

STUDIU PRIVIND PRECIZIA MODELULUI CVAZIGEOIDULUI PENTRU TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA

Autori: conf. univ., dr. Vasile CHIRIAC, conf. univ., dr. Livia NISTOR-LOPATENCO

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract. Starting from 1999 a new reference system MOLDREF99 based on the ITRF97 and ETRS89 was established in Moldova. The realization of MOLDREF99 is the national GPS Network with density about 1 point per 15 sq. km. However, this density is insufficient for many geodetic applications. In order to provide real time positioning services the decision to pass from GPS “passive” Network to GNSS “active” Network in 201 was adopted by Land Relation and Cadastre Agency.

To provide real time position and navigation service on the territory of Moldova a new project of GNSS Permanent Network and MOLDPOS service was supported by Norwegian Government.

To generate and distribute height anomalies for real time normal height determination from GNSS measurements a 3-4 cm accuracy quasigeoid model based on precise GNSS/leveling was calculated by Technical University of Moldova in collaboration with Karlsruhe University of Applied Science. For future improvement of Height Reference Surface for territory of Republic of Moldova, a gravity quasigeoid model based on new gravity and vertical deflections measurements will be created.

Keywords. *Global Navigation Satellite System (GNSS), Height reference System (HRS), Moldavian Positioning System (MOLDPOS), gravity measurements, levelling, quasigeoid.*

1. Introducere

În 1999 în Republica Moldova a fost introdus Sistemul Terestru European de Referință ETRS (European Terrestrial Reference System 1989) ca suport de bază pentru sistemul de referință național MOLDREF99. Introducerea noului sistem de referință a generat necesitatea transformărilor unui volum enorm de date geodezice și integrarea lor în baza de date spațiale a Sistemului Informațional Geografic Național (SIGN). În scopul asigurării transformărilor de precizie uniformă pentru întreg teritoriul țării necesită crearea unei noi infrastructuri geodezice având în vedere lucrările geodezice executate anterior: crearea rețelei geodezice naționale utilizând tehnologii GPS (Global Positioning System), reconstruirea rețelei naționale de nivelment cu ajutorul nivelmentului de precizie, crearea rețelei gravimetrice naționale MOLDGRAV06.

Totodată accelerarea proceselor de implementare a tehnologiilor informaționale și comunicații în țară prevede creșterea necesităților de utilizare a sistemelor globale de navigație cu sateliți GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Începând cu anii 2006-2007 în Moldova au fost executate lucrări privind instalarea și operarea în continuu a două stații permanente GNSS în municipiul Chișinău: stația permanentă IGEO, ca rezultat a cooperării Agenției Relații Funciare și Cadastru cu Departamentul Federal de Cartografie și Geodezie al Germaniei BKG și stația permanentă CTIG-1 la UTM, realizată în cadrul proiectului TEMPUS. În prezent se execută lucrări privind testarea rețelei de stații permanente GNSS și a sistemului național de poziționare MOLDPOS (Fig. 1).

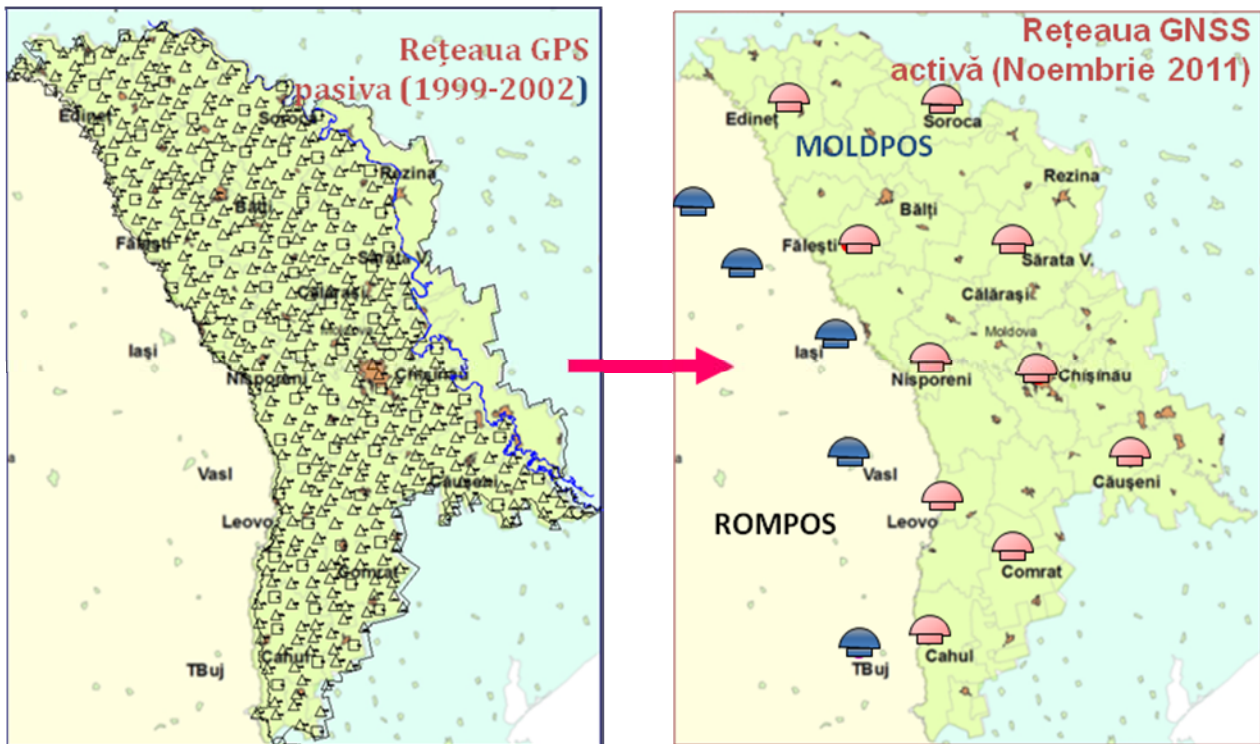


Fig. 1. Trecerea de la rețeaua geodezică GPS la rețeaua de stații permanente GNSS pentru serviciul de poziționare MOLDPOS

Punerea în funcțiune a sistemului de poziționare național MOLDPOS necesită crearea bazelor de date pentru transformarea altitudinilor elipsoidale obținute din măsurători GNSS în sistemul de altitudini Marea Baltică 1977 sau Marea Baltica utilizat în municipiile Chișinău și Bălți și alte orașe.

Instalarea bazelor de date geodezice pe serverul centrului de control al serviciului MOLDPOS prevede configurarea arhitecturii de comunicații, implementarea algoritmului și a structurii de date conform standardului RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) care vor fi valabile pentru toți utilizatorii receptoarelor GNSS din țară.

În cadrul proiectului “Dezvoltarea serviciului de poziționare GNSS în timp real de mare capacitate pentru Moldova (MOLDPOS)” realizat de Universitatea Tehnică a Moldovei în comun cu Universitatea Științe Aplicate, Karlsruhe, Germania, a fost creată baza de date geodezică pentru transformarea coordonatelor obținute prin observații GNSS automat în diferite sisteme de coordonate și altitudini. Aceste realizări vor asigura sistemul de poziționare MOLDPOS cu o bază de date geodezică unică pentru întreg teritoriul al țării. În final baza de date geodezică, software și sistemul de transmitere a mesajului de transformare RTCM au fost testate prin măsurători în teren pentru o zonă pilot.

Ca urmare rezultatele obținute urmează a fi utilizate pentru dezvoltarea bazelor de date geodezice, care pot fi integrate în Sistemul Național de Poziționare MOLDPOS, ceea ce va servi o contribuție esențială în cadrul programelor de integrare europeană pentru infrastructura informației spațiale INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) și subcomisiei Asociației Internaționale a Geodezilor pentru Rețele de Referință în Europa EUREF (Reference Frame Sub commission for Europe).

2. Obiective principale

În vederea creării infrastructurii datelor geodezice pentru asigurarea determinării altitudinilor normale în timp real din măsurători GNSS în cadrul sistemului MOLDPOS au fost stabilite următoarele obiective:

- proiectarea și dezvoltarea bazei de date geodezice pentru teritoriul Republicii Moldova în conformitate cu specificările programului de Infrastructură a datelor spațiale în Europa INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe);
- modelarea suprafeței cvasigeoidului și a procedurilor numerice de conversie a altitudinilor elipsoidale determinate din măsurători GNSS în altitudini normale prin metoda digitală a elementelor finite DFHS (Digital Finite Element Height Reference Surface);

- configurarea arhitecturii de comunicații pentru asigurarea transmiterii utilizatorului a mesajului de transformare RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services);
- testarea finală a bazelor de date DFHRS create în baza modelelor matematice elaborate de Universitatea Științe Aplicate, Karlsruhe, Germania.

3. Materiale și metode

Pentru modelarea suprafeței de referință a altitudinilor HRS (Height Reference Surface) pe teritoriul țării din măsurători GNSS/nivelment a fost utilizată metoda elementelor finite FEM (Finite Element Metod). Softul DFHRS (Digital Finite Element Height Reference Surface), ce ii sunt proprii instrumente avansate de modelare, a fost utilizat la crearea bazei de date pentru conversia altitudinilor elipsoidale în sistemului național de altitudini (Fig. 2).

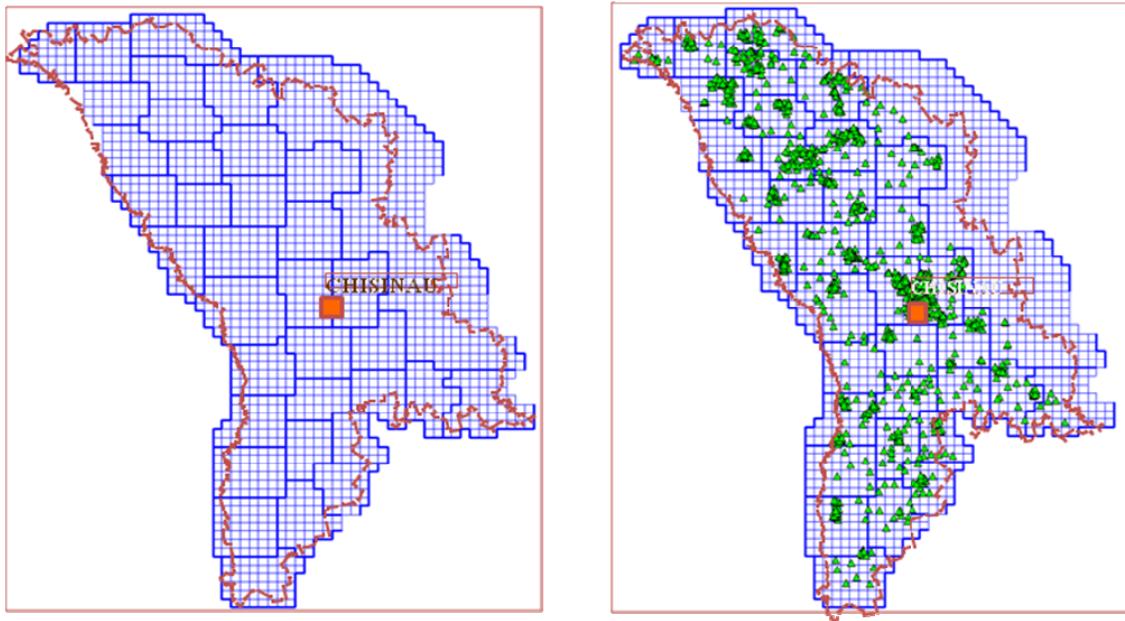


Fig. 2. Măsurătorile GNSS/nivelment și zonificarea lor pentru modelarea cvasigeoidului .

La modelarea suprafeței cvasigeoidului au fost utilizate modelul gravimetric satelitar EIGEN-GL04C, modelul clasic al geoidului bazat pe formula lui Stokes, modelul gravitațional global EGM2008 și modelul geoidului gravimetric european EGG97.

4. Rezultate și discuții

Analiza statistică a diferențelor altitudinilor normale și a valorilor calculate din modelul HRS (Fig. 3) pentru punctele caracteristice de control a arătat că diferențele obținute nu depășesc 6 cm pentru întreg teritoriul al țării în sistemul Marea Baltica 1977 (Fig.3) și 4 cm pentru municipiile Chișinău Bălți, și alte orașe în sistemul de altitudini Marea Baltica.

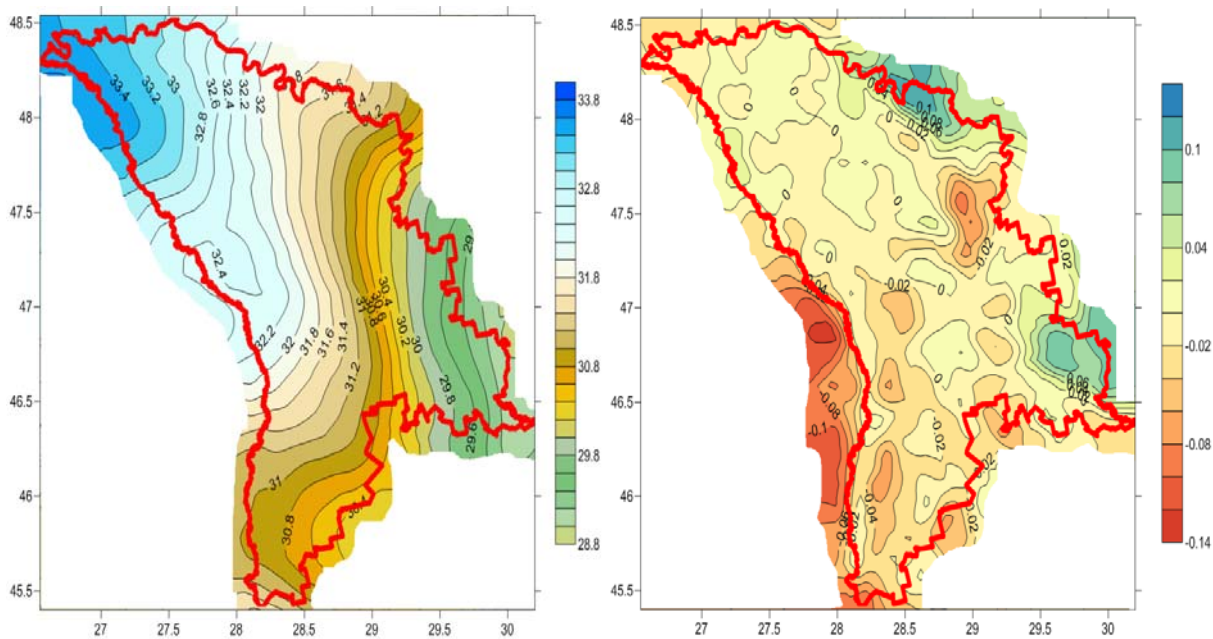


Fig.3. Modelul cvasigeoidului și modelul diferențelor de altitudini obținute.

Bazele de date au fost instalate pe serverul stației de referință GNSS a Universității Tehnice din Moldova pentru generarea și transmiterea mesajului RTCM 3.0 la receptorul GNSS mobil din teren prin intermediul GPRS.

Tab. 1. Modelul diferențelor de altitudini obținute.

Repere de nivelment de ordinul II	Coordonate plane MOLDREF9 (m)		Altitudinea normală din nivelmentul geometric (m)	Altitudinea normală din măsurători GNSS (m)	Diferența de altitudini (m)
	X (N)	Y (E)			
Ratus	225920,222	230467.989	8,414	8,407	0,007
Roman	32181,483	27567,418	28,279	28,256	0,023
Ivancea 181010	39335,129	306740,827	62,697	62,669	0,028
Fed. 160-1	63140,000	17246,770	3,082	3,094	0,012

Testarea bazelor de date a fost efectuată prin măsurători GNSS de control în punctele geodezice și reperatele de nivelment care nu au fost incluse în model. Diferențele de altitudini normale obținute din măsurători GNSS și modelul HRS nu au depășit 3 cm în zona de centru a țării.

Concluzii

Modelul cvasigeoidului poate fi utilizat de serviciul de poziționare MOLDPOS pentru asigurarea conversiei altitudinilor elipsoidale în sistemul național de altitudini, ceea ce va permite înlocuirea lucrărilor de nivelment de ordin inferior, cu măsurători GNSS și integrarea datelor în Sistemul Informațional Geografic Național.

Ca urmare rezultatele proiectului pot fi utilizate la extinderea rețelei de stații permanente GNSS pe întreg teritoriul și dezvoltarea serviciului MOLDPOS, care în ansamblu cu bazele de date DFHRS, va servi o contribuție esențială în cadrul programelor de integrare europeană pentru infrastructura informației spațiale INSPIRE.

Ridicarea preciziei modelului cvasigeoidului până la 1-2 cm pentru întreg teritoriul al țării poate fi realizată prin introducerea în model a măsurătorilor gravimetrice terestre, precum și componentele deviației

verticalei obținute din măsurători astronomice de-a lungul frontierei de stat, unde datele gravimetrice de precizie nu sunt accesibile.

Totodată modelului cvasigeoidului de precizie integrat în sistemul MOLDPOS va fi util pentru aplicații științifice în scopuri de cercetare precum monitorizarea alunecărilor de teren, cercetări ale mediului înconjurător, predicția hazardelor geologice, urmărirea comportării construcțiilor etc.

Bibliografie

1. Jäger, R., Schneid, S., Kälber, S. and Seiler, S. (2006): Precise Transformation of Classical Networks to ITRF by CoPaG and Precise Vertical Reference Surface Representation by DFHRS – General Concepts and Realisation of Databases for GIS, GNSS and Navigation Applications. (Milan Talich, Ed.): Proceedings to the 1st International Fair of Geodesy, Cartography, Navigation and Geoinformatics. Prague, Czech Republic. 16.03.2006 - 18.03.2006. ISBN 80-85881-25-X.
2. Jäger, R. and S. Kälber (2008): The New RTCM 3.1 Transformation Messages – Declaration, Generation from Reference Transformations and Implementation as a Server-Client-Concept for GNSS Services. Proceedings of GeoSiberia 2008 (22.04.2006 – 24.04.2006). Volume 1. S. 50-75. Novosibirsk, Russia. ISBN 978-5-87693-271-6.
3. Jäger, R. and R. Gyenes (2009): Deformation Integrity Monitoring for GNSS-positioning services including a scalable hazard monitoring by the Karlsruhe approach (MONIKA). Proceedings of the International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-Based and Ground-Based Augmentation Systems and Applications. Berlin, 11-14 November 2008. Berlin Senate Department for Urban Development. Berlin. ISBN 978-3-938373-99-6. p 106-107.
4. Jäger, R. and R. Kälber (2008): The New RTCM Transformation Messages. RTCM Paper No. 110-2008-SC104-508
5. Chiriac V. Determinarea înălțimii geoidului din măsurători gravimetrice prin metoda transformărilor Fourier. Rezumatele Conferinței tehnico-științifice UTM, Chișinău, Mai 2000, v. 2, p. 168-172.
6. Chiriac V. Establishing of Geodetic Reference Frame in the Republic of Moldova. Materials of the Geospatial Symposium, Prague, Mai 2002, 9 p.
7. Chiriac V. The principals of the National Geospatial Data Infrastructure creation. Materials of the Geospatial Symposium, Prague, Mai 2003, 7 p.
8. Chiriac V. Determinarea anomaliilor altitudinilor pentru teritoriul Republicii Moldova. Materialele Conferinței științifice privind crearea și monitorizarea sistemelor de coordonate regionale utilizând tehnologiile moderne. Agenția de Stat Resurse Funciare și Cadastru. Chișinău, Iunie 2003, 5 p.
9. Chiriac, V. Pantikin, V. Krauterbluth, K.W. Ilies, I. Crețu, I. First Order Gravity Network of Republic of Moldova. Proceeding of the 1-st International Gravity Field Service “Gravity Field of the Earth”, Istanbul, September, 2006, ISSN 1300-5790, 420-423.
10. Chiriac, V. Continuously Operating Reference Station Network - A Future Strategy for Republic of Moldova. Proceeding of EUREF Symposium, Riga, 2006
11. Jäger, R. and R. Gyenes (2009): Deformation Integrity Monitoring for GNSS-positioning services including a scalable hazard monitoring by the Karlsruhe approach (MONIKA). Proceedings of the International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-Based and Ground-Based Augmentation Systems and Applications. Berlin, 11-14 November 2008. Berlin Senate Department for Urban Development. Berlin. ISBN 978-3-938373-99-6. p 106-107.
12. Jäger, R. and R. Kälber (2008): The New RTCM Transformation Messages. RTCM Paper No. 110-2008-SC104-508 .
13. Chiriac, V. National Report of Republic of Moldova. Proceeding of EUREF Symposium, Riga, 2006,
14. Chiriac, V., Gravimetrie geodezică. Metode terestre a determinărilor gravimetrice. Curs de prelegeri, UTM, Chișinău 2006.