

Xác định góc tư thế trục rulo hình trụ nhờ sử dụng cảm biến con quay đo tốc độ góc

Hoàng Mạnh Tường^{1*}, Lê Tuấn Anh²

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự;

²Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

*Email: hanoixa@gmail.com

Nhận bài: 29/8/2022; Hoàn thiện: 10/11/2022; Chấp nhận đăng: 28/11/2022; Xuất bản: 23/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.FEE.2022.58-64>

TÓM TẮT

Bài báo đưa ra giải pháp xác định góc tư thế trục rulo nhờ sử dụng cảm biến con quay đo tốc độ góc phục vụ bài toán hiệu chỉnh. Góc tư thế mỗi trục rulo hình trụ được đặc trưng bởi một vector chỉ phương \vec{e} . Vector chỉ phương này có thể được xác định thông qua hai vector pháp tuyến với mặt rulo ở hai điểm khác nhau \vec{n}_1, \vec{n}_2 nhờ tính chất nhân có hướng hai vector. Để xác định vector pháp tuyến với mặt rulo sử dụng thiết bị đo mà trên đó ba con quay đo tốc độ góc đặt vuông góc với nhau. Tín hiệu tốc độ góc quay từ ba con quay đo tốc độ góc được sử dụng để xác định góc tư thế thiết bị đo nhờ thuật toán tính toán. Do đó, vector pháp tuyến của mặt phẳng đo của thiết bị đo này cũng được xác định. Mặt rulo có dạng hình trụ nên khi đặt thiết bị đo sao cho mặt phẳng đo tiếp xúc với mặt trục rulo thì vector pháp tuyến của chúng ở điểm đó trùng nhau. Như vậy, để xác định các vector pháp tuyến với mặt rulo \vec{n}_1, \vec{n}_2 trong quá trình đo cần đặt mặt phẳng đo của thiết bị đo tiếp xúc với rulo ở hai điểm khác nhau. Từ thông tin nhận được về các vector pháp tuyến với mặt rulo \vec{n}_1, \vec{n}_2 cho phép xác định vector chỉ phương \vec{e} . Trong bài báo vector \vec{e} được xác định trong hệ tọa độ gắn với trái đất, từ đó cho phép xác định góc hướng góc tà của rulo. Để thực hiện kiểm tra đánh giá giải pháp đưa ra trong bài báo thực hiện mô phỏng, khảo sát thuật toán xác định góc tư thế trục rulo trong hệ tọa độ gắn với trái đất nhờ sử dụng phần mềm Matlab Simulink.

Từ khóa: Góc hướng trục hình trụ; Paralign alignment; Con quay đo tốc độ góc; Phương trình động học Poisson.

1. MỞ ĐẦU

Trong các nhà máy giấy, nhà máy carton, nhà máy cán thép tấm,... sử dụng các rulo hình trụ đặt song song với nhau để tạo hình các tấm mỏng giấy, carton hoặc thép. Độ song song giữa các trục này sẽ ảnh hưởng lớn đến chất lượng sản phẩm tạo ra. Nếu các trục cán này không song song sẽ dẫn đến đứt gãy, độ dày các tấm không đồng đều. Ngoài ra, độ lệch song song còn giới hạn khả năng tạo ra những tấm mỏng với kích thước theo yêu cầu. Do đó, khi xây dựng dây chuyền sản xuất mới hoặc khi bảo dưỡng sửa chữa cần thực hiện thao tác hiệu chỉnh song song giữa các trục rulo dạng hình trụ [7, 9, 10].

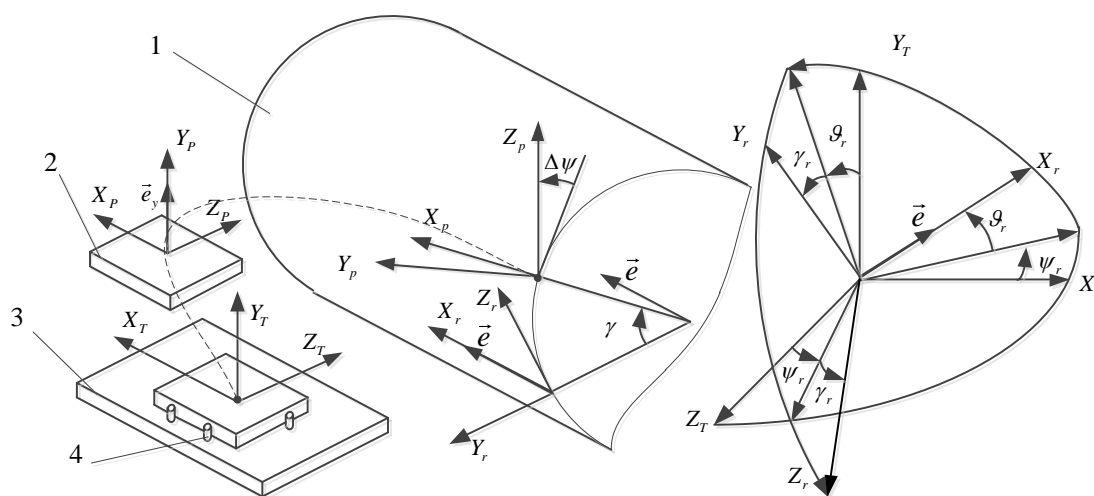
Để xác định độ lệch song song giữa các trục rulo hình trụ có thể sử dụng các thiết bị quang học. Tuy nhiên, khi các rulo cần hiệu chỉnh phân bố ở các vùng không gian khác nhau sẽ yêu cầu phải thiết lập các vị trí hiệu chỉnh chuẩn khác nhau. Điều này sẽ dẫn đến sai số đánh giá độ lệch song song lớn hơn so với yêu cầu khi số lượng rulo cần hiệu chỉnh lớn. Để giải quyết bài toán này tập đoàn PRUFTECHNIK (Cộng hòa liên bang Đức) đã đưa ra thiết bị Paralign sử dụng ba con quay quang học đo tốc độ góc đặt vuông góc với nhau để xác định độ lệch song song giữa các trục hình trụ [1, 2, 5, 6]. Thuật toán thực hiện xử lý tính toán để xác định độ lệch song song sử dụng trong thiết bị Paralign không được công bố.

Để giải quyết bài toán hiệu chỉnh song song, trong nghiên cứu [5] đưa ra thuật toán xác định tư thế các trục hình trụ nhờ thiết bị con quay đo tốc độ góc. Trong quá trình đo thuật toán cần xác định thời điểm thỏa mãn điều kiện ràng buộc nhất định để thực hiện thuật toán tính toán. Do đó,

khi sử dụng phương pháp này cần sử dụng thuật toán xử lý phức tạp và độ chính xác đo bị ảnh hưởng bởi rung lắc tay khi thực hiện thao tác đo đạc. Dưới đây trong bài báo sẽ đưa ra thuật toán xác định hướng trục hình trụ sử dụng tính chất nhân có hướng hai vector. Việc sử dụng phương pháp này cho phép ta đơn giản hóa thuật toán tính toán và loại bỏ ảnh hưởng rung lắc trong quá trình thực hiện đo.

2. XÁC ĐỊNH GÓC TƯ THỂ TRỤC RULO TRONG KHÔNG GIAN

Tư thể của mỗi rulo hình trụ được đặc trưng bởi một vector đơn vị \vec{e} và nó chính là vector đơn vị nằm trên trục X_r của hệ tọa độ $X_r Y_r Z_r$ nhận được bằng cách quay hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$ quanh trục Y_T và Z_T các góc ψ_r, ϑ_r tương ứng như trên hình 1.



Hình 1. Xác định góc tư thể rulo hình trụ trong không gian

1- Rulo; 2 – Thiết bị đo; 3 – Để xác lập hệ tọa độ cơ sở; 4 – Chốt định hướng.

Vector chỉ phương \vec{e} cũng có thể xác định thông qua hai vector pháp tuyến \vec{n}_1, \vec{n}_2 của bề mặt rulo nhờ công thức

$$\vec{e} = \frac{[\vec{n}_1 \times \vec{n}_2]}{\sin(\vec{n}_1, \vec{n}_2)} \quad (1)$$

Sau khi xác định được tọa độ vector \vec{e} trên các trục của hệ tọa độ $X_T Y_T Z_T$ cũng có thể xác định được góc hướng ψ_r , góc tà ϑ_r của trục rulo theo công thức

$$\begin{aligned} \vartheta_r &= a \sin(e_y) \\ \psi_r &= -a \sin\left(\frac{e_z}{\cos \vartheta_r}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

Để xác định các vector \vec{n}_1, \vec{n}_2 sử dụng thiết bị đo mà trong đó ba con quay đo tốc độ góc có trục nhạy vuông góc với nhau. Tín hiệu nhận được từ các con quay đo tốc độ góc này cho phép xác định góc hướng của thiết bị đo so với vị trí ban đầu của nó. Để xác lập vị trí ban đầu cho thiết bị đo một đế kim loại đặt cố định trên mặt đất mà trên đó sử dụng các chốt định hướng sao cho khi đặt thiết bị đo dọc theo các chốt này hệ tọa độ của thiết bị đo $X_p Y_p Z_p$ trùng với hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$ như trên hình 1. Dựa vào thuật toán xử lý tín hiệu nhận được từ các con quay góc tư thể của hệ tọa độ gắn với thiết bị đo $X_p Y_p Z_p$ so với hệ tọa độ $X_T Y_T Z_T$ luôn được xác

định. Điều này có nghĩa là, ta có thể xác định được vector chỉ phương \vec{e}_y của trục Y_p trong hệ tọa độ $X_T Y_T Z_T$. Thiết bị đo được thiết kế có mặt phẳng đo song song với mặt phẳng $X_T Z_T$ nên vector \vec{e}_y cũng chính là vector pháp tuyến của hai mặt phẳng này. Khi đặt thiết bị đo lên mặt rulo hình trụ mặt phẳng đo của nó sẽ tiếp xúc với mặt trụ này. Do đó, ở vị trí đặt vector pháp tuyến của mặt phẳng đo chính là vector pháp tuyến với mặt trụ của rulo. Như vậy, khi đặt thiết bị đo lên hai điểm trên mặt rulo sẽ xác định được tọa độ hai vector pháp tuyến \vec{n}_1, \vec{n}_2 trong hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$. Sau khi xác định được các vector \vec{n}_1, \vec{n}_2 ta có thể xác định được vector chỉ phương trục rulo \vec{e} dựa vào công thức (1) và từ đó xác định được góc hướng ψ_r , góc tà ϑ_r của trục rulo nhờ sử dụng công thức (2).

Sai số của việc xác định vector đơn vị e theo công thức (1) có thể xác định như sau

$$\delta \vec{e} \approx \frac{[\delta \vec{n}_1 \times \vec{n}_2] + [\vec{n}_1 \times \delta \vec{n}_2]}{\sin(\vec{n}_1, \vec{n}_2)} \quad (3)$$

ở đây, $\delta \vec{n}_1$ và $\delta \vec{n}_2$ là vector sai số xác định vector \vec{n}_1, \vec{n}_2 tương ứng.

Ta có bất đẳng thức

$$\left| \frac{[\delta \vec{n}_1 \times \vec{n}_2] + [\vec{n}_1 \times \delta \vec{n}_2]}{\sin(\vec{n}_1, \vec{n}_2)} \right| \leq \frac{|[\delta \vec{n}_1 \times \vec{n}_2]|}{\sin(\vec{n}_1, \vec{n}_2)} + \frac{|[\vec{n}_1 \times \delta \vec{n}_2]|}{\sin(\vec{n}_1, \vec{n}_2)} \leq \frac{|\delta \vec{n}_1| + |\delta \vec{n}_2|}{\sin(\vec{n}_1, \vec{n}_2)} \quad (4)$$

Từ bất đẳng thức (4) ta thấy, nếu góc giữa vector \vec{n}_1 và \vec{n}_2 bằng 90° thì sai số xác định góc hướng vector e luôn nhỏ hơn $|\delta \vec{n}_1| + |\delta \vec{n}_2| \leq 2\delta_0$. Trong đó, δ_0 - Độ lớn sai số cực đại khi xác định vector \vec{n}_1, \vec{n}_2 nhờ thiết bị đo.

Sai số xác định góc hướng ψ_r , góc tà rulo ϑ_r khi sử dụng công thức (2)

$$\delta \vartheta_r = \frac{\delta e_y}{\sqrt{1 - e_y^2}}; \quad \delta \psi_r = - \frac{\left(\frac{\delta e_z}{\cos \vartheta_r} + \frac{\sin \vartheta_r e_z \delta \vartheta_r}{\cos^2 \vartheta_r} \right)}{\sqrt{1 - \left(\frac{e_z}{\cos \vartheta_r} \right)^2}} \quad (5)$$

Trong đó, $\delta e_y, \delta e_z$ là hình chiếu vector sai lệch $\delta \vec{e}$ khi xác định vector đơn vị \vec{e} lên các trục Y_T và Z_T trong hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$.

Từ công thức (5) ta thấy, sai số xác định góc hướng ψ_r , góc tà rulo ϑ_r phụ thuộc vào các thành phần e_y, e_z và ϑ_r . Khi độ lớn các tọa độ e_y, e_z và góc ϑ_r nhỏ sẽ cho ta độ chính xác xác định góc hướng rulo cao. Do đó, để đảm bảo được điều kiện e_y, e_z và góc ϑ_r nhỏ cần đặt thiết bị đo sao cho độ lệch trục X_T của nó so với trục của rulo là nhỏ nhất có thể. Lúc này, ta có thể xấp

xi các đại lượng sau $\sqrt{1 - e_y^2} \cong 1$; $\cos \vartheta_r \cong 1$; $\frac{\sin \vartheta_r e_z \delta \vartheta_r}{\cos^2 \vartheta_r} \cong 0$; $\sqrt{1 - \left(\frac{e_z}{\cos \vartheta_r} \right)^2} \cong 1$. Do đó, công thức (5) có thể viết dưới dạng rút gọn như sau

$$\delta \vartheta_r \cong \delta e_y; \quad \delta \psi_r \cong -\delta e_z \quad (6)$$

Dựa vào công thức (6) cho thấy sai số đánh giá góc hướng, góc tà rulo phụ thuộc vào sai số xác định các thành phần e_y, e_z của vector \vec{e} .

3. MÔ PHỎNG THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH GÓC HƯỚNG TRỤC HÌNH TRỤ

Quá trình thực hiện đo đạc xác định các góc tư thế rulo diễn ra theo ba giai đoạn: Giai đoạn xác định tốc độ góc tuyệt đối hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$, giai đoạn di chuyển thiết bị đo đến rulo, giai đoạn thực hiện đo.

Ở giai đoạn đầu tiên thiết bị đo được đặt lên đế và nhờ các chốt định hướng trục nhảy của các con quay đo tốc độ góc dọc theo các trục hệ tọa độ $X_P Y_P Z_P$ trùng với trục tương ứng của hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$. Đầu ra của con quay đo tốc độ góc cho phép xác định vector tốc độ góc tuyệt đối của hệ tọa độ cơ sở ω_{\oplus}^T . Tín hiệu đầu ra của con quay ở giai đoạn này phụ thuộc vào vĩ độ vị trí đặt đế φ và các góc tư thế của hệ tọa độ cơ sở $\psi_0, \vartheta_0, \gamma_0$ so với hệ tọa độ địa lý địa phương theo biểu thức

$$\omega_{\oplus}^T = \begin{pmatrix} \cos \vartheta_0 \cos \psi_0 & \sin \vartheta_0 & -\cos \vartheta_0 \sin \psi_0 \\ -\cos \gamma_0 \cos \psi_0 \sin \vartheta_0 + \sin \gamma_0 \sin \psi_0 & \cos \gamma_0 \cos \vartheta_0 & \cos \gamma_0 \sin \psi_0 \sin \vartheta_0 + \sin \gamma_0 \cos \psi_0 \\ \sin \gamma_0 \cos \psi_0 \sin \vartheta_0 + \cos \gamma_0 \sin \psi_0 & -\sin \gamma_0 \cos \vartheta_0 & -\sin \gamma_0 \sin \psi_0 \sin \vartheta_0 + \cos \gamma_0 \cos \psi_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \omega_{\oplus} \cos \varphi \\ \omega_{\oplus} \sin \varphi \end{pmatrix}$$

Giai đoạn hai bắt đầu được tính khi thuật toán xác định phương được thực hiện. Thuật toán định phương thực hiện nhờ việc giải hệ phương trình vi phân sau [3, 4, 8].

$$\begin{aligned} 2\dot{P}_I &= P_I \circ \omega_{aP}^P \\ 2\dot{T}_I &= T_I \circ \omega_{aT}^T \\ P_T &= \tilde{T}_I \circ P_I \end{aligned} \quad (7)$$

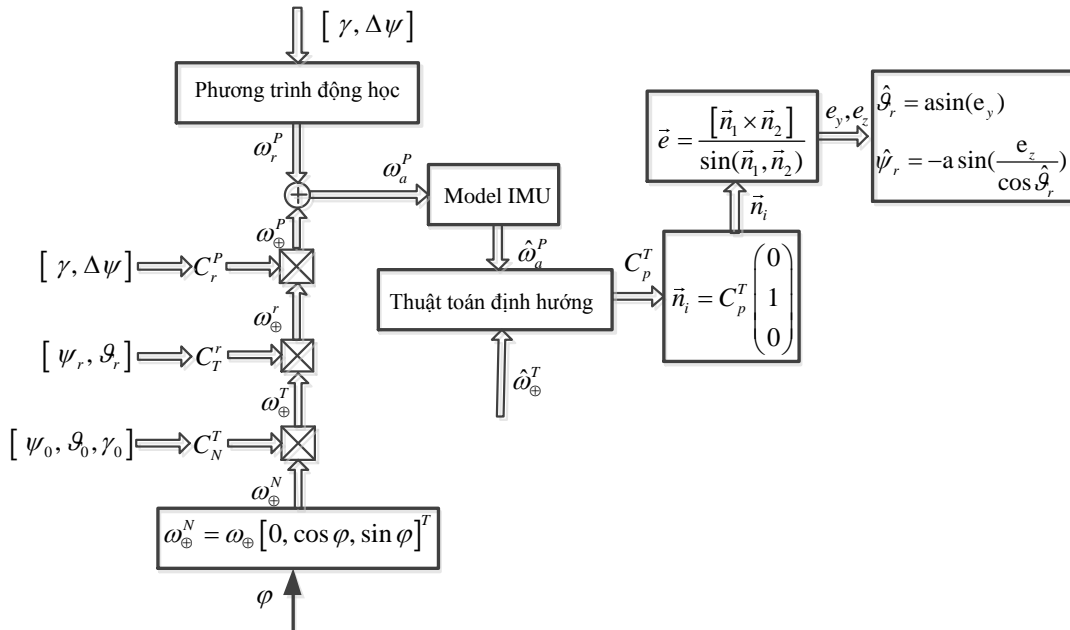
với ω_a^P – Vận tốc chuyển động tuyệt đối của thiết bị đo; P_T – Quaternion đặc trưng cho chuyển động tương đối của thiết bị đo; P_I – Quaternion đặc trưng cho chuyển động trong không gian tuyệt đối của thiết bị đo; T_I – Quaternion đặc trưng cho vị trí hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$ trong không gian quán tính; $\omega_{aT}^T = \omega_{\oplus}^T$ – Vận tốc góc tuyệt đối của trái đất trong hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$ có thể được tính thông qua ma trận chuyển C_N^T chuyển từ hệ tọa độ địa lý địa phương sang hệ tọa độ cơ sở theo công thức $\omega_{\oplus}^T = C_N^T \omega_{\oplus}^N$ và ω_{\oplus}^N là hình chiếu của vận tốc quay trái đất lên hệ tọa độ địa lý địa phương.

Giai đoạn thực hiện đo bắt đầu khi đặt thiết bị đo lên mặt rulo. Ở giai đoạn này vị trí góc hệ tọa độ $X_P Y_P Z_P$ gắn với thiết bị đo được xác định bởi hai góc γ và $\Delta\psi$ so với hệ tọa độ rulo $X_r Y_r Z_r$ như trên hình 1. Tốc độ góc tuyệt đối của thiết bị đo ω_a^B được xác định bằng tổng tốc độ góc tương đối của nó so với rulo và tốc độ góc do chuyển động quay trái đất. Do đó vận tốc quay tuyệt đối ở thiết bị đo được tính theo biểu thức

$$\omega_a^P = \begin{pmatrix} \dot{\gamma} \cos \Delta\psi \\ \Delta\dot{\psi} \\ \dot{\gamma} \sin \Delta\psi \end{pmatrix} + C_r^P C_T^r \omega_{aT}^T \quad (8)$$

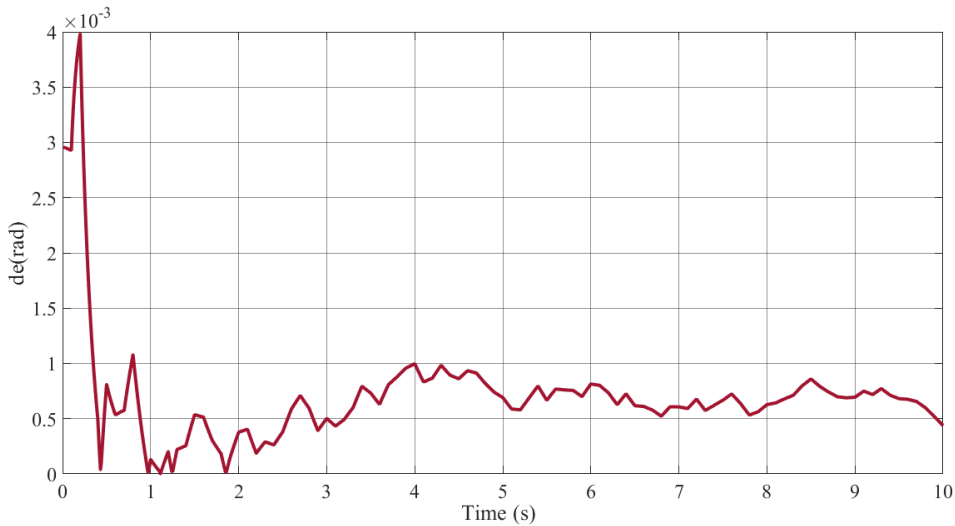
Trong đó C_r^T , C_T^r , C_N^T tương ứng là các ma trận chuyển từ hệ tọa độ rulo $X_r Y_r Z_r$ sang hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$, ma trận chuyển từ hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$ sang hệ tọa độ rulo $X_P Y_P Z_P$ và hệ tọa độ địa lý địa phương NEUp sang hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$.

Sơ đồ mô phỏng thuật toán xác định các góc tư thế rulo hình trụ nhờ cảm biến con quay đo tốc độ góc được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng thuật toán xác định góc tư thế rulo.

Trong mô hình mô phỏng khối Model IMU sử dụng là khối đo vector vận tốc con quay với các con quay có độ trôi bằng $0,36^\circ/h$. Để giải phương trình vi phân (6) trong khối Thuật toán định hướng sử dụng phương pháp Rungekuta.



Hình 3. Sai số xác định góc tư thế rulo.

Việc mô phỏng hoạt động của thiết bị đo khi xác định tư thế rulo được thực hiện trong điều kiện sau: Vị trí thực hiện đo đặc có vĩ độ $\varphi = 60^\circ$, hệ tọa độ cơ sở $X_T Y_T Z_T$ trùng với hệ tọa độ địa lý địa phương $\psi_0 = 0, \vartheta_0 = 0, \gamma_0 = 0$, các góc tư thế của rulo $\psi_r = 2^\circ; \vartheta_r = 5^\circ$. Trong quá trình di chuyển thiết bị đo trượt trên bề mặt rulo với quy luật thay đổi góc $\gamma = 0,2t$ và góc $\Delta\psi$ là đại lượng ngẫu nhiên. Việc xác định vector pháp tuyến \vec{n}_1 với mặt rulo được thực hiện ở ngay thời điểm ban đầu của giai đoạn đo ($t=0$). Vector pháp tuyến \vec{n}_2 với mặt rulo được xác định trong

khoảng thời gian thiết bị đo trượt trên mặt rulo ($t \neq 0$). Trong giai đoạn đo nhờ sử dụng thuật toán tính toán góc tư thế mà các góc tư thế của trục rulo liên tục được đánh giá. Mô phỏng quá trình đánh giá góc tư thế rulo được thực hiện trong khoảng thời gian 10s và xác định sai số đánh giá góc hướng và góc tà rulo. Sai số xác định góc tư thế rulo được xác định theo biểu thức

$$de = \sqrt{(\hat{\psi}_r - \psi_r)^2 + (\hat{\theta}_r - \theta_r)^2}$$

Kết quả sai số đánh giá các góc hướng, góc tà của rulo được thể hiện trên hình 3.

Kết quả mô phỏng cho ta thấy ở giai đoạn đầu góc tạo bởi giữa vector \vec{n}_1 và \vec{n}_2 nhỏ sẽ làm cho sai số xác định vector \vec{e} theo công thức (1) lớn. Khi trượt thiết bị đo trên mặt trụ góc giữa các vector \vec{n}_1 và \vec{n}_2 tăng dần làm cho sai số giảm mạnh. Tuy nhiên, sai số này sẽ không giảm về không mà phụ thuộc vào sai số tích lũy của thuật toán định phương. Ở dải góc γ nhất định sai số xác định góc tư thế rulo ít phụ thuộc vào góc tạo bởi giữa vector \vec{n}_1 và \vec{n}_2 mà phụ thuộc phần lớn vào sai số thuật toán định phương sử dụng trên thiết bị đo.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra phương án xây dựng thiết bị đo các góc tư thế rulo so với hệ tọa độ cơ sở gắn với trái đất. Thiết bị đo này gồm ba con quay đo tốc độ góc đặt vuông góc với nhau và trên đó xác lập mặt phẳng đo. Nhờ sử dụng thuật toán định phương vector pháp tuyến của mặt phẳng đo luôn được xác định so với hệ tọa độ cơ sở và từ đó xác định được vector pháp tuyến với mặt phẳng rulo. Khi biết hai vector pháp tuyến với mặt trụ của rulo cho phép xác định vector chỉ phương trục rulo và từ đó xác định góc hướng, góc tà của nó. Việc xác định các góc tư thế của rulo thông qua các vector pháp tuyến cho phép giảm ảnh hưởng sai số do rung lắc xuất hiện trong quá trình đo. Phân tích đặc điểm sai số xác định góc hướng, góc tà rulo theo phương án đưa ra và giải pháp hạn chế nó.

Để khảo sát tính khả thi của giải pháp đưa ra thực hiện xây dựng mô hình mô phỏng đánh giá góc tư thế rulo. Thuật toán thực hiện đo góc hướng, góc tà rulo được mô phỏng trong phần mềm Matlab Simulink. Kết quả mô phỏng thể hiện sai số phương án xác định góc tư thế rulo đúng như mô hình đưa ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <https://www.pruftechnik.com/com/Products-and-Services/Services/PARALIGN-Roll-Alignment-Services/>
- [2]. <http://reliabilitylink.com/increasing-efficiency-web-handling-production-packaging-industry/>
- [3]. Salychev O.S. “MEMS-based Inertial Navigation: Expectations and Reality”. — Moscow: BMSTU Press, (2012).
- [4]. Salychev O.S. “Inertial Systems in Navigation and Geophysics”. — Moscow: BMSTU Press, (1998).
- [5]. Лобусов Е.С. “Использование средств инерциальной навигации для определения пространственного углового положения цилиндрических тел”. Мехатроника, автоматизация, управление. - № 8. - С. 31 – 35, (2012).
- [6]. Овчинникова Е.В. “Определение параллельности валов при помощи. Paralign @”. Российский научно-технический журнал MEGATECH – новые технологии в промышленной диагностике и безопасности. С 88-89, (2011).
- [7]. Хоанг Мань Тьонг. “Повышение точности измерения геометрических параметров и углового расположения объектов инерциальными средствами на основе кинематического подхода”: диссертация кандидата Технические наук: 05.13.01 / Хоанг Мань Тьонг ; [Место защиты: Московский государственный технический университет имени Н.Э Баумана], (2016).
- [8]. Челноков Ю.Н. “Кватернионные и бикватернионные модели и методы механики твердого тела и их приложения”. Геометрия и кинематика движения. М.: ФИЗМАЛИТ, 512с, (2006).
- [9]. Чичаев В.А. и др. “Оборудование целлюлозно-бумажного производства”. В 2-х томах. Том 2. Бумагоделательные машины. М.: Лесная промышленность, 264с, (1981).

- [10]. Эйдли И. Я. “Бумагоделательные и отделочные машины”. Издательство «Лесная промышленность», 624с, (1970).

ABSTRACT

**Determination of the orientation of the axis of the cylindrical roller
by using the angular rate sensing gyroscopes**

The paper proposes an algorithm to determine the orientation of the cylindrical axis to correct the orientation cylindrical shaft. The directional angle of each cylindrical axis is characterized by a directional vector \vec{e} . The directional vector \vec{e} can be determined through two normal vectors with the cylindrical axis base on the cross product of these vectors. To determine the normal vector of the cylindrical surface, three rate gyroscopes are used and they are placed perpendicular to each other attached to create a measuring device. When the measuring device is placed on the cylindrical shaft, the normal vector of the measuring plane will be perpendicular to this cylindrical plane. Therefore, the problem is to determine the normal vector of the measuring plane of this device. From the information received about the normal vectors with the rulo surface, it is possible to determine the direction vector \vec{e} . In order to test and evaluate the solution given in the article to simulate, investigate the algorithm to determine the position angle of the roller axis in the coordinate system associated with the earth using Matlab Simulink software.

Keywords: Cylindrical surface; Paralgin alignment; Rate gyro; Cylindrical shaft; Shaft alignment.