

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

-----

**PHẠM VĂN KHÁNH**

**PHÂN TÍCH THỐNG KÊ DỰ BÁO  
VÀ MÔ PHỎNG MỘT SỐ CHUỖI THỜI GIAN**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ TOÁN HỌC**

Hà Nội - 2015

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

-----

Phạm Văn Khánh

**PHÂN TÍCH THỐNG KÊ DỰ BÁO VÀ MÔ  
PHỎNG MỘT SỐ CHUỖI THỜI GIAN**

Chuyên ngành: Lý thuyết xác suất và thống kê toán  
Mã số: 62 46 15 01

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ TOÁN HỌC**

Người hướng dẫn khoa học:  
1. GS. TS. Nguyễn Khắc Minh  
2. GS. TSKH. Nguyễn Duy Tiến

Hà Nội - 2015

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kì công trình nào khác.

Tác giả

## LỜI CẢM ƠN

Luận án được hoàn thiện dưới sự hướng dẫn của GS.TS. Nguyễn Khắc Minh, GS. TSKH. Nguyễn Duy Tiến. Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc nhất tới hai thầy vì sự định hướng và sự gợi mở vấn đề của các Thầy trong nghiên cứu, sự động viên khuyến khích và sự tận tình của các thầy trong dạy dỗ cũng như trong cuộc sống.

Tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Khoa Toán – Cơ – Tin học, Phòng Sau đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học quốc gia Hà Nội, nơi tác giả đã học tập và nghiên cứu từ năm 1997 tới nay.

Tác giả xin gửi lời cảm ơn tới các Thầy ở Bộ môn Lý thuyết Xác suất và Thống kê toán, Khoa Toán – Cơ – Tin học đã giúp đỡ tác giả rất nhiều trong quá trình học tập và hoàn thành luận án.

Trong quá trình học tập hoàn thành luận án, tác giả đã nhận được sự quan tâm giúp đỡ và đóng góp của GS.TSKH. Đặng Hùng Thắng, PGS.TS. Trần Hùng Thao, PGS.TS. Nguyễn Xuân Hoài, TS. Nguyễn Thịnh,...Tác giả xin chân thành cảm ơn tới quý thầy về sự giúp đỡ quý báu đó.

Tác giả xin chân thành cảm ơn tới người vợ thân yêu của mình vì sự hy sinh và động viên, giúp đỡ tác giả trong học tập, nghiên cứu cũng như trong cuộc sống. Tác giả xin gửi lời cảm ơn tới tất cả thầy cô, gia đình và bạn bè đã góp ý, ủng hộ và động viên tác giả trong quá trình học tập và hoàn thành luận án.

Phạm Văn Khánh

## MỤC LỤC

Những kí hiệu dùng trong luận án	5
Mở đầu	6
<b>Chương 1. Chuỗi tự hồi quy cấp 1 với hệ số hồi quy có chứa thành phần ngẫu nhiên không âm</b>	<b>12</b>
1.1 Điều kiện dừng của chuỗi . . . . .	13
1.2 Ước lượng các tham số của mô hình . . . . .	16
1.3 Nghiên cứu mô phỏng . . . . .	20
1.4 Kết luận chương 1 . . . . .	26
<b>Chương 2. ƯỚC LƯỢNG THỜI ĐIỂM DỪNG TỐI ƯU CHO QUÁ TRÌNH NGẪU NHIÊN VỚI HỆ SỐ TRƯỢT NGẪU NHIÊN</b>	<b>27</b>
2.1 Kiến thức liên quan . . . . .	28
2.2 Những kết quả đã được nghiên cứu . . . . .	30
2.3 Bài toán tìm thời điểm bán tối ưu khi tốc độ tăng giá là biến ngẫu nhiên rời rạc nhận 2 giá trị . . . . .	32
2.3.1 Đặt bài toán . . . . .	32
2.3.2 Bài toán phụ . . . . .	36
2.3.3 Bao dừng tối ưu . . . . .	40
2.3.4 Lời giải số và mô phỏng . . . . .	42
2.4 Bài toán tìm thời điểm mua và bán tối ưu khi tốc độ tăng giá là xích Markov rời rạc hai trạng thái . . . . .	55
2.4.1 Bài toán mua tài sản . . . . .	56
2.4.2 Bài toán bán tài sản . . . . .	67
2.5 Kết luận chương 2 . . . . .	81
<b>Chương 3. Phương pháp Monte - Carlo trong mô hình giá quyền chọn áp dụng cho quá trình có bước nhảy ngẫu nhiên</b>	<b>84</b>
3.1 Đặt vấn đề . . . . .	84

3.2	Phương trình vi phân ngẫu nhiên hệ số hằng với rủi ro trung tính . . . . .	86
3.3	Giá một quyền chọn trong môi trường rủi ro trung tính . . . . .	88
3.4	Giải thuật Monte–Carlo . . . . .	92
3.5	Kết quả mô phỏng thử nghiệm . . . . .	101
3.5.1	Kết quả mô phỏng quá trình giá . . . . .	101
3.5.2	Kết quả mô phỏng giá của quyền chọn mua và quyền chọn bán . . . . .	101
3.6	Kết luận chương 3 . . . . .	106

**Chương 4. Dự báo trạng thái hội tụ của thu nhập bình quân đầu người của Việt Nam 108**

4.1	Giới thiệu . . . . .	108
4.2	Cơ sở lý thuyết . . . . .	111
4.2.1	Quan điểm kinh tế của các phương pháp được sử dụng	111
4.2.2	Mô hình hồi quy Barro 1 mở rộng . . . . .	113
4.2.3	Mô hình hồi quy Barro 2 mở rộng . . . . .	122
4.2.4	Mô hình xích Markov . . . . .	128
4.3	Kết quả ước lượng thực nghiệm . . . . .	130
4.4	So sánh với các mô hình Barro kinh điển . . . . .	139
4.5	Kết luận chương 4 . . . . .	139

**Chương 5. So sánh mô hình vector tự hồi qui và các mô hình được tạo ra bởi lập trình Gen trong dự báo chỉ số giá tiêu dùng của Việt Nam 141**

5.1	Cơ sở phương pháp . . . . .	142
5.1.1	Giới thiệu khái quát mô hình VAR . . . . .	142
5.1.2	Giới thiệu về lập trình Gen . . . . .	144
5.2	Ước lượng thực nghiệm . . . . .	148
5.2.1	Áp dụng mô hình VAR trong dự báo lạm phát . . . . .	148
5.2.2	Sử dụng GP cho dự báo lạm phát ở Việt Nam . . . . .	151
5.3	Kết luận chương 5 . . . . .	155

**Kết luận và kiến nghị 157**

**Danh mục các công trình khoa học của tác giả liên quan đến luận án 158**

**Tài liệu tham khảo 160**

## NHỮNG KÍ HIỆU DÙNG TRONG LUẬN ÁN

Ký hiệu	Ý nghĩa
$(\Omega, \mathcal{F}, P)$	Không gian xác suất
$I(A)$	Hàm chỉ tiêu của tập hợp A
$[x]$	Số nguyên lớn nhất không vượt quá $x$ với $x \geq 0$ .
$\max\{\ln(x), 0\}$	$\ln^+(x)$ .
$\log(x)$	$\log_{10}(x)$
hcc	Hầu chắc chắn
ARCH	Mô hình tự hồi quy với phương sai có điều kiện của sai số thay đổi
GDP	Tổng sản phẩm quốc nội
IID	Độc lập cùng phân bố
MA	Quá trình trung bình trượt
MSE	Sai số dự báo bình phương trung bình
MLE	Ước lượng hợp lý cực đại
RMSE	Căn bậc hai của MSE
GARCH	Mô hình ARCH tổng quát
EGARCH	Mô hình GARCH dạng mũ
TGARCH	Mô hình GARCH phân ngưỡng
BPTT	Bình phương tối thiểu
BQTN	Bình quân thu nhập
Std.Dev	Độ lệch chuẩn
GP	Lập trình Gen
EA	Giải thuật tiến hóa

## MỞ ĐẦU

Phân tích các dữ liệu thực nghiệm tại những điểm khác nhau theo thời gian dẫn đến những bài toán mới và độc đáo trong mô hình thống kê và suy diễn thống kê.

Sự tương quan trong mẫu được lấy tại các điểm lân cận theo thời gian có thể làm hạn chế việc áp dụng nhiều phương pháp thống kê truyền thống phụ thuộc vào giả định rằng những quan sát liên tiếp là độc lập và cùng phân bố. Phân tích chuỗi thời gian được hiểu là sử dụng các phương pháp tiếp cận có hệ thống để trả lời các câu hỏi toán học và thống kê về những mối tương quan thời gian nói trên.

Có rất nhiều những yêu cầu về việc phân tích thống kê đối với những quan sát phụ thuộc ở trong nhiều lĩnh vực khác nhau như kinh tế, kỹ thuật và khoa học tự nhiên. Một mô tả cấu trúc xác suất của một chuỗi các quan sát phụ thuộc được gọi là mô hình một quá trình ngẫu nhiên. Trong luận án này chúng tôi không giới hạn trong việc xem xét các chuỗi thời gian truyền thống như các quá trình tự hồi qui (AR), trung bình trượt (MA), tự hồi qui trung bình trượt (ARMA), vector tự hồi qui (VAR) mà chúng tôi mở rộng ra xem xét các chuỗi thời gian có hệ số ngẫu nhiên, chuỗi thời gian liên tục mà hệ số chứa thành phần ngẫu nhiên, chuỗi thời gian liên tục có tác động của bước nhảy ngẫu nhiên...

Phương pháp tiếp cận cơ bản trong phân tích chuỗi thời gian thường dựa trên giả thiết rằng sự tương quan giữa các điểm lân cận theo thời gian là giải thích tốt nhất cho sự phụ thuộc của giá trị hiện tại và giá trị trong quá khứ. Các phương pháp phân tích chuỗi thời gian tập trung vào việc mô hình hóa các giá trị tương lai của một chuỗi thời gian như là một hàm của giá trị hiện tại và quá khứ. Theo kịch bản này, bắt đầu bằng hồi quy



các giá trị hiện tại của một chuỗi thời gian trên các giá trị quá khứ của bản thân chuỗi đó và trên các giá trị trong quá khứ của các chuỗi khác. Mô hình này được sử dụng như một công cụ dự báo và đặc biệt phổ biến với các nhà kinh tế vì lý do này.

Trong luận án này, chúng tôi sử dụng các kết quả trong phân tích và mô phỏng chuỗi thời gian để ứng dụng trong điều khiển và dự báo. Việc điều khiển các chuỗi thời gian thể hiện trong bài toán xác định thời điểm dừng tối ưu. Đối với bài toán này biến điều khiển chính là biến thời gian mà người đầu tư cần quyết định giá trị nào của biến thời gian mà người đầu tư cần dừng lại quá trình đầu tư của mình để thu được cực đại lợi nhuận. Bản chất của bài toán này là bài toán dự báo: dự báo thời điểm thay đổi xu thế của chuỗi thời gian: thời điểm giá đạt đỉnh và thời điểm giá chạm đáy. Thời điểm chuỗi giá cả thay đổi xu thế ta gọi đó là thời điểm chuyển mà tại đó nhà đầu tư thường đưa ra quyết định mua hay bán. Một kết quả rất thú vị ở chương 2 cho thấy là thời điểm tối ưu để mua là khi giá đang lên và vừa qua đáy, thời điểm tối ưu để bán là giá đang xuống và vừa qua đỉnh!

Bài toán dự báo là bài toán chủ yếu trong phân tích và mô phỏng chuỗi thời gian. Việc dự báo các chỉ tiêu kinh tế luôn là mong muốn của các nhà lãnh đạo, các nhà đầu tư và mọi người dân. Chính vì vậy luận án này cũng giải quyết một phần quan trọng trong các vấn đề thời sự của đất nước đó là dự báo về trạng thái hội tụ về thu nhập bình quân đầu người và chỉ số giá tiêu dùng.

Luận án cũng nghiên cứu việc tính toán giá của các phái sinh trong thị trường tài chính. Nó giúp cho các nhà đầu tư bảo hiểm các quyết định của mình khi thị trường có những cú sốc (bước nhảy ngẫu nhiên) ngoài ý muốn.

Luận án nghiên cứu phân tích thống kê, mô phỏng các chuỗi thời gian và áp dụng cho các chuỗi thời gian trong kinh tế bao gồm cả vĩ mô và vi mô. Vì đặc trưng khác nhau của các chuỗi nên các phương pháp tiếp cận và nghiên cứu cũng khác nhau.

Luận án gồm năm chương và được cấu trúc như sau:

Trong Chương 1, chúng tôi trình bày một mô hình chuỗi thời gian mới. Đó là chuỗi tự hồi quy cấp 1 mà hệ số góc có tác động của thành phần ngẫu nhiên không âm. Chuỗi này dùng để mô hình hóa quá trình tăng trưởng và phương sai của sai số thay đổi. Để mô tả độ biến động của một quá trình ngẫu nhiên ta thường mô hình hóa bởi các quá trình ARCH, GARCH, EGARCH hay TGARCH. Tuy nhiên bằng việc mô phỏng ta thấy RCA(1) rất gần với các mô hình trên nhưng việc ước lượng các tham số, kiểm định và dự báo dễ dàng hơn rất nhiều. Việc sử dụng chuỗi thời gian mới này cho ta các tiện lợi hơn rất nhiều so với các mô hình hiện có.

Ở Chương 2 chúng tôi xét mô hình chuỗi thời gian liên tục nếu rời rạc hóa mô hình chuỗi thời gian trong chương này ta sẽ được mô hình khá giống với chương 1 nghĩa là tốc độ tăng trưởng (hệ số góc) cũng phụ thuộc vào biến ngẫu nhiên rời rạc hoặc quá trình ngẫu nhiên rời rạc (có thể nhận giá trị âm). Tuy nhiên, trong chương này chúng tôi xem xét bài toán điều khiển tối ưu chuỗi thời gian mà biến điều khiển là biến thời gian còn biến trạng thái (không quan sát được) là biến ngẫu nhiên rời rạc nhận 2 giá trị hoặc quá trình Markov 2 trạng thái còn biến trạng thái quan sát được là quá trình giá cả. Đây là sự mở rộng các kết quả hiện có về bài toán xác định thời điểm dừng tối ưu trong đó thêm thành phần ngẫu nhiên vào hệ số dịch chuyển (hệ số góc-tốc độ tăng trưởng). Các kết quả thu được là khả quan và được kiểm tra trên dữ liệu mô phỏng cho thấy tính đúng đắn của các kết quả tìm được. Bài toán xác định thời điểm dừng tối ưu được sử dụng trong thống kê toán học (ước lượng và kiểm định), trong toán tài chính, kỹ thuật tài chính, trong các giải thuật gen di truyền (thời điểm dừng cho quá trình tiến hóa)....Trong luận án này chúng tôi áp dụng bài toán thời điểm dừng tối ưu áp dụng cho bài toán tài chính.

Chương 3 chúng tôi xét một chuỗi thời gian liên tục có thêm thành phần ngẫu nhiên khác loại với chuyển động Brown đó là thành phần bước nhảy được cộng hợp vào mô hình mà không chứa trong hệ số hồi quy như trong chương 1 và chương 2 để mô hình hóa những biến cố dạng sốc tác

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

- [1] Nguyễn Khắc Minh, Phạm Văn Khánh (2009), "Một số phương pháp tiếp cận bài toán hội tụ thu nhập bình quân đầu người của Việt Nam", *Tạp chí Ứng dụng Toán học Tập VII* (1), pp. 71-91.
- [2] Phạm Văn Khánh (2011), "Phương pháp Monte-Carlo trong mô hình giá quyền chọn áp dụng cho quá trình ngẫu nhiên có bước nhảy", *Tạp chí Ứng dụng Toán học Tập IX* (1), pp. 51-71.
- [3] Pham Van Khanh (2012), "The First Order Autoregressive Model with Coefficient Contains Non-Negative Random Elements: Simulation and Estimation", *Open Journal of Statistics* **2** (5), pp. 498-503.
- [4] Pham Van Khanh (2012), "Optimal Stopping Time for Holding an Asset", *American Journal of Operations Research* **2** (4), pp. 527-535.
- [5] Pham Van Khanh (2012), "Comparisons of VAR Model and Models Created by Genetic Programming in Consumer Price Index Prediction in Vietnam", *Open Journal of Statistics* **2** (3), pp. 237-250.
- [6] Nguyen Khac Minh, Pham Van Khanh (2013), "Forecasting the Convergence State of per Capital Income in Vietnam", *American Journal of Operations Research* **3** (6), pp. 487-496.
- [7] Pham Van Khanh (2014), "Optimal stopping time to buy an asset when growth rate is two states Markov chain", *American Journal of Operations Research* **4**, pp. 132-141.

- [8] Nguyen Khac Minh, Pham Van Khanh (2014), "Expanded Barro Regression in Studying Convergence Problem", *American Journal of Operations Research* **4**, pp. 301-310.
- [9] Pham Van Khanh (2015), "When to Sell an Asset Where Its Drift Drops from a High Value to a Smaller One ", *American Journal of Operations Research* **5** (5) , this paper will be published in September 2015.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

- [1] Nguyễn Quý Hỷ (2004), *Phương pháp mô phỏng số Monte-Carlo*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
- [2] Trần Hùng Thao (2009), *Nhập môn Toán học tài chính*, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] Đặng Hùng Thắng (2005), *Quá trình ngẫu nhiên và tính toán ngẫu nhiên*, NXB Đại học Quốc Gia Hà Nội, Hà Nội.

### Tiếng Anh

- [4] Taniguchi, M. và Kakizawa, Y. (2000), "Asymptotic Theory of Statistic Inference for Time Series", Springer, Tokyo.
- [5] Nicholls, D. and Quinn, B.(1982), "Random Coefficient Autoregressive Models: An Introduction", *Lecture Notes in Statistics*,**11**, Springer, New York.
- [6] Aue, A. , Horvath, L. and Steinbach, J. (2006), " Estimation in random coefficient autoregressive models", *Journal of Time Series Analysis* **27**, pp. 61-76.
- [7] duToit, J. and Peskir, G. (2009), "Selling a stock at the ultimate maximum", *Ann. Appl. Probab.* **19** (3), pp. 983–1014.

- [8] Urusov, M. A. (2005), "On a property of the moment at which Brownian motion attains its maximum and some optimal stopping problems", *Theory Probab. Appl.* **49**, pp. 169-176.
- [9] Yam, S. C. P., Yung, S.P., Zhou, W. (2012), "Optimal Selling Time in Stock Market over a Finite Time Horizon", *Acta Mathematicae Applicatae Sinica, English Series* **28** (3), pp. 557-570.
- [10] Peskir, G. and Shiryaev, A. N. (2006), "Optimal stopping and free-boundary problems", *Lectures in Mathematics ETH*, Verlag, Basel.
- [11] Shiryaev, A. N. , Xu, Z. and Zhou, X. Y. (2008), "Thou Shalt Buy and Hold", *Quantitative Finance - QUANT FINANC* **8** (8), pp. 765-776.
- [12] Lipster, R. S. and Shiryaev, A. N. (2001), *Statistics of Random Process: I. General Theory*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [13] Liptser, R.S. and Shiryaev, A. N. (1978), *Statistics of Random Processes: II. Applications*, Springer-Verlag, NewYork–Heidelberg.
- [14] Peskir, G. (2005), "On the American option problem", *Math.Finance* **15**, pp. 169–181.
- [15] Dayanik, S. and Karatzas, I. (2003), "On the optimal stopping problem for one-dimensional diffusions", *StochasticProcess.Appl.*, **107**, 173–212.
- [16] Rogers, L. C. G. (2002), "Monte-Carlo valuation of American options", *Math.Finance* **12**, pp. 271–286.
- [17] Hanson, F.B. (2005), *Applied Stochastic Process and Control for Jump-Diffusion: Modeling, Analysis and Computation*, SIAM Books, Philadelphia, PA.
- [18] Ross, S. M (2000), *Introduction to Probability Models*, A Harcourt Sci. Tech. Com., New York.
- [19] Longstaff , F. A., and Schwartz, E. S. (2001), "Valuing American options by simulation: a simple least-squares approach", *Review of Financial Studies* **14**, pp. 113-147.