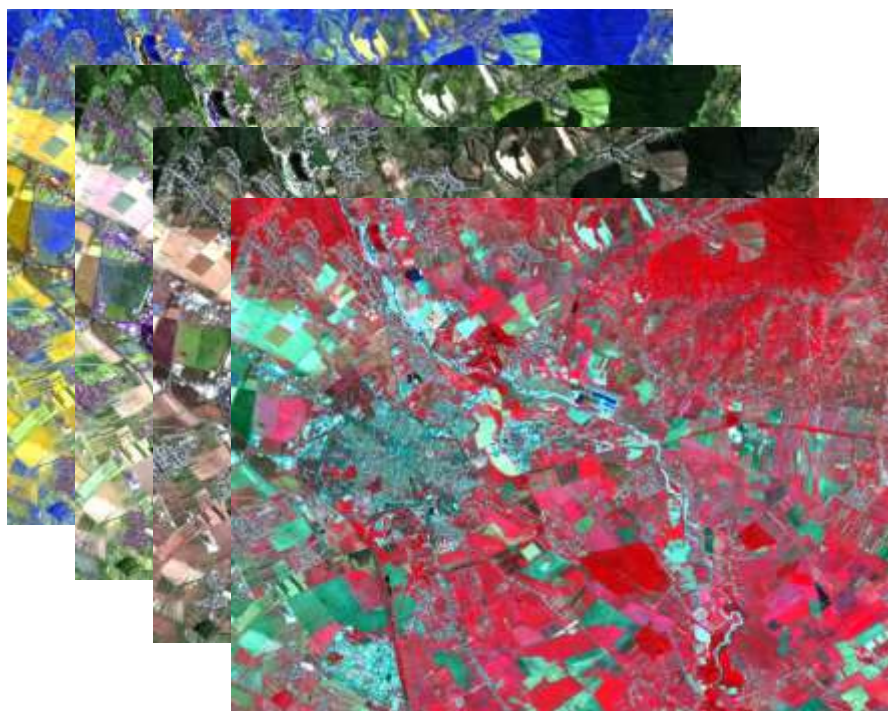


UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRONOMICE ȘI MEDICINĂ
VETERINARĂ DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE ȘI INGINERIA MEDIULUI
Departamentul Matematică, Fizică și Măsurători Terestre

Ș. I. dr. Cristian MOISE
drd. Andi Mihai LAZĂR

**INTRODUCERE ÎN PROCESAREA
DE IMAGINI SATELITARE.
ÎNDRUMAR DE LUCRĂRI PRACTICE.**



EDITURA EX TERRA AURUM
București, 2021

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

CUPRINS

1. INTRODUCERE.....	9
2. INSTRUMENTELE ȘI DATELE UTILIZATE	11
2.1 PROGRAMUL INFORMATIC SNAP.....	11
2.2 IMAGINILE SATELITARE SENTINEL-2	12
3. INTERFAȚA SNAP.....	14
3.1 BARA DE MENIURI	14
3.2 BARA DE UNELTE	16
3.3 FEREASTRA PENTRU VIZUALIZAREA IMAGINILOR.....	17
3.4 FEREASTRA PENTRU EXPLORAREA PRODUSELOR	18
3.5 FEREASTRA PENTRU VIZUALIZAREA INFORMAȚIILOR DESPRE PIXELI..	18
3.6 FEREASTRA PENTRU NAVIGAREA PE IMAGINI SATELITARE.....	19
3.7 FEREASTRA PENTRU VIZUALIZARE GLOBALĂ	19
3.8 MANIPULAREA CULORILOR.....	20
4. DESCHIDEREA ȘI VIZUALIZAREA IMAGINILOR S-2.....	20
4.1 DENUMIREA IMAGINILOR	20
4.2 INSERAREA IMAGINILOR.....	21
4.3 EXPLORAREA STRUCTURII UNEI IMAGINI	22
4.4 DESCHIDEREA ȘI VIZUALIZAREA BENZILOR SPECTRALE.....	23
4.5 NAVIGAREA PE IMAGINI	25
4.6 ROTIREA IMAGINILOR	26
4.7 EFECTUAREA DE MĂSURĂTORI PE IMAGINILE SATELITARE	27
4.8 VIZUALIZAREA CARACTERISTICILOR BENZILOR SPECTRALE	28
5. OPERAȚII GEOMETRICE ASUPRA IMAGINILOR S-2.....	29
5.1 DECUPAREA ȘI SALVAREA IMAGINILOR	29
5.2 RE-EȘANTIONAREA BENZILOR SPECTRALE	32
5.3 REPROIECTAREA IMAGINILOR SATELITARE	35
6. ANALIZA GENERALĂ A BENZILOR SPECTRALE	37
6.1 ANALIZA VALORILOR UNEI BENZI SPECTRALE.....	37
6.2 VIZUALIZAREA HISTOGRAMEI UNEI BENZI SPECTRALE.....	39
6.3 DESCHIDEREA ȘI ANALIZA SIMULTANĂ A DOUĂ BENZI SPECTRALE	41
6.4 DIAGRAMA BIVARIATĂ (HISTOGRAMA DUBLĂ)	42
6.5 ANALIZA PE COMPONENTE PRINCIPALE (PCA).....	43
6.6 REALIZAREA PROFILELOR DIREȚIONALE	46
6.7 VIZUALIZAREA SPECTRULUI	48

7.	COMBINAȚII DE BENZI SPECTRALE	51
7.1	REALIZAREA IMAGINII RGB ÎN CULORI NATURALE	51
7.2	REALIZAREA IMAGINILOR RGB FALS COLOR	54
7.3	METODE DE AMELIORARE A IMAGINILOR RGB	57
7.4	EXPORTUL IMAGINILOR RGB.....	60
7.5	ANALIZA VIZUALĂ COMPARATIVĂ A DOUĂ IMAGINI RGB	63
7.6	EXTRAGEREA BENZILOR SPECTRALE	64
8.	INDICI DE VEGETAȚIE	66
8.1	CALCULAREA INDICELUI DE VEGETAȚIE NDVI	66
8.2	INTEROGAREA VALORILOR NDVI.....	70
8.3	VIZUALIZAREA ȘI INTERPRETAREA HISTOGRAMEI NDVI	71
8.4	MODIFICAREA REPREZENTĂRII CROMATICE A VALORILOR NDVI.....	72
8.5	VIZUALIZAREA STATISTICILOR AFERENTE IMAGINII NDVI.....	77
8.6	REALIZAREA ALTOR INDICI DE VEGETAȚIE	78
9.	CLASIFICAREA IMAGINILOR SATELITARE	85
9.1	CLASIFICAREA NESUPERVIZATĂ A IMAGINILOR MULTISPECTRALE	85
9.2	CLASIFICAREA SUPERVIZATĂ A IMAGINILOR MULTISPECTRALE.....	88
	GLOSAR.....	100
	BIBLIOGRAFIE	105
	ANEXE.....	108
	ANEXA 1	108
	ANEXA 2	113

LISTA DE FIGURI

Fig. 1 - Personalizarea barei de unelte	17
Fig. 2 - Fereastra pentru vizualizarea imaginilor satelitare.....	17
Fig. 3 - Fereastra pentru explorarea conținutului produselor satelitare	18
Fig. 4 - Fereastra pentru vizualizarea informațiilor despre pixeli.....	18
Fig. 5 - Fereastra pentru navigarea în imaginile satelitare	19
Fig. 6 - Fereastră pentru vizualizare în context global.....	19
Fig. 7 - Fereastră pentru manipularea culorilor.....	20
Fig. 8 - Deschiderea imaginilor satelitare	21
Fig. 9 - Structura datelor Sentinel-2.....	22
Fig. 10 - Vizualizarea metadatelor imaginii Sentinel-2	23
Fig. 11 - Explorarea benzilor spectrale	24
Fig. 12 - Vizualizarea benzilor spectrale	24
Fig. 13 - Navigarea pe imagini.....	25
Fig. 14 - Rotirea imaginilor.....	26
Fig. 15 - Exemplu de utilizare a instrumentului de măsurare	27
Fig. 16 - Selectarea benzilor spectrale pentru interogare	28
Fig. 17 - Fereastra de afișare a informațiilor.....	28
Fig. 18 - Funcția <i>Subset</i> pentru decuparea imaginilor	30
Fig. 19 - Selectarea benzilor spectrale care vor fi decupate.....	30
Fig. 20 - Vizualizarea imaginii decupate în <i>Product Explorer</i>	31
Fig. 21 - Închiderea produselor din SNAP.....	32
Fig. 22 - Adăugarea imaginii salvate	32
Fig. 23 - Reprezentarea schematică a procesului de re-eșantionare	33
Fig. 24 - Accesarea secțiunii de re-eșantionare a imaginilor satelitare.....	33
Fig. 25 - Parametrii de intrare/ieșire pentru re-eșantionare	34
Fig. 26 - Selectarea parametrilor de re-eșantionare	34
Fig. 27 - Salvarea imaginii re-eșantionate	35
Fig. 28 - Accesarea utilității de reproiectare a imaginilor satelitare	35
Fig. 29 - Reproiectarea imaginilor satelitare.....	36
Fig. 30 - Setarea parametrilor de reproiectare.....	36
Fig. 31 - Selectarea proiecției din lista predefinită	37
Fig. 32 - Deschiderea unei benzi spectrale	38
Fig. 33 - Exemplu de afișare a valorilor pixelilor	38
Fig. 34 - Interogarea pixelilor	39
Fig. 35 - Vizualizarea histogramei	40
Fig. 36 - Vizualizarea în paralel a două benzi spectrale	41
Fig. 37 - Suprafață cu răspuns spectral opus în benzile B4 și B8	42
Fig. 38 - Diagrama bivariată	43

Fig. 39 - Selectarea parametrilor PCA	44
Fig. 40 - Selectarea benzilor pentru analiza pe componente principale.....	44
Fig. 41 - Realizarea unei imagini RGB din componentele principale	45
Fig. 42 - Alocarea componentelor principale pe canalele imaginii RGB	45
Fig. 43 - Vizualizarea imaginii RGB PCA	46
Fig. 44 - Generarea profilelor direcționale pe o bandă spectrală	47
Fig. 45 - Vizualizarea spectrului imaginii S-2	48
Fig. 46 - Analiza comparativă a spectrului în mai multe puncte	49
Fig. 47 - Răspunsul spectral al pixelilor în areale cu vegetație.....	50
Fig. 48 - Răspunsul spectral al pixelilor în areale lipsite de vegetație.....	51
Fig. 49 - Principiul de realizare a imaginii RGB în culori naturale	52
Fig. 50 - Accesarea ferestrei pentru realizarea imaginilor RGB.....	52
Fig. 51 - Crearea imaginii RGB în culori naturale.....	53
Fig. 52 - Afișarea imaginii în culori naturale.....	53
Fig. 53 - Principiul de realizare a unei imagini RGB fals color infraroșu ...	54
Fig. 54 - Crearea imaginilor RGB fals color.....	55
Fig. 55 - Crearea imaginii fals color infraroșu.....	56
Fig. 56 - Afișarea imaginii RGB fals color infraroșu	57
Fig. 57 - Fereastra pentru manipularea culorilor imaginilor RGB.....	58
Fig. 58 - Opțiuni suplimentare pentru manipularea culorilor	59
Fig. 59 - Opțiunile de modificare a caracteristicilor culorilor	60
Fig. 60 - Accesarea opțiunii pentru exportul imaginii RGB	60
Fig. 61 - Fereastra pentru exportul imaginii	61
Fig. 62 - Exportul imaginilor RGB în format [.kmz].....	62
Fig. 63 - Vizualizarea produselor satelitare în aplicația Google Earth	63
Fig. 64 - Crearea unei imagini RGB pentru analiza vegetației	63
Fig. 65 - Vizualizarea în paralel a două imagini RGB.....	64
Fig. 66 - Setarea parametrilor pentru extragerea benzilor spectrale	65
Fig. 67 - Parametrii de procesare pentru extragerea benzilor spectrale	65
Fig. 68 - Accesarea benzilor spectrale extrase din imaginea RGB	66
Fig. 69 - Calcularea valorilor indicelui NDVI	67
Fig. 70 - Parametrii de intrare/ieșire pentru calculul NDVI	68
Fig. 71 - Parametrii de procesare ai indicelui NDVI	69
Fig. 72 - Deschiderea imaginii NDVI.....	69
Fig. 73 - Vizualizarea produsului NDVI.....	70
Fig. 74 - Interogarea valorilor produsului NDVI.....	70
Fig. 75 - Accesarea produsului NDVI generat.....	71
Fig. 76 - Vizualizarea histogramei imaginii NDVI.....	71
Fig. 77 - Modificarea culorilor în modul de bază	73
Fig. 78 - Modificare linii de glisare rampă de culori	73
Fig. 79 - Introducerea manuală a valorilor liniilor de glisare	74

Fig. 80 - Fereastra pentru selectarea culorilor.....	75
Fig. 81 - Vizualizarea culorilor modificate în modul <i>Sliders</i>	76
Fig. 82 - Vizualizarea culorilor modificate în modul <i>Table</i>	76
Fig. 83 - Vizualizarea imaginii în culori naturale și a imaginii NDVI	77
Fig. 84 - Vizualizarea statisticilor imaginii NDVI.....	78
Fig. 85 - Stabilirea parametrilor de intrare/ieșire a indicelui MCARI	80
Fig. 86 - Stabilirea parametrilor de procesare a indicelui MCARI	80
Fig. 87 - Deschiderea imaginii MCARI.....	81
Fig. 88 - Modificarea culorilor imaginii MCARI	81
Fig. 89 - Vizualizarea indicelui MCARI.....	82
Fig. 90 - Stabilirea parametrilor de procesare a indicelui NDWI	83
Fig. 91 - Modificarea culorilor imaginii NDWI	84
Fig. 92 - Vizualizarea indicelui NDWI.....	84
Fig. 93 - Parametrii de procesare din cadrul clasificării nesupervizate	86
Fig. 94 - Deschiderea imaginii clasificate.....	86
Fig. 95 - Vizualizarea imaginii clasificate	87
Fig. 96 - Modificarea culorilor de afișare a claselor	87
Fig. 97 - Stabilirea claselor folosind instrumentul <i>Spectrum Viewer</i>	89
Fig. 98 - Adăugarea barei de instrumente <i>Tools</i>	89
Fig. 99 - Introducerea numelui temei care conține vectori	90
Fig. 100 - Identificarea locului de stocare a temelor.....	91
Fig. 101 - Selectarea temei cu vectori aferentă clasei definite.....	92
Fig. 102 - Vectorizarea poligoanelor de antrenament.....	92
Fig. 103 - Distribuția poligoanelor de antrenament în cadrul imaginii.....	93
Fig. 104 - Administrarea temelor	94
Fig. 105 - Salvarea vectorilor.....	94
Fig. 106 - Selectarea temelor pentru afișarea statisticilor.....	95
Fig. 107 - Afișarea statisticilor elementelor vectorizate	96
Fig. 108 - Adăugarea imaginii multispectrale pentru clasificare	96
Fig. 109 - Stabilirea parametrilor de clasificare <i>Random Forest</i>	97
Fig. 110 - Denumirea și locul de salvare a imaginii clasificate	97
Fig. 111 - Vizualizarea rezultatului clasificării supervizate	98
Fig. 112 - Modificarea culorilor din imaginea clasificată.....	99

1. INTRODUCERE

În prezent, programul Copernicus al Uniunii Europene este considerat cel mai complet program de Observare a Terrei din istoria umanității, fiind dedicat monitorizării complexe a planetei noastre în beneficiul întregii societăți, mai ales în contextul actual al numeroaselor provocări globale legate de criza climatică, creșterea populației, presiunea asupra furnizării hranei și intensificarea dezastrelor naturale și antropice.

Programul Copernicus furnizează **în mod deschis și liber date operaționale și servicii geoinformaționale** pentru o gamă largă de aplicații tematice bazate pe consistența tehnologiilor de vârf utilizate, de la platforme satelitare din spațiul extra-atmosferic până la sisteme de măsurare de la sol, în mediul marin sau aerian. Dezvoltarea segmentului spațial al programului Copernicus, inclusiv construcția și lansarea sateliților Sentinel, a fost delegată Agenției Spațiale Europene (ESA).

În domeniul teledetecției satelitare în domeniul optic, se distinge misiunea Sentinel-2 care este reprezentată de o constelație formată din două platforme satelitare gemene amplasate pe aceeași orbită heliosincronă: Sentinel-2A și Sentinel-2B. În prezent, **Sentinel-2 reprezintă cea mai importantă misiune satelitară dedicată monitorizării condițiilor de mediu de la nivelul suprafețelor terestre de uscat.**

În sprijinul specialiștilor implicați în exploatarea imageriei satelitare, ESA a finanțat realizarea programului informatic SNAP, pentru dezvoltare fiind selectat un grup de companii format din Brockmann Consult, Array Systems Computing și C-S Romania.

Programul informatic open-source **SNAP (Sentinel Application Platform)** integrează mai multe instrumente folosite pentru exploatarea datelor Sentinel

iar arhitectura acestuia este ideală pentru analiza și procesarea datelor de Observare a Terrei prin asimilarea mai multor inovații tehnologice.

Actualizările frecvente ale aplicației, varietatea și complexitatea capacității de procesare a imaginilor precum și disponibilitatea de descărcare și utilizare a acesteia în mod liber și gratuit reprezintă principalele elemente de atractivitate pentru selectarea acestui program informatic. Aceste argumente au făcut ca **SNAP** să fie, în prezent, **printre cele mai utilizate programe software de procesare a imageriei satelitare** în general, și a celei provenite de la sateliții Sentinel, în special.

Utilizarea conjugată a datelor spațiale libere și deschise Sentinel și a programului informatic open-source SNAP reprezintă astăzi **cel mai eficient instrument de furnizare de valoare adăugată în domeniul teledetecției satelitare** datorită rezoluției temporale și spațiale a imageriei, a capacității de procesare a datelor și a gratuității achiziției imaginilor și a licențierii aplicației.

Acest ghid de lucrări practice este destinat în special studenților, masteranzilor și doctoranzilor din domeniul științelor geonomice. Lucrarea de față are un caracter general și își propune inițierea în domeniul exploatării imaginilor satelitare optice pentru viitorii absolvenți, dar poate fi folosită cu succes și de către specialiști în vederea dezvoltării de abilități practice utile în multe domenii de activitate, de la mediu și agricultură până la patrimoniu cultural și aplicații de securitate.

2. INSTRUMENTELE ȘI DATELE UTILIZATE

2.1 Programul informatic SNAP

SeNtinel Application Platform (SNAP) este un program informatic dezvoltat de Agenția Spațială Europeană (ESA) sub licență open-source, special conceput pentru vizualizarea, procesarea și analiza imaginilor satelitare. Este constituit dintr-o colecție de unelte care permit realizarea de operațiuni complexe asupra datelor provenite de la multiple misiuni satelitare, atât desfășurate de ESA, cât și misiuni terțe cum ar fi Landsat, TerraSAR-X, etc. Aplicația are o interfață grafică intuitivă și ușor de folosit.

Dezvoltarea programului informatic SNAP a început în anul 2014 odată cu operaționalizarea programului Copernicus al Uniunii Europene de Observare a Terrei, prin integrarea instrumentelor software existente anterior: BEAM (dezvoltat din anul 2002 pentru procesarea datelor Envisat) și NEST (dezvoltat din anul 2008 pentru a completa capacitățile BEAM de a procesa date radar). Funcționalitățile programului SNAP implementate de atunci s-au axat pe exploatarea datelor satelitare provenite de la misiunile Sentinel din cadrul programului Copernicus.

Acest program informatic permite utilizarea a numeroase formate de date de tip raster cum ar fi: GeoTIFF, BEAM-DIMAP, HDF, JPEG 2000, NetCDF dar și date vectoriale de tipul: shapefile sau CSV.

SNAP poate fi instalat atât pe Windows cât și pe Mac OS X ori Linux și poate fi descărcat gratuit de la adresa:

<http://step.esa.int/main/download/snap-download/>²

² Adresa URL poate suferi modificări în funcție de deciziile operaționale ale ESA

2.2 Imaginile satelitare Sentinel-2

La bordul celor două platforme satelitare (S-2A și S-2B) din cadrul misiunii Sentinel-2 se află senzori optici multi-spectrali, care asigură complementaritatea cu misiunile comerciale Pléiades și RapidEye, precum și continuitatea misiunilor satelitare Landsat și SPOT. Imaginile achiziționate de sateliții Sentinel-2 sunt utilizate în numeroase aplicații (agricultură, silvicultură, studiul vegetației, monitorizarea apelor continentale și a oceanelor, gestionarea situațiilor de urgență, etc.), însă cel mai frecvent sunt utilizate pentru monitorizarea acoperirii/utilizării terenurilor. Informații suplimentare despre misiunea Sentinel-2 se regăsesc în **Anexa 1**.

Instrumentul optic aflat la bordul fiecărui satelit Sentinel-2 este un senzor multi-spectral cu formare de imagine, denumit MSI (multispectral imager). Acesta înregistrează date în 13 benzi spectrale, în intervalul vizibil și infraroșu (443 nm–2190 nm) al spectrului electromagnetic.

Caracteristicile generale ale benzilor spectrale ale senzorului MSI, S-2A sunt:

Rezoluția spațială (m)	Numărul benzii spectrale	Lungimea de undă la mijlocul intervalului (nm)	Interval spectral (nm)
10	B2 - Blue (Albastru)	490	65
	B3 - Green (Verde)	560	35
	B4 - Red (Roșu)	665	30
	B8 - NIR (Infraroșu apropiat)	842	115

20	B5 – Vegetation Red Edge ³ (Tranziție R - NIR)	705	15
	B6 - Vegetation Red Edge (Tranziție R - NIR)	740	15
	B7 - Vegetation Red Edge (Tranziție R - NIR)	783	20
	B8A - Narrow NIR (interval îngust al benzii spectrale NIR)	865	20
	B11 - SWIR (Infraroșu de undă scurtă)	1610	90
	B12 - SWIR (Infraroșu de undă scurtă)	2190	180
60	B1 - Costal Aerosol (Aerosoli costali)	443	20
	B9 -Water Vapour (Vapori de apă)	945	20
	B10 - SWIR - Nori Cirrus	1380	30

Datele Sentinel pot fi descărcate gratuit de la adresa (este necesară crearea unui cont de utilizator):

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>⁴

³ Bandă spectrală care este sensibilă la schimbarea de comportament a reflectanței vegetației la frontiera dintre roșu (domeniul vizibil) și infraroșu apropiat (domeniul infraroșu). Radiația în banda Roșu este absorbită în mare parte de pigmenții clorofilieni ai plantelor, iar radiația în infraroșu apropiat este reflectată din cauza structurii aparatului foliar. Tranziția R - NIR (Red Edge) reprezintă aproximativ intervalul de lungimi undă între 680 - 750 nm.

⁴ Adresa URL poate suferi modificări în funcție de deciziile operaționale ale Comisiei Europene și ale ESA.

3. INTERFAȚA SNAP

3.1 Bara de meniuri

Este situată în partea de sus a ferestrei și cuprinde opțiuni pentru configurarea programului și permite accesul la diferitele funcționalități ale acestuia. Bara de meniuri cuprinde un număr de 12 meniuri principale, fiecare conținând mai multe meniuri secundare. Acestea sunt următoarele:

- **File**, conține comenzi care se referă la inserarea și salvarea datelor:
 - permite deschiderea produselor satelitare fie prin navigarea către locul de stocare a acestora, fie cu ajutorul librăriei de produse (*Open Product, Reopen Product, Product Library*);
 - închiderea și salvarea produselor (*Close Product, Close All Products, Close Other Products, Save Product, Save Product As*);
 - creare de noi sesiuni și proiecte (*Sessions, Projects*);
 - importul și exportul datelor (*Import, Export*);
 - închiderea programului informatic (*Exit*).
- **Edit**, conține elemente privitoare la editarea datelor:
 - sunt incluse funcții pentru anularea sau refacerea ultimelor interacțiuni (*Undo, Redo*);
 - copierea, inserarea, ștergerea și selectarea elementelor (*Copy, Cut, Paste, Delete, Select, Select all*);
 - proprietăți ale elementelor selectate (*Properties*).
- **View**, meniu care permite inserarea și eliminarea barelor de comenzi (*Toolbars*) și a ferestrelor care afișează diverse funcționalități (*Tool Windows*).
- **Analysis**, conține instrumente pentru analiza și inspectarea valorilor imaginilor introduse:
 - informații complexe despre imaginile satelitare (*Information, Histogram, Profile Plot, Metadata Plot*);

- informații și corelații statistice (Statistics, Scatter Plot, Correlative Plot);
- geocodare datelor (*Geo-Coding*).
- **Layer**, meniu ce conține opțiuni pentru suprapunerea și manipularea straturilor tematice (*Layer Manager, Layer Editor*).
- **Vector**, permite crearea (*New Vector Data Container*), importul și exportul datelor vectoriale (*Import, Export*).
- **Raster**, meniu ce conține funcții complexe pentru procesarea și analizarea datelor de tip raster:
 - procesarea benzilor spectrale (operațiuni de tip Band Maths, Band Maths Expression Editor, Filtered Band, Convert Band, Geo-Coding Displacement Bands);
 - decuparea și mascarea benzilor spectrale (*Subset, Masks*);
 - procesări geometrice a datelor (*Geometric Operations*);
 - conversia datelor (*Data Conversion*);
 - analiza canalelor spectrale (*Image Analysis*);
 - clasificarea (*Classification*);
 - segmentarea (*Segmentation*);
 - exportul datelor (*Export*).
- **Optical**, meniu dedicat procesării imaginilor satelitare multispectrale:
 - analiza semnăturii spectrale a benzilor disponibile (*Spectrum Viewer, Spectral Unmixing*);
 - procesări geometrice (*Geometric*);
 - procesări tematice pentru a cuantifica diverse caracteristici ale suprafeței terestre (*Thematic Land Processing, Thematic Water Processing*);
 - extragerea benzilor spectrale din imagini compozit (*Bands Extractor*).
- **Radar**, meniu dedicat procesării imaginilor satelitare radar:
 - inserarea fișierelor ce conțin informații despre orbita de preluare a imaginilor (*Apply Orbit File*);

- procesarea radiometrică și filtrarea zgomotului de fond (*Radiometric, Speckle Filtering*);
- procesări geometrice (*Coregistration, Geometric*);
- procesări interferometrice (*Interferometric*);
- procesări polarimetrice (*Polarimetric*).
- **Tools**, conține unelte pentru automatizarea fluxurilor de lucru (*Graph Builder, Batch Processing*) și opțiuni pentru configurarea SNAP (*Options*).
- **Window**, conține comenzi pentru vizualizarea datelor:
 - crearea de compoziții color ale benzilor spectrale (*Open RGB Image Window, Open HSV Image Window*);
 - modificarea vizualizării imaginilor satelitare simultan în mai multe ferestre (*Tile Horizontally, Tile Vertically, Tile Evenly, Tile Single*);
 - crearea spațiilor noi de lucru (*New Workspace*);
 - configurarea spațiilor de lucru (*Configure Window, Reset Windows, Go to Previous Windows*);
 - închiderea documentelor (*Close Document, Close All Documents*).
- **Help**, meniu care conține informații utile despre SNAP:
 - conținutul informațiilor de ajutor (*Help Contents*);
 - legături către resurse online (Context Web Search, SNAP Home Page, Tutorials);
 - raportarea erorilor (*Report an Issue*);
 - verificarea actualizărilor de program (*Check for Updates*);
 - informații referitoare la programul informatic SNAP (*About SNAP*).

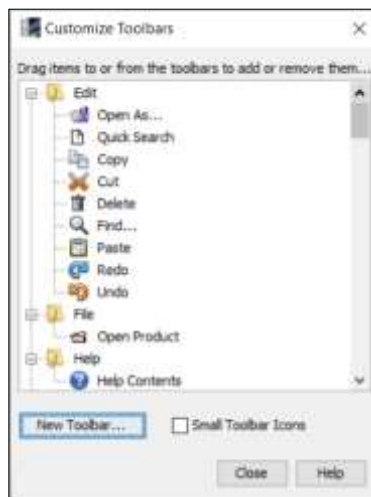
3.2 Bara de unelte

Toolbars - Este situată în partea de sus a ferestrei, sub bara de meniuri, și conține butoane reprezentate prin pictograme sugestive pentru accesarea rapidă a instrumentelor programului informatic SNAP.



Instrumentele care apar în cadrul barei de unelte pot fi personalizate prin apăsarea butonului din dreapta al mouse-ului după plasarea cursorului pe această bară de unelte și selectarea opțiunii *Customize*.

Fig. 1 - Personalizarea barei de unelte



3.3 Fereastra pentru vizualizarea imaginilor

Image Viewer - Reprezintă secțiunea principală a interfeței programului SNAP, fiind situată în partea centrală. Această fereastră permite vizualizarea produselor satelitare și a datelor tabelare cum ar fi metadatele.

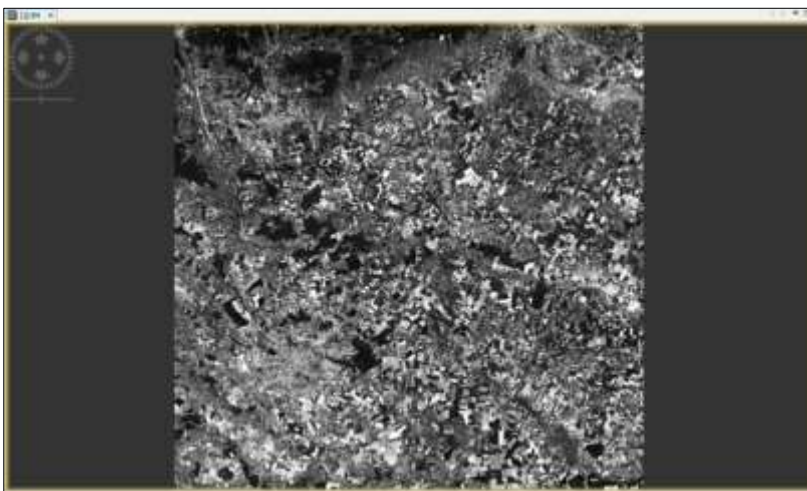


Fig. 2 - Fereastra pentru vizualizarea imaginilor satelitare

3.4 Fereastra pentru explorarea produselor

Product Explorer - Această fereastră este situată în partea stângă a interfeței SNAP. În această fereastră pot fi vizualizate produsele introduse în aplicație. Produsele Sentinel-2 apar sub forma unui arbore care conține toate fișierele conexe prezente în arhiva imaginii multispectrale.

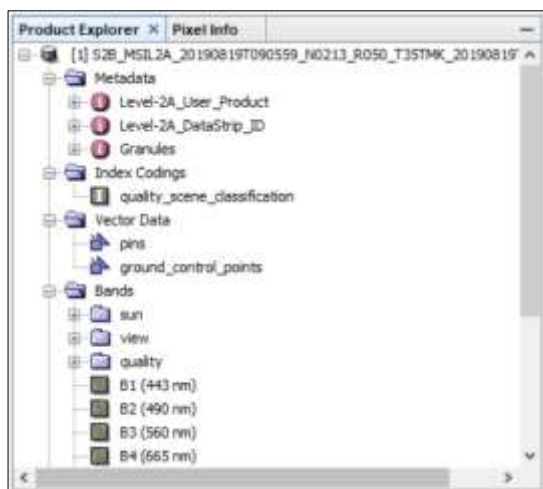


Fig. 3 - Fereastra pentru explorarea conținutului produselor satelitare

3.5 Fereastra pentru vizualizarea informațiilor despre pixeli

Pixel Info - Această fereastră afișează informații despre pixeli precum poziția unui pixel selectat (coordonatele imagine, coordonatele geografice și coordonatele rectangulare), data și ora de preluare a imaginii satelitare sau valoarea radiometrică a pixelului.

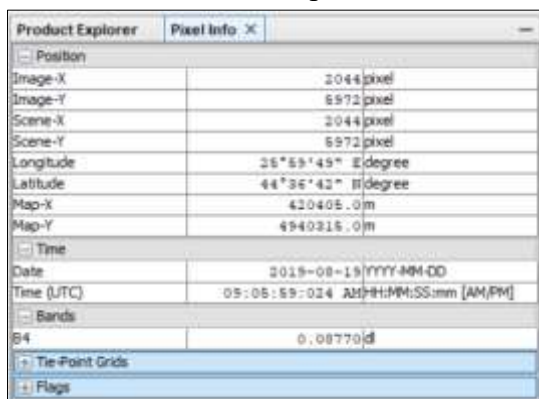


Fig. 4 - Fereastra pentru vizualizarea informațiilor despre pixeli

3.6 Fereastra pentru navigarea pe imagini satelitare

Navigation - Această fereastră se află în partea din stânga-jos a interfeței programului SNAP și are rol de navigare în imaginile satelitare.

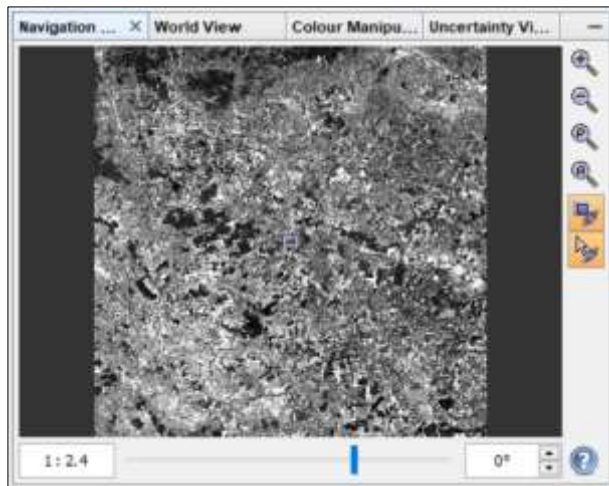


Fig. 5 - Fereastră pentru navigarea în imaginile satelitare

3.7 Fereastră pentru vizualizare globală

World View - Această fereastră permite utilizatorului să vizualizeze amprenta imaginilor satelitare inserate la nivel local, regional, sau global (*zoom*).



Fig. 6 - Fereastră pentru vizualizare în context global

3.8 Manipularea culorilor

Color Manipulation - Permite manipularea culorilor imaginilor deschise în fereastra de vizualizare prin trei metode: simplu (*Basic*), prin selectarea uneia dintre rampele de culori predefinite, folosind cursoare (*Sliders*) suprapuse histogramei imaginii sau tabelar (*Table*), asociind manual culori unui tabel de valori.

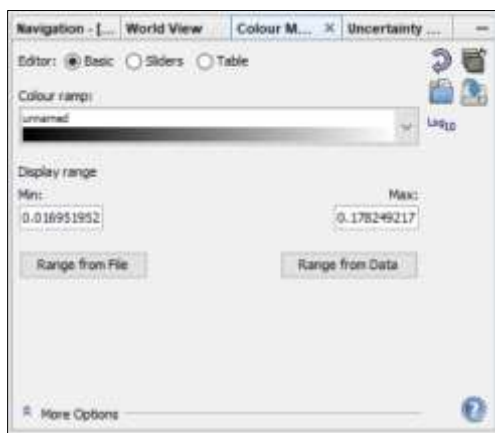


Fig. 7 - Fereastră pentru manipularea culorilor

4. DESCHIDERE ȘI VIZUALIZAREA IMAGINILOR S-2

4.1 Denumirea imaginilor

Denumirea unei imagini satelitare Sentinel este compusă dintr-un cod ce indică o serie de parametrii, ușurând identificarea caracteristicilor tehnice și geometrice ale imaginii fără a fi necesară deschiderea acesteia. Numele este compus din caractere alfanumerice conform exemplului:

S2B_MSIL2A_20190819T090559_N0213_R050_T35TMK_20190819T124035.SAFE unde principalele grupuri de caractere reprezintă:

- S2B – Numele platformei satelitare (Sentinel-2B);
- MSIL2A – Numele senzorului care a înregistrat imaginea (MSI) și nivelul de procesare al acesteia (Level 2A);

- 20190819T090559 – Data și ora la care a început preluarea imaginii (19.08.2019 ora 09:05:59 AM);
- N0213 – Numărul bazei de procesare;
- R050 – Orbita de preluare;
- T35TMK – Indicativul scenei preluate.

Imaginile preluate de toate misiunile Sentinel sunt puse la dispoziție în mod deschis și liber de către ESA prin intermediul portalului *Copernicus Open Access Hub* la adresa:

<https://scihub.copernicus.eu/>⁵

4.2 Inserarea imaginilor

Inserarea imaginilor se realizează prin intermediul meniului *File - Open Product*, apoi se navighează către locul unde a fost salvată imaginea. Imaginile pot fi inserate și prin apăsarea butonului  situat în bara de unelte.

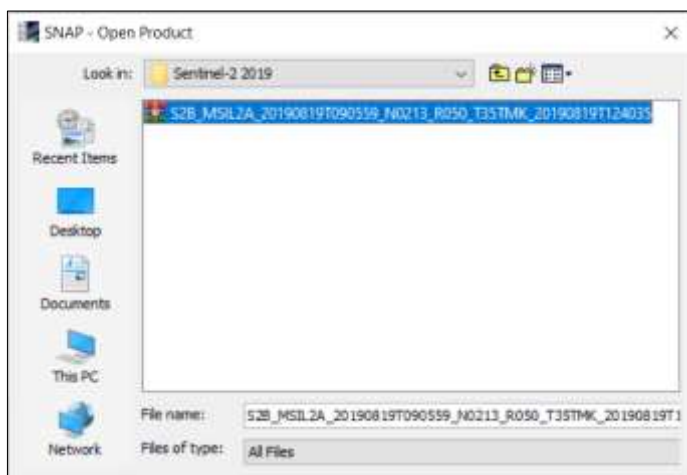


Fig. 8 - Deschiderea imaginilor satelitare

⁵ Adresa URL poate suferi modificări în funcție de deciziile operaționale ale Comisiei Europene și ale ESA

În cazul în care imaginea multispectrală care se dorește a fi deschisă este preluată de o altă misiune satelitară având un format acceptat de programul informatic SNAP, se va naviga în meniul *File-Import-Optical Sensors*. Din cadrul acestui meniu se poate selecta numele misiunii satelitare.

4.3 Explorarea structurii unei imagini

Arhiva care conține atât benzile spectrale cât și informațiile suplimentare va apărea în fereastra *Product Explorer*. Prin apăsarea semnului + aflat în stânga numelui arhivei de imagini se va vizualiza întreaga structură de tip arbore a datelor. Aceasta conține o serie de cinci sub-ramuri:

- *Metadata* – sunt grupate fișierele de metadata aferente imaginii multispectrale;
- *Index Codings* – lista ce conține valori unice pentru diferite tipuri de clase cum ar fi: nori, zăpadă, apă, etc.
- *Vector Data* – date vectoriale. În cadrul acestei grupări vor fi stocate datele vectoriale care vor fi generate utilizând butoanele pentru crearea vectorilor din cadrul barei de unelte;



- *Bands* – benzile spectrale și date de tip raster care conțin informații suplimentare;
- *Masks* – date de tip raster care conțin măști pentru areale lipsite de informații, nori de tip cirrus, etc.

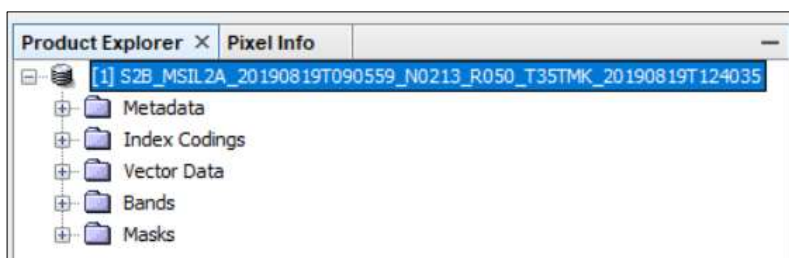


Fig. 9 - Structura datelor Sentinel-2

Deschiderea ramurii *Metadata* va afișa 3 fișiere de metadata care conțin informații descriptive referitoare la setul de date multispectrale. Deschiderea fișierului *Level-2A_User_Product* prin apăsarea dublu click stânga a mouse-ului, va deschide un tabel în fereastra de vizualizare a datelor.

Fișierul de metadata conține informații despre data preluării imaginilor, tipul orbitei, nivelul de procesare al imaginii și alte informații utile.

[1] Level-2A_User_Product X		
Name	Value	Type
General_Info		
Product_Info		
DataTake		
dataTakeIdentifier	GS25_20190819T090559_012803_N02.13	ascii
SPACECRAFT_NAME	Sentinel-2B	ascii
DATATAKE_TYPE	IMG-N0BS	ascii
DATATAKE_SENSING_START	2019-08-19T09:05:59.024Z	ascii
SENSING_ORBIT_NUMBER	50	ascii
SENSING_ORBIT_DIRECTION	DESCENDING	ascii
Query_Options		
completeSingleFile	true	ascii
PRODUCT_FORMAT	SAFE_COMPACT	ascii
Product_Organisation		
PRODUCT_START_TIME	2019-08-19T09:05:59.024Z	ascii
PRODUCT_STOP_TIME	2019-08-19T09:05:59.024Z	ascii
PRODUCT_URI	S2B_MSIL2A_20190819T090559_N0213_R050_T31STMK_20190819T124035.SAFE	ascii
PROCESSING_LEVEL	Level-2A	ascii
PRODUCT_TYPE	S2MSI2A	ascii
PROCESSING_BASELINE	02.13	ascii
GENERATION_TIME	2019-08-19T12:40:35.000000Z	ascii
PREVIEW_IMAGE_URL	Not applicable	ascii
PREVIEW_GEO_INFO	Not applicable	ascii
Product_Image_Characteristics		
Geometric_Info		
Auxiliary_Data_Info		
Quality_Indicators_Info		

Fig. 10 - Vizualizarea metadatelor imaginii Sentinel-2

4.4 Deschiderea și vizualizarea benzilor spectrale

Pentru deschiderea benzilor spectrale se va naviga în fereastra *Product Explorer* deschizând ramura *Bands* a imaginii Sentinel-2.

4.5 Navigarea pe imagini

Navigarea pe imagini se poate realiza în trei moduri:

1. Folosind fereastra *Navigation* în cadrul căreia există o serie de butoane:
 - a.  mărire imagini;
 - b.  micșorare imagini;
 - c.  setare nivel de vizualizare la mărimea implicită a pixelilor astfel încât dimensiunea pixelilor imaginii satelitare să fie egală cu cea a pixelilor ecranului;
 - d.  setare vizualizare a întregii imagini (similar cu funcția “Zoom to Layer” a programelor GIS);
 - e.  sincronizarea vizualizării a două sau mai multor imagini deschise simultan;
 - f.  sincronizare cursor pe două sau mai multe imagini deschise.

După apăsarea butonului de mărire a imaginii, în cadrul ferestrei de navigare va apărea un dreptunghi care va indica limitele de afișare a imaginii în fereastra de vizualizare (*Image Viewer*).

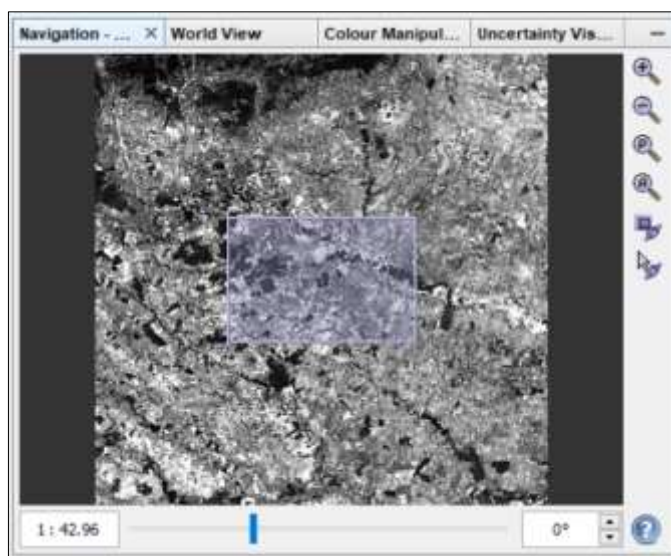


Fig. 13 - Navigarea pe imagini

După stabilirea nivelului de vizualizare, navigarea pe imagine se realizează prin glisarea dreptunghiului cu ajutorul *mouse*-ului, în cadrul imaginii.

2. Prin interacțiunea directă cu fereastra centrală (*Image Viewer*) dedicată vizualizării, folosind uneltele situate pe bara de instrumente aflată în partea de sus a interfeței programului:
 - a.  glisarea imaginii;
 - b.  mărirea sau micșorarea imaginii.
3. Folosind butoanele pentru control al navigării. Acestea se află în partea stânga-sus a ferestrei centrale (*Image Viewer*). 

Mărirea sau micșorarea imaginii se poate efectua și folosind roțița *Scroll* a *mouse*-ului.

4.6 Rotirea imaginilor

Un alt mod de interacțiune cu imaginile încărcate în program este rotirea acestora. Imaginile satelitare Sentinel-2 sunt orientate către nord, dar în unele situații rotirea acestora permite o mai bună interpretare vizuală a unor elemente de conținut.

Rotirea imaginilor se realizează prin intermediul ferestrei *Navigation*. În partea stânga-jos a acesteia se află o casetă unde se va introduce valoarea de rotație a imaginii (în grade sexagesimale).

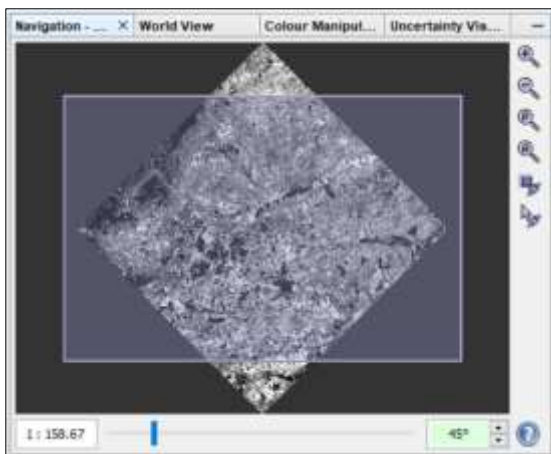


Fig. 14 - Rotirea imaginilor

4.7 Efectuarea de măsurători pe imaginile satelitare

Imaginile satelitare Sentinel-2 sunt puse la dispoziție de ESA la nivelul de procesare 1C sau 2A. Ambele nivele de procesare constau în imagini ortorectificate în proiecție cartografică UTM (Universal Transverse Mercator). Această proiecție are la bază elipsoidul de referință WGS-84, iar teritoriul României este cuprins în fusele 34N și 35N din cadrul *grid*-ului UTM. Efectuarea de măsurători este posibilă în mod direct pe imaginile descărcate.

Instrumentul pentru măsurarea distanțelor  se află amplasat în cadrul barei de unelte a programului SNAP.

Utilizarea acestuia se realizează prin trasarea liniei/polilinie de măsurare, finalizarea marcajului realizându-se cu dublu-click stânga al *mouse*-ului.



Fig. 15 - Exemplu de utilizare a instrumentului de măsurare

După finalizarea trasării liniei/polilinie pentru măsurare, va apărea o fereastră în care va fi afișată distanța exprimată în kilometri.

4.8 Vizualizarea caracteristicilor benzilor spectrale

Pentru vizualizarea avansată a caracteristicilor benzilor spectrale este necesară deschiderea structurii imaginii multispectrale în fereastra *Product Explorer* iar ulterior se selectează banda ale cărei caracteristici se intenționează a fi vizualizate.



Fig. 16 - Selectarea benzilor spectrale pentru interogare

Accesarea secțiunii *Information* se realizează prin intermediul comenzii *Analysis* din bara de meniuri. Fereastra va afișa informații complexe privind banda spectrală selectată: lungimea de undă, proiecția cartografică, data și ora preluării, etc.



Fig. 17 - Fereastra de afișare a informațiilor

5. OPERAȚII GEOMETRICE ASUPRA IMAGINILOR S-2

5.1 Decuparea și salvarea imaginilor

În vederea distribuției, imaginile Sentinel-2 sunt furnizate sub formă de produse cu dimensiunea de 100 km lățime și 100 km lungime. În funcție de mai mulți factori (amplasare, sezon de preluare, etc.), fișierele arhivate aferente unei imagini satelitare pot depăși pragul de 1GB volum de date.

Pentru optimizarea viitoarelor fluxuri de lucru, este de preferat ca imaginea multispectrală să fie decupată conform arealului de interes al operatorului. Acest lucru va facilita scăderea intervalelor temporale necesare viitoarelor operațiuni de procesare a imageriei satelitare și va putea determina reducerea dimensiunilor fișierelor rezultate.

Decuparea imaginilor se realizează folosind funcția *Subset* disponibilă în meniul *Raster*. Decuparea poate fi realizată fie prin introducerea coordonatelor geografice în fila *Geo Coordinates*, fie prin redimensionarea și poziționarea chenarului albastru în caseta de pre-vizualizare aflată în partea stângă a ferestrei de lucru.

Pentru sincronizarea următorilor pașilor de lucru, decuparea imaginii multispectrale se va efectua prin intermediul ferestrei din meniu *Pixel Coordinates* folosind coordonatele:

start X: 292;

start Y: 241;

end X: 646;

end Y:535.

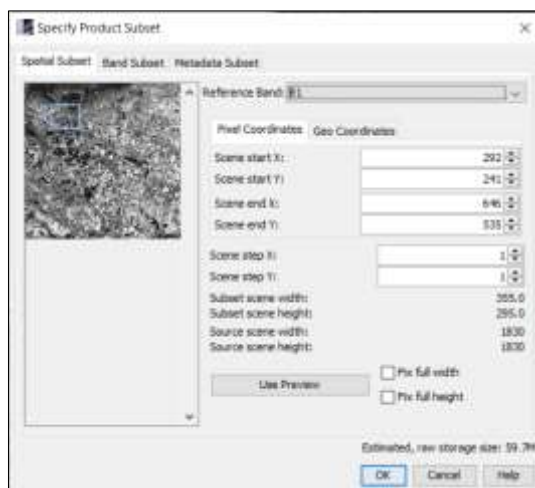


Fig. 18 - Funcția *Subset* pentru decuparea imaginilor

După introducerea coordonatelor, chenarul din caseta de pre-vizualizare se va ajusta indicând perimetrul de decupare a imaginii, iar în partea de jos a ferestrei va fi afișată dimensiunea aproximativă a fișierelor rezultate.

Următorul pas este reprezentat de selectarea din meniul *Bands Subset* a benzilor spectrale care vor fi decupate. Pentru următorii pași, este nevoie de toate benzile spectrale.

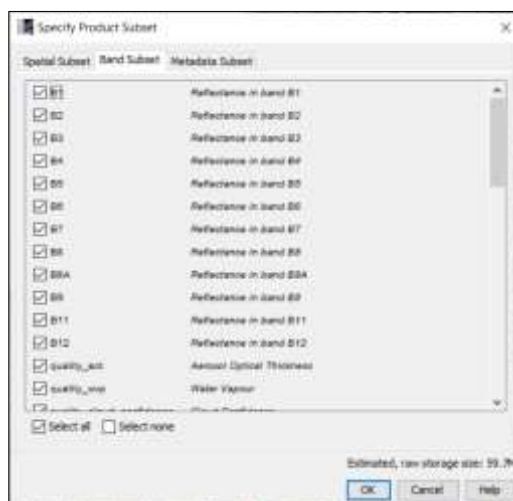


Fig. 19 - Selectarea benzilor spectrale care vor fi decupate

În meniul *Metadata Subset* va apărea și lista metadatelor care urmează a fi decupate.

După verificarea corectitudinii parametrilor introduși, se apasă butonul *OK* pentru începerea procesării. Imaginea decupată va apărea în fereastra *Product Explorer* și va avea prefixul *subset_0_of...* .

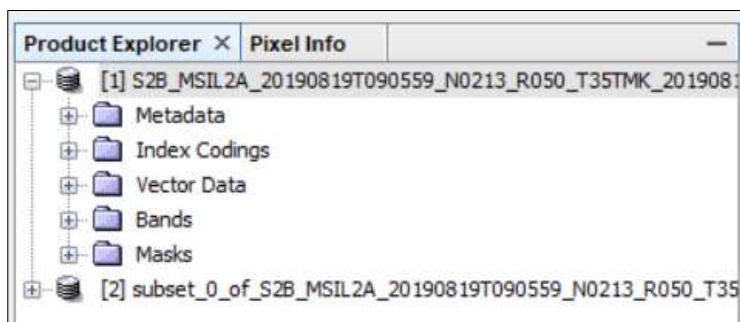


Fig. 20 - Vizualizarea imaginii decupate în *Product Explorer*

În acest moment, imaginea decupată este salvată în memoria temporară a calculatorului. Pentru salvarea permanentă, se apasă click dreapta pe aceasta și se selectează opțiunea *Save Product As....* Se redenumesc imaginea prescurtând numele și adăugând denumirea celui mai important centru urban care se regăsește în această imagine:

subset_S2B_MSIL2A_20190819_Ploiesti.dim.

După schimbarea numelui, se navighează până la locul unde se intenționează stocarea în calculator și se apasă butonul *Save*.

După ce salvarea a fost încheiată cu succes, se închid cele două produse rămase în *Product Explorer* prin apăsare click dreapta pe una dintre ele și se selectează opțiunea *Close All Products*.

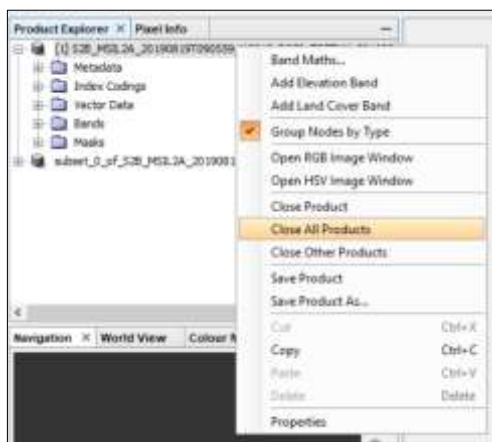


Fig. 21 - Închiderea produselor din SNAP

După ce fișierele existente au fost închise, se deschide imaginea decupată în pasul anterior folosind opțiunea *Open Product*. Se navighează la locul unde imaginea decupată a fost salvată și se apasă dublu click pe fișierul [.dim] (fișierul cu pictograma SNAP) pentru introducerea imaginii.

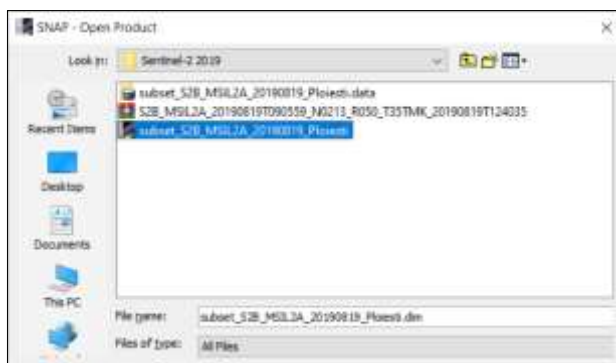


Fig. 22 - Adăugarea imaginii salvate

5.2 Re-eșantionarea benzilor spectrale

Procesul de re-eșantionare constă în modificarea rezoluției spațiale (dimensiunea la sol a pixelilor) prin divizarea sau unirea pixelilor. Spre exemplu, re-eșantionarea unui pixel cu latura de 20 m în pixeli cu latura de 10 m va crea patru astfel de pixeli dar care vor păstra valorile radiometrice

ala pixelului inițial. Acest proces permite realizarea, ulterior, de produse complexe.

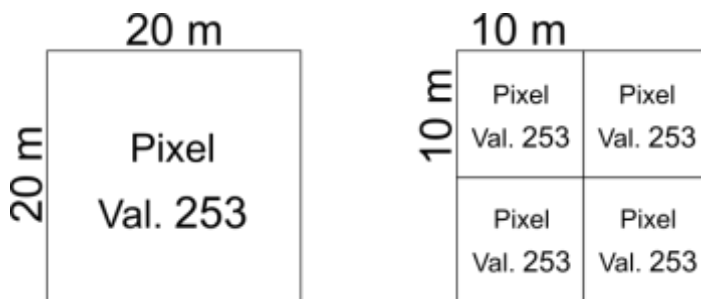


Fig. 23 - Reprezentarea schematică a procesului de re-eșantionare

Re-eșantionarea imaginilor multispectrale se realizează prin accesarea meniului *Raster – Geometric Operations – Resampling*.

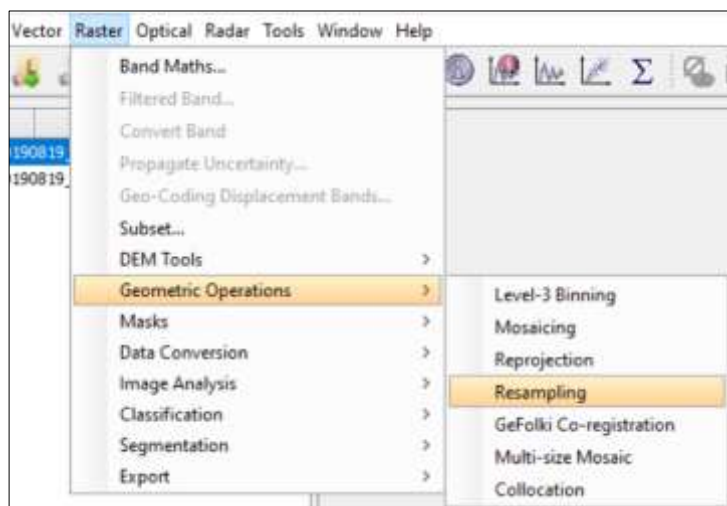


Fig. 24 - Accesarea secțiunii de re-eșantionare a imaginilor satelitare

În tab-ul *I/O Parameters (Input/Output Parameters)* se selectează imaginea care se intenționează a fi procesată în secțiunea *Source Product*, iar în secțiunea *Target Product*, numelui inițial al produsului selectat îi va fi atribuit sufixul *resampled*. Salvarea nu va fi efectuată în acest pas, drept urmare se de-bifează căsuța *Save as*.

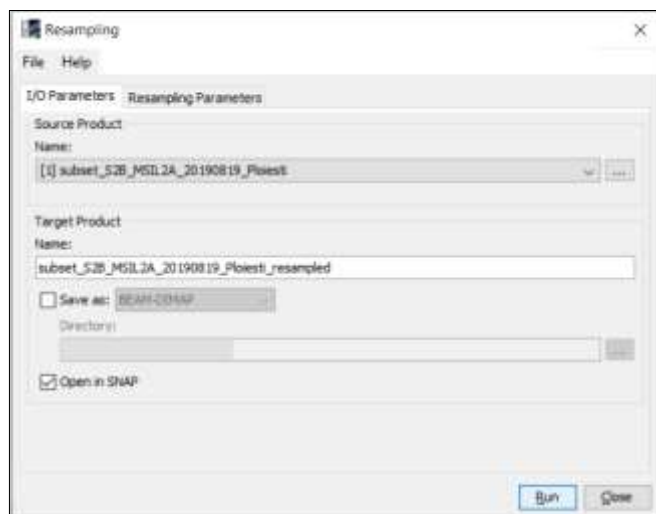


Fig. 25 - Parametrii de intrare/ieșire pentru re-eșantionare

În tab-ul *Resampling Parameters* se selectează banda spectrală de referință pentru re-eșantionare. Având în vedere parametrii misiunilor Sentinel-2, se va selecta banda 2, aceasta fiind una dintre cele patru benzi spectrale cu rezoluția spațială de 10m, iar apoi se apasă butonul *Run*.

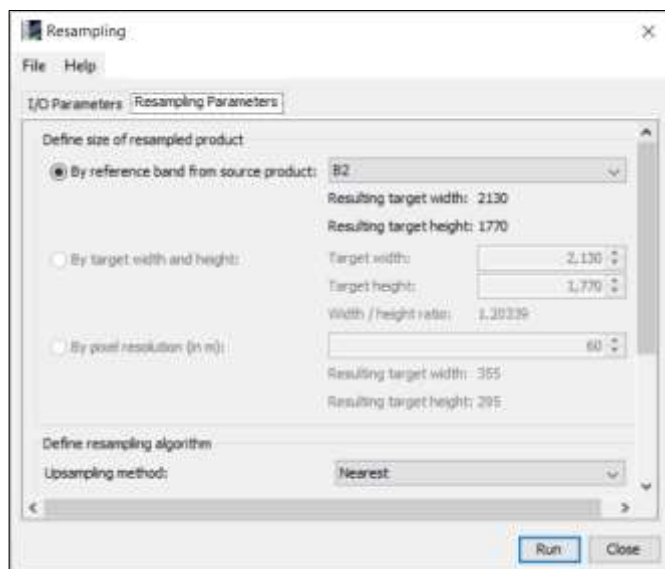
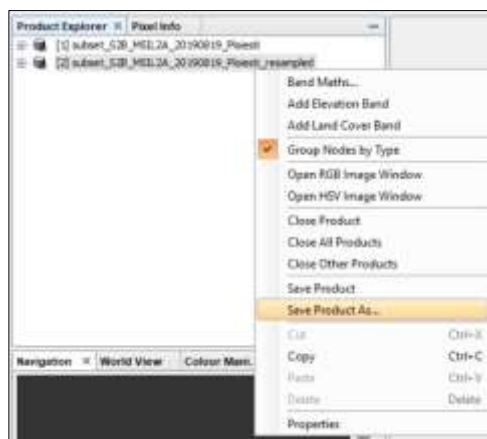


Fig. 26 - Selectarea parametrilor de re-eșantionare

Imagina procesată va apărea în fereastra *Product Explorer* cu sufixul „_resampled”. Aceasta este stocată temporar. Pentru stocarea permanentă a imaginii re-eșantionate se va apăsa click dreapta *mouse* pe aceasta și se va alege opțiunea *Save Product As...*, selectând locul de salvare iar ulterior se apasă butonul *Save*.

Fig. 27 - Salvarea imaginii re-eșantionate

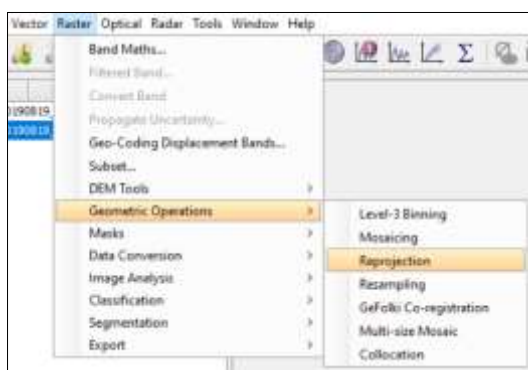


5.3 Reproiectarea imaginilor satelitare

După re-eșantionarea imaginii satelitare multispectrale, aceasta va fi reproiectată din proiecția UTM, având la bază elipsoidul WGS 84, în sistem de coordonate geografice WGS 84.

Schimbarea proiecției cartografice a unei imaginii satelitare reeșantionate în pasul anterior se poate realiza prin selectarea acesteia în fereastra *Product Explorer* iar apoi se navighează în meniul *Raster – Geometric Operations – Reprojection*.

Fig. 28 - Accesarea utilității de reproiectare a imaginilor satelitare



În tab-ul (*I/O Parameters*) se selectează imaginea care se intenționează a fi reproiectată în secțiunea *Source Product*. În secțiunea *Target Product* se va completa automat numele imaginii selectate anterior, la care se va adăuga automat sufixul “_reprojected”.

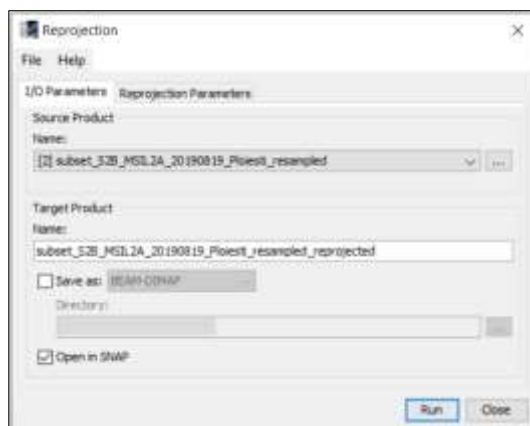


Fig. 29 - Reproiectarea imaginilor satelitare

În tab-ul *Reprojection Parameters* se vor selecta parametrii de reproiectare. În secțiunea *Coordinate Reference System (CRS)* se va bifa opțiunea *Custom CRS*. Se selectează din meniul *Projection* opțiunea “*Geographic Lat/Long (WGS 84)*”. Linia *Geodetic Datum* se va completa automat cu “*World Geodetic System 1984*” (WGS 84).



Fig. 30 - Setarea parametrilor de reproiectare

O altă modalitate de a selecta sistemul de proiecție se poate realiza folosind opțiunea *Predefined CRS*. După apăsarea butonului *Select...* se va deschide o fereastră în care vor fi afișate toate sistemele de proiecție cunoscute de SNAP. Filtrarea acestora se face folosind căsuța *filter* unde se va introduce fie numele proiecției, fie codul unic EPSG (*European Petroleum Survey Group*).

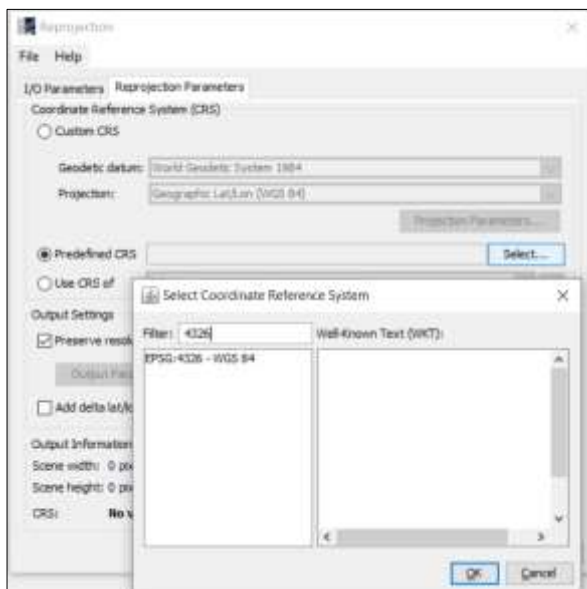


Fig. 31 - Selectarea proiecției din lista predefinită

După setarea parametrilor de reproiectare se va apăsa butonul *Run*. Imaginea multispectrală reproiectată va apărea în fereastra *Product Explorer*. Următorul pas este salvarea acesteia, *Save Product As...* .

6. ANALIZA GENERALĂ A BENZILOR SPECTRALE

6.1 Analiza valorilor unei benzi spectrale

Pentru interogarea valorilor radiometrice ale pixelilor, primul pas este deschiderea unei benzi spectrale accesând imaginea multispectrală prin intermediul ferestrei *Product Explorer*.

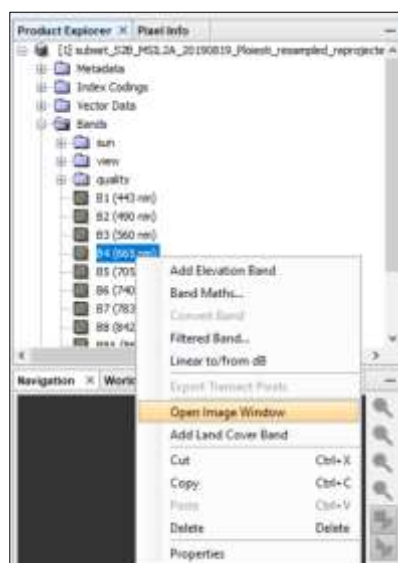


Fig. 32 - Deschiderea unei benzi spectrale

În mod implicit, banda spectrală deschisă va fi afișată în nuanțe de gri care variază de la negru absolut la alb absolut, nuanțele mai închise reprezentând pixeli cu valori mai mici (adică absorbție maximă), deci un răspuns spectral mai scăzut în banda respectivă, în timp ce pixelii care aparțin unor nuanțe de gri mai deschise au valori mai mari (reflectivitate maximă), adică prezintă un răspuns spectral mai ridicat în banda respectivă. Exemplul de mai jos prezintă afișarea valorilor aferente unei game dinamice pe 8 biți (valori între 0 și 255) cu ajutorul unei rampe de nuanțe de gri.

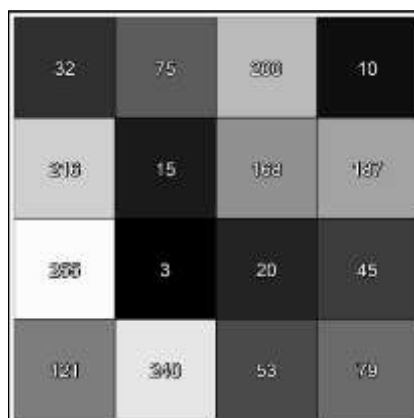


Fig. 33 - Exemplu de afișare a valorilor pixelilor

După ce banda spectrală a fost deschisă, se va vizualiza fereastra *Pixel Info*. Aceasta este o fereastră interactivă care afișează informații despre pixelii peste care vom naviga cu ajutorul cursorului. În cadrul ferestrei *Pixel Info* vor fi afișate o serie de informații dispuse pe categorii:

- *Position*: coordonatele pixelului interogat;
- *Time*: data și ora la care imaginea a fost achiziționată de senzorul satelitar;
- *Band*: numele benzii spectrale și valoarea pixelului interogat.

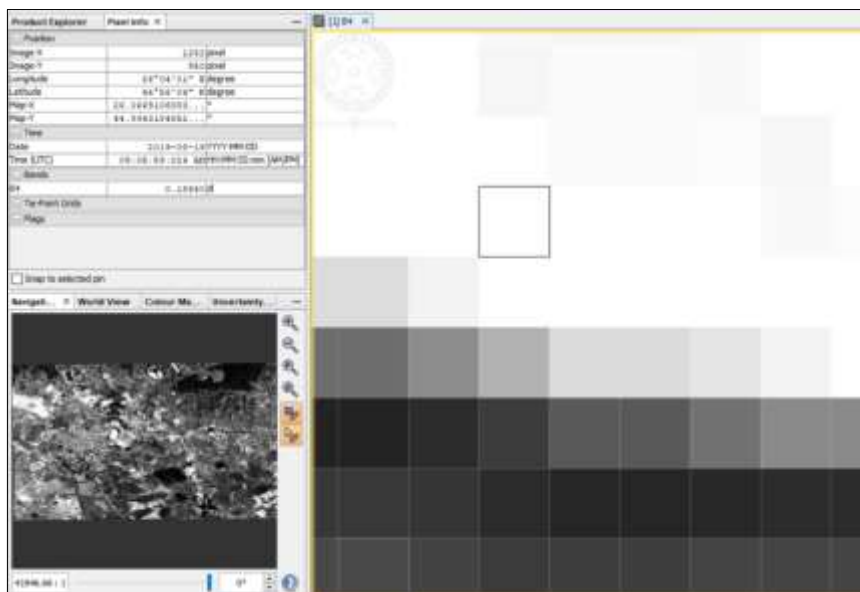


Fig. 34 - Interogarea pixelilor

Programul SNAP va afișa valorile pixelilor în unități de tip *Dimensionless* “*dl*”. Conversia valorilor *dl* în valori normale se realizează prin înmulțirea acestora cu valoarea 10.000.

6.2 Vizualizarea histogramei unei benzi spectrale

Histograma este o reprezentare grafică a frecvenței statistice de apariție a unei valori într-un set de date.

Pentru crearea și vizualizarea unei histograme, se va accesa meniul *Analysis* – *Histogram*. După deschiderea ferestrei care va afișa histograma, este necesară selectarea benzii spectrale care va fi analizată statistic, în cazul de față, banda numărul 4 (B4). După selectarea benzii se va activa butonul *Refresh View* . Apăsarea acestuia va genera histograma.

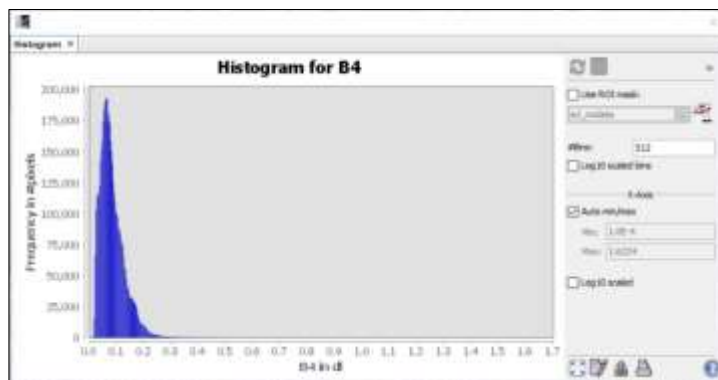


Fig. 35 - Vizualizarea histogramei

Histograma benzii spectrale cuprinde:

- o scară orizontală pe care sunt amplasate toate valorile pixelilor conform gamei dinamice specifice benzii respective (8 biți, 12 biți, 16 biți, etc., după caz);
- o scară verticală pe care este amplasată frecvența de apariție (numărul de pixeli) pentru fiecare valoare a pixelilor din acea bandă.

Odată generată histograma benzii spectrale de interes, aceasta poate fi salvată permanent în calculator. Acest lucru se realizează prin apăsare click dreapta *mouse* pe histogramă și selectare opțiunea *Save As...*, după care se alege locul de salvare și se apăsă butonul *Save*. Histograma va fi salvată ca imagine.

Valorile care compun histograma pot fi copiate prin apăsare click dreapta pe aceasta și selectare a opțiunii *Copy*. Valorile copiate pot fi inserate (*Paste*) în programe de organizare tabelară a datelor precum Microsoft Excel.

6.3 Deschiderea și analiza simultană a două benzi spectrale

Programul informatic SNAP permite deschiderea și vizualizarea în paralel a două sau mai multe imagini. Această utilitate permite analiza și compararea interactivă a valorile benzilor spectrale atât vizual cât și prin afișarea valorilor benzilor deschise în fereastra *Pixel Info*.

Mai întâi se deschide atât banda B4 (Roșu - R) cât și banda B8 (Infraroșu apropiat - NIR). Cele două benzi deschise vor fi afișate în fereastra *Image Viewer* sub forma de *tab-uri* ce pot fi activate pe rând. Pentru vizualizarea simultană a imaginilor, se selectează din meniul *Window* comanda *Tile Horizontally*. În acest fel, imaginile vor fi deschise pe orientare orizontală, una lângă cealaltă.

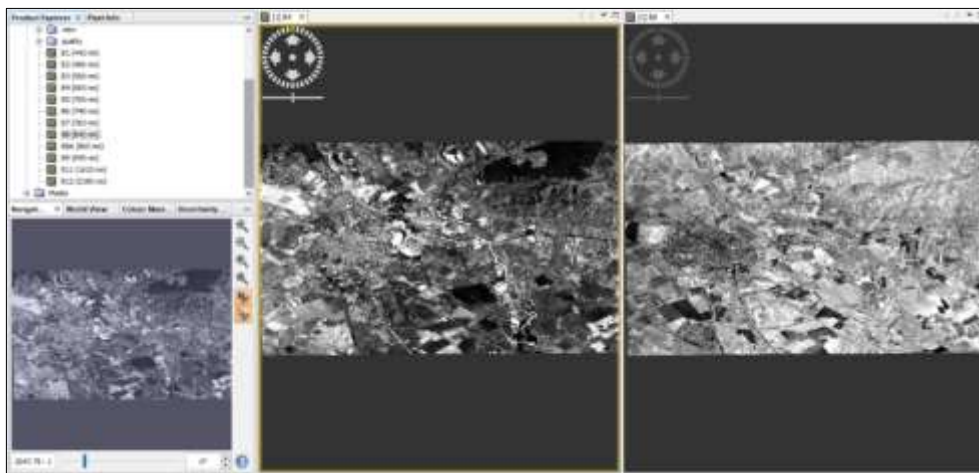


Fig. 36 - Vizualizarea în paralel a două benzi spectrale

Pentru o mai ușoară manipulare a imaginilor, se vor activa din cadrul ferestrei *Navigation* butoanele:

- *Synchronise Views*  (pentru sincronizarea ferestrelor de vizualizare);
- *Synchronise Cursor*  (pentru sincronizarea cursorului în cele două ferestre de vizualizare).

Vizualizarea imaginii va fi ajustată la dimensiunea pixelilor apăsând butonul *Actual Pixels* din fereastra *Navigation*. Activarea ferestrei *Pixel Info* va afișa în cadrul sub meniului *Bands* valorile pixelilor celor două imagini deasupra cărora se află temporar cursorul. Se va selecta o suprafață care conține pixeli cu valori opuse în cele două imagini, precum exemplul de mai jos:

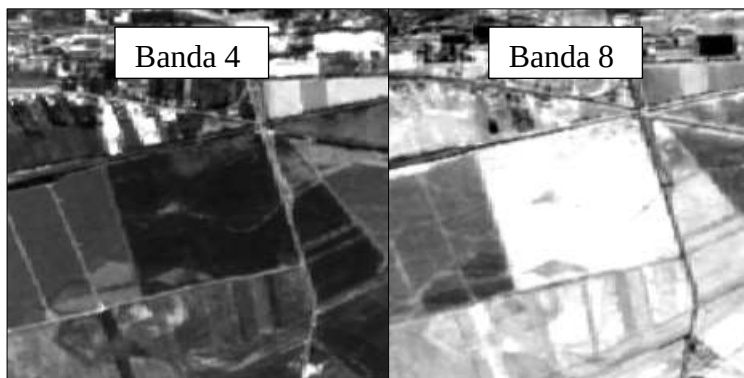


Fig. 37 - Suprafață cu răspuns spectral opus în benzile B4 și B8

Programul afișează în mod implicit valorile scăzute ale pixelilor cu negru și valorile crescute cu alb. Plasând cursorul deasupra unei suprafețe similare celei din exemplul de mai sus, valorile pixelului respectiv în cele două benzi vor apărea în fereastra *Pixel Info*.

Bands	
B4	0.037401
B8	0.426801

Vizualizând valorile pixelilor în cele două imagini, se poate observa faptul că pixelii din arealul respectiv au valori mici în banda B4 (reflectanță redusă) și valori ridicate în banda B8 (reflectanță medie). Aceste caracteristici corespund unui areal cu vegetație sănătoasă, cu conținut clorofilian crescut.

6.4 Diagrama bivariată (histograma dublă)

Este o reprezentare grafică utilă pentru analiza distribuției și valorilor pixelilor și pentru înțelegerea relației statistice dintre două benzi spectrale. Diagrama bivariată (*Scatter Plot*) se generează accesând meniul *Analysis – Scatter Plot*. În dreapta ferestrei *Scatter Plot* se selectează pe Axa X banda

spectrală care va fi analizată (B4 în acest caz), iar pe Axa Y banda B8. Apăsarea butonului *Refresh View*  va genera diagrama.

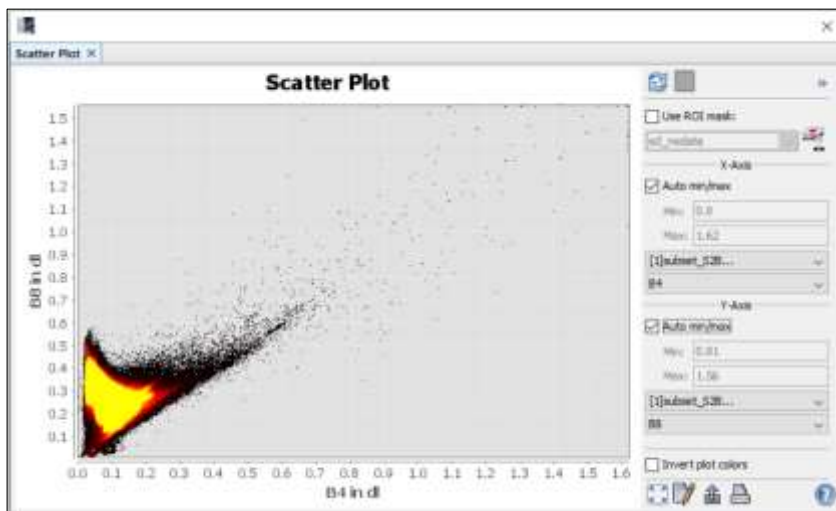


Fig. 38 - Diagrama bivariată

6.5 Analiza pe componente principale (PCA)

PCA face parte din categoria tehnicilor multivariate care permit reducerea dimensiunii datelor. Din punct de vedere matematic, PCA permite transformarea unui set de date corelate dintr-un spațiu cu n -dimensiuni, într-un set de date necorelate într-un spațiu cu p dimensiuni (unde $p < n$), cu scopul evidențierii elementelor constitutive (detectarea structurii datelor).

Analiza pe componente principale se realizează prin accesarea meniului *Raster – Image Analysis – Principal Component Analysis (PCA)*.

În *tab-ul I/O Parameters*, se selectează datele de intrare în secțiunea *Source Product*. Numele noului produs care va fi generat se va completa automat în secțiunea *Target Product* și va conține sufixul *_pca*.

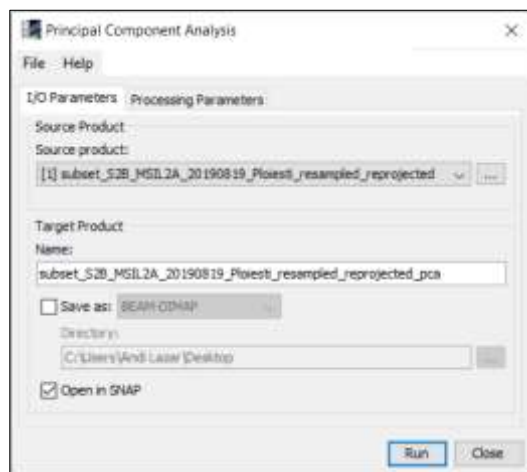


Fig. 39 - Selectarea parametrilor PCA

În *tab-ul Processing Parameters* se selectează benzile spectrale care vor intra în procesul de analiză. Se selectează banda 2, banda 3, banda 4 și banda 8 și se apasă butonul *Run*.

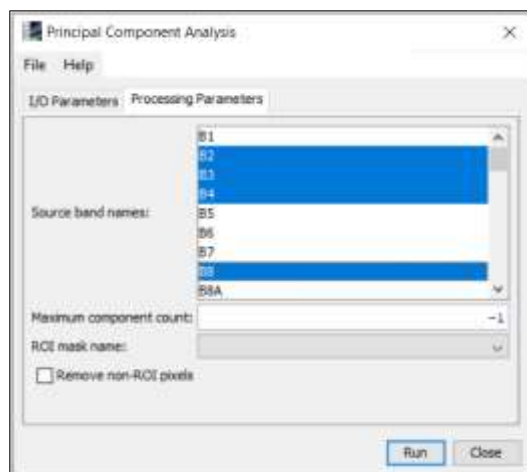


Fig. 40 - Selectarea benzilor pentru analiza pe componente principale

După ce procesare se va încheia, în fereastra *Product Explorer* va apărea produsul rezultat. Salvarea permanentă a acestuia în memoria calculatorului se realizează prin apăsare click dreapta pe acesta și selectare opțiunea *Save Product As...*

Deschiderea produsului PCA se realizează prin combinarea canalelor componente rezultate. Pentru aceasta, se apasă click dreapta *mouse* pe produs și se selectează comanda *Open RGB Image Window*.

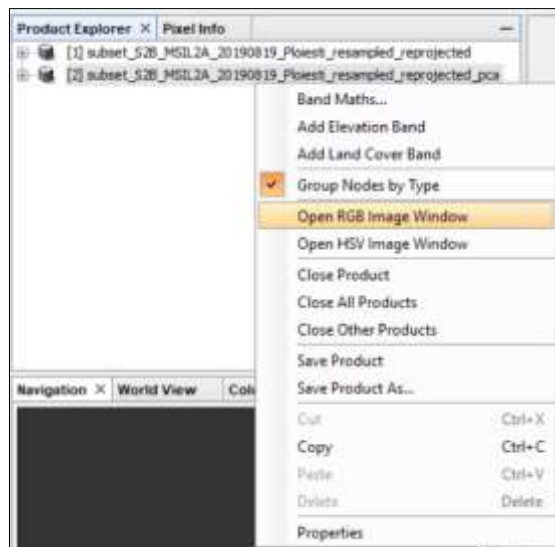


Fig. 41 - Realizarea unei imagini RGB din componentele principale

În fereastra *Select RGB-Image Channels* se alege PCA1 pentru canalul R al imaginii RGB, PCA2 pentru canalul G și PCA3 pentru canalul B și se apasă butonul *OK*.

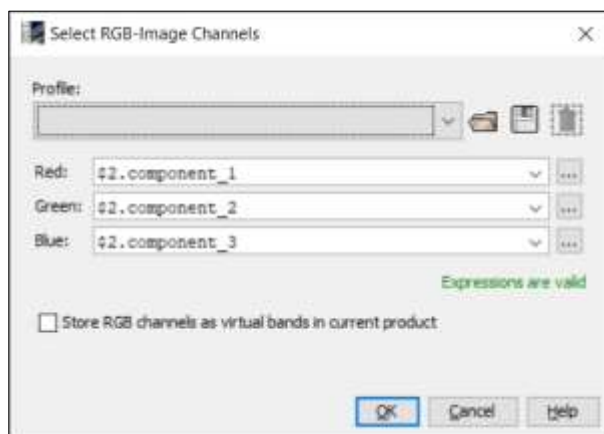


Fig. 42 - Alocarea componentelor principale pe canalele imaginii RGB

Imaginea rezultată va afișa culorile primare roșu, verde și albastru ținând cont de coerența valorilor pixelilor pe toate cele 3 componente principale selectate. Culoarea roșie va reprezenta pixelii ce au valorile cele mai coerente în timp ce albastru este afișat pentru pixelii cei mai puțin coerente, culorile intermediare reprezentând o coerență medie.

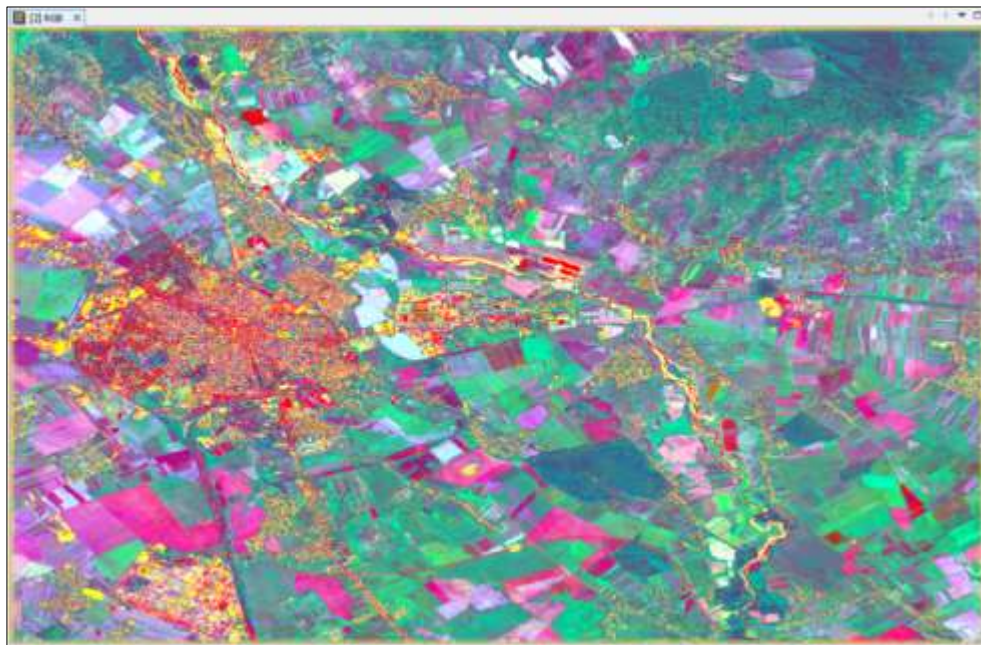


Fig. 43 - Vizualizarea imaginii RGB PCA

6.6 Realizarea profilelor direcționale

Profilele direcționale pe imagini multispectrale se realizează prin extragerea valorilor pixelilor unei benzi spectrale prin suprapunerea unui vector de tip linie. Rezultatul este reprezentat de un grafic unde pe axa orizontală vor fi afișate intervale egale corespunzătoare tuturor pixelilor care formează linia desenată (de la un capăt la celălalt), iar pe axa verticală vor fi afișate valorile pixelilor.

Pentru realizarea profilelor direcționale se va deschide una dintre benzile spectrale ale imaginii Sentinel-2, în acest caz banda B4. Deschiderea utilității pentru generarea profilelor direcționale se realizează navigând în meniul *Analysis – Profile Plot*.

După deschiderea ferestrei *Profile Plot* se va trasa un vector de tip linie folosind unealta *Line drawing tool*  situat în cadrul barei de unelte. Trasarea liniei se realizează prin apăsare click stânga *mouse* în punctul de început și se menține butonul apăsat până la punctul de finalizare.

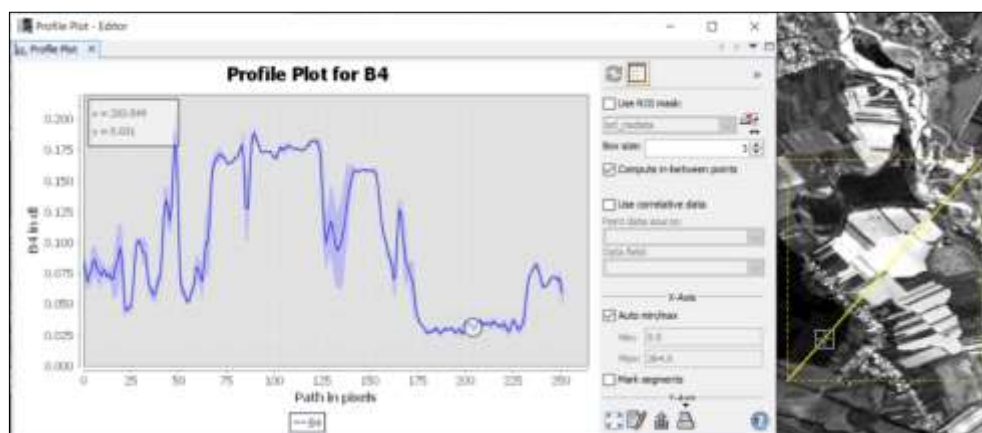


Fig. 44 - Generarea profilelor direcționale pe o bandă spectrală

Apăsarea o dată a butonului click stânga *mouse* pe grafic va sincroniza linia profilului cu punctul corespondent pe vectorul aflat suprapus benzii spectrale. Informațiile generate cu ajutorul utilității *Profile Plot* pot fi vizualizate atât sub formă de grafic cât și tabelar, apăsând butonul *Switch to Tabel View*  situat în partea dreaptă a ferestrei. Apăsând click dreapta *mouse* pe tabel va apărea opțiunea *Copy Data to Clipboard* care permite copierea informațiilor, ulterior acestea putând fi inserate într-un program de tip MS Excel.

Ștergerea vectorilor de tip linie creați anterior se realizează prin selectarea acestora cu instrumentul *Selection Tool*  situat în bara de unelte, apoi prin apăsarea butonului “Delete” al tastaturii.

6.7 Vizualizarea spectrului

Vizualizarea spectrului (*Spectrum View*) este un instrument care permite vizualizarea interactivă a valorilor pixelilor întregului interval de sensibilitate al spectrului electromagnetic captat de imaginea multispectrală. Funcția *Spectrum View* afișează, prin intermediul unui grafic, valorile tuturor benzilor spectrale la nivelul pixelului selectat. Graficul este interactiv, actualizându-se automat la trecerea cursorului de pe un pixel pe altul.

Unealta *Spectrum View* se accesează prin deschiderea meniului *Optical – Spectrum View*. Pentru utilizarea acesteia, poate fi deschisă oricare dintre benzile spectrale sau imagini compozit în culori naturale ori fals color, aceasta facilitând identificarea arealelor de interes.

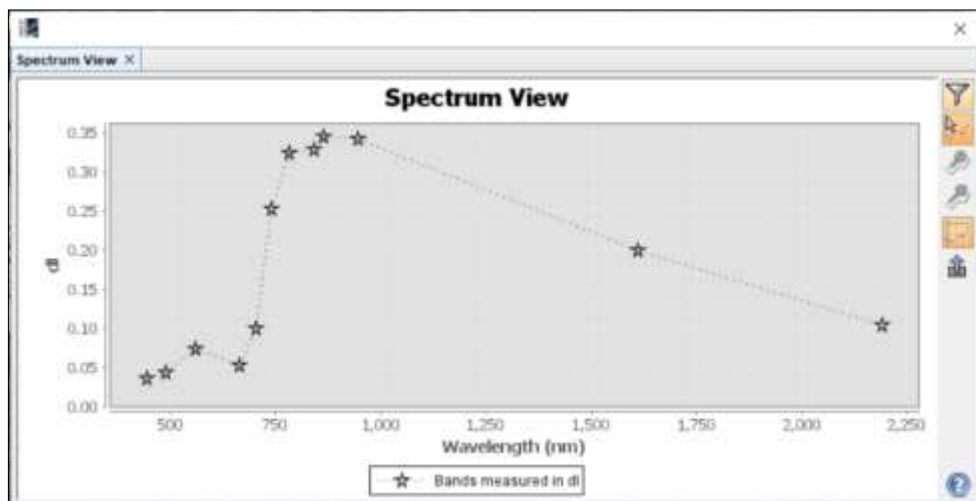


Fig. 45 - Vizualizarea spectrului imaginii S-2

Graficul generat va afișa valorile pixelului în toate benzile spectrale ale imaginii prin intermediul steluțelor, prima din stânga reprezentând valoarea în banda B1, iar ultima steluță din dreapta valoarea în banda B12.

Graficele pot fi generate prin două metode:

- mutând cursorul de pe un pixel pe altul, situație în care butonul *Show spectrum at cursor position*  trebuie să fie activat;
- amplasând pin-uri deasupra pixelilor care se intenționează a fi interogați.

Pentru a doua opțiune de vizualizare a spectrului prin folosirea pin-urilor, va trebui să fie adăugați pin-uri folosind utilitatea *Pin placing tool*  situată în cadrul barei de unelte a programului SNAP. După amplasarea pinului deasupra pixelului, se va activa butonul *Show spectra for all pins*.  Apăsând click stânga *mouse* pe acesta, graficul va afișa răspunsul spectral pentru toate pin-urile poziționate anterior.

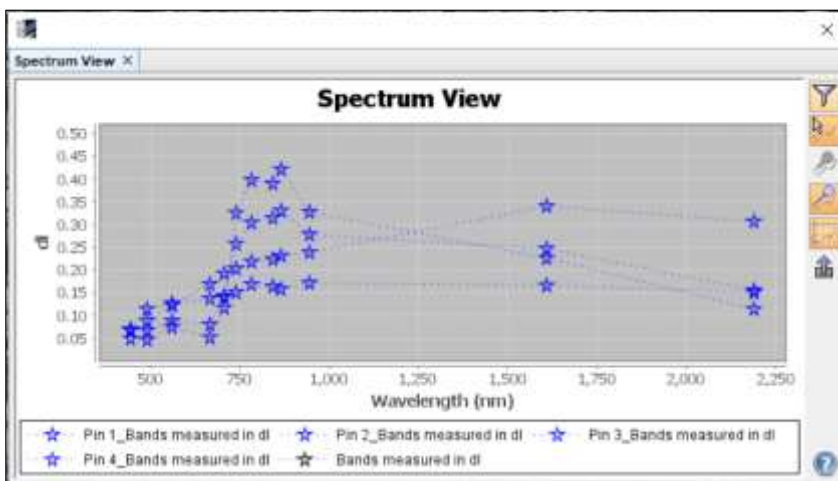


Fig. 46 - Analiza comparativă a spectrului în mai multe puncte

Dacă se intenționează vizualizarea răspunsului spectral doar pentru unele pin-uri fără a le șterge pe celelalte, se vor selecta cele de interes folosind *Selection Tool*  din bara de unelte, apoi se apăsă click stânga *mouse* pe butonul *Show spectra for selected pins*. 

Salvarea ca imagine a graficului și exportul datelor se realizează în același mod ca și în cazul histogramelor și al profilelor direcționale.

Exemplul 1 - Interpretarea răspunsului spectral în areale cu vegetație

În imaginea de mai jos a fost poziționat un pin deasupra unui areal cu vegetație. Răspunsul spectral arată o reflectanță ridicată în spectrul infraroșu apropiat (B8) și o reflectanță scăzută în spectrul roșu (B4). Radiația electromagnetică în spectrul roșu este absorbită de vegetație și este folosită ca sursă de energie în procesul de fotosinteză, pe când radiația în spectrul infraroșu apropiat este reflectată.

Dintre benzile din domeniul vizibil - albastru (B2), verde (B3) și roșu (B4) – în banda verde (B3) regăsim cel mai ridicat răspuns spectral, motiv pentru care în urma realizării imaginii RGB în culori naturale (combinația roșu, verde, albastru sau 432), vegetația va fi afișată având culoarea verde.

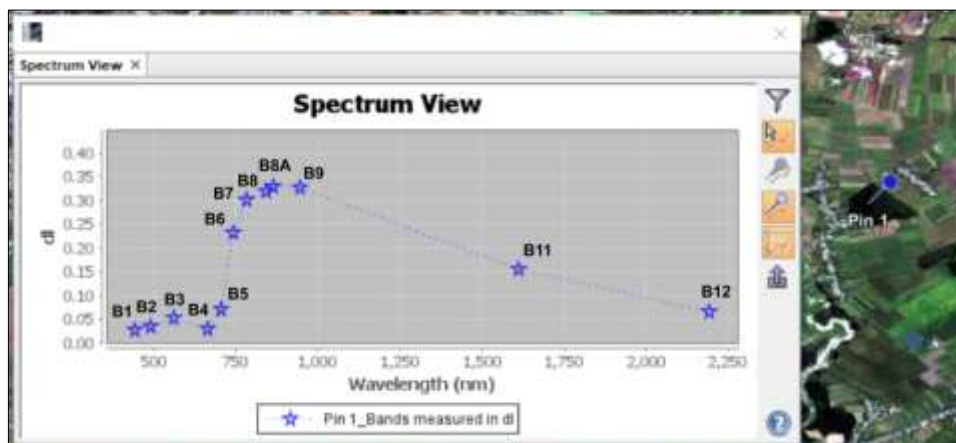


Fig. 47 - Răspunsul spectral al pixelilor în areale cu vegetație

Exemplul 2 - Interpretarea răspunsului spectral în areale lipsite de vegetație

În acest caz, răspunsul spectral este mult mai uniform pe tot spectrul electromagnetic. Acest lucru este cauzat de absorbția mai mare a radiației electromagnetice de către solul lipsit de vegetație pe întreg spectrul înregistrat.

Reflectanța în domeniul vizibil este cea mai ridicată în cazul intervalului de lungimii de undă din banda roșu (B4). De aceea, în cazul realizării unei imagini RGB în culori naturale, culoarea predominantă pentru aceste suprafețe va fi maro.

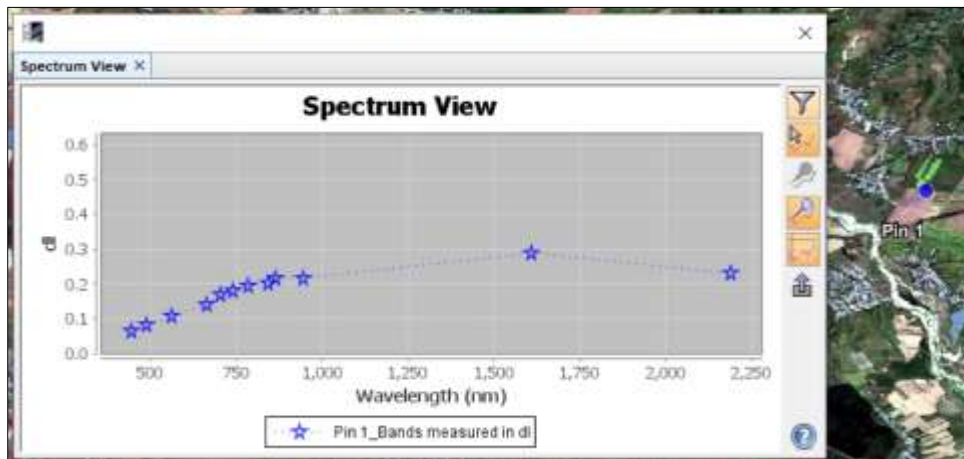


Fig. 48 - Răspunsul spectral al pixelilor în areale lipsite de vegetație

7. COMBINAȚII DE BENZI SPECTRALE

Prin combinarea benzilor spectrale ale imaginilor satelitare multispectrale, se obțin imagini RGB în culori naturale sau fals color. Exemple relevante specifice Sentinel-2 se regăsesc în **Anexa 2**.

7.1 Realizarea imaginii RGB în culori naturale

Imaginea RGB în culori naturale este o imagine în care culorile sunt afișate în conformitate cu modul de percepție al vederii umane. Dezavantajul acestora constă în limitarea informației la domeniului vizibil al spectrului electromagnetic.

Crearea imaginilor RGB în culori naturale se realizează prin suprapunerea benzilor spectrale aferente radiației electromagnetice din domeniul vizibil:

roșu (R), verde (G) și albastru (B) care în cazul sateliților Sentinel-2 corespund benzilor B4, B3 și B2. Așadar, pe fiecare dintre cele **3 canale ale unei imagini RGB** se va alocă o **bandă spectrală** după cum urmează:

(canalul) **R (red)** al imaginii RGB – banda **4 (roșu)**

(canalul) **G (green)** al imaginii RGB – banda **3 (verde)**

(canalul) **B (blue)** al imaginii RGB – banda **2 (albastru)**

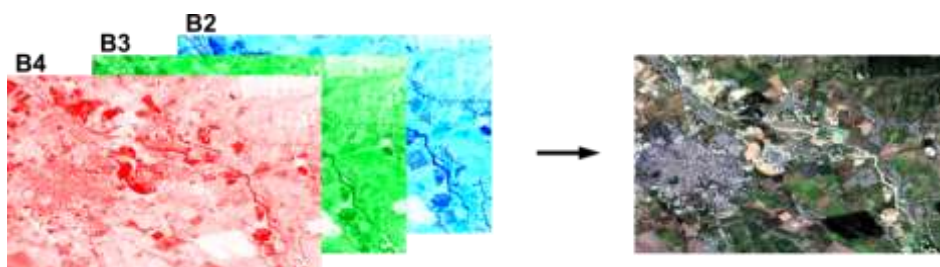


Fig. 49 - Principiul de realizare a imaginii RGB în culori naturale

Această combinație de benzi spectrale se numește **combinația 432**, iar rezultatul acesteia **în cazul Sentinel-2** este reprezentat de o **imagine în culori naturale**.

Pentru generarea imaginilor RGB folosind programul informatic SNAP se apăsă click dreapta *mouse* pe imaginea multispectrală în fereastra *Product Explorer* și se selectează comanda *Open RGB Image Window*.

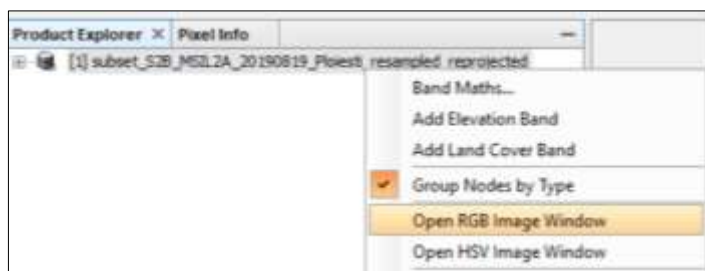
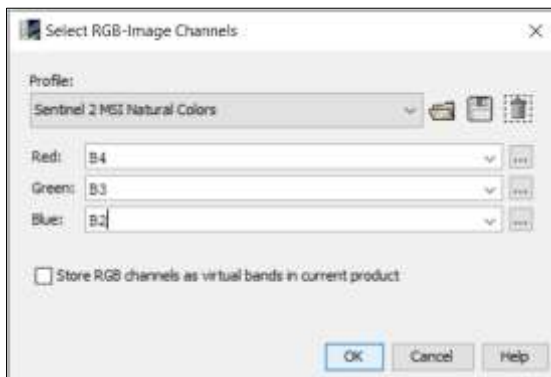


Fig. 50 - Accesarea ferestrei pentru realizarea imaginilor RGB

În fereastra *Select RGB – Image Channels* se selectează din meniul *Profile* opțiunea *Sentinel 2 MSI Natural Colors*, iar în cele trei căsuțe se verifică dacă

alocarea automată a benzilor spectrale corespunde culorilor roșu, verde și albastru și se apăsă butonul OK.

Fig. 51 - Crearea imaginii RGB în culori naturale



După terminarea procesării, în fereastra *Image Window* va fi afișată imaginea în culori naturale.



Fig. 52 - Afișarea imaginii în culori naturale

Principiul combinării culorilor primare roșu, verde și albastru este folosit de majoritate dispozitivelor moderne care prezintă un ecran color. Ecranele dispozitivelor au în componența lor pixeli de dimensiuni foarte mici care prin variația intensității celor trei culori primare pot genera o plajă foarte largă de nuanțe de culori.

7.2 Realizarea imaginilor RGB fals color

Senzorul MSI amplasat la bordul sateliților Sentinel-2 are capacitatea de a înregistra radiația reflectată de suprafața terestră și în domeniul infraroșu al spectrului electromagnetic. Includerea unei sau a mai multor benzi spectrale din domeniul Infraroșu în procesul de combinare a benzilor spectrale are ca rezultat obținerea de **imagini RGB fals color**.

Crearea imaginilor RGB fals color se realizează prin suprapunerea benzilor spectrale aferente radiației electromagnetice din domeniul vizibil și domeniul infraroșu: de ex., infraroșu apropiat (NIR), roșu (R) și verde (G) care în cazul sateliților Sentinel-2 corespund benzilor B8, B4 și B3. Așadar, pe fiecare dintre cele **3 canale ale unei imagini RGB** se va alocă o **bandă spectrală** după cum urmează:

(canalul) **R (red)** al imaginii RGB – banda **8 (NIR)**

(canalul) **G (green)** al imaginii RGB – banda **4 (roșu)**

(canalul) **B (blue)** al imaginii RGB – banda **3 (verde)**

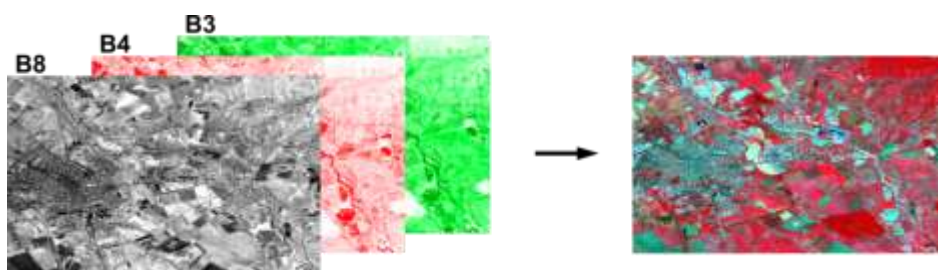


Fig. 53 - Principiul de realizare a unei imagini RGB fals color infraroșu

Această combinație de benzi spectrale se numește **combinația 843**, iar rezultatul acesteia la Sentinel-2 este reprezentat de o **imagine fals color infraroșu**.

Pentru generarea imaginilor RGB folosind programul informatic SNAP sunt urmați pașii prezentați mai sus (realizarea unei imagini RGB în culori naturale): se deschide meniul *Open RGB Image Window*, prin apăsarea click dreapta *mouse* pe imaginea multispectrală din fereastra *Product Explorer*.

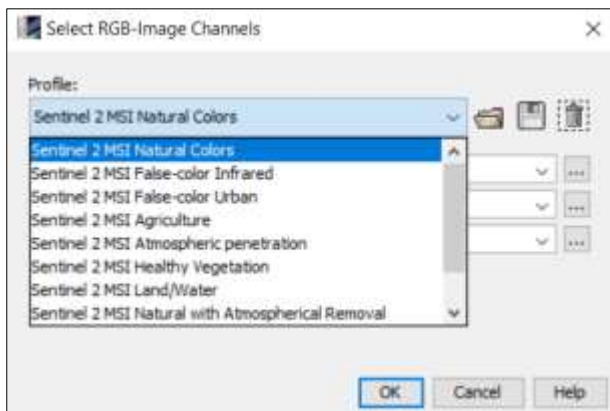


Fig. 54 - Crearea imaginilor RGB fals color

În meniul *Profile* din fereastra *Select RGB-Image Channels* vor apărea o serie de opțiuni pentru a crea imagini RGB fals color cu diferite proprietăți.

Atenție! Pot fi combinate doar benzile spectrale care sunt re-eșantionate la aceeași rezoluție spațială. Pentru a putea crea toate combinațiile disponibile pentru benzile spectrale ale sateliților Sentinel-2 A/B este necesară re-eșantionarea tuturor benzilor, utilizând instrumentul *Resampling* din meniul *Raster - Geometric Operations*.

Programul SNAP permite obținerea de imagini RGB prin combinarea oricăror benzi spectrale. SNAP are încorporate mai multe profile pre-definite referitoare la cele mai uzuale combinații spectrale tematice:

- *False-color Infrared*: B8, B4, B3 - potrivit pentru evaluarea vegetației, aceasta fiind afișată cu nuanțe de roșu;
- *False-color Urban*: B12, B11, B4 - util pentru a evidenția concentrările urbane, acestea fiind afișate cu nuanțe de violet;

- *Agriculture*: B11, B8, B2 - afișează vegetația cu nuanțe de verde fiind util pentru evaluarea culturilor agricole;
- *Atmospheric penetration*: B12, B11, B8A - reduce opacitatea norilor permițând vizualizarea suprafeței terestre în condiții de nebulozitate;
- *Healthy Vegetation*: B8, B11, B2 - permite evaluarea stării de sănătate a vegetației;
- *Land/Water*: B8, B11, B4 - scoate în evidență în mod special suprafețele acoperite de apă;
- *Natural with Atmospheric Removal*: B12, B8, B3;
- *Shortwave Infrared*: B12, B8, B4;
- *Vegetation Analysis*: B11, B8, B4.

Selectarea uneia dintre opțiunile de mai sus va completa automat benzile corespunzătoare în căsuțele *Red*, *Green*, *Blue*.



Fig. 55 - Crearea imaginii fals color infraroșu

După selectarea tipul de imagine, în acest caz *Sentinel 2 MSI False-color Infrared*, se vor completa automat benzile spectrale, *Red* – B8, *Green* – B4, *Blue* – B3, după care se apasă butonul *OK*. După finalizarea procesării, imaginea se va deschide automat în fereastra principală *Image Window*.

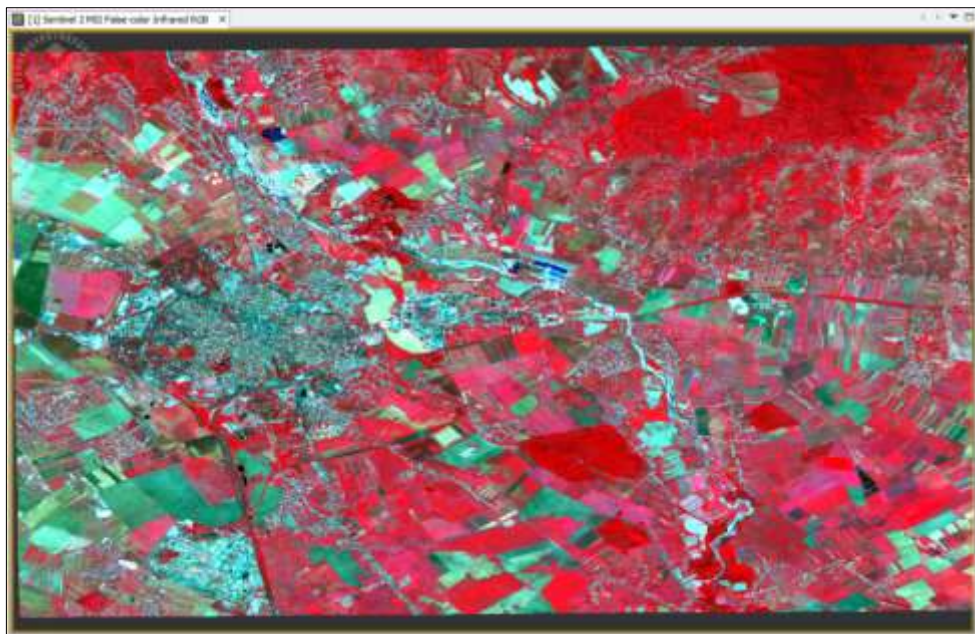


Fig. 56 - Afișarea imaginii RGB fals color infraroșu

Principala caracteristică a acestui tip de imagine RGB este reprezentată de afișarea suprafețelor acoperite de vegetație în nuanțe de roșu deoarece clorofila conținută în organismul plantelor determină o reflectanță puternică a radiației electromagnetice în infraroșu apropiat (NIR). Intensitatea tonurilor de roșu este proporțională cu cantitatea de clorofilă și cu intensitatea proceselor de fotosinteză de la nivelul plantelor. Motivul afișării în tonuri de roșu este dat de alocarea benzii NIR pe canalul R (roșu) al imaginii RGB.

7.3 Metode de ameliorare a imaginilor RGB

Principala metodă de ameliorare a imaginilor se realizează prin manipularea culorilor imaginilor RGB compozit prin intermediul ferestrei *Colour Manipulation*. În cazul imaginilor compozit, fereastra *Colour Manipulation* se va deschide în modul *Sliders* (cursoare), afișând câte un cursor pentru fiecare bandă spectrală.

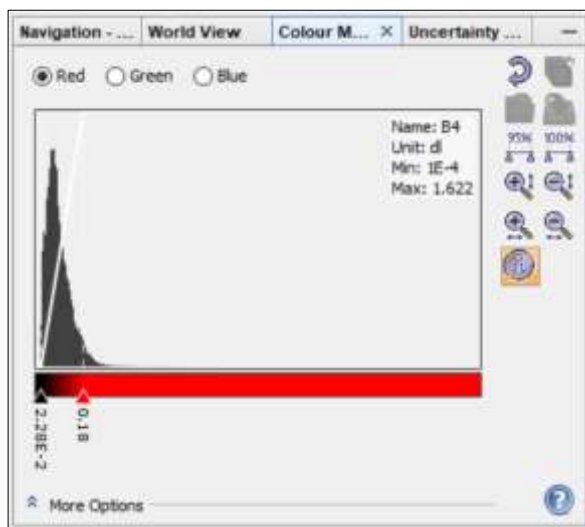


Fig. 57 - Fereastra pentru manipularea culorilor imaginilor RGB

În modul *Sliders*, culorile imaginii vor fi modificate prin ajustarea intervalului de valori ale histogramei fiecărei benzi spectrale. Această operațiune se poate face atât manual, ajustând cursoarele la valoarea dorită, cât și automat folosind butoanele cu funcții predefinite din dreapta ferestrei.

Butonul *Auto-adjust to 95% of all pixels*  va ajusta automat cursoarele la 95% din valorile histogramei. *Auto-adjust to 100% of all pixels*  va ajusta cursoarele pentru a afișa toate valorile benzii spectrale.

Fereastra pentru manipularea culorilor conține și butoane care ajută la vizualizarea în detaliu a histogramei permițând o ajustarea în detaliu:

-  *Stretch histogram vertically* mărește histograma pe verticală;
-  *Shrink histogram vertically* micșorează histograma pe verticală;
-  *Stretch histogram horizontally* mărește histograma pe orizontală;
-  *Shrink histogram horizontally* micșorează histograma pe orizontală.

În cadrul ferestrei *Colour Manipulation* există opțiuni suplimentare pentru manipularea culorilor imaginilor compozit. Aceste opțiuni se accesează prin deschiderea meniului *More Options*.

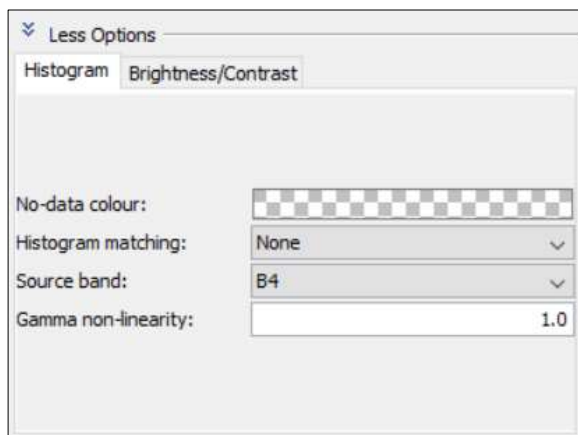


Fig. 58 - Opțiuni suplimentare pentru manipularea culorilor

În meniul *Histogram* sunt disponibile opțiuni pentru ameliorarea imaginii prin modificarea automată a valorilor histogramei prin extinderea non-lineară care ia în considerare distribuția pixelilor imaginii inițiale.

Opțiunile pentru modificarea histogramei se selectează din sub meniul *Histogram matching* de unde pot fi selectate opțiunile pentru egalizarea histogramei imaginii (*Equalize*) sau normalizarea acesteia (*Normalize*).

Meniul *Brightness/Contrast* conține trei cursoare pentru modificarea luminozității (*Brightness*), a contrastului (*Contrast*) și a saturației culorilor (*Saturation*). Modificarea acestora se realizează fie prin glisarea celor trei cursoare care corespund fiecărei caracteristici, fie prin introducerea valorilor între -100 și 100 în căsuțele de valori ale fiecărei caracteristici.

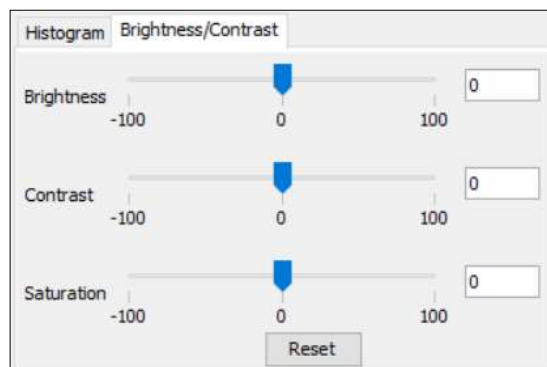


Fig. 59 - Opțiunile de modificare a caracteristicilor culorilor

7.4 Exportul imaginilor RGB

După ce imaginea RGB a fost creată iar culorile acesteia au fost ameliorate, aceasta se poate exporta pentru a fi folosită în alte programe informatice de procesare a imaginilor de teledetecție sau GIS cum ar fi: ArcGIS, QGIS, Global Mapper, etc.

Pentru exportul imaginii se va apăsa click dreapta *mouse* pe imaginea RGB afișată în fereastra principală *Image Viewer*. Din meniul care se deschide ulterior, se selectează opțiunea *Export View as Image*.

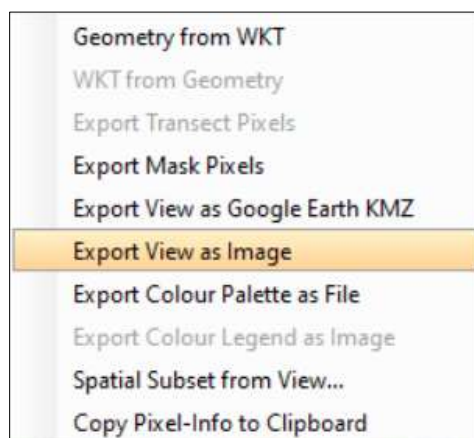


Fig. 60 - Accesarea opțiunii pentru exportul imaginii RGB

Programul SNAP permite exportul imaginilor într-o gamă largă de formate:

- BMP – Microsoft Windows Bitmap (.bmp)
- PNG – Portable Network Graphics (.png)
- JPEG – Joint Photographic Experts Group (.jpg, .jpeg)
- TIFF- Tagged Image File Format (.tif, .tiff)
- GeoTIFF – TIFF with geo-location (.tif, .tiff)

În funcție de utilizarea ulterioară a imaginii, se va selecta și formatul în care aceasta va fi exportată. Toate formatele de mai sus prezintă atât avantaje cât și dezavantaje. Pentru exportul imaginilor în vederea utilizării ulterioare în programe GIS, se utilizează formatul GeoTIFF. Acest format de imagine păstrează caracteristicile geometrice, radiometrice și proiecția cartografică a sursei. Formatul PNG este preferat pentru inserarea imaginilor în documente. Acest format presupune pierderea informației de localizare spațială.

În fereastra pentru exportul imaginii, se va naviga către locul unde se intenționează să fie stocat fișierul în memoria calculatorului. Programul SNAP va adăuga automat sufixul RGB la numele fișierului.

În partea dreaptă a ferestrei se vor selecta opțiunile pentru exportul imaginii.

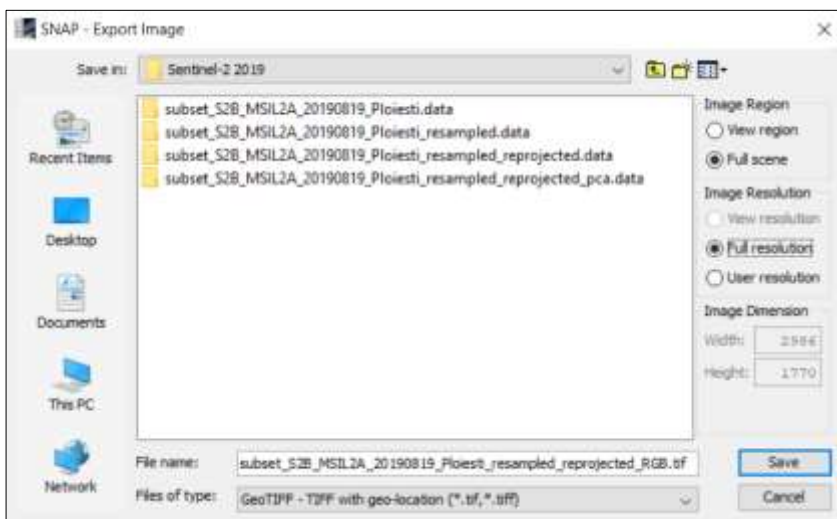


Fig. 61 - Fereastra pentru exportul imaginii

Meniul *Image Region* permite selectarea porțiunii din imagine care va fi exportată. Selectând *View region*, va fi exportată doar porțiunea din imagine vizualizată în fereastra *Image View* în timpul navigării iar *Full scene* va exporta toată scena care a fost procesată.

Pentru acest exercițiu, se va selecta formatul GeoTIFF.

Meniul *Image Resolution* permite selectarea rezoluției spațiale la care imaginea va fi exportată. Opțiunea *View resolution* va exporta imaginea la rezoluția la care aceasta este afișată în acel moment în fereastra *Image Viewer*. *Full resolution* exportă imaginea la rezoluția maximă a imaginii. Opțiunea *User resolution* permite introducerea rezoluției dorite în casetele meniului *Image Dimensions* care se vor activa. Pentru acest exercițiu, se vor selecta opțiunile: *Image Region – Full scene* și *Image Resolution – Full resolution*, conform imaginii de mai sus și se apasă butonul *Save*.

Programul informatic SNAP oferă posibilitatea de a exporta produsele satelitare în format [.kmz] (*Keyhole Markup Language*) care permite deschiderea acestora în aplicația Google Earth. Această operațiune se realizează prin apăsare click dreapta *mouse* pe imagine în fereastra *Image Viewer* și se selectează opțiunea *Export View as Google Earth KMZ*.

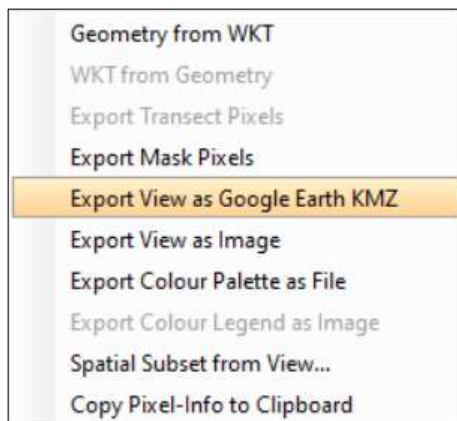


Fig. 62 - Exportul imaginilor RGB în format [.kmz]

În fereastra care se deschide, se selectează locul unde se va salva imaginea în memoria calculatorului și se apăsă butonul *Save*.

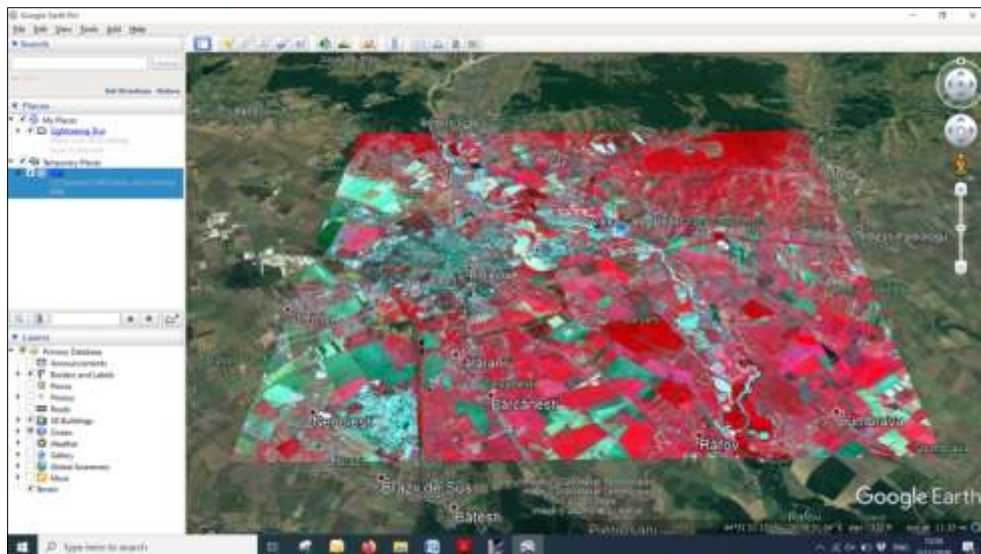


Fig. 63 - Vizualizarea produselor satelitare în aplicația Google Earth

7.5 Analiza vizuală comparativă a două imagini RGB

Pentru vizualizarea în paralel a două imagini RGB, va trebui să se creeze încă o imagine de tipul *Vegetation Analysis*. La fel ca și în cazul imaginii *False-color Infrared*, se apasă click dreapta *mouse* pe imaginea multispectrală în fereastra *Product Explorer* și se selectează opțiunea *Open RGB Image Window*. În secțiunea *Profile* se selectează opțiunea *Sentinel 2 MSI Vegetation Analysis*.



Fig. 64 - Crearea unei imagini RGB pentru analiza vegetației

Imaginea generată va fi afișată în fereastra *Image Viewer* sub forma unei file separate. Vizualizarea în paralel a celor două imagini se realizează accesând opțiunea *Tile Horizontally* din meniul *Window*.



Fig. 65 - Vizualizarea în paralel a două imagini RGB

7.6 Extragerea benzilor spectrale

Programul informatic SNAP oferă posibilitatea de a realiza procesul opus celui de creare a imaginilor RGB, putând extrage benzile spectrale dintr-o imagine salvată în diferite formate. Pentru acest exercițiu, se va salva o imagine RGB în culori naturale în format GeoTIFF, având la bază imaginea multispectrală de lucru, prelucrată până la etapa de re-eșantionare (*Resample*).

Deschiderea imaginii RGB se realizează accesând meniul *File – Open Product*. După ce aceasta este afișată în fereastra *Product Explorer*, se va selecta și se va naviga în meniul *Optical – Bands extractor*.

În fila *I/O Parameters* - secțiunea *Source Product* se selectează imaginea compozit iar în secțiunea *Target Product* se setează numele produsului care

va rezulta în urma procesării. Se va dezactiva salvarea fișierului (*Save as*) pentru o procesare mai rapidă.

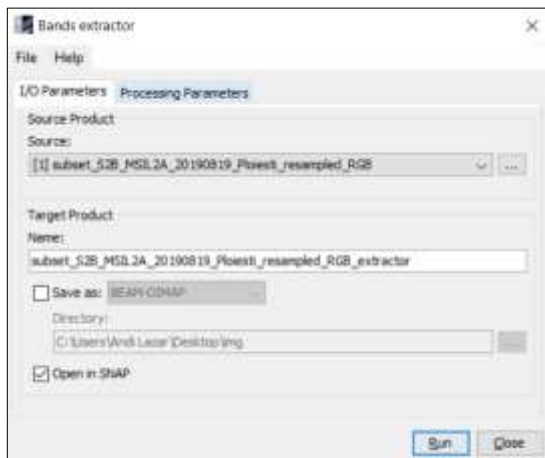


Fig. 66 - Setarea parametrilor pentru extragerea benzilor spectrale

În fila *Processing Parameters* - secțiunea *Source bands* se vor selecta benzile care se intenționează a fi extrase.

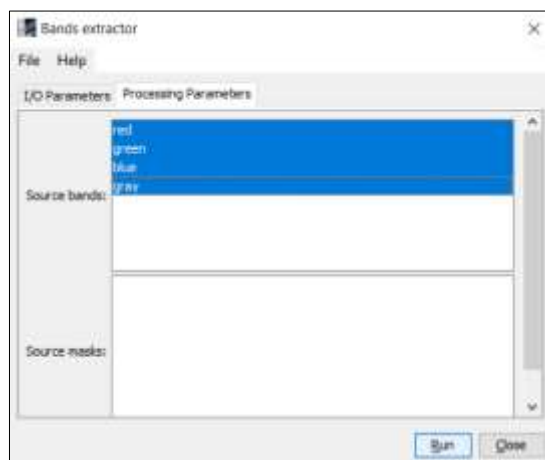


Fig. 67 - Parametrii de procesare pentru extragerea benzilor spectrale

După setarea tuturor parametrilor se apasă butonul *Run*. Produsul rezultat va fi afișat în fereastra *Product Explorer*. Navigând în ramura *Bands*, se pot accesa benzile spectrale care au fost extrase din imaginea inițială.

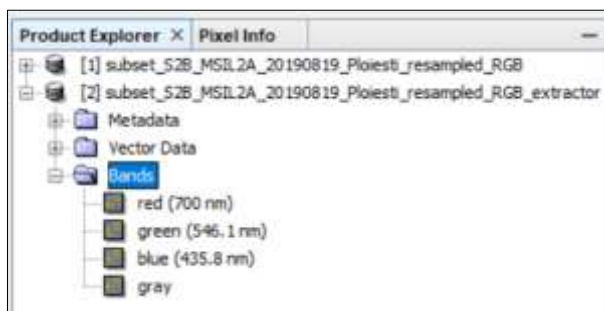


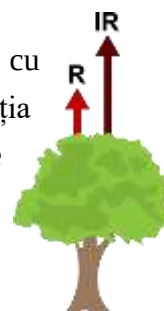
Fig. 68 - Accesarea benzilor spectrale extrase din imaginea RGB

8. INDICI DE VEGETAȚIE

8.1 Calcularea indicelui de vegetație NDVI

Indicii spectrali de vegetație reprezintă combinații aritmetice ale valorilor pixelilor din două sau mai multe benzi spectrale. Operațiile aritmetice de bază care pot fi realizate sunt adunări, scăderi, înmulțiri și împărțiri ale acestor valori.

În urma experimentelor realizate în condiții de laborator, cu ajutorul spectrometrelor s-a observat că radiația electromagnetică în spectrul roșu (620 – 750 nm) este preponderent absorbită de vegetație, în timp ce radiația în spectrul infraroșu apropiat (750 – 1100 nm) este reflectată în cea mai mare măsură.



Suprafețele cu vegetație verde densă vor fi mai luminoase (tonuri deschise de gri) în banda infraroșu apropiat (care aparține domeniului Infraroșu) și întunecoase (tonuri închise de gri) în banda roșu (care aparține domeniului Infraroșu).

Cel mai bine cunoscut și des utilizat indice de vegetație este Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetație, abreviat în limba engleză **NDVI** (**Normalized Difference Vegetation Index**). Valoarea NDVI se calculează

independent pentru fiecare pixel al imaginii satelitare. Calcularea indicelui NDVI se realizează conform formulei:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

unde **NIR** reprezintă valoarea pixelului în banda infraroșu apropiat (B8 la Sentinel-2) iar **R** reprezintă valoarea aceluiași pixel în banda spectrală roșu (B4 la Sentinel-2).

Valorile rezultate în urma calculării NDVI sunt cuprinse între -1 și +1. Valorile negative indică prezența unor areale cu roci sau sol dezgolit, suprafețe acoperite de apă, zăpadă, gheață, sau nori. Valorile pozitive apropiate de 0 reprezintă suprafețe lipsite de vegetație (un răspuns spectral ridicat în banda roșu și scăzut în banda infraroșu apropiat) iar valorile apropiate de 1 indică prezența vegetației sănătoase (răspuns spectral ridicat în banda infraroșu apropiat și scăzut în banda roșu).

În cazul misiunii Sentinel-2, banda 4 (B4) corespunde lungimii de undă în spectrul vizibil roșu, în timp ce banda 8 (B8) corespunde lungimii de undă în spectrul infraroșu apropiat.

Calcularea benzilor spectrale se realizează la nivel de pixel conform principiului de mai jos:

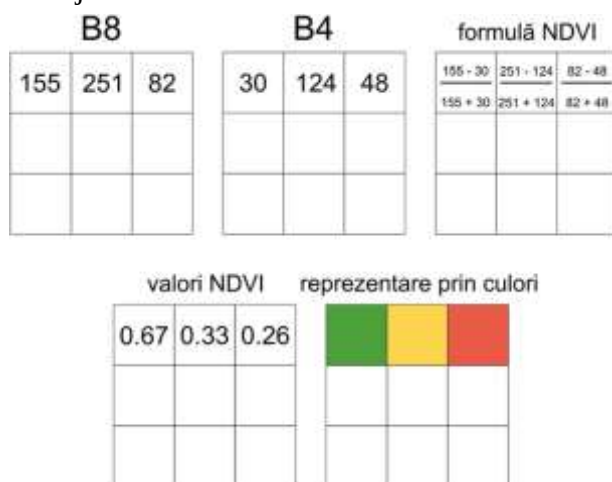


Fig. 69 - Calcularea valorilor indicelui NDVI

Calcularea indicilor de vegetație cu ajutorul programului informatic SNAP se realizează accesând meniul *Optical – Thematic Land Processing – Vegetation Radiometric Indices*. În cadrul acestui sub-meniu se găsesc opțiuni predefinite pentru crearea a multor tipuri de indici de vegetație. Se selectează opțiunea NDVI.

În fila *I/O Parameters* se selectează imaginea multispectrală la secțiunea *Source Product*. În secțiunea *Target Product* va apărea numele imaginii rezultate în urma procesării, la care se va adăuga automat sufixul *ndvi*. Se dezactivează salvarea fișierului (*Save as*) pentru o procesare mai rapidă.

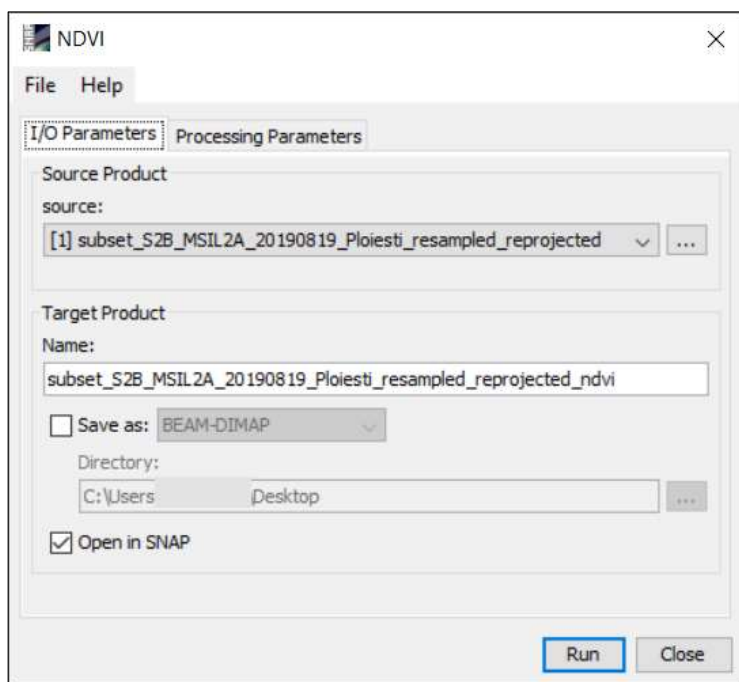


Fig. 70 - Parametrii de intrare/ieșire pentru calculul NDVI

Parametrii pentru procesare vor fi stabiliți în fila *Processing Parameters*. Se selectează banda roșu (B4) la opțiunea *Red source band* și banda infraroșu apropiat (B8) la opțiunea *NIR source band*, apoi se apasă butonul *Run*.

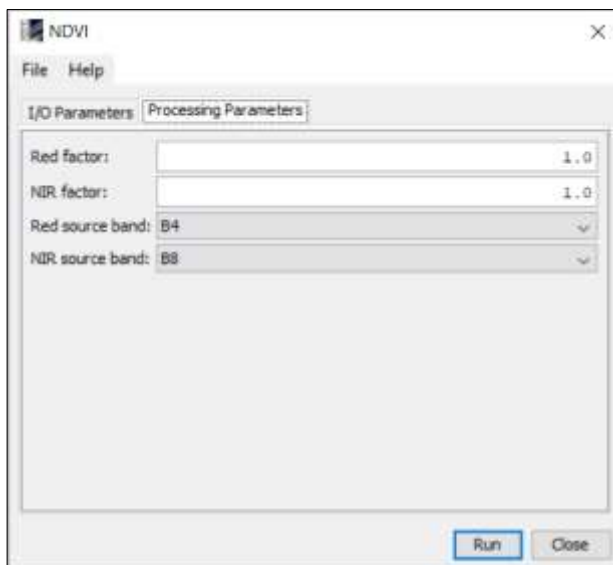


Fig. 71 - Parametrii de procesare ai indicelui NDVI

După finalizarea procesării, produsul va fi adăugat automat în fereastra *Product Explorer*. Pentru deschiderea imaginii NDVI, se va deschide arborele produsului nou creat la ramura *Bands* și se apasă dublu click pe rasterul *ndvi*.

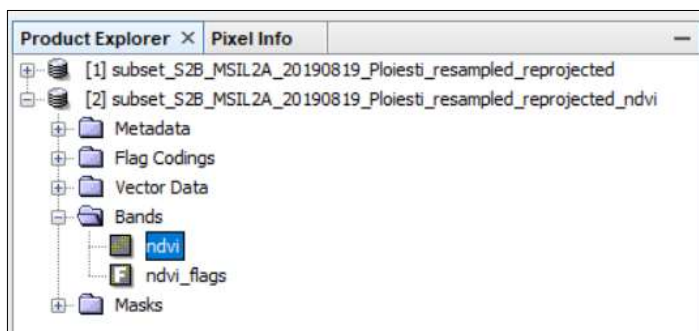


Fig. 72 - Deschiderea imaginii NDVI

Imaginea NDVI va fi afișată în fereastra principală *Image Viewer*. Similar reprezentării benzilor spectrale, valorile imaginii NDVI vor fi afișate în tonuri de gri, de la tonuri închise (gri închis sau negru) pentru valori scăzute, la tonuri deschise (gri deschis sau alb) pentru valori ridicate.



Fig. 73 - Vizualizarea produsului NDVI

8.2 Interogarea valorilor NDVI

Pentru vizualizarea valorilor se activează fereastra *Pixel Info*. Prin mișcarea cursorului deasupra produsului NDVI, în secțiunea *Bands* se vor afișa valorile pixelor.

Product Explorer		Pixel Info X	
[-] Position			
Image-X	1667	pixel	
Image-Y	953	pixel	
Longitude	26°06'17" E	degree	
Latitude	44°56'03" N	degree	
Map-X	26.10476922759...	°	
Map-Y	44.93404480995761	°	
[+] Time			
[-] Bands			
ndvi	0.80132		
[+] Tie-Point Grids			
[+] Flags			

Fig. 74 - Interogarea valorilor produsului NDVI

Conform paletii standard de culori, se pot observa valori ridicate ale NDVI (peste 0.7) care corespund pixelilor reprezentați cu tonuri deschise de gri și valori scăzute ale acestui indice de vegetație (sub 0.3) care corespund pixelilor afișați prin intermediul tonurilor închise de gri.

8.3 Vizualizarea și interpretarea histogramei NDVI

Pentru generarea histogramei, se va naviga în arborele produsului creat în urma procesării indicelui de vegetație NDVI, în ramura *Bands*, unde se va regăsi imaginea *ndvi*.

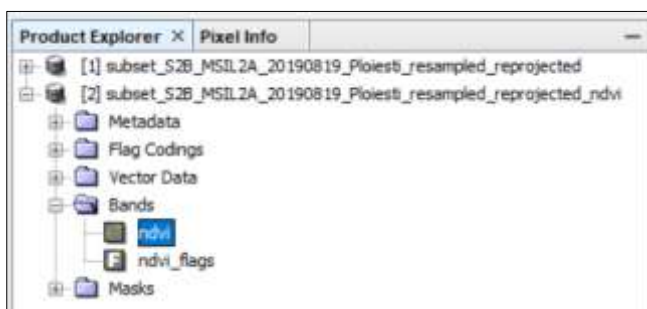


Fig. 75 - Accesarea produsului NDVI generat

După ce se selectează imaginea *ndvi*, se poate genera histograma navigând în meniul *Analysis – Histogram*. După deschiderea ferestrei *Histogram*, se apasă butonul *Refresh View*  pentru vizualizarea histogramei.

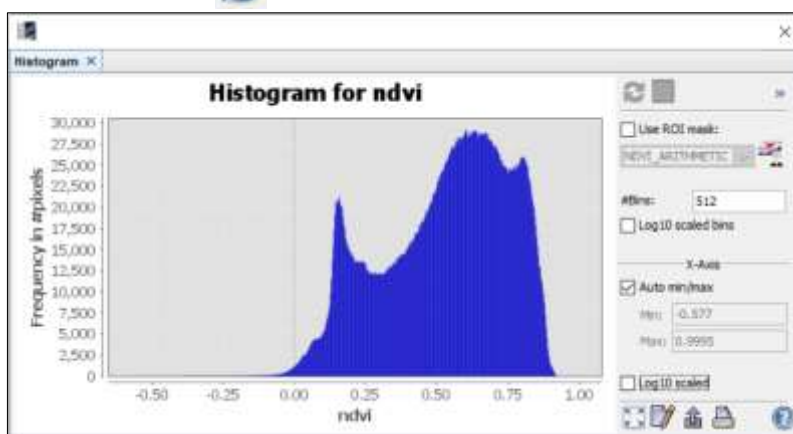


Fig. 76 - Vizualizarea histogramei imaginii NDVI

O serie de observații pot fi extrase prin interpretarea valorilor histogramei:

- valorile NDVI sunt distribuite preponderent în intervalul 0.5 – 0.8, fapt care indică prezența unor areale extinse acoperite cu vegetație sănătoasă;
- un număr semnificativ de pixeli au valori apropiate de 0.15, aceștia reprezentând areale de teren necultivat și areale cu suprafețe construite;
- un număr redus de pixeli au valori negative, acestea fiind specifice suprafețelor acoperite cu apă;

Din observațiile anterioare se poate concluziona că imaginea satelitară este preluată în timpul verii, și corespunde unui tip de peisaj ale cărui elemente principale sunt caracterizate preponderent de prezența unor areale acoperite de vegetație cu activitate clorofiliană puternică. De asemenea, dar într-o proporție mai scăzută, se remarcă prezența unor areale lipsite de vegetație, aferente suprafețelor antropice construite, iar suprafețele acoperite cu apă au o prezență redusă.

8.4 Modificarea reprezentării cromatice a valorilor NDVI

Modificarea culorilor se realizează prin intermediul ferestrei *Colour Manipulation*. În cazul indicilor spectrali, vor fi active trei metode de editare a culorilor: *Basic*, *Sliders* și *Table*.

În cazul modului *Basic*, se poate alege una din rampele de culori predefinite din cadrul secțiunii *Colour ramp*. La secțiunea *Display range*, se pot modifica valorile minime și maxime pentru vizualizare.

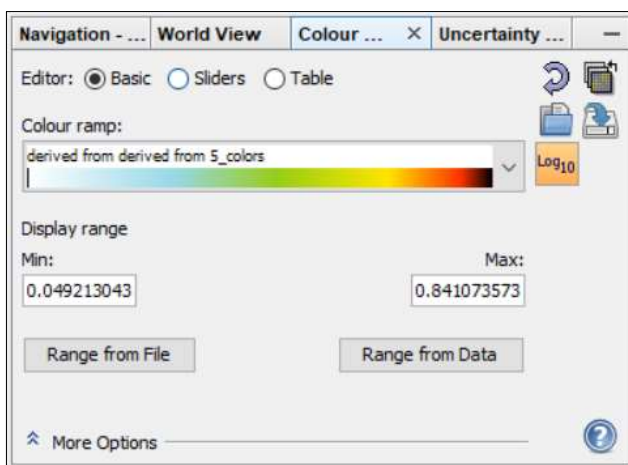


Fig. 77 - Modificarea culorilor în modul de bază

Opțiunea *Sliders* pentru administrarea culorilor oferă o mai mare libertate de personalizare a gamei de afișare. Fereastra va afișa histograma valorilor imaginii împreună cu o serie de linii de glisare (*slider*) care pot fi șterse (apăsând click dreapta pe acestea și selectând opțiunea *Remove Slider*) sau se pot adăuga linii de glisare noi (apăsând click dreapta pe rampa de culori și selectând opțiunea *Add new slider*). Pentru o vizualizare de detaliu a histogramei, se apasă unul dintre butoanele  *Auto-adjust to 95% of all pixels* sau  *Auto-adjust to 100% of all pixels*.

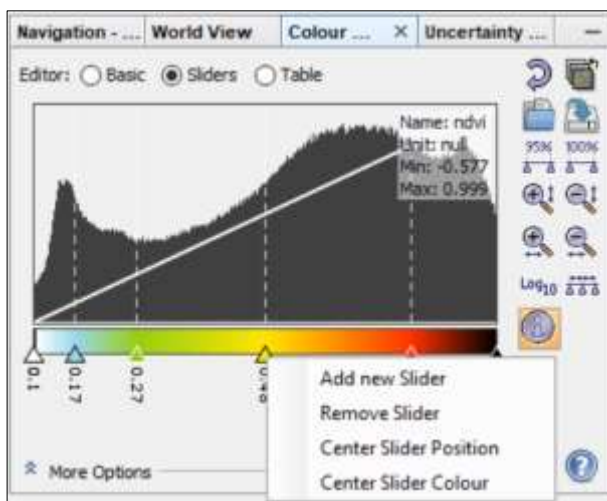


Fig. 78 - Modificare linii de glisare rampă de culori

Se vor păstra 4 linii de glisare. Poziția acestora poate fi modificată prin două metode: prin mutarea acestora, ținând apăsat click stânga *mouse*, sau prin introducerea manuală a valorilor dorite la care să fie poziționate aceste linii de glisare. Prin apăsarea dublu click stânga *mouse* pe valoarea afișată sub liniile de glisare, se pot introduce manual valorile-prag ale culorilor stabile. Se va stabili prima linie de glisare la valoarea 0.1, a doua la valoarea 0.35, a treia la 0.65 iar ultima la 0.9.

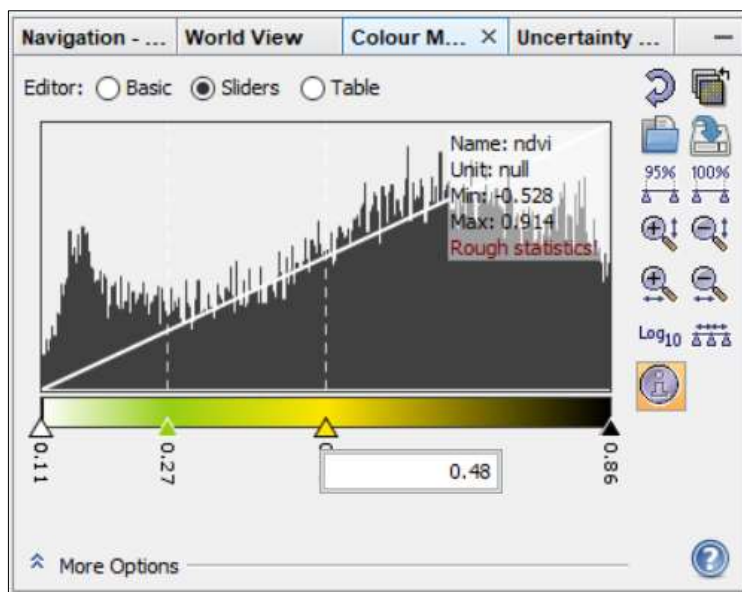


Fig. 79 - Introducerea manuală a valorilor liniilor de glisare

Modificarea culorilor pentru fiecare linie de glisare se realizează apăsând click stânga *mouse* pe aceasta. Se va deschide o fereastră de mici dimensiuni care va afișa o serie de culori predefinite și două butoane. Butonul *None* va elimina culoarea, devenind transparent. Pentru alegerea altor culori în afara celor predefinite, se va apăsa butonul *More*. În urma apăsării butonului *More*, se va deschide fereastra *Select Colour* pentru alegerea culorilor.

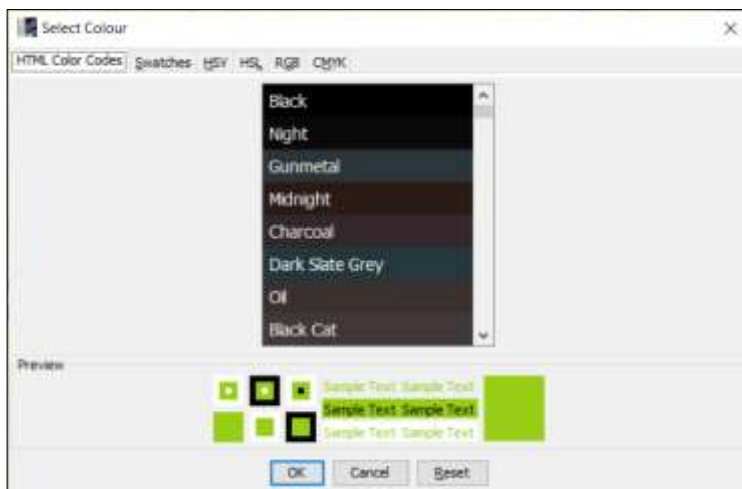


Fig. 80 - Fereastra pentru selectarea culorilor

Această fereastră conține 6 moduri de a alege sau personaliza culorile dorite. Accesarea diferitelor tipuri de selecție a culorilor se face prin deschiderea fișelor corespunzătoare:

- *HTML Colour Shades* permite selectarea culorilor specifice programelor pentru navigarea pe internet (ex.: Google Chrome). Este de preferat să fie folosite astfel de culori dacă produsul va fi integrat într-o pagină web;
- *Swatches* conține o gamă largă de culori predefinite;
- *HSV* permite personalizarea culorilor prin modificarea nuanței, saturației și valorii;
- *HSL* permite personalizarea culorilor prin modificarea nuanței, saturației și luminozității;
- *RGB* permite definirea culorilor prin modificarea intensității culorilor roșu, verde și albastru;
- *CMYK* permite definirea culorilor prin modificarea intensității culorilor cyan, magenta, galben și negru.

Opțiunea *Table* va afișa în format tabelar valorile care corespund liniilor de glisare din fereastra *Sliders*. Această fereastră oferă doar posibilitatea de

modificare a valorilor și de atribuire a culorilor corespunzătoare. Prin modificarea valorilor din fereastra *Table*, se vor modifica automat și valorile din fereastra *Sliders* și invers.

Se va stabili o nouă paletă de culori prin selectarea culorii roșu pentru valoarea 0.1, culorii portocaliu pentru valoarea 0.35, culorii verde deschis pentru valoarea 0.65 și culorii verde închis pentru valoarea 0.9.

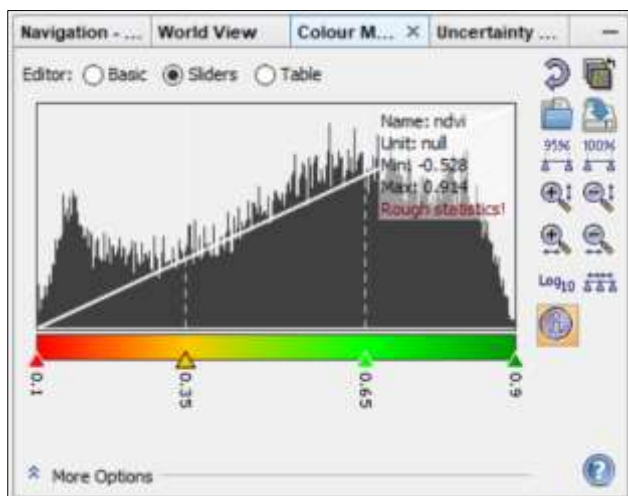


Fig. 81 - Vizualizarea culorilor modificate în modul *Sliders*

Colour	Value
	0.1
	0.35
	0.65
	0.9

Fig. 82 - Vizualizarea culorilor modificate în modul *Table*

Setând astfel rampa de culori, culoarea roșu va reprezenta suprafețele acoperite cu apă, suprafețele lipsite de vegetație și arealele construite, în culoarea portocaliu vor fi afișate suprafețele cu vegetație rară, în culoarea verde deschis vor fi afișate arealele cu vegetație preponderent ierboasă iar în culoarea verde închis vor fi reprezentate suprafețele cu vegetație bogată, de tip arborescent.



Fig. 83 - Vizualizarea imaginii în culori naturale și a imaginii NDVI

8.5 Vizualizarea statisticilor aferente imaginii NDVI

Programul SNAP poate afișa o serie de statistici care ajută la interpretarea valorilor indicilor de vegetație. Pentru vizualizare statisticilor, se va naviga în meniul *Analysis – Statistics*. La fel ca în cazul generării histogramei, se navighează în structura de tip arborescent de stocare a datelor aferente acestui produs, până se identifică imaginea *ndvi* și se selectează. Ulterior acestei selecții, se va activa butonul *Refresh*  al ferestrei *Statistics*. Prin apăsarea butonul *Refresh*, fereastra va afișa informațiile imaginii *ndvi*.

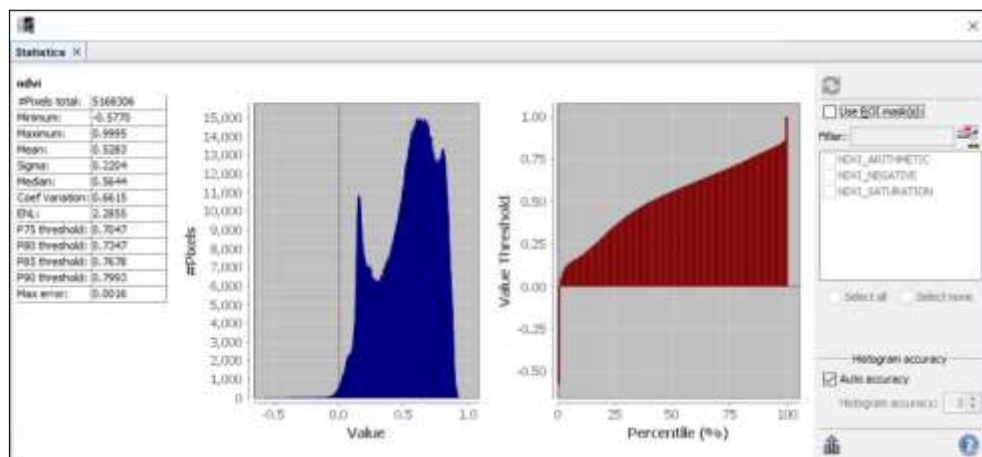


Fig. 84 - Vizualizarea statisticilor imaginii NDVI

Statisticile vor fi afișate în partea stângă a ferestrei, în format tabelar. Setul de statistici afișate cuprinde:

- Numărul total de pixeli (*Pixels total*);
- Valoarea minimă (*Minimum*);
- Valoarea maximă (*Maximum*);
- Media aritmetică (*Mean*);
- Deviația standard (*Sigma*);
- Valoarea de mijloc (*Median*).

Fereastra *Statistics* va afișa și două grafice. Cel din stânga reprezintă histograma imaginii iar cel din dreapta prezintă pragurile pentru toate procente.

8.6 Realizarea altor indici de vegetație

Programul informatic SNAP permite crearea unei game largi de indici spectrali predefiniți, aceștia fiind împărțiți în două mari categorii: indici pentru suprafețe de uscat (*Thematic Land Processing*) și indici pentru

suprafețele acoperite cu apă (*Thematic Water Processing*). Aceste două categorii se găsesc în meniul *Optical*.

Indicele spectral MCARI (**Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index**) sau Indicele Modificat al Raportului de Absorbție a Clorofilei este un bun indicator al abundenței clorofilei în vegetația verde. Acesta a fost introdus în literatura de specialitate de Daughtry și colab. (2000) și poate fi utilizat pentru determinarea cantității de azot (N) necesare culturilor agricole.

Indicele MCARI se calculează folosind date satelitare Sentinel-2 conform formulei:

$$MCARI = [(B5 - B4) - 0.2 * (B5 - B3)] * (B5 / B4)$$

unde B3 este valoarea pixelului în banda spectrală verde, B4 este valoarea pixelului în banda spectrală roșu iar B5 este valoarea pixelului în banda spectrală *Vegetation Red Edge*.

Calcularea indicelui se realizează prin accesarea meniului *Optical – Thematic Land Processing – Vegetation Radiometric Indices – MCARI processor*.

În fila *I/O Parameters*, la secțiunea *Source Product*, se selectează imaginea multispectrală care reprezintă sursa datelor. Programul va completa automat numele datelor sursă, în secțiunea *Target Product*, la care va adăuga sufixul *mcari*. Se debifează opțiunea de salvare fizică a produsului rezultat (*Save as*) pentru o procesare mai rapidă.

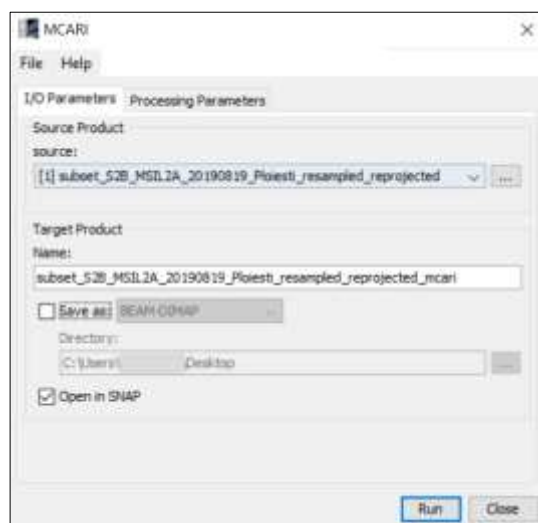


Fig. 85 - Stabilirea parametrilor de intrare/ieșire a indicelui MCARI

În fila *Processing Parameters* se va selecta la opțiunea *Red 1 source band*: B4; *Red 2 source band*: B5 și *Green source band*: B3, apoi se apăsă butonul *Run*.

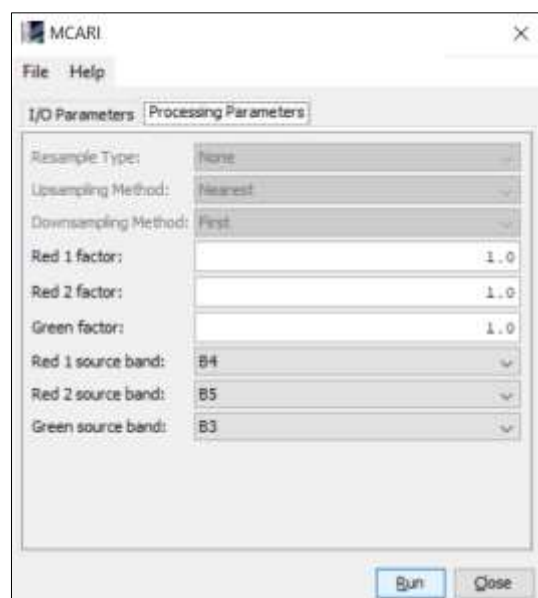


Fig. 86 - Stabilirea parametrilor de procesare a indicelui MCARI

Deschiderea produsului se realizează prin accesarea conținutului din secțiunea *Bands* - dublu click pe imaginea *mcari*.

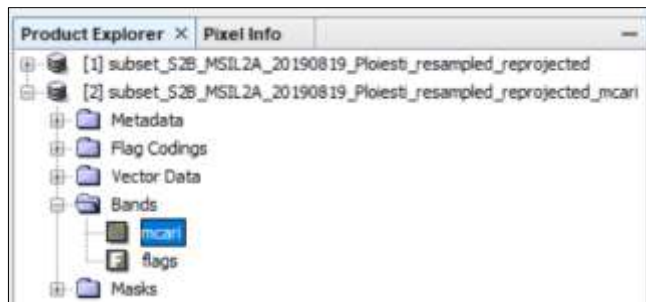


Fig. 87 - Deschiderea imaginii MCARI

Culorile imaginii MCARI se vor modifica cu ajutorul ferestrei *Colour Manipulation* în modul *Sliders*. Se apasă butonul *Auto-adjust to 95% of all pixels* , se păstrează trei linii de glisare și se modifică paleta de culori în nuanțe de verde.

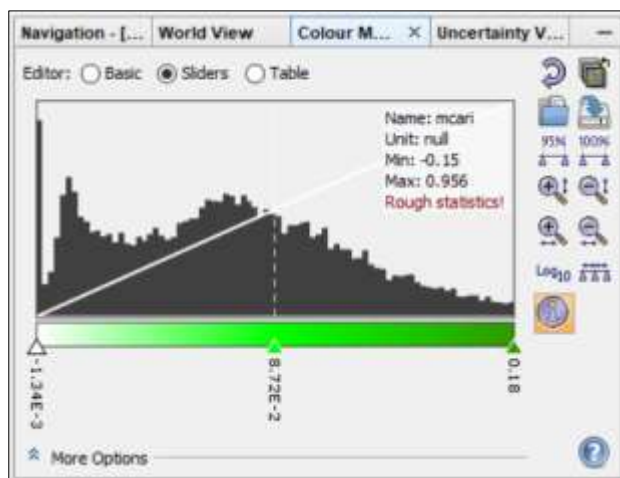


Fig. 88 - Modificarea culorilor imaginii MCARI

Produsul MCARI rezultat va afișa valorile ridicate ale clorofilei plantelor în nuanțe închise de verde, în timp ce arealele lipsite de clorofilă vor fi afișate cu alb.

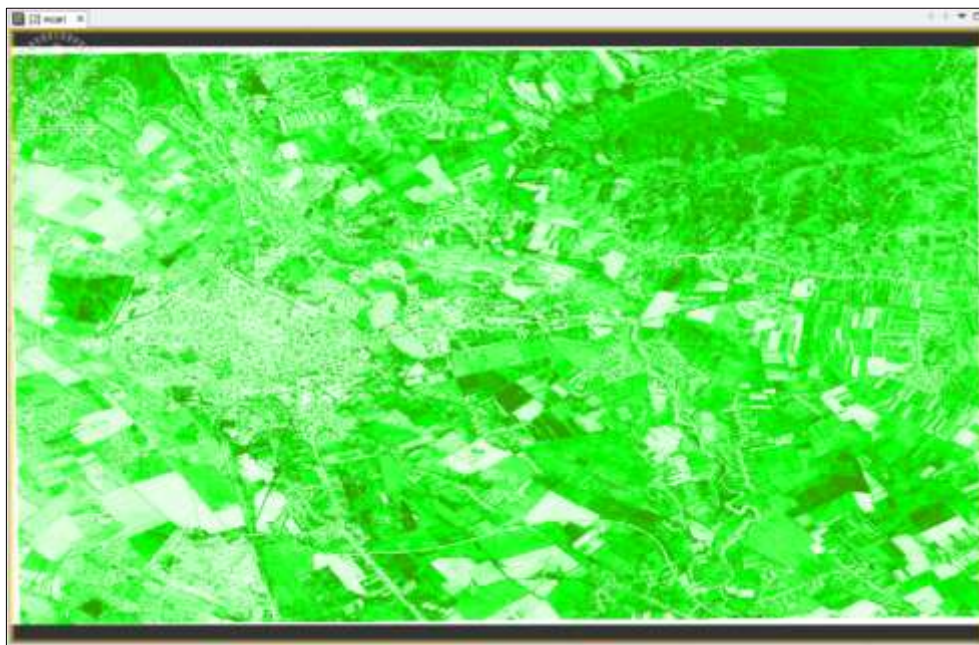


Fig. 89 - Vizualizarea indicelui MCARI

Indicele spectral NDWI (*Normalized Difference Water Index*) sau Indicele Normalizat de Diferențiere a Apei este utilizat pentru delimitarea suprafețelor acoperite cu apă. Acesta a fost introdus de McFeeters (1996), și se calculează după următoarea formulă:

$$\text{NDWI} = \frac{\text{G} - \text{NIR}}{\text{G} + \text{NIR}}$$

unde **G** reprezintă valoarea pixelului în banda spectrală verde (B3 la Sentinel-2) iar **NIR** reprezintă valoarea pixelului în banda spectrală infraroșu apropiat (B8 la Sentinel-2).

Calcularea indicelui se realizează prin accesarea meniului *Optical – Thematic Land Processing – Water Radiometric Indices – NDWI2 Processor*.

În fila *I/O Parameters*, la secțiunea *Source Product*, se selectează imaginea multispectrală care reprezintă sursa datelor. Programul va completa automat

numele datelor sursă, în secțiunea *Target Product*, la care va adăuga sufixul *ndwi2*. În fila *Processing Parameters* se va selecta banda 3 la linia *Green source band*, și banda 8 la secțiunea *NIR source band*.

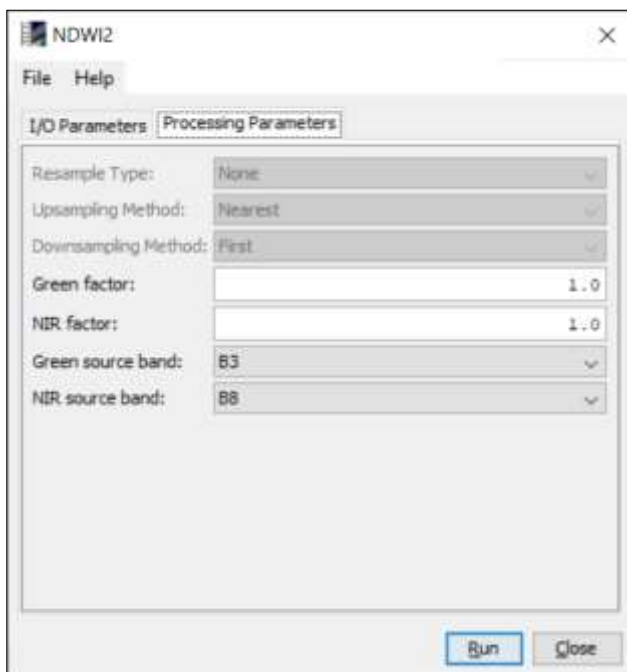


Fig. 90 - Stabilirea parametrilor de procesare a indicelui NDWI

Prin apăsarea butonului *Run* se inițiază procesul de calcul, iar după finalizare, produsul generat va fi afișat în fereastra *Product Explorer*. Se navighează în structura de stocare a datelor aferente acestui produs până la ramura *Bands* și se deschide imaginea *ndwi2* apăsând dublu click stânga *mouse* pe acest fișier imagine.

Pentru schimbarea culorilor de vizualizare se selectează modul *Sliders* în fereastra *Colour Manipulation* și se ajustează vizualizarea la 100% din pixeli apăsând butonul *Auto-adjust*  *to 100% of all pixels*. Se va realiza o rampă de culori cu nuanțe de albastru formată din trei linii de glisare. Pentru

valoarea maximă se alocă culoarea albastru închis, pentru valoarea medie culoarea albastru deschis iar pentru valoarea minimă culoarea alb.

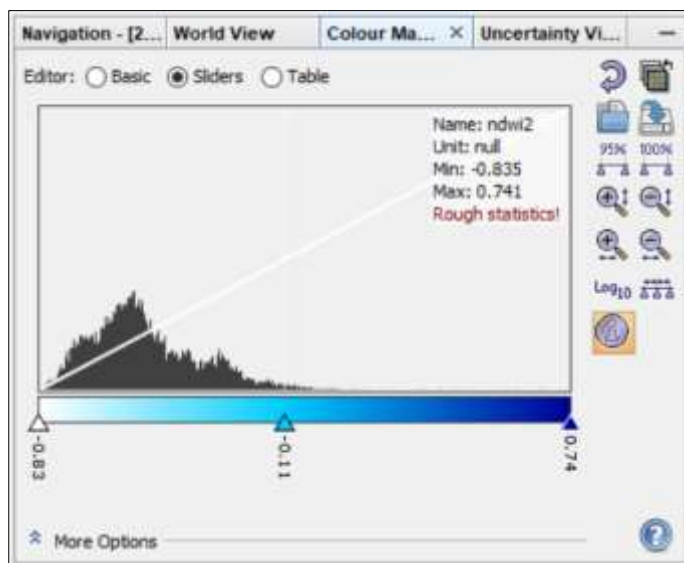


Fig. 91 - Modificarea culorilor imaginii NDWI

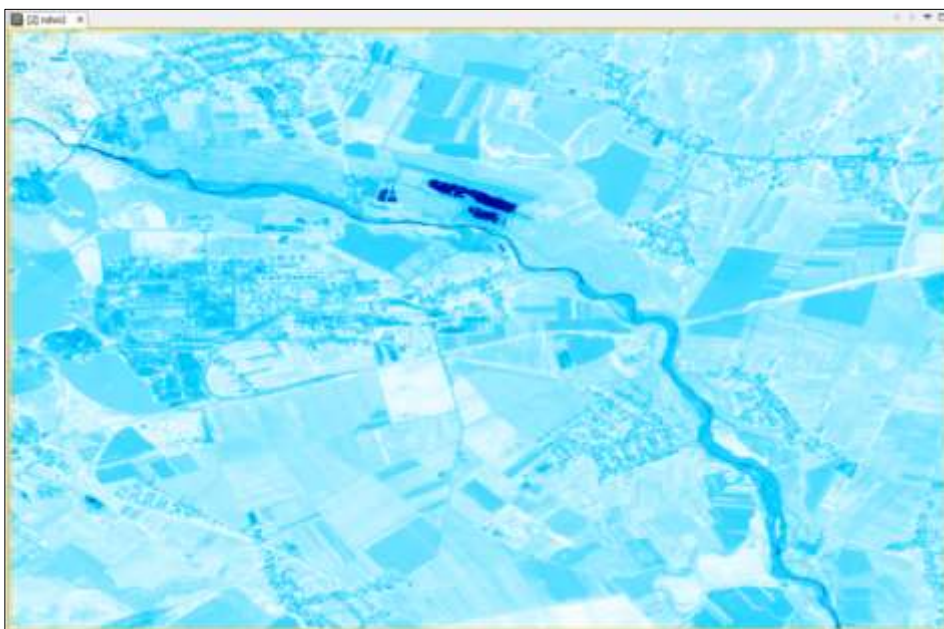


Fig. 92 - Vizualizarea indicelui NDWI

În imaginea rezultată se poate identifica cu ușurință cursul râului Teleajen în partea de nord-est a municipiului Ploiești. De asemenea, pot fi identificate și suprafețele de apă stătătoare (lacuri, iazuri, heleștee) în lunca acestui râu.

NDWI este utilizat pentru a monitoriza modificările legate de conținutul de apă. Întrucât suprafețele acoperite cu apă absorb puternic lumina în spectrul electromagnetic vizibil și infraroșu, NDWI folosește benzile spectrale verde și infraroșu apropiat pentru a evidenția arealele acoperite de apă. NDWI este sensibil la suprafețele construite și poate duce la supraestimarea arealelor acoperite cu apă.

Valorile indicelui mai mari de 0,5 corespund de obicei suprafețelor acoperite cu apă. Vegetația corespunde uzual cu valori mult mai scăzute, iar arealele construite cu valori cuprinse între 0 și 0,2.

9. CLASIFICAREA IMAGINILOR SATELITARE

9.1 Clasificarea nesupervizată a imaginilor multispectrale

Clasificarea nesupervizată este o metodă de clasificare automată care grupează pixelii în mai multe clase predefinite pe baza informației spectrale similare din toate benzile folosite în procesul de clasificare.

Clasificarea nesupervizată a imaginilor în programul SNAP se realizează accesând meniul *Raster – Classification – Unsupervised Classification – K Means Cluster Analysis*. Deși programul SNAP poate realiza clasificarea nesupervizată prin mai multe metode, algoritmul K-means este cel utilizat în cadrul acestui exercițiu.

În fila *I/O Parameters* se alege imaginea multispectrală care se intenționează a fi clasificată și se introduce numele cu care produsul rezultat va fi salvat. În fila *Processing Parameters*, câmpul *Number of clusters*, se introduce numărul

de clase în care să fie grupați pixelii produsului rezultat (de ex. 3 clase). La opțiunea *Number of iterations* se introduce numărul de iterații din timpul procesării (de ex. 15 iterații). Se vor selecta benzile de la B1 la B12.

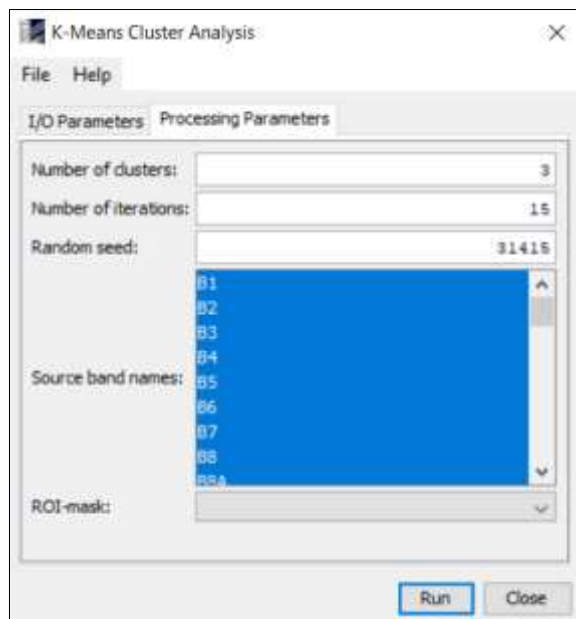


Fig. 93 - Parametrii de procesare din cadrul clasificării nesupervizate

NOTĂ: un număr mult prea mare de iterații nu va îmbunătăți rezultatul obținut

După stabilirea parametrilor, se apasă butonul *Run*. Produsul se va afișa automat în fereastra *Product Explorer*. Deschiderea imaginii clasificate se realizează navigând în structura produsului în ramura *Bands*.

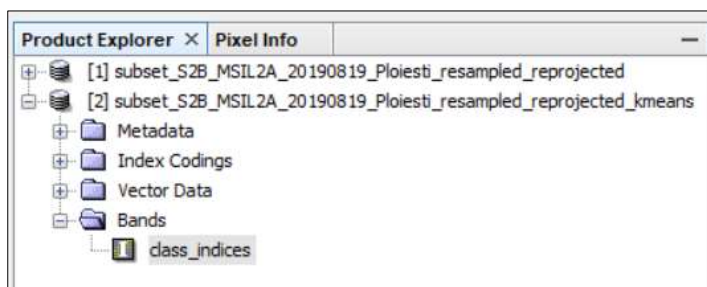


Fig. 94 - Deschiderea imaginii clasificate

Imaginea clasificată se va deschide în fereastra principală *Image Viewer*. Pentru verificarea rezultatelor, se vor deschide în paralel imaginea clasificată și imaginea în culori naturale.



Fig. 95 - Vizualizarea imaginii clasificate

Modificarea culorilor claselor rezultate se realizează prin intermediul ferestrei *Colour Manipulation*. Tot în această fereastră, în câmpul *Frequency*, este afișată ponderea fiecărei clase.



Fig. 96 - Modificarea culorilor de afișare a claselor

9.2 Clasificarea supervizată a imaginilor multispectrale

Clasificarea supervizată este o metodă precisă de clasificare a imaginilor, operatorul uman având o intervenție directă și consistentă prin care ghidează procesul de clasificare a imaginilor. Clasele de acoperire a terenurilor se vor constitui pe baza eșantioanelor reprezentative introduse de operator prin vectorizarea unor poligoane de antrenament care delimitează elemente distincte de peisaj cadrul imaginii (suprafețe acoperite cu apă, vegetație, areale construite, etc.). Pe baza poligoanelor definite, pixelii sunt alocați de program claselor aferente utilizând o anumită metodă de clasificare sau algoritm matematic.

Clasificarea supervizată se realizează prin parcurgerea a trei etape:

- Delimitarea poligoanelor de antrenament;
- Selectarea metodei de clasificare;
- Evaluarea rezultatelor clasificării.

Primul pas pentru realizarea clasificării supervizate este deschiderea imaginii multispectrale *File – Open Product*.

După deschiderea imaginii multispectrale, se va realiza o imagine RGB compozit în culori naturale apăsând click dreapta *mouse* pe aceasta în fereastra *Product Explorer*, și selectând opțiunea *Open RGB Image Window*. Se selectează banda spectrală B4 pentru canalul roșu, B3 pentru canalul verde și B2 pentru canalul albastru și se apăsă butonul *OK*.

În vederea identificării claselor dintr-o imagine satelitară, poate fi folosită orice combinație de benzi spectrale care permite o bună interpretare vizuală a elementelor de peisaj din arealul studiat. Se recomandă examinarea alternativă a mai multor combinații de benzi spectrale pentru evidențierea precisă a arealelor cu semnături spectrale similare.

Pentru stabilirea claselor, este indicată folosirea instrumentului *Spectrum Viewer* care poate fi accesat din meniul *Optical*. Vizualizarea spectrului electromagnetic va ajuta la stabilirea pixelilor care pot fi grupați pe clase, răspunsurile spectrale evidente diferite va permite o separare mai clară între clase și implicit un rezultat mai bun al clasificării.

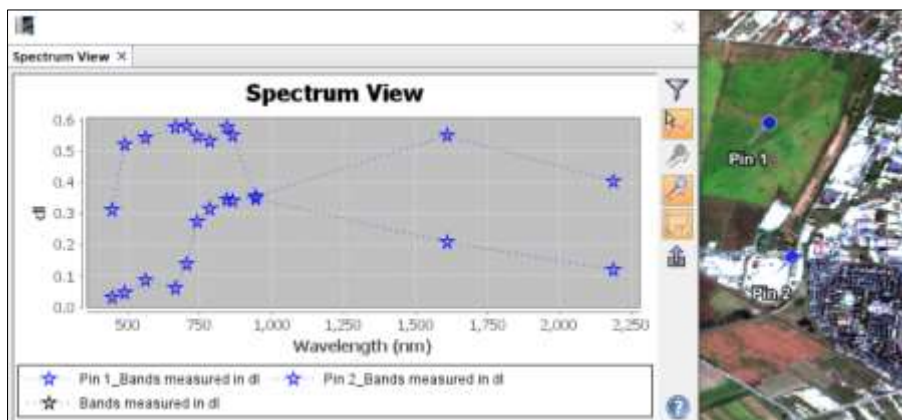


Fig. 97 - Stabilirea claselor folosind instrumentul *Spectrum Viewer*

Vectorizarea poligoanelor de instruire se realizează utilizând bara de instrumente *Tools*.



În cazul în care aceasta lipsește din cadrul barei principale de instrumente, poate fi deschisă accesând meniul *View – Toolbars* și selectând opțiunea *Tools*.

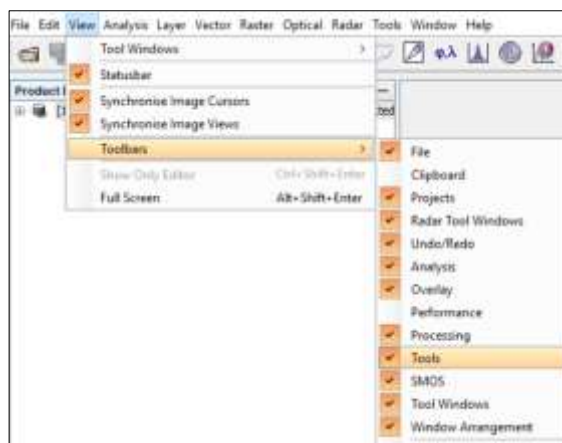


Fig. 98 - Adăugarea barei de instrumente *Tools*

Prin intermediul barei de unelte *Tools*, programul SNAP permite crearea mai multor tipuri de vectori:

-  linie;
-  polilinie;
-  dreptunghi;
-  poligon neregulat;
-  cerc.

Înainte de a începe vectorizarea în vederea delimitării poligoanelor de instruire, este necesară crearea unui *Vector Data Container*. Acesta este echivalentul unui fișier de tip shapefile folosit de programele GIS.

Pentru crearea unui *Vector Data Container*, se selectează imaginea multispectrală în fereastra *Product Explorer*, apoi fie se accesează meniul *Vector – New Vector Data Container*, fie se apasă butonul *New Vector Data Container*  din bara de instrumente *Tools*.

După ce se accesează funcția *New Vector Data Container*, programul SNAP va afișa o fereastră în care se va stabili numele acestuia. În cazul de față, se va denumi în funcție de elementul din imagine care se dorește a fi clasificat.

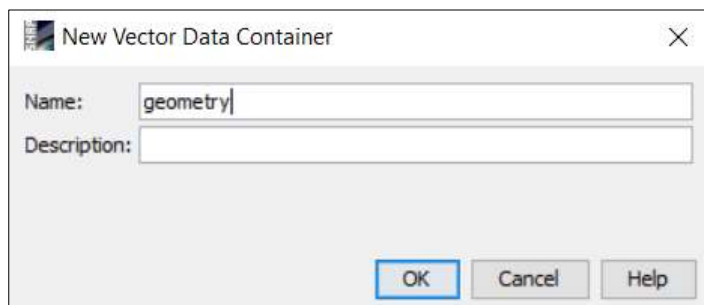


Fig. 99 - Introducerea numelui temei care conține vectori

Pentru acest exercițiu se va crea o serie de **teme (Containers)** cu numele: Lacuri, Păduri, Râuri, Suprafețe construite, Suprafețe arabile cu vegetație,

Suprafețe arabile fără vegetație. Temele create se vor găsi în structura de tip arbore a imaginii multispectrale. Accesarea acestora se realizează prin intermediul ferestrei *Product Explorer*, navigând la ramura *Vector Data*.

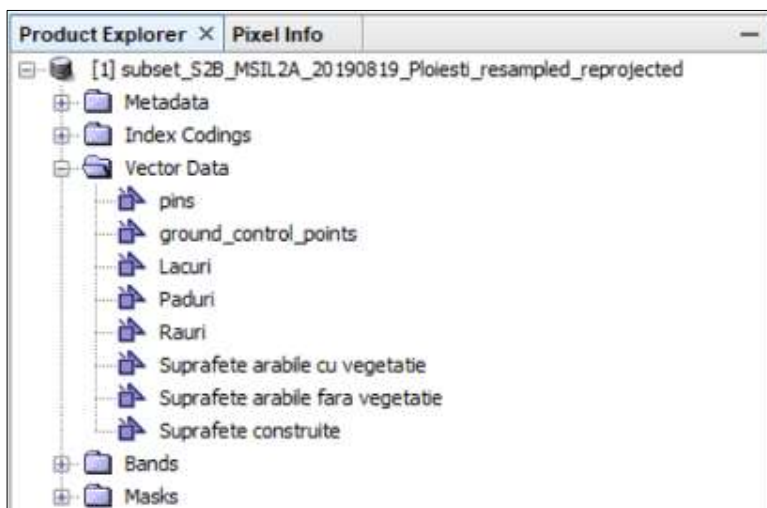


Fig. 100 - Identificarea locului de stocare a temelor

Ștergerea unei teme (*container*) se prin apăsare click dreapta *mouse* pe acesta și se selectează opțiunea *Delete*.

După definirea temelor pentru vectori, poate fi demarat procesul de vectorizare a poligoanelor de instruire. Se va utiliza instrumentul pentru vectorizarea poligoanelor neregulate. 

Imagina RGB utilizată pentru identificarea claselor se setează la un nivel de detaliu potrivit (*zoom*) pentru a putea vizualiza corect clasa care se intenționează a fi definită, se selectează instrumentul pentru vectorizare și se începe definirea formei poligonului. După prima apăsare a butonului click stânga *mouse*, programul va afișa o fereastră în care va trebui selectat tema-țintă (clasa).

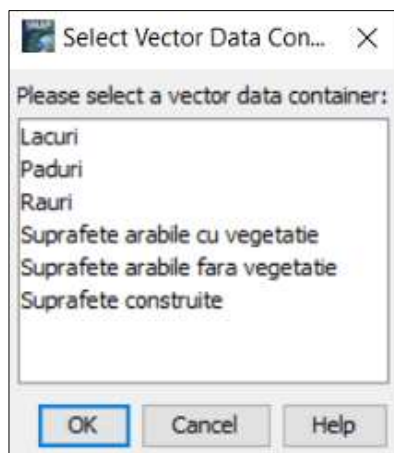


Fig. 101 - Selectarea temei cu vectori aferentă clasei definite

Se selectează clasa care urmează a fi definită și se continuă procesul de vectorizare. După ce a fost definită forma poligonului prin inserarea de puncte (vertecși), acesta se definitivează (închide) apăsând dublu click stânga *mouse*.



Fig. 102 - Vectorizarea poligoanelor de antrenament

ATENȚIE! Pixelii din imagine aferenți fiecărui poligon de antrenament trebuie să fie cât mai reprezentativi pentru clasa respectivă (se va vectoriza cu atenție, fără a include în poligonul vectorizat pixeli care sunt

specifici altei clase de acoperire a terenurilor; de exemplu, dacă se definesc poligoane aferente clasei **păduri**, nu vor fi incluși pixeli în care se identifică **suprafețe construite**).

Pentru fiecare clasă se introduc cu atenție cât mai multe poligoane reprezentative pentru clasa respectivă, distribuite cât mai uniform pe întreaga imagine.

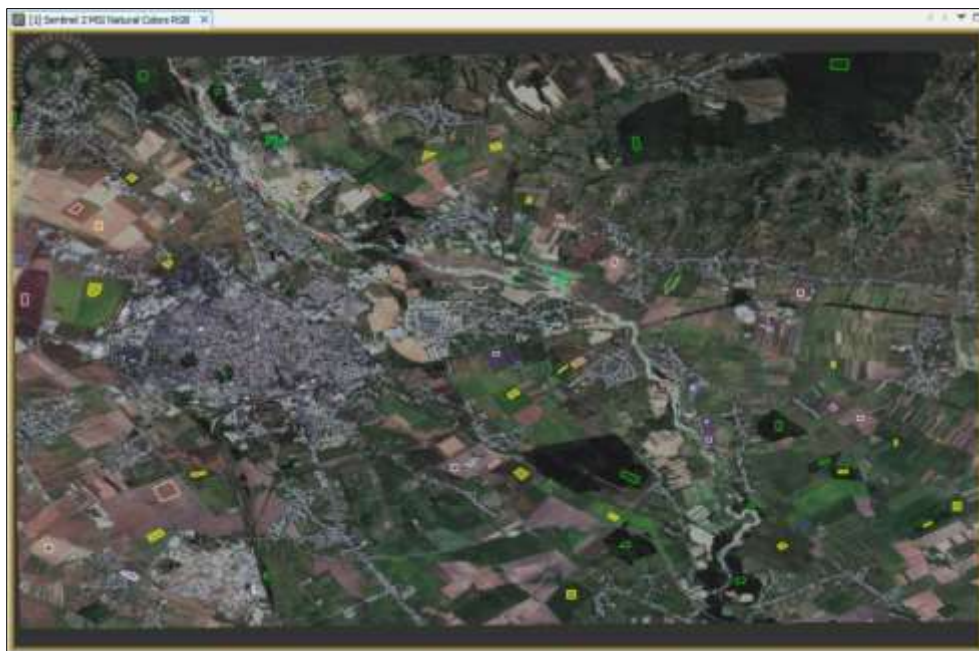


Fig. 103 - Distribuția poligoanelor de antrenament în cadrul imaginii

Ștergerea unui poligon care nu a fost desenat corect se realizează prin selectarea acestuia cu ajutorul unelei *Selection tool* . 

După ce poligonul a fost selectat, perimetrul acestuia va fi colorat în galben. Ștergerea se realizează prin apăsarea butonului *Delete* al tastaturii.

După ce s-a încheiat vectorizarea elementelor unei teme (*Container*), selectarea altei teme se realizează prin intermediul ferestrei *Layer Manager*

situată în partea dreaptă a interfeței grafice SNAP, apăsând click stânga *mouse* pe numele temei dorite.

Activarea și dezactivarea temelor care conțin vectori se realizează prin bifarea sau debifarea acestor teme. Dacă fereastra nu este vizibilă, aceasta poate fi activată prin intermediul meniului *View – Tool Windows*.

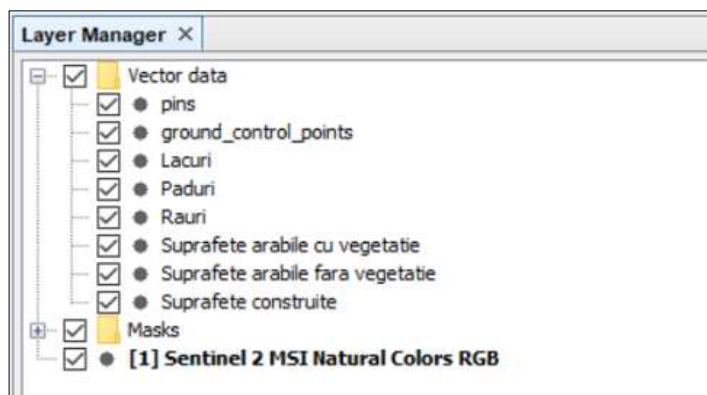


Fig. 104 - Administrarea temelor

Salvarea vectorilor în cadrul structurii imaginii multispectrale se realizează în fereastra *Product Explorer* - se apasă click dreapta *mouse* pe numele imaginii și se alege opțiunea *Save Product*.

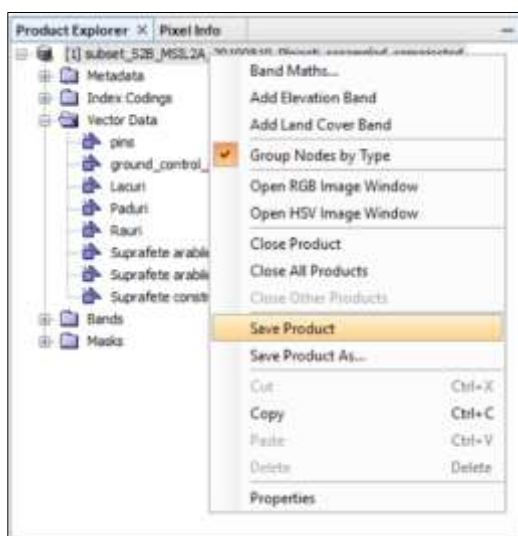


Fig. 105 - Salvarea vectorilor

După ce s-au vectorizat eşantioanele reprezentative (poligoanele de antrenament) pentru fiecare clasă de acoperire a terenurilor identificate pe imaginea satelitară, se poate verifica variabilitatea spectrală a pixelilor aferenți fiecărei clase.

Se accesează meniul *Analysis* și se selectează comanda *Statistics*. Pentru afișarea statisticii fiecărui vector creat, în partea stânga-sus a ferestrei se bifează comanda *Use ROI mask(s)*, după care se va activa fereastra care conține toți vectorii și se vor bifa toți vectorii creați anterior.

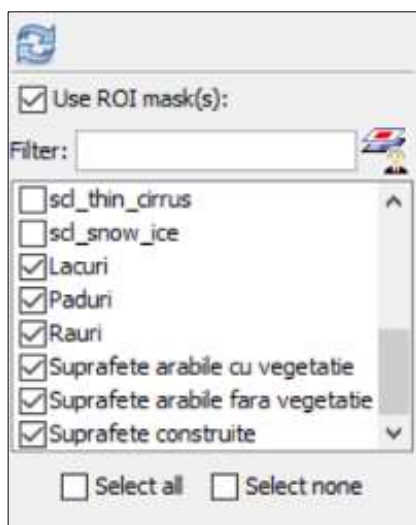


Fig. 106 - Selectarea temelor pentru afișarea statisticilor

Utilitatea *Statistics* va afișa statisticile vectorilor în raport cu o bandă spectrală care se va selecta în fereastra *Product Explorer*. După selecția tuturor parametrilor, se apasă butonul *Refresh View*.

Fereastra *Statistics* va afișa atât statistici tabelare, cât și histogramele poligoanelor vectorizate. Cu cât diferențierea valorilor este mai evidentă, cu atât clasificarea va fi mai bună. Dacă se constată valori similare între două sau mai multe clase, se poate interveni asupra vectorilor creați anterior. După

modificarea acestora, se poate utiliza din nou instrumentul *Statistics* pentru a vizualiza modificările.

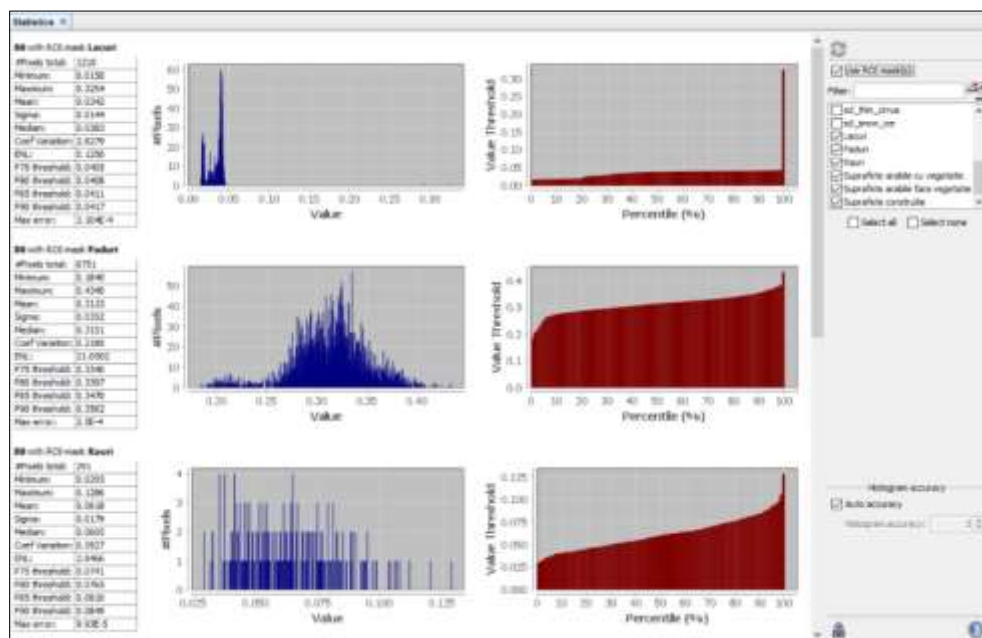


Fig. 107 - Afișarea statisticilor elementelor vectorizate

După stabilirea vectorilor care definesc clasele, se poate realiza clasificarea propriu-zisă. Se accesează meniul *Raster – Classification – Supervised Classification – Random Forest Classifier*.

În meniul *ProductSet-Reader* se apăsă butonul *Add Opened*  din partea dreaptă a ferestrei. Acest buton va introduce automat în listă imaginea multispectrală deschisă în programul SNAP.



Fig. 108 - Adăugarea imaginii multispectrale pentru clasificare

În meniul *Random-Forest-Classifer* se stabilesc parametrii de procesare ai clasificării. Se deselectează opțiunea *Evaluate classifier* și se alege opțiunea *Train on vectors*. În caseta *Training vectors* se selectează toți vectorii din listă, iar în caseta *Feature bands* se selectează benzile B1 până la B12.

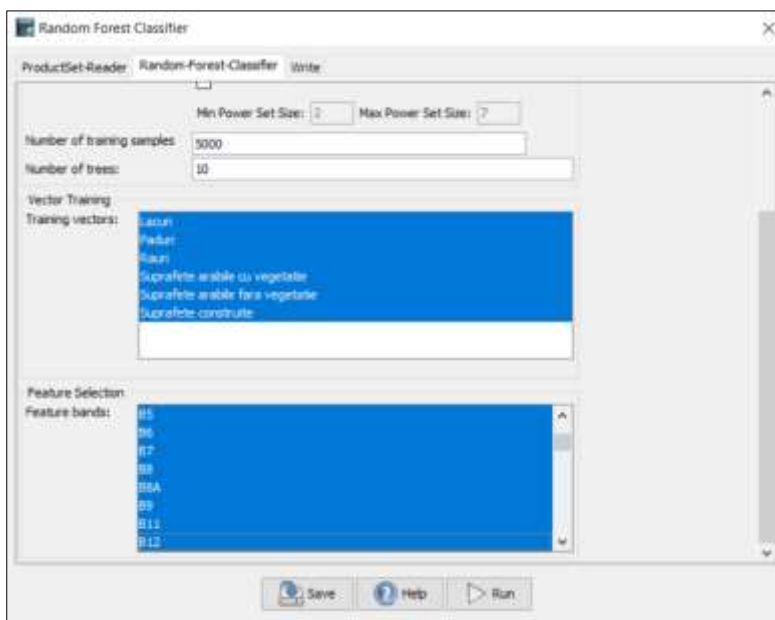


Fig. 109 - Stabilirea parametrilor de clasificare *Random Forest*

În meniul *Write* se stabilește numele fișierului rezultat și locul unde acesta va fi salvat.

Produsul rezultat în urma clasificării va fi introdus automat în lista produselor deschise în SNAP. Imaginea clasificată poate fi deschisă din secțiunea *Bands* a structurii produsului, aceasta având denumirea *LabeledClasses*.



Fig. 110 - Denumirea și locul de salvare a imaginii clasificate

SNAP va genera automat un fișier în format **[.txt]** care prezintă informații statistice referitoare la produsul rezultat.

Verificarea rezultatului clasificării supervizate se poate realiza și prin vizualizarea în paralel cu imaginea RGB în culori naturale.

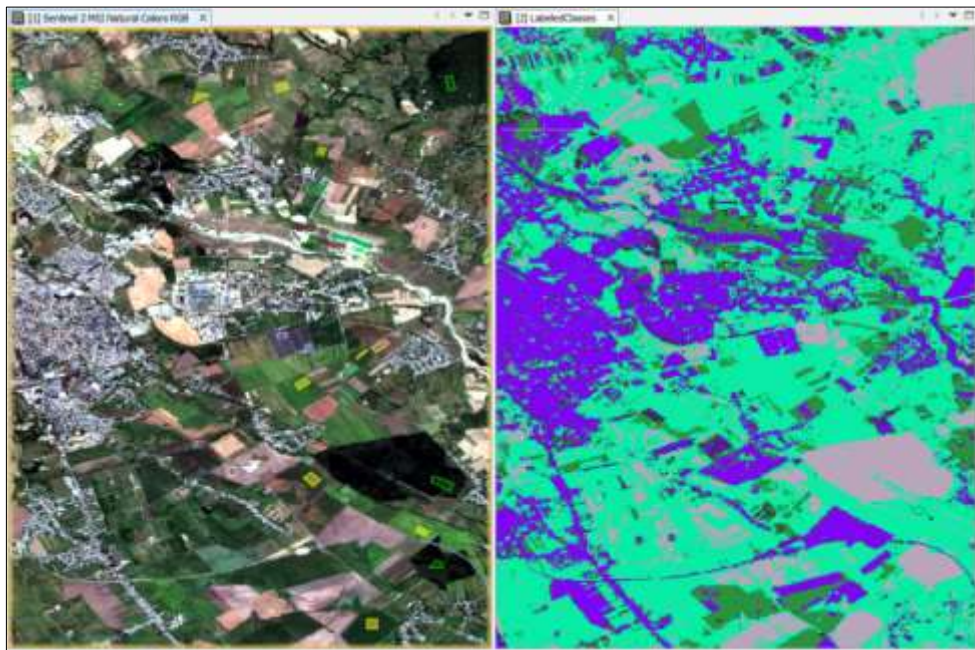


Fig. 111 - Vizualizarea rezultatului clasificării supervizate

Reprezentarea cromatică din imaginea rezultată în urma procesului de clasificare supervizată poate fi modificată prin intermediul ferestrei *Colour Manipulation*. În acest caz, în câmpul de etichete (*Label*) vor apărea numele containerelor de vectori definiți inițial.

GLOSAR

Alfanumeric - un set de caractere care conține litere și cifre, frecvent și simboluri precum semne de punctuație sau simboluri matematice.

Bandă spectrală – Senzorii multispectrali înregistrează date simultan în multiple porțiuni ale spectrului electromagnetic. Intervalul de lungime de undă în care măsoară un senzor este cunoscut ca bandă spectrală, iar acestea sunt caracterizate de o denumire (de ex. infraroșu apropiat) și de o lungime de undă a energiei care este înregistrată.

Clasificarea imaginii - procesul de grupare a tuturor pixelilor dintr-o imagine în clase pe baza similitudinii informației spectrale conținute în una sau mai multe benzi spectrale.

GIS - Sistemele Informaționale Geografice sunt sisteme computerizate, proiectate pentru a reprezenta un cadru integrat de culegere, administrare și analiză a diverse tipuri de date, în mod special cele spațiale. Sistemele Informaționale Geografice au capacități care trec cu mult de simpla realizare a hărților (scări diferite, tematici variate și multiple simboluri). SIG dețin funcționalități analitice puternice care pot transforma datele în informații utile, având capacitatea de a relaționa date dispartate pe baza distribuției spațiale, ceea ce permite evidențierea de relații, tipare sau tendințe altfel dificil de identificat.

Histogramă - reprezentare statistică grafică a frecvenței de apariție a valorilor dintr-un set de date.

Imagine multispectrală - o colecție de mai multe imagini în nuanțe de gri (monocrome) ale aceluiași areal, fiecare dintre ele fiind preluată cu un senzor

diferit, sensibil la un anumit interval de lungime de undă. Fiecare imagine este denumită o bandă spectrală.

Imagine (bandă) pancromatică - este o imagine cu o singură bandă în tonuri de gri care este preluată de un senzor sensibil la o gamă largă de lungimi de undă din întregul domeniu vizibil al spectrului electromagnetic.

Lungime de undă - distanța dintre două puncte succesive ale unei unde, în care oscilația are aceeași fază.

Metadate - în sens general, reprezintă date despre date. Metadatele furnizează informații despre alte date, facilitând găsirea și exploatarea acestora. Crearea acestora se poate realiza manual sau automat.

Orbită polară (cvasipolară) - tip de orbită satelitară a cărei traiectorie se realizează în planul regiunilor polare terestre, în direcție de la nord la sud. Proiecția la sol a acestui tip de orbită nu este obligatoriu să corespundă cu poziția exactă a polilor, orbita putând să varieze cu 20 - 30° față de axa polilor Pământului.

Orbită heliosincronă - tip particular de orbită polară. Sateliții aflați pe acest tip de orbită sunt sincronizați cu Soarele, aceasta însemnând că se află în aceeași poziție relativă față de Soare. Drept urmare, la fiecare trecere, sateliții aflați pe o orbită heliosincronă înregistrează date asupra unui punct de pe suprafața Terrei la aceeași oră.

Pixel - unitatea elementară de stocare a informației dintr-o imagine digitală (vezi și def. Raster). Pixelii sunt definiți prin valoarea numerică stocată și prin poziția acestuia în cadrul matricei (imaginii digitale). Valoarea pixelului reprezintă intensitatea mărimii fizice măsurate, precum radianța solară reflectată într-o anumit interval de lungime de undă, radiația emisă în

domeniul infraroșu sau intensitatea undei radar retro-reflectate. De obicei, valoarea pixelului reprezintă o medie a răspunsului spectral pentru întreaga suprafață de la sol acoperită de pixelul respectiv.

Proiecție cartografică - un set de ecuații matematice pentru reprezentarea în plan (pe hârtie sau digital) a suprafeței terestre aproximată matematic cu o sferă sau un elipsoid. Prin aceste formule matematice se convertesc coordonatele geografice (φ și λ) în coordonate carteziane (X și Y).

Raster - un model de date spațiale care definește un anumit areal sub forma unei matrice formată din celule de dimensiuni egale (pixeli) organizate în coloane și rânduri (caroiaj), fiecare celulă conținând o informație specifică (temperaturi, altitudini, valori ale reflectanței, etc.).

Reflectanță spectrală - reprezintă raportul dintre energia reflectată de o anumită suprafață și energia incidentă pe suprafața respectivă, măsurată în funcție de lungimea de undă.

Rezoluția spațială - a unui instrument este reprezentarea la sol a unui detector individual dintr-o matrice satelitară de senzori. Aceasta reprezintă suprafața unui areal măsurată la nivelul solului și care corespunde unui singur pixel dintr-o imagine. Există trei rezoluții spațiale pentru Sentinel-2: 10 m (100 m^2 per pixel; 4 benzi spectrale), 20 m (400 m^2 per pixel; 6 benzi spectrale) și 60 m (3600 m^2 per pixel; 3 benzi spectrale).

Rezoluția spectrală - se referă la numărul de benzi spectrale în care înregistrează un anumit senzor. Rezoluția spectrală este definită și de intervalul de lungimi de undă (mai îngust sau mai larg) aferent unei singure benzi spectrale. Imaginile pancromatiche conțin o singură bandă spectrală care acoperă întregul spectru vizibil, Landsat 8 are 11 benzi spectrale, MODIS are 36 benzi spectrale înguste, iar Sentinel-2 are un număr total de 13 benzi

spectrale. Rezoluția spectrală este cu atât mai mare, cu cât un senzor are mai multe benzi spectrale care acoperă un interval de lungimi de undă în diferite domenii ale spectrului electromagnetic.

Rezoluția radiometrică - este o măsură a abilității unui sistem de imagistică de a înregistra diferite niveluri de intensitate sau de ton. Cu cât rezoluția radiometrică este mai mare, cu atât dispozitivul va fi mai capabil să detecteze diferențe de intensitate sau reflectanță, și, implicit, cu atât va fi mai precisă imaginea înregistrată. Rezoluția radiometrică este exprimată în mod obișnuit ca un număr de biți, de obicei în intervalul de 8 până la 16 biți. Rezoluția radiometrică a instrumentului S-2 MSI este de 12 biți, aceasta permițând ca imaginea să fie preluată într-un interval de la 0 la 4095 valori potențiale ale intensității luminii. Măsurătorile sunt convertite în valori de reflectanță și sunt stocate ca numere întregi pe 16 biți în produsul S2.

Rezoluția temporală - a unui satelit pe orbită reprezintă frecvența de re-vizitare a unui anumit loc de pe suprafața Terrei. Frecvența de re-vizitare a unui singur satelit Sentinel-2 este de 10 zile, iar a constelației de 2 sateliți de 5 zile.

Semnătură spectrală - diferite tipuri de suprafețe (cum ar fi cele acoperite de apă, vegetația sau solul dezgolit) reflectă în mod diferit radiația electromagnetică în diferite benzi spectrale. Aceste caracteristici spectrale sunt folosite pentru a identifica suprafețele respective și pentru a studia proprietățile acestora.

Spectrul vizibil - porțiune (domeniu) a spectrului electromagnetic care poate fi percepută de ochiul uman și care este caracterizată de lungimi de undă cuprinse între aprox. 400 - 700 nanometri (nm).

Spectrul infraroșu - porțiune (domeniu) a spectrului electromagnetic care poate nu poate fi percepută de ochiul uman și care este caracterizată de lungimi de undă cuprinse între aprox. 700 nm - 300.000 nm (0,3 mm).

UTM - proiecția UTM (Universal Transverse Mercator) este o proiecție cilindrică conformă, secantă pe elipsoid de referință WGS84. Această proiecție se aplică pe fuse de 6° care sunt denumite zone UTM, rezultând 60 fuse numerotate de la vest la est pornind de la meridianul 180°. În proiecția UTM, teritoriul României este cuprins în zonele 34N și 35N.

Vector - un model de date spațiale care reprezintă elementele geografice sub formă de puncte, linii și poligoane. Fiecare obiect de tip punct este reprezentat printr-o pereche singulară de coordonate, în timp ce obiectele de tip linie și poligon sunt reprezentate de liste ordonate de vertecși. Atribute multiple sunt asociate cu fiecare element vectorial, spre deosebire de modelul de date raster, care asociază atributele cu celulele matricei (pixeli).

Vertex - reprezintă un tip particular de puncte (vector) utilizate doar pentru definirea formei și localizării obiectelor vectoriale de tip (poli)linie și poligon. Fiecare vertex constă într-o pereche de coordonate X și Y.

BIBLIOGRAFIE

Badea, A., (2021). Note de curs *Teledetecție*, USAMV-FIFIM, București.

Badea, A., Dana Negula, I. F., Moraru, R., (2012). Aplicația software LEOWorks pentru procesarea imaginilor de teledetecție. *Ars Docendi*. Universitatea din București.

Bustos, C., Campanella, O., Kpalma, K., Magnago, F., Ronsin, J., (2011). A method for change detection with multi-temporal satellite images based on principal component analysis. *2011 6th International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images (Multi-Temp)*, Trento, 2011, pp. 197-200.

Colwell, R. N., (1983). Manual of remote sensing. Second edition. *American Society of Photogrammetry*.

Daughtry, C. S. T., Walthall, C. L., Kim, M. S., Brown de Colstoun, E., McMurtrey, J. E., (2000). Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance. *Remote Sens. Environ.* 74:220-239.

Deng, J., Huang, Y., Chen, B., Tong, C., Liu, P., Wang, H., Hong, Y., (2019). A Methodology to Monitor Urban Expansion and Green Space Change Using a Time Series of Multi-Sensor SPOT and Sentinel-2A Images. *Remote Sens.* 11:1230.

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., Bargellini, P., (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission from GMES Operational Services. *Remote Sens. Environ.* 120:25-36.

Gibson, R., Danaher, T., Hehir, W., Collins, L., (2020). A remote sensing approach to mapping fire severity in south-eastern Australia using sentinel 2 and random forest. *Remote Sens. Environ.* 240.

Horler, D.N., Dockray, M., Barber, J., (1983). The red edge of plant leaf reflectance. *Int. J. Remote Sens.*, 4, 273–288.

Imbroane, A. M., (2012). Sisteme Informatice Geografice. Volumul I Structuri de Date. *Presa Universitară Clujană*. Cluj-Napoca, România.

Jordan, C. F., (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*. Vol.50, No.4.

Kanke, Y., Tubaña, B., Dalen, M. et al., (2016). Evaluation of red and red-edge reflectance-based vegetation indices for rice biomass and grain yield prediction models in paddy fields. *Precision Agric* 17, 507–530.

Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., Wu, C., (2014). A Review of Remote Sensing Image Classification Techniques: the Role of Spatio-contextual Information. *European Journal of Remote Sensing*. 47:398-411.

McFeeters, S.K., (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.* 17:1425–1432.

Muller-Wilm, U., (2016). Sentinel-2 MSI – Level-2A Prototype Processor Installation and User Manual. *Telespazio VEGA Deutschland GmbH*. Issue 2.2.

Ottosen, T-B., Petch, G., Hanson, M., Skjoth, C. A., (2020). Tree cover mapping based on Sentinel-2 images demonstrate high thematic accuracy in Europe. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*. 80

Peng, Y., Fan, M., Bai, L., Sang, W., Feng, J., Zhao, Z., Tao, Z., (2019). Identification of the Best Hyperspectral Indices in Estimating Plant Species Richness in Sandy Grasslands. *Remote Sens*. 11(5), 588.

Popescu, Șt. G, (2020). Proiecții cartografice. Suport de curs, USAMVB-FIFIM

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. *Prog. Rep. RSC* 1978-1.

Zhang, T., Su, J., Liu, C., Chen, W-H., (2017). Band Selection in Sentinel-2 Satellite for Agriculture Applications. *Proceedings of the 23rd International Conference on Automation & Computing, University of Huddersfield, Huddersfield, UK, 7-8 September 2017*.

*** <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>

*** <https://earthobservatory.nasa.gov/>

*** <https://earth.esa.int/web/guest/home>

*** <https://rus-copernicus.eu/portal/the-rus-offer/training/>

*** <http://gsp.humboldt.edu/GSP/Home.html>

*** <http://www.earthobservations.org/index.php>

*** <https://www.merriam-webster.com>

*** <https://www.sciencedirect.com/topics/index>

*** <https://dexonline.ro>

ANEXE

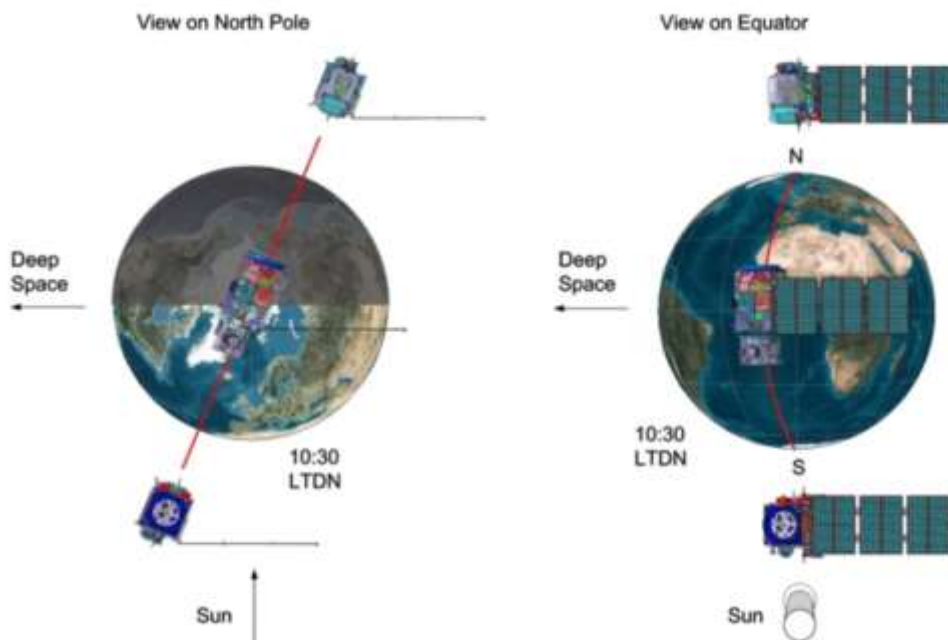
Anexa 1

Misiunea satelitară Sentinel-2 din cadrul programului Copernicus

Misiunea satelitară Sentinel-2 face parte din **Programul Copernicus pentru Observarea Terrei al Uniunii Europene**. Acest program este coordonat și gestionat de Comisia Europeană, și este implementat în parteneriat cu statele membre, **Agencia Spațială Europeană (ESA)**, Organizația Europeană pentru Exploatarea Sateliților Meteorologici (EUMETSAT), Centrul european pentru prognoze meteorologice pe termen mediu (CPMTM), agențiile UE și Mercator Océan.

Programul Copernicus a demarat în anul 1998 și a fost inițial denumit GMES (*Global Monitoring for Enviroment and Security*). Acesta este deservit de un ansamblu de sateliți dedicați (familiile Sentinel) și de misiuni contribuitoare (sateliți comerciali și publici existenți) care sunt echipați cu senzori radar, optici, altimetrice, ș.a., prin intermediul cărora sunt măsurate diverse componente ale complexului mediu terestru.

Misiunea Sentinel-2 este reprezentată de o constelație de **2 sateliți**, Sentinel-2A și Sentinel-2B, care preiau imagini optice multispectrale cu rezoluție spațială cuprinsă între 10 m și 60 m în 13 benzi spectrale din domeniul vizibil și infraroșu al spectrului electromagnetic. Ambele platforme satelitare se află pe aceeași **orbită heliosincronă, la o altitudine de 786 km**, fiind dispuse la 180° una față de cealaltă. Misiunea Sentinel-2 monitorizează variabilitatea condițiilor de mediu ale suprafețelor de uscat, iar datorită **lățimii benzii de preluare (290 km) și a rezoluție temporale ridicate (5 zile la Ecuator cu 2 ambii sateliți)**, furnizează date esențiale monitorizării schimbărilor care se desfășoară la nivelul suprafeței Pământului.



Configurația orbitală a misiunii Sentinel-2 ©Astrium GmbH și EC

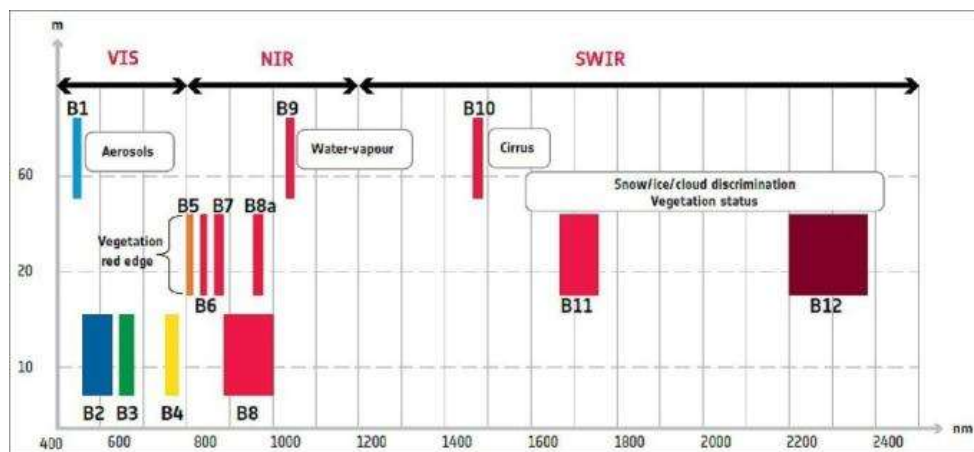
Satelitul Sentinel-2A a fost lansat în data de 23 iunie 2015 iar Sentinel-2B în data de 07 martie 2017, ambii fiind proiectați pentru a funcționa cel puțin 7 ani.

La bordul sateliților se află senzori electro-optici multispectrali denumiți **MSI** (**MultiSpectral Instrument**) care au fost proiectați pentru a avea performanțe tehnologice avansate în ceea ce privește lățimea culoarului de preluare și a caracteristicilor geometrice și spectrale ale măsurărilor efectuate.

Instrumentul MSI măsoară **radiația reflectată de la nivelul suprafeței Terrei** în 13 benzi spectrale în intervalul 443 nm – 2190 nm, din domeniul **vizibil și infraroșu** al spectrului electromagnetic.

Rezoluția spațială reprezintă suprafața unui areal măsurată la nivelul solului și care corespunde unui singur pixel dintr-o imagine. Pentru Sentinel-2, există

trei rezoluții spațiale: 10 m (4 benzi spectrale), 20 m (6 benzi spectrale) și 60 m (3 benzi spectrale).



Benzile spectrale ale Sentinel-2 ©ESA

Imaginile preluate au o lățime de 290 km și sunt disponibile prin intermediul portalului Copernicus Open Acces Hub la nivelul de procesare **1C și 2A**.

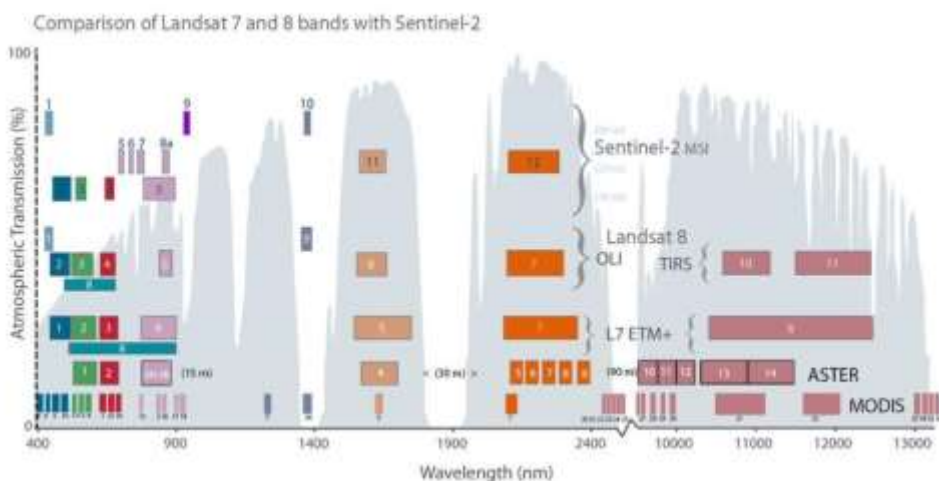
<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>⁶

Imaginile disponibile în cadrul geoportalului sunt re-dimensionate în format 100 x 100 km și sunt furnizate în proiecție **UTM (Universal Transverse Mercator)**, elipsoid **WGS84**.

Rezoluția radiometrică este o măsură a capacității unui sistem de imagistică de a înregistra diferite niveluri de luminozitate sau de ton. Rezoluția radiometrică la Sentinel-2 este de **12 biți**. Aceasta oferă o gamă potențială de niveluri de luminozitate **de la 0 (negru absolut) la 4095 (alb absolut)**.

⁶ Adresa URL poate suferi modificări, în funcție de deciziile operaționale ale Comisiei Europene și ale ESA

Misiunea Sentinel-2 a fost proiectată pentru a asigura continuitatea altor misiuni satelitare cum ar fi misiunile Landsat și SPOT. Imaginile S-2 au un spectru larg de utilizare în domenii precum ecologie, agricultură, managementul dezastrelor sau monitorizarea acoperirii terenurilor.



Compararea benzilor spectrale ale Sentinel-2 cu cele ale altor misiuni satelitare
©USGS

Toate datele achiziționate de instrumentul MSI sunt procesate în mod sistematic la nivelul 1C (L1C). Doar produsele de nivel **1C** și **2A** sunt disponibile utilizatorilor. Produsele de nivel 2A sunt generate fie de furnizor utilizând procesorul **Sen2Cor**, fie de utilizator prin **Sentinel-2 Toolbox**.

Procesarea de **nivel 1C** include corecții radiometrice și geometrice, inclusiv ortorectificare și co-registrare spațială într-un sistem global de referință cu precizie sub-pixel. Acest nivel de procesare este denumit și *at sensor* sau **Top-Of-Atmosphere - TOA**.

Procesarea de **nivel 2A** include un produs de clasificare a scenei respective și un produs de **corecție atmosferică** aplicată produselor ortorectificate de **nivel 1C** aferente datelor înregistrate la nivelul sensorului satelitar. Rezultatul principal de nivel 2A este reprezentat de un produs de reflectanță

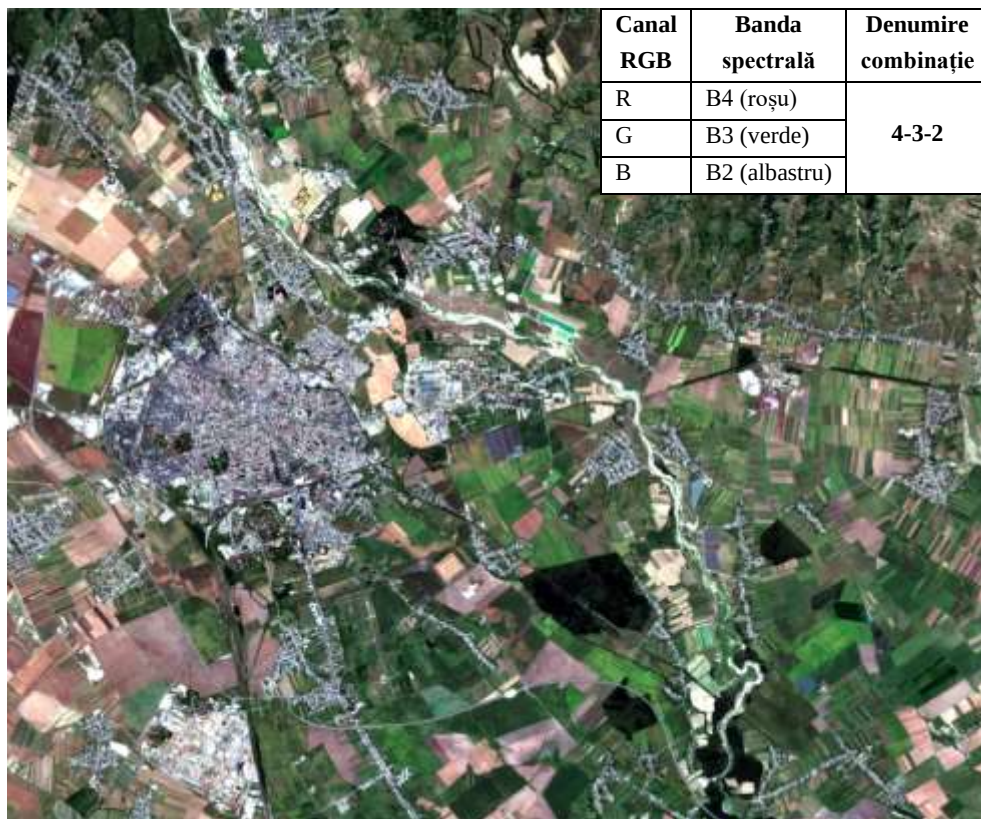
Anexa 2

Principalele combinații de benzi spectrale la Sentinel-2

Combinarea oricăror 3 benzi spectrale disponibile are ca rezultat realizarea unei imagini RGB (imagine compozit). Această imagine are trei canale (Roșu, Verde și Albastru). Imaginea va prezenta cromatic răspunsul spectral în banda care a fost alocată unuia dintre cele trei canale ale imaginii RGB.

Astfel, pentru orice senzor satelitar, **combinațiile de benzi spectrale** (întotdeauna câte 3) pot să genereze fie **o imagine în culori naturale**, fie **o varietate de imagini fals-color compozit**.

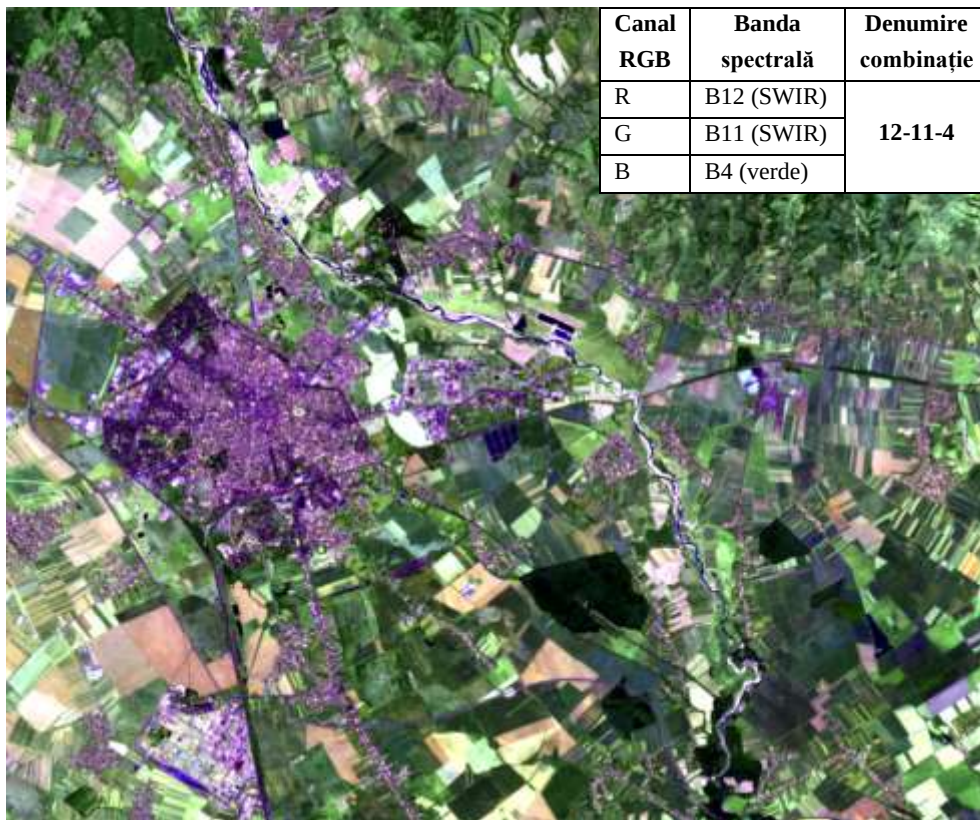
Imaginea RGB în culori naturale se realizează prin suprapunerea benzilor **B4** (roșu R), **B3** (verde G), **B2** (albastru B). Această imagine ilustrează suprafața terestră în culori naturale, așa cum pot fi observate cu ochiul liber.



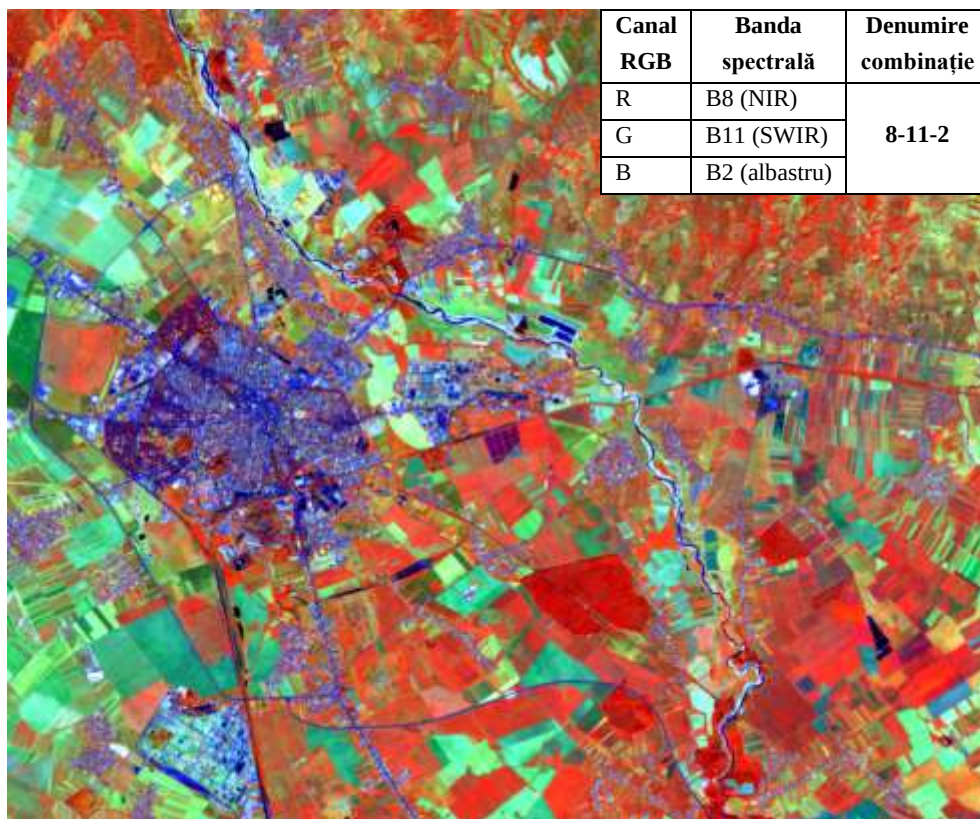
Imaginea RGB fals color infraroșu se realizează prin combinarea bezilor **B8** (infraroșu apropiat NIR), **B4** (roșu R) și **B3** (verde G). Acest tip de imagine este potrivită pentru a evidenția vegetația sănătoasă și densă prin tonuri aprinse de roșu.



Imaginea RGB fals color urban se realizează prin combinarea benzilor **B12** (infraroșu în bandă scurtă SWIR), **B11** (infraroșu în bandă scurtă SWIR) și **B4** (roșu R). În această imagine, arealele urbane sunt evidențiate prin tonuri de violet, gri și alb.



Imaginea RGB fals color de evidențiere a vegetației sănătoase se realizează prin combinarea benzilor **B8** (infraroșu apropiat NIR), **B11** (infraroșu în bandă scurtă SWIR) și **B2** (albastru B). Această combinație de benzi spectrale este utilă pentru evaluarea stării de sănătate a vegetației, aceasta fiind reprezentată în tonuri de roșu.



Imaginea RGB fals color penetrație atmosferică se realizează prin combinarea benzilor **B12** (infraroșu în bandă scurtă SWIR), **B11** (infraroșu în bandă scurtă SWIR) și **B8a** (infraroșu apropiat). Această combinație de benzi spectrale permite vizualizarea elementelor de la nivelul solului, eliminând în mare măsură perturbațiile produse de atmosferă.

