

# ỨNG DỤNG CHUỖI THỜI GIAN MỜ TRONG DỰ BÁO CHỈ SỐ CHỨNG KHOÁN VN-INDEX

ThS. Trần Thị Tuấn Anh  
Trường ĐH Kinh tế TP.HCM

**Tóm tắt:** Có rất nhiều kỹ thuật phân tích và dự báo đối với số liệu chuỗi thời gian. Một trong những phương pháp được phát triển gần đây là phương pháp chuỗi thời gian mờ (CTGM). Khái niệm CTGM được Song và Chissom đưa ra đầu tiên năm 1993 và đang được nghiên cứu mở rộng cho đến hiện nay. Phương pháp dự báo bằng CTGM có thể dùng ngay cả khi chuỗi thời gian không dừng và cả khi số liệu thu thập được ở dạng mờ hoặc ít quan sát thu thập được. Bài viết này ứng dụng phương pháp CTGM do Chen đề xuất năm 1996 để dự báo chuỗi giá trị của VN-Index. Số liệu VN-Index sử dụng trong bài viết được thu thập từ ngày 01/6/2012 cho đến 31/7/2012. Độ chính xác của dự báo được đánh giá bằng tổng bình phương sai số bình quân. Chỉ số này tính được khá nhỏ cho thấy mức độ chênh lệch của dự báo với thực tế rất thấp. Phương pháp sử dụng CTGM không phải là phương pháp ưu việt nhất so với những phương pháp phân tích chuỗi thời gian khác, nhưng cũng là một phương pháp có thể tham khảo được khi cần hỗ trợ ra quyết định đầu tư trong ngắn hạn.

**Từ khóa:** Tập mờ, chuỗi thời gian mờ, VN-Index, dự báo.

## Giới thiệu

Có rất nhiều các phương pháp phân tích và dự báo dựa trên số liệu chuỗi thời gian như ARMA, ARIMA, ARCH, GARCH... Các phương pháp phân tích chuỗi thời gian nêu trên thường xét đến tính dừng của chuỗi số liệu hoặc yêu cầu cần có số liệu cụ thể và không có quan sát bị mất trong suốt thời gian số liệu được thu thập. Nếu không đảm bảo một trong những yêu cầu đó thì việc phân tích gặp khó khăn. Khắc phục nhược điểm đó, một trong những kỹ thuật mới được sử dụng để dự báo chuỗi thời gian là phương pháp CTGM. Khái niệm về CTGM được Song và Chissom giới thiệu năm 1993. Trong đó, Song và Chissom dùng các tập mờ rời rạc để xác định CTGM. Đã có rất nhiều các nghiên cứu về CTGM được thực hiện từ năm 1993 cho đến nay. Phương pháp sử dụng CTGM không phải là phương pháp ưu việt nhất so với những phương pháp phân tích chuỗi thời gian khác, nhưng cũng là một phương pháp có thể tham

khảo được khi cần hỗ trợ ra quyết định đầu tư trong ngắn hạn.

## Cơ sở lý luận

### Tập mờ là gì?

Định nghĩa tập mờ được Zadeh đề xuất năm 1965. Khái niệm tập mờ và các phép quan hệ mờ được xây dựng và ứng dụng rất nhiều trong kỹ thuật, đặc biệt là các hệ thống thông tin.

Giả sử  $H$  là một không gian nền, nếu  $V$  là một tập con rõ của  $H$  thì ta có thể xây dựng hàm chỉ báo (Indicator function) chính xác như sau:

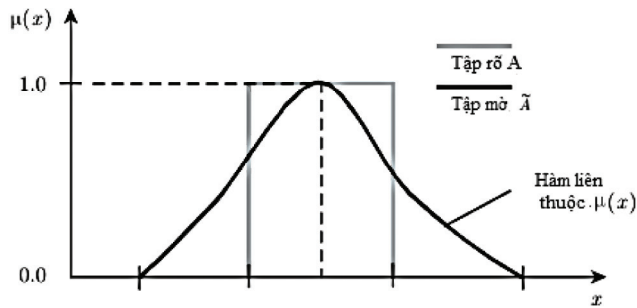
$$I_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \notin A \\ 1 & \text{if } x \in A \end{cases}$$

Nếu  $A$  là một tập con mờ của  $H$ , thì quan hệ  $x$  thuộc  $A$  hay không thuộc  $A$  không được đánh giá rõ ràng bằng hàm chỉ báo như trên mà được thể hiện qua một hàm liên thuộc (membership

function)  $\mu_A(x):V \rightarrow [0,1]$  cho biết khả năng để  $x$  thuộc vào tập  $A$ .

Nếu hàm  $\mu_A(x)$  cho kết quả 0 thì  $x$  không thuộc  $A$ , nếu hàm cho kết quả 1, thì  $x$  là thành viên toàn phần của tập hợp. Các phần tử  $x$  có giá trị  $\mu_A(x)$  nằm trong khoảng (0,1) được gọi là các thành viên mờ của tập  $A$ .

**Hình 1: Đồ thị minh họa tập mờ A**



Nguồn: Zadeh (1965)

Hàm liên thuộc  $\mu_A$  có các tính chất sau:

$$\mu_A(x) \geq 0 \forall x \in H$$

$$\sup_{x \in H} (\mu_A(x)) = 1$$

**Chuỗi thời gian mờ là gì?**

Cho  $U$  là một không gian nền với  $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ . Một tập mờ  $A_i$  của  $U$  được xác định bởi:

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n}$$

Trong đó:  $f_{A_i}$  là hàm liên thuộc của tập mờ  $A_i$

với  $f_{A_i}(u_k):U \rightarrow [0,1]$ ;  $u_k$  thuộc tập mờ  $A_i$  và

$f_{A_i}(u_k)$  là hàm thể hiện khả năng thuộc vào  $A_i$  của  $u_k$ .

Ta có:  $f_{A_i}(u_k) \in [0,1]$  và  $1 \leq k \leq n$

Song và Chissom (1993) định nghĩa CTGM

như sau: cho  $Y_t \in R$  với  $t=0,1,2,\dots$ . Nếu  $f_i(t)$  là một tập mờ trên tập nền  $Y_t$  thì tập hợp

$F(t)=\{f_1(t), f_2(t), \dots\}$  được gọi là CTGM trên nền  $Y_t$ .

Giả sử  $F(t)$  bị tác động chỉ bởi  $F(t-1)$ , ký hiệu  $F(t-1) \rightarrow F(t)$ , thì mối quan hệ này có thể biểu diễn dưới dạng:  $F(t)=F(t-1) \times R(t-1,t)$  với  $R(t-1,t)$  là một quan hệ mờ giữa  $F(t)$  và  $F(t-1)$ . Nếu ký hiệu  $A_i$  thay cho  $F(t)$  và  $A_j$  thay cho  $F(t-1)$  thì xây dựng được quan hệ mờ  $A_i \rightarrow A_j$ .

**Ưu điểm của phương pháp dự báo bằng CTGM:**

- (i) Không quan tâm đến tính dừng của chuỗi thời gian. Chuỗi thời gian dừng hay không dừng đều có thể áp dụng phương pháp CTGM;
- (ii) Dự báo được trong trường hợp số liệu thu thập được ở dạng mờ, không biết con số chính xác;
- (iii) Dự báo được cho những trường hợp dữ liệu thu thập được không liên tục.

**Nhược điểm của phương pháp dự báo bằng CTGM:**

- (i) Chuỗi thời gian mờ chỉ áp dụng dự báo tốt trong ngắn hạn. Tuy nhiên, đã có nhiều nghiên cứu mở rộng ứng dụng phương pháp CTGM để dự báo trong dài hạn;
- (ii) Phương pháp CTGM còn khá mới mẻ trong các nghiên cứu lớn và chưa có những phương pháp riêng để đánh giá mức độ chính xác của dự báo đối với CTGM.

Để giới thiệu và ứng dụng phương pháp CTGM trong nghiên cứu, bài viết này sử dụng số liệu VN-Index từ ngày 01/6/2012 đến ngày 31/7/2012 để phân tích và dự báo biến động của VN-Index trong những phiên giao dịch tiếp theo. Số liệu của VN-Index được thu thập từ trang tra cứu số liệu của Sở Giao dịch Chứng khoán Tp. Hồ Chí Minh.

**Tổng quan lý thuyết**

Trong bài viết giới thiệu về CTGM công bố năm 1993, Song và Chissom giới thiệu phương pháp mô hình hóa CTGM gồm 6 bước: (i) Định nghĩa và phân hoạch không gian nền; (ii) Định nghĩa tập mờ cho các quan sát; (iii) Mờ hóa các quan sát; (iv) Thiết lập mối quan hệ mờ; (v) Dự báo; (vi) Giải mờ kết quả dự báo.

Sau khi Song và Chissom (1994) đưa ra thuật toán để dự báo bằng CTGM và ứng dụng mô hình để dự báo lượng thí sinh ghi danh vào

Trường Đại học Alabama vào năm 1993 thì phương pháp này bắt đầu được sử dụng rộng rãi. Nó được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau. Yu (2004) dùng mô hình này để dự báo chỉ số chứng khoán TAIEX của Đài Loan; Liu và các tác giả (2010), Park và các tác giả (2010) ứng dụng CTGM trong dự báo chỉ số chứng khoán; Hsu và các tác giả (2010) ứng dụng để dự báo nhiệt độ trong ngày; Wang và Hsu (2008) dùng CTGM dự báo về lượng khách du lịch.

Chen, trong các nghiên cứu của mình từ năm 1996, cho rằng phương pháp của Song và Chissom là quá phức tạp và đề xuất một phương pháp đơn giản hơn để tính toán các quan hệ mờ. Sau Chen, có rất nhiều nhà nghiên cứu đề xuất các giải thuật để cải tiến phương pháp CTGM, có thể kể đến Hwang (1998), Huarng và Yu (2005) và Chen và các tác giả (2007).

Dựa trên các nghiên cứu về CTGM, bài viết này ứng dụng thuật toán đơn giản nhất của Cheng trong phương pháp CTGM để dự báo trên chỉ số VN-Index của thị trường chứng khoán Việt Nam.

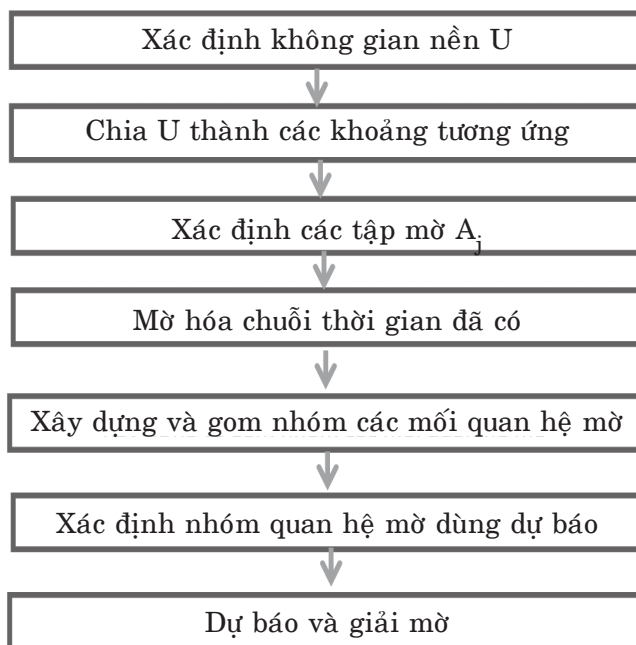
### Phương pháp nghiên cứu

Trong mô hình năm 1993 của Song và Chissom, quy tắc mờ hóa sử dụng time-invariant trên toán tử max-min và time-variant dựa trên toán tử min-max được xây dựng như khá phức tạp vì đòi hỏi nhiều bước tính toán. Sau đó, Chen (1996) đề xuất thuật toán số học thay thế cách tính toán phức tạp của Song và Chissom. Sau Chen, Chou và Lee (2006) cải tiến thuật toán mờ hóa của Chen để dùng CTGM dự báo trong dài hạn. Tuy nhiên, mô hình với thuật toán số học của Chen được sử dụng rộng rãi trong phương pháp dự báo bằng CTGM cho đến hiện nay. Phương pháp của Chen được thực hiện tuần tự như Hình 2.

Số liệu được sử dụng để phân tích và ứng dụng phương pháp CTGM trong bài viết là số liệu về

chỉ số chứng khoán VN-Index của Việt Nam được thu thập từ 01/6/2012 đến ngày 31/7/2012. Số liệu này được thu thập từ trang tra cứu số liệu của Sở Giao dịch Chứng khoán Tp. Hồ Chí Minh. Việc tính toán và vẽ đồ thị được thực hiện trên phần mềm Microsoft Excel.

**Hình 2: Trình tự thực hiện dự báo bằng CTGM**

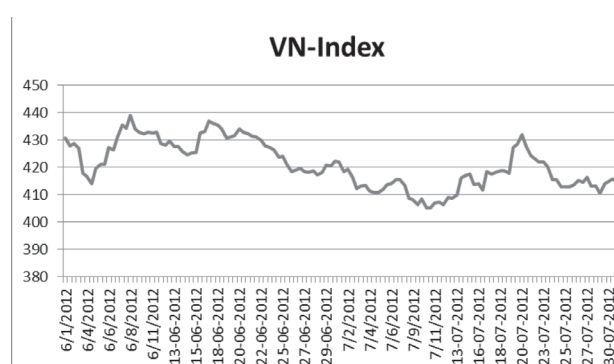


Nguồn: Chen (1996)

### Kết quả nghiên cứu

Số liệu VN-Index thu thập được từ ngày 01/6/2012 cho đến ngày 31/7/2012 được thể hiện trên Hình 3.

**Hình 3: Chuỗi VN-Index từ ngày 01/6/2012 đến ngày 31/7/2012**



Nguồn: Sở Giao dịch Chứng khoán Tp. Hồ Chí Minh

Tiến hành dự báo bằng mô hình số học trong CTGM của Chen, 6 bước thực hiện như sau:

**Bước 1:** Xác định không gian nền

Giá trị nhỏ nhất của VN-Index trong chuỗi thời gian thu thập được tương ứng là 405.29 điểm (đợt 1 ngày 11/7/2012) và lớn nhất là 439.89 điểm (đợt 1 ngày 08/6/2012). Vậy không gian nền U được xác định là đoạn [405;440]. Không gian nền U được chia thành các đoạn nhỏ  $u_1 = [405;407.5]$ ;  $u_2 = [407.5;412.5]$ ; ...;  $u_7 = [435, 440]$  (Bảng 1).

**Bảng 1:** Chia không gian nền thành các đoạn đều nhau

STT	Đoạn $u_i$		Số quan sát thuộc đoạn $u_i$
	Cận dưới	Cận trên	
1	405,00	407,50	6
2	407,50	410,00	6
3	410,00	412,50	7
4	412,50	415,00	18
5	415,00	417,50	13
6	417,50	420,00	18
7	420,00	422,50	10
8	422,50	425,00	5
9	425,00	427,50	9
10	427,50	430,00	11
11	430,00	432,50	10
12	432,50	435,00	11
13	435,00	440,00	4

Nguồn: Tác giả tính toán trên số liệu thu thập

**Bước 2:** Tính tần suất của chuỗi thời gian rơi vào các khoản đã chia

Vì số quan sát nằm trong các khoảng chia khá chênh lệch nên cần điều chỉnh các khoản chia để số quan sát ở các khoảng đó tương đối đều nhau. Sau khi điều chỉnh các khoảng chia, kết quả chia thành 19 đoạn (Bảng 2).

**Bước 3:** Sau khi xác định các tập mờ  $A_i (i=1,19)$  tương ứng với từng đoạn chia trong bước 2 và mờ hóa chuỗi số liệu thu thập được, một phần của chuỗi VN-Index đã mờ hóa được thể hiện trong Bảng 3.

**Bảng 2:** Chia lại các đoạn của không gian nền U

STT	Đoạn $u_i$		Số quan sát thuộc đoạn $u_i$
1	405,00	407,50	6
2	407,50	410,00	6
3	410,00	412,50	7
4	412,50	413,00	7
5	413,00	414,00	6
6	414,00	415,50	8
7	415,50	416,50	7
8	416,50	417,50	7
9	417,50	418,70	7
10	418,70	420,00	7
11	420,00	422,00	8
12	422,00	424,50	6
13	424,50	427,00	7
14	427,00	428,00	8
15	428,00	430,00	6
16	430,00	431,50	6
17	431,50	432,80	7
18	432,80	434,50	8
19	434,50	440,00	5

Nguồn: Tác giả tính toán trên số liệu thu thập

**Bước 4:** Xây dựng quan hệ mờ giữa các nhóm. Dựa trên số liệu của VN-Index đã được mờ hóa từ ngày 01/6/2012 đến ngày 31/7/2012, ta xây dựng được các quan hệ mờ giữa các tập mờ (Bảng 4).

**Bước 5:** Chọn lọc các quan hệ mờ sẽ được dùng trong dự báo. Việc chọn lọc này dựa vào hiệu bậc một của chuỗi thời gian thu thập được. Tác giả xây dựng hàm lọc  $h(VNIndex_p, VNIndex_{t-1}, A_q, A_p, \dots)$  như sau:

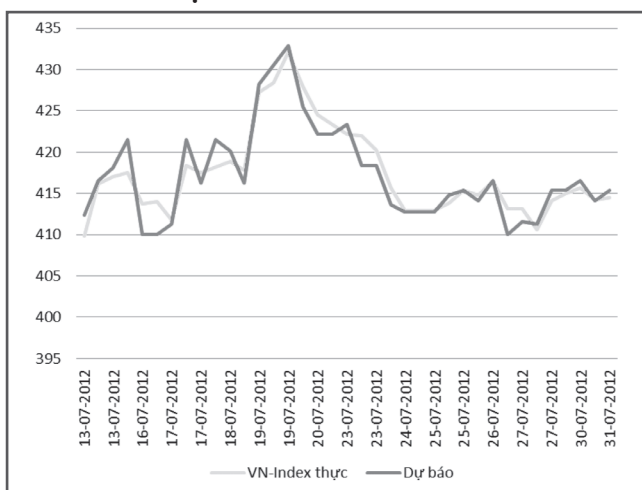
- Nếu  $VNIndex_t - VNIndex_{t-1} \geq 0$  thì  $A_j \rightarrow A_{p_1}, A_{p_2}, \dots, A_{p_k}$  với  $p_1, p_2, \dots, p_k \geq j$
- Nếu  $VNIndex_t - VNIndex_{t-1} \leq 0$  thì  $A_j \rightarrow A_{p_1}, A_{p_2}, \dots, A_{p_k}$  với  $p_1, p_2, \dots, p_k \leq j$
- Các trường hợp khác thì  $A_j \rightarrow \dots A_q, A_r, \dots$

**Bảng 3: Một phần cuối của chuỗi số liệu đã mờ hóa**

Ngày	Đợt	VN-Index	Giá trị mờ
...	...	...	...
20/7/2012	2	427,87	A14
20/7/2012	3	424,47	A12
23/7/2012	1	423,31	A12
23/7/2012	2	422,14	A12
23/7/2012	3	421,99	A11
24/7/2012	1	420,19	A11
24/7/2012	2	415,63	A07
24/7/2012	3	415,63	A07
25/7/2012	1	412,94	A04
25/7/2012	2	412,92	A04
25/7/2012	3	412,91	A04
26/7/2012	1	413,78	A05
26/7/2012	2	415,33	A06
26/7/2012	3	414,80	A06
27/7/2012	1	416,43	A07
27/7/2012	2	413,16	A05
27/7/2012	3	413,16	A05
30/7/2012	1	410,57	A03
30/7/2012	2	414,14	A06
30/7/2012	3	415,00	A06
31/7/2012	1	415,70	A07
31/7/2012	2	414,22	A06
31/7/2012	3	414,48	A06

Nguồn: Tác giả tính toán trên số liệu thu thập

**Hình 4: Chuỗi VN-Index thực tế và chuỗi VN-Index dự báo**



Nguồn: Tác giả tính toán trên số liệu thu thập

**Bước 6: Dự báo bằng các quan hệ mờ**

Kết quả dự báo cho kỳ tiếp theo được tính theo quy tắc: (i) Nếu quan hệ mờ của  $A_i$  là rỗng thì giá trị dự báo bằng điểm giữa của  $u_i$ ; (ii) Nếu quan hệ mờ của  $A_i$  là một - một, tức là chỉ có một  $A_j$  có quan hệ mờ với  $A_i$  thì giá trị dự báo bằng điểm giữa của  $u_j$ ; (iii) Nếu quan hệ mờ là một - nhiều thì lấy giá trị trung bình của điểm giữa tất cả các  $u_j$  có trong vế phải của quan hệ mờ.

Với các quy tắc trên, giá trị dự báo của các kỳ cuối trong dãy được tính trong Bảng 5.

So sánh giữa giá trị thực của VN-Index và giá trị dự báo bằng chuỗi thời gian dự báo trên đồ thị tác giả thấy kết quả dự báo rất gần với giá trị thực. MSE của kết quả dự báo là 9,9267. Con số này khá nhỏ so nên cho thấy kết quả dự báo khá sát với giá trị thực tế. Giá trị dự báo của VN-Index trong các phiên giao dịch tiếp theo được thể hiện từ dòng thứ 40 trong Bảng 5.

**Bảng 4: Bảng quan hệ mờ được thiết lập từ số liệu thu thập được**

Quan hệ mờ giữa các tập mờ						
A01	->	A01	A02			
A02	->	A01	A02	A07		
A03	->	A03	A05	A06	A09	
A04	->	A04	A05			
A05	->	A02	A03	A06		
A06	->	A05	A06	A07		
A07	->	A03	A04	A05	A06	A07
A08	->	A05	A09			
A09	->	A05	A08	A09	A10	A11
A10	->	A07	A08	A09	A10	A11
A11	->	A07	A09	A11	A12	A14
A12	->	A11	A12			
A13	->	A09	A12	A13	A16	A17
A14	->	A12	A13	A14	A15	
A15	->	A13	A14	A15	A17	
A16	->	A14	A15	A16	A17	A19
A17	->	A14	A16	A17	A18	
A18	->	A15	A16	A17	A18	A19
A19	->	A18	A19			

Nguồn: Tác giả tính toán trên số liệu thu thập

**Bảng 5: Kết quả dự báo bằng CTGM**

STT	VN-Index	Giá trị mở	Hiệu số bậc 1	Hiệu số bậc 2	Nhóm quan hệ mở	Nhóm quan hệ đã lọc	Giá trị dự báo
1	409,85	A02	1,13	-0,31	A01, A02, A07	A02, A07	412,38
2	416,18	A07	6,33	5,20	A03, A04, A05,		
A06, A07, A08	A07, A08	416,50					
3	416,98	A08	0,80	-5,53	A05, A09	A09	418,10
4	417,54	A09	0,56	-0,24	A05, A08, A09,		
A10, A11, A14	A09, A10, A11, A14	421,49					
5	413,68	A05	-3,86	-4,42	A02, A03, A06	A02, A03	410,00
6	413,98	A05	0,30	4,16	A02, A03, A06	A02, A03	410,00
7	411,72	A03	-2,26	-2,56	A03, A05, A06, A09	A03	411,25
8	418,39	A09	6,67	8,93	A05, A08, A09,		
A10, A11, A14	A09, A10, A11, A14	421,49					
9	417,55	A09	-0,84	-7,51	A05, A08, A09,		
A10, A11, A14	A05, A08, A09	416,20					
10	418,19	A09	0,64	1,48	A05, A08, A09,		
A10, A11, A14	A09, A10, A11, A14	421,49					
11	418,83	A10	0,64	0,00	A07, A08, A09,		
A10, A11,	A10, A11,	420,18					
13	417,77	A09	-1,06	-1,70	A05, A08, A09,		
A10, A11, A14	A05, A08, A09	416,20					
14	427,27	A14	9,50	10,56	A12, A13, A14, A15	A14, A15	428,25
15	428,38	A15	1,11	-8,39	A13, A14, A15, A17	A15, A17	430,58
16	432,10	A17	3,72	2,61	A14, A16, A17, A18	A17, A18	432,90
17	427,87	A14	-4,23	-7,95	A12, A13, A14, A15	A12, A13, A14	425,50
18	424,47	A12	-3,40	0,83	A11, A12	A11, A12	422,13
19	423,31	A12	-1,16	2,24	A11, A12	A11, A12,	422,13
20	422,14	A12	-1,17	-0,01	A11, A12	A11, A12	423,38
21	421,99	A11	-0,15	1,02	A07, A09, A11,		
A12, A14,	A07, A09, A11	418,37					
22	420,19	A11	-1,80	-1,65	A07, A09, A11,		
A12, A14,	A07, A09, A11	418,37					
23	415,63	A07	-4,56	-2,76	A03, A04, A05,		
A06, A07, A08	A03, A04, A05,						
A06, A07	413,65						
25	412,94	A04	-2,69	1,87	A04, A05	A04	412,75
26	412,92	A04	-0,02	2,67	A04, A05	A04	412,75
27	412,91	A04	-0,01	0,01	A04, A05	A04	412,75
28	413,78	A05	0,87	0,88	A02, A03, A06	A06	414,75
29	415,33	A06	1,55	0,68	A05, A06, A07	A06, A07	415,38
30	414,80	A06	-0,53	-2,08	A05, A06, A07	A05, A06	414,13
31	416,43	A07	1,63	2,16	A03, A04, A05,		
A06, A07, A08	A07, A08	416,50					
32	413,16	A05	-3,27	-4,90	A02, A03, A06	A02, A03	410,00
33	413,16	A05	0,00	3,27	A02, A03, A06	A02, A03, A06	411,58
34	410,57	A03	-2,59	-2,59	A03, A05, A06, A09	A03	411,25
35	414,14	A06	3,57	6,16	A05, A06, A07	A06, A07	415,38
36	415,00	A06	0,86	-2,71	A05, A06, A07	A06, A07	415,38
37	415,70	A07	0,70	-0,16	A03, A04, A05,		
A06, A07, A08	A07, A08	416,50					
38	414,22	A06	-1,48	-2,18	A05, A06, A07	A05, A06	414,13
39	414,48	A06	0,26	1,74	A05, A06, A07	A06, A07	415,38
40	415,38	A06					414,75
41	414,75	A06					414,13

Nguồn: Tác giả tính toán trên số liệu thu thập

## Kết luận

Phương pháp CTGM dùng trong dự báo là một phương pháp khá mới, chỉ được phát triển từ những thập niên 90. Dù còn khá mới mẻ, nhưng phương pháp CTGM có ưu điểm là không phụ thuộc vào tính dừng của chuỗi thời gian và vì tính mờ của chuỗi nên phương pháp này có thể dùng dự báo ngắn hạn ngay cả khi số liệu thu thập được là số liệu dạng mờ hoặc khi có quan sát bị mất. Tuy nhiên, kết quả dự báo CTGM phụ thuộc rất nhiều vào cách phân hoạch không gian nền và việc chọn trọng số khi mờ hóa và giải mờ để cho ra kết quả dự báo, việc phân hoạch càng chi tiết, kết quả dự báo càng chính xác, nhưng bù lại việc tính toán lại trở nên phức tạp. Trong bài viết khi

lấy trung bình 2 đầu mút đoạn phân hoạch tức là gán trọng số cho mỗi đầu mút là 0,5. Do vậy, thuật toán có thể được cải thiện bằng cách lấy trọng số phù hợp hơn để cho kết quả dự báo đúng với thực tế hơn.

Phương pháp này vẫn đang được nghiên cứu và hoàn thiện bằng những kỹ thuật mới trong phân tích định lượng. Thay vì dự báo VN-Index, nếu sử dụng số liệu của các mã chứng khoán cụ thể sẽ giúp người dùng dự báo được diễn tiến trong ngắn hạn của chứng khoán phục vụ cho các quyết định đầu tư ngắn hạn. Ngoài ra, phương pháp CTGM còn được dùng rất nhiều cho các nghiên cứu về dự báo trong công tác tuyển sinh, dự báo lượng khách du lịch...■

---

## Tài liệu tham khảo

1. Chen, S., M. (1996). *Forecasting enroll-ments based on fuzzy time series*, *Fuzzy Sets and Systems* , 81: 311-319
2. Chen, T., L., Cheng, C., H and Teoh, H., J. (2007). *Fuzzy time-series based on Fibonacci sequence for stock price forecasting*, *Physica A*, 380, pp. 377–390
3. Chou, M., -T. and Lee, H., -S (2006). *Increasing and decreasing with fuzzy time series*, *Joint Conference on Information Sciences, Kaohsiung, Taiwan*, pp. 1240-1243 (2006).
4. Huarng, K., H and Yu, H., K. (2005). *A type-2 fuzzy time-series model for stock index forecasting*, *Physica A*, 353, pp. 445–462.
5. Liu, I., W., Chen T., L., Cheng C., H., and Chen Y., H. (2010). *Adaptive-expectation based multi-attribute FTS model for forecasting TAIEX*, *Computers & Mathematics with Applications*, 59: 795-802.
6. Park, I., J., Lee D., J., Song, C., K., and Chun, M., G. (2010). *TAIFEX and KOSPI 200 forecasting based on two factors high-order fuzzy times and particle swarm optimization*, *Expert Systems with Applications*, 37: 959-967.
7. Song, Q. and Chissom, B., S. (1993). *Forecasting enrolments with fuzzy time- series, Part I*, *Fuzzy Sets Systems*. 54 , pp. 1–10.
8. Song, Q. and Chissom, B., S. (1994). *Forecasting enrolments with fuzzy time- series, Part II*, *Fuzzy Sets Systems*, 62, pp. 1–8.
9. Wang, C., H. and Hsu, L., C. (2008). *Constructing and applying an improved fuzzy time series model: Taking the tourism industry for example*, *Expert Systems with Applications*, 34: 2732-2738.
10. Yu, H., K. (2004). *Weighted fuzzy time-series models for TAIEX forecasting*, *Physica A* , 349, pp. 609–624.
11. Zadeh, L., A. (1965). *Fuzzy sets*, *Information and Control*, 8: 338-353.