

ПРЕДИМСТВА И ПРИЛОЖЕНИЯ НА МИКРОВЪЛНОВИТЕ РАДИОЛОКАЦИОННИ СИСТЕМИ ЗА ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Нели Димитрова Здравчева

РЕЗЮМЕ

Докладът е посветен на ролята на микровълновите радиолокационни системи в съвременните дистанционни изследвания.

Анализирани са същността и особеностите на изображенията, формирани чрез този вид системи, както и техните предимства и недостатъци в сравнение с изображенията, получавани във видимия диапазон на електромагнитния спектър.

Отделено е внимание на различни приложения на микровълновите радиолокационни системи с оглед дистанционното доставяне на количествена и качествена информация за земната повърхност и различни групи обекти и еко системи, разположени върху нея.

**КЛЮЧОВИ ДУМИ: МИКРОВЪЛНОВИ РАДИОЛОКАЦИОННИ СИСТЕМИ,
ИЗОБРАЖЕНИЯ, ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ**

1. УВОД

Микровълните са електромагнитни вълни, обхващащи дециметровата, сантиметровата и милиметровата зона на радиодиапазона на електромагнитния спектър (ЕМС), които имат дължина на вълната приблизително в границите от 1 mm до 1m (съответно честота им варира от 300 GHz до 300 MHz) [4]. Съществуването на микровълновите електромагнитни вълни е предречено от Джеймс Кларк Максуел през 1864 г. (с известните уравнения на Максуел). През 1888 Хайнрих Херц е първият, който демонстрира съществуването на електромагнитни вълни, построявайки апарат, който излъчва радиовълни [4].

Микровълновите радиолокационни системи (МЛС) са сравнително ново направление в съвременните дистанционни изследвания (ДИ). Те непрекъснато се усъвършенстват и подобряват своите характеристики. МЛС се развиват най-вече с оглед преодоляването на някои ограничения на системите, доставящи изображения във видимия диапазон на ЕМС и по този начин допринасят за разширяването на обхвата и областите на приложение на съвременните ДИ.

Понастоящем са изведени в орбита множество спътниците на които са монтирани различни МЛС, а радиолокационните методи за изучаване на Земята от Космоса се утвърждават все повече като важно, значимо и бързоразвиващо се направление в съвременните ДИ.

2. НАКРАТКО ЗА СЪЩНОСТТА И РАЗВИТИЕТО МРС

Технологията на радиолокацията е разработена през 30-те години на 20-ти век за военни цели, По времето на Втората световна война е изобретен първият радар. Най-напред радиолокацията намира приложение само за военната област, като основните ѝ задачи тогава са били предимно в областта на разузнаването. Тя се е използвала за откриването на военни цели, за определянето на местоположението, скоростта и направлението на преместването на различни кораби, самолети и други военни обекти. През януари 1946 г. слуайно е бил получен отразен радиосигнал от Луната. Именно този факт поражда идеята, че радиолокацията може да играе значима роля не само за военни цели, но притежава и висока научно-приложна ценност. Въз основа на това далновидно прозрение впоследствие започва нейното приложение и за граждански цели - първоначално само в областта на метеорологията и океанологията. На практика, дистанционното изследване на земната повърхност и на природните обекти, разположени върху нея, въз основа на радиолокационни изображения, започва от 1970г. Чрез радарно дистанционно изследване за първи път е направено картографиране на територията на басейна на река Амазонка, която почти постоянно е „скрита, забулена“ от плътна облачна покривка. Тъй като радиолокационните системи работят в микровълновия радиодиапазон на електромагнитния спектър, създаването им е естествено обусловено от факта, че радиодиапазонът се явява най-големия от всички (изследвани до сега) прозорци на прозрачност на атмосферата. Участъците от ЕМС, разположени в близост до линиите на поглъщане на кислорода (1,35 cm) и на водните пари (5 mm) не се използват [2]..

По настоящем намират приложение както микровълновите радиометрични снимки, върху които се регистрира собственото естествено излъчване на изследваните земни обекти в радиодиапазона (така наречената микровълнова радиометрия, която е пасивна система), така и различни радиолокационни изображения, които се формират въз основа на отразеното изкуствено радиоизлъчване, изпратено към обекта (активна микровълнова радиолокация).

Казано съвсем накратко, принципът на получаването на данни от активните МРС (които намират по-широко приложение от пасивните) се състои в следното: Радиолокационните системи генерират и изпращат към изследваната част от земната повърхност радио импулси, част от които се отразяват от изследваните обектите. След това се регистрират разстоянията до отделните части на обектите (въз основа на времето за което сигналът отива до тях и се връща обратно) и характеристиките на отразените сигнали.

По своя външен вид радиолокационните изображения приличат на черно-бели фотографии, направени с помощта на оптически системи. Яркостта им се определя от измененията на величината на радиосигнала, който се отразява от изследваните обекти. Диапазонът на нивата на яркостта на МРС, подобно на другите системи за дистанционни изследвания, се определя от радиометричното им разрешение. Най-съществено влияние при формирането на „яркостта“ на отделните участъци от изследваните обекти върху радиолокационните изображения оказват следните две групи фактори :

- Техническите характеристики и параметрите на самата радарна система. Сред тях най-важни се явяват - дължината на вълната (респективно честота) на използвания радиолокационен сигнал; ъгъла под който той пада върху изследвания обект, вида на използваната поляризация на микровълновите

сигнали и т. н.

- Физическите параметри на самите изследвани обекти, такива като: вътрешния им физико-химичен състав; особеностите на тяхната вътрешна структура; наличието или отсъствието на неравности и грапавини върху заснеманите повърхности; диелектричната константа на повърхностния материал на обектите и т. н.

Накратко може да се обобщи, че яркостта на отделните участъци на радиолокационно изображение се формира като сложен „сбор“ в резултат от сложно взаимодействие на различните (гореспоменати) компоненти, които се определят както от естествените природни характеристики - грапавост на повърхността, нейните диелектрични свойства, влагата и др., така и от техническите параметри - геометрията на визиране (наблюдение) и от релефа на земната повърхност. Качеството на радиолокационните изображения не зависи от условията на осветеност на земната повърхност и от наличието на облачна покривка. Това в положителна насока отличава МРС от оптичните системи за дистанционни изследвания [2]

3. ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ НА РАДАРНИТЕ СИСТЕМИ

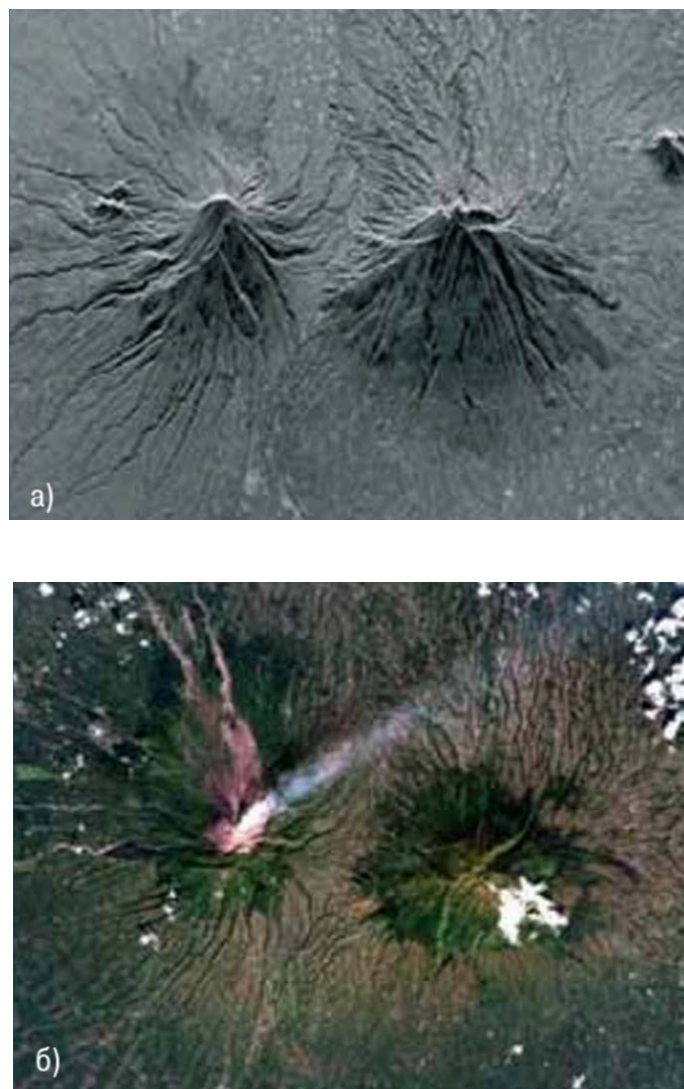
Казано съвсем накратко, основните предимства на радарните системи за дистанционни изследвания пред оптичните, се изразяват в следните техни аспекти:

- Възможността на МРС да осигуряват информация за земната повърхност дори и през нощта (при това понастоящем практически със същото пространствено разрешение, като това на изображенията, направени във видимия диапазон на ЕМС)
- Възможността на МРС да регистрират и предоставят данни за атмосферата, водните и сухоземни територии дори и при лоши метеорологични условия (плътна облачност, валежи от дъжд, сняг и т. н.), което по понятни причини е невъзможно за оптичните системи за ДИ. Чрез тях на практика те са осъществяват мечтите на поколения специалисти, работещи в областта на ДИ, да бъде постигнато получаване на данни по всяко време ;
- Възможността, която МЛС предоставят да се осъществяват (при необходимост) периодични или повторни заснемания на изучаваните обекти.

Осен това, подобно на оптичните, радарните системи са в състояние да осигуряват глобална, регулярна и мултиспектрална информация за изследваните територии..

Наред с тези предимства, МРС притежават и някои недостатъци. Радиолокационните изображения се различат съществено от снимките, направени в оптичния диапазон на ЕМС по това, че се правят при значително отклонение от надирната линия и затова са „натоварени“ с различните геометрични изкривявания (деформации), които трябва да се вземат предвид при обработката им (а това е я усложнява в голяма степен). Други основни недостатъци на МРС са по-голямото им тегло, по-сложното им устройство, по-високата им цена, по-големите експлоатационни разходи и по-трудоемката и времеемка обработка на данните, които те предоставят от тях.

На фиг. 1 може да се направи нагледно сравнение между две снимки (направени съответно в микровълновия и във видимия диапазон на ЕМС) на един и същи участък от земната повърхност. На фигура 1-а е показано радиолокационно изображение, получено с TerraSAR X (режим SCANSAR, с пространствено разрешение 16 м), а на фиг. 1- б е дадено синтезирано изображение (Landsat 7 - комбинация от канали 3, 2 и 1, с пространствено разрешение 30 м).



Фигура 1. Изображения от TerraSAR X – 1а и Landsat (синтез от канали 3, 2 и 1) – 1б

Трябва да се изтъкне, че дешифрирането на радиолокационните изображения и идентифицирането върху тях на отделните обекти (както и на техните параметри и характеристики) е доста сложен и труден процес. Основната причина за това се дължи на факта, че всеки пиксел от радарните изображения се характеризира само с един показател, а именно със своя сумарен (общ) коефициент на отражение на радиосигнала (от конкретния участък на земната повърхност), приет от антената на МРС. Поради това на практика е доста трудно този единствен критерий да бъде еднозначно съотнесен към конкретните физически параметри на изследваните обекти. Въпреки наличието на тези специфични особености и

недостатъци, радиолокационните изображения, се използват все по-широко за решаването на множество научни и практически задачи. Тъй като областите на приложение на радарните изображения в съвременните ДИ вече са много и трудно биха могли дори само да се изброят, по-долу накратко са анализирани само най-значимите сред тях.

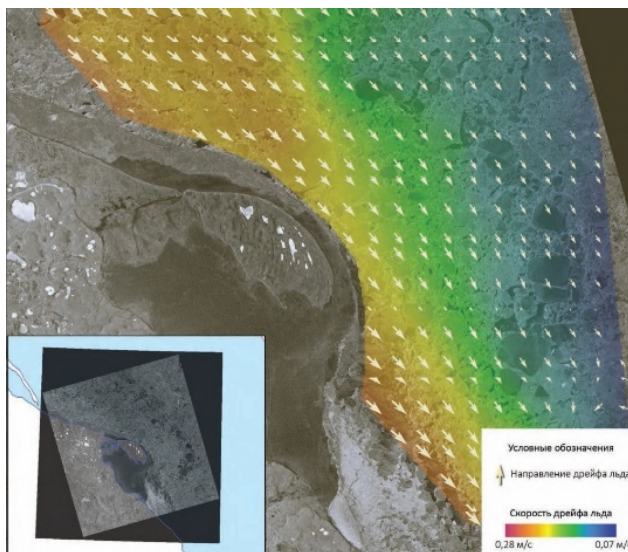
4. ОБЛАСТИ НА ПРИЛОЖЕНИЕ НА МРС

Трябва да се изтъкне, че характерно и много важно свойство на сигналите, използвани в МРС (което се явява тяхно предимство и предопределя голяма част от приложенията им) е тяхната висока чувствителност към съдържанието на вода в различните физически обектите. Това се дължи на природния факт, че наличието на вода предизвиква увеличаване на проводимостта на съответната средата и на интензивността на нейното отражение.

Друго важно обстоятелство е това, че както в оптичния диапазон на ЕМС, така и в микровълновия, сигналите с различна дължина на вълната доставят уникална, специфична информация за изследваните обекти, разположени върху земната повърхност в това число и за растителната покривка. Тази особеност играе много важна роля за осъществяването на надеждно дешифриране извършването на точни класификации на растителната покривка особено при използването на мултиспектрални изображения [3]. Така например, за гъста растителност интензивността на отражението в пределите на сантиметровия радиовълнов диапазон нараства приблизително обратно пропорционално на дължина на вълната. В същото време (при запазване на всички останали условия) за рядка растителност това увеличение на интензивността на отразяване е обратно пропорционално на квадрата на дължината на вълната [4].

Освен за успешното и ефективно изучаване на растителната покривка радарните изображения намират приложение и в много други области. Днес те се явяват безалтернативни когато става въпрос за изследването и картографирането на редица обширни територии от земната повърхност, за които са характерни постоянна висока влажност и плътна облачна покривка. Именно това обстоятелство поражда невъзможността за създаване карти въз основа на изображения, доставени от оптичните системи, работещи във видимия диапазон. Като показтелен пример в това отношение, може да се посочат териториите в района на река Амазонка и Хавайските острови (които са най-влажното място в света).

Радарните изображения играят много значима роля в съвременната океанография. Без съмнение, дистанционното изучаването на океаните е много важно, тъй като повече от 70% от площта на земното кълбо е заето от тях. МРС се използват успешно за определянето на параметрите на океаните – като температурата на водата, скоростта на вятъра, свързаността и възрастта на ледниците, солеността на водата т. н. Чрез тях успешно се доставя информация за изучаването на пространствената структура и параметрите на вълненията и теченията, за движението на различни твърди частици във водата, за строежа и разпределението на ледената покривка и състоянието на отделните ледени полета (особено на заледените територии, разположени в близост до полюсите). На фиг. 2 е показан мониторинг на ледената обстановка в района на остров Сахалин, осъществен въз основа на радиолокационни данни от Cosmo-SkyMed 1-4.



Фигура 2. Мониторинг на ледената обстановка по радарни снимки от Cosmo-SkyMed 1-4

От екологична гледна точка много важно е приложението на радарните изображения за своевременното откриване на нефтени петна и на други замърсявания на водните площи както на глобално, така и на регионално ниво .

МРС се използват много ефективно и за изследването на параметрите на атмосферата – като интензивността на валежите, температурните вариации и промените във влажността на атмосферата, съдържанието на водни пари в нея, съдържанието на вода в облаците и др. Важен обект на изучаване и изследване чрез радарни изображения е реалното състояние на облачната покривка. Чрез успешното определяне на нейните параметри се открива взаимовръзката ѝ с редица синоптични и други процеси и явления. Така например, въз основа на специфичната форма на перестите облаци се откриват субтропичните и екваториални течения на големи височини и успешно се изучава сезонната циркулация на атмосферата, зоните на тропическите и извънтропическите циклони, бури и др. [2]. Така се създават различни карти и модели на метеорологичните явления - като разпределението на облачността в различните части на земното кълбо.

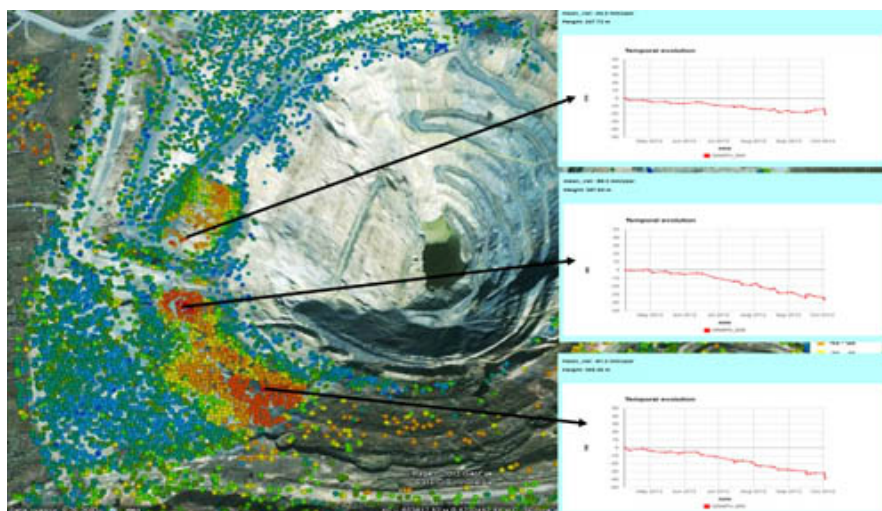
Без съмнение, радиолокационните изображения имат голям принос за картографирането и изучаването на различни характеристики на самата земната повърхност - за изследването на почвената и растителната покривка (в това число и горската - фиг. 3). Въз основа на тях успешно може да се определя водното съдържание на снежната покривка, влажността на почвата, типовете гори и площите заети от тях и др. Освен това, може да се правят оценки на биомасата, анализи на различни горски нарушения и начините за използването на различни

териториите (например, за идентифицирането на параметрите на сечища в границите на горски територии), за изследване на урбанизираните територии и мн. др.



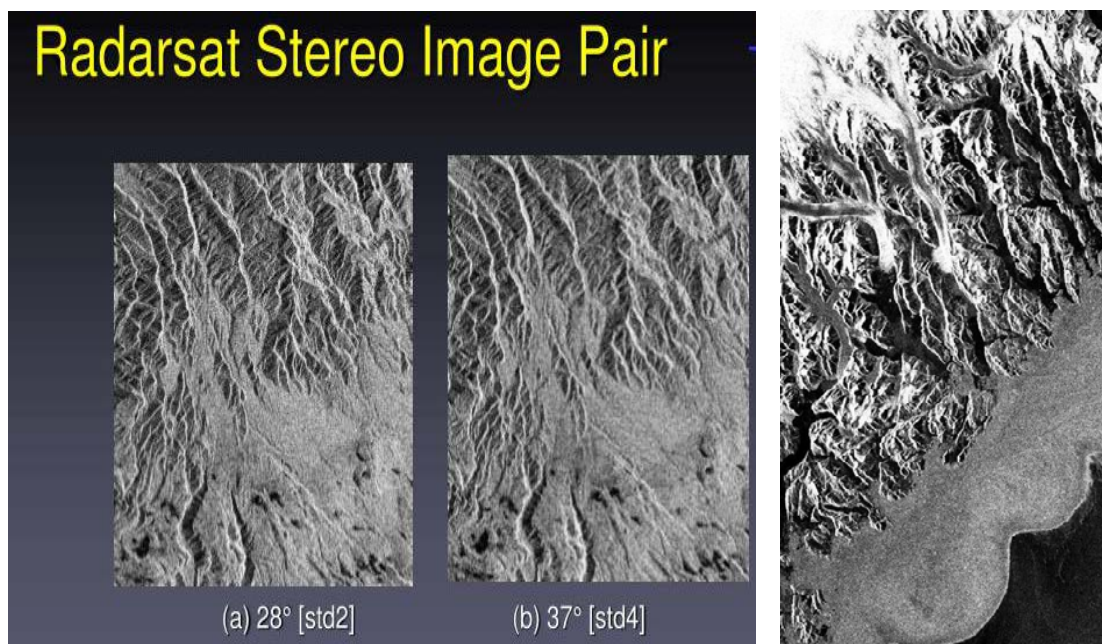
Фигура 3. Картиране на горски територии по радарни данни

МЛС предоставят много ценна информация за научни и практически изследвания за целите на геологията, геоложкото изучаване на Земята и геоморфологията - например, за изучаването на разпределението на полезните изкопаеми. При това данните от МРС за геоложките и геоморфоложки обекти могат да се получават както на регионално, така и на глобално ниво, тъй като радарните снимки от Космоса могат да обхващат и много големи територии. Важни признаци (които допринесат за успешното геолошко дешифриране) се явяват особеностите на релефа и взаимовръзката между различните геоложки образувания и физико-географските характеристики на местността. На фиг. 4 може да се види космически радарен мониторинг на настъпилите деформации в района на находище на медна руда по космически радарни снимки, направени с Radarsat-2.



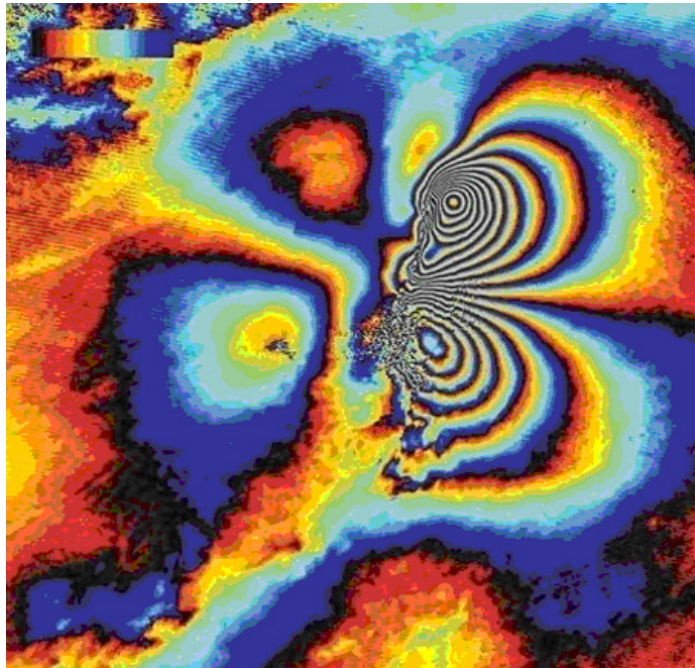
Фигура 1. Радарен мониторинг на деформациите в находище на медна руда по снимки на Radarsat-2

Освен тези общи (за всички МРС) приложения трябва да се изтъкнат и някои които са специфични само за радарграметрията и за радиолокационната интерферометрия. Радарграметрията (радарното стереокартиране) представлява техника за обработка само на амплитудите на отразените радиовълни от един същи участък на земната повърхност върху стереодвойка изображения. Те се обработват съвместно при което става възможно извличането на 3Д (стерео информация) за заснетите обекти. На фиг. 5 в дясно може да се види стереодвойка радарни изображения, достаени от от Radarsat, а в дясно - цифров модел на релефа, получен в резултата на нейнта обработка.



Фигура 5. Стереодвойка изображения от Radarsat и ЦМР, получен от нея

Трябва да се изтъкне и важната роля, която така наречените интерферометрични радиолокационни системи (InSAR) играят в съвременните ДИ. InSAR технологията е използвана за първи път за дистанционното изследване на повърхността на Луната и на Венера. В последствие методът на радиолокационната интерферометрия се усъвършенства и понастоящем тя намира широко приложение както за изучаването на релефа (за картографиране и за създаване на цифрови модели на релефа), така и за определянето на тектониката на земните пластове и на деформациите на земната повърхност, причинени от различни антропогенни въздействия или от природни бедствия и процеси като земетресения, вулкани, свлачища и др. Така например на фиг. 6 може да се види интерферограма на земетресението в Бам (Иран), станало през 2003г. На нея един интерферометричен кръг отговаря на вертикално преместване 28 мм [1].



Фигура 6. Интерферограма на земетресението в Бам

5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направеният кратък преглед и анализ на особеностите и приложенията на микровълновите радиолокационните системи, показва, че те притежават редица неоспорими достойнства, които им отреждат завидна роля в цялостната система на съвременните ДИ. Радарните изображения предоставят немислими в близкото минало възможности не само за изучаването на отделни обекти, и еко системи, но и за извършаването на цялостен мониторинг на реалното състояние на земната повърхност при това 24 часа в денонощието и 365 дни в годината благодарение на своята способност да доставят данни при всякакви метрологични условия и през нощта.

Нещо повече, съвременните радиолокационните системи се използват не само за дистанционно изучаване на планетата Земя (включително атмосферата ѝ, нейната повърхност и обектите, разположени върху нея), но за изследването на междупланетното пространство и на други планети. Ето защо може да се твърди, че на практика, чрез тях се сбъдва мечтата на поколения специалисти, работещи в областта на ДИ, да бъде осъществен дистанционен и непрекъснат мониторинг на цялата земна повърхност (през нощта и през цялата година). Перспективите за все по-широко използване на радиолокационните изображения непрекъснато нарастват. Тази тенденция е свързана с подобряването на техническите възможности характеристики на радарните системи, на космическите платформи, на методите и програмните продукти за обработката данните и с изстрелването на нови радиолокационни спътници.

Освен това, фактът че, радиолокационните изображения са коренно различни от изображенията, които са получават във видимия и инфрачервения диапазон на ЕМС се явява голяма придобивка за съвременните ДИ, тъй като менно поради големите им различия,

XXXI МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 05 ноември 2021 г.

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 05 November 2021

тяхното съвместно използване (в тандем) е повече от полезно при решаването на редица задачи, защото предоставя уникална възможност за генерирането и извличането на нова, допълнителна информация при мултипликативната им обработката.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Атанасова, М. , Основни принципи и приложение на метода InSAR, списание „Геомедия“, бр.1, 2011.
- [2] Кашкин, В. Б, А. И. Сухинин, Цифровая обработка аэрокосмических изображений, Красноярск 2008.
- [3] Цървска, Й. С., "Мултиспектрални изображения за мониторинг на растителността" Национално съвещание "Развитие на фотограметричните технологии и тяхното приложение в практиката", БАН, София, 2019
- [4] Уеб страница: Микровълни , извлечено на 08. 08. 2021г.от
<https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8A%D0%BB%D0%BD%D0%B8>

ДАНИИ ЗА АВТОРА

доц. д-р инж. Нели Димитрова Здравчева

УАСГ

Адрес за контакт - София, бул. „Христо Смирненски“ 1

e-mail neli_z@abv.bg