



[8] 2020 8[1]

AGG+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области  
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

**052-062**    **Оригинални научни рад** | Original scientific paper  
UDK I UDC 528.28:629.783(497.6Република Српска)  
DOI 10.7251/AGGPLUS2008052F  
**Рад примљен** | Paper received    10/06/2020  
**Рад прихваћен** | Paper accepted    30/09/2020

**Тања Фржовић**

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,  
tanja.frzovic@aggf.unibl.org*

**Сања Туцикешкић**

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,  
sanja.tucikesic@aggf.unibl.org*

**Биљана Антуновић**

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,  
biljana.antunovic@aggf.unibl.org*

ИСПИТИВАЊЕ СТАБИЛНОСТИ  
МРЕЖЕ ПЕРМАНЕНТНИХ  
GNSS СТАНИЦА РЕПУБЛИКЕ  
СРПСКЕ

STABILITY TESTS FOR THE  
NETWORK OF PERMANENT  
GNSS STATIONS OF THE  
REPUBLIC OF SRPSKA

Оригинални научни рад **Тања Фржовић**

Original scientific paper

Рад прихваћен | Paper accepted

30/09/2020

УДК | UDC

528.28:629.783(497.6)Република Српска)

DOI

10.7251/AGGPLUS2008052F

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,  
tanja.frzovic@aggf.unibl.org*

**Сања Туцикешић**

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,  
sanja.tucikesic@aggf.unibl.org*

**Биљана Антуновић**

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,  
biljana.antunovic@aggf.unibl.org*

## ИСПИТИВАЊЕ СТАБИЛНОСТИ МРЕЖЕ ПЕРМАНЕНТНИХ GNSS СТАНИЦА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

### АПСТРАКТ

Мрежа перманентних GNSS станица Републике Српске налази се на релативно турсном подручју и припада различитим странама регионалних расједа. Овај рад даје преглед испитивања стабилности петнаест перманентних станица SRPOS мреже користећи публиковане прецизне ефемериде Интернационалне GNSS службе (IGS) и преузете RINEX податке перманентних GNSS станица SRPOS мреже. Истраживање је извршено кориштењем података прикупљених у периоду од априла 2015. године до марта 2016. године. У раду су представљени вектори положаја за перманентне станице чије се вриједности налазе у интервалу од 0.71 mm (перманентна станица Србац) до 22 mm (перманентна станица Невесиње).

**Кључне ријечи:** GNSS, permanent stations, SRPOS network, reference systems, precision ephemeris, the displacement vector

## STABILITY TESTS FOR THE NETWORK OF PERMANENT GNSS STATIONS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

### ABSTRACT

The network of permanent GNSS stations of the Republic of Srpska is located in a fairly seismic area and belongs to different sides of regional faults. This paper provides an overview of the stability tests for fifteen permanent stations of the SRPOS network using the published precise ephemeris of the International GNSS Service (IGS) and the downloaded RINEX data from the permanent GNSS stations of the SRPOS network. The research was conducted for the data taken during the period from April 2015 to March 2016. The paper presents position vectors for permanent stations ranging from 0.71 mm (permanent station Srbac) to 22 mm (permanent station Nevesinje).

**Key words:** GNSS, permanent station, SRPOS network, reference system, IGS Reference Frame station, precise ephemerides

## 1. УВОД

Теорија тектонских плоча указује на чињеницу да површ Земљине коре није стабилна нити вјечна, већ се налази у сталном покрету. Она се састоји од дијелова плоча, које обухватају континенте и дијелове Земљине коре испод мора и океана. Познато је да Земљина кора (литосфера) плута на астеносфери и да је разломљена на тектонске плоче, које се крећу лагано у одређеном правцу и одређеном брзином.

Босна и Херцеговина представља једну од активнијих сеизмичких зона у Европи. Територија Босне и Херцеговине налази се на великом расједу Земљине коре, који се протеже од територије сјеверне Индије (подручје Хималаја), преко територија Ирана, Турске и Грчке (источни Медитеран), те прелази јужним дијелом територије, гдје скреће ка сјеверозападу. Земљотреси, који су забиљежени у Босни и Херцеговини резултат су субдукције Афричке геотектонске плоче под Евроазијску. На територији Босне и Херцеговине постоји и неколико мањих расједа, а најкарактеристичнији су: бањалучки, бугојански, вишеградски и неретвански. Кретања ових расједа могу да буду узроци појаве земљотреса, који могу бити разорне моћи. Активност земљотреса је повезана са динамиком тектонских плоча, а данас сеизмолошки и геодетски подаци пружају основне информације за објашњење кинематике Земљине коре [1], [2], [3], [4].

Поред званичних метода и поступака праћења сеизмичке активности у виду мреже сеизмичких станица, данас се за праћење помјерања Земљине коре користе и Глобални навигациони сателитски системи GNSS (енг. *Global Navigation Satellite System*). Перманентне станице, које су предмет овог истраживања, налазе се на релативно турсном подручју и припадају различитим странама регионалних расједа. Циљ истраживања је утврдити могућност коришћења резултата добијених одређивањем апсолутних координата перманентних станица у сврху анализе праваца кретања тектонских плоча на којима се перманентне станице налазе и предвиђања њиховог сучељавања или удаљавања.

У оквиру овог рада извршено је испитивање стабилности петнаест перманентних станица SRPOS мреже кориштењем публикованих прецизних ефемерида Интернационалне GNSS службе IGS (енг. *International GNSS Service*) и преузетих RINEX података са перманентних станица за период од априла 2015. године до марта 2016. године. За дефинисање математичког модела кориштено је 16 перманентних станица (Бања Лука, Нови Град, Србац, Шипово, Теслић, Козарска Дубица, Брод, Бијељина, Шековићи, Братунац, Соколац, Рудо, Фоча, Гацко, Требиње и Невесиње). Перманентна станица у Бањој Луци је кориштена као референта, за њу је везан цијели модел, те за њу није дефинисана стабилност.

## 2. РЕФЕРЕНТНИ СИСТЕМИ И ПЕРМАНЕНТНЕ СТАНИЦЕ

### 2.1. РЕФЕРЕНТНИ СИСТЕМИ И РЕФЕРЕНТНИ ОКВИРИ

Појам референтног система се уводи како би се описали физички параметри Земље и временске варијације њеног облика. Да би се извршила њихова оцјена дефинисани су референтни оквири, који су повезани са Земљом у њеном дневном кретању и са аспекта деформација Земљине коре. Референтни оквир представља нумеричку реализацију

референтног система, јер он није математички доступан. Основна разлика између референтног система и референтног оквира се огледа у чињеници да је референтни систем недоступан и непромјенљив, за разлику од референтног оквира, који је доступан и промјенљив. Успостављање и одржавање референтних система и оквира врши Међународна служба ротације Земље и референтних система IERS (енг. *International Earth Rotation and Reference Systems Service*).

Референтне системе је могуће подијелити у двије основне групе: просторно-фиксирани или небески референтни систем (користи се за описивање кретања сателита и сл.) и терестрички референтни систем или систем који је фиксиран за тијело Земље (користи се за одређивање положаја станица на Земљи, као и за описивање резултата опажања у сателитској геодезији) [5].

За сваки референтни систем, реализација референтног оквира је могућа на велики број начина и она се заснива на скупу усвојених или оцијењених координата. Небески референтни оквири су формиран на основу скупа координата звијезда или квазара, а други тип референтних оквира (терестрички референтни оквири) се заснива на скупу координата и брзина опажаних станица на површини Земље.

#### **2.1.1. Терестрички референтни системи**

Разлог усвајања терестричког референтног система је чињеница да координате тачака, које се налазе на физичкој површи Земље, имају мале промјене током времена и оне се углавном јављају као последица геофизичких ефеката (плимске и тектонске деформације). По дефиницији, терестрички референтни систем је просторни референтни систем који ротира са Земљом у њеном дневном кретању у простору. За разлику од инерцијалних система, гдје се координате тачака на физичкој површи Земље стално мијењају услед ротације Земље, терестрички референтни систем обезбјеђује константне вриједности координата тачака и чврсто је везан за Земљу.

Конвенционални терестрички референтни систем, односно Међународни терестрички референтни систем ITRS (енг. *International Terrestrial Reference System*) је дефинисан низом процедура, конвенција и константи, које омогућавају опажања на Земљиној површи или у њеној близини. Материјализује се примјеном Конвенционалног референтног оквира, који је одређен скупом физичких тачака са својим координатама и у употреби је од 1988. године.

Да би се обезбиједила стабилност оријентације координатних оса у односу на Земљину кору услед геодинамичких процеса, врши се периодична реализација Међународног терестричког референтног оквира, од стране Међународне службе Земљине ротације и као резултат тога јављају се глобалне и регионалне материјализације Међународног терестричког референтног система као што су WGS84 (енг. *World Geodetic System*), EUREF (енг. *European Terrestrial Reference System*), SIRGAS (енг. *Geocentric Reference System for the Americas*) итд.

#### **2.1.2. Терестрички референтни оквири**

Терестрички референтни оквири представљају скуп тачака са прецизно одређеним координатама (правоуглим, географским) у оквиру изабраног координатног система, који је придружен терестричком референтном систему. Терестрички референтни оквири TRF (енг. *Terrestrial Reference Frames*) представљају реализацију терестричких референтних

система и могуће је дефинисати велики број терестричких референтних оквира, али се у пракси највише користе два приступа: мјерења у односу на позиције сателита, који круже око Земље, и мјерења у односу на позиције тачака, које су стабилизване, односно уграђене у тијело Земље.

Како се терестрички референтни оквири дефинишу мрежом станица и њиховим координатама у функцији времена, неопходно је пратити њихове промјене, које настају услед геотектонских промјена на глобалном и локалном нивоу. Постоји више различитих метода којима је могуће извршити одређивање координата тачака, које чине терестрички референтни оквир и дефинишу одређени терестрички референтни систем.

## 2.2. ПЕРМАНЕНТНЕ СТАНИЦЕ

Деценија оснивања националних и међународних перманентних служби се односи на период од 1990. до 2000. године. У међувремену су еволуирале међународна служба Земљине ротације и интернационалне GNSS службе. Године 1987. утемељена је Међународна служба Земљине ротације са задатком да на основу космичких и сателитских техника опажања константно унапређује и одржава инерцијални и терестрички референтни оквир и одређује параметре Земљине ротације са високом временском резолуцијом. Међународна GNSS служба је основана 1994. године и задужена је за одржавање глобалне мреже од преко 300 перманентно оперативних референтних GNSS станица, а она и данас представља главни извор података сателитских орбита [6].

Примјена диференцијалног GNSS је веома широка. Она претпоставља јединствен систем који се састоји од мреже фиксних станица, начина емитовања информација са фиксних станица и могућност GNSS пријемника да ове информације приме и обраде. Уколико је референтна станица таква да се њена локација неће мијењати током дужег временског периода, она се назива Перманента референтна станица. Три или више перманентних станица повезаних у систем намијењен слању диференцијалних корекција називамо мрежом перманентних станица (у пракси се користи и термин активна геодетска GNSS референтна основа).

### 2.2.1. Потреба за успостављањем перманентних станица

Прикупљање података о позицијама се у данашње вријеме врши за велики број људских потреба у разним областима свакодневног живота. Позиције тачака се користе приликом израде топографских карата и дигиталних модела терена, за различита геодетска и геофизичка изучавања и мјерења, припрему и израду база података као основа за многе сервисе (нпр. *Google Earth*), навигацију и др. Приликом избора методе којом ће се прикупљати ови подаци, неопходно је водити рачуна о многим факторима, попут: потреба за које се врши прикупљање података и неопходне детаљности, времена за које је потребно извршити прикупљање података и са којом тачношћу, што је у неким случајевима и најважнији фактор. Како би се испратили захтјеви тржишта у погледу економичности, тачности и времена, било је неопходно креирати систем који ће успјешно одговорити на све захтјеве. Развој савремених технологија и софтвера, првенствено на пољима интеграције података, развоја база података и преноса података на даљину умногоме је олакшао остваривање овог циља и омогућио је прикупљање великог броја података за веома кратко вријеме. Дигитализацијом је омогућена ефикасна и једноставна обрада, анализа и интерпретација података [7].

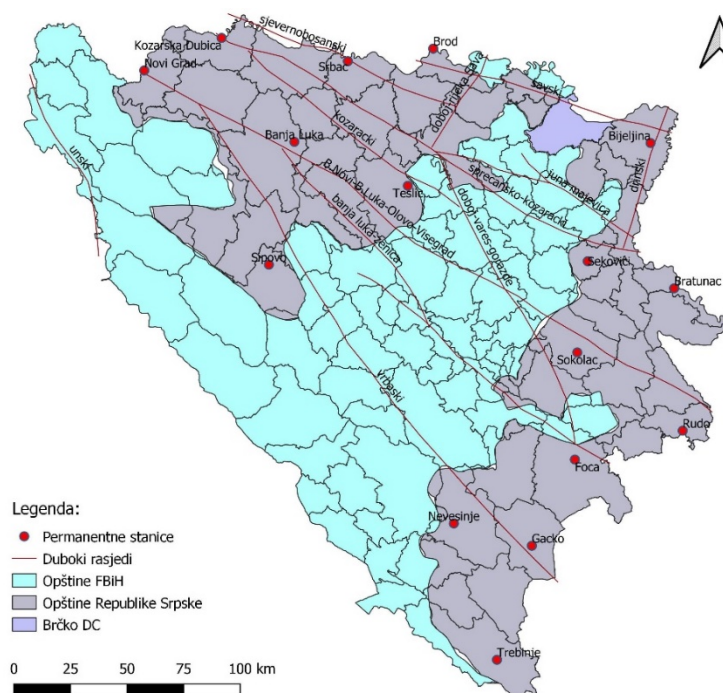
### 2.2.2. SRPOS мрежа перманентних станица

Мрежу перманентних GNSS станица у БиХ чине двије мреже (SRPOS мрежа за територију Републике Српске и FBiHPOS мрежа за територију Федерације БиХ), које су под надлежношћу двије различите управе, али се у свом раду допуњују и чине компактан систем.

Тренутно су у мрежу перманентних GNSS станица на нивоу Федерације БиХ укључене 34 станице, од чега се 18 налази на територији Федерације БиХ, 13 на територији Републике Српске и 2 на територији Хрватске [11]. Мрежа перманентних станица Републике Српске (SRPOS) тренутно укључује 44 перманентне станице, и то 23 на територији Републике Српске, 12 на територији Федерације БиХ, 4 на територији Србије, 2 на територији Хрватске и 3 на територији Црне Горе.

Европски референтни систем, у којем су одређене координате перманентних станица SRPOS мреже, фиксиран је за стабилни дио Евроазијске плоче и коинцидира са Међународним терестричким референтним оквиром у епохи 1989.0, а у складу са усвојеном епохом назива се ETRS89 (енг. European Terrestrial Reference System 1989). Могуће је низ реализација ETRS89 система у односу на изабрани ITRF оквир, а као коначни референтни оквир у којем су израчунате координате перманентних станица SRPOS и FBiHPOS мреже, изабран је ETRF2000, за епоху 2011.307, и ове координате представљају положај перманентних станица у ETRS89 референтном систему.

За потребе овог рада кориштено је 16 перманентних станица SRPOS мреже које су биле доступне за период од априла 2015. године до марта 2016. године. На слици је приказан просторни распоред кориштених перманентних станица SRPOS мреже у односу на дефинисане дубоке расједе на територији Босне и Херцеговине Слика 1.



Слика 1. Просторни распоред кориштених перманентних станица SRPOS мреже и дефинисаних дубоких расједа

### 3. РЕЗУЛТАТИ НУМЕРИЧКИХ ИСТРАЖИВАЊА

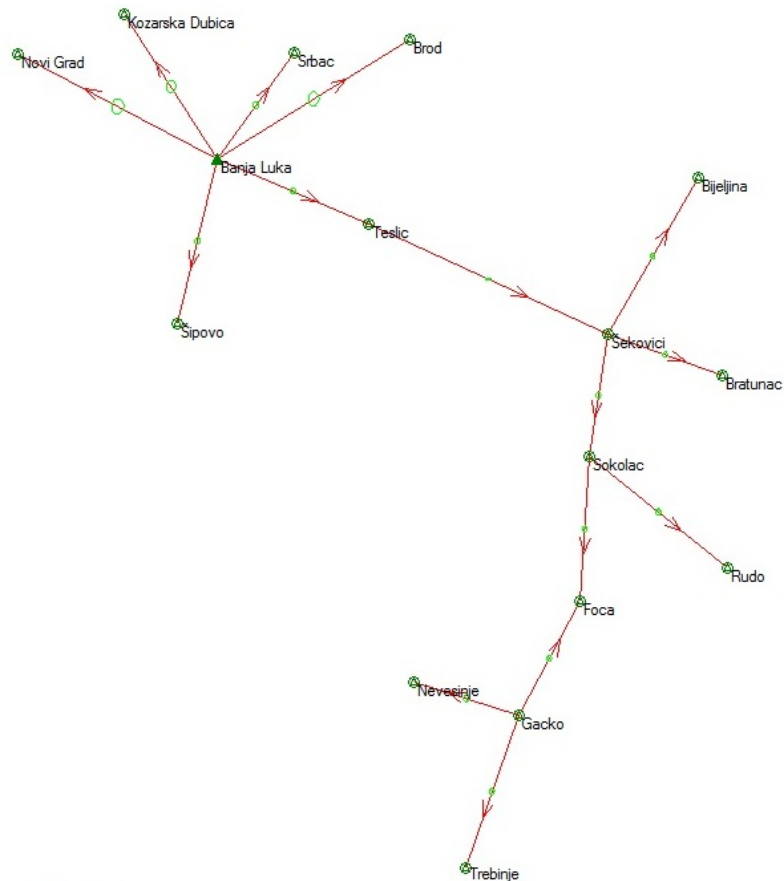
Математичка обрада резултата мјерења спроведена је у интегрисаном софтверу *Leica Geo Office* [9]. Овај софтвер је једноставан за преглед, процесирање, оцјену квалитета и чување података. У првом кораку овог рада увезени су преузети RINEX подаци и извршена је провјера свих података. Затим су увезене публиковане прецизне ефемериде. Након тога обрађене су базне линије (вектори), на основу унапријед дефинисаног плана опажања. У току обраде провјерено је да ли су за све векторе ријешене фазне неодређености, то јест да ли су за све векторе добијена фиксна рјешења. Укључивање публикованих прецизних ефемерида спроведено је у циљу добијања што квалитетнијих и тачнијих резултата изравнања. Комерцијалне и прецизне ефемериде се разликују. Комерцијалне ефемериде су доступне у реалном времену и рачунање сателитских координата из комерцијалних ефемерида се аутоматски врши у сваком GPS пријемнику. Оне су саставни дио навигационе поруке и садрже податке о Кеплеровим елементима и њиховим временским промјенама. Прецизне ефемериде нису доступне у реалном времену и неопходно је њихово накнадно преузимање. Разлог за то лежи у чињеници да се одређују као дио рјешења глобалне IGS мреже сталних GPS станица. Подаци који су садржани у прецизним ефемеридама су координате сателита и стање часовника у интервалима од 15 min. Узимајући у обзир међусобне удаљености између перманентних станица предметне мреже које су  $\sim 50$  km, у поступак изравнања мреже укључене су публиковане прецизне ефемериде за период од годину дана и шест мјесеци (три мјесеца прије и три мјесеца послје за период истраживања).

Примјеном методе најмањих квадрата LSM (енг. *Least Squares Method*) добијени су резултати изравнатих базних вектора, односно, њихове изравнате компоненте као и варијансе и коваријансе Слика 2.

Резултати изравнања представљају највјероватније вриједности координата тачака. Што је већи број мјерених величина, то је већа вјероватноћа да се добију координате блиске тачним вриједностима.

У другом кораку приступљено је фиксирању положаја и висине перманентне станице Бања Лука, чије су координате преузете са портала Републичке управе за геодетске и имовинскоправне послове Републике Српске [10]. Мрежа је изравната са датумом дефинисаним у тој тачки. Укупно је изведено 50 изравнања на седмичном нивоу (за период од априла 2015. године до марта 2016. године), кориштењем једнообразног математичког модела.

Анализа резултата је изведена на основу добијених извјештаја изравнања. У извјештају изравнања представљена су три теста W-тест, T-тест и F-тест. F-тест представља глобални тест модела и служи за тестирање нулте хипотезе  $H_0$  примјеном а-постериори фактора варијансе и а-приори фактора варијансе. Постоје три основна разлога усљед којих F-тест може бити одбачен: велике грешке у опажањима, неадекватан математички модел изравнања и неадекватан стохастички модел изравнања. Уколико F-тест није задовољен, потребно је пронаћи узрок. Узрок се открива примјеном W-теста, односно *datasnooping* теста. F-тест је мање осјетљив на грешке у појединим мјерењима, па се из тих потреба примјењује W-тест, како би се откриле евентуалне грубе грешке мјерења. Битно је истаћи да W-тест тестира појединачна мјерења, тестирају се компоненте dx, dy, dz, а за тестирање базне линије као цјелине, користи се вишедимензионални T-тест.



Слика 2. Изглед формиране мреже након извршеног процеса изравњања

Уколико нека од мјерења не задовољавају статистичке тестове, није препоручљиво одбацити њихове резултате. Један од сценарија је да се искључи опажање или поново измјери критично опажање. При томе, такође треба провјерити унесене висине антена и њихове мјерене вриједности.

### 3.1. ДЕФИНИСАЊЕ РЕГРЕСИОНЕ ПРАВЕ

Након утврђивања чињенице да се све перманентне станице, које чине предметну мрежу, налазе у 33. и 34. зони UTM (Universal Transverse Mercator) пројекције извршена је трансформација координата из геоцентричног координатног система WGS84 у координатни систем UTM пројекције (Easting, Northing) за свих 50 недјеља.

Линијски размјер дуж средњег меридијана зоне UTM износи  $m_0 = 0.9996$ . Централни меридијан за 33. зону је  $L_0 = 18^\circ$  и за 34. зону је  $L_0 = 21^\circ$ . Помоћне величине за конвертовање геодетских координата  $B$  и  $L$  у координате  $E$  и  $N$  у равни UTM пројекције одређују се на основу сљедећих израза [8]:

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}; e' = \sqrt{\frac{a^2}{b^2} - 1} \quad (1)$$

$$A = (L - L_0) \cos B; T = \tan^2 B; C = e'^2 \cos^2 B \quad (2)$$



$$V = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{\frac{1}{2}}} \tag{3}$$

$$M = a \left[ \left( 1 - \frac{1}{4}e^2 - \frac{3}{64}e^4 - \frac{5}{256}e^6 \right) B - \left( \frac{3}{8}e^2 + \frac{3}{32}e^4 + \frac{45}{1024}e^6 \sin 2B \right) + \left( \frac{15}{256}e^4 + \frac{45}{1024}e^6 \sin 4B \right) - \frac{35}{3072}e^6 \sin 6B \right] \tag{4}$$

$$y' = V \left[ A + (1 - T + C) \frac{A^3}{6} + (5 - 18T + T^2 + 72C - 58e'^2) \frac{A^5}{120} \right] \tag{5}$$

$$x' = M + V \tan B \left[ \frac{A^2}{2} + (5 - T + 9C) \frac{A^4}{24} + (61 - 58T + T^2 + 600C - 330e'^2) \frac{A^6}{720} \right] \tag{6}$$

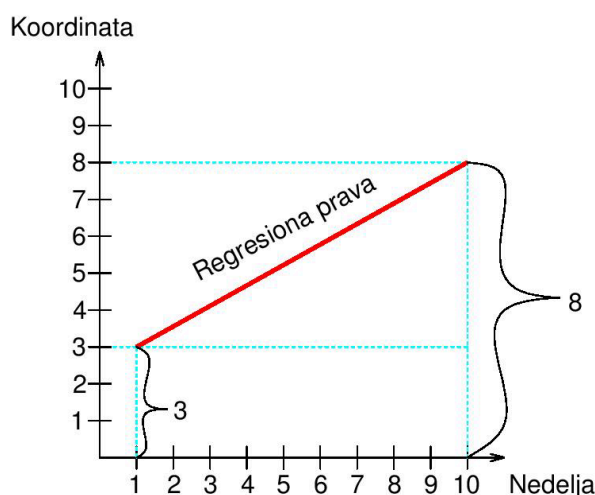
$$E = y' m_0 + 500000 \tag{7}$$

$$N = x' m_0 \tag{8}$$

Како би се боље уочило помјерање по координатним осама за сваку перманентну станицу у току 50 недјеља, извршено је одузимање константне вриједности за сваку координатну осу, појединачно за сваку перманентну станицу.

Разлог због којег је приступљено примјени линеарне регресије, односно дефинисању регресионе праве, јесте чињеница да је ово један од начина за дефинисање правца на начин да је сума квадрата удаљености између појединачних положаја перманентних станица и тачака на правој минимална. Дефинисањем једне овакве праве уочавају се појединачна одступања у положају по координатним осама за сваку перманентну станицу у току 50 недјеља.

Са циљем одређивања вектора помјераја за сваку перманентну станицу, извршено је читавање вриједности почетне и крајње тачке регресионе праве Слика 3.

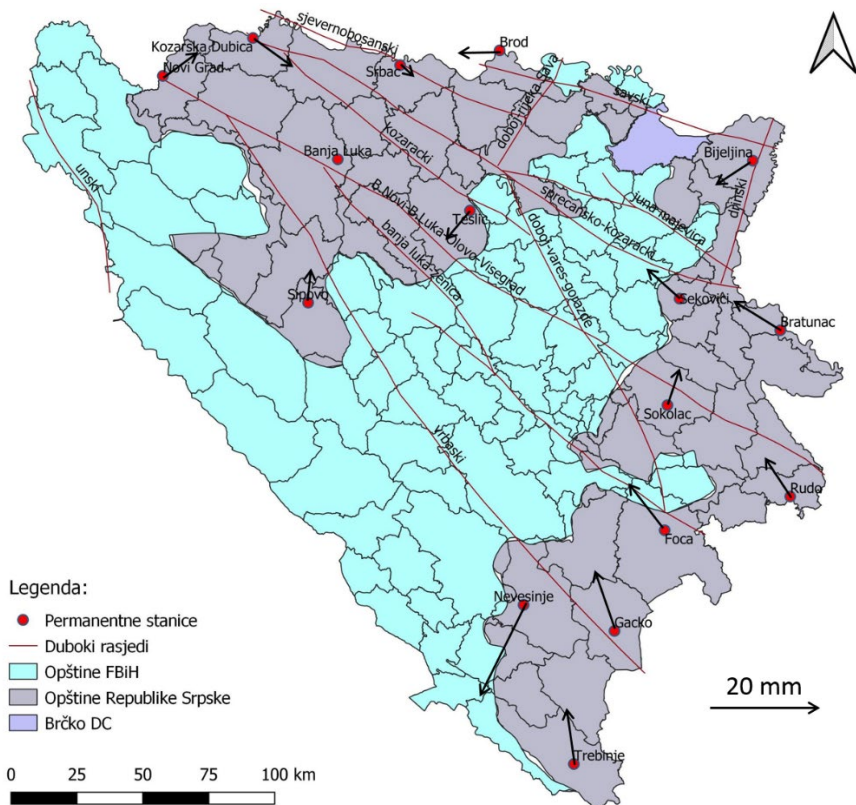


Слика 3. Одређивање вектора помјераја за перманентну станицу

Одређени интензитет, правац и смјер вектора помјераја за све перманентне станице приказани су у Табели 1, а графички приказ представљен је на Слици 4.

Табела 1. Прегледна табела са интензитетом, правцем и смјером вектора помјераја за перманентне станице

Перманентна станица	Интензитет вектора помјераја [mm]	Смјер вектора помјераја
Нови Град	5,28	сјеверо-исток
Србац	0,71	југоисток
Шипово	1,81	сјевероисток
Теслић	2,13	југозапад
Козарска Дубица	4,75	југоисток
Брод	3,81	југозапад
Бијељина	5,37	југозапад
Шековићи	5,38	сјеверозапад
Братунац	9,10	сјеверозапад
Соколац	5,25	сјевероисток
Рудо	8,73	сјеверозапад
Фоча	9,98	сјеверозапад
Гацко	14,09	сјеверозапад
Требиње	8,77	сјеверозапад
Невесиње	22,82	југозапад



Слика 4. Графички приказ вектора положаја за сваку перманентну станицу у односу на дубоке расједи БиХ

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Републичка управа за геодетске и имовинскоправне послове Републике Српске је у склопу пројекта ViNPOS успоставила националну мрежу GNSS перманентних станица за реализацију позиционог система SRPOS. Систем је конципиран да уз помоћ сателитских позиционих система осигура врло високу тачност одређивања положаја тачака и то уз што мањи утрошак времена и уз што мања финансијска средства.

Основни циљ овог рада је био испитати стабилност SRPOS система, утврдити могућност његове примјене за потребе истраживања геодинамичких помјерања као и дјеловање регионалних расједа на стабилност мреже перманентних GNSS станица. Испитивање је извршено за период од 20.4.2015. године до 31.3.2016. године на седмичном нивоу за укупно 50 недјеља. Анализирајући резултате добијене у склопу овог истраживања, закључује се да долази до одређених помјерања перманентних станица и промјене њиховог положаја. Одређени интензитет, правац и смјер вектора помјераја за све перманентне станице указују на чињеницу да се оне крећу различитим интензитетима и у различитим смјеровима у распону од 0.71 mm (перманентна станица Србац) до 22 mm (перманентна станица Невесиње).

Перманентна станица у Бањој Луци је кориштена као референта, за њу се везао цијели модел и за њу није дефинисана стабилност. Она се налази на тремеђи три дубока расједа, те се препоручују додатна испитивања њене стабилности. Појас перманентних станица: Требиње, Гацко, Фоча, Рудо, Братунац и Шековићи, се креће у смјеру сјеверозапада и оне су приближног интензитета. Ова помјерања су у корелацији са кретањем великог расједа Земљине коре на територији Босне и Херцеговине, који се протеже од територије сјеверне Индије (подручје Хималаја), преко територија Ирана, Турске и Грчке (источни Медитеран), те прелази јужним дијелом територије, гдје скреће ка сјеверозападу.

Перманентна станица Невесиње са највећим интензитетом вектора помјераја у смјеру југозапада указује на могућ процес сучељавања Врбаског расједа са Јадранском микроплочом, која може да доведе до појачаних сеизмичких догађаја на том подручју.

Перманентне станице Брод, Теслић и Бијељина се крећу у смјеру југозапада и приближно су интензитета вектора помјераја и образују подручје истог тектонског обрасца.

Између перманентних станица Теслић и Соколац се налази расјед Босански Нови-Бања Лука-Олово-Вишеград који пролази кроз општину Нови Град гдје се налази перманентна станица. Перманентне станице Нови Град и Соколац се помјерају у смјеру сјевероистока, док се перманентна станица Теслић креће у супротном смјеру у односу на њих у смјеру југозапада. Ово указује на сучељавање расједа и могућност појаве сеизмичких догађаја, што је евидентирано скорашњим земљотресима на територији Босне и Херцеговине 15. августа (Горња Бреза М2.9 и Бања Лука М2.8) и 16. августа (Какањ М3.4) 2020. године.

Коначно, може се закључити да су велике могућности и предности овакве врсте анализе геодинамике, али свакако да би у сврху прецизнијих и поузданијих мјерења, било неопходно извршити постављање додатних перманентних GNSS станица на чврсте подлоге (чврсте стијене). За овакав вид свакодневног праћења и анализирања, неопходно је остварити сарадњу са Републичким хидрометеоролошким заводом Републике Српске, под чијим окриљем је сектор за сеизмологију, и формирати адекватан тим стручњака.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Ward, "On the consistency of earthquake moment rates, geological fault data, and space geodetic strain: the United States", *Geophys Journal International*, vol. 134, стр. 172–186, 2002
- [2] C. Kreemer, W. E. Holt, S. Goes, R. Govers, "Active deformation in eastern Indonesia and the Philippines from GPS and seismicity data", *Journal of Geophysical Research*, vol. 105, стр. 663–680, 2000
- [3] F. Masson, J. Chery, D. Hatzfeld, J. Martinod, P. Vernant, F. Tavakoli, M. Ghafory-Ashtiani, "Seismic versus aseismic deformation in Iran inferred from earthquakes and geodetic data", *Geophys Journal International*, vol. 160, стр. 217–226, 2005
- [4] S. Rontogianni, "Comparison of geodetic and seismic strain rates in Greece by using a uniform processing approach to campaign GPS measurements over the interval 1994–2000." *Journal of Geodynamics*, vol. 50, стр. 381–399, 2010
- [5] G. Seeber, *Satellite Geodesy*. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG., 2003.
- [6] Д. Благојевић, Увод у сателитску геодезију. Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2014, стр. 8–9.
- [7] Т. Кузмић, В. Булатовић. "CORS перманентне станице", Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2015.
- [8] S. Radojčić, " Transformacija koordinata između Gaus-Krugerove i svetske poprečne Merkatorove projekcije", *Vojnotehnički glasnik*, vol. 4, стр. 89–95, 2008.
- [9] "Leica-geosystems" Интернет: <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/software/leica-geo-office> [08.08. 2020].
- [10] "Spider Business Center" Интернет: <http://www.srpos.rgurs.org/SBC/spider-business-center> [08.08. 2020].
- [11] "Федерална управа за геодетске и имовинско правне послове" Интернет: <http://fgu.com.ba/sr/novosti-pregled/nadograda-i-modernizacija-mreze-permanentnix-gnss-stanica-federacije-bix-fbixpos.html> [10.08. 2020].