

Ա.Հ. ԲԱՂԻՅԱՆ

**ՎԵՐԳԵՏՆՅԱ ԹԻՐԱՆԻ ԿՈՌՐԴԻՆԱՏՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ CK-42
ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ ԹՈՂՈՂ ՍԱՐՔԵՐԻՑ ՆՐԱ ՈՒՂԵԿՑՄԱՆ
ԴԵՊՔՈՒՄ**

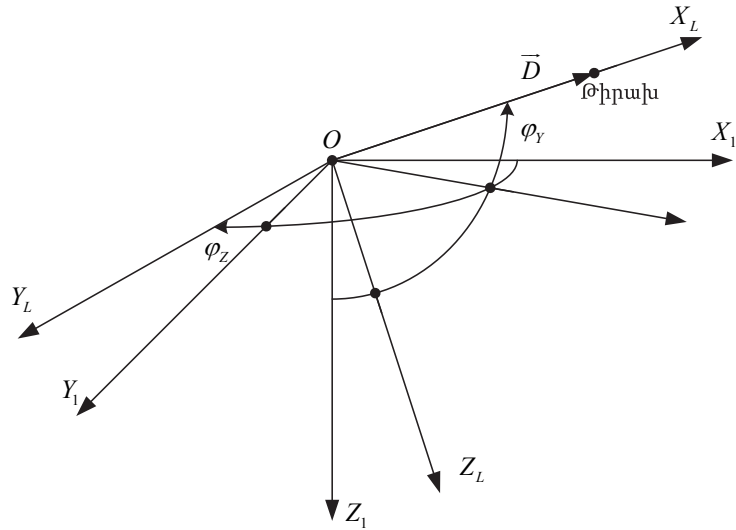
Ներկայացված է թռչող սարքերից վերգետնյա թիրախների կորրոկինատների որոշման խնդիրը: Կատարվել է խնդրի առաջարկվող լուծման արդյունավետության գնահատում MATLAB միջավայրում դրա պատահականային մոդելավորման միջոցով: Առաջարկվող լուծումը նպատակահարմար է կիրառել թռչող սարքերի ժամանակակից դիտման և նշանառման համակարգերում:

Առանցքային բառեր. վերգետնյա թիրախ, կորրոկինատներ, թռչող սարքեր:

Ներածություն: Թռչող սարքերի (ԹՍ) վերաբերյալ կիրառական որոշ խնդիրների լուծման համար անհրաժեշտ են վերգետնյա թիրախների (ՎԹ) գեոդեզիական կորրոկինատները՝ լայնությունը, երկայնությունը և ծովի մակարդակից բարձրությունը CK-42 հաշվարկման համակարգում: Գրականությունից հայտնի են տարբեր հաշվարկման համակարգերի կորրոկինատների ձևափոխությունն իրականացնող լուծումներ: Այս աշխատանքում այդ լուծումները համախմբված են միմյանց և հավելյալ ձևափոխությունների հետ՝ թռչող սարքում վերգետնյա թիրախի գեոդեզիական կորրոկինատները որոշելու համար: Առաջարկվող լուծման արդյունավետությունը հաստատված է մոդելավորմամբ, և այն կարող է գործնական կիրառում ստանալ:

Խնդրի դրվածքը: ԹՍ-ի մեջ օբյեկտների կորրոկինատների որոշման խնդիրը լուծվում է դիտման և նշանառության համակարգերով (ԴՆՀ) դրանց ուղեկցմամբ: Այդ համակարգերում սովորաբար չափվում են ներգործության օբյեկտի (ՆՕ) անկյունային կորրոկինատները՝ ԹՍ-ի երկայնական առանցքի նկատմամբ, և նրա հեռավորությունը: Նշված մեծությունները ՎԹ-ի գեոդեզիական կորրոկինատների ձևափոխելու համար անհրաժեշտ են թռչող նավիգացիոն տեղեկությունները և նախնական որոշ տվյալներ Երկրի ձևի մասին: Ստորև դիտարկենք տվյալ խնդրի լուծումը և գնահատենք նրա իրագործման ճշտությունը:

Հիմնական դրույթները և խնդրի լուծումը: Դիցուք թռչող սարքի դիտման և նշանառության համակարգն ուղեկցում է վերգետնյա թիրախին, և այդպիսով ԹՍ-ի նկատմամբ որոշվում են նրա անկյունային կորրոկինատները՝ φ_z , φ_y և հեռավորությունը D (նկ.1):

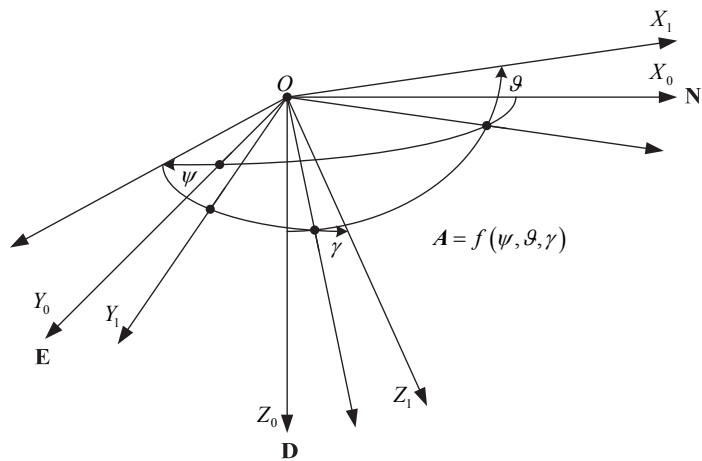


Նկ. 1. $\varphi_z, \varphi_\gamma$ անկյունային կորորդինատների որոշումը

Ընթացքում նավիգացիոն համակարգի միջոցով չափվում է տեղային հորիզոնացված North-East-Down (նկ. 2) կորորդինատային համակարգի (ԿՀ) նկատմամբ ԹՄ-ի կողմնորոշման A քվատերնիոնը՝

$$A = a_0 + a_1 \mathbf{i} + a_2 \mathbf{j} + a_3 \mathbf{k}$$

և թռիչքի λ երկայնությունը, ϕ լայնությունը և ծովի մակարդակից h բարձրությունը WGS84 համաշխարհային գեոդեզիական համակարգում [1]:



Նկ. 2. ԹՄ-ի կողմնորոշումը North-East-Down (NED) ԿՀ-ում

Եթե A քվատերնիոնը հնարավոր չէ անմիջապես ստանալ նավիզացիոն համակարգից, ապա այն կարելի է որոշել ԹՄ-ի կողմնորոշման ψ ուղղույթի, ϑ երկայնաճոճման և γ կողաթեքման անկյունների միջոցով [2, 3]:

$$\begin{cases} a_0 = \cos \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} + \sin \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2}, \\ a_1 = \cos \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2}, \\ a_2 = \cos \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} + \sin \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2}, \\ a_3 = -\cos \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2} + \sin \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2}: \end{cases}$$

φ_Z , φ_Y անկյուններով հեշտությամբ հաշվվում է ԹՄ-ի զանգվածի կենտրոնի հետ կապված կորդինատային $OX_1Y_1Z_1$ (I) համակարգից հեռավորության \bar{D} վեկտորի հետ կապված ճառագայթային $OX_LY_LZ_L$ (L) ԿՀ անցման B քվատերնիոնը.

$$B = b_0 + b_1i + b_2j + b_3k :$$

Վերը նշված B քվատերնիոնի բաղադրիչները որոշվում են հետևյալ արտահայտություններով.

$$\begin{cases} b_0 = \cos \frac{\varphi_Z}{2} \cos \frac{\varphi_Y}{2}, \\ b_1 = -\sin \frac{\varphi_Z}{2} \sin \frac{\varphi_Y}{2}, \\ b_2 = \cos \frac{\varphi_Z}{2} \sin \frac{\varphi_Y}{2}, \\ b_3 = \sin \frac{\varphi_Z}{2} \cos \frac{\varphi_Y}{2}: \end{cases} \quad (1)$$

Այսպիսով, NED (O) կորդինատային համակարգից ճառագայթային (L) ԿՀ անցման համար անհրաժեշտ է գտնել $Q = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k$ քվատերնիոնը.

$$Q = A \circ B,$$

$$\begin{cases} q_0 = a_0b_0 - a_1b_1 - a_2b_2 - a_3b_3, \\ q_1 = a_0b_1 + a_1b_0 + a_2b_3 - a_3b_2, \\ q_2 = a_0b_2 - a_1b_3 + a_2b_0 + a_3b_1, \\ q_3 = a_0b_3 + a_1b_2 - a_2b_1 + a_3b_0: \end{cases} \quad (2)$$

Դիտարկենք հեռավորության \bar{D} վեկտորը: Նրա հիպերկոմպլեքսային արտապատկերումը (L) ԿՀ-ի նկատմամբ ունի հետևյալ տեսքը.

$$D_L = 0 + Di + 0j + 0k:$$

Հեռավորության վեկտորի (O) ԿՀ-ի նկատմամբ $D_0 = 0 + D_{X0}i + D_{Y0}j + D_{Z0}k$ հիպերկոմպլեքսային արտապատկերումը որոշվում է հետևյալ ձևափոխությամբ.

$$D_0 = Q \circ D_L \circ \tilde{Q},$$

որտեղ $\tilde{Q} = q_0 - q_1i - q_2j - q_3k$ Q քվատերնիոնի համալուծ քվատերնիոնն է:

Նշված ձևափոխությունը թույլ է տալիս գտնել հեռավորության վեկտորի բաղադրիչները (O) ԿՀ-ում.

$$\begin{cases} D_{X0} = D(q_0^2 + q_1^2 - q_2^2 - q_3^2), \\ D_{Y0} = 2D(q_0q_3 + q_1q_2), \\ D_{Z0} = 2D(q_1q_3 - q_0q_2): \end{cases} \quad (3)$$

Թռիչքի հայտնի λ երկայնության, ϕ լայնության և ծովի մակարդակից h բարձրության արժեքներով կարելի է գտնել ԹՄ-ի X_0, Y_0, Z_0 կոորդինատները Երկրի կենտրոնի հետ կապված հաշվարկման Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF) համակարգում, ինչպես նաև ECEF ու NED կոորդինատային համակարգերի կապի C մատրիցը [4].

$$\begin{cases} X_0 = (R_{WGS} + h) \cos \phi \cos \lambda, \\ Y_0 = (R_{WGS} + h) \cos \phi \sin \lambda, \\ Z_0 = (R_{WGS} (1 - e_{WGS}^2) + h) \sin \phi, \end{cases} \quad (4)$$

$$C = \begin{bmatrix} -\sin \phi \cos \lambda & -\sin \lambda & -\cos \phi \cos \lambda \\ -\sin \phi \sin \lambda & \cos \lambda & -\cos \phi \sin \lambda \\ \cos \phi & 0 & -\sin \phi \end{bmatrix}: \quad (5)$$

Վերը նշված (4) հավասարումներում R_{WGS} մեծությունը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [4].

$$R_{WGS} = \frac{a_{WGS}}{\sqrt{1 - e_{WGS}^2 \sin^2 \phi}}, \quad (6)$$

որտեղ $a_{WGS}=6378137$ մ, $f_{WGS}=1/298,257223563$, $b_{WGS} = a_{WGS} (1 - f_{WGS})$, $e_{WGS}^2 = 2f_{WGS} - f_{WGS}^2$ [5]:

Այսպիսով, ՎԹ-ի կոորդինատները ECEF ԿՀ-ում հաշվվում են հետևյալ վեկտորական հավասարումով.

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + C \begin{bmatrix} D_{X0} \\ D_{Y0} \\ D_{Z0} \end{bmatrix} : \quad (7)$$

Վերգետնյա թիրախի կոորդինատները ECEF համակարգում գտնելուց հետո անհրաժեշտ է դրանք ձևափոխել WGS84 գեոդեզիական համակարգին համապատասխան թիրախի λ_T երկայնության, ϕ_T լայնության և ծովի մակարդակից h_T բարձրության: Այդ ձևափոխությունն իրականացնելու համար գործնականում կիրառվում են տարբեր ալգորիթմներ, որոնց մի մասը ներկայացված է [6] աշխատանքում: Նշվածներից ձևափոխությունների ամենաբարձր ճշտությունն ապահովում է Հեյկինենի ալգորիթմը [6]: Թիրախի հայտնի X_T, Y_T, Z_T կոորդինատների միջոցով նշված ալգորիթմով նրա λ_T երկայնությունը, ϕ_T լայնությունը և ծովի մակարդակից h_T բարձրությունը որոշվում են այսպես.

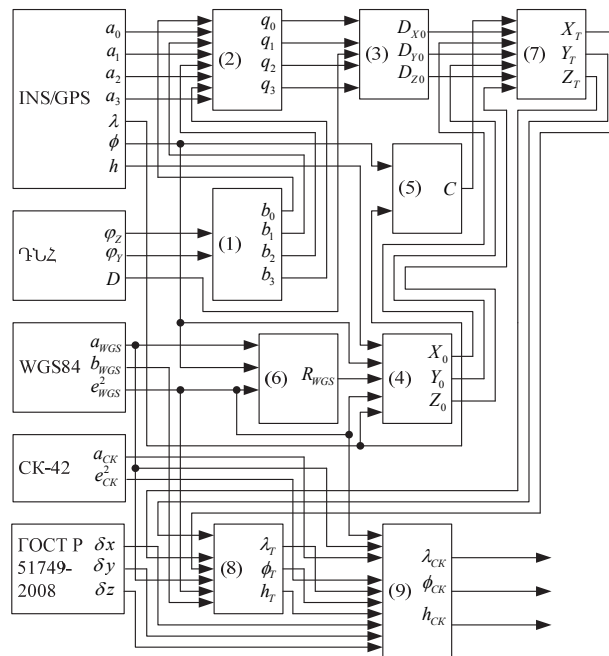
$$\left\{ \begin{array}{l} r = \sqrt{X_T^2 + Y_T^2}, \quad e_{WGS}^2 = (a_{WGS}^2 - b_{WGS}^2) / b_{WGS}^2, \quad F = 54b_{WGS}^2 Z_T^2, \\ G = r^2 + (1 - e_{WGS}^2) Z_T^2 - e_{WGS}^2 (a_{WGS}^2 - b_{WGS}^2), \quad c = e_{WGS}^4 F r^2 / G^3, \\ s = \sqrt[3]{1 + c + \sqrt{c^2 + 2c}}, \quad M = \frac{F}{3(s + 1/s + 1)^2 G^2}, \quad N = \sqrt{1 + 2e_{WGS}^4 M}, \\ r_0 = -\frac{M e_{WGS}^2 r}{1 + N} + \sqrt{\frac{a_{WGS}^2}{2} \left(1 + \frac{1}{N}\right) - \frac{M(1 - e_{WGS}^2) Z_T^2}{N(1 + N)} - \frac{M r^2}{2}}, \\ U = \sqrt{(r - e_{WGS}^2 r_0)^2 + Z_T^2}, \quad V = \sqrt{(r - e_{WGS}^2 r_0)^2 + (1 - e_{WGS}^2) Z_T^2}, \quad z_0 = \frac{b_{WGS}^2 Z_T}{a_{WGS} V}, \\ \lambda_T = 2 \arctg((r - X_T) / Y_T), \\ \phi_T = \arctg((Z_T + e_{WGS}^2 z_0) / r), \\ h_T = U \left(1 - \frac{b_{WGS}^2}{a_{WGS} V}\right): \end{array} \right. \quad (8)$$

Ձևափոխությունների արդյունքում ստացված թիրախի λ_T, ϕ_T և h_T կոորդինատները որոշված են WGS84 համաշխարհային գեոդեզիական համակարգի ստանդարտներին համապատասխան: Քանի որ կիրառական որոշ խնդիրներ լուծվում են CK-42 հաշվարկման համակարգի համանման կոորդինատների միջոցով, անհրաժեշտ է λ_T, ϕ_T, h_T կոորդինատները վերահաշվարկել:

CK-42 և WGS84 ԿՀ-երի փոխադարձ կապը բերված է [7, 8] աշխատանքներում: λ_T, ϕ_T, h_T մեծությունների CK-42 համակարգին համապատասխան ձևափոխման համար կիրառվում է հետևյալ մեծությունների $a_{CK}=6378245$ մ, $f_{CK}=1/298,3$, $e_{CK}^2 = 2f_{CK} - f_{CK}^2$, $\delta x=23,92$ մ, $\delta y=-141,27$ մ, $\delta z=-80,9$ մ և բանաձևերի հավաքակազմը.

$$\left\{ \begin{aligned} a &= (a_{WGS} + a_{CK})/2, \quad e^2 = (e_{WGS}^2 + e_{CK}^2)/2, \quad \delta a = a_{WGS} - a_{CK}, \quad \delta e^2 = e_{WGS}^2 - e_{CK}^2, \\ R &= \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi_T}}, \quad \Delta_0 = \delta z \cos \phi_T - \sin \phi_T (\delta x \cos \lambda_T + \delta y \sin \lambda_T), \quad \Delta_1 = R \cos \phi_T \sin \phi_T, \\ \Delta_2 &= \delta z \sin \phi_T - \cos \phi_T (\delta x \cos \lambda_T + \delta y \sin \lambda_T), \quad \delta \lambda = \frac{\delta y \cos \lambda_T - \delta x \sin \lambda_T}{\cos \phi_T (h_T + R)}, \\ \delta \phi &= \frac{a^2}{a^2 h_T - R^3 (e^2 - 1)} \left(\Delta_0 + \frac{\Delta_1 e^2 \delta a}{a} + \frac{\Delta_1 \delta e^2 (a^2 + R^2)}{2a^2} \right), \quad \delta h = \Delta_2 + \frac{a \delta a}{R} - \frac{R \delta e^2 \sin^2 \phi_T}{2}, \\ \lambda_{CK} &= \lambda_T - \delta \lambda, \quad \phi_{CK} = \phi_T - \delta \phi, \quad h_{CK} = h_T - \delta h: \end{aligned} \right. \quad (9)$$

Նկ. 3-ում ներկայացված է վերգետնյա թիրախի ուղեկցման (նշանոցային գիծը թիրախի վրա ուղղելու) դեպքում նրա կոորդինատները CK-42 համակարգում որոշող սարքի կառուցվածքային սխեման:



Նկ. 3. Խնդրի լուծման իրագործման սխեման

Առաջարկվող լուծման ճշտության գնահատումը: Առաջարկված լուծման ճշտության ստուգման համար իրականացվել են 10 օբյեկտների կորդինատների ձևափոխություններ, որոնց արդյունքները համեմատվել են PHOTOMOD GeoCalculator [9] և GeoCalc [10] ծրագրերի միջոցով համանման ձևափոխությունների արդյունքների հետ: Արդյունքների տարբերությունները բերված են աղ. 1-ում:

Աղյուսակ 1

Կորդինատների ձևափոխությունների արդյունքների տարբերությունները

№	WGS84-ում թիրախի կորդինատները (երկայնություն λ_T , լայնություն ϕ_T , բարձրություն h_T)	Ստացված արդյունքների տարբերությունը PHOTOMOD GeoCalculator ծրագրի արդյունքներից			Ստացված արդյունքների տարբերությունը GeoCalc ծրագրի արդյունքներից		
		$\Delta\lambda$ "	$\Delta\phi$ "	Δh , մ	$\Delta\lambda$ "	$\Delta\phi$ "	Δh , մ
1	46°18'59,42" 40°44'18,59" 333 մ	0,59368	-0,21456	-0,71686	0,60349	-0,24187	-0,78986
2	49°27'38,50" 40° 7'51,15" -14 մ	0,58737	-0,20065	-0,70391	0,59730	-0,22764	-0,78831
3	50° 3'50,49" 40°27'24,82" -10 մ	0,58285	-0,19805	-0,69537	0,59271	-0,22481	-0,78797
4	50°12'13,21" 40°24'11,75" 7 մ	0,58275	-0,19736	-0,69494	0,59268	-0,22416	-0,78794
5	49°58'21,56" 40°29'53,66" 11 մ	0,58277	-0,19849	-0,69574	0,59268	-0,22524	-0,78804
6	49°32'54,13" 40°36'12,79" -8 մ	0,58345	-0,20036	-0,69728	0,59326	-0,22721	-0,78828
7	46°51'38,43" 40°44'20,34" 74 մ	0,59173	-0,21228	-0,71315	0,60153	-0,23945	-0,78965
8	45°57'40,86" 40°53'15,06" 332 մ	0,59393	-0,21611	-0,71668	0,60364	-0,24343	-0,79008
9	46°47'31,05" 40°46'25,01" 105 մ	0,59176	-0,21253	-0,71258	0,60151	-0,23976	-0,78968
10	49°51'20,34" 40°24'26,49" 31 մ	0,58394	-0,19892	-0,69757	0,59380	-0,22579	-0,78807

MATLAB ծրագրային միջավայրում կատարվել է թիրախի կորդինատների որոշման գործընթացի մոդելավորում հետևյալ դեպքերի համար. թիրախի հեռավորությունը՝ $D = 5, 10, 15$ կմ, անկյունային կորդինատները՝ $\varphi_z = 0, 10, 20^\circ$ և $\varphi_y = 0, 10, 20^\circ$: Ամեն դեպքի համար իրականացվել է 2000 փորձ՝ հաշվի առնելով տեղեկույթի տվիչների սխալները [11, 12], և որոշվել են λ_{CK} , ϕ_{CK} և h_{CK} մեծությունների միջին քառակուսային շեղումները (ՄՔՇ), որոնք ներկայացված են աղ. 2, 3 և 4-ում:

Աղյուսակ 2

Երկայնության ՄՔՇ-ը $\sigma(\lambda_{CK})$ ՝

$\varphi_z \backslash \varphi_y$	0°			10°			20°		
	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ
0°	0,458	0,575	0,734	0,455	0,574	0,719	0,454	0,558	0,713
-10°	0,457	0,576	0,720	0,452	0,556	0,685	0,446	0,548	0,676
-20°	0,454	0,565	0,725	0,455	0,573	0,718	0,453	0,561	0,716

Աղյուսակ 3

Լայնության ՄՔՇ-ը $\sigma(\phi_{CK})$ ՝

$\varphi_z \backslash \varphi_y$	0°			10°			20°		
	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ
0°	0,324	0,390	0,496	0,325	0,394	0,482	0,324	0,397	0,506
-10°	0,324	0,387	0,487	0,327	0,406	0,510	0,328	0,413	0,533
-20°	0,326	0,399	0,492	0,325	0,398	0,496	0,325	0,399	0,511

Աղյուսակ 4

Բարձրության ՄՔՇ-ը $\sigma(h_{CK})$ մ

$\varphi_z \backslash \varphi_y$	0°			10°			20°		
	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ	D = 5 կմ	D = 10 կմ	D = 15 կմ
0°	10,318	12,940	16,264	10,390	12,894	16,281	10,422	13,127	16,513
-10°	10,368	13,008	16,419	10,420	12,933	16,291	10,373	13,032	16,379
-20°	10,318	12,754	15,976	10,315	12,928	16,048	10,309	12,633	16,189

Այսպիսով, մեծ քանակությամբ կորդինատների ձևափոխությունների մոդելավորումը MATLAB ծրագրային միջավայրում հաստատում է սույն աշխատանքում առաջարկվող լուծման բավարար ճշտությունը:

Եզրակացություն: Առաջարկվող լուծմամբ կատարվում են կորդինատների ձևափոխությունները բավարար ճշտությամբ նույնիսկ տեղեկույթի տվիչների սխալների դեպքում, ինչը հաստատվեց մոդելավորմամբ: Այն կարող է գործնական կիրառում ստանալ տարաբնույթ թռչող սարքերի ավիացիոն դիտման և նշանառման համակարգերում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Grewal M.S., Weill L.R., Andrews A.P.** Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration. – Wiley-Interscience, 2007. – 552 p.
2. **Kuipers J. B.** Quaternions and Rotation Sequences: A primer with applications to orbits, aerospace and virtual reality. – Princeton University Press, 1999.
3. **Шалагинов В.М.** Алгоритмы вычисления кватерниона по известным значениям матрицы ориентации объекта // Гироскопия и навигация. – 2009 – № 2. – С. 56–71.
4. **Cai G., Chen B.M., Lee T.H.** Unmanned Rotorcraft Systems. – Springer, 2011. – 270 p.
5. **Department of Defense World Geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems.** – National Imagery and Mapping Agency, 2000. – 175 p.
6. **Zhu J.** Conversion of Earth-Centered Earth-Fixed Coordinates to Geodetic Coordinates // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 1994. – Vol. 30, No. 3. – P. 957-962.
7. **ГОСТ Р 51794-2008** Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек.
8. **Փորմուլա** Կերտարու Կորտինատ Իզ WGS-84 ԵՎ ՏԿ-42 Ի ՕԲՐԱՏՈՒ [Էլեկտրոնային ռեսուրս]: – Հոդվածի մատչելիության հասցեն. <http://gis-lab.info/qa/wgs84-sk42-wgs84-formula.html>.
9. **PHOTOMOD GeoCalculator** [Էլեկտրոնային ռեսուրս]: – Հոդվածի մատչելիության հասցեն. <http://www.racurs.ru/?page=323>.
10. **Расчет геодезических (B,L) и плоских прямоугольных (x,y) координат с помощью GeoCalc** [Էլեկտրոնային ռեսուրս]: – Հոդվածի մատչելիության հասցեն. <http://gis-lab.info/qa/geocalc.html>.
11. **Fraden J.** Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. – Springer, 2004. – 589 p.
12. **Боднер В.А.** Системы управления летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1973. – 504 с.

А.А. БАГИЯН

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ НАЗЕМНОЙ ЦЕЛИ В СИСТЕМЕ
ОТСЧЕТА СК-42 ПРИ ЕЕ СОПРОВОЖДЕНИИ С ЛЕТАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА**

Для решения некоторых прикладных задач при действии по наземным объектам с летательных аппаратов (ЛА) требуется определение их геодезических координат – широты, долготы и высоты относительно уровня моря, в частности, в системе координат СК-42. В литературе известны решения, описывающие преобразования координат между различными системами отсчета. В данной работе проведено комплексирование этих решений с применением дополнительных преобразований для получения на борту ЛА геодезических координат наземной цели. Эффективность предложенного решения подтверждена моделированием большого числа опытов, которое может быть применено на практике.

Ключевые слова: наземная цель, координаты, летательный аппарат.

A.H. BAGHIYAN

**DEFINING THE COORDINATES OF A TRACKED GROUND TARGET IN
THE REFERENCE SYSTEM SK-42 ON THE AERIAL VEHICLES**

To solve some practical problems at acting on the ground targets from aircraft, it is required to determine their geodetic coordinates – latitude, longitude, and height above the sea level, in particular in the coordinate system SK-42. In literature, there are solutions that describe the coordinate transformations between different frames of references. In this paper, the integration of these solutions with additional transformations is proposed to get geodetic coordinates of the target on the aircraft. Based on the proposed solution, a technical device can be constructed to calculate the geodetic coordinates of the tracked target. A large number of experiments with the model of the device have been done in MATLAB. Modeling of a large number of experiments confirmed the effectiveness of the proposed solution, which can be applied in practice.

Keywords: ground target, coordinates, aircraft.