

Приноси и свързаните с тях публикации

Изследване и анализ на съвременни движения на земната кора на територията на България

- 1. Определени са движенията на блокови структури за територията на България на базата на изследване и анализ на GPS измервания. Изведено е поле на хоризонталните скорости за територията на България от GPS данни. [5], [7], [9], [8] [10]***

Настоящото изследване е фокусирано върху използването на GPS данни от наличните перманентни GNSS станции на територията на Балканите, свободно предоставящи и разпространяващи информация. Използвайки скоростите и координатите на GPS станциите получени при обработката на тези данни, се оценява Ойлеровия вектор на ротация по методът на най-малките квадрати. За определяне на Ойлеровите параметри се приема групи от GPS станции като стабилна. Няколко различни полюси на ротация са били оценени, за да се тества предложени кинематичен модел за територията на България. Направен е преглед на геоложката информация и са описани основните разломни структури в района на България. Представеният скоростен градиент ясно показва увеличаване на преместванията от север на юг. Полученото поле на скоростите от GPS станции, за територията на България е анализирано и дискутирано в контекста на тектонични блокови модели. Хоризонталните скорости на север от Стара планина, потвърждават предположението, че територията на Северна България е част от Евроазиатската плоча. Резултати показват, че югозападна България се премества от север на юг със скорост спрямо Евразия, постепенно увеличаваща се от 1.5-2 mm/год., като относителните скорости в Гърция достигат до 10mm/год.

Изследване на геодинамиката на Балканския полуостров.

- 2. Определени са границите на тектонски зони за територията на България и Северна Гърция от обработка и анализ на GNSS данни, [14],[17], [11], [20], [27], [28].***

На базата на оценки на Ойлеровите относителни ротационни вектори и Ойлеровият полюс по отношение на Евроазиатската стабилна плоча са изведени три микроплочи за територията на България, които съответстват много добре на тектонската обстановка на територията на страната. GPS данните от 26 (36) GNSS перманентни станции на територията на България и от съседни страни са обработени, като координатите и скоростите на станциите са оценени в система ITRF2005 (TRF2008) и са трансформирани в ETRF2000. Няколко групи относителни ротационни параметри и Ойлерови полюси са оценени чрез изравнение по метода на най-малките квадрати на базата на получените ETRF2000 координати и скорости за съответни конфигурации от GNSS перманентните станции. Анализът на оценените Ойлерови параметри потвърждават предположението, дадено и от други изследователи, че Мизийската платформа принадлежи към Евроазиатската плоча. В това изследване са изведени две други микроплочи :първата обхващаща Маришкия басейн, а втората – областта, принадлежаща към Егейската екстензионна зона. Открива се завъртане по посока обратна на часовата стрелка на зоната

Марица, което съответства на тектонската характеристика на тази област. Поведението на станциите на Северна Гърция потвърждава, че те принадлежат към Егейската екстензионна зона. GNSS станциите включени в това изследване са равномерно разпределени по цялата територия на България, но една по-гъста мрежа от точки би допринесла за по-точно установяване и потвърждаване на преходните зони

Изследване на деформации и движения на земната кора, от техногенен характер.

3. Определени са скоростите на преместване чрез комбинирано изравнение на класически и GPS измервания за района на Провадия. Представен е деформационен анализ. [2] [12]

За мониторинг на движенията и деформациите на земната кора в района на Мировското солно находище е изградена локална геодезическа мрежа. При обработката на данни за няколко епохи измервания е приложен математически модел за комбинирано изравнение на класически и GPS измервания, които включват: хоризонтални посоки, дължини, превишения, астрономични азимути и GPS наблюдения. На основата на получените оценки за координатите и ковариационните матрици са определени скоростите на преместване на точките. Представени са методи за определяне на компонентите на деформация на пространствено ориентирани триъгълници. Определени са главните оси на деформация, както и ъгли, площи и срязващи деформации. Резултатите от получените относителни деформации са били анализирани и е извършено математическо-геометрично тълкуването. Предложени са области на разтягане (разширение) и компресия. Направен е графичен анализ и сравнение на получените резултати и обосновка на необходимостта от редовно проследяване на геодинамичните процеси за контрол на повърхностните движения и изменения. Анализът на резултатите от обработката дават доказателство за активност на земната кора в района и потвърждават, че методът е подходящ за определяне на техногенни движения на земната

4. Определени са деформациите на земната кора от антропогенен характер в района на Мировското солно находище, чрез използване на InSAR метод. При извършеното им сравнение с резултатите, получени от геодезическите измервания, е установена съпоставимост по двата метода. [18], [19], [25]

Представените резултати, получени при обработката на SAR изображения, са насочена към откриване на деформации на земната кора.

Цел на изследването е да се предложи точен и надежден метод за регистриране на вертикални и хоризонтални движения на земната кора, позволяващ регулярен мониторинг през кратки интервали от време (около 3 месеца) и допълващ информацията, получавана от геодезически, сеизмични и друг тип наблюдения. Конкретната задача е, прилагайки DInSAR метода, да се установи степента на антропогенно въздействие в района на Мировското солно находище. Приложеният метод, показва търсените качества, които бяха потвърдени от резултатите след неговото прилагане, върху три набора SAR данни, получени през 2016 година. Допълнителна мотивация за провеждане на изследването е и фактът, че в този район деформационните процеси са предмет на изследване през последните 30 години и е възможно да се направи сравнение с данни от продължителен период. Сравнението на получените резултатни интерферограми по метод DInSAR и данните от геодезическата мрежа илюстрират добро съответствие между регистрираните премествания на референтните обекти по земната повърхност. Това ни дава основание да предложим използването на тази технология, даваща възможност на всички заинтересовани

страни да откриват и да наблюдават различни видове премествания и непрекъснати малки движения като бавно потъване, свлачищни процеси, приплъзване или повреди в антропогенни обекти. Още един резултат получен в рамките на това проучване следва да се подчертае – оказва се, че количествените и качествените характеристики на района на изследване се променят постоянно, което означава, че е възможно характерът на процесите на деформация по отношение на интензивността им да търпи преразпределение и да не е постоянен във времето.

5. Регистрирани са районите с активни свлачища по Североизточното крайбрежие на България, чрез използване на DInSAR метод [21], [22], [24]

В изследването са използвани SAR данните от Sentinel-1A на ESA, за получаване на информация за протичащите процеси на деформация на земната кора по Североизточното крайбрежие на България. Избрани са възходяща орбита на спътника, тъй като повечето от очакваните земни движения са предполага се, че има източна посока. Формирани са три интерферометрични двойки. Получените окончателни резултати са под формата на интерферограми, които са свидетели на движенията на земната кора и могат да бъдат използвани за определяне на области, които се нуждаят от по-подробни проучвания. По този начин използваният метод осигурява ефективен от гледна точка на разходите начин за редовен мониторинг на изследваните обекти и може да предостави допълнителни данни при актуализирането на тематичните карти за свлачищата. [22]

Изследването на свлачищния район около Кранево бе предизвикано от необходимостта за мониторинг в района на резерват "Балтата", община Балчик, покриващ най-ниския поток на река Батова. На юг областта на изследване обхваща Златни пясъци а на север нос Калиакра. Оценени бях геоложките и сеизмичните характеристики на района. Създадени бяха интерферограми и карти на вертикалните и хоризонталните движение, получени от SAR изображения, съответстващи на свлачища регистрирани от МРРБ.[21]

Свлачище "Трифон Зарезан" е една от добре проучените в райони на север от Варна. То е регистрирано през 1998 г. и наблюдавано от тогава, но поради разширяване на строителните дейности и липсата на канализационни съоръжения през 2005 г. показва силно активиране, сериозно увреждащо панорамния крайбрежен път, останал затворен до наши дни. В рамките на това проучване са използвани два източника на данни - три цикъла ГНСС измервания и SAR данни от Sentinel-1. Основната цел на изследването е да съчетае предимствата, които предлага и двата източника на данни, за да се изготвя редовно актуализирана информация за целия район на свлачището. ГНСС данните са прецизни, но не могат да бъдат осигурени в гъста мрежа, докато SAR данните обхващат цялата област, но липсват висока пространствена разделителна способност, което е недостатък в случай на изследване на малки райони като този. Въз основа на резултатите може да се направи заключение, че и двата източника на данни предоставят информация, потвърждаваща цялостното поведение на изследвания феномен за съответния период от време. [24]

6. Изследвано е влиянието на различни ЦМТ (DEM) върху качеството на резултатите след прилагане на InSAR за определяне движения на земната кора в районите на Баня и Провадия [23].

Един от ключовите входни параметри при получаването на крайни продукти от SAR данните е ЦМТ (DEM-а), използван по време на тяхната обработка. Това е вярно, особено когато InSAR методът, трябва да се прилага, за изследване на бавни движения на земната кора. Повечето от ЦМТ (DEM-ове), използвани в софтуера за обработка на SAR данни като SRTM или ASTER се получават от същия тип инструменти (спътникови наблюдения) и

представят някои несъответствия с информация за височината, придобити чрез нивелация или други геодезически измервания. Това е мотивацията за започване на това изследване - да се докаже необходимостта от създаване и използване на локален DEM в обработката на SAR данни за малък район и да се провери каква е величина на несъответствие между крайните InSAR продукти в двата случая, когато са използвани SRTM / ASTER и местни ЦМТ. В хода на това проучване бяха разгледани две референтни зони - село Банкя (кв. Градоман) близо до София и Мирowo (Провадия). Причината, поради която тези области бяха избрани, се състои в големия брой свлачища, регистрирани и контролирани от компетентните органи в споменатите райони. Значението на получените резултати се виждат от факта, че и двата обекта, които използвахме, са включени като референтни в Проектът PanGeo, финансиран от ЕС, който се занимава с предоставянето на информация относно геоложката нестабилност на земната кора в райони, предразположени към провадания от естествен или изкуствен произход. По време на това изследване се използват два локални DEM-а получени от ортофото, ГНСС и геодезически измервания.

7. Картирани са водни тела и е определено съдържанието на почвената влага в рисковите райони от Северозападна България с активни свлачищни процеси въз основа на SAR данни. [29] [30]

Влиянието на водното ниво на р. Дунав и неговите притоци са един от ключовите фактори за развитието на свлачища в северозападната част на България. Специфичната геоложка обстановка е оценена за района, който се проучва от гр. Видин до гр. Никопол, където има голям брой свлачища, които са активни и стабилизиращи, формирайки една почти непрекъсната линия. Повечето от свлачищата в района са в крехко равновесие, което често се губи при увеличаването на количеството повърхностни и подземни води, които се считат за основна причина за това. В рамките на това изследване са използвани данни от SAR от мисията Sentinel-1 на ESA за наблюдение на формата на водните тела и нивото на почвената влага, за да се използва тази информация като индикатор за възможни свлачищни дейности. За някои от свлачищата, в района (гр. Лом, гр. Оряхово), са създадени интерферометрични карти, за да се оцени повърхностната деформация и за същите дати са картографирани водните площи и е оценена влажността на почвата. Представени са резултатите от тяхното комбиниране в ГИС формат и е използвана допълнителна информация от геоложки и хидроложки карти, за да се допълни изследването.

8. Предложен е глобален модел описващ движението на тектонските плочи от SLR данни. [26]

Различните глобални и сферични параметри са оценени, чрез анализиране на (SLR) данните от геодинамичните спътници Lageos 1 за периода април 1984 – декември 2011 г. и Lageos 2 за периода януари 1993 - декември 2011 г. SLR данните са събрани от 113 глобално разпространени станции и са обработени и анализирани със софтуера SLRP (Satellite Laser Ranging Processor), разработен в департамент "Геодезия" на Националния институт по геофизика, геодезия и география. Оценените глобални параметри включват координатите на всички станции и скоростите на 98 от тях. Скоростите на станции се използвани, за да се определи движението на глобалните тектонски плочи, прилагайки модела на Ойлер. Ъгловите скорости и ротациите на плочите Евразия, Северна Америка, Южна Америка, Африка, Австралия и Тихоокеанския басейн се определени и сравнени с други решения.

9. *Анализирано е движението на геоцентъра и неговото влияние върху изменението на координатите и скоростите на GNSS станции. [6]*

Анализирани са различните геофизични хипотези за движението на центъра на Земята и са установени систематични разлики в абсолютните скорости на точки от територията на България, при използване на геодезически и геофизични модели. Промяна в скоростта на центъра на Земята от 1mm/уг, обикновено води до промяна в ъгловата скорост на тектонските плочата с 0,012°/Муг. Вариациите на амплитудата и фазата на сезонните колебания на геоцентъра се състоят от предимно линейни изменения с продължителност от 2 до 6 години, прекъсванията на които се дължат на значими геодинамични явления.

10. *Предложена е методика за определяне на елипсоидната височина на недостъпна точка, базирана на комбиниране на GPS измервания и тригонометрична нивелация. [16]*

Представен е метод за определяне на елипсоидната височина на недостъпна точка, свързан с практическото приложение в контекста на изпълнението на проблем. За целта се използват геодезически измервания на точки от опорната прецизна геодезическа мрежа, създадени в процеса на изграждане и изпитване на инженерната конструкция. Географските координати, отнасящи се до координатната система WGS84 (B, L, h) и височина Н в балтийската система, се определят за всяка точка от опорната мрежа. Височината на недостъпната точка - върхът на най-високия елемент на сградата (антена - фар, маяк) се определя чрез многократна тригонометрична нивелация, базирана на точките на геодезическата мрежа. Сложността при определяне на елипсоидалната височина на недостъпна точка се дължи на неспособността на GPS приемника да бъде поставен в тази точка. Елипсоидната височина на антената е определена въз основа на осреднената изведена геоидна височините (квазигеоида) и височината от тригонометричната нивелация.