: giá trị của thuộc tính a ứng với đối tượng x ; a_{\max} , a_{\min} lần lượt là giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất ứng với thuộc tính a .

Có thể mở rộng độ tương đồng khi xét nhiều hơn 1 thuộc tính, giả sử tập P thuộc tính. Hai cách tiếp cận thường gặp

$$(x, y) \in SIM_{P,\tau} \Leftrightarrow \prod_{a \in P} SIM_a(x, y) \geq \tau \quad (14)$$

$$(x, y) \in SIM_{P, \tau} \Leftrightarrow \frac{\sum_{a \in P} SIM_a(x, y)}{|P|} \geq \tau \quad (15)$$

ở đây τ là 1 ngưỡng toàn cục. Với định nghĩa độ tương đồng này, lớp tương đồng được sinh từ quan hệ tương đồng của 1 đối tượng x được xác định

$$SIM_{P, \tau}(x) = \{y \in U \mid (x, y) \in SIM_{P, \tau}\} \quad (16)$$

Xấp xỉ dưới và xấp xỉ trên được định nghĩa tương tự như trong tập thô cổ điển

$$\begin{aligned} \underline{P}_\tau X &= \{x \mid SIM_{P, \tau}(x) \subseteq X\} \\ \overline{P}_\tau X &= \{x \mid SIM_{P, \tau}(x) \cap X \neq \emptyset\} \end{aligned} \quad (17)$$

Bộ $(\underline{P}_\tau X, \overline{P}_\tau X)$ được gọi tập thô dung sai.

Chú ý, lúc này họ các lớp tương đồng $\{SIM_{P, \tau}(x) \mid x \in U\}$ là một phủ của U , thường không phải là một phân hoạch; Với định nghĩa này miền dương và phụ thuộc hàm được xác định lần lượt là

$$POS_{P, \tau}(Q) = \bigcup_{x \in U/Q} \underline{P}_\tau X \quad ; \quad \gamma_{P, \tau}(Q) = \frac{|POS_{P, \tau}(Q)|}{|U|} \quad (18)$$

3.2.2 Một cách tiếp cận khác về tập thô dung sai dựa trên một phủ \wp của tập vũ trụ U [15-17]

Định nghĩa 1 (Phủ)

Cho U là một miền nào đó. \wp là một họ các tập con của U . Nếu các phần tử của \wp là khác rỗng và $\bigcup \wp = U$, \wp được gọi là một phủ của U . $\langle U, \wp \rangle$ được gọi là không gian xấp xỉ phủ (CAS).

Định nghĩa 2 (Mô tả tối thiểu - Minimal description)

Cho $\langle U, \wp \rangle$ là một CAS, $x \in U$, $Md(x) = \{K \in \wp \mid x \in K \wedge (\forall S \in \wp \wedge x \in S \wedge S \subseteq K \Rightarrow K=S)\}$. Được gọi là một mô tả tối thiểu của x .

Định nghĩa 3 (Ba xấp xỉ phủ tập thô)

Cho $\langle U, C \rangle$ là một CAS. Một tập $X \subseteq U$, ba phép xấp xỉ X được định nghĩa:

- Tập hợp $X_* = \bigcup \{K \in C \mid K \subseteq X\}$ được gọi là xấp xỉ dưới phủ loại một của X và tập hợp $X^* = X_* \cup \{Md(x) \mid x \in X - X_*\}$ được gọi là xấp xỉ trên phủ loại một của X .
- Tập hợp $\underline{X} = \bigcup \{K \in C \mid K \subseteq X\}$ được gọi là xấp xỉ dưới phủ loại hai của X và tập hợp $\overline{X} = \bigcup \{K \in C \mid K \cap X \neq \emptyset\}$ được gọi là xấp xỉ trên phủ loại hai của X .

c) Tập hợp $X_{\#} = \cup \{K \in C \mid K \subseteq X\}$ được gọi là xấp xỉ dưới phủ loại ba của X và tập hợp $X^{\#} = \cup \{Md(x) \mid x \in X\}$ được gọi là xấp xỉ trên loại ba của X . Các cặp (X_*, X^*) ; $(\underline{X}, \overline{X})$; $(X_{\#}, X^{\#})$ là các tập thô dung sai.

4 ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT TẬP THÔ TRONG KINH TẾ & TÀI CHÍNH

4.1 Đánh giá năng lực thị trường

Ý tưởng chính của ứng dụng là sử dụng lt.tập thô để tìm ra các thuộc tính quyết định được năng lực thị trường. Trên cơ sở đó, đánh giá được tiềm năng của các đơn vị (doanh nghiệp) tham gia.

Mô hình đánh giá năng lực thị trường dựa trên lt.tập thô gồm các bước:

Bước 1: Xác định tất cả các tiêu chí (thuộc tính) ảnh hưởng đến năng lực thị trường (dựa vào chuyên gia)

Bước 2: Thu thập dữ liệu và rời rạc hóa, xây dựng bảng quyết định.

Bước 3: Rút gọn bảng quyết định và tìm nhân của tập thuộc tính dựa vào lt.tập thô.

Bước 4: Tính C-miền dương của D (C: tập thuộc tính điều kiện (đã rút gọn), D: tập thuộc tính quyết định): $POS_C(D)$ theo (1) và độ phụ thuộc $\gamma_C(D)$ của D vào C theo (2)

Bước 5: Sử dụng công thức (3) để tính trọng số mỗi thuộc tính $a \in C$ trong bảng quyết định rút gọn

$$\delta_{CD}(a) = \gamma_C(D) - \gamma_{C - \{a\}}(D) \quad (19)$$

Bước 6: Chuẩn hóa trọng số các thuộc tính theo công thức:

$$\omega_a = \frac{\delta_{CD}(a)}{\sum_{b \in C} \delta_{CD}(b)} \quad (20)$$

Bước 7: Lượng giá điểm số cho các đơn vị (doanh nghiệp) tham gia đánh giá năng lực theo công thức:

$$V_x = \sum_{a \in C} \omega_a a(x) \quad (21)$$

Đối tượng nào có điểm số lượng giá cao hơn là năng lực cao hơn. Kết quả minh họa tham khảo [6][8].

4.2 Quản lý rủi ro (Risk Management) và Dự báo tài chính (Financial Forecasting)

Vào cuối những năm 1960 và đến nay, nhiều mô hình dự báo và quản lý rủi ro được nghiên cứu và đề xuất. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có mô hình nào là tối ưu (vì vậy vẫn có nhiều doanh nghiệp thất bại). Việc sử dụng lt.tập thô để dự báo, quản lý rủi ro cho thấy hiệu năng rất cao so với các phương pháp khác [1]

Mô hình tập thô dùng để dự báo và phát hiện rủi ro dựa vào việc nâng cao hiệu năng xây dựng cây quyết định và phát hiện các luật quyết định.

Bài toán dự báo và rút trích luật quyết định có nguồn gốc là bài toán phân lớp. Lý thuyết tập thô có thể được ứng dụng vào nhiều bước khác nhau của quá trình rút trích luật và xử lý dữ liệu. Điểm khác biệt của Lt.tập thô và các công cụ toán học khác đáng lưu ý là Lt.tập thô cho phép xử lý dữ liệu đầu vào không nhất quán và thiếu chính xác. Chính các phép xấp xỉ cho phép tập thô mô tả được sự không nhất quán và rút trích được các luật xấp xỉ. Có thể chỉ ra cụ thể một số chức năng hỗ trợ của Lt.tập thô cho bài toán dự báo và rút trích luật quyết định như sau:

- Các thuật toán xây dựng cây quyết định như CLS, ID3, C4.5, SLIQ, SPRINT, EC4.5, C5.0,... sử dụng các độ đo Entropy, chỉ số GINI hay độ lợi GAIN/GAINRATIO để chọn thuộc tính phân nhánh (lớp). Sử dụng các độ đo này sẽ gặp khó khăn khi dữ liệu thiếu hoặc không chắc chắn. Lý thuyết tập thô cho phép tiên xử lý dữ liệu để khắc phục nhược điểm này, thêm vào đó Lt.tập thô sử dụng độ nhất quán dữ liệu là các giá trị $POS_{\{a\}}(D)$ để chọn thuộc tính phân lớp (thuộc tính điều kiện a có giá trị $POS_{\{a\}}(D)$ cao nhất trong các thuộc tính điều kiện sẽ được chọn làm thuộc tính phân lớp).
- Mô hình chuẩn xác tập thô theo tham biến do Ziarko đề xuất, mở rộng mối quan hệ giữa các tập thuộc tính, cho phép xác định được các luật xấp xỉ β [1-8]. Ngoài các luật quyết định có dạng If X then Y. Lt.tập thô mở rộng còn cho phép xác định các luật phủ định có dạng: If X then not(Y) [11], việc phát hiện các luật này cũng dựa vào độ phụ thuộc các thuộc tính (2), vì thế tri thức thu được để dự báo có thể hữu ích trong việc phát hiện các rủi ro.

Tính ưu việt trong ứng dụng thực tế được liệt kê chi tiết ở [7]. Hệ thống phân tích tài chính ngân hàng ứng dụng Lt.tập thô là ETEVA, được cho là vượt trội so với các hệ thống khác với cùng chức năng.

5 KẾT LUẬN

Đây là bài viết trình bày tổng quan về Lt.tập thô và phần mở rộng của nó. Tuy nhiên, trong khuôn khổ có hạn, chỉ những khái niệm cơ bản nhất liên quan đến ứng dụng trong lĩnh vực kinh tế, tài chính mới được trình bày.

Lý thuyết tập thô cổ điển và phần mở rộng cho phép xử lý các hệ cơ sở dữ liệu giá trị mơ hồ, không chắc chắn. Các luật quyết định được rút trích hỗ trợ cho việc ra quyết định và dự báo. Mối quan hệ giữa các thuộc tính được xác lập nhằm xử lý giá trị thiếu cũng như xác định trọng số phục vụ cho việc đánh giá tiềm năng của một hệ thống.

Trong bài viết này, phần ứng dụng chỉ nêu lên các ứng dụng của tập thô trong việc xử lý liên quan đến các bài toán kinh tế tài chính, chứ không mang tính chất liệt kê các kết quả và phạm vi ứng dụng trong thực tế.

Việc ứng dụng It.tập thô giải quyết từng bài toán trong lĩnh vực kinh tế, tài chính nếu trình bày đầy đủ có thể là nội dung của một bài báo độc lập. Hy vọng trong thời gian tới, một số kết quả ứng dụng giải quyết các bài toán cụ thể sẽ được trình bày chi tiết.

Tài liệu tham khảo

- [1] A.I. Dimitras, R.Skowinski, R.Susmaga, C.Zopounidis, “Business Failure prediction using rough sets”, *European Journal of Operational Research*, 114, pp 263-280, 1990.
- [2] Binoy.B.Nair, V.P Mohandas, N. R. Sakthivel, “A Decision Tree- Rough Set Hybrid System for Stock Market Trend Prediction”, *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887), Volume 6– No.9, September 2010.
- [3] Eylem Koç, “The Use of Rough Set Theory in Determining the Preferences of the Customers of an Insurance Agency”, *European Journal of Business and Management*, ISSN 2222-1905 (Paper) ISSN 2222-2839 (Online), Vol.6, No.22, 2014.
- [4] Francis E.H. Tay, Lixiang Shen, “Economic and financial prediction using rough sets model”, *European Journal of Operational Research*, 141, pp 641-659, 2002.
- [5] Hameed Al-Qaheri, Aboul Ella Hassanien and Ajith Abraham, “Discovering Stock Price Prediction Rules Using Rough Sets”, <http://www.academia.edu/2429166/>
- [6] HuaJiang, Junhu Ruan, “Applying Rough Set Theory to Evaluate Network Marketing Performance of China’s Agricultural Products”, *Journal of Computers*, Vol.5 No.8, August 2010.
- [7] Mariusz Podsiadlo and Henryk Rubinski, “Rough Sets in Economy and Finance”, *Transaction on Rough Sets XVII, LNCS 8375*, pp. 109-173, 2014, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2014.
- [8] Naglaa Ragaa Saeid Hassan, “ Forecasting the Egyptian’s Market Trend Using Rough Set”, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Volume 4, Issue 1, January 2014, Available online at: www.ijarcsse.com.
- [9] Qiang Shen, Richard Jensen, “ Rough sets, Their Extensions and Applications”, *International Journal of Automation and Computing*, pp 217-228, July, 2007.
- [10] Saori Kawasaki, Ngoc Binh and Tu Bao Ho, (2000), “Hierarchical Document Clustering Based on Tolerance Rough Set Model”, *PKDD 2000, LNAI 1910*, pp 458-463, Springer-Verlag, 2010.
- [11] Shen Lixiang, “Data mining techniques based on rough set theory”, Ph.D. thesis, National University of Singapore, 2001.
- [12] Shweta Tiwari & Rekha Pandit, “Decision Tree-Rough Set Based System with HHMM For Predicting the Stock Market Trends”, *International Conference on Computer Science and Information Technology (CSIT-2012)*, May 19th, 2012.
- [13] Shweta Tiwari, Rekha Pandit, Vineet Richhariya, “Predicting future trends in stock market by decision tree rough-set based hybrid system with HHMM”, *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*, Available Online at www.ijecse.org.
- [14] W.Ziarko, “Variable Precision Rough Set Model”, *Journal of Computer and System Sciences*, vol. 46, no. 1, pp. 39-59, 1993.

- [15] William Zhu, Fei-Yue Wang, “Relationships among Three Type of Covering Rough Sets”, IEEE GrC, Atlanta, USA, pp:43-48, 2006.
- [16] William Zhu, Properties of the Second Type of Covering-Based Rough Sets, Proceedings of the 2006 IEEE/ACM International Conference on WI-IAT 2006 Workshops.
- [17] William Zhu, Fei-Yue Wang, “Reduction and axiomization of covering generalized rough sets”, Information Sciences, vol 152 , pp:217-230, 2003
- [18] Z.Pawlak, “Rough sets, Theoretical Aspects of Reasoning about Data”, Kluwer Academic Publishers, London, 1991.

Thông tin tác giả

Nguyễn Đức Thuần,

Khoa Công Nghệ Thông Tin – ĐH Nha Trang, Tp. Nha Trang,

email: ngducthuan@gmail.com .