

Справка за приносите и свързаните с тях публикации

1. Мониторинг на свлачищни процеси по Северното Черноморие на България

Прилагането на съвременни технологии за наблюдение значително улеснява мониторинга на деформационните процеси дължащи се на активирането на свлачища. Получените резултати от съвместно използване на данни от GNSS (глобален навигационни сателитни системи) и SAR за мониторинг на свлачища в Северното Черноморие на България показва висока надеждност. При сравнение между различните методи за мониторинг със сигурност е трудно да се избере само един подход, но комбинацията от прецизни GNSS измервания, допълнени от свободно достъпни SAR данни и резултати от фотограметрично заснемане с БЛС, в значителна степен подобряват крайния резултат. Проведените изследвания даказаха потенциала и възможностите на времеви редове от обработени сателитни SAR данни за наблюдение и изследване деформациите на земната повърхност, както и за определяне на техните времеви вариации по визирна линия (LOS) със сантиметрова точност. Повърхностните деформации, получени от сателитни данни, изискват прецизни изчисления и допълват теренните измервания и биха могли да ги насочат, но не и да ги заменят. Друго предимство на метода на диференциалната интерферометрия (DInSAR) е, че позволява получаване на информация за поведението на големи площи, без да е необходимо скъпо оборудване и сериозни човешки усилия. [B.4.10]

1.1. Създаден е локален архив от около 500 SLC изображения от управляваната от ЕКА мисия Sentinel-1 от началото на 2015г. до момента.

В този архив са включени данни от възходящи и низходящи сателитни орбити с цел увеличаване надеждността на информацията, получена от SAR данните. Поради наличието на значителна растителност в изследваните райони, която е един от факторите, увеличаващи декорелацията по време на обработката по метод DInSAR, са обработени предимно сцени от есенно-пролетен интервал. Получени са интерферограми за 2, 4, 8 месеца, 1 година, както и при внезапно активизиране на свлачищни процеси. Създадени са и времеви редове през 12 или 24 дена като се използва метода за най-къса базисна линия.

1.2. Създадена е растерна карта на концентрацията на деформации на земната кора по данни от получените интерферограми за района на Северното Черноморие.

На базата на тази карта, полеви измервания и архивни данни от Геозащита ЕООД, са подбрани 4 района за изследвания: свлачище “Трифон Зарезан“, свлачищен циркус “Дългия Яр”, свлачище „Фищ-Фиш“ и свлачище пред Голф Клуб „Тракийски скали“.

1.3. Създадени са карти на преместванията за Северното Черноморие на България базирани на времевите серии за периода 2015–2022 г. за следните обекти – свлачище “Трифон Зарезан“ [B.4.14], [Г.8.1.], [Г.8.8.]; свлачищен циркус "Дългия Яр"[B.4.13.], [B.4.6.], [Г.8.4.], [Г.8.6], [Г.8.7.]; свлачище „Фищ-Фиш“ [B.4.1.] и свлачище пред Голф Клуб „Тракийски скали“ [B.4.4], [B.4.15], [Г.8.5.], [Г.8.7.], [Г.8.16].

Обобщено е прилагането на метода DInSAR за картографиране на активни свлачища в България, като са анализирани неговите възможности и перспективи [Г.8.9]

1.4. Предложена е методика за наблюдения на деформационни процеси въз основа на GNSS измервания. Геодезическите геодинамични мрежи, създадени за наблюдение на деформации (в частност свлачищни процеси), се състоят най-общо от два вида точки – контролни точки, разположени върху стабилен терен и точки за наблюдения, разположени в и около деформационната зона (напр. свлачищно тяло). Нововъведение

е, че данните за стабилните точки, разположени в недеформираната зона, се предоставят от една от перманентните GNSS мрежи. В България съществуват 3 частни перманентни GNSS мрежи предоставящи данни 24/7 и Националната GNSS мрежа подържана от НИГГГ-БАН, създадени за геодезически приложения с висока точност. Използвани са данни от някои перманентни станции от националната GNSS мрежа на НИГГГ-БАН.[B.4.16.]

Ново изградените локални мрежи се намират вътре в конкретното свлачище и са измерени в три цикъла в статичен режим.. Създадени са две локални геодеинамични мрежи: първата GNSS мрежа, обхваща свлачищната зона пред голф клуб „Тракиски скали“ и в нея са включени 10 стабилизиращи точки [B.4.10],[B.4.15], а втората е изградена в района на свлачищен циркус „Дългия Яр“ – „Фара“ и се състои от 30 стабилизиращи точки. GNSS измерванията са извършени с 2 приемника на тип СНС i80 GNSS с хоризонтална точност $2,5 \text{ mm} + 0,1 \text{ ppm RMS}$ и вертикален $3,5 \text{ mm} + 0,4 \text{ ppm RMS}$ и е приложен статичен режим. GNSS данните са обработени с помощта на софтуера "СНС Geomatics Office 2" и са определени преместванията в GNSS точките разположени в двете свлачища .

За съпоставка на получените резултати и тестване на внедрената методика беше извършена обработка на GNSS данните за свлачищен циркус „Дългия Яр“ използвайки GNSS данни за стабилните контролни точки от две станции (Варна, Крушарци) от перманентна GNSS мрежа на „Геовара“ [Г.8.4.], [B.4.13]

1.5. Картографиране на свлачища по Северно Черноморие на България чрез приложение на безпилотна летателна система (БЛС).

Извършено е въздушно заснемане с БЛС на свлачище „Тракийски скали“, с помощта на БЛС технология приложима за картографиране на площи от земната повърхност и създаване на цифрови модели на терена (DSM) на изследваната област. Изображенията от БЛС са геоориентирани и калибрирани с помощта на наземните контролни точки (GCP), измерени с RTK GNSS с точност до 1 cm, което позволява да се получат облаци от точки с висока разделителна способност, заедно с цифров модел на повърхността (DSM), ортофото и точно 3D представяне на обекти или повърхности. Възможността за наблюдение на много точки (пиксели), включително и целия обект и тяхното поведение във времето позволява разработването на модели на деформационните процеси, улеснявайки решаването на редица задачи за тяхното прогнозиране и намаляване на произтичащият от тях геохазарт. [Г.8.11] [B.4.10.]

За регистриране на настъпилите в последните години премествания на земната повърхност в района на свлачище „Фиш-Фиш“ бяха използвани два източника на данни - фотограметрични проучвания с БЛС и изображения от сателитнобазиран радар със синтезирана апертура (РСА). Свлачището е заснето чрез фотограметричен метод през юни 2019 и ноември 2020 г. и в резултат бяха създадени два цифрови модела на терена. Точността им позволи регистриране на повърхностните движения с висока пространствена разделителна способност, използвайки контролни точки разположени както вътре така и извън периметъра на свлачището. Сателитните данни от РСА са обработиха за същите периоди по DInSAR, в които бяха направени проучванията с БЛС. Резултатите от контролните точки за двата източника (БЛС и РСА) бяха сравнени и беше установена добра корелация между тях. Изготвена е карта на свлачищната зона, изобразяваща регистрираните премествания на земята за изследвания период.[B.4.9.], [Г.8.10.]

1.6. Създаване на тематична локална геобазаданни за инвентаризация, картиране и мониторинг на риска при свлачищни процеси

Целта е да предостави възможност за анализ и оценка на геопроцесите в свлачищен циркус „Дългия Яр“ [B.4.11.] и свлачище „Фиш-Фиш“. [Г.8.19.] Създадената геобаза

данни структурира събраната информация за опасни геопроцеси в споменатите район и ги въвежда в геоинформационна система (ГИС) среда. Целта е да улесни анализа на наличните данни от множество източници за тези свлачища и да ги интегрира с резултатите от регулярен мониторинг. В базите са включени интерферометрични изображения, данни от постоянни GNSS станции и от локални GNSS мрежи, сеизмични и геофизични данни, актуализирани геоложки карти и карти на риска от свлачищни процеси. Друг ключов елемент, използван за подобряване на крайните резултати от обработката на SAR данни и важна част от геобазата данни е прецизният цифров модел на релефа (DEM), който е с по-висока разделителна точност от тези с свободен достъп (напр. SRTM, EU-DEM). Така създадените геобазиданни са първа стъпка към разработване на регионален хиперкуб с данни. Реализираният подход за създаване на такава локална геобазиданни в ГИС среда осигурява възможност за интегриране и на нови геопространствени данни. [Г.8.19.]

2 Изследване на движенията на земната повърхност в Югозападна България на базата на сателит данни

Представена е една възможност за мониторинг на протичащите геодинамични процеси за район на Югозападна България, чрез допълващо използване на SAR и GNSS данни. GNSS данни от постоянни геодезически мрежи са използвани за валидиране на информацията, получена от SAR данните относно района на изследване. Проучването даде надеждни данни за текущи рискови геопроцеси за район на Югозападна България. Геодинамичните процеси и сеизмичната активност са счита се за основен двигател на хоризонталните и вертикални движения на земната кора на Балканите полуостров. Един доказан метод за непрекъснато мониторинг на земните деформации е използването на данни от дистанционно наблюдение. Тези данни са основа за получаване на интерферометрични изображения (ИФИ) и карти на количествена оценка на регистрираните движения на земната повърхност в рамките на фиксиран интервал от време. Създаден е набор от ИФИ

за района на изследване. Крайните продукти от обработката на DinSAR бяха карти на повърхностното преместване, показващи средната стойност в посока LOS за района около София и Югозападна България. Резултатите от DinSAR предоставят плътна пространствена информация само в незалесени области, докато в районите с голяма растителност, където кохерентността е ниска е направена интерполация. [В.4.17.]

2.1.Регистриране на земни движения на планински склонове

Изследвани са райони разположени от югозападния дял на Стара планина на около 30 км северозападно от София и са установени средногодишните стойности на премествания, базирани на времеви редове от SAR данни. Резултатите от есенно-зимните интерферометрични двойки показват добра корелация с премествания по протежение на изследвания склон със стойности от 0,08 м. Според трите най-близки GPS станции относителните скорости спрямо Евразийската плоча са с магнитуд 0,2-1,6mm/година в посока юг и 0,25-2,0 mm/година посока издигане. Тези точки се считат за стабилни и локално спрямо тях се определят движенията на земната кора. Надеждността на получените резултати е гарантирана от високите стойности на кохерентност, налични в зоните на югозападните склонове на Чепинската планина и рида Три-уши. Поведението на регистрираните земни движения във времето не е постоянно и се различава за всеки един от изследваните периоди. До този момент в изследвания район компетентните национални органи не са регистрирали активни свлачища [В.4.7.] По същата методика са регистрирани деформационни процеси локализирани в районите на сипеите по южните склонове на планина Витоша и са определени средногодишните им стойности на преместване. [В.4.3.]

3. Изследване на деформации на земната кора настъпили след земетресения в районите на сеизмични огнища на Балканския полуостров

Земетресенията са природно бедствие, причиняващо щети, които се измерват с човешки животи и разрушения на природни и инфраструктурни обекти. Важна задача след настъпване на подобно събитие е изготвянето на план за тяхното преодоляване, в основата на който са данни за състоянието на територията. Ценен източник на данни за текущото състояние на участъци от земната повърхност е програмата „Коперник“ на ЕС. Един от нейните компоненти е съставената от два сателита мисия Sentinel-1, които осигуряват данни от радар със синтезирана апертура (РСА). Благодарение на тях е възможно определянето на деформации на земната кора настъпили вследствие на земетресение. Изследвани са четири отделни събития, които ясно показват предимствата на избрания подход – възможност за оценка на настъпилите в резултат на събитието земни премествания на големи площи (повече от 200 km²), регистриране на сравнително малки премествания (~ 1 cm) и получаване на данни независимо от метеорологичните условия и в кратки интервали на повторно преминаване на сателита над един и същ район от Земната повърхност. Основна задача е да се установи величината на деформациите на земната повърхност и да се изготвят карти на преместванията. Въз основа на данни от EMSC за всяко конкретно събитие (от четирите) беше създаван кратък каталог на земетресенията с магнитуд по-голям от Mw 4 за период от две седмици преди и след всяко едно от събитията. Конкретните дати за тези каталози се подбираха в зависимост от наличието на използваните изходни данни от РСА. Данните от РСА бяха използвани за регистриране на настъпилите земни премествания посредством създаването на интерферометрични изображения, от които бе извлечена информация за причинените от земетресението пропадания и издигания. Определяни са настъпилите повърхностни деформации след земетресение на 25 октомври 2018 локализирано на около 45 km югозападно от **остров Закинтос** с Mw 6.8 и дълбочина 10 km [Г.8.17.]. На 20 юли 2017 г в близост до **остров Кос** стана земетресение с Mw 6.6 и дълбочина 2 км. Епицентърът на земетресението се намира в Егейско море, на около 1 km южно от необитаемия остров Караада, като засегнати са гръцкия остров Кос и гр. Бодрум в югозападната част на Турция. Създадени са карти на преместването и са определени стойностите на потъване на южната част на остров Караада в посока LOS от низходяща и възходяща орбити. [Г.8.3.] На 26 ноември 2019 в северозападната част на Албания се случи най-опустошителното земетресение за последните 40 години, което беше второто подобно събитие за период от три месеца и е локализирано на около 8 km североизточно от пристанищния **град Дуръс**. [В.4.8.],[Г.8.17.] Определяни са настъпилите повърхностни деформации след земетресение Mw 6.0, което се случи на 3 март 2021 г. на 20km северозападно от гръцкия **град Лариса** [В.4.12.],[Г.8.12.]

При изучаване на този тип събития в много редки случаи е възможно да се разграничат деформациите на земната кора настъпили вследствие само на основния трус от последвалите афтершокове. Обикновено използвайки приложения метод се регистрират сумарните изменения на земната кора за периода между две преминавания на сателитите, който за мисията Сентинел е минимум 6 дена. Единствено при земетресението в района на Лариса ясно се виждат настъпилите промени по земната повърхност изобразени в три интерферометрични кръга на северозапад от епицентъра които може да се обяснят с вторичния трус на 12 март с магнитуд 5.2 [Г.8.12.]

4. Оценка на земните деформации в градски и промишлени зони, инфраструктурни обекти и архитектурни паметници с помощта на времеви серии DinSAR

4.1. Използвани са кратки времеви редове от данни от сателитенобазирани радари със синтезирана апертура (РСА) обработени по метод DInSAR за регистриране на деформациите на терена в градската и индустриална зона в района на град Перник, където са разположени голям брой минни и промишлени предприятия, занимаващи се главно с производство и преработка на въглища и стомана, които са обслужвани от железопътни линии и магистрали. Някои от тези промишлени, инфраструктурни и градски обекти са засегнати от бавни движения на земната кора. Оценени са протичащите геодинамични процеси в региона. Тези резултати могат да бъдат използвани от местните власти за изготвяне на планове за смекчаване на тези неблагоприятни въздействия.[Г.7.1],] Г.8.14.]

4.2. Установяване на повърхностни премествания настъпили по инфраструктурни обекти /казус ж.п линия в района на Мировско солно находище/ с помощта на времеви серии DinSAR

Част от железопътната линия София-Варна, която минава през гр. Провадия и промишлена зона е избрана за тестови полигон, тъй като в този район често възникват повърхностни деформации, причинени от природни и антропогенни дейности. Представена е методика за обработка на SAR данни, чиито резултати се сравняват и анализират с резултати от наличните GNSS мрежи. За да се увеличи надеждност на информацията, предоставена от радарните данни са използвани възходящи и низходящи орбити на сателитите, за да се намали ефектът от топографията.[Г.7.3.]

4.3. Определяне на земни деформации чрез мултitemпорална обработка на DInSAR в близост до археологически обект „Солницата-Провадия”

Цел на това изследване е да се проучат деформациите на земната кора, които биха довели до нарушаване целостта на археологически обект „Солницата-Провадия” намиращ се в района на Мировското солно находище край град Провадия. Паметникът е датиран от VI-V хил. пр. н. е. и включва останки от античен град край Провадия. Регистрираните деформации в района се дължат на природни и антропогенни фактори. Посочените фактори оказват безспорно негативно влияние върху опазването на този исторически обект и обосновават необходимостта от редовно наблюдение на протичащите геодинамични процеси. Създаден е набор от интерферометрични изображения за няколко периода с времеви интервал от четири месеца. Резултатите са сравними с тенденциите на земните движения регистрирани въз основа на повтарящите се многогодишни GNSS наблюдения и геодезически измервания, направени на геодинамична мрежа Мирово.[Г.7.2.]

5. Анализ и интерпретация на данни и резултати от радарни дистанционни изследвания за проследяване на климатични промени и бедствия

5.1. Картирани са водни тела и е определяно съдържанието на почвената влага в рискови райони от Северозападна България с активни свлачищни процеси въз основа на SAR данни.

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 активни и стабилизирани свлачища, които формират 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. За наблюдение на промените във формата на водните тела и степента на почвена влага бяха използвани данни от РСА. Тази информация беше използвана като индикатор за възможни свлачишни дейности. За някои от свлачищата, в района (гр.Лом, гр.Оряхово), бяха 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 с други пространствени данни в ГИС среда, като напр. допълнителна информация от геоложки и хидроложки карти, за да се верифицира изследването. [Г.8.2.]

Потърсена е връзка между влиянието на валежите и подземните води върху свлачищата в Североизточна България [В.4.2.]. Основната причина за активизиране на свлачището е покачване на подпочвените води, насищане с дъжд, просмукване на вода и сняг топене. Базата данни включва месечни времеви редове за валежите и за нивата на подпочвените води и изворния отток от хидрогеоложки станции. Стойности на валежите от 1899 г. от метеорологични станции в София, Анализирани са Варна, Казанлък и Велико Търново. Месечни данни за извора при Котел (1960-2011 г.) и нивата на подпочвените води от два изкопани кладенеца край Балчик и Царичино (1987-2011 г.) са обработени. Освен това се използват данни в мрежа за валежите и за тежестта на сушата на Palmer Индекс (PDSI). Времеви редове от GPS координати от станция Варна (от 2005 г.) и Шумен (от 2010) се използват за анализ на деформациите.

5.2. Оценка на засегнатите от наводнение райони при село Брегово използвайки информация, получена от SAR данни. Представени са резултати, доказващи наводнението настъпило през март 2018 г. в райони на село Брегово. Тези резултати се основават на SAR данни с формат GRD от мисията Sentinel-1. По време на обработката са използвани също така и данни за надморската височина на терена и земно покритие. След класификация на обработените данни е получена информацията относно наблюдаваната зона преди и няколко дни след пика на събитието и на базата на нея общо залетите площи се изчисляват на около 700 ха. През последните години този тип инциденти са наблюдавани в няколко области на България, това доказва необходимостта от наличие на оперативна информация за размера на причинените от тях вреди, която да бъде предоставена на местните власти и която да се използва за смекчаване на последиците от тях и подобряване качеството на вземаните решения. [Г.8.13.]

5.3. Мониторинг и оценка на техногенното въздействие върху околната среда - Панагюрския руден район

Проследяване динамиката на промените в ландшафта на Панагюрския руден район, като се използват най-новите постижения на технологиите за дистанционни и полеви изследвания. В разглеждания район е очевидно техногенното въздействие причинено от предходни (обхващащи последните 40 години) и съвременни минни дейности в няколко открити рудници разположени в него. Представени са резултатите, получени при изучаване на промяната в земеползването на районите, където все още функционират минно-добивни комплекси, състоящи се от открит рудник и флотационна фабрика; качествата на почвата в зоните изложени на висок риск от замърсяване и трансформацията на бивши насипища и хвостохранилища в затворените минни обекта в същия регион; резултат от проведеното изследване за трансгранично замърсяване от река Марица; резултати от редовното наблюдение на текущите минни дейности в изследваната зона, които се считат за основен фактор за местното замърсяване на река Тополница. Създадена е обширна геобазаданни, която се състои

от растерни и векторни слоеве получавани от апаратурни комплекси при сателитни и аеро дистанционни наблюдения на Земята [Г.8.15.]

5.4. Определяне скоростите на ледниците на остров Ливингстън използвайки данни от Sentinel-1 През последните години дистанционните наблюдения на Земята имат все по-важна роля при картографиране на земната повърхност и е важен инструмент при изучаването изменението на климата. РСА предоставят данни независимо от метеорологичните условия и са един все по-често използван източник на данни. За създаване на карти на скоростите за няколко ключови ледника на остров Ливингстън са използвани данни от Sentinel-1 на ЕКА. Приложен е валидиран модел за извличане на скоростта на ледниците от SAR двойки изображения обработени с помощта на софтуера SNAP. Представени са първите получени резултати за скоростите на ледниците на остров Ливингстън. Скоростта на ледниците са извлечени по две направления: по линията на потока/надлъжен и напречни профили. Това проучване показва възможностите на радарните сателити за регулярно картографиране и по този начин осигуряване на чести и навременни наблюдения на потока на ледената покривка, както и за наблюдение на динамичното развитие на ледниците около българската база „Св. Климент Охридски” [Г.8.18]

29.08.2022
София

Съставил:

доц. д-р Мила Стоянова Атанасова-Златарева