

Nghiên cứu cấu trúc phụ thuộc của thị trường chứng khoán, thị trường vàng và thị trường ngoại tệ ở Việt Nam

Lê Trung Thành

Trường Đại học Kinh tế - Đại học Quốc gia Hà Nội

Email: ltthanh@vnu.edu.vn

Nguyễn Đức Khương

Sở Tài chính tỉnh Thái Bình

Ngày nhận: 23/3/2016

Ngày nhận bản sửa: 6/6/2016

Ngày duyệt đăng: 25/8/2016

Tóm tắt:

Copula là một trong những lý thuyết ngày càng được áp dụng nhiều vào lĩnh vực tài chính, đặc biệt là đối với quản trị rủi ro. Bài viết giới thiệu các mô hình Copula được sử dụng phổ biến và áp dụng trong tính toán giá trị tổn thất danh mục bao gồm: cổ phiếu, vàng và tỷ giá VND/USD. Kết quả của nghiên cứu cho thấy mối tương quan yếu giữa ba thị trường ở Việt Nam và cung cấp một phương pháp mới hiệu quả trong đa dạng hóa danh mục cho nhà đầu tư.

Từ khóa: Copula; cấu trúc phụ thuộc; chứng khoán; giá trị rủi ro; ngoại tệ; vàng.

Study of dependence structure of stock market, gold market and foreign exchange market in Vietnam

Abstract:

Copula is one of the most popular theories, which is increasingly applied in finance and especially in risk management. This research introduces some basic useful copula and an application in the estimation of Value at Risk of a portfolio composed by stock, gold and VND/USD foreign exchange rates. The research results indicate a weak correlation of the three markets in Vietnam and provide investors with an efficient approach in diversification portfolios.

Keywords: Copula; dependence structure; foreign exchange; gold; stock; Value at Risk.

1. Giới thiệu

Khái niệm cấu trúc phụ thuộc (dependence structure) được hiểu là khi yếu tố này thay đổi tác động một yếu khác cũng thay đổi một mức độ nhất định. Hiện nay, một trong những phương pháp đo lường sự phụ thuộc đang được sử dụng phổ biến là Copula.

Từ điển Oxford định nghĩa “copula” là một kết nối (connection, linking of words). Trong thống kê, Copula là một dạng hàm số kết hợp các phân phối tích lũy tạo ra một hàm phân phối đa biến đồng thời nhưng vẫn thể hiện đầy đủ sự phụ thuộc. Trong lĩnh vực tài chính, Copula được sử dụng để nghiên cứu cấu trúc phụ thuộc giữa các thị trường và quản trị rủi ro. Các bằng chứng về khả năng đo lường rủi ro tốt

hơn của Copula được thể hiện trong Rong & Truck (2014), Hotta & Palaro (2006), Ozun & Cifter (2007).

Tại Việt Nam, các nghiên cứu sử dụng Copula tập trung thể hiện sự phụ thuộc giữa các cổ phiếu và chỉ số thị trường như Trần Trọng Nguyên & Nguyễn Thu Thủy (2015), Hoàng Đức Mạnh (2014) mà chưa có sự tham gia của thị trường vàng, thị trường ngoại tệ hoặc mới chỉ nghiên cứu trên một dạng mô hình t-Copula như Đỗ Nam Tùng (2010). Trong khi đó, nghiên cứu bằng mô hình hồi quy tuyến tính của Đinh Thị Thanh Long & Nguyễn Thu Trang (2008) còn tồn tại phương sai của sai số thay đổi và tự tương quan.

Việc chứng minh tồn tại hay không một cấu trúc phụ thuộc góp phần quan trọng vào trong việc phòng ngừa rủi ro cho nhà đầu tư. Do đó, dựa trên ý tưởng của Reboredo (2013), bài viết sẽ nhằm trả lời các vấn đề: (i) có tồn tại một mối quan hệ ràng buộc nào giữa thị trường chứng khoán, thị trường vàng và thị trường ngoại tệ không? (ii) nếu các biến là độc lập thì có tồn tại một mô hình để thể hiện được đồng thời phân phối của các biến không? (iii) cuối cùng, vàng hoặc đồng ngoại tệ có là một công cụ giảm thiểu rủi ro trong danh mục đa dạng hóa rủi ro cho thị trường chứng khoán Việt Nam và theo từng nhóm ngành hay không?

2. Tổng quan nghiên cứu, cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Các dạng mô hình Copula phổ biến

Giả sử X, Y là hai biến ngẫu nhiên liên tục với hàm phân phối $F(x)=P[X\leq x]$, $G(y)=P[Y\leq y]$, theo định lý Sklar (1959) sẽ tồn tại một hàm số Copula sao cho $P[X\leq x, Y\leq y] = C(F(x), G(y))$ trên khoảng $[0,1]$. Khi đó, hệ số θ của hàm C đo lường sự phụ thuộc giữa các phân phối biên (marginal distributions), hay là sự phụ thuộc giữa các biến.

Bảng 1 giới thiệu các dạng mô hình copula phổ biến được sử dụng bao gồm: họ Elliptical (Normal, Student-t) và Archimedean (Clayton, Gumbel, Frank). Các Elliptical thường mô tả cấu trúc đối xứng trong khi các Archimedean lại mô tả cấu trúc lệch trái hoặc lệch phải. Một giá trị hệ số θ của Gumbel Copula càng lớn càng cho thấy mức độ phụ thuộc giữa các biến lệch bên phải (dương) nhiều hơn và tương tự hệ số δ của Clayton càng lớn, càng phụ thuộc về bên trái (âm).

Trong đó Φ là một hàm phân phối tích lũy chuẩn

hóa (standard normal cdf). Φ^{-1} là nghịch đảo của Φ , Φ_{Σ}^d là hàm phân phối chuẩn đa biến với hệ số tương quan là ma trận Σ . $t_{\Sigma, \nu}$ là phân phối Student đa biến với bậc tự do ν và ma trận tương quan Σ .

2.2. Phương pháp ước lượng

Để hạn chế phương sai của sai số thay đổi và tự tương quan thường gặp ở dữ liệu tài chính, các phân phối biên được sử dụng theo mô hình ARMA(m,n)-GARCH(p,q). Phần dư thu được từ mô hình sẽ được chuẩn hóa để thiết lập hệ số phụ thuộc. Một số nghiên cứu cho thấy ARMA(1,1)-GARCH(1,1) là mô hình đơn giản, phù hợp như Brooks & Persaud (2002), Bollerslev & cộng sự (1992). Yan (2007), Gregoire & cộng sự (2008) lại đề xuất sử dụng các phân phối thực nghiệm. Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản trong tính toán bằng cách sử dụng các giả quan sát (pseudo-observations) theo công thức:

$$U_{ix} = \text{thứ hạng của biến } X_{it} \text{ ban đầu} / (\text{độ dài của mẫu quan sát} + 1)$$

Để quyết định rằng Copula nào phù hợp với dữ liệu, cần xem xét giá trị thống kê Goodness of fit (GoF) được tính bằng hiệu khoảng cách giữa mô hình Copula được thiết lập và mô hình thực nghiệm (Genest & cộng sự, 2009). Một cấu trúc phụ thuộc tốt kỳ vọng một giá trị thống kê GoF cao và ngược lại, Copula đang xem xét không mô tả đúng cấu trúc phụ thuộc. Khi dữ liệu phù hợp với nhiều mô hình Copula, lựa chọn tốt ưu là mô hình có giá trị ước lượng loglikelihood (LLH) lớn nhất, tiêu chuẩn thông tin AIC và BIC nhỏ nhất.

2.3. Tính toán và kiểm tra giá trị tổn thất rủi ro (Value at Risk-VaR)

VaR là một thước đo được sử dụng để định lượng rủi ro thị trường, cho biết khoản lỗ tối đa có khả

Bảng 1: Các dạng mô hình Copula phổ biến

Copula	Mô hình	Giá trị hệ số
Normal	$C_{\rho}^N(u_1, \dots, u_d) = \Phi_{\Sigma}^d(\Phi^{-1}(u_1), \dots, \Phi^{-1}(u_d))$	$[-1, 1]$
Student	$t_{\Sigma, \nu}(u_1, \dots, u_d) = t_{\Sigma, \nu}(t_{\nu}^{-1}(u_1), \dots, t_{\nu}^{-1}(u_d))$	$[-1, 1]$
Clayton	$C_{\delta}^{cl}(u_1, \dots, u_d) = [\sum_{i=1}^d u_i^{-\delta} - d + 1]^{-1/\delta}$	$\delta > 0$
Gumbel	$C_{\theta}^{gu}(u_1, \dots, u_d) = \exp([\sum_{i=1}^d (-\ln(u_i))^{\theta}]^{-1/\theta})$	$\theta > 1$
Frank	$C_{\theta}(u, v) = \frac{-1}{\theta} \ln[1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{(e^{-\theta} - 1)}]$	$[-\infty, \infty]$

Nguồn: Tác giả tổng hợp theo Fang & cộng sự (2002), Rong & Truck (2014)

Bảng 2: Kết quả phân tích thống kê

	VN-Index (VND)	HN-Index (HNX)	Vàng (VVN)	Tỷ giá VND/USD
Mean	-0,0013	-0,0037	0,0019	0,0009
Std. Dev.	0,0433	0,0524	0,0229	0,0064
Skewness	-0,4041	-0,2113	0,4550	3,9677
Kurtosis	4,6199	4,8766	15,6851	57,5795
Jarque-Bera	52,5697	59,3567	2.594	48.796
Probability	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Observations	385	385	385	385
ADF Test	-16,9233	-17,7637	-21,8785	-22,8402
p-value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Nguồn: Tác giả tính toán dựa trên số liệu thu thập.

năng xảy ra của một tài sản hay một danh mục đầu tư. Trong một khoảng thời gian Δt , VaR của danh mục đầu tư tại thời điểm t , với khoảng tin cậy $(1-\alpha)$, $\alpha \in (0, 1)$ được xác định: $P(X_{p,t} \leq \text{VaR}_t(\alpha)) = \alpha$

Phân bố chung của các yếu tố rủi ro là căn bản để điều tra và tính toán VaR. Necula (2010) cho rằng việc sử dụng các phân phối chuẩn để mô hình hóa lợi suất tài chính của các tài sản riêng lẻ có thể đánh giá thấp rủi ro của thị trường. Bởi vậy, mô hình

thích hợp không chỉ tạo nên một phân phối chung phù hợp mà còn tạo ra một mối tương quan phi tuyến tính (Samia & Chaker, 2013). Điều này, được tìm thấy trong Copula, đặc biệt Copula còn phù hợp với dữ liệu có phân phối lệch đuôi (skew t) khi xảy ra khủng hoảng.

Kết quả tính toán VaR từ mô hình sẽ được kiểm tra bằng kiểm định Kupiec và kiểm định Christoffersen (Christoffersen, 1998). Các kiểm định này

Bảng 3: Kết quả ước lượng các mô hình Copula

	Copula	GoF	Hệ số	p-value	LLK	AIC	BIC
VNI (thực nghiệm)	Normal	0,00	-0,0060	0,82	0,02	1,96	5,91
	Student t	0,09	0,1272	0,04	22,70	-39,40	-27,54
	Clayton	0,01	0,0053	0,84	0,02	1,97	5,92
	Gumbel	0,01	1,0097	0,00	0,36	1,27	5,22
	Frank	0,01	0,1617	0,31	0,49	1,02	4,98
VNI (ARMA- GARCH)	Normal	0,00	0,0193	0,47	0,20	1,61	5,56
	Student t	0,07	0,1445	0,01	25,41	-44,82	-32,96
	Clayton	0,01	0,0361	0,28	0,69	0,62	4,57
	Gumbel	0,01	1,0102	0,00	0,37	1,26	5,21
	Frank	0,01	0,0061	0,98	0,00	2,00	5,95
HNX (thực nghiệm)	Normal	0,00	-0,0148	0,59	0,12	1,76	5,71
	Student t	0,05	0,1255	0,05	16,76	-27,53	-15,67
	Clayton	0,01	0,0361	0,28	0,69	0,62	4,57
	Gumbel	0,01	1,0102	0,00	0,37	1,26	5,21
	Frank	0,01	0,0556	0,73	0,05	1,89	5,85
HNX (ARMA- GARCH)	Normal	0,00	0,0069	0,82	0,02	1,95	5,90
	Student t	0,12	0,1490	0,01	18,23	-30,45	-18,59
	Clayton	0,03	0,0297	0,37	0,47	1,06	5,02
	Gumbel	0,04	1,0050	0,00	0,07	1,85	5,81
	Frank	0,02	0,1721	0,38	0,34	1,32	5,28

Nguồn: Tính toán của tác giả.

Bảng 4: Kết quả tính toán và kiểm định giá trị VaR

	Copula	VaR copula	VaR Lịch sử	Kiểm định Kupiec	Kiểm định Christoffersen	Không/ Bác bỏ	
VNI	t	-5.6%	-7.4%	0,12	0,08	Không	Không
HNX	t	-5.5%	-9.5%	0,12	0,08	Không	Không

Nguồn: Tính toán của tác giả.

tập trung vào xác suất của tỷ lệ thất bại của mô hình tính toán VaR. Một mô hình tính VaR tốt là mô hình có giá trị bác bỏ càng lớn. Các tính toán được thực hiện trên phần mềm thống kê R theo mã chương trình của Roy (2011).

3. Kết quả và thảo luận

Dữ liệu giá cổ phiếu được thu thập từ Sở Giao dịch chứng khoán Thành phố Hồ Chí Minh và Sở Giao dịch chứng khoán Thành phố Hà Nội. Cổ phiếu có khối lượng giao dịch lớn nhất sẽ được chọn theo 20 nhóm ngành trong thời gian từ 1/1/2008 đến 30/9/2015. Tỷ giá VND/USD và giá vàng SJC được chọn đại diện cho thị trường ngoại tệ và thị trường vàng do tỷ trọng giao dịch lớn. Giá thu thập là giá bán đồng 50USD và giá bán 1 lượng vàng. Tất cả dữ liệu sau đó được lược giảm thành dữ liệu theo tuần để loại bỏ yếu tố mùa vụ. Các chuỗi lợi suất sẽ được tính logarit để phù hợp với các mô hình tài chính theo công thức: $r_t = \ln(P_t/P_{t-1})$ với P_t là giá tại thời điểm t . Danh mục có tỷ trọng bằng nhau. Kết quả thống kê được trình bày tại bảng 2.

Bảng 3 trình bày kết quả ước lượng các mô hình Copula. Kết quả cho thấy hệ số GoF của mô hình Copula t lớn hơn 5%. Dữ liệu phù hợp với mô hình Copula t cho cả chỉ số VNI, HNX trong danh mục. Giá trị LLK từ mô hình Copula t lớn nhất, giá trị AIC và BIC nhỏ nhất cho thấy mô hình phù hợp nhất. Phương pháp cận biên sử dụng ARMA(1,1)-GARCH(1,1) hiệu quả hơn do có hệ số LLK lớn hơn, AIC và BIC nhỏ hơn.

Bảng 4 cho thấy kết quả ước lượng giá trị VaR từ mô hình copula thấp hơn so với phương pháp truyền thống thông thường đối với cả trường hợp danh mục của chỉ số VNI và HNX. Nhà đầu tư cần ít nguồn vốn đầu tư cho mục đích phòng ngừa rủi ro. Kết quả kiểm định Kupiec và kiểm định Christoffersen đều vượt qua mức ý nghĩa 5% cho thấy chấp nhận giả thuyết H_0 : mô hình VaR là phù hợp.

4. Kết luận

Thực hiện với 119 mã cổ phiếu để nghiên cứu cấu

trúc phụ thuộc giữa thị trường chứng khoán, thị trường vàng và thị trường ngoại tệ. Một số kết luận rút ra từ kết quả nghiên cứu như sau:

(i). Có 66 cổ phiếu phù hợp với t-Copula, 21 cổ phiếu phù hợp với Gumbel copula; 13 cổ phiếu phù hợp với Clayton copula; 18 cổ phiếu phù hợp với Normal copula và chỉ có 1 cổ phiếu phù hợp với Frank copula. Do đó việc sử dụng duy nhất t-Copula để đo lường sự phụ thuộc là chưa phù hợp. Kết quả này còn cho thấy cổ phiếu, vàng và ngoại tệ có mối phụ thuộc đối xứng và lệch phải nhiều hơn. Điều này cho thấy danh mục gồm ba tài sản cho mức lợi suất biến động khi thị trường đi lên lớn hơn so với mức giảm khi thị trường đi xuống.

(ii). Các ngành có chung lựa chọn mô hình Copula có thể được sử dụng cho các cổ phiếu thuộc nhóm ngành. Có 5 nhóm ngành cho cùng lựa chọn 1 mô hình copula: t-Copula (cao su, năng lượng, dầu khí, thực phẩm), Gumbel Copula (du lịch). Xây dựng là ngành phức tạp nhất với việc có nhiều lựa chọn mô hình Copula. Tuy vậy, không có nhóm ngành nào phù hợp hoàn toàn với Clayton Copula, nghĩa là mức giảm khi thị trường đi xuống lớn hơn mức tăng khi thị trường đi lên. Các danh mục đều cho nhiều khả năng đem lại lợi suất dương, trong đó đầu tư kết hợp cổ phiếu những ngành du lịch chịu ít rủi ro nhất, thu được lợi nhuận cao hơn khi thị trường đi lên.

(iii). Nếu tính cả chỉ số VNI, HNX thì trong tổng số 119 mã cổ phiếu có 77 mã cổ phiếu (chiếm 66,4%), ước lượng bằng phương pháp thực nghiệm cho kết quả mô hình tốt hơn so với phương pháp cận biên. Điều này cho thấy rằng phương pháp thực nghiệm nên được áp dụng do kỹ thuật tính toán đơn giản. Kết quả này còn hàm ý việc sử dụng ARMA(1,1)-GARCH(1,1) để thể hiện chuỗi lợi suất của các cổ phiếu chưa thực sự phù hợp đối với thị trường Việt Nam.

(iv). Chứng khoán, vàng và tỷ giá VND/USD có mối tương quan thấp khi hệ số tương quan và hệ số phụ thuộc nhỏ (khoảng 12-14%). Sự phụ thuộc đuôi

đối xứng được thể hiện bằng t-Copula chỉ ra rằng vàng và USD có thể hoạt động như một kênh đầu tư an toàn hiệu quả trong thời kỳ cổ phiếu có biến động mạnh. Bằng chứng này cũng phù hợp với vai trò như một tài sản phòng ngừa của vàng. Kết quả cũng thể hiện tính hữu ích của vàng trong danh mục với chứng khoán và đồng ngoại tệ khi giảm được mức độ rủi ro so với danh mục thuần túy cổ phiếu.

(v). Nghiên cứu này có quan điểm tương đồng với Reboredo (2013) khi giá trị VaR của danh mục đầu tư bao gồm cả vàng, ngoại tệ và chứng khoán có giá trị thấp hơn so với phương pháp lịch sử. Kết quả kiểm tra VaR theo kiểm định không điều kiện Kupiec tại mức ý nghĩa 5% chỉ có 8 danh mục bác bỏ mô hình, đối với kiểm định có điều kiện

Christoffersen là 11 danh mục. Kết quả này cho thấy mô hình tính toán VaR từ Copula tốt hơn so với việc giả định phân phối chuẩn của chuỗi dữ liệu trong tài chính. Một giá trị VaR thấp hơn hàm ý nhà đầu tư cần ít nguồn vốn cho hoạt động phòng ngừa rủi ro theo tiêu chuẩn của Basel.

Bài viết cho thấy sự phụ thuộc yếu giữa thị trường chứng khoán, thị trường vàng và thị trường ngoại tệ. Kết quả tính toán giá trị VaR cho thấy lợi ích trong việc sử dụng vàng và USD nhằm đa dạng hóa danh mục rủi ro. Để có kết quả được tốt hơn trong thời gian tới tác giả sẽ mở rộng việc sử dụng các mô hình Copula khác và sử dụng thêm số liệu về các đồng tiền phổ biến như Euro, Bảng Anh, Yên Nhật và Nhân dân tệ. □

Tài liệu tham khảo

- Bollerslev, T. & Chou, R. (1992), 'ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence', *Journal of Econometrics*, 52, 5-59, truy cập lần cuối ngày 30 tháng 9 năm 2015, từ <http://public.econ.duke.edu/~boller/Published_Papers/joe_92a.pdf>.
- Brooks, C. & Persaud, P. (2002), 'Models choice and value at risk performance', *Financial Analysts Journal*, 58 (5), 87-97.
- Christoffersen, P.F. (1998), 'Evaluating Interval Forecasts', *International Economic Review*, 39 (4), 841-862, truy cập lần cuối ngày 10 tháng 10 năm 2015, từ <http://www.ims.nus.edu.sg/Programs/econometrics/files/kw_ref_4.pdf>.
- Đinh Thị Thanh Long & Nguyễn Thị Thu Trang (2008), 'Tác động của tỷ giá, bất động sản, giá vàng lên thị trường chứng khoán Việt Nam thời gian qua', *Tạp chí Ngân hàng*, 17, 26-30.
- Đỗ Nam Tùng (2010), 'Phương pháp Copula điều kiện trong quản trị rủi ro bằng mô hình Var và áp dụng thực nghiệm', *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*, 159 (II), 55-63.
- Fang, H.B., Fang, K.T. & Kotz, S. (2002), 'The meta-elliptical distributions with given marginals', *Journal of Multivariate Analysis*, 82 (1), 1-16, truy cập lần cuối ngày 1/12/2016, từ <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047259X01920172>>.
- Genest, C., Remillard, B. & Beaudoin, D. (2009), 'Goodness-of-fit tests for copulas: A review and a power study', *Mathematics and Economics*, 44 (2), 199-213.
- Gregoire, V., Genest, C. & Gendron, M. (2008), 'Using copulas to model price dependence in energy markets', *Energy risk*, trang 62-68, truy cập lần cuối ngày 30 tháng 10 năm 2015, từ <http://db.riskwaters.com/data/energyrisk/EnergyRisk/Energyrisk_0308/62-68_CuttingEdge.pdf>.
- Hoàng Đức Mạnh (2014), 'Một số mô hình đo lường rủi ro trên thị trường chứng khoán Việt Nam', luận án tiến sĩ, Đại học Kinh tế Quốc dân.
- Necula, C. (2010), 'Modeling the dependency structure of stock index return, Using a copula function approach', *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 13 (3), 93-106, truy cập lần cuối ngày 28 tháng 10 năm 2015, từ <http://www.ipe.ro/rjef/rjef3_10/rjef3_10_5.pdf>.
- Ozun, A. & Cifter, A. (2007), 'Portfolio Value at risk with time-varying Copula: Evidence from Latin America', *Journal of Applied Sciences*, 7 (14), 1916-1923, truy cập lần cuối ngày 28 tháng 9 năm 2015, từ <<http://docs-drive.com/pdfs/ansinet/jas/2007/1916-1923.pdf>>.
- Palaro, H.P. & Hotta, L.K. (2006), 'Using conditional Copula to estimate value at risk', *Journal of Data Science*, 4, 93-115, truy cập lần cuối ngày 28 tháng 10 năm 2015, từ <http://www.jds-online.com/file_download/95/jds-226.pdf>.

- Reboredo, J.C. (2013), 'Is gold a safe haven or a hedge for the US dollar? Implications for risk management', *Journal of Banking & Finance*, 37 (8), 2665-2676.
- Rong, N. & Truck, S. (2014), 'Modelling the dependence structure between Australian equity and real estate markets- a Copula approach', *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 8 (5), 93-113, truy cập lần cuối ngày 30 tháng 9 năm 2015, từ < <http://dx.doi.org/10.14453/aabfj.v8i5.6>>.
- Roy, I. (2011), 'Estimation of portfolio value at risk using Copula', *Department of economic and policy research, Reserve Bank of India, Working paper series No 4/2011*, truy cập lần cuối ngày 30 tháng 10 năm 2015, từ < https://rbidocs.rbi.org.in/rdocs/Publications/PDFs/EVRC_270411.pdf>.
- Samia, B.M. & Chaker, A. (2013), 'An efficient approach to estimate value at risk', *Economics and Finance Review*, 3 (03), 11-18, truy cập lần cuối ngày 30 tháng 11 năm 2015, từ < [http://www.businessjournalz.org/articlepdf/EFR-21010May3\(03\)13b.pdf](http://www.businessjournalz.org/articlepdf/EFR-21010May3(03)13b.pdf)>.
- Sklar, A. (1959), 'Functions of distribution to N dimensions and their margins', *Publications of the Statistics Institute of University of Paris*, 8, 229-231.
- Trần Trọng Nguyên & Nguyễn Thu Thủy (2015), 'Đo lường sự phụ thuộc giữa chỉ số thị trường và một số cổ phiếu có vốn hóa lớn trên thị trường chứng khoán Việt Nam bằng phương pháp Copula', *Tạp chí nghiên cứu Tài chính kế toán*, 139 (2), 32-36.
- Yan, J. (2007), 'Enjoy the Joy of Copulas: With a Package copula', *Journal of Statistical Software*, 21 (4), 1-21, truy cập lần cuối ngày 27 tháng 10 năm 2015, từ < <https://www.jstatsoft.org/article/view/v021i04/v21i04.pdf>>.