

Bảng 3. Tổng hợp kết quả chỉnh lưu máy phát đơn có khâu DC buck

U_{hd} (V)	$U_{đặt}$ (V)	$R_{tải}$ (Ω)	I (A)	ΔU (V)	Δi (A)	P (W)	Ton (s)
548,1	220	163	1,36	3	0,018	299	11
530	220	10	22,2	1,4	0,14	4884	13
518	350	163	2,175	3,5	0,02	761	14
480,5	350	10	35	1,4	0,14	12250	16

3. Kết luận

Bài báo đã mô phỏng điện áp đầu ra máy phát tuyến tính đơn. Điện áp sau chỉnh lưu của máy phát đơn có độ gợn điện áp lớn, khi có thêm tụ lọc vào độ gợn điện áp giảm đi, độ gợn điện áp tỉ lệ nghịch với giá trị của tụ điện. Với tải RL độ dao động của dòng điện với tần số cao được loại bỏ. Với khâu điều chỉnh DC buck có độ dao động điện áp 1,4%(3V) với yêu cầu điện áp đầu ra ổn định là 220V ứng với công suất tải gần 299W, dòng điện đi qua tải là liên tục với độ dao động dòng là 0,018A giá trị dòng đặt 1,36A. Trong điều kiện sóng biển dao động với chu kỳ lớn thì giá trị điện áp đầu ra sau chỉnh lưu này tương đối ổn định và có thể sử dụng được cho các tải dân dụng với yêu cầu chất lượng điện năng thấp hoặc cấp nguồn cho các bộ tích lũy năng lượng (ắc quy) sau đó nghịch lưu thành nguồn AC có tần số và điện áp định mức phù hợp với tải tiêu thụ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Polinder, M.A. Mueller, M. Scutto and M. Goden de Sousa Prado, "Linear generator systems for wave energy conversion", Proceedings of the 7th European Wave and Tidal Energy Conference, Porto, Portugal, 2007
- [2] Ion Boldea "Linear electric actuators and generators", Polytechnic Institute, Timisoara, Romania, Syed A. Nasar, University of Kentucky 1997; Ion Boldea "Linear Electric Machines, Drives, and MAGLEVs Handbook", CRC press, 2013
- [3] Đào Minh Quân, *Máy phát điện xoay chiều tuyến tính nam châm vĩnh cửu trong khai thác điện sóng biển*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, 1.2014
- [4] Đào Minh Quân, *Tính toán năng lượng sóng cho công nghệ phát điện*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, 8.2014
- [5] Đào Minh Quân, *Tính toán thông số máy phát tuyến tính nam châm vĩnh cửu trong khai thác điện sóng biển*, 10.2014.

Ngày nhận bài: 28/2/2016
 Ngày phản biện: 10/3/2016
 Ngày chỉnh sửa: 12/3/2016
 Ngày duyệt đăng: 13/3/2016

GIẢI PHÁP CẢI THIỆN HIỆU NĂNG BẮT ĐỒNG BỘ TÍN HIỆU ĐỊNH VỊ TRONG MÔI TRƯỜNG NHIỀU PHỨC TẠP

A NOVEL SOLUTION TO WEAK NAVIGATION SIGNAL ACQUISITION IN STRONGLY INTERFERENCE ENVIRONMENT

PHẠM VIỆT HƯNG, NGUYỄN PHƯƠNG LÂM

Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Quá trình thu tín hiệu định vị được bắt đầu bằng việc bắt đồng bộ tín hiệu. Đây là quá trình phức tạp đặc biệt trong điều kiện tín hiệu bị suy hao và chịu ảnh hưởng của nhiễu đa đường. Bài báo này đề xuất giải pháp phân tập anten theo không gian để giảm ảnh hưởng của nhiễu đa đường trong quá trình bắt đồng bộ tín hiệu định vị. Hiệu năng của giải pháp được đánh giá thông qua đường cong đặc tính của máy thu (ROC) đã chứng minh sự cải thiện về xác suất

thu đúng cũng như làm suy giảm đáng kể xác suất cảnh báo thu sai trong điều kiện môi trường bị ảnh hưởng nhiều của nhiễu đa đường.

Abstract

Navigation Signal Synchronization includes two phases: signal acquisition and signal tracking. Among them, signal acquisition is a complicated process when the receiver is located in multipath environment such as a dense urban. In this paper, a novel solution to signal acquisition is proposed based on spatial antenna diversity in order to mitigate the effect of multipath signal in navigation signal synchronization. The receiver performance is assessed by the Receiver Operating Characteristic (ROC). The simulation results shows the improvement in probability of detection as well as false alarm in strongly multipath environments

Key words: GNSS signal synchronization, antenna diversity, multipath mitigation

1. Giới thiệu

Quá trình đồng bộ tín hiệu định vị GNSS (GNSS – Global Navigation Satellite Systems) bao gồm hai giai đoạn: bắt đồng bộ tín hiệu và bám đồng bộ tín hiệu. Trong đó, quá trình bắt đồng bộ xác định được máy thu thu nhận được tín hiệu từ vệ tinh định vị nào và cung cấp các thông số đồng bộ sơ bộ về tín hiệu định vị từ vệ tinh đó như độ dịch tần Doppler và độ trễ mã giả ngẫu nhiên (PRN – Pseudo Random Noise) [1]. Để bắt đồng bộ tín hiệu thành công, mức năng lượng của tín hiệu tại lối vào bộ thu GNSS phải lớn hơn một mức ngưỡng nào đó. Tuy nhiên, trong những điều kiện môi trường phức tạp như nhiễu đa đường lớn hoặc tín hiệu bị suy hao nhiều, quá trình đồng bộ (bắt và bám đồng bộ) gặp nhiều khó khăn.

Để giảm ảnh hưởng của hiện tượng fading và nhiễu đa đường trong quá trình thu tín hiệu, các hệ thống thông tin số thường sử dụng giải pháp phân tập anten [2] nhưng chỉ xem xét với giả định khi xác định được độ dịch tần Doppler và độ trễ mã PRN (phạm vi 1 tế bào). Nhờ quá trình phân tập anten thu, hiệu năng của quá trình thu tín hiệu định vị được cải thiện khi hệ anten với nhiều anten thu có khả năng thu nhận được các thành phần tín hiệu định vị khác nhau trong các điều kiện kênh truyền khác nhau. Do đó, tín hiệu định vị đến bộ thu GNSS vẫn có thể trên mức ngưỡng thu nên quá trình bắt đồng bộ vẫn thực hiện thành công [3]. Trong bài báo này, toàn bộ quá trình bắt đồng bộ tín hiệu GNSS (trong cả không gian tìm kiếm) được xem xét đánh giá để tìm ra xác suất bắt đồng bộ đúng và

xác suất cảnh báo thu sai khi sử dụng phân tập anten theo không gian. Trên cơ sở phân tích lý thuyết, hiệu năng của giải pháp được đánh giá thông qua mô phỏng.

2. Bắt đồng bộ tín hiệu GNSS

Quá trình bắt đồng bộ tín hiệu GNSS thực hiện việc tìm kiếm các thông số của tín hiệu định vị (độ dịch tần Doppler, f_D và độ trễ mã trái, τ) trong một không gian tìm kiếm hai chiều. Mỗi một bộ thông số (f_D, τ) được gọi là một tế bào (cell). Tín hiệu định vị từ vệ tinh được bộ thu thực hiện tính tương quan với các bản sao tạo ra ở bộ thu. Việc bắt đồng bộ tín hiệu thành công và các thông số (f_D, τ) của tín hiệu định vị từ vệ tinh được xác định sơ bộ nếu giá trị tương quan ở lối ra bộ tương quan vượt quá một giá trị ngưỡng. Giá trị lối ra bộ tương quan thứ i được xác định [1]:

$$S_i(\tau_i, f_{D,i}) = \sum_{n=1}^N r(n)c(n-\tau_i)e^{-j2\pi n f_{D,i}} \quad (1)$$

trong đó: $r(n)$ là tín hiệu định vị tới bộ thu, $c(n-\tau_i)$ là mã PRN tạo ra ở bộ thu, $f_{D,i}$ là tần số Doppler, N là số lượng mẫu trong khoảng thời gian tính tương quan (T_{coh}).

2.1. Bắt đồng bộ trong phạm vi 1 tế bào

Khi thực hiện bắt đồng bộ trong phạm vi 1 tế bào, hiệu năng của quá trình chỉ được đánh giá trong 1 tế bào đúng, xác suất thu cảnh báo sai cũng chỉ được tính toán ở một tế bào sai đơn lẻ có chứa tạp âm. Biến quyết định được so sánh với ngưỡng phát hiện (β) và cảnh báo sai xuất hiện nếu biến quyết định hoặc biên độ tạp âm tương đương vượt quá giá trị ngưỡng. Bắt đồng bộ thành công nếu biên độ tín hiệu tại tế bào

đúng vượt quá giá trị ngưỡng. Tuy nhiên, hiệu năng bất đồng bộ này không tính đến cảnh báo sai ở các cell không đúng cũng có ảnh hưởng đến hiệu năng này. Xác suất phát hiện tín hiệu (P_d) và xác suất cảnh báo sai (P_{fa}) có thể được tính toán ở mức tế bào nhưng do quá trình bất đồng bộ thực hiện trong một phạm vi không xác định gồm nhiều tế bào và ở mức này không tính đến ảnh hưởng của các tế bào không đúng lên quá trình bất đồng bộ đúng và cảnh báo sai nên hiệu năng bất đồng bộ không được đánh giá đầy đủ.

2.2. Bất đồng bộ trong phạm vi không gian tìm kiếm

Việc xem xét quá trình bất đồng bộ trong phạm vi một vùng không xác định trong không gian tìm kiếm cho thấy đầy đủ hiệu năng của quá trình. Tương tự như ở phạm vi một tế bào, ở chế độ này có các xác suất như xác suất phát hiện đúng (P_D), xác suất cảnh báo sai (P_{FA}) và xác suất phát hiện nhầm (P_{MD}). Trong các bộ thu GNSS, quá trình bất đồng bộ thực hiện theo một trong ba hướng nối tiếp, lai và tìm kiếm cực đại, trong đó hướng thứ ba có hiệu năng phát hiện đúng tốt nhất. Theo hướng tìm kiếm tương quan cực đại, giá trị tương quan tại các tế bào được tính toán. Khi đó, giá trị cực đại của các tương quan và lớn hơn giá trị ngưỡng cho kết quả ước lượng sơ bộ về độ trễ mã PRN và tần số Doppler.

Nếu không có tín hiệu GNSS, cảnh báo sai xảy ra khi biên độ của tạp âm tại bất kỳ tế bào nào lớn hơn giá trị ngưỡng. Nếu có tín hiệu GNSS, để xuất hiện cảnh báo sai, biên độ tạp âm không những phải lớn hơn giá trị ngưỡng mà còn phải lớn hơn biên độ giá trị tín hiệu mong muốn.

3. Đề xuất giải pháp phân tập anten theo không gian cho bộ thu GNSS

3.1. Mô hình kênh fading Rayleigh

Trong các môi trường phức tạp, nhiễu đa đường nếu không có thành phần tín hiệu truyền thẳng LOS (*LOS – Line Of Sight*) giữa bộ thu GNSS và vệ tinh định vị, kênh truyền khi đó được mô hình hóa là kênh fading Rayleigh. Vì vậy, biên độ của tín hiệu cộng với tạp âm (A) tuân theo phân bố Rayleigh [4]:

$$f(A, \sigma_{SN}) = \frac{A}{\sigma_{SN}^2} e^{-A^2/(2\sigma_{SN}^2)}, A \geq 0 \quad (2)$$

Trong đó: $\sigma_{SN}^2 = \sigma_S^2 + \sigma_N^2$; σ_S^2 và σ_N^2 là tương ứng là phương sai của tín hiệu và tạp âm. Gọi H_0 là giả thuyết chỉ tồn tại tạp âm và H_1 là giả thuyết tồn tại cả tín hiệu và tạp âm. Khi đó, tín hiệu X được phân bố theo [4]:

$$\begin{cases} X | H_0 \sim CN(0, \sigma_N^2) \\ X | H_1 \sim CN(0, \sigma_{SN}^2) \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó CN là phân bố Gaussian phức.

Sau khi áp dụng tính tương quan không kết hợp K lần, biến quyết định trở thành [5]

$$\begin{cases} Y | H_0 \sim \chi_{2K}^2(0, \sigma_N^2) \\ Y | H_1 \sim \chi_{2K}^2(0, \sigma_{SN}^2) \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: χ_{2K}^2 là phân bố chi-bình phương với $2K$ bậc tự do. Khi đó, xác suất phát hiện đúng và xác suất cảnh báo sai được xác định [5]:

$$P_{fa} = \int_{\beta}^{\infty} f_{Y|H_0}(y) dy \quad (5)$$

$$P_d = \int_{\beta}^{\infty} f_{Y|H_1}(y) dy \quad (6)$$

Trong đó: $f_{Y|H_1}(y)$ và $f_{Y|H_0}(y)$ tương ứng là hàm mật độ xác suất (PDF – probability density function) của Y trong điều kiện H_1 và H_0 . Các biểu thức trên có thể viết lại thành [5]:

$$P_{fa} = \exp\left(\frac{-\beta}{2\sigma_N^2}\right) \sum_{i=0}^{K-1} \frac{1}{i!} \left(\frac{\beta}{2\sigma_N^2}\right)^i \quad (7)$$

$$P_d = \exp\left(\frac{-\beta}{2\sigma_{SN}^2}\right) \sum_{i=0}^{K-1} \frac{1}{i!} \left(\frac{\beta}{2\sigma_{SN}^2}\right)^i \quad (8)$$

3.2. Đề xuất giải pháp phân tập anten

Trong mô hình kênh fading Rayleigh, các anten được bố trí trong không gian sao cho khoảng cách giữa chúng tương ứng với một bước sóng (với tần số của tín hiệu định vị $L1 = 1575.42MHz$, bước sóng khoảng $19cm$), các anten coi như nằm trong các mô hình kênh độc lập, do đó, các tín hiệu cũng bị ảnh hưởng của fading khác nhau. Nói cách khác, nếu tín hiệu ở nhánh này bị suy hao do fading thì có thể nó không bị suy hao ở nhánh khác. Sau quá trình giải trải phổ, các tín hiệu lồi ra được kết hợp lại với nhau bằng phương pháp kết hợp độ lợi

tương đồng (EGC – Equal Gain Combining).
Biến quyết định sau EGC trở thành

$$Y_{EG} = Y_1 + \frac{\sigma_{N1}^2}{\sigma_{N2}^2} Y_2 \quad (9)$$

$$Y_{EG} | H_0 \sim \chi_{4K}^2(0, \sigma_{N1}^2) \quad (10)$$

Trong đó: σ_{N1}^2 và σ_{N2}^2 là công suất tạp âm trên các nhánh kênh khác nhau.

Giả sử tín hiệu trên 2 nhánh kênh có cùng tỉ số SNR = σ_{SN}^2/σ_N^2 , ta có

$$Y_{EG} | H_1 \sim \chi_{4K}^2(0, \sigma_{SN}^2) \quad (11)$$

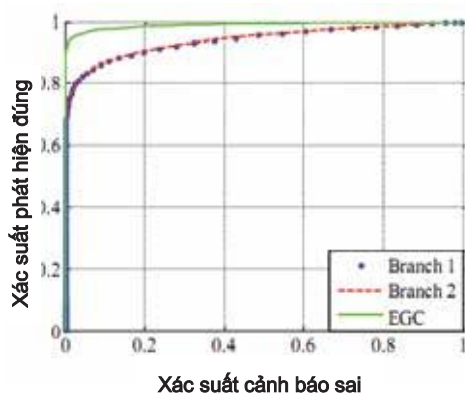
Xác suất phát hiện đúng tín hiệu và cảnh báo sai trong điều kiện có EGC trở thành [5]

$$P_{fa}^{EG} = \exp\left(\frac{-\beta}{2\sigma_N^2}\right) \sum_{i=0}^{2K-1} \frac{1}{i!} \left(\frac{\beta}{2\sigma_N^2}\right)^i \quad (12)$$

$$P_d^{EG} = \exp\left(\frac{-\beta}{2\sigma_{SN}^2}\right) \sum_{i=0}^{2K-1} \frac{1}{i!} \left(\frac{\beta}{2\sigma_{SN}^2}\right)^i \quad (13)$$

Xác suất phát hiện đúng theo hướng tìm kiếm cực đại trở thành [6]:

$$P_D(\beta) = \int_{\beta}^{\infty} [1 - P_{fa}(y)]^{M-1} f_{Y|H_1}(y) dy \quad (14)$$

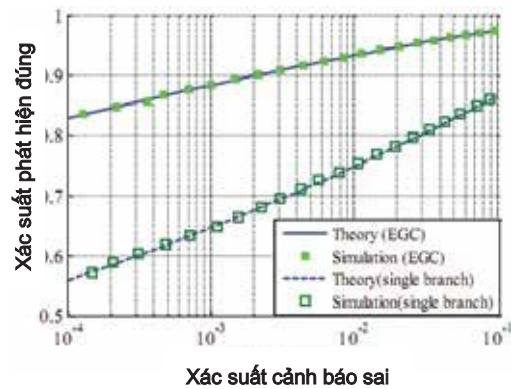


Hình 1. ROC mức tế bào

Hình 2 và hình 3 biểu diễn ROC mức tế bào và mức hệ thống với giả sử 2 kênh không tương quan. Như minh họa ở hình 2, xác suất bắt tín hiệu cải thiện đáng kể sau khi thực hiện EGC. Giả sử mục tiêu các xác suất cần đạt ($P_{fa} = 10^{-6}$, $P_d = 0.7$), tức là khả năng cảnh báo sai nhỏ và xác suất bắt đúng không cao khi đặt ngưỡng độ lợi phân tập tương đối cao. Theo hình 3, với ($P_{FA} = 0.1$, $P_D = 0.7$), độ lợi phân tập khoảng 4dB. Sự cải thiện này rất tốt khi so sánh với việc tăng thời gian tích tích phân, phải tăng lên

4. Kết quả mô phỏng và thảo luận

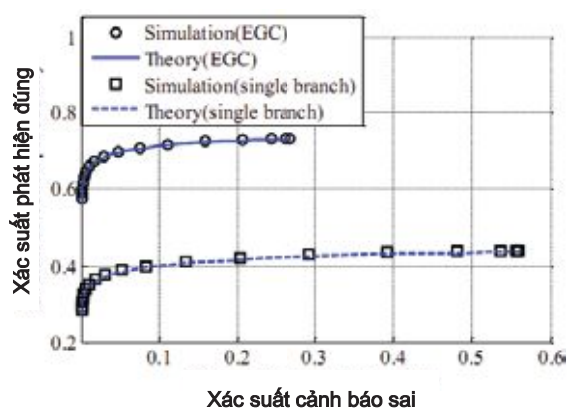
Để đánh giá hiệu năng bất đồng bộ trong các bộ thu GNSS, đường cong đặc tính hoạt động bộ thu (ROC – Receiver Operating Characteristic) thường được sử dụng. Các kết quả mô phỏng nhận được dựa trên độ dài thời gian tính tương quan là 10ms, $K = 1$ và không sử dụng các dữ liệu hỗ trợ cho quá trình bắt đồng bộ. Độ dài của mã PRN của tín hiệu GPS L1 C/A là 1023. Giá trị tần số Doppler từ -5KHz đến 5KHz [7], không gian tìm kiếm đồng bộ có $N_c = 2046$ và $N_D = 151$. Bên cạnh đó, kênh truyền có mô hình kênh là fading Rayleigh, tỉ số SNR=12dB cho hai kênh phân tập. Không gian tìm kiếm đồng bộ có $M=308946$ tế bào. Đường cong ROC ở mức độ tế bào cho từng kênh và cho thu phân tập EGC được minh họa ở hình 1. Rõ ràng, từ hình vẽ, cả 2 kênh có hiệu năng hoạt động tương đồng do tỉ số SNR là giống nhau. Đồng thời, hiệu năng hoạt động của từng kênh kém hơn so với kênh phân tập EGC.



Hình 2. ROC mức tế bào, kênh không tương quan

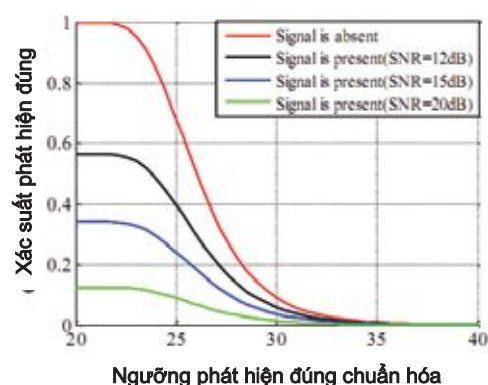
khoảng 2.5 lần để đạt được độ lợi tương đương. Cũng từ hình 3, một ưu điểm nữa của EGC cũng sẽ được phân tích. Nhờ có EGC, ngay cả khi không có tín hiệu thì xác suất cảnh báo sai cực đại cũng sẽ giảm xuống. Như trên hình 3, giá trị này là 0.57 cho từng kênh và 0.27 cho kênh EGC. Thực tế, giải pháp EGC sẽ tăng khả năng chống lại xác suất cảnh báo sai lên 30% khi ngưỡng xác suất bắt đúng nằm dưới biên độ tạp âm. Mặc dù, đặt giá trị ngưỡng thu đúng ở mức thấp sẽ dẫn đến tăng xác suất cảnh báo sai thì

nó cũng làm tăng xác suất thu đúng. Nói cách khác, nếu việc bắt tín hiệu quan trọng hơn việc chấp nhận cảnh báo sai, lựa chọn ngưỡng thu đúng thấp sẽ dẫn đến giá trị cực đại của xác suất cảnh báo sai. Như vậy, giải pháp EGC có khả năng chống lại cảnh báo sai tốt hơn các kênh đơn lẻ.



Hình 3. ROC mức hệ thống khi có tín hiệu

Cuối cùng, hình 4 minh họa xác suất cảnh báo sai trong trường hợp có và không có tín hiệu với các giá trị khác nhau của tỉ số SNR. Rõ ràng, xác suất cảnh báo sai giảm xuống khi tín hiệu mạnh hơn. Hơn nữa, với mức ngưỡng bắt đúng thấp làm cho xác suất cảnh báo sai tăng lên, công suất của tín hiệu có ảnh hưởng lớn hơn đến việc giảm xác suất cảnh báo sai.



Hình 4. Cảnh báo sai khi có và không có tín hiệu

5. Kết luận

Quá trình bắt đồng bộ tín hiệu định vị GNSS trong điều kiện kênh truyền fading đa đường sử dụng giải pháp phân tập anten trong không gian được nghiên cứu, xem xét trong bài báo này. So với giải pháp sử dụng anten đơn, hiệu năng phát hiện tín hiệu được cải thiện đáng kể khi sử dụng

2 anten theo kiểu EGC. Điều này có nghĩa hiệu năng phát hiện tín hiệu tốt hơn với xác suất cảnh báo sai cho trước hoặc xác suất cảnh báo sai ít hơn với xác suất phát hiện đúng cho trước. Mặt khác, việc sử dụng phân tập anten theo không gian còn làm giảm quá trình tính toán khi thời gian tính tương quan có thể giảm xuống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. E. D. Kaplan and C. J. Hegarty, *Understanding GPS: Principles and Applications*: Artech House, 2005.
- [2]. N. Sadrieh, "Spatial antenna diversity performance for indoor GNSS applications," *Proceedings of GNSS11 (Portland, OR, 20-23 Sep)*, The Institute of Navigation, 2011.
- [3]. D. Borio, L. Camoriano, and L. L. Presti, "Impact of GPS acquisition strategy on decision probabilities," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 44, pp. 996-1011, 2008.
- [4]. J. Proakis and M. Salehi, *Digital Communications* vol. 5th: McGraw-Hill Education, 2007.
- [5]. S. M. Kay, "Fundamentals of statistical signal processing: Detection theory, vol. 2," ed: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, USA:, 1998.
- [6]. L. Fang, G. Bi, and A. C. Kot, "New method of performance analysis for diversity reception with correlated Rayleigh-fading signals," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 49, pp. 1807-1812, 2000.
- [7]. K. Borre, D. M. Akos, et al., *A Software-Defined GPS and Galileo Receiver - A Single-Frequency Approach*. Berlin: Birkhäuser, 2007.

Ngày nhận bài: 29/2/2016
 Ngày phản biện: 12/3/2016
 Ngày chỉnh sửa: 13/3/2016
 Ngày duyệt đăng: 14/3/2016