



# Semi-Automatic Classification Plugin Documentation

*Реліз 6.4.0.2*

Luca Congedo

ЖОВТ. 04, 2020



<b>1</b>	<b>Вступ</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Встановлення модуля</b>	<b>3</b>
2.1	Встановлення у Windows 32 біт . . . . .	3
2.2	Встановлення у Windows 64 біт . . . . .	5
2.3	Встановлення в Ubuntu Linux . . . . .	9
2.4	Встановлення в Debian Linux . . . . .	13
2.5	Встановлення в ОС Mac . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Інтерфейс SCP</b>	<b>23</b>
3.1	Меню SCP . . . . .	23
3.2	Панель SCP . . . . .	25
3.3	Робоча панель . . . . .	36
3.4	Main Interface Window . . . . .	39
3.5	Графік спектральних сигнатур . . . . .	102
3.6	Графік розсіву . . . . .	107
3.7	Панель редагування SCP . . . . .	111
<b>4</b>	<b>Короткий вступ до дистанційного зондування</b>	<b>115</b>
4.1	Основні поняття . . . . .	116
4.2	Multispectral satellites . . . . .	119
4.3	Класифікація земельного покриття . . . . .	123
4.4	Image processing . . . . .	135
4.5	Перерахунок знімка у значення відбивальності . . . . .	139
4.6	Перерахунок у температуру . . . . .	142
4.7	Перелік посилань . . . . .	144
<b>5</b>	<b>Базові навчальні матеріали</b>	<b>147</b>
5.1	Tutorial 1 . . . . .	147
5.2	Tutorial 2 . . . . .	180
<b>6</b>	<b>Advanced Tutorials</b>	<b>199</b>
6.1	Tutorial 3 . . . . .	199
6.2	Tutorial 4 . . . . .	210
<b>7</b>	<b>Semi-Automatic OS</b>	<b>227</b>
7.1	Встановлення у VirtualBox . . . . .	228
<b>8</b>	<b>Часті питання</b>	<b>231</b>
8.1	Встановлення модуля . . . . .	232
8.2	Передоброблення . . . . .	234
8.3	Оброблення . . . . .	236

8.4	Застереження . . . . .	237
8.5	Помилки . . . . .	237
8.6	Різне . . . . .	239



Розроблений Luca Congedo, **Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)** безкоштовний модуль з відкритим вихідним кодом для QGIS для проведення напівавтоматичної класифікації (також відомої як керована класифікація) даних дистанційного зондування. Він забезпечує декількома інструментами для завантаження безкоштовних космічних ознімків, передоброблення, післяоброблення, та растрових розрахунків (будь ласка дивіться *Що я можу робити з SCP?* (page 239)).

**Загальна мета SCP** - забезпечити набором взаємопов'язаних інструментів оброблення растрів для автоматизації робочого процесу та спрощення класифікації земельних покривів, щоб її могли виконувати не лише фахівці в галузі дистанційного зондування. Перша версія SCP була розроблена Luca Congedo у 2012 для «ACC Dar Project» з метою створення доступного інструмента автоматизованої класифікації земельних покривів; наступні версії SCP було розроблено на знак особистої відданості галузі дистанційного зондування та філософії відкритого вихідного коду. SCP версії 6 (кодова назва: Greenbelt) розроблено в рамках роботи Luca Congedo над PhD (кандидатською дисертацією) за напрямком Landscape and Environment в Sapienza University of Rome.

**Посібник користувача** містить інформацію щодо *Встановлення модуля* (page 3) SCP та *Інтерфейс SCP* (page 23), а також детальну характеристику всіх функціональних можливостей. Крім того, *Короткий вступ до дистанційного зондування* (page 115) висвітлює основні концепції та визначення, необхідні для застосування SCP.

Для вивчення основних функцій SCP доступні *Базові навчальні матеріали* (page 147).

Ласкаво запрошуємо **посприяти SCP** (див. *Як долучитись та сприяти SCP* (page 240)) та приєднатись до групи Facebook . Також будь ласка ознійомтесь з *Часті питання* (page 231).

Щоб отримати більше інформації та навчальних матеріалів, завітайте до офіційного сайту.



From GIS to Remote Sensing

#### Посилання:

Congedo Luca (2016). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation*. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>

#### Ліцензія:

Якщо не зазначено інше, то зміст цієї роботи поширюється на умовах ліцензії Creative Commons Із зазначенням авторства - Поширення на тих самих умовах 4.0 Міжнародна.

Semi-Automatic Classification Plugin - вільне програмне забезпечення: ви можете поширювати та/або змінювати його на умовах версії 3 Стандартної громадської ліцензії GNU, опублікованої Фондом вільного програмного забезпечення. Semi-Automatic Classification Plugin поширюється з надією, що він буде корисним, але БЕЗ ЖОДНИХ ГАРАНТІЙ; навіть без обов'язкової гарантії ПРИДАТНОСТІ ДЛЯ ПРОДАЖУ або ВІДПОВІДНОСТІ ПЕВНІЙ ВИЗНАЧЕНІЙ МЕТІ. Для більш докладної інформації дивіться Стандартну громадську ліцензію GNU, копію якої ви повинні були отримати разом з Semi-Automatic Classification Plugin. В іншому випадку дивіться <http://www.gnu.org/licenses/>.

### **Перекладачі:**

Українська: Дар'я Свідзінська

---

## Встановлення модуля

---

The Semi-Automatic Classification Plugin requires the installation of [GDAL](#), [OGR](#), [NumPy](#), [SciPy](#) and [Matplotlib](#) (already bundled with QGIS).

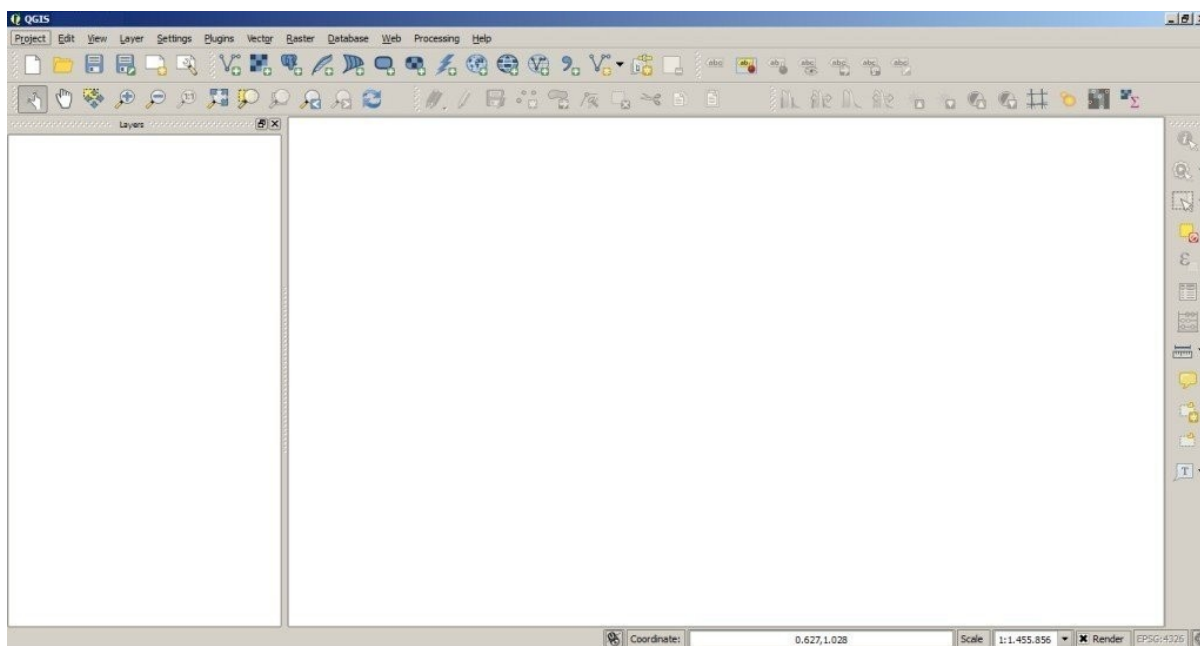
This chapter describes the installation of the Semi-Automatic Classification Plugin for the supported Operating Systems.

## 2.1 Встановлення у Windows 32 біт

### 2.1.1 Завантаження та встановлення QGIS

- Завантажте найновішу версію QGIS 32 біт [звідси](#) ;
- Виконайте встановлення QGIS з правами адміністратора, приймаючи стандартні налаштування.

Тепер QGIS встановлено.



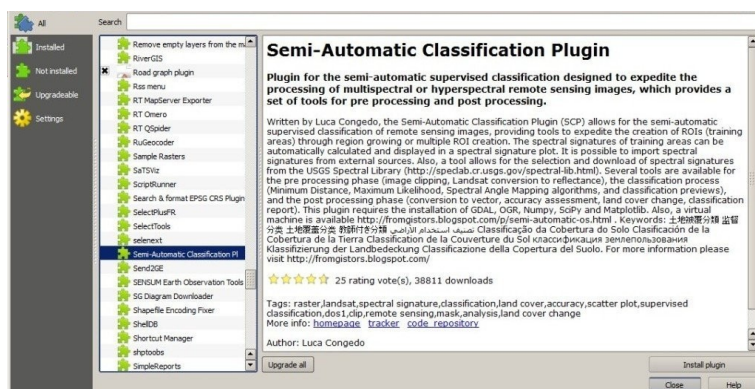
## 2.1.2 Встановлення Semi-Automatic Classification Plugin

- Запустіть QGIS;
- З головного меню виберіть **Plugins > Manage and Install Plugins**;

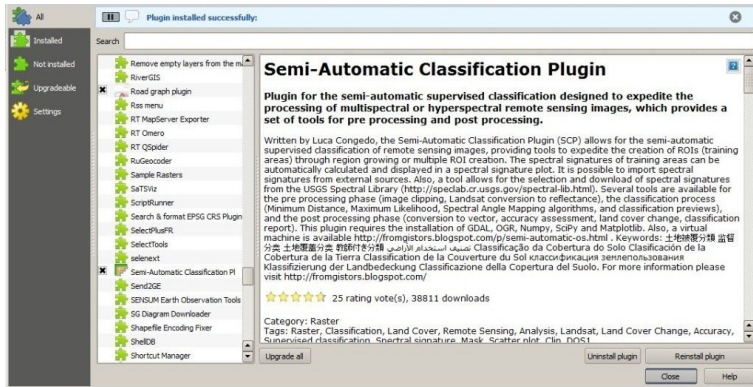


- З меню **All** виберіть **Semi-Automatic Classification Plugin** та натисніть кнопку **Install plugin**;

**ПОРАДА:** у випадку виникнення проблем або офлайн-встановлення рекомендовано ознайомитись з *Як встановити модуль вручну?* (page 232) та *Як встановити модуль з офіційного репозиторія SCP?* (page 233).

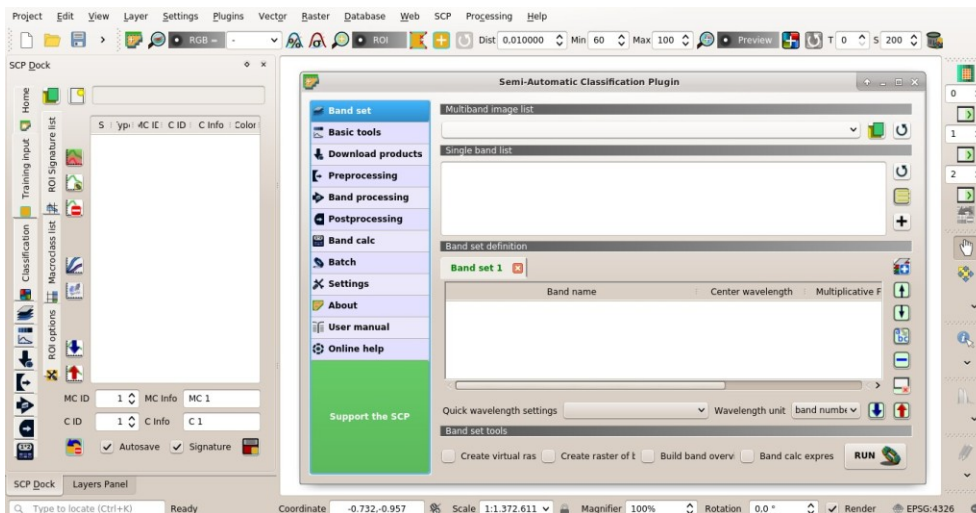


- SCP повинен бути активований автоматично; тим не менше, переконайтесь, що в меню **Installed** активовано **Semi-Automatic Classification Plugin** (для завершення встановлення SCP може знадобитись перезапуск QGIS);



### 2.1.3 Налаштування модуля

Тепер, коли Semi-Automatic Classification Plugin встановлено, до QGIS додано відповідні панелі. Також, меню SCP доступне з панелі меню QGIS. Панель, що плаває, та панель інструментів можна переміщувати відповідно до ваших потреб, як це показано на рисунку.

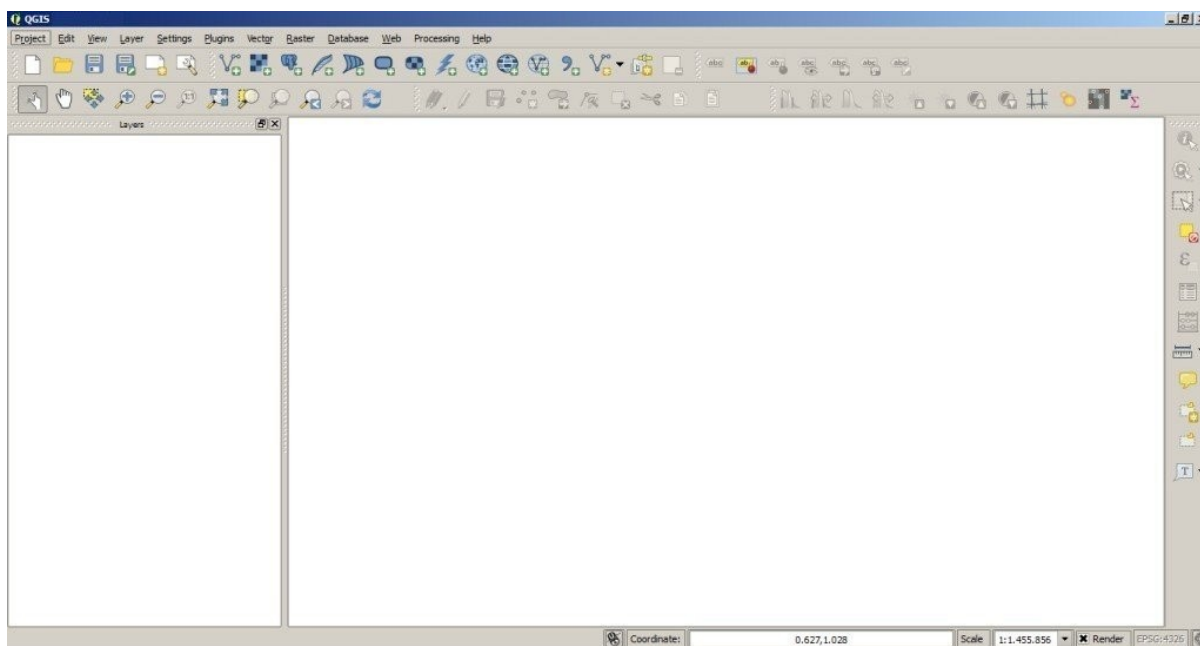


## 2.2 Встановлення у Windows 64 біт

### 2.2.1 Завантаження та встановлення QGIS

- Завантажте найновішу версію QGIS 64 біт [звідси](#) ;
- Виконайте встановлення QGIS з правами адміністратора, приймаючи стандартні налаштування.

Тепер QGIS встановлено.



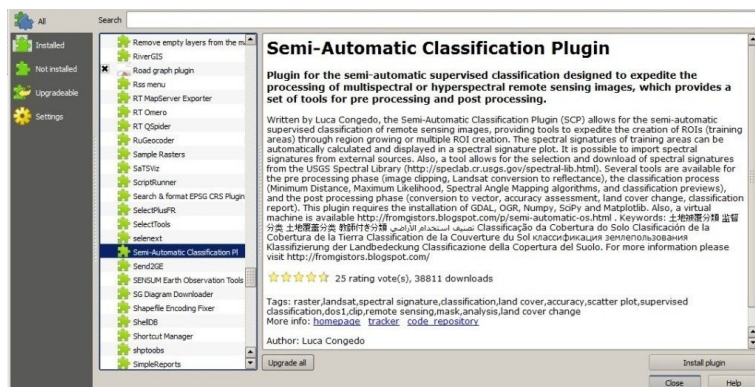
## 2.2.2 Встановлення Semi-Automatic Classification Plugin

- Запустіть QGIS;
- З головного меню виберіть Plugins > Manage and Install Plugins;



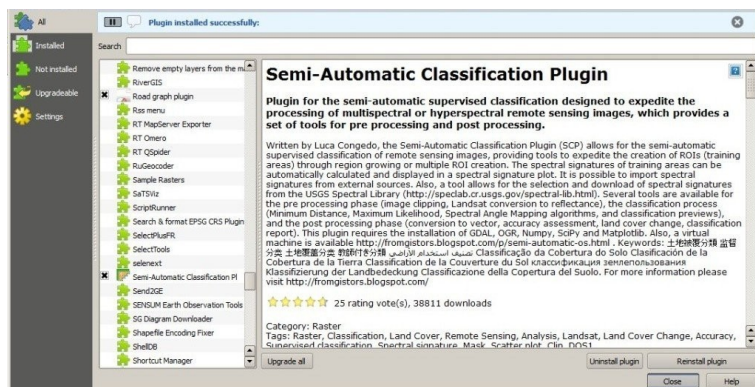
- З меню All виберіть Semi-Automatic Classification Plugin та натисніть кнопку Install plugin;

**ПОРАДА:** у випадку виникнення проблем або офлайн-встановлення рекомендовано ознайомитись з *Як встановити модуль вручну?* (page 232) та *Як встановити модуль з офіційного репозиторія SCP?* (page 233).



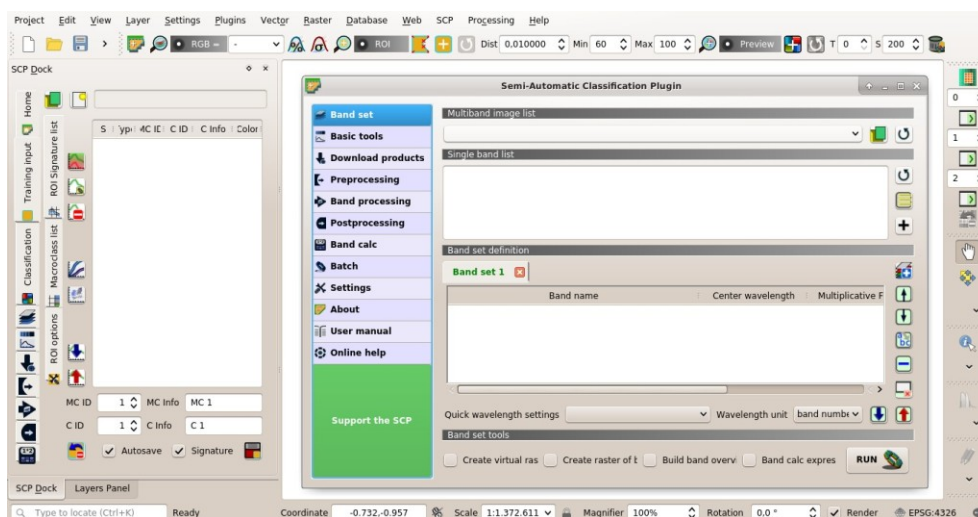
- SCP повинен бути активований автоматично; тим не менше, переконайтесь, що в меню Installed активовано Semi-Automatic Classification Plugin (для завершення встановлення SCP може знадобитись перезапуск QGIS);






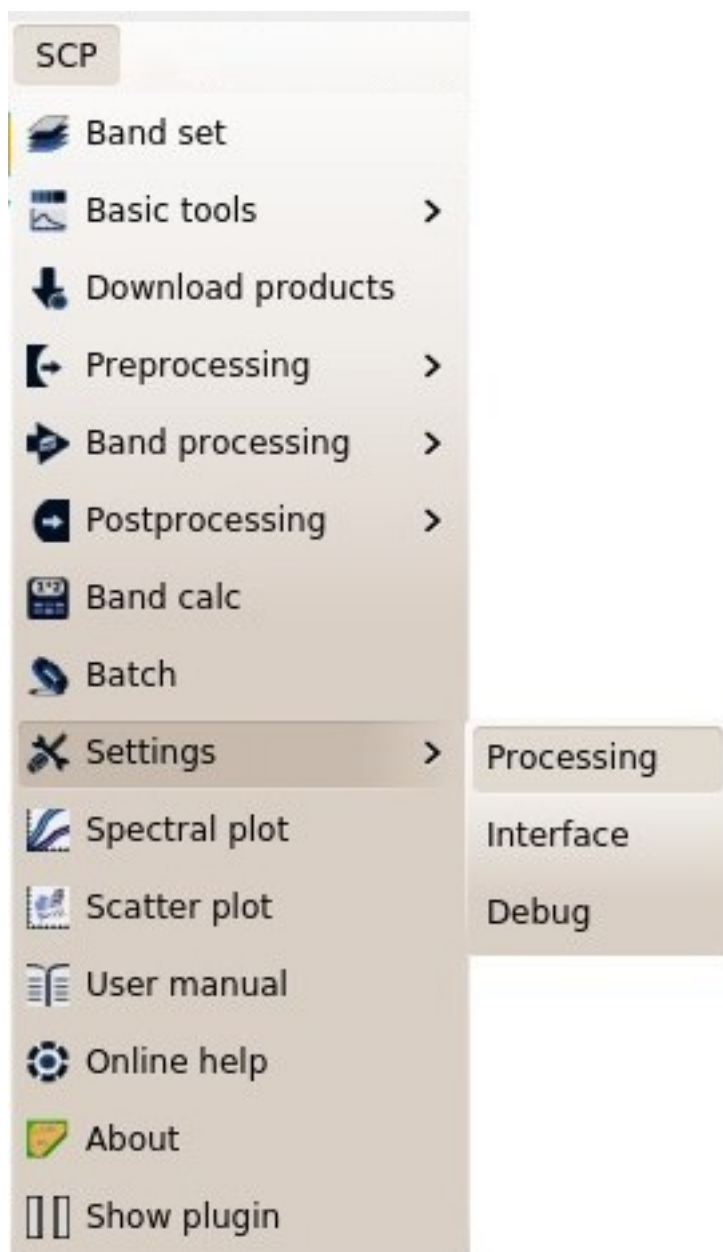
## 2.2.3 Налаштування модуля

Тепер, коли Semi-Automatic Classification Plugin встановлено, до QGIS додано відповідні панелі. Також, меню SCP доступне з панелі меню QGIS. Панель, що плаває, та панель інструментів можна переміщувати відповідно до ваших потреб, як це показано на рисунку.



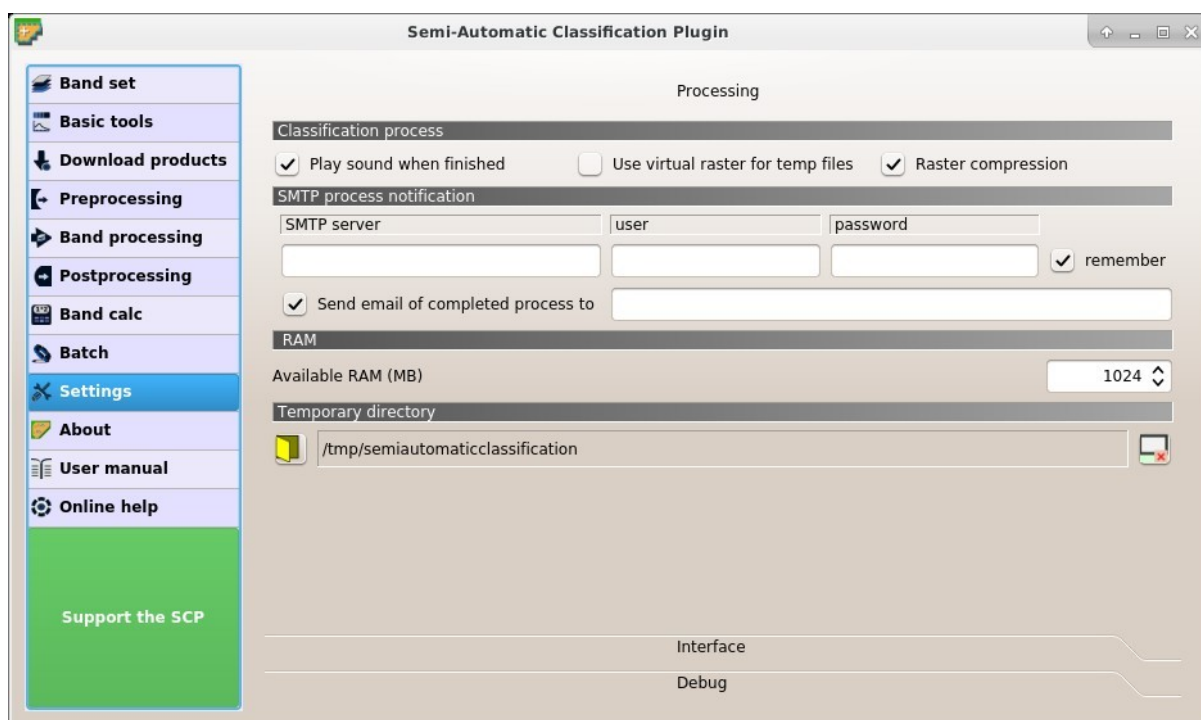
Для зменшення часу обробки рекомендується налаштувати доступну RAM. З *Меню SCP* (page 23)

виберіть  Settings > Processing .



У *Settings* (page 98), встановіть значення **Available RAM (MB)** вдвічі менше за системну RAM. Наприклад, якщо ваша система має 2 Гб RAM, то встановіть значення 1024 Мб.





## 2.3 Встановлення в Ubuntu Linux

### 2.3.1 Завантаження та встановлення QGIS

- Відкрийте термінал та надрукуйте:

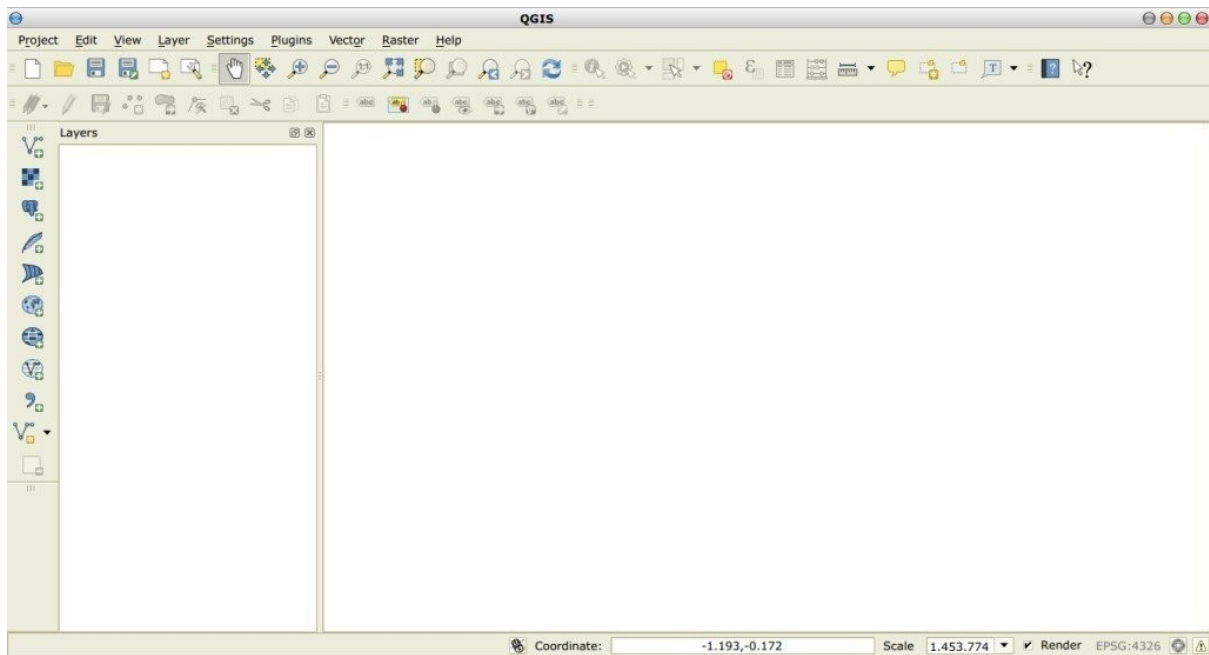
```
sudo apt-get update
```

- Натисніть Enter та надрукуйте пароль користувача;
- Надрукуйте в терміналі:

```
sudo apt-get install qgis python3-matplotlib python3-scipy
```

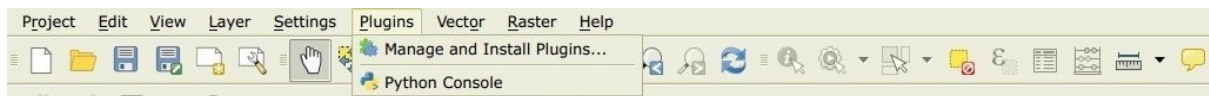
- Натисніть Enter та зачекайте поки програмне забезпечення буде завантажено та встановлено.

Тепер QGIS встановлено.



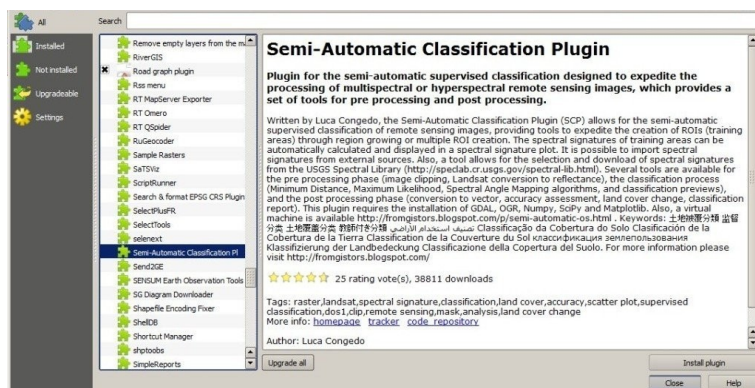
### 2.3.2 Встановлення Semi-Automatic Classification Plugin

- Запустіть QGIS;
- З головного меню виберіть Plugins > Manage and Install Plugins;

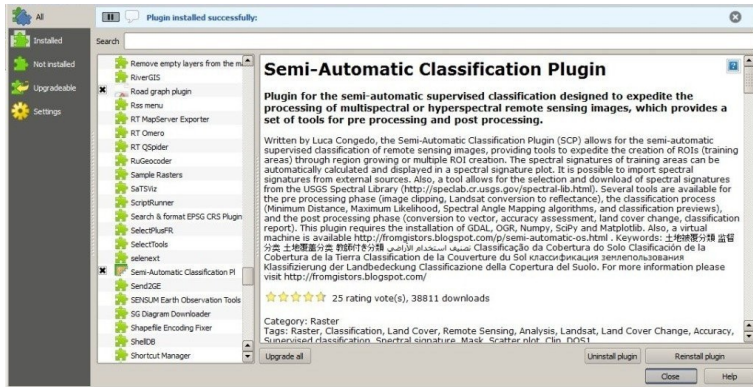


- З меню All виберіть Semi-Automatic Classification Plugin та натисніть кнопку Install plugin;

**ПОРАДА:** у випадку виникнення проблем або офлайн-встановлення рекомендовано ознайомитись з *Як встановити модуль вручну?* (page 232) та *Як встановити модуль з офіційного репозиторія SCP?* (page 233).

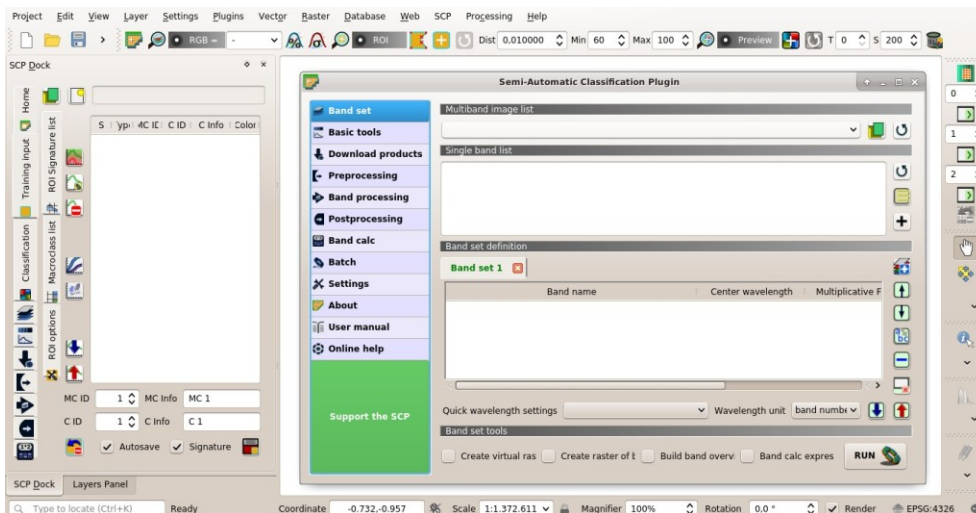


- SCP повинен бути активований автоматично; тим не менше, переконайтесь, що в меню Installed активовано Semi-Automatic Classification Plugin (для завершення встановлення SCP може знадобитись перезапуск QGIS);




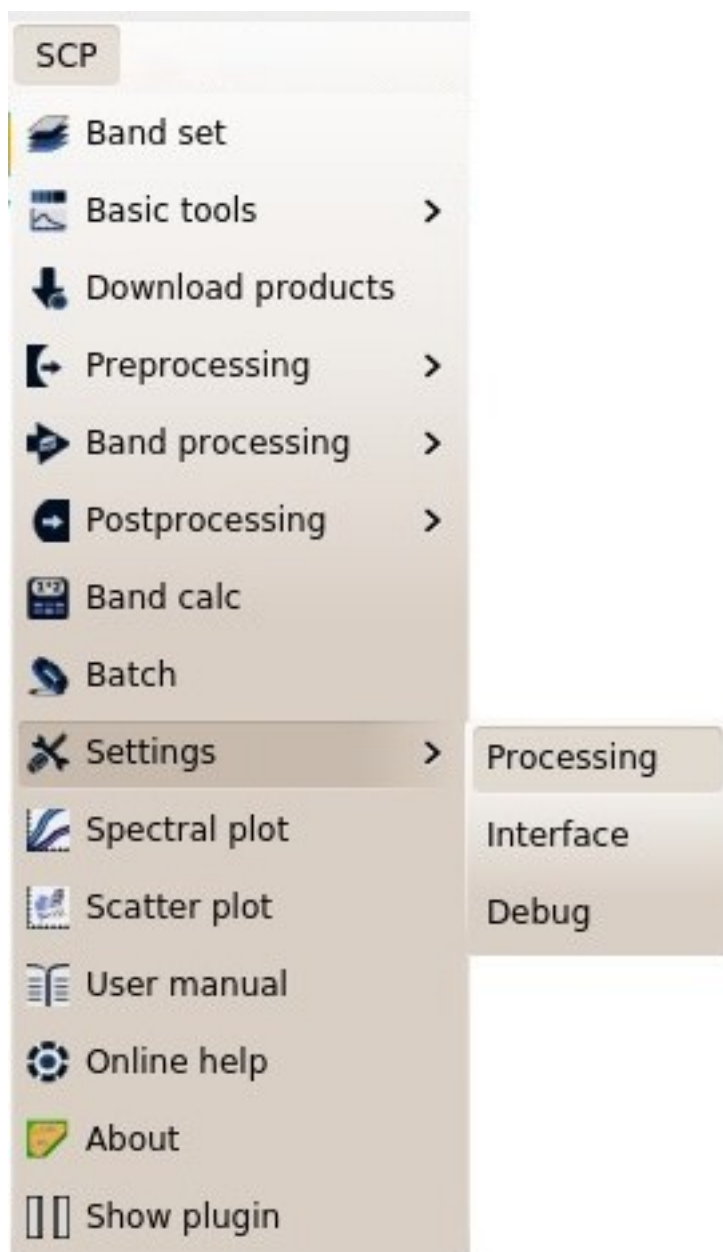
### 2.3.3 Налаштування модуля

Тепер, коли Semi-Automatic Classification Plugin встановлено, до QGIS додано відповідні панелі. Також, меню SCP доступне з панелі меню QGIS. Панель, що плаває, та панель інструментів можна переміщувати відповідно до ваших потреб, як це показано на рисунку.

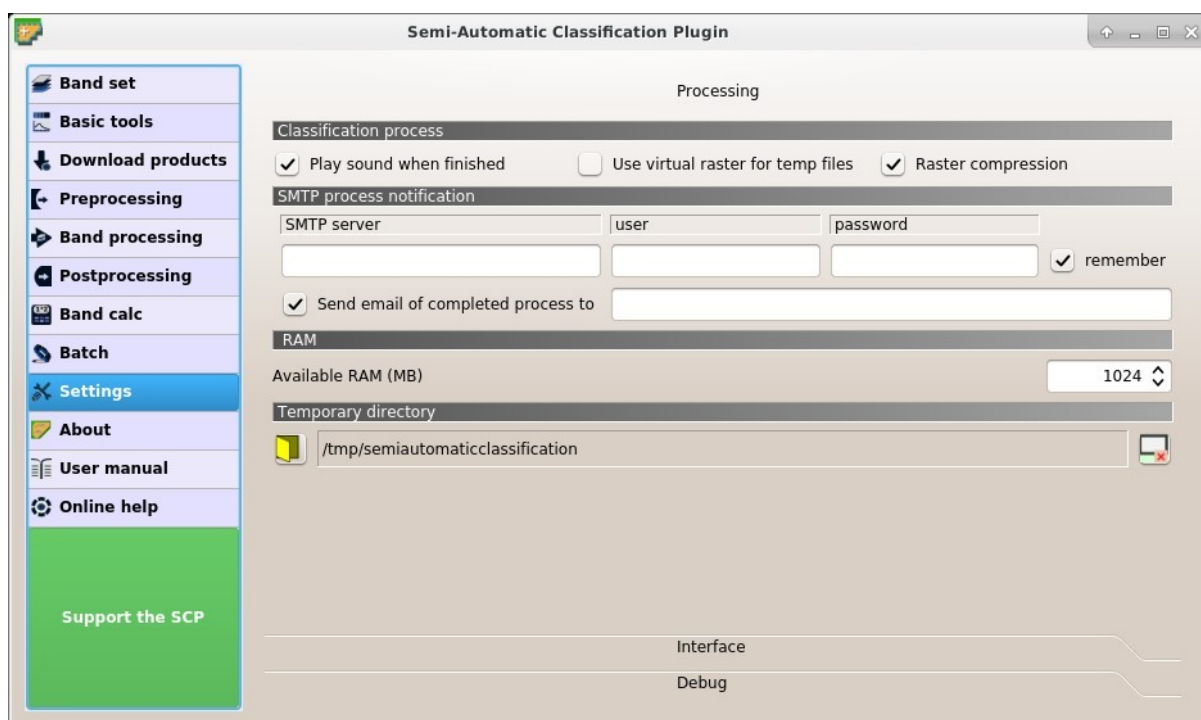


Для зменшення часу обробки рекомендується налаштувати доступну RAM. З *Меню SCP* (page 23)

виберіть  Settings > Processing .



У *Settings* (page 98), встановіть значення **Available RAM (MB)** вдвічі менше за системну RAM. Наприклад, якщо ваша система має 2 Гб RAM, то встановіть значення 1024 Мб.



## 2.4 Встановлення в Debian Linux

### 2.4.1 Завантаження та встановлення QGIS

- Відкрийте термінал та надрукуйте:

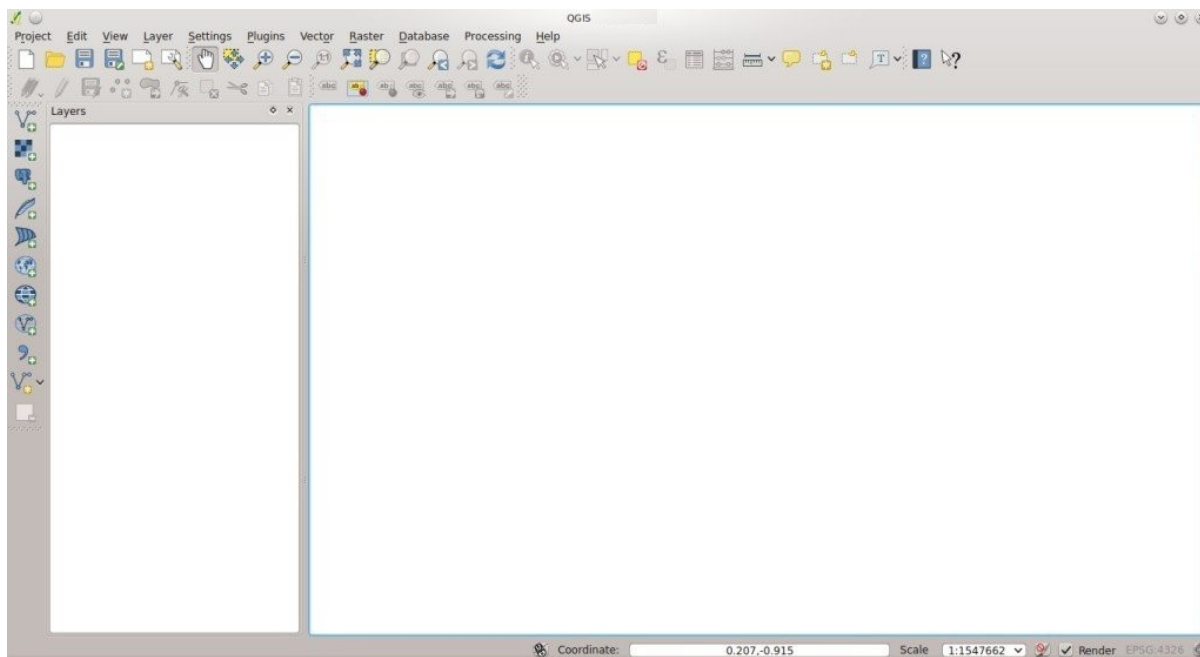
```
sudo apt-get update
```

- Натисніть Enter та надрукуйте пароль користувача;
- Надрукуйте в терміналі:

```
sudo apt-get install qgis python3-matplotlib python3-scipy
```

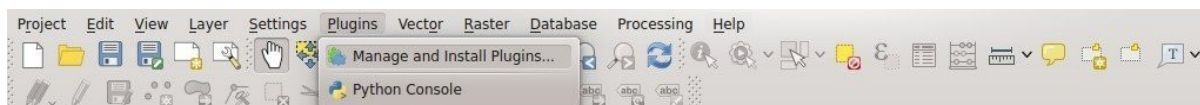
- Натисніть Enter та зачекайте поки програмне забезпечення буде завантажено та встановлено.

Тепер QGIS встановлено.



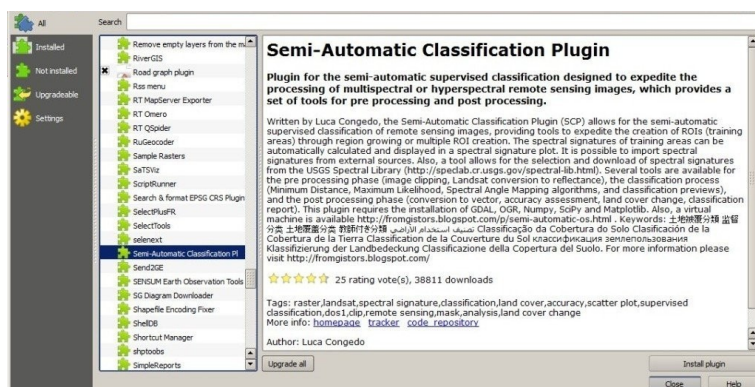
## 2.4.2 Встановлення Semi-Automatic Classification Plugin

- Запустіть QGIS;
- З головного меню виберіть **Plugins > Manage and Install Plugins**;



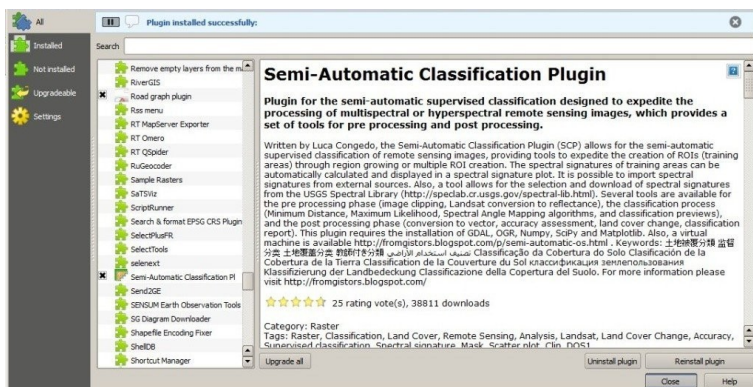
- З меню All виберіть Semi-Automatic Classification Plugin та натисніть кнопку **Install plugin**;

**ПОРАДА:** у випадку виникнення проблем або офлайн-встановлення рекомендовано ознайомитись з *Як встановити модуль вручну?* (page 232) та *Як встановити модуль з офіційного репозиторія SCP?* (page 233).



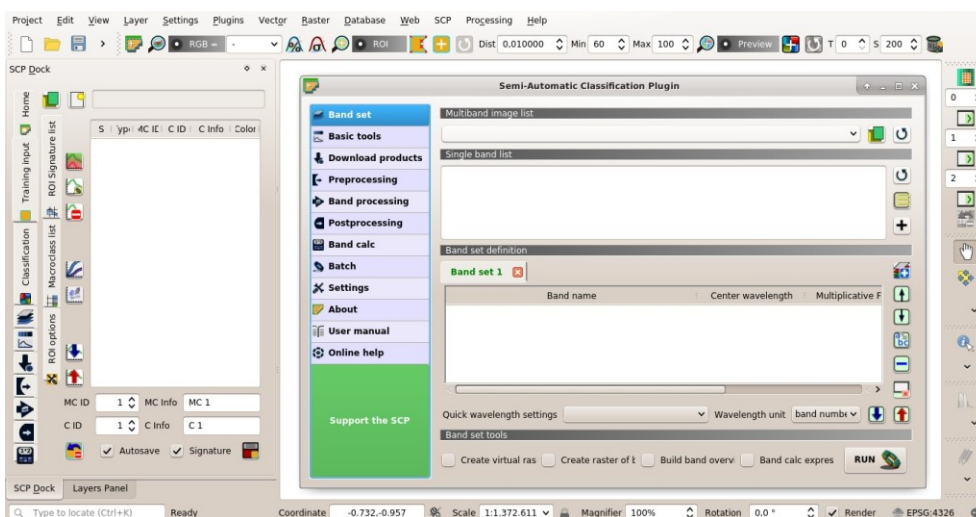
- SCP повинен бути активований автоматично; тим не менше, переконайтесь, що в меню **Installed** активовано Semi-Automatic Classification Plugin (для завершення встановлення SCP може знадобитись перезапуск QGIS);






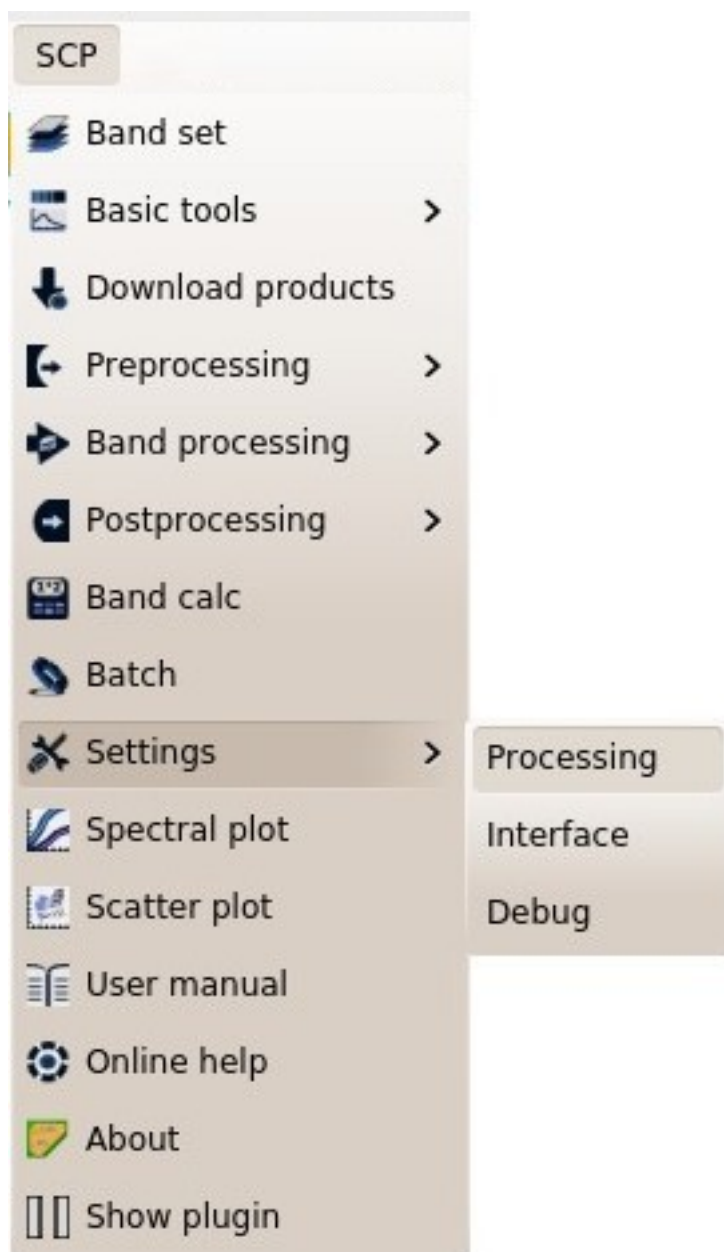
### 2.4.3 Налаштування модуля

Тепер, коли Semi-Automatic Classification Plugin встановлено, до QGIS додано відповідні панелі. Також, меню SCP доступне з панелі меню QGIS. Панель, що плаває, та панель інструментів можна переміщувати відповідно до ваших потреб, як це показано на рисунку.



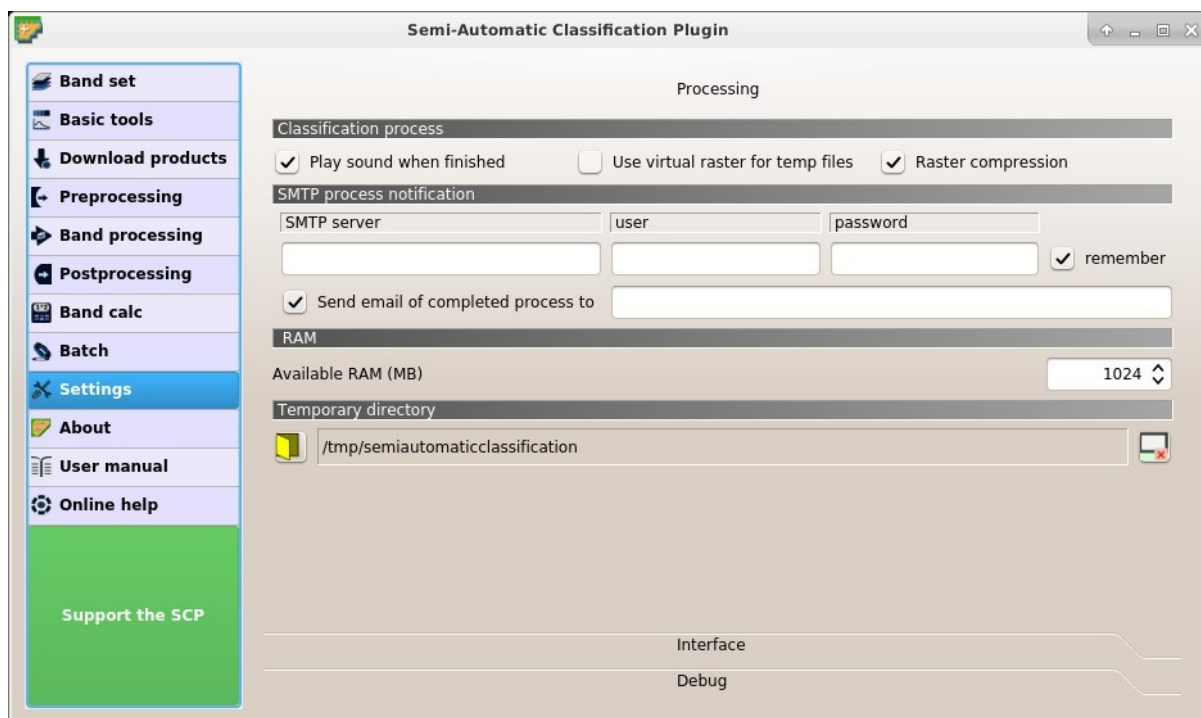
Для зменшення часу обробки рекомендується налаштувати доступну RAM. З *Меню SCP* (page 23)

виберіть  Settings > Processing .



У *Settings* (page 98), встановіть значення **Available RAM (MB)** вдвічі менше за системну RAM. Наприклад, якщо ваша система має 2 Гб RAM, то встановіть значення 1024 Мб.



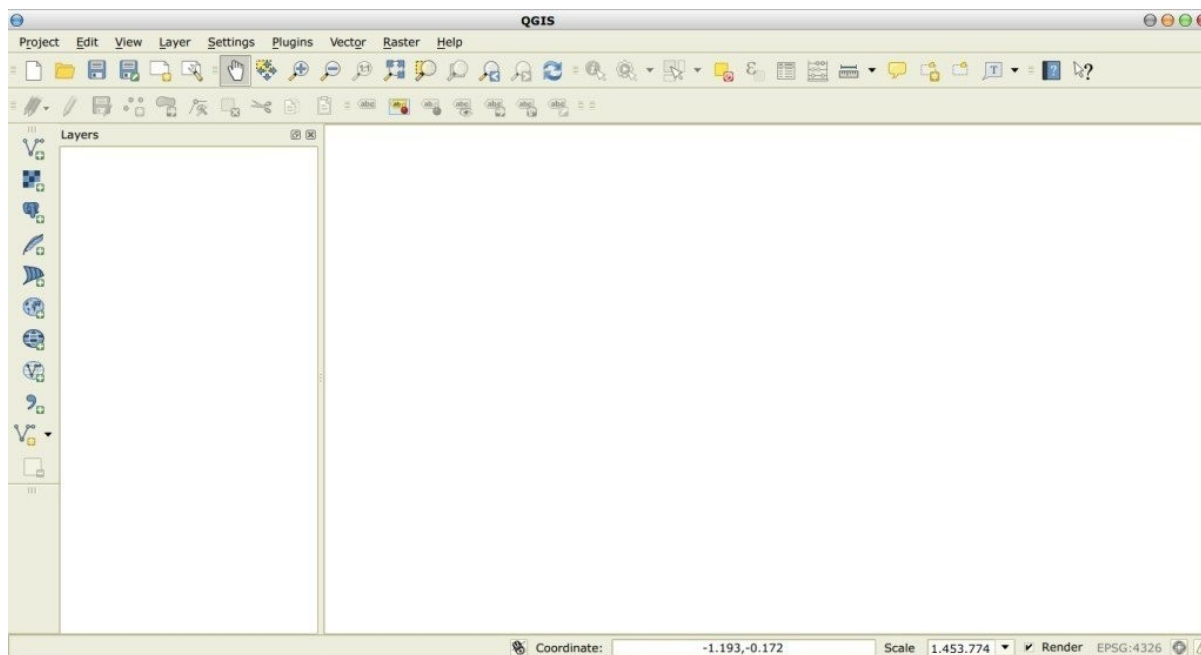


## 2.5 Встановлення в ОС Mac

### 2.5.1 Завантаження та встановлення QGIS

- Download and install the latest version of QGIS and GDAL from [here](#).

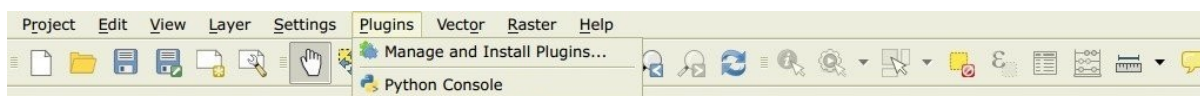
Тепер QGIS встановлено.



### 2.5.2 Встановлення Semi-Automatic Classification Plugin

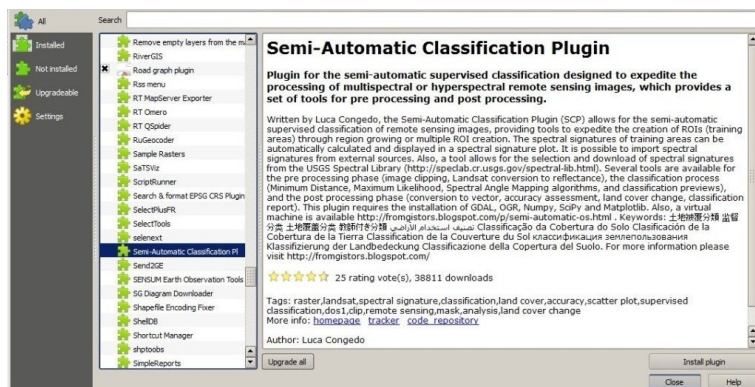
- Запустіть QGIS;

- З головного меню виберіть Plugins > Manage and Install Plugins;

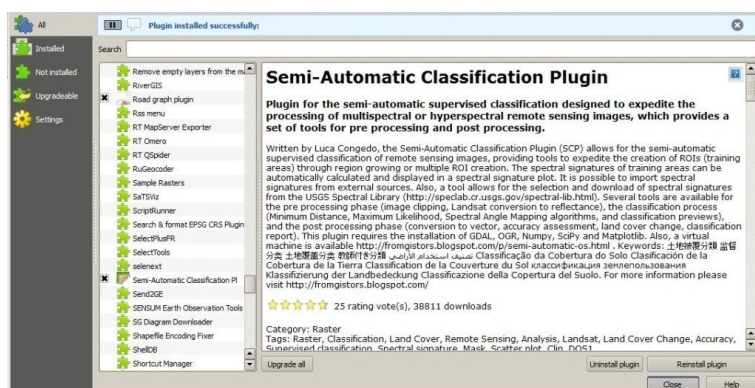


- З меню All виберіть Semi-Automatic Classification Plugin та натисніть кнопку Install plugin;

**ПОРАДА:** у випадку виникнення проблем або офлайн-встановлення рекомендовано ознайомитись з *Як встановити модуль вручну?* (page 232) та *Як встановити модуль з офіційного репозиторія SCP?* (page 233).



- SCP повинен бути активований автоматично; тим не менше, переконайтесь, що в меню **Installed** активовано Semi-Automatic Classification Plugin (для завершення встановлення SCP може знадобитись перезапуск QGIS);



In case of missing dependencies, you could get error messages such as the following example with matplotlib:

```

Couldn't load plugin 'SemiAutomaticClassificationPlugin-master' due to an error when calling its classFactory() method

ModuleNotFoundError: No module named 'matplotlib'

Traceback (most recent call last):
  File "/Applications/QGIS3.6.app/Contents/MacOS/./Resources/python/qgis/utils.py", line 335, in startPlugin
    plugins[packageName] = package.classFactory(iface)

```

To install matplotlib type in a terminal:

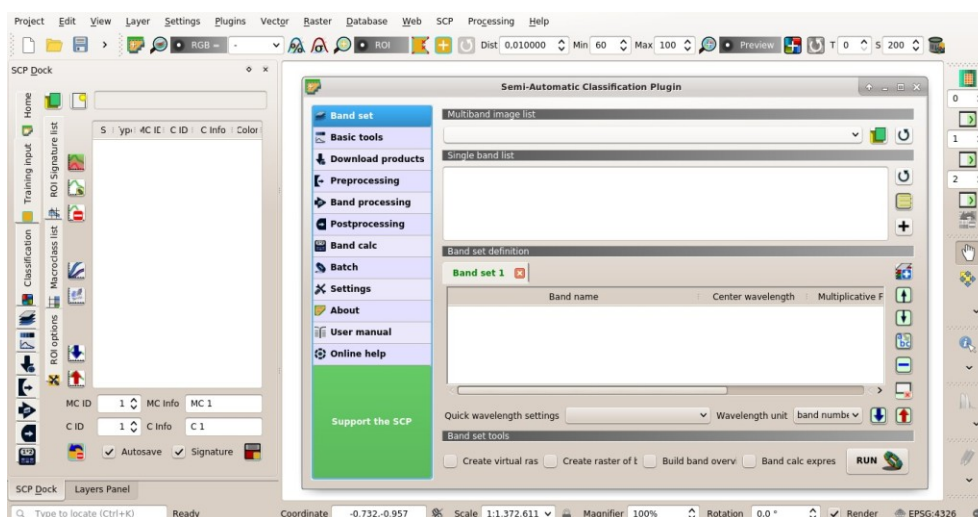
```
sudo pip3 install matplotlib
```

and repeat this step for other missing dependencies.


### 2.5.3 Налаштування модуля

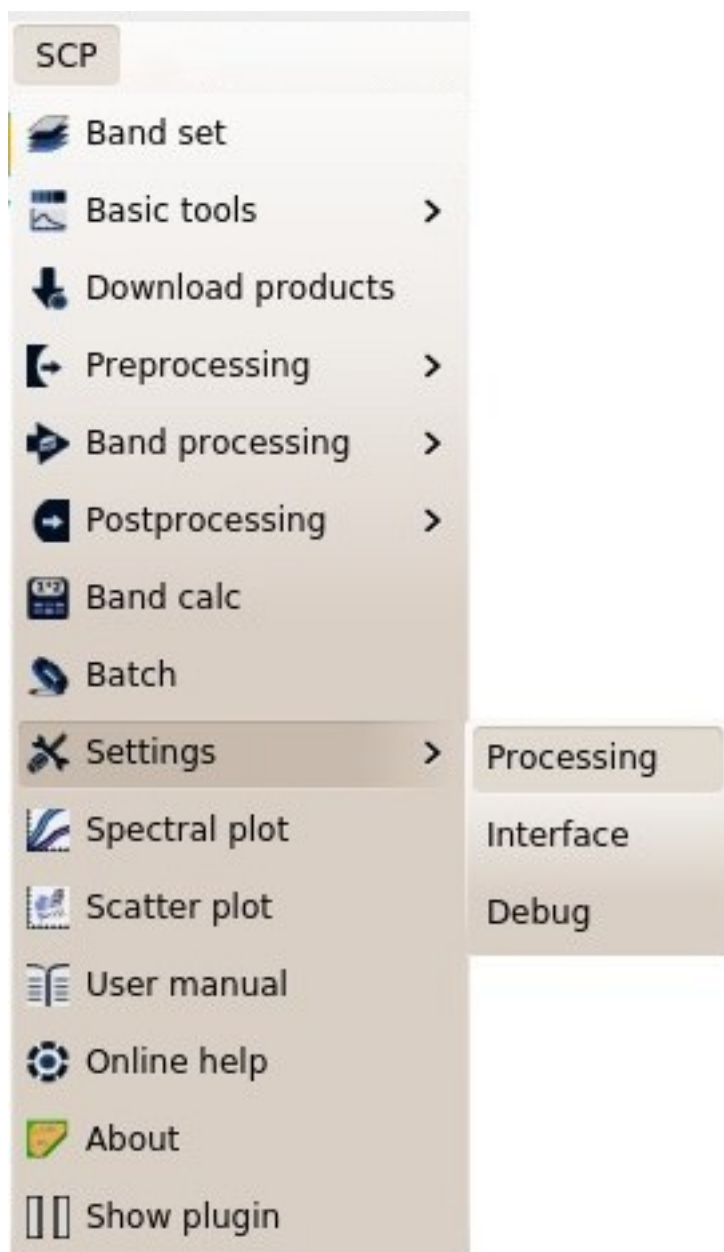
Тепер, коли Semi-Automatic Classification Plugin встановлено, до QGIS додано відповідні панелі. Також, меню SCP доступне з панелі меню QGIS. Панель, що плаває, та панель інструментів можна

переміщувати відповідно до ваших потреб, як це показано на рисунку.

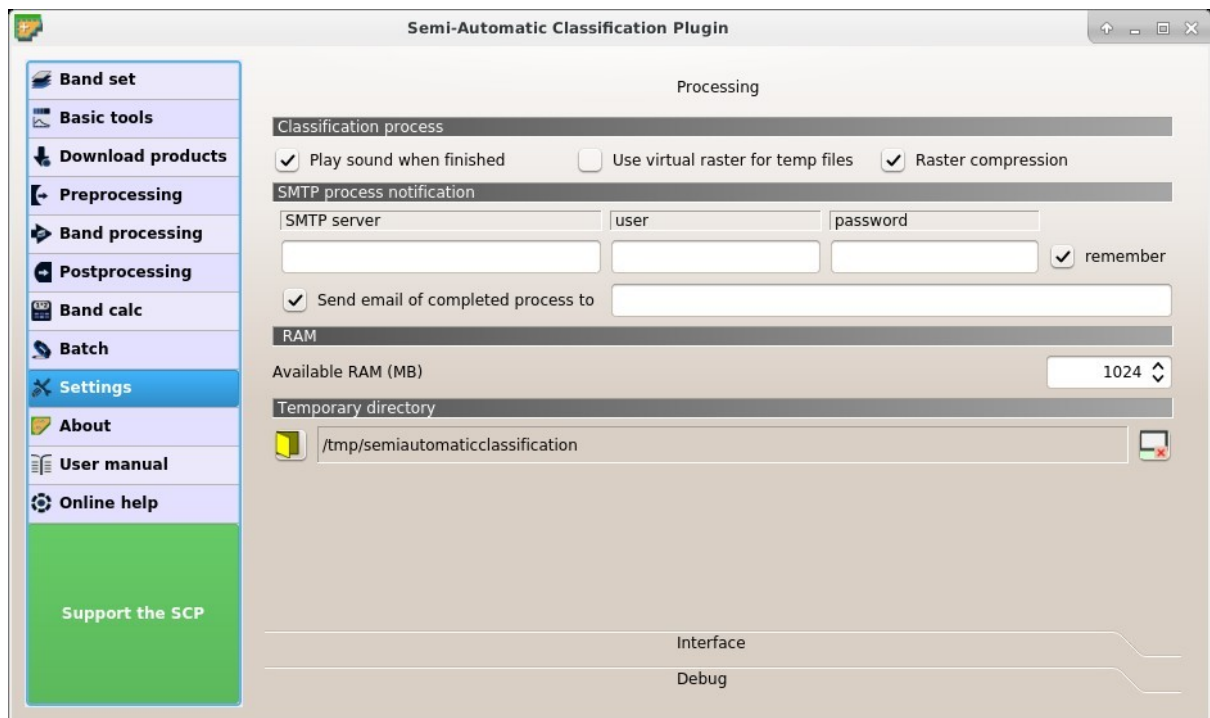


Для зменшення часу обробки рекомендується налаштувати доступну RAM. З *Меню SCP* (page 23)

виберіть  Settings > Processing .



У *Settings* (page 98), встановіть значення **Available RAM (MB)** вдвічі менше за системну RAM. Наприклад, якщо ваша система має 2 Гб RAM, то встановіть значення 1024 Мб.





Інтерфейс *SCP* складається з декількох частин, які докладно описано нижче.

### 3.1 Меню SCP



Меню *SCP* забезпечує доступ до основних функцій *Main Interface Window* (page 39), *Графік спектральних сигнатур* (page 102) та *Графік розсіву* (page 107).

-  *Band set* (page 41);
-  *Download products* (page 54);
-  *Basic tools* (page 44);
-  *Preprocessing* (page 58);
-  *Postprocessing* (page 79);
-  *Band calc* (page 91);
-  *Графік спектральних сигнатур* (page 102);
-  *Графік розсіву* (page 107);
-  *Batch* (page 95);
-  *Settings* (page 98);
-  *Посібник користувача*: відкриває онлайн-посібник користувача у веб-переглядачі;



Fig. 1: Меню SCP



-  *Online help*: open the [Online help](#) in a web browser; also, a [Facebook group](#) is available for sharing information and asking for help about SCP;
-  *Показати модуль*: показати всі інструменти та панелі SCP, якіщо вони були приховані;

## 3.2 Панель SCP

*Панель SCP* забезпечує створення ROI (від англ. Regions Of Interest - області інтересу), спектральних сигнатур та класифікацію *Band set* (page 41). *Вхідові навчальні дані* (page 26), створені з *SCP*, зберігають полігони ROI та спектральні сигнатури, що використовуються для класифікації земельних покривів (див. *Tutorial 1: Your First Land Cover Classification* (page 147)).

ROI це полігони, що використовуються для визначення спектральних характеристик класів земельного покриву. Спектральні сигнатури класів розраховуються за ROI або можуть бути імпортовані з інших джерел (див. *Import signatures* (page 48)). Варто зазначити, що класифікація завжди ґрунтується на спектральних сигнатурах.

*SCP* забезпечує створення *тимчасових полігонів ROI* з використанням алгоритму нарощування області або ручного окреслювання за допомогою інструментів *Робоча панель* (page 36). *Тимчасові полігони ROI* можуть бути збережені до *Вхідові навчальні дані* (page 26) разом з спектральними сигнатурами ROI.

*Вхідові навчальні дані* (page 26) складаються з векторної частини (тобто шейпфайлу) та незалежної частини спектральних сигнатур. Атрибутивна таблиця векторної частини містить чотири поля, як в таблиці нижче.

*Поля вхідових навчальних даних*

Характеристика	Ім'я поля	Тип поля
Унікальний ідентифікатор макрокласу	MC_ID	ціле
Характеристика макрокласу	MC_info	текст
Унікальний ідентифікатор класу	C_ID	ціле
Характеристика класу	C_info	текст

В *SCP* класи земельного покриву (та ROI) визначаються системою *Класів (ID класу)* та *Макрокласів (ID макрокласу)* (див. *Класи та макрокласи* (page 125)), які використовуються в процесі класифікації; кожний *ID макрокласу* співвідноситься з *Характеристика макрокласу* (тобто ім'я макрокласу) та кожний *ID класу* співвідноситься з *Характеристика класу* (тобто ім'я класу), але тільки *ID макрокласу* та *ID класу* використовуються в процесі класифікації.

Використання *ID макрокласу* або *ID класу* для проведення класифікації визначається вибором *Використовувати MC ID* або *C ID* на вкладці *Алгоритм* (page 35). Варто зазначити, що при використанні *ID макрокласу* всі спектральні сигнатури оцінюються поокремо та кожен піксель відноситься до відповідного *MC ID* (тобто комбінування сигнатур перед класифікацією відсутнє).

**Класифікація** може бути проведена як для всього зображення ( *Алгоритм* (page 35) ) так і для його частини зі створенням *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38).

*Панель SCP* містить наступні вкладки:









- *Домашня* (page 26)
  - *Новини SCP* (page 26)
- *Вхідові навчальні дані* (page 26)
  - *Перелік сигнатур ROI* (page 29)

- *Макрокласи* (page 30)
- *Параметри ROI* (page 32)
- *Класифікація* (page 32)
  - *Алгоритм* (page 35)
  - *Класифікація сигнатур земельного покриття* (page 35)
  - *Результат класифікації* (page 36)

Ліва сторона *Панелі SCP* містить кнопки доступу до основних функцій *SCP*.

### 3.2.1 Домашня

Вкладка *Домашня* містить кнопки доступу до основних функцій *SCP*:

-  *Band set* (page 41);
-  *Basic tools* (page 44);
-  *Download products* (page 54);
-  *Preprocessing* (page 58);
-  *Band processing* (page 74);
-  *Postprocessing* (page 79);
-  *Band calc* (page 91);
-  *Batch* (page 95);

### Новини SCP

Ця секція відображає новини про *SCP* та пов'язані сервіси. Новини завантажуються під час запуску (необхідне Інтернет-з'єднання). Ця можливість може бути увімкнена або вимкнена в налаштуваннях *Dock* (page 101).

Вона також містить наступні кнопки:

- *Посібник користувача*: відкрити посилання на посібник користувача;
- *Поставити питання*: відкрити посилання на онлайн-довідку;
- *Підтримати SCP*: відкрити посилання на підтримку *SCP* ;

### 3.2.2 Входові навчальні дані

Цей інструмент забезпечує створення файлу входових навчальних даних (*.scp*), необхідного для збереження ROI та спектральних сигнатур. Файл входових навчальних даних створюється у відповідності з характеристиками *активного набору каналів*, визначеного у *ref:band\_set\_tab*. Новий файл входових навчальних даних повинен бути створений для кожного *набору каналів*, за винятком тих випадків, коли *набори каналів* мають ідентичні спектральні характеристики та системи координат.



Fig. 2: Домашня

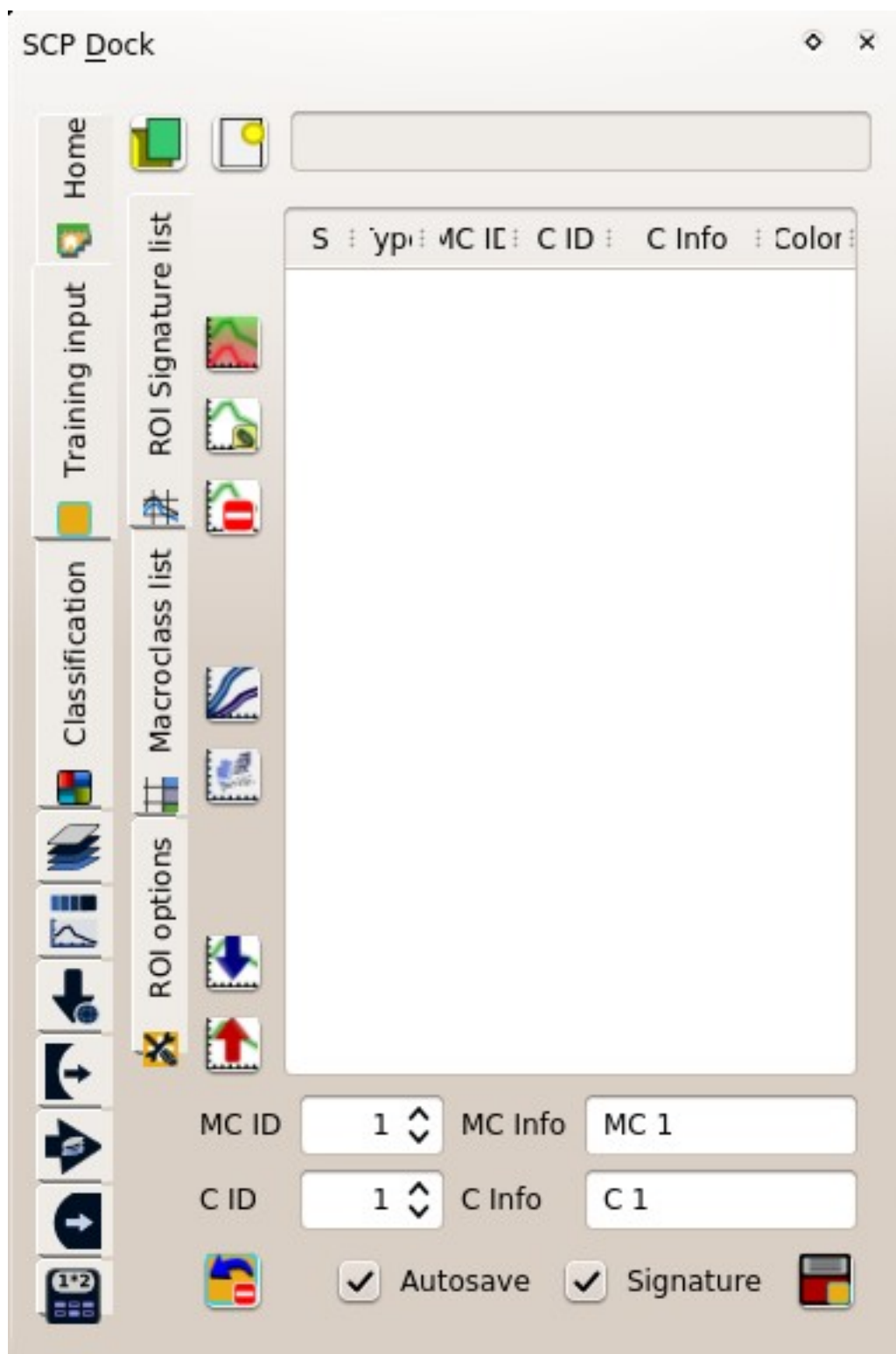





Fig. 3: Вхідні навчальні дані

- : відкрити вхідний навчальний файл; ROI та спектральні сигнатури завантажуються до *Перелік сигнатур ROI* (page 29); векторна частина вхідних навчальних даних завантажуються до QGIS;
- : створити пустий вхідний навчальний файл (.scp); векторна частина вхідних навчальних даних завантажуються до QGIS; під час збереження вхідних навчальних даних також створюється резервний файл (файл .scp.backup в тому самому каталозі, що і файл .scp);
- Вхідні навчальні дані : відображає шлях до вхідного навчального файлу;

Вхідні навчальні дані відображаються у QGIS як векторний файл. ROI та спектральні сигнатури відображаються у *Перелік сигнатур ROI* (page 29). Макрокласи визначаються на *Макрокласи* (page 30).



### Перелік сигнатур ROI







Вкладка *Перелік сигнатур ROI* відображає полігони ROI та спектральні сигнатури, що містяться у файлі вхідних навчальних даних. Якщо елемент - це полігон ROI, двічі клацніть на ньому, щоб наблизитись до цієї ROI на карті. Елементи в таблиці можуть бути виділені клацанням лівою кнопкою мишки.

Зміни в *Переліку сигнатур ROI* застосовуються до файлу *Вхідні навчальні дані* (page 26) лише під час збереження проекту QGIS. В цій таблиці ROI можуть бути відредаговані, видалені або об'єднані.















ROI та спектральні сигнатури можуть бути імпортовані з інших джерел (див. *Import signatures* (page 48)) та експортовані (див. *Export signatures* (page 50)).

**ЗАСТЕРЕЖЕННЯ:** З метою уникнення втрати даних, не редагуйте вектор *Вхідні навчальні дані* інструментами QGIS. Застосовуйте лише інструменти SCP для управління *Вхідними навчальними даними*.

-  **Перелік сигнатур ROI:**
  - *S*: перемикач вибору; тільки спектральні, що сигнатури позначені в цьому переліку, будуть використані в процесі класифікації;
  - **Type: тип елемента:**
    - \* *R* = тільки полігон ROI;
    - \* *S* = тільки спектральна сигнатура;
    - \* *B* = обидві, ROI та спектральна сигнатура;
  - *MC ID*: унікальний ідентифікатор макрокласу ROI [ціле]; редагується одинарним клацанням; *MC Info* відображається у *Макрокласи* (page 30); якщо ID спектральної сигнатури дорівнює 0, тоді пікселі, що належать до неї, позначаються як некласифіковані;
  - *C ID*: унікальний ідентифікатор класу ROI [ціле]; редагується одинарним клацанням;
  - *C Info*: характеристика класу ROI [текст]; редагується одинарним клацанням;
  - *Colір*: колір C ID; двічі клацніть для вибору кольору класу, який буде застосований при відображенні класифікації; якщо ID спектральної сигнатури дорівнює 0, тоді пікселі, що належать до цієї сигнаури позначаються як некласифіковані;
- : об'єднати виділені спектральні сигнатури або ROI з отриманням нової сигнатури, що розраховується як середнє значень сигнатури для кожного каналу (з виключенням матриці коваріації);

- : розрахувати спектральні сигнатури виділених ROI з використанням *активного набору каналів* на *Band set* (page 41);
- : видалити виділені ROI та сигнатури;
- : відобразити спектральну сигнатуру ROI на *Графік спектральних сигнатур* (page 102); спектральні сигнатури розраховуються на основі *Band set* (page 41);
- : відкрити *Графік розсіву* (page 107);
- : відкрити вкладку *Import signatures* (page 48);
- : відкрити вкладку *Export signatures* (page 50);

*ROI Signature list* це доповнення до *Робоча панель* (page 36), що дозволяє зберігати ROI до *Входові навчальні дані* (page 26) з визначенням класів та макрокласів. *Band set* (page 41) повинна бути визначена до створення ROI та полігони ROI мають знаходитись всередині території охоплення *Band set*.

- MC ID*  : унікальний ідентифікатор макрокласу ROI [ціле]; відповідна *MC Info* буде завантажена, якщо вона вже визначена у *Макрокласи* (page 30);
- MC Info*  : характеристика макрокласу ROI [текст]; стиль та характеристика макрокласів визначаються у *Макрокласи* (page 30);
- C ID*  : унікальний ідентифікатор класу ROI [ціле];
- C Info*  : характеристика класу ROI [текст];
- : видалити останню збережену ROI з *Входові навчальні дані* (page 26);
-  *Autosave* : якщо параметр увімкнено, то *ROI Signature list* автоматично зберігається до *Входові навчальні дані* (page 26) кожного разу, коли зберігається ROI;
-  *Calculate sig.* : якщо параметр увімкнено, то під час збереження ROI буде розраховано її спектральну сигнатуру (на основі значень пікселів *Band set* (page 41), що охоплюються полігоном ROI) та збережено до *Входові навчальні дані* (page 26) (час розрахунку залежить від кількості каналів *active band set* у *Band set* (page 41));
- : зберегти тимчасову ROI до *Входові навчальні дані* (page 26), застосовуючи визначені класи та макрокласи; ROI унаочнюється в *Перелік сигнатур ROI* (page 29);

## Макрокласи




*Macroclasses* забезпечують визначення **Назв та кольорів макрокласів** (використовуються для відображення результатів *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38) та *Алгоритм* (page 35)). Відповідно до *Алгоритм* (page 35), класифікації, що виконуються на підставі *C ID*, мають кольори, визначені для класів в *Перелік сигнатур ROI* (page 29); класифікації, що виконуються на підставі *MC ID*, мають кольори, визначені у *classification\_style*.



Fig. 4: Макрокласи










MC ID автоматично додаються до цієї таблиці, коли нова ROI зберігається до *Перелік сигнатур ROI* (page 29) (якщо MC ID вже не додано до переліку). Налаштування зберігаються в *Входові навчальні дані* (page 26).

-  **Макрокласи** :
  - MC ID: унікальний ідентифікатор макрокласу [ціле]; редагується одинарним клацанням;
  - MC Info: характеристика макрокласу [текст]; редагується одинарним клацанням;
  - Колір: колір MC ID; двічі клацніть, щоб вибрати колір для макрокласу, який буде використовуватись для відображення результатів класифікації;
-  : додати новий рядок до таблиці;
-  : видалити виділені рядки з таблиці;

## Параметри ROI

Параметри ROI зручні для відображення значень пікселів або покращення створення ROI.

-  **Відобразити**  : якщо вказівник створення ROI активовано (див. *Робоча панель* (page 36))
  - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - нормалізований різницевий вегетаційний індекс); NDVI потребує ближнього інфрачервоного та червоного каналів;
  - EVI (Enhanced Vegetation Index - вдосконалений вегетаційний індекс); EVI потребує синій, ближній інфрачервоний та червоний канали, перераховані в значення відбивальності; довжина хвиль повинна бути визначена на *Band set* (page 41);
  - Нетиповий; застосувати нетиповий вираз, визначений наступним рядком;
  -  : визначити нетиповий вираз; вираз ґрунтується на *Band set*; канали визначаються як  $\text{bandset\#b} + \text{номер каналу}$  (тобто,  $\text{bandset\#b1}$  для першого каналу з *Band set*); наприклад, NDVI для зображення Landsat буде представлений як  $(\text{bandset\#b4} - \text{bandset\#b3}) / (\text{bandset\#b4} + \text{bandset\#b3})$ ;
-  **Rapid ROI b.**  : якщо параметр увімкнено, то тимчасова ROI створюється з застосуванням алгоритму нарощування області з використанням тільки одного каналу *Band set* (page 41) (тобто нарощування області відбувається швидше); канал визначається номером в *Band set*; якщо параметр вимкнено, то ROI є результатом перетину між ROI, розрахованими для кожного каналу (тобто нарощування області відбувається повільніше, але ROI спектрально однорідні за кожним каналом);
-  **Auto-refresh ROI**: автоматично розраховувати нову тимчасову ROI під час зміни *Region growing parameters* на *Робоча панель* (page 36);
-  **Auto-plot**: автоматично розрахувати спектральну сигнатуру тимчасової ROI та відобразити її на *Графік спектральних сигнатур* (page 102) (MC Info цієї спектральної сигнатури позначається `tempo_ROI`);

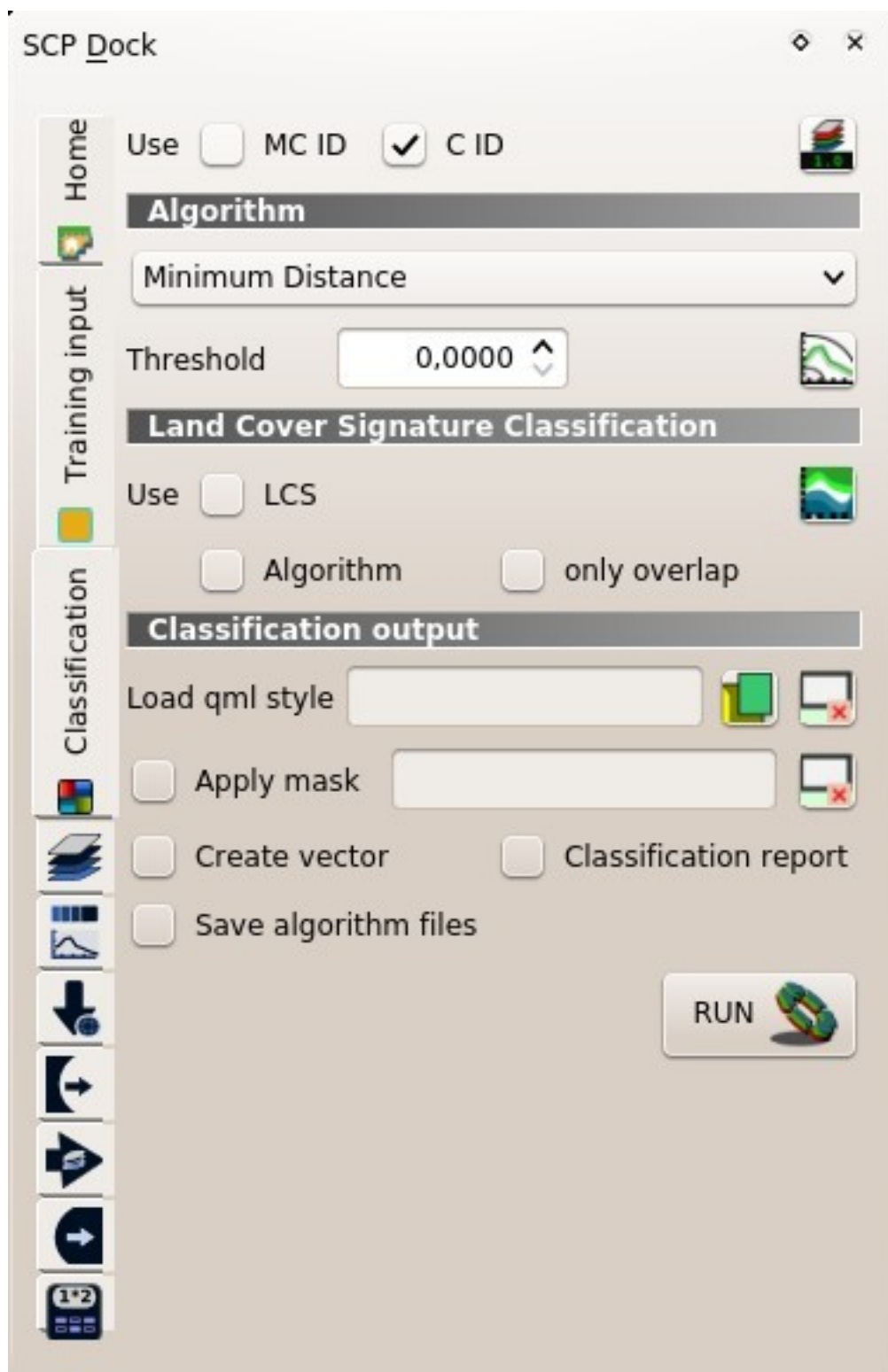
### 3.2.3 Класифікація

Ця вкладка забезпечує класифікацію *active band set* визначеного у *Band set* (page 41).









Fig. 5: Параметри ROI

Fig. 6: *Classification*





Класифікація відбувається з використанням *active band set* та спектральних сигнатур, увімкнених у *Перелік сигнатур ROI* (page 29). На цій вкладці визначаються декілька параметрів класифікації, які також впливають на процес класифікації під час *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38).

Зокрема, доступні наступні параметри:

-  *MC ID*  *C ID*  : якщо *MC ID* увімкнено, то класифікація відбувається на підставі унікальних ідентифікаторів макрокласів (код сигнатури *MC ID*); якщо увімкнено *C ID*, то класифікація відбувається на підставі унікальних ідентифікаторів класів (код сигнатури *C ID*);
-  : відкрити *Algorithm band weight* (page 45) для визначення вагових коефіцієнтів каналів;





## Алгоритм

Цей інструмент забезпечує вибір алгоритму класифікації та необов'язкове визначення порогових величин.

-  : доступні *Алгоритми класифікації* (page 126):
  - *Мінімальної відстані* (page 126);
  - *Максимальної вірогідності* (page 127);
  - *Картографування спектрального кута* (page 129);
- **Threshold**   : дозволяє визначати порогову величину класифікації (застосовується до всіх):
  - для Мінімальної відстані пікселі не класифікуються, якщо відстань більша за значення порогової величини;
  - для Максимальної імовірності пікселі не класифікуються, якщо імовірність менша за значення порогової величини (максимально 100);
  - для Картографування спектрального кута пікселі не класифікуються, якщо спектральний кут більший за значення порогової величини (максимально 90).
-  : відкрити *Signature threshold* (page 50) для визначення порогових величин сигнатур;

## Класифікація сигнатур земельного покриття

*Класифікація сигнатур земного покриття* (page 130) це класифікація, яка може бути використана в якості альтернативи або у поєднанні з *Алгоритм* (page 35) (див. *LCS threshold* (page 52)). Пікселі, що належать до двох або більше класів (або макрокласів) класифікуються як *Class overlap* з значеннями растра = -1000.









- Use  *LCS*  *Algorithm*  *only overlap*: якщо параметр *LCS* увімкнено, то застосовується *Land Cover Signature Classification*; якщо параметр *Алгоритм* увімкнено, то вибраний *Алгоритм* (page 35) застосовується до некласифікованих пікселів *Класифікація сигнатур земельного покриття*; якщо увімкнено *тільки перекриття*, вибраний *Алгоритм* (page 35) застосовується лише до пікселів з класів, що перекриваються за *Класифікація сигнатур земельного покриття*; некласифіковані пікселі *Класифікація сигнатур земельного покриття* залишаються некласифікованими;
-  : відкрити *LCS threshold* (page 52);

## Результат класифікації

*Classification output* забезпечує класифікацію *Band set* (page 41) відповідно до параметрів визначених у *Алгоритм* (page 35).

Додатково, в якості стилю класифікації може бути відкритий та використаний завчасно збережений *стиль класифікації* (файл QGIS .qml) .

Растр класифікації це файл .tif (файл стилю QGIS .qml зберігається разом з результатом класифікації); додатково можуть бути розраховані і інші результати. Після завершення розрахунків, результат завантажуються до QGIS.

-  *Відкрити qml* : вибрати файл .qml, скасовуючи кольори, визначені для *C ID* або *MC ID*;
-  : повернутись до стандартного стилю (тобто використовувати кольори, визначені для *C ID* або *MC ID*);
-  *Застосувати маску* : якщо увімкнено, то для маскування результатів класифікації може бути використаний шейп-файл (тобто, територія поза межами шейп-файлу не класифікується);
-  : повторно встановити шейп-файл маски;
-  *Створити вектор* : якщо увімкнено, то додатково до растру класифікації зберігається шейп-файл класифікації до того ж каталогу і під тією самою назвою, що і *Результат класифікації*; перетворення у вектор може бути реалізоване і пізніше (див. *Classification to vector* (page 84));
-  *Звіт за результатами класифікації* : якщо увімкнено, то розраховується звіт за результатами класифікації земельного покриття та зберігається як файл .csv в той самий каталог та під тією самою назвою (з приставкою *\_report*), які визначено як *Результат класифікації*; звіт також може бути розрахований пізніше (див. *Classification report* (page 81));
-  *Зберегти файли алгоритму* : якщо увімкнено, то додатково до растра класифікації зберігається *Растр алгоритму* (page 132) в той самий каталог, що і *Результат класифікації*; в якості входних даних використовується растр для кожної спектральної сигнатури (з приставкою *\_sig\_MC ID\_C ID*) та створюється загальний растр алгоритму (з приставкою *\_alg\_raster*);
-  : визначити каталог вихідних результатів та розпочати класифікацію зображення;

## 3.3 Робоча панель

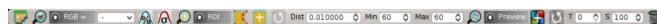


Fig. 7: Робоча панель







*Working toolbar* забезпечує створення *temporary ROIs* та *classification previews*.

- *Контроль знімка* (page 37)

- *Тимчасові ROI* (page 37)
- *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38)

Ці функції докладно описано в наступних параграфах.





### 3.3.1 Контроль знімка

-  : показати *Main Interface Window* (page 39);
-  : збільшити мапу до охоплення *active band set* у *Band set* (page 41);
-  *RGB=*   : використовуйте цю кнопку, щоб показати/приховати *active band set* у *Band set* (page 41) на мапі; з переліку виберіть *Кольоровий композит* (page 124), яка застосовується до *Band set* (page 41); нові кольорові комбінації можуть бути визначені, якщо надрукувати номери каналів, розділені - або ; або , (наприклад, RGB = 4-3-2 або RGB = 4;3;2 або RGB = 4,3,2);
-  : відобразити вхідний знімок, розтягуючи мінімальне та максимальне значення відповідно до накопиченої наявності (cumulative count) поточного охоплення мапи;
-  : відобразити вхідний знімок, розтягуючи мінімальне та максимальне значення відповідно до стандартного відхилення (standard deviation) поточного охоплення мапи;


[http://www.youtube.com/watch?v=9jA\\_Rh8YfKQ](http://www.youtube.com/watch?v=9jA_Rh8YfKQ)

### 3.3.2 Тимчасові ROI




*Тимчасова ROI* це відображений на мапі тимчасовий полігон, який може бути збережений як постійний до *Вхідові навчальні дані* (page 26). *Тимчасова ROI* може бути окреслена вручну або з застосуванням *Алгоритм нарощування області* (page 125) (тобто зображення сегментується навколо насінного пікселя з включенням спектрально однорідних пікселів).

-  : збільшити мапу до охоплення *тимчасової ROI*;
-  *ROI*: використовуйте цю кнопку, щоб показати/сховати *тимчасові ROI* та *Вхідові навчальні дані* на мапі;
-  : активуйте вказівник, щоб створити *тимчасову ROI* окреслюванням полігону на мапі; клацанням лівою кнопкою мишки на мапі визначте вузли ROI та клацанням правою кнопкою мишки визначте останній вузол, що замкне полігон; натисніть на клавіатурі кнопку CTRL, щоб додати багаточастинний полігон; натисніть на клавіатурі кнопки CTRL + Z, щоб видалити останній багаточастинний полігон;
-  : активуйте вказівник, щоб створити *тимчасову ROI* з використанням алгоритму нарощування області; клацніть лівою кнопкою мишки на мапі, щоб створити ROI; клацніть правою кнопкою мишки на мапі, щоб відобразити спектральну сигнатуру пікселя *active band set* на *Графік спектральних сигнатур* (page 102); натисніть на клавіатурі кнопку CTRL та клацніть лівою кнопкою мишки, щоб додати багаточастинний полігон (нові частини не створюються, якщо наявне перекриття з іншими частинами); натисніть кнопки клавіатури CTRL + Z, щоб видалити останній багаточастинний полігон; натисніть на клавіатурі кнопку CTRL та клацніть

правою кнопкою мишки, щоб відобразити на графіку спектральні сигнатури одного і того ж пікселя для всіх *band sets*;

-  : створити *тимчасову ROI* з використанням алгоритму нарощування області в тому самому пікселі-насініні, що і попередню; це може бути зручно після зміни *параметрів нарощування області*;

**Параметри нарощування області:** наступні параметри необхідні для створення ROI з застосуванням

- *Dist*  : встановити інтервал, який визначає максимальну спектральну відстань між пікселем-насініною та пікселями, що його оточують (у радіометричних одиницях);
- *Min*  : встановити мінімальну площу ROI (в пікселях); це налаштування заміщає Радіус дапазону, доки не досягнуто мінімальний розмір ROI; якщо Швидка ROI за каналом активовано, тоді ROI матиме розмір не менший за *Min* розмір ROI; якщо Швидка ROI за каналом не активовано, тоді ROI може мати розмір менший за *Min* розмір ROI;
- *Max*  : встановити максимальну ширину ROI в пікселях (тобто довжину сторони квадрата з центром в пікселі-насініні, до якого вписана ROI);

<http://www.youtube.com/watch?v=CQqNtlOU6mI>

### 3.3.3 Попередній перегляд результатів класифікації




*Попередній перегляд класифікації* забезпечує відображення тимчасової класифікації (тобто попередній перегляд результатів класифікації). Попередній перегляд класифікації зручний для перевірки алгоритму на невеликому фрагменті *Band set* (page 41) перш ніж проводити класифікацію всього знімка, яка може зайняти тривалий час (див. *Результат класифікації* (page 36)).

*Попередній перегляд класифікації* виконується відповідно до параметрів, визначених у *Алгоритм* (page 35).






Додатково до растру класифікації, може бути відображений *Растр алгоритму* (page 132), який зручний для оцінки відстані між пікселем, віднесеним до класу *X*, та відповідною спектральною сигнатурою *X*. На *Попередній перегляд класифікації* чорні пікселі знаходяться на значних відстанях від відповідних спектральних сигнатур (можливо нові ROI або спектральні сигнатури повинні бути зібрані для цих ділянок), а білі пікселі ближчі до відповідної спектральної сигнатури (відповідно, спектральна сигнатура коректно характеризує ці пікселі).

Після створення нового попереднього перегляду, старі попередні перегляди в панелі легенди QGIS Layers переміщуються до групи *Class\_temp\_group* (ім'я групи може бути змінене у *Temporary group name* (page 101)) та видаляються після закриття сесії QGIS.

**ПОПЕРЕДЖЕННЯ:** Попередні перегляди результатів класифікації автоматично видаляються з диска, коли сесія QGIS закривається; при повторному відкритті збереженого проекту повідомлення QGIS може попростити вказати шлях до зниклих шарів (це повідомлення може бути проігнороване) .

-  : збільшити мапу до охоплення останнього *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38);
-  *Попередній перегляд:* використовуйте цю кнопку, щоб показати/сховати останній *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38) на мапі;
-  : активувати вказівник, щоб створити *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38); клацніть лівою кнопкою мишки на карті, щоб розпочати процес класифікації та

відобразити попередній перегляд її результатів; клацніть правою кнопкою мишки, щоб розпочати процес класифікації та відобразити *Растр алгоритму* (page 132) попереднього перегляду;

- : створити новий *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38) з центром в тому самому пікселі, що і попередній;
- *T* : динамічно змінити прозорість попереднього перегляду результатів класифікації для зручності її співставлення з іншими шарами;
- *S*  : розмір попереднього перегляду в пікселях (довжина сторони квадрата з центром в пікселі на якому клацнули);
- : видалити з QGIS *попередні перегляди класифікацій*, які знаходяться в *Class\_temp\_group*;

## 3.4 Main Interface Window

The Main Interface Window is composed of several tabs described in detail in the following paragraphs. Tabs can be selected through the menu at the left side.

- *Band set* (page 41)
  - *Multiband image list* (page 41)
  - *Single band list* (page 41)
  - *Band set definition* (page 42)
  - *Band set tools* (page 43)
- *Basic tools* (page 44)
  - *RGB list* (page 44)
  - *Algorithm band weight* (page 45)
  - *Multiple ROI Creation* (page 46)
  - *Import signatures* (page 48)
  - *Export signatures* (page 50)
  - *Signature threshold* (page 50)
  - *LCS threshold* (page 52)
- *Download products* (page 54)
  - *Login data* (page 54)
  - *Search* (page 56)
  - *Download options* (page 58)
- *Preprocessing* (page 58)
  - *Landsat* (page 59)
  - *Sentinel-2* (page 61)
  - *Sentinel-3* (page 63)
  - *ASTER* (page 64)



- *MODIS* (page 66)
- *Vector to raster* (page 67)
- *Clip multiple rasters* (page 68)
- *Split raster bands* (page 70)
- *Stack raster bands* (page 71)
- *Mosaic band sets* (page 71)
- *Cloud masking* (page 72)
- *Band processing* (page 74)
  - *Band combination* (page 74)
  - *PCA* (page 74)
  - *Clustering* (page 75)
  - *Spectral distance* (page 77)
- *Postprocessing* (page 79)
  - *Accuracy* (page 79)
  - *Land cover change* (page 80)
  - *Classification report* (page 81)
  - *Cross classification* (page 82)
  - *Class signature* (page 83)
  - *Classification to vector* (page 84)
  - *Reclassification* (page 85)
  - *Edit raster* (page 87)
  - *Classification sieve* (page 88)
  - *Classification erosion* (page 90)
  - *Classification dilation* (page 90)
- *Band calc* (page 91)
  - *Band list* (page 92)
  - *Expression* (page 92)
  - *Index calculation* (page 93)
  - *Decision rules* (page 93)
  - *Output raster* (page 95)
- *Batch* (page 95)
  - *Batch* (page 96)
  - *Run* (page 98)
- *Settings* (page 98)
  - *Processing* (page 98)
  - *Interface* (page 100)
  - *Debug* (page 101)



### 3.4.1 Band set

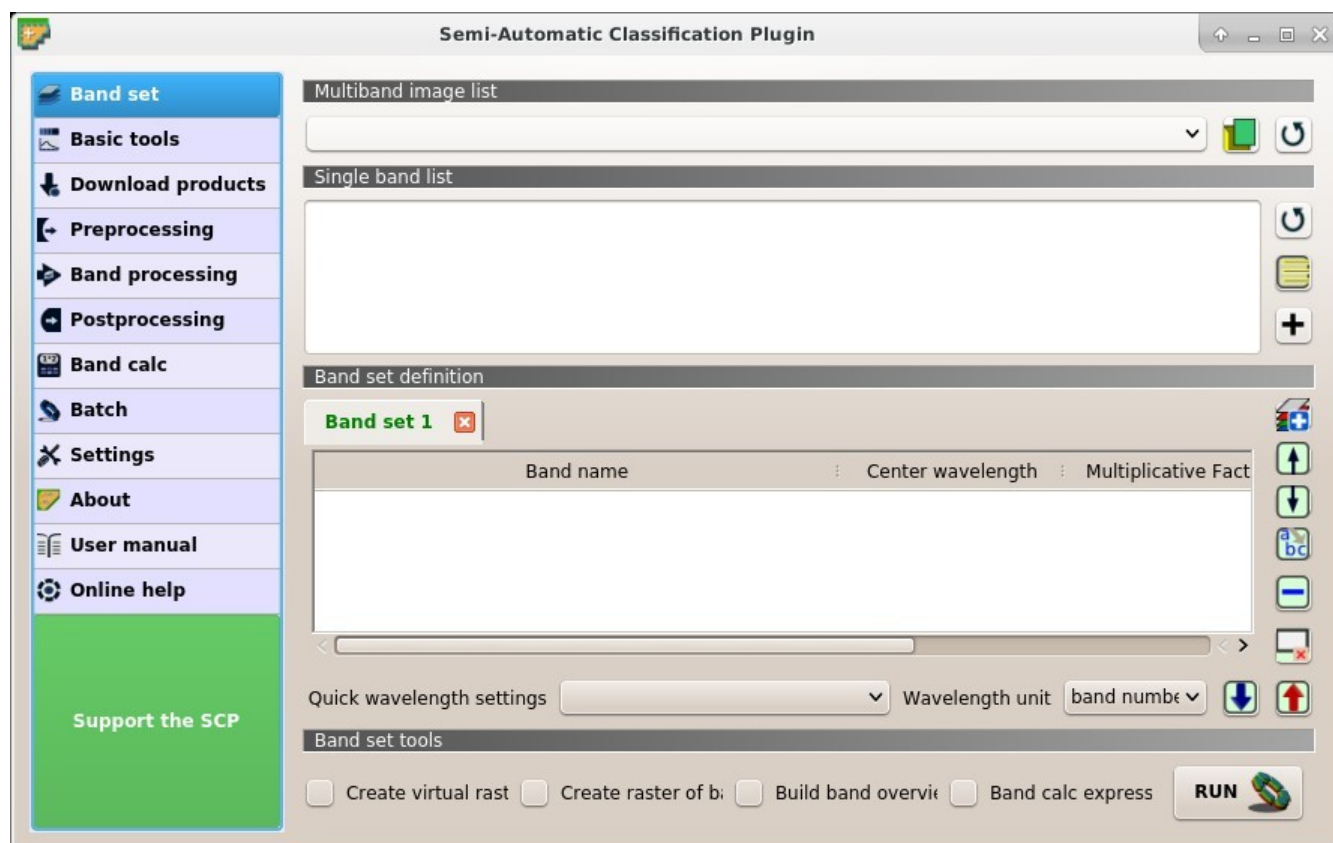


Fig. 8:  *Band set*




Image input in *SCP* is named *band set*. This tab allows for the definition of one or more *band sets* used as input for classification and other tools.

*Band sets* are identified by numbers. The *active band set* (i.e. the tab selected in *Band set definition* (page 42) with bold green name) is used as input for the tools in *Панель SCP* (page 25) and *Робоча панель* (page 36). Other *SCP* tools allow for the selection of *band set* numbers.

The *Band set* definition is saved with the QGIS project.




#### Multiband image list

This section allows for the selection of a multiband raster. If selected, raster bands are listed in the *active band set*.

-  : select the input image from a list of multispectral images loaded in QGIS;
-  : open one or more raster files that are added to the *active band set* and loaded in QGIS;
-  : refresh layer list;


#### Single band list

List of single band rasters already loaded in QGIS. It is possible to select one or more bands to be added to the *active band set*.

-  : refresh list of raster bands loaded in QGIS;
-  : select all raster bands;
-  : add selected rasters to the *active band set*.

### Band set definition

Definition of bands composing the *band sets* . The *active band set* is the tab selected with bold green name. It is possible to add new *band sets* clicking the following button:








-  : add a new empty *band set*;






Click the  in the tab to remove the corresponding *band set*. *Band sets* can be reordered dragging the tabs.

The *Center wavelength* of bands should be defined in order to use several functions of *SCP*. If the *Center wavelength* of bands is not defined, the band number is used and some *SCP* tools will be disabled.



It is possible to define a multiplicative rescaling factor and additive rescaling factor for each band (for instance using the values in Landsat metadata), which are used on the fly (i.e. `pixel value = original pixel value * multiplicative rescaling factor + additive rescaling factor`) during the processing.

Every *band set* is defined with the following table:

-  **Band set #:** table containing the following fields;
  - *Band name*  : name of the band; name cannot be edited;
  - *Center wavelength*  : center of the wavelength of the band;
  - *Multiplicative Factor*  : multiplicative rescaling factor;
  - *Additive Factor*  : additive rescaling factor;
  - *Wavelength unit*  : wavelength unit;
  - *Image name*  : image name for multiband rasters;

-  : move highlighted bands upward;
-  : move highlighted bands downward;
-  : sort automatically bands by name, giving priority to the ending numbers of name;
-  : remove highlighted bands from the *active band set*;
-  : clear all bands from *active band set*;





- **Quick wavelength settings**   : rapid definition of band center wavelength for the following satellite sensors:
  - ASTER;
  - GeoEye-1;
  - Landsat 8 OLI;
  - Landsat 7 ETM+;
  - Landsat 5 TM;
  - Landsat 4 TM;
  - Landsat 1, 2, and 3 MSS;
  - MODIS;
  - Pleiades;
  - QuickBird;
  - RapidEye;
  - Sentinel-2;
  - Sentinel-3;
  - SPOT 4;
  - SPOT 5;
  - SPOT 6;
  - WorldView-2 and WorldView-3;
- **Wavelength unit**   : select the wavelength unit among:
  - *Band number*: no unit, only band number;
  - $\mu m$ : micrometres;
  - *nm*: nanometres;


-  : import a previously saved *active band set* from file;
-  : export the *active band set* to a file;

<http://www.youtube.com/watch?v=1PclAtPjyZE>


### Band set tools

It is possible to perform several processes directly on *active band set*.

-  *Create virtual raster of band set*: if checked, create a virtual raster of bands;
-  *Create raster of band set (stack bands)*: if checked, stack all the bands and create a unique .tif raster;
-  *Build band overviews*: if checked, build raster overviews (i.e. pyramids) for improving display performance; overview files are created in the same directory as bands;
-  *Band calc expression*: if checked, calculate the *Expression* (page 92) entered in *Band calc* (page 91); it is recommended the use of *Band set* variables in the expression (e.g. `bandset#b1` );

-  **RUN**: choose the output destination and start the process;

### 3.4.2 Basic tools

The tab  **Basic tools** includes several tools for manipulating input data.

#### RGB list

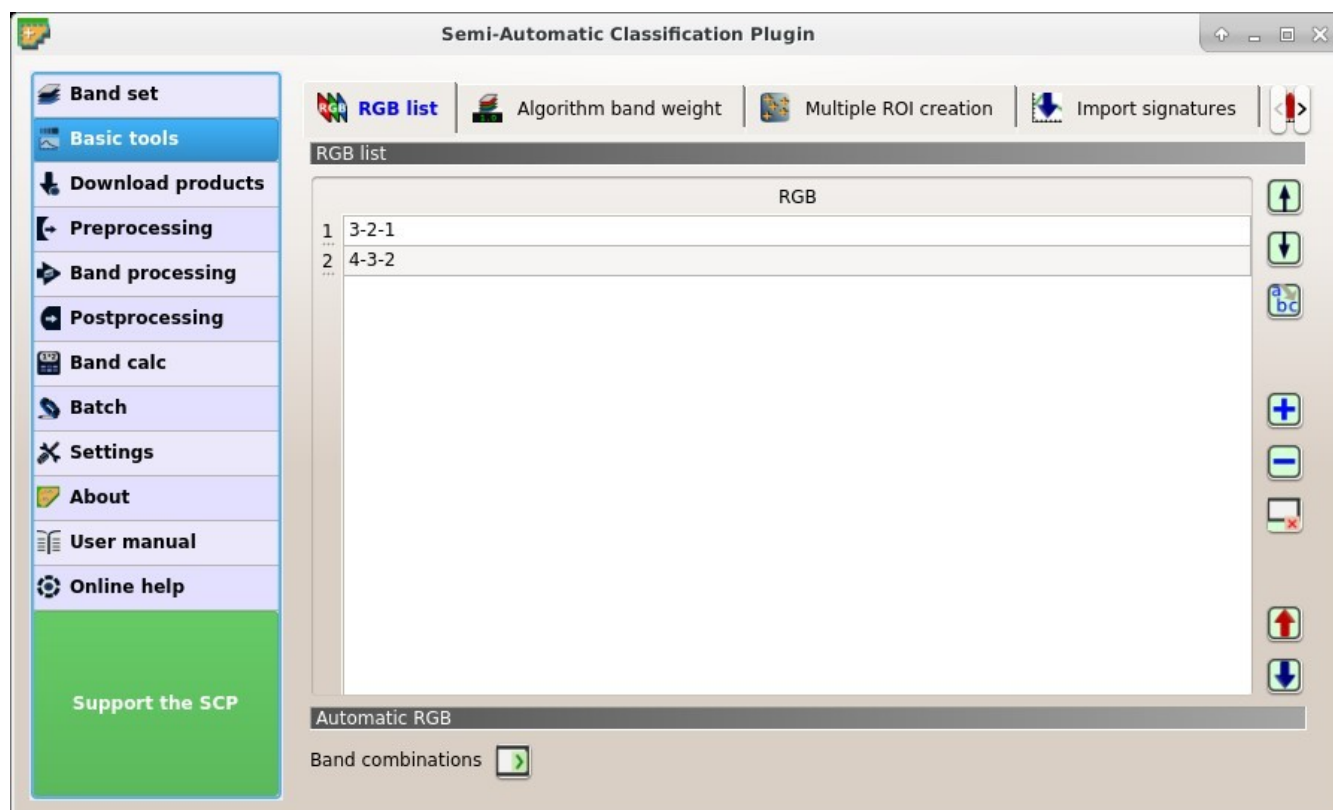











Fig. 9:  **RGB list**


This tab allows for managing the RGB *Кольоровий композит* (page 124) used in the list *RGB=* of the *Контроль знімка* (page 37).

#### RGB list

-  **RGB list**: table containing the following fields;
  - *RGB*: RGB combination; this field can be manually edited;
- : move highlighted RGB combination upward;
- : move highlighted RGB combination downward;
- : automatically sort RGB combinations by name;

- : add a row to the table;
- : remove highlighted rows from the table;
- : clear all RGB combinations from *RGB list*;
- : export the *RGB list* to a file (i.e. .csv);
- : import a previously saved *RGB list* from file (i.e. .csv);

### Automatic RGB

- *Band combinations* : add the combinations of all bands (i.e. permutation) to the *RGB list* (page 44) (e.g. 1-2-3, 1-2-4, ..., 3-2-1);

### Algorithm band weight

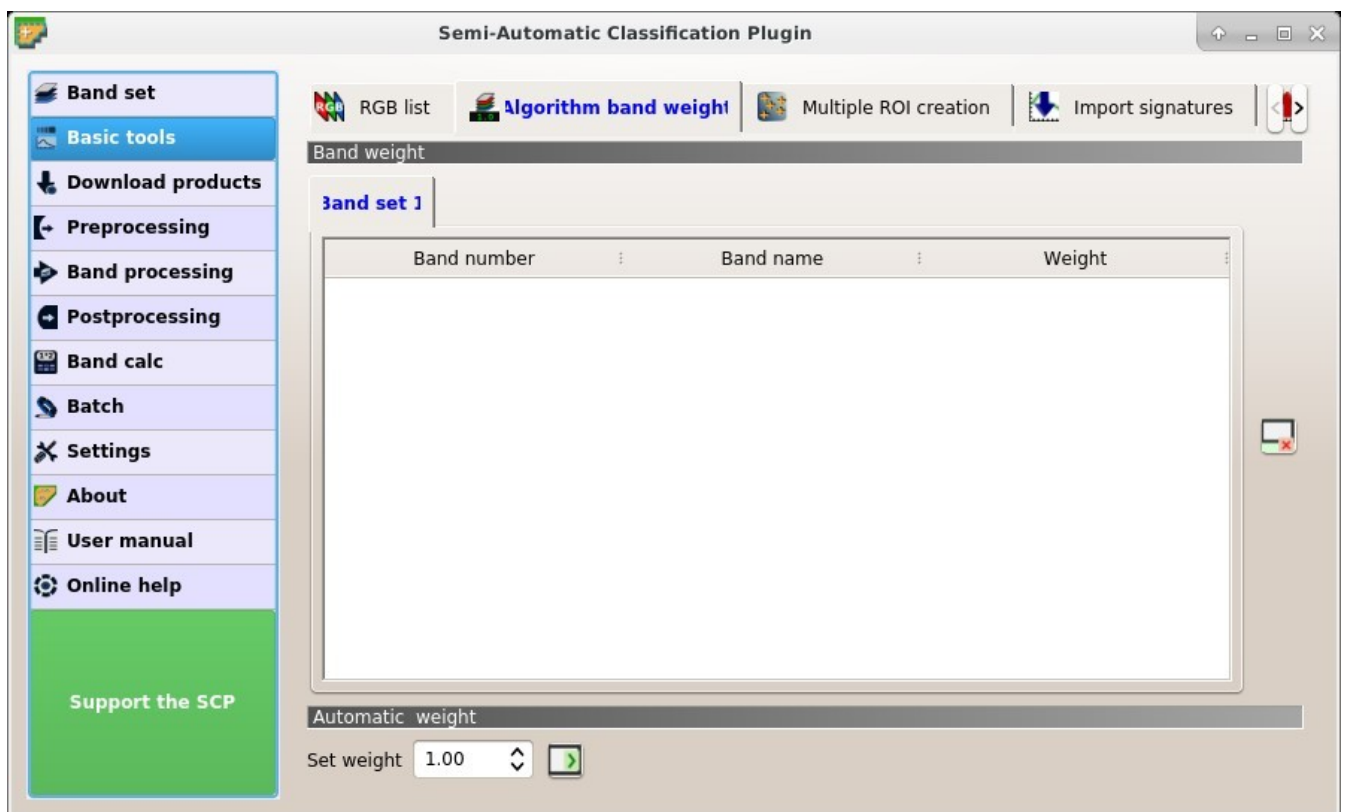





Fig. 10:  *Algorithm band weight*

This tab allows for the definition of band weights that are useful for improving the spectral separability of materials at certain wavelengths (bands). During the classification process, band values and spectral signature values are multiplied by the corresponding band weights, thus modifying the spectral distances. A tab is displayed for every *Band set* (page 41).

## Band weight

-  **Band weight**: table containing the following fields;
  - *Band number* : number of the band in the *Band set*;
  - *Band name* : name of the band;
  - *Weight* : weight of the band; this value can be edited;

## Automatic weight

- : reset all band weights to 1;
- *Set weight* : set the defined value as weight for all the highlighted bands in the table;

## Multiple ROI Creation

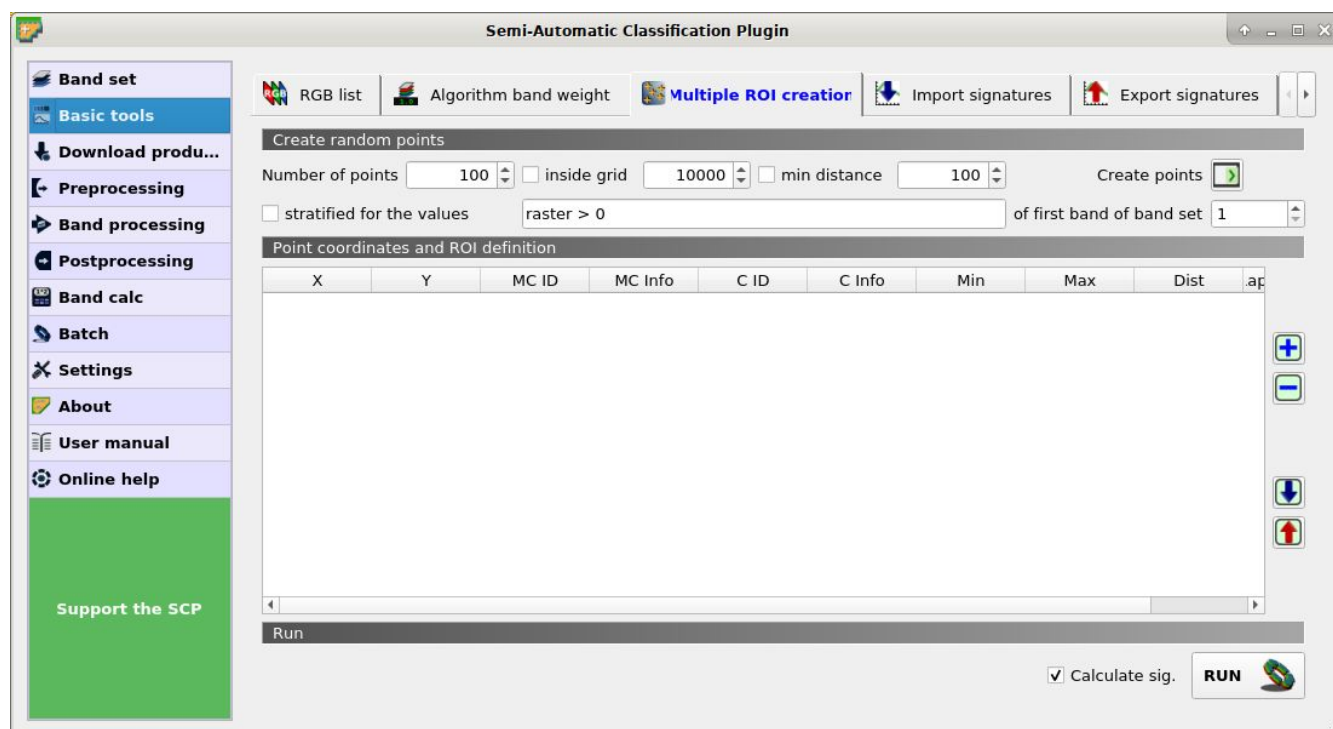












Fig. 11:  *Multiple ROI Creation*






This tab allows for the automatic creation of ROIs, useful for the rapid classification of multi-temporal images, or for accuracy assessment. Given a list of point coordinates and ROI options, this tool performs the region growing of ROIs. Created ROIs are automatically saved to the *Входові навчальні дані* (page 26). The *active band set* in *Band set* (page 41) is used for calculations.

## Create random points

- *Number of points* : set a number of points that will be created when *Create points*  is clicked;


-  *inside grid* : if checked, the *band set* area is divided in cells where the size thereof is defined in the combobox (image unit, usually meters); points defined in *Number of random points* are created randomly within each cell;
-  *min distance* : if checked, random points have a minimum distance defined in the combobox (image unit, usually meters); setting a minimum distance can result in fewer points than the number defined in *Number of points*;
- *Create points* : create random points inside the *band set* area;
-  *stratified for the values*  of the first band of the band set *min distance* : if checked, create random points inside the values defined in the expression calculated for the first band of the defined band set; the expression must include the variable **raster** ; multiple expressions can be entered separated by semicolon ( ; ) but the total number of stratified points is the same as the defined *Number of points*;

### Point coordinates and ROI definition

-  ***Point coordinates and ROI definition***: table containing the following fields;
  - *X* : point X coordinate (float);
  - *Y* : point Y coordinate (float);
  - *MC ID*: ROI Macroclass ID (int);
  - *MC Info*: ROI Macroclass information (text);
  - *C ID*: ROI Class ID (int);
  - *C Info*: ROI Class information (text);
  - *Min* : the minimum area of a ROI (in pixel unit);
  - *Max* : the maximum width of a ROI (in pixel unit);
  - *Dist* : the interval which defines the maximum spectral distance between the seed pixel and the surrounding pixels (in radiometry unit);
  - *Rapid ROI band* : if a band number is defined, ROI is created only using the selected band, similarly to *Rapid ROI band* in *Перелік сигнатур ROI* (page 29) ;
- : add a new row to the table; all the table fields must be filled for the ROI creation;
- : delete the highlighted rows from the table;
- : import a point list from text file or a point shapefile to the table; in case of text file, every line must contain values separated by tabs of **X**, **Y**, **MC ID**, **MC Info**, **Class ID**, **C Info**, **Min**, **Max**, **Dist**, and optionally the **Rapid ROI band**; in case of shapefile, only point coordinates are imported;
- : export the point list to text file;

### Run

-  *Calculate sig.*: if checked, the spectral signature is calculated while the ROI is saved to *Входові навчальні дані* (page 26);

- **RUN** : start the ROI creation process for all the points and save ROIs to the *Входові навчальні дані* (page 26);

### Import signatures

The tab  *Import signatures* allows for importing spectral signatures from various sources.

### Import library file

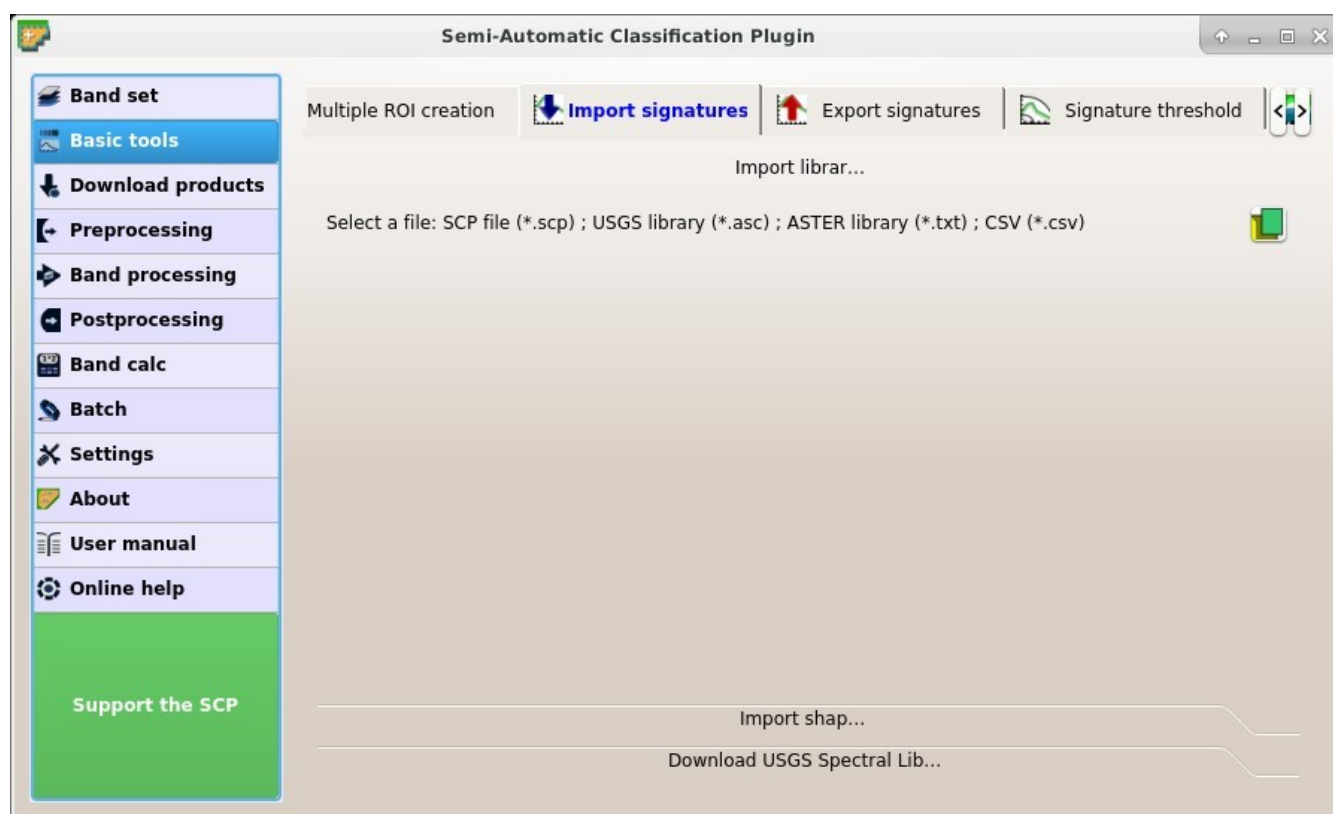




Fig. 12: *Import library file*

This tool allows for importing spectral signatures from various sources: a previously saved *Входові навчальні дані* (page 26) (.scp file); a USGS Spectral Library (.asc file); a previously exported CSV file. In case of USGS Spectral Library, the library is automatically sampled according to the image band wavelengths defined in the *Band set* (page 41), and added to the *Перелік сигнатур ROI* (page 29);

- **Select a file** : open a file to be imported in the *Входові навчальні дані* (page 26);

### Import shapefile

This tool allows for importing a shapefile, selecting the corresponding fields of the *Входові навчальні дані* (page 26).

- **Select a shapefile** : open a shapefile;
- **MC ID field** : select the shapefile field corresponding to MC ID;



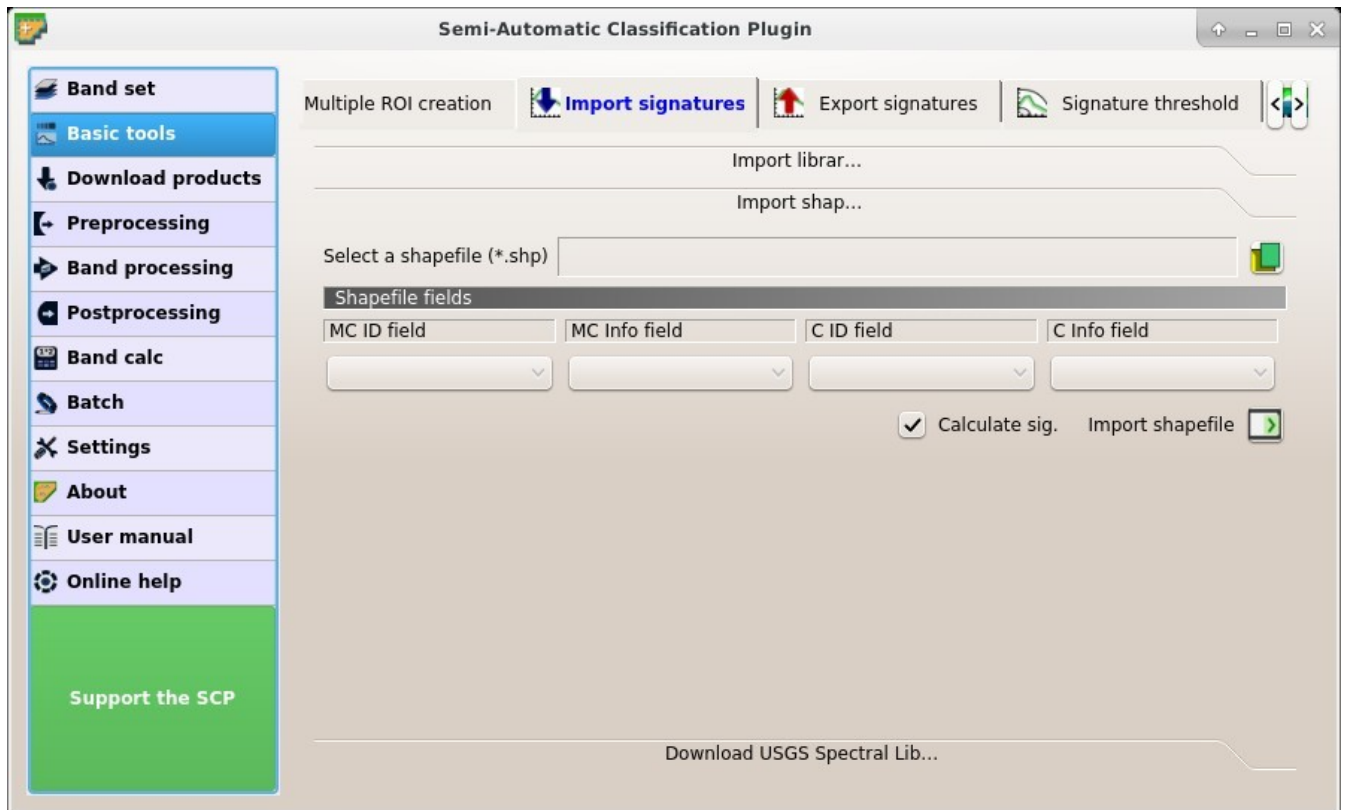










Fig. 13: Import shapefile

- *MC Info field* : select the shapefile field corresponding to MC Info;
- *C ID field* : select the shapefile field corresponding to C ID;
- *C Info field* : select the shapefile field corresponding to C Info;
-  *Calculate sig.*: if checked, the spectral signature is calculated while the ROI is saved to *Входові навчальні дані* (page 26);
- *Import shapefile* : import all the shapefile polygons as ROIs in the *Входові навчальні дані* (page 26);

### Download USGS Spectral Library

The tab *Download USGS Spectral Library* allows for the download of the [USGS spectral library](#) (Clark, R.N., Swayze, G.A., Wise, R., Livo, E., Hoefen, T., Kokaly, R., Sutley, S.J., 2007, USGS digital spectral library splib06a: U.S. Geological Survey, Digital Data Series 231).

The libraries are grouped in chapters including Minerals, Mixtures, Coatings, Volatiles, Man-Made, Plants, Vegetation Communities, Mixtures with Vegetation, and Microorganisms. An internet connection is required.

- *Select a chapter* : select one of the library chapters; after the selection, chapter libraries are shown in *Select a library*;
- *Select a library* : select one of the libraries; the library description is displayed in the frame *Library description*;
- *Import spectral library* : download the library and add the sampled spectral signature to the

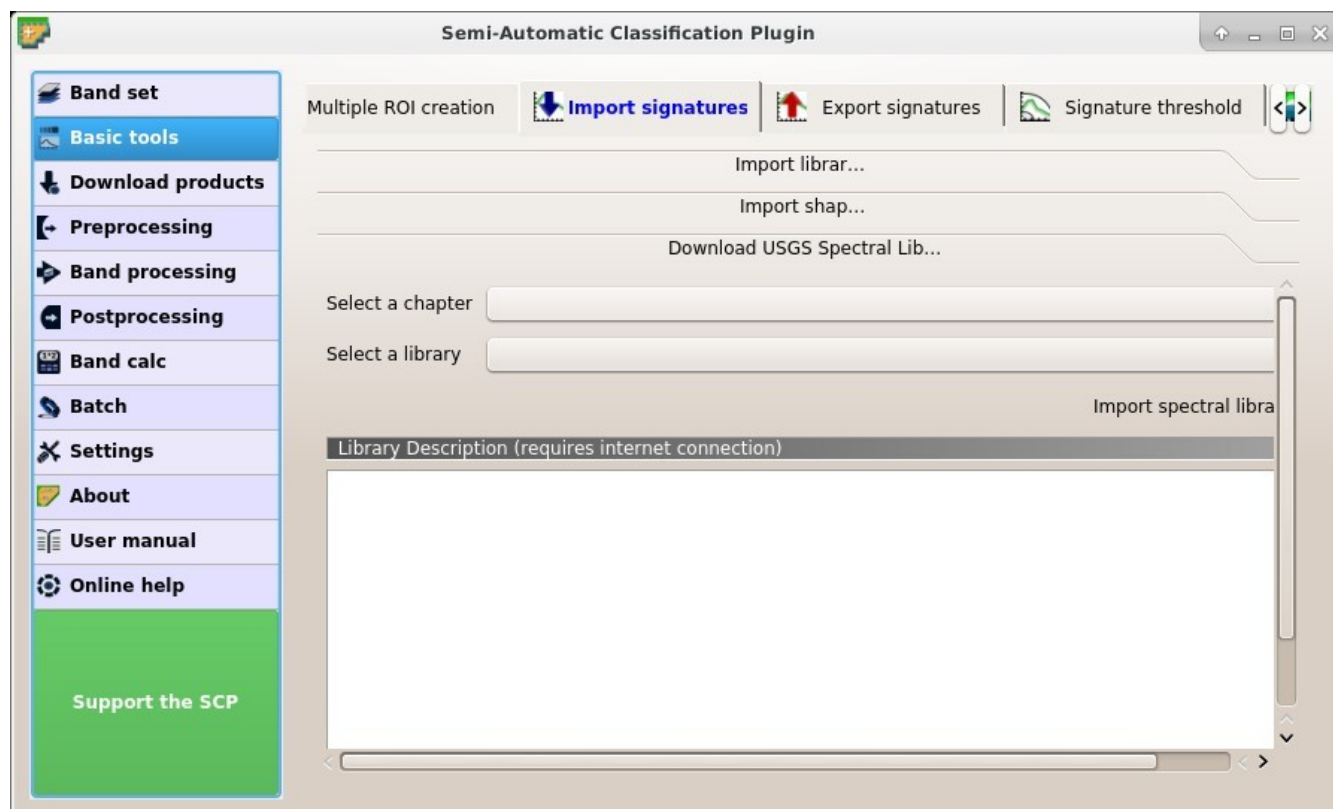





Fig. 14: Download USGS Spectral Library

*Перелік сигнатур ROI* (page 29) using the parameters defined for class and macroclass; the library is automatically sampled according to the image band wavelengths defined in the *active band set* in *Band set* (page 41), and added to the *Перелік сигнатур ROI* (page 29);

**Tip:** Spectral libraries downloaded from the USGS Spectral Library can be used with Minimum Distance or Spectral Angle Mapping algorithms, but not Maximum Likelihood because this algorithm needs the covariance matrix that is not included in the spectral libraries.

## Export signatures

This tool allows for exporting the signatures highlighted in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29).

- *Export as SCP file* : create a new .scp file and export highlighted ROIs and spectral signatures as SCP file (\*.scp);
- *Export as shapefile* : export highlighted ROIs (spectral signature data excluded) as a new shapefile (\*.shp);
- *Export as CSV file* : open a directory, and export highlighted spectral signatures as individual CSV files (\*.csv) separated by semicolon ( ; );

## Signature threshold

This tab allows for the definition of a classification threshold for each spectral signature. All the signatures contained in the *Входові навчальні дані* (page 26) are listed. Thresholds defined in this tool are applied to classification only if *Threshold* value in *Алгоритм* (page 35) is 0.

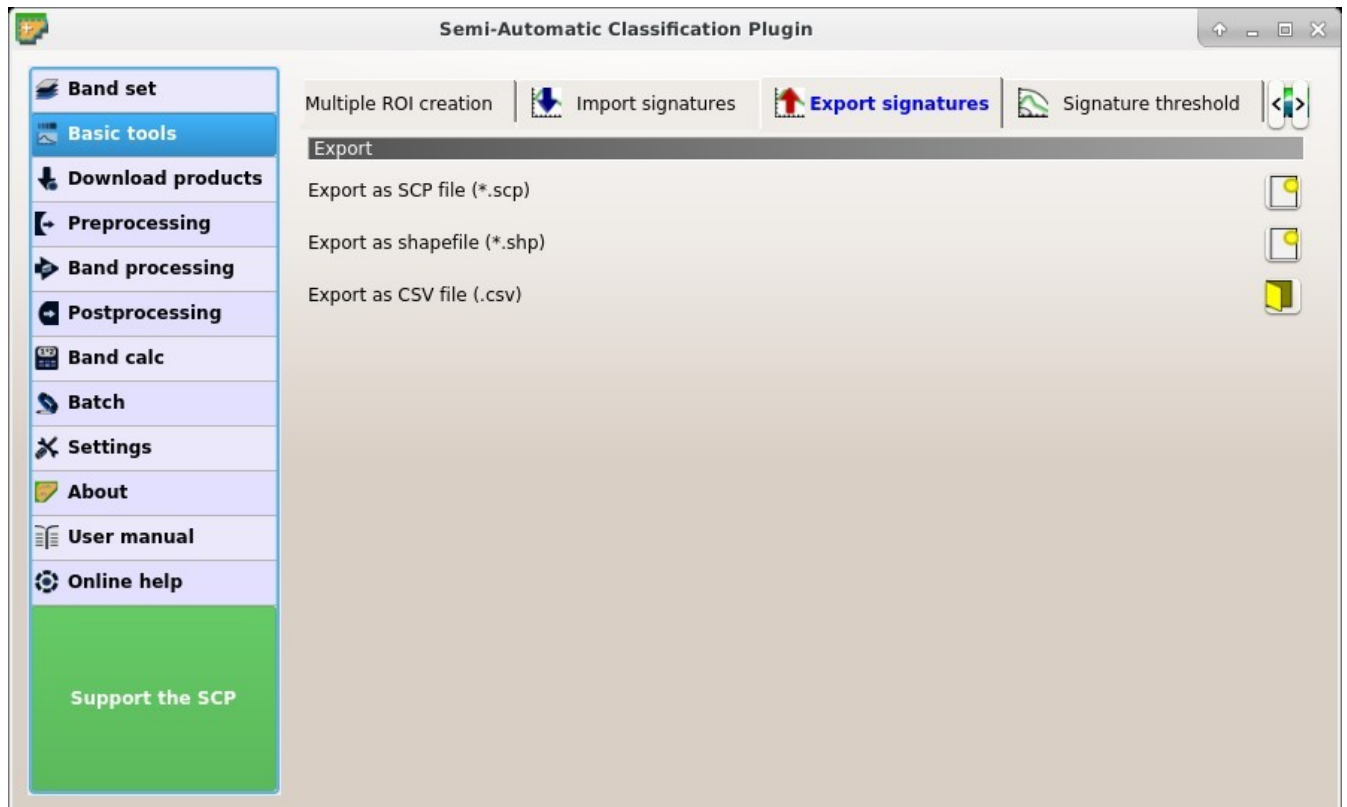


Fig. 15:  *Export signatures*

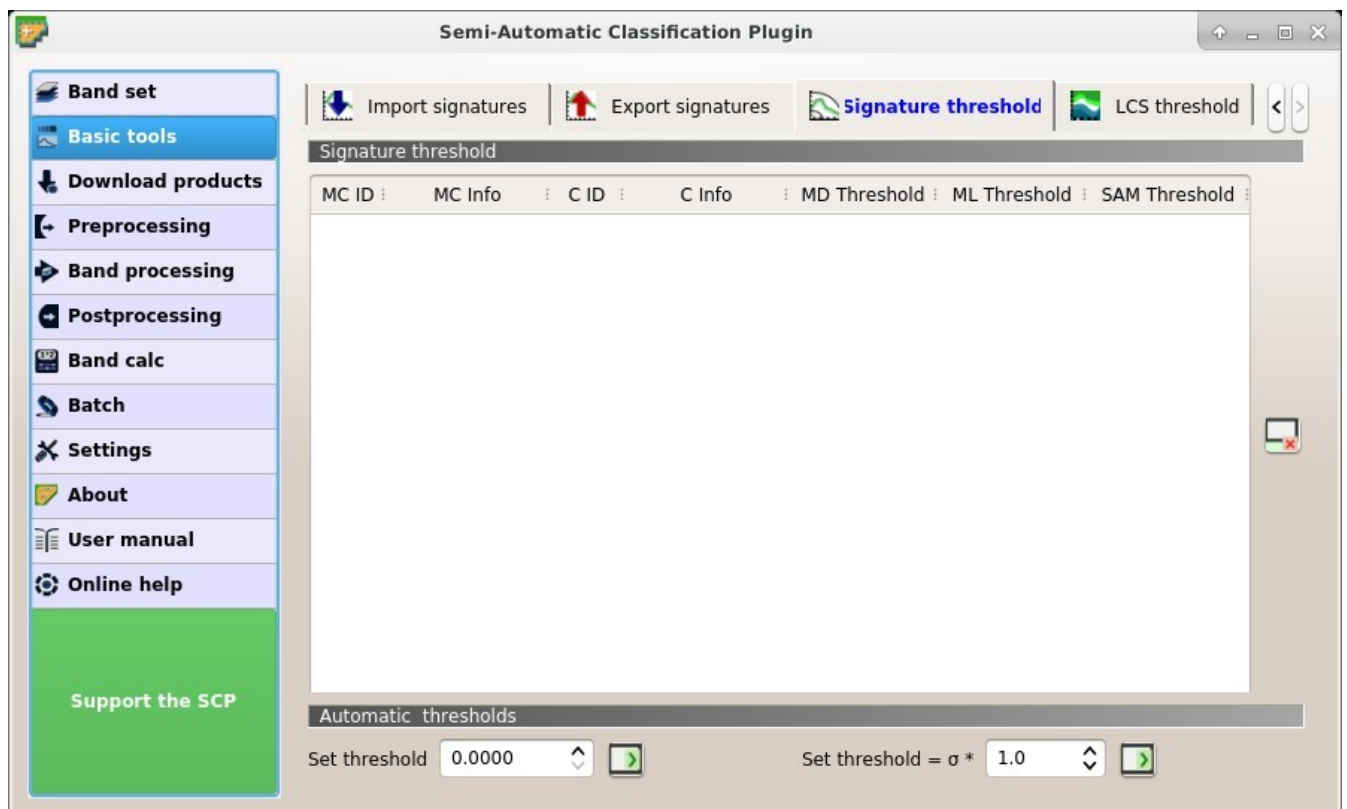




Fig. 16:  *Signature threshold*

This is useful for improving the classification results, especially when spectral signatures are similar. Thresholds of signatures are saved in the *Вхідові навчальні дані* (page 26).





If threshold is 0 then no threshold is applied and all the image pixels are classified. Depending on the selected *Алгоритм* (page 35) the threshold value is evaluated differently:

- for Minimum Distance, pixels are unclassified if distance is greater than threshold value;
- for Maximum Likelihood, pixels are unclassified if probability is less than threshold value (max 100);
- for Spectral Angle Mapping, pixels are unclassified if spectral angle distance is greater than threshold value (max 90).

### Signature threshold

-  **Signature threshold:** table containing the following fields;
  - *MC ID*: signature Macroclass ID;
  - *MC Info*: signature Macroclass Information;
  - *C ID*: signature Class ID;
  - *C Info*: signature Class Information;
  - *MD Threshold*: Minimum Distance threshold; this value can be edited;
  - *ML Threshold*: Maximum Likelihood threshold; this value can be edited;
  - *SAM Threshold*: Spectral Angle Mapping threshold; this value can be edited;
- : reset all signatures thresholds to 0 (i.e. no threshold used);

### Automatic thresholds

- *Set threshold*  : set the defined value as threshold for all the highlighted signatures in the table;
- *Set threshold*  $= \sigma *$   : for all the highlighted signatures, set an automatic threshold calculated as the distance (or angle) between mean signature and (mean signature + ( $\sigma * v$ )), where  $\sigma$  is the standard deviation and  $v$  is the defined value; currently works for Minimum Distance and Spectral Angle Mapping;

### LCS threshold

This tab allows for setting the signature thresholds used by *Класифікація сигнатур земного покриття* (page 130). All the signatures contained in the *Вхідові навчальні дані* (page 26) are listed; also, signature thresholds are saved in the *Вхідові навчальні дані* (page 26).

Overlapping signatures (belonging to different classes or macroclasses) are highlighted in orange in the table *LC Signature threshold*; the overlapping check is performed considering *MC ID* or *C ID* according to the setting *Use* ☒ *MC ID* ☒ *C ID* in *Алгоритм* (page 35). Overlapping signatures sharing the same *ID* are not highlighted.

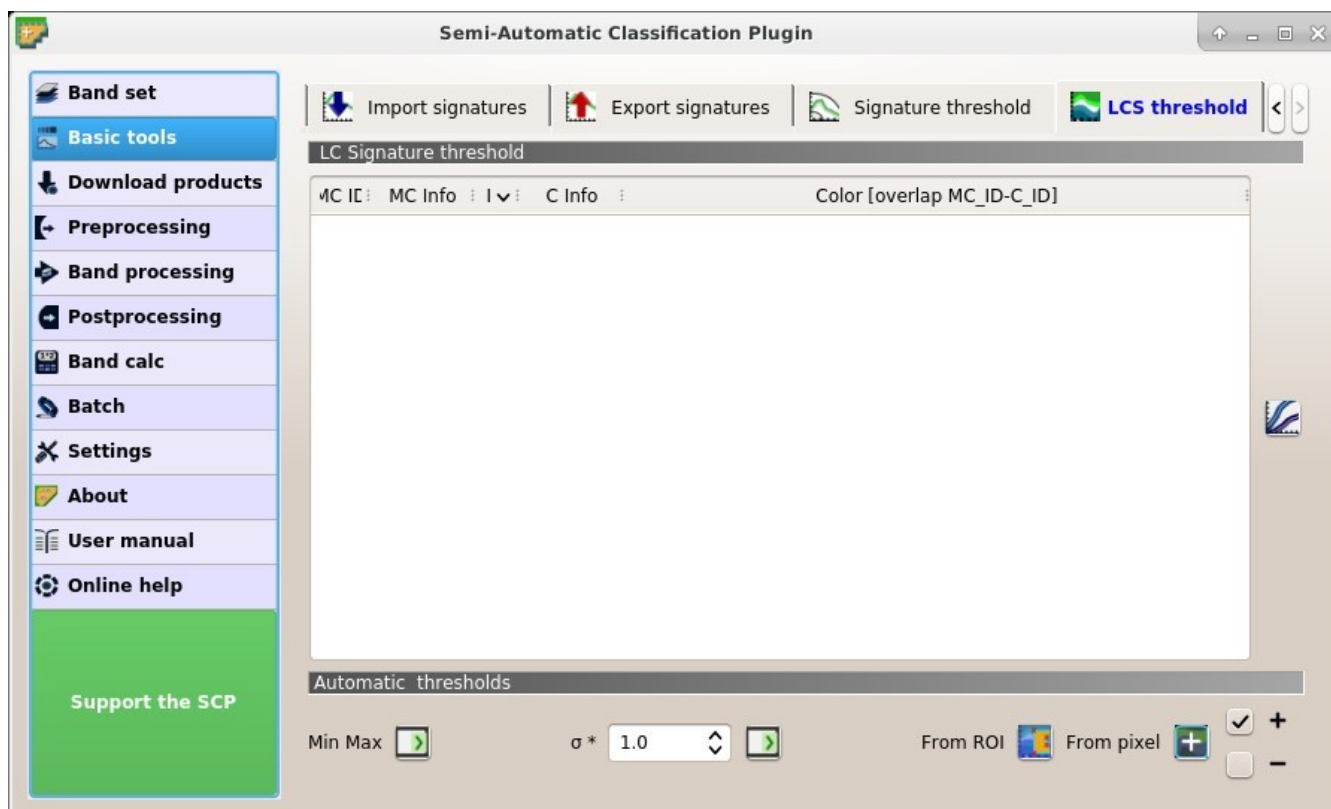





Fig. 17:  *LCS threshold*



### LC Signature threshold

-  **LC Signature threshold:** table containing the following fields;
  - *MC ID*: signature Macroclass ID;
  - *MC Info*: signature Macroclass Information;
  - *C ID*: signature Class ID;
  - *C Info*: signature Class Information;
  - *Color [overlap MC\_ID-C\_ID]*: signature color; also, the combination *MC ID-C ID* is displayed in case of overlap with other signatures (see *Класифікація сигнатур земного покриття* (page 130));
  - *Min B X*: minimum value of band X; this value can be edited;
  - *Max B X*: maximum value of band X; this value can be edited;
- : show the ROI spectral signature in the *Графік спектральних сигнатур* (page 102); spectral signature is calculated from the *Band set* (page 41);


### Automatic thresholds

Set thresholds automatically for highlighted signatures in the table *LC Signature threshold*; if no signature is highlighted, then the threshold is applied to all the signatures.

- : set the threshold based on the minimum and maximum of each band;

- $\sigma * \text{[icon]}$ : set an automatic threshold calculated as  $(\text{band value} + (\sigma * v))$ , where  $\sigma$  is the standard deviation of each band and  $v$  is the defined value;
- *From ROI* : set the threshold using the temporary ROI pixel values, according to the following:
  - ☒ +: if checked, signature threshold is extended to include pixel signature;
  - ☒ -: if checked, signature threshold is reduced to exclude pixel signature;
- *From pixel* : set the threshold by clicking on a pixel, according to the following checkboxes:
  - ☒ +: if checked, signature threshold is extended to include pixel signature;
  - ☒ -: if checked, signature threshold is reduced to exclude pixel signature;

### 3.4.3 Download products

The tab  *Download products* includes the tools for searching and downloading free remote sensing images. Also, automatic conversion to reflectance of downloaded bands is available.

An internet connection is required and free registration could be required depending on the download service.

This tool allows for searching and downloading:

- *Landsat Satellites* (page 119) images (from 1 MSS to 8 OLI) acquired from the 80s to present days;
- *Супутник Sentinel-2* (page 121) images (Level-1C and Level-2A) acquired from 2015 to present days;
- *Sentinel-3 Satellite* (page 121) images (OLCI Level-1B OL\_1\_EFR) acquired from 2016 to present days;
- *Супутник ASTER* (page 122) images (Level 1T) acquired from 2000 to present days;
- *Продукти MODIS* (page 123) images (MOD09GQ, MYD09GQ, MOD09GA, MYD09GA, MOD09Q1, MYD09Q1, MOD09A1, MYD09A1) acquired from 2000 to present days;

For Landsat, ASTER, and MODIS the search is performed through the [CMR Search API](#) developed by NASA. Landsat images are freely available through the services: [EarthExplorer](#), [Google Earth Engine](#), and the [Amazon Web Services \(AWS\)](#) (only for Landsat 8). The ASTER L1T and MODIS products are retrieved from the online Data Pool, courtesy of the NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota, [https://lpdaac.usgs.gov/data\\_access/data\\_pool](https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool).

For Sentinel-2 and Sentinel-3 the search is performed through the [Copernicus Open Access Hub](#) (using the [Data Hub API](#)); images are mainly downloaded from the [Amazon S3 AWS](#) if available.

This tool attempts to download images first from *Amazon Web Services* and *Google Earth Engine*; only if images are not available, the download is performed through the services that require to login.

#### Login data



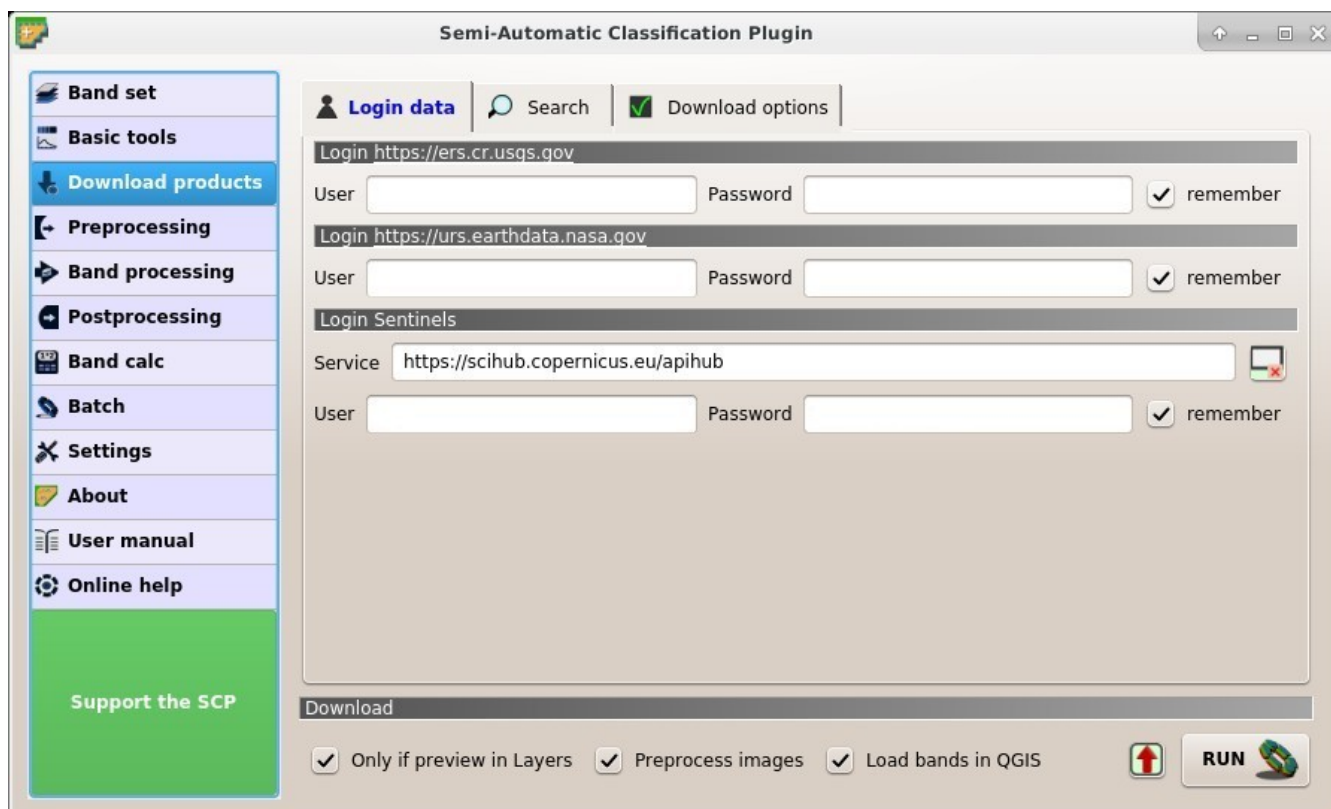







Fig. 18:  Login data






#### Login <https://ers.cr.usgs.gov>

For Landsat images *USGS EROS* credentials (<https://ers.cr.usgs.gov>) are required for downloads from *EarthExplorer*. Login using your *USGS EROS* credentials or register for free at <https://ers.cr.usgs.gov/register>.

- User   : enter the user name;
- Password   : enter the password;
-  *remember*: remember user name and password in QGIS;





#### Login <https://urs.earthdata.nasa.gov>

For ASTER and MODIS images *EOSDIS Earthdata* credentials (<https://urs.earthdata.nasa.gov>) are required for download. Login using your *EOSDIS Earthdata* credentials or register for free at <https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new>. Before downloading ASTER and MODIS images, you must approve LP DAAC Data Pool clicking the following link [https://urs.earthdata.nasa.gov/approve\\_app?client\\_id=ijpRZvb9qeKCK5ctsn75Tg](https://urs.earthdata.nasa.gov/approve_app?client_id=ijpRZvb9qeKCK5ctsn75Tg)

- User   : enter the user name;
- Password   : enter the password;
-  *remember*: remember user name and password in QGIS;

## Login Sentinels

In order to access to Sentinel data a free registration is required at <https://scihub.copernicus.eu/userguide/1SelfRegistration> (other services may require different registrations). After the registration, enter the user name and password for accessing data.

- *Service*   : enter the service URL (default is <https://scihub.copernicus.eu/apihub>); other mirror services that share the same infrastructure can be used (such as <https://scihub.copernicus.eu/dhus> , <https://finhub.nsdci.fmi.fi> , <https://data.sentinel.zamg.ac.at>);
-  : reset the default service;
- *User*   : enter the user name;
- *Password*   : enter the password;
- ☒ *remember*: remember user name and password in QGIS;

## Search

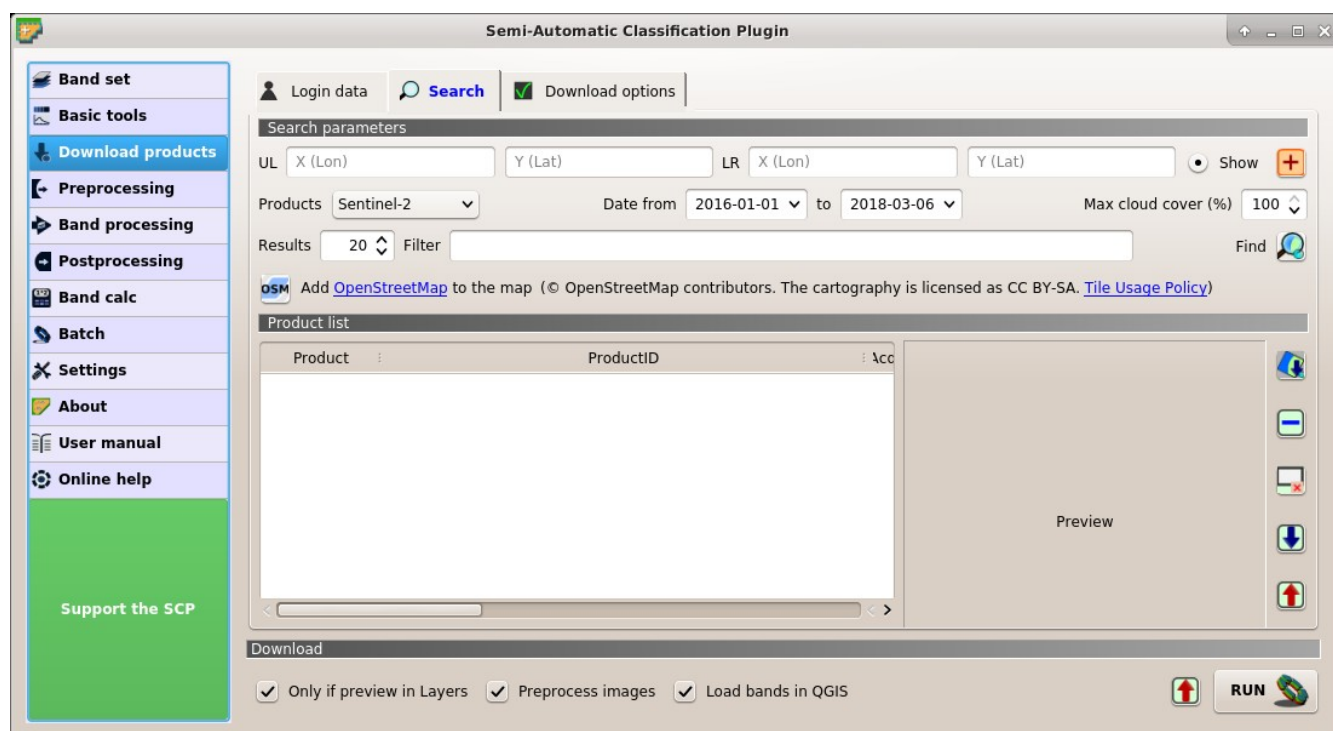
















Fig. 19:  Search

## Search parameters

Define the search area by entering the coordinates (longitude and latitude) of an **Upper Left** (UL) point and **Lower Right** (LR) point and select a product to search. Optional settings are date of acquisition, maximum cloud cover, number of results (the less the results, the faster is the query).

The definition of a search area is required before searching the images.





- *UL*  : set the UL longitude X (Lon) and the UL latitude Y (Lat);
- *LR*  : set the LR longitude X (Lon) and the LR latitude Y (Lat);
-  *Show*: show or hide the search area in the map;
- : define a search area by left click to set the UL point and right click to set the LR point; the search area is displayed in the map;
- *Products* : set the search product;
- *Date from* : set the starting date of acquisition;
- *to* : set the ending date of acquisition;
- *Max cloud cover (%)* : maximum cloud cover in the product;
- *Results* : maximum number of products returned by the search;
- *Filter* : set a filter such as the Product ID (e.g. LC81910312015006LGN00); it is possible to enter multiple Product IDs separated by comma or semicolon (e.g. LC81910312015006LGN00, LC81910312013224LGN00 ); filter is applied to resulting products in the search area;
- *Find* : find the products in the search area; results are displayed inside the table in *Product list* (page 57); results are added to previous results;
-  Add OpenStreetMap to the map: this button allows for the display of OpenStreetMap tiles (© OpenStreetMap contributors) in the QGIS map as described in <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/QGIS> . The cartography is licensed as CC BY-SA (Tile Usage Policy );






**Tip:** Search results (and the number thereof) depend on the defined area extent and the range of dates. In order to get more results, perform multiple searches defining smaller area extent and narrow acquisition dates (from and to).

## Product list

The table *Product list* contains the results of the search. Click on any item (highlight) to display the image preview thereof. Results are saved with the QGIS project.






-  *Product list*  : found products are displayed in this table, which includes the following fields:
  - *Product*: the product name;
  - *ProductID*: the product ID;
  - *AcquisitionDate*: date of acquisition of product;
  - *CloudCover*: percentage of cloud cover in the product;
  - *Zone/Path*: the zone or WRS path depending on the product type;
  - *Row/DayNightFlag*: the WRS row or acquisition flag(day or night) depending on the product type;
  - *min\_lat*: minimum latitude of the product;
  - *min\_lon*: minimum longitude of the product;
  - *max\_lat*: maximum latitude of the product;
  - *max\_lon*: maximum longitude of the product;

- *Collection/Size*: collection code or size depending on the product type;
- *Preview*: URL of the product preview;
- *Collection/ID*: collection or image ID depending on the product type;
- *Collection/Image*: collection or image ID depending on the product type;

- : display preview of highlighted images in the map; preview is roughly georeferenced on the fly;
- : remove highlighted images from the list;
- : remove all images from the list;
- : import the product list from a text file (i.e. `.txt`);
- : export the product list to a text file (i.e. `.txt`);




## Download

Download the products in the *Product list* (page 57). During the download it is recommended not to interact with QGIS.


-  *Only if preview in Layers*: if checked, download only those images listed in *Product list* (page 57) which are also listed in the QGIS layer panel;
-  *Preprocess images*: if checked, bands are automatically converted after the download, according to the settings defined in *Landsat* (page 59);
-  *Load bands in QGIS*: if checked, bands are loaded in QGIS after the download;
- : export the download links to a text file;
- *RUN* : start the download process of all the products listed in *Product list* (page 57);

## Download options

This tab allows for the selection of single bands for Landsat, Sentinel-2, and Sentinel-3 images. Depending on the download service, single band download could be unavailable.

-  *Band X*: select bands for download;
-  *Ancillary data*: if checked, the metadata files are selected for download;
- : select or deselect all bands;

### 3.4.4 Preprocessing

The tab  *Preprocessing* provides several tools for data manipulation which are useful before the actual classification process.

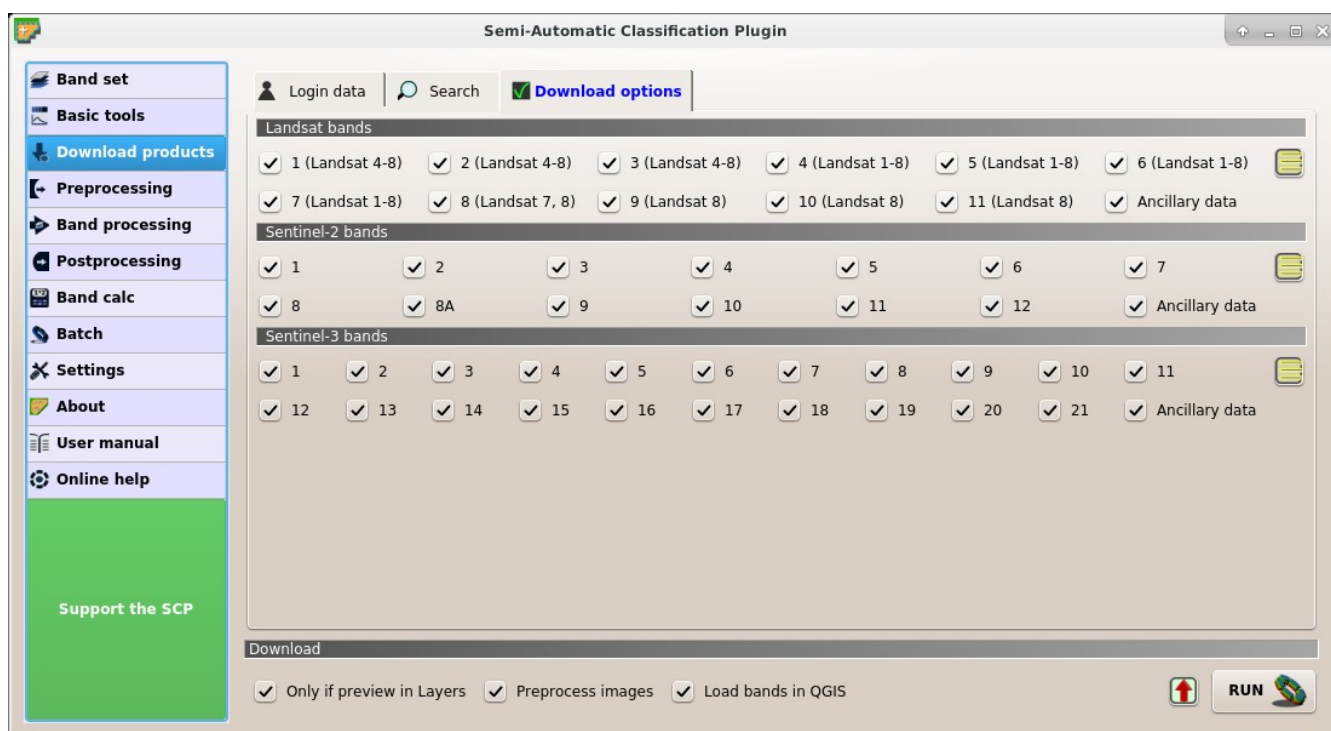


Fig. 20:  Download options



## Landsat

This tab allows for the conversion of **Landsat 1, 2, and 3 MSS** and **Landsat 4, 5, 7, and 8** images from DN (i.e. Digital Numbers) to the physical measure of Top Of Atmosphere reflectance (TOA), or the application of a simple atmospheric correction using the DOS1 method (Dark Object Subtraction 1), which is an image-based technique (for more information about the Landsat conversion to TOA and DOS1 correction, see *Перерахунок знімка у значення відбивальності* (page 139)). Pan-sharpening is also available; for more information read *Панхроматичне об'єднання* (page 136).

Once the input is selected, available bands are listed in the metadata table.

**WARNING:** For the best spectral precision you should download the Landsat Level-2 Data Products (Surface Reflectance) from <https://earthexplorer.usgs.gov>.

## Landsat conversion to TOA reflectance and brightness temperature

- *Directory containing Landsat bands*  : open a directory containing Landsat bands; names of Landsat bands must end with the corresponding number; if the metadata file is included in this directory then *Metadata* (page 60) are automatically filled;
- *Select MTL file*  : if the metadata file is not included in the *Directory containing Landsat bands*, select the path of the metadata file in order to fill the *Metadata* (page 60) automatically;
- ☒ *Brightness temperature in Celsius*: if checked, convert brightness temperature to Celsius (if a Landsat thermal band is listed in *Metadata* (page 60)); if unchecked temperature is in Kelvin;
- ☒ *Apply DOS1 atmospheric correction*: if checked, the *Корекція DOS1* (page 140) is applied to all the bands (thermal bands excluded);

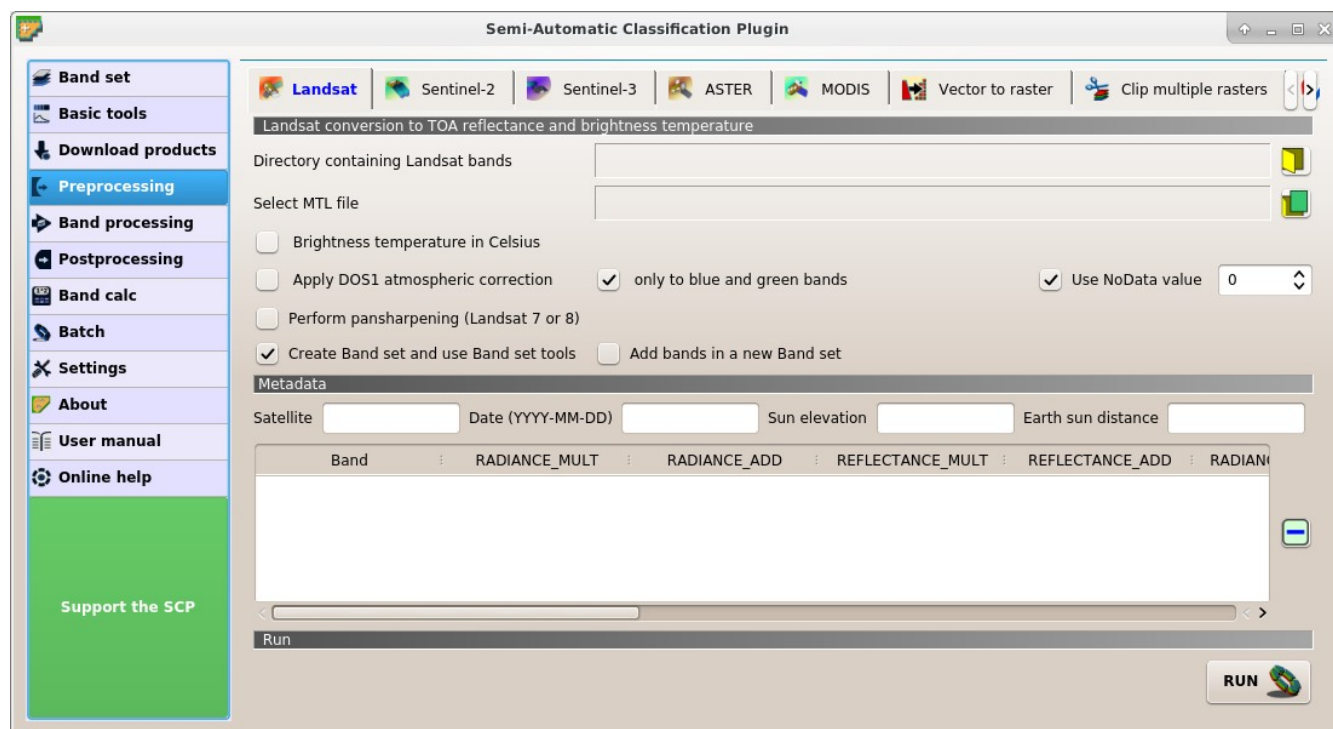













Fig. 21:  Landsat

-  *only to blue and green bands*: if checked (with *Apply DOS1 atmospheric correction* also checked), the *Корекція DOS1* (page 140) is applied only to blue and green bands;
-  *Use NoData value (image has black border)* : if checked, pixels having NoData value are not counted during conversion and the DOS1 calculation of DNmin; it is useful when image has a black border (usually pixel value = 0);
-  *Perform pan-sharpening*: if checked, a Brovey Transform is applied for the *Панхроматичне об'єднання* (page 136) of Landsat bands;
-  *Create Band set and use Band set tools*: if checked, the *Band set* is created after the conversion; also, the *Band set* is processed according to the tools checked in the *Band set* (page 41);


## Metadata

All the bands found in the *Directory containing Landsat bands* are listed in the table *Metadata*. If the Landsat metadata file (a .txt or .met file with the suffix MTL) is provided, then *Metadata* are automatically filled. For information about *Metadata* fields read [this page](#) and [this one](#).

- *Satellite* : satellite name (e.g. Landsat8);
- *Date* : date acquired (e.g. 2013-04-15);
- *Sun elevation* : Sun elevation in degrees;
- *Earth sun distance* : Earth Sun distance in astronomical units (automatically calculated if *Date* is filled);
- : remove highlighted bands from the table *Metadata*;

-  **Metadata:** table containing the following fields;
  - *Band*: band name;
  - *RADIANCE\_MULT*: multiplicative rescaling factor;
  - *RADIANCE\_ADD*: additive rescaling factor;
  - *REFLECTANCE\_MULT*: multiplicative rescaling factor;
  - *REFLECTANCE\_ADD*: additive rescaling factor;
  - *RADIANCE\_MAXIMUM*: radiance maximum;
  - *REFLECTANCE\_MAXIMUM*: reflectance maximum;
  - *K1\_CONSTANT*: thermal conversion constant;
  - *K2\_CONSTANT*: thermal conversion constant;
  - *LMAX*: spectral radiance that is scaled to QCALMAX;
  - *LMIN*: spectral radiance that is scaled to QCALMIN;
  - *QCALMAX*: minimum quantized calibrated pixel value;
  - *QCALMIN*: maximum quantized calibrated pixel value;

## Run

-  **RUN**: select an output directory and start the conversion process; only bands listed in the table *Metadata* are converted; converted bands are saved in the output directory with the prefix RT\_ and automatically loaded in QGIS;



## Sentinel-2

This tab allows for the conversion of **Sentinel-2** images Level-1C to the physical measure of Top Of Atmosphere reflectance (TOA), or the application of a simple atmospheric correction using the DOS1 method (Dark Object Subtraction 1), which is an image-based technique (for more information about conversion to TOA and DOS1 correction, see *Перерахунок знімка у значення відбивальності* (page 139)). This tool can also convert **Sentinel-2** images Level-2A from DN to reflectance values.

Once the input is selected, available bands are listed in the metadata table. Bands with 20m spatial resolution are resampled to 10m resolution without changing the original pixel value (i.e. one 20m pixel is divided in four 10m pixels with the same value).

**WARNING:** For the best spectral precision you should download the Sentinel-2 Level-2A Products (Surface Reflectance) or use the official SNAP tool for atmospheric correction (see <http://step.esa.int>).

## Sentinel-2 conversion

-  **Directory containing Sentinel-2 bands**: open a directory containing Sentinel-2 bands; names of Sentinel-2 bands must end with the corresponding number; if the metadata file is included in this directory then *Metadata* (page 62) are automatically filled;
-  **Select metadata file**: select the metadata file which is a .xml file whose name contains MTD\_MSIL1C);

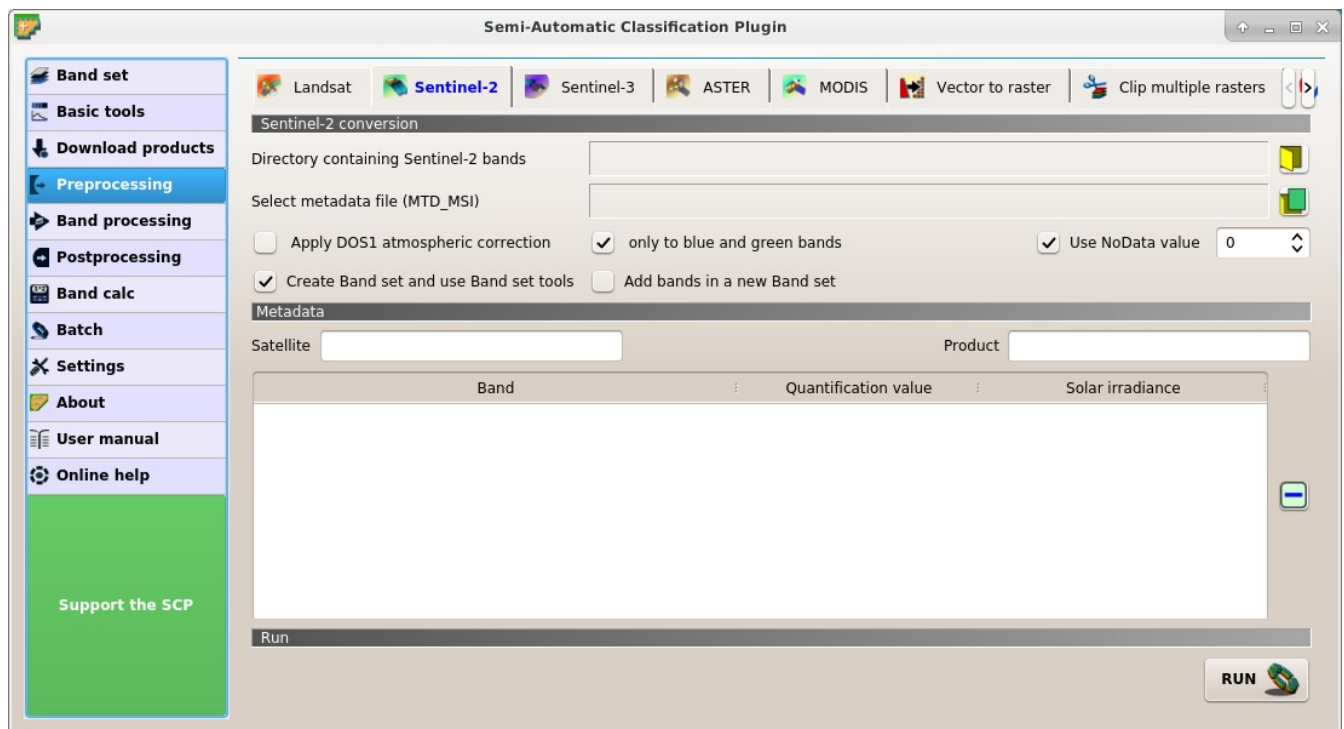




Fig. 22:  Sentinel-2

- ☒ *Apply DOS1 atmospheric correction*: if checked, the *Корекція DOS1* (page 140) is applied to all the bands;
- ☒ *only to blue and green bands*: if checked (with *Apply DOS1 atmospheric correction* also checked), the *Корекція DOS1* (page 140) is applied only to blue and green bands;
- ☒ *Use NoData value (image has black border)* : if checked, pixels having NoData value are not counted during conversion and the DOS1 calculation of DNmin; it is useful when image has a black border (usually pixel value = 0);
- ☒ *Create Band set and use Band set tools*: if checked, the active *Band set* is created after the conversion; also, the *Band set* is processed according to the tools checked in the *Band set* (page 41);
- ☒ *Add bands in a new Band set*: if checked, bands are added to a new empty *Band set*;

## Metadata


All the bands found in the *Directory containing Sentinel-2 bands* are listed in the table *Metadata*. If the Sentinel-2 metadata file (a .xml file whose name contains MTD\_MSIL1C) is provided, then *Metadata* are automatically filled. For information about *Metadata* fields read [this informative page](#) .

- *Satellite* : satellite name (e.g. Sentinel-2A);
- : remove highlighted bands from the table *Metadata*;
-  **Metadata**: table containing the following fields;
  - *Band*: band name;



- *Quantification value*: value for conversion to TOA reflectance;
- *Solar irradiance*: solar irradiance of band;

## Run

-  **RUN**: select an output directory and start the conversion process; only bands listed in the table *Metadata* are converted; converted bands are saved in the output directory with the prefix RT\_ and automatically loaded in QGIS;

## Sentinel-3

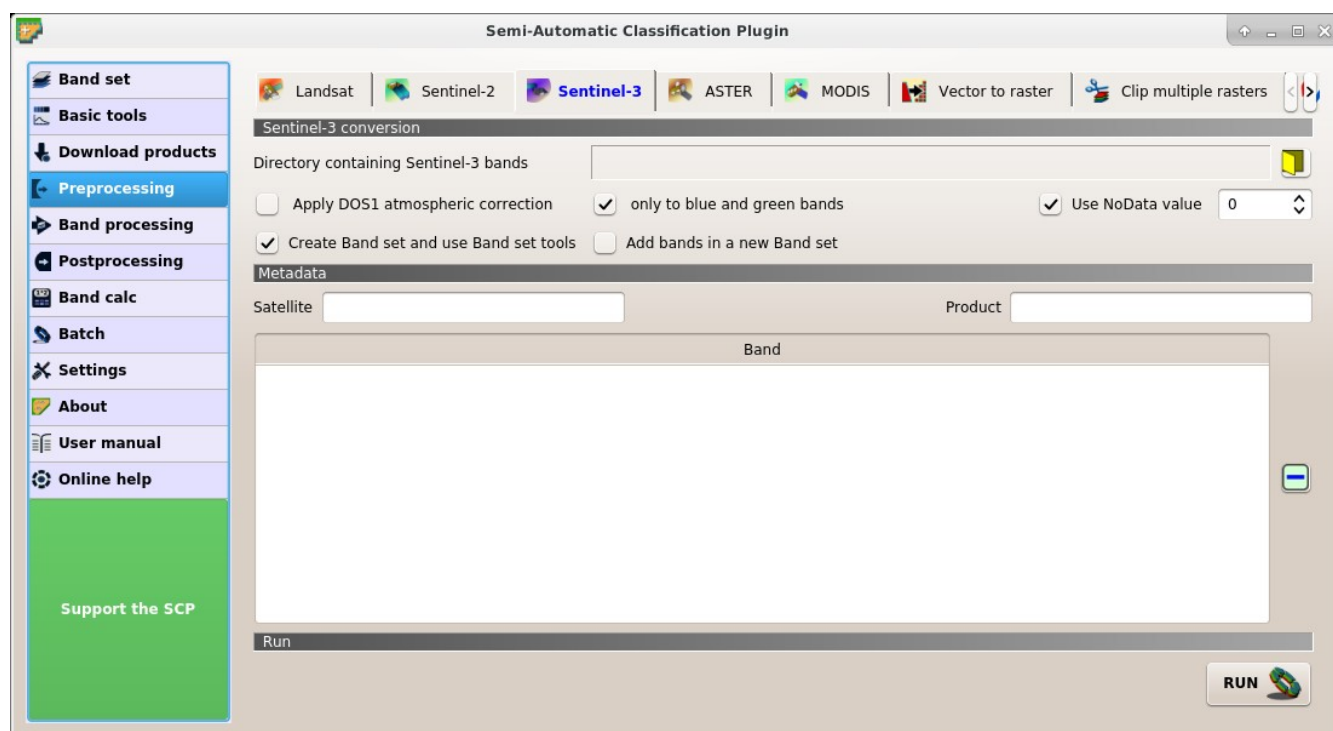








Fig. 23:  Sentinel-3

This tab allows for the conversion of **Sentinel-3** images (OL\_1\_EFR) to the physical measure of Top Of Atmosphere reflectance (TOA), or the application of a simple atmospheric correction using the DOS1 method (Dark Object Subtraction 1), which is an image-based technique (for more information about conversion to TOA and DOS1 correction, see *Перерахунок знімка у значення відбивальності* (page 139)). The following ancillary data are required for conversion: `instrument_data.nc` , `geo_coordinates.nc` , `tie_geometries.nc` .

Once the input is selected, available bands are listed in the metadata table.





**WARNING:** Sentinel-3 bands are reprojected to WGS 84 coordinate system using a sample of pixels from the file `geo_coordinates.nc` . For the best precision you should use the official SNAP tool (see <http://step.esa.int>).

## Sentinel-3 conversion


- *Directory containing Sentinel-3 bands*  : open a directory containing Sentinel-3 bands; names of Sentinel-2 bands must end with the corresponding number; ancillary data required for conversion must be in the same directory;
-  *Apply DOS1 atmospheric correction*: if checked, the *Корекція DOS1* (page 140) is applied to all the bands;
-  *only to blue and green bands*: if checked (with *Apply DOS1 atmospheric correction* also checked), the *Корекція DOS1* (page 140) is applied only to blue and green bands;
-  *Use NoData value (image has black border)*  : if checked, pixels having NoData value are not counted during conversion and the DOS1 calculation of DNmin; it is useful when image has a black border (usually pixel value = 0);
-  *Create Band set and use Band set tools*: if checked, the *Band set* is created after the conversion; also, the *Band set* is processed according to the tools checked in the *Band set* (page 41);

## Metadata

All the bands found in the *Directory containing Sentinel-3 bands* are listed in the table *Metadata*.

- *Satellite*  : satellite name (e.g. Sentinel-3A);
- *Product*  : product name (e.g. OLCI);
-  : remove highlighted bands from the table *Metadata*;
-  **Metadata**: table containing the following fields;
  - *Band*: band name;

## Run

- *RUN*  : select an output directory and start the conversion process; only bands listed in the table *Metadata* are converted; converted bands are saved in the output directory with the prefix RT\_ and automatically loaded in QGIS;

## ASTER

This tab allows for the conversion of **ASTER L1T** images to the physical measure of Top Of Atmosphere reflectance (TOA), or the application of a simple atmospheric correction using the DOS1 method (Dark Object Subtraction 1), which is an image-based technique (for more information about conversion to TOA and DOS1 correction, see *Перерахунок знімка у значення відбивальності* (page 139)).

Once the input is selected, available bands are listed in the metadata table.



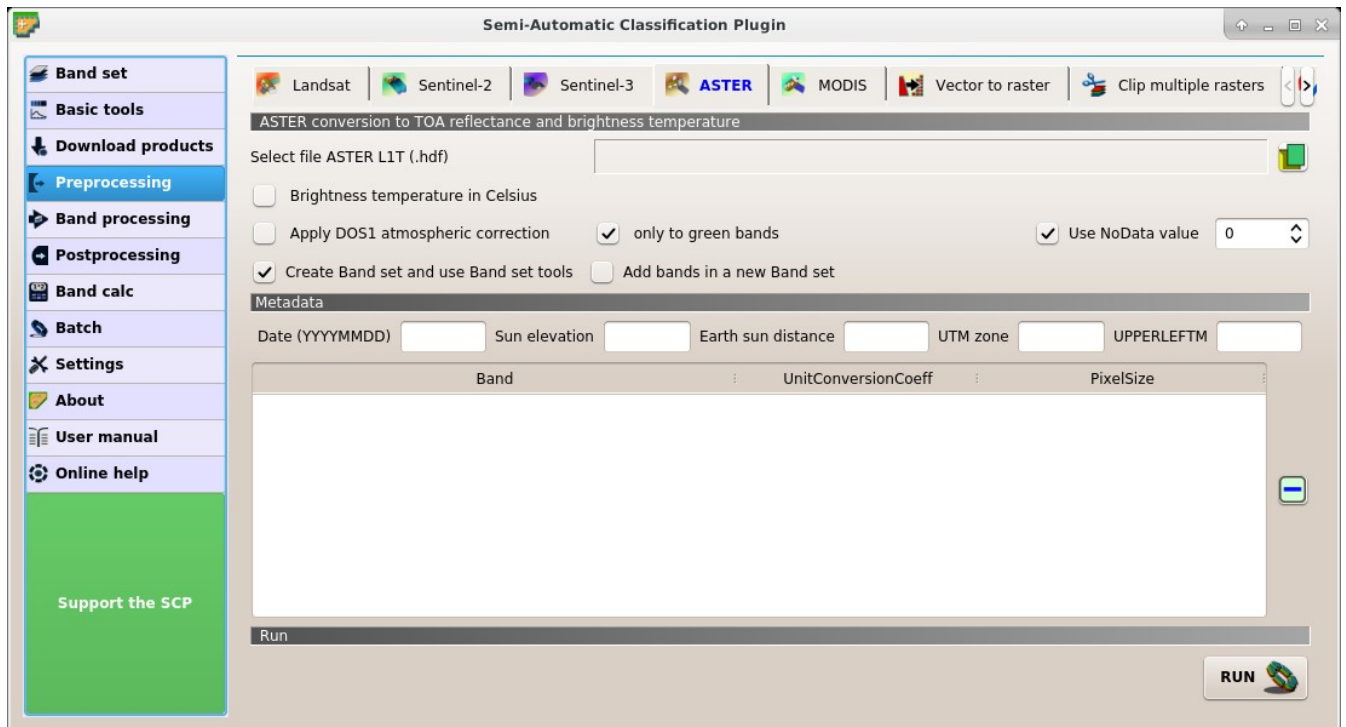







Fig. 24:  ASTER





## ASTER conversion

- *Select file ASTER L1T* : select an ASTER image (file .hdf);
- ☒ *Apply DOS1 atmospheric correction*: if checked, the *Корекція DOS1* (page 140) is applied to all the bands;
- ☒ *only to green band*: if checked (with *Apply DOS1 atmospheric correction* also checked), the *Корекція DOS1* (page 140) is applied only to green band;
- ☒ *Use NoData value (image has black border)* : if checked, pixels having NoData value are not counted during conversion and the DOS1 calculation of DNmin; it is useful when image has a black border (usually pixel value = 0);
- ☒ *Create Band set and use Band set tools*: if checked, the *Band set* is created after the conversion; also, the *Band set* is processed according to the tools checked in the *Band set* (page 41);


## Metadata

All the bands found in the *Select file ASTER L1T* are listed in the table *Metadata*. For information about *Metadata* fields visit [the ASTER page](#).

- *Date* : date acquired (e.g. 20130415);
- *Sun elevation* : Sun elevation in degrees;
- *Earth sun distance* : Earth Sun distance in astronomical units (automatically calculated if *Date* is filled);

- *UTM zone* : UTM zone code of the image;
- *UPPERLEFTM* : coordinates of the upper left corner of the image;
- : remove highlighted bands from the table *Metadata*;
-  **Metadata**: table containing the following fields;
  - *Band*: band name;
  - *UnitConversionCoeff*: value for radiance conversion;
  - *PixelSize*: solar irradiance of band;

## Run

- **RUN** : select an output directory and start the conversion process; only bands listed in the table *Metadata* are converted; converted bands are saved in the output directory with the prefix RT\_ and automatically loaded in QGIS;

## MODIS

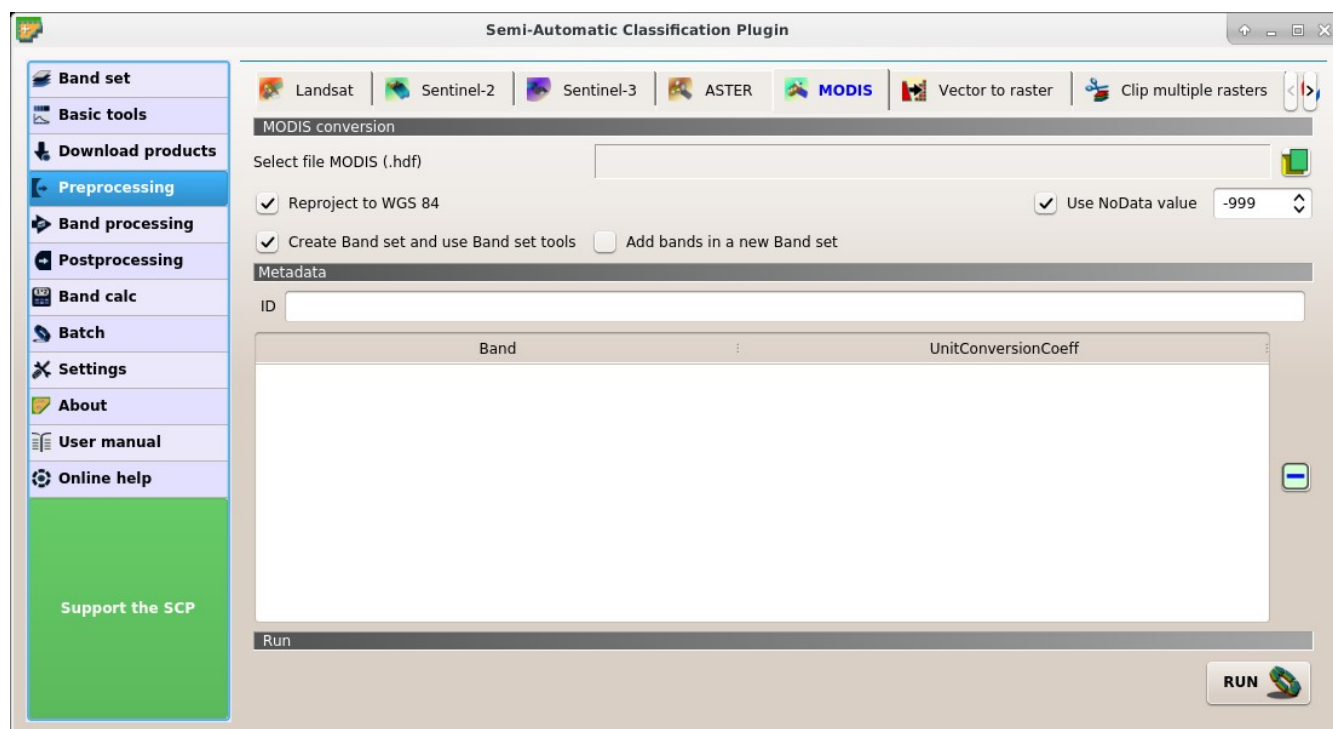







Fig. 25:  MODIS




This tab allows for the conversion of **MODIS** images to .tif format, and the reprojection to WGS 84. Once the input is selected, available bands are listed in the metadata table.

## MODIS conversion


- **Select file MODIS** : select a MODIS image (file .hdf);
-  **Reproject to WGS 84**: if checked, reproject bands to WGS 84, required for use in *SCP*;
-  **Use NoData value (image has black border)** : if checked, pixels having NoData value are not counted during conversion and the DOS1 calculation of DNmin; it is useful when image has a black border (usually pixel value = 0);
-  **Create Band set and use Band set tools**: if checked, the *Band set* is created after the conversion; also, the *Band set* is processed according to the tools checked in the *Band set* (page 41);

## Metadata

All the bands found in the *Select file MODIS* are listed in the table *Metadata*. For information about *Metadata* fields visit [the MODIS page](#) .








- **ID** : ID of the image;
- : remove highlighted bands from the table *Metadata*;
-  **Metadata**: table containing the following fields;
  - *Band*: band name;
  - *UnitConversionCoeff*: value for conversion;

## Run

- **RUN** : select an output directory and start the conversion process; only bands listed in the table *Metadata* are converted; converted bands are saved in the output directory with the prefix RT\_ and automatically loaded in QGIS;

## Vector to raster

This tab allows for the conversion of a vector to raster format.

- **Select the vector** : select a vector already loaded in QGIS;
- : refresh layer list;
-  **Use the value field of the vector** : if checked, the selected field is used as attribute for the conversion; pixels of the output raster have the same values as the vector attribute;
-  **Use constant value** : if checked, the polygons are converted to raster using the selected constant value;
- **Select the type of conversion** : select the type of conversion between *Center of pixels* and *All pixels*
  - *Center of pixels*: during the conversion, vector is compared to the reference raster; output raster pixels are attributed to a polygon if pixel center is within that polygon;

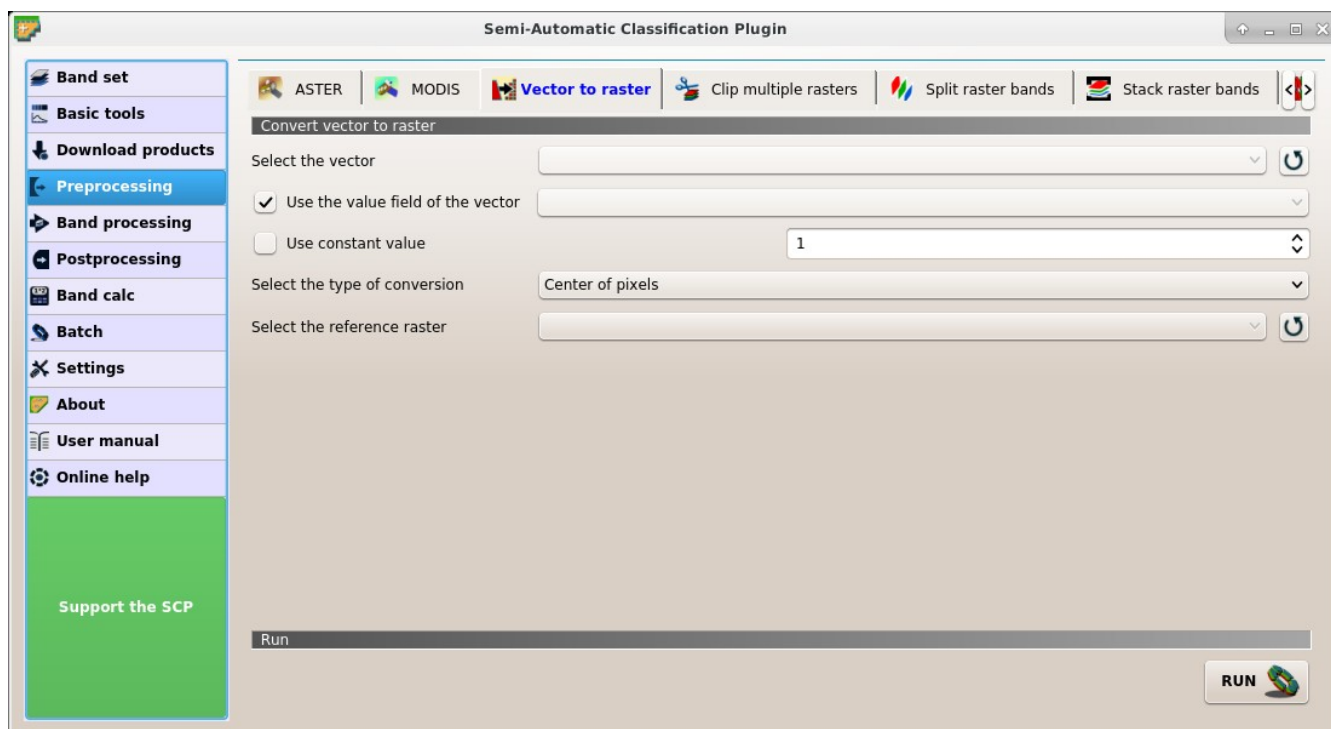





Fig. 26:  *Vector to raster*

– *All pixels touched*: during the conversion, vector is compared to the reference raster; output raster pixels are attributed to a polygon if pixel touches that polygon;

- *Select the reference raster* : select a reference raster; pixels of the output raster have the same size and alignment as the reference raster;
- : refresh layer list;



## Run

- *RUN* : choose the output destination and start the conversion to raster;

## Clip multiple rasters

This tab allows for cutting several image bands at once, using a rectangle defined with point coordinates or a boundary defined with a vector.

## Raster list

- : refresh layer list;
- : select all the rasters;

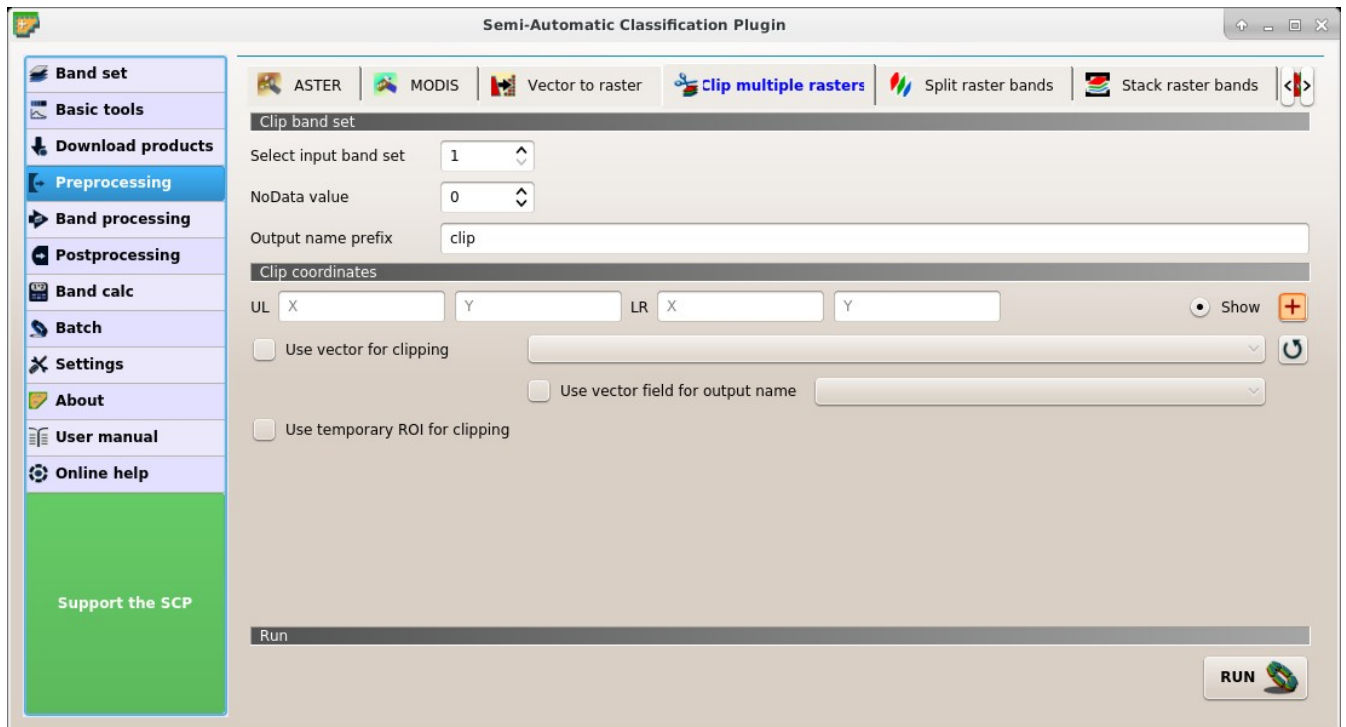

















Fig. 27:  *Clip multiple rasters*


### Clip coordinates

Set the Upper Left (UL) and Lower Right (LR) point coordinates of the rectangle used for clipping; it is possible to enter the coordinates manually. Alternatively use a vector.

- *UL X* : set the UL X coordinate;
- *UL Y* : set the UL Y coordinate;
- *LR X* : set the LR X coordinate;
- *LR Y* : set the LR Y coordinate;
-  *Show*: show or hide the clip area drawn in the map;
- : define a clip area by drawing a rectangle in the map; left click to set the UL point and right click to set the LR point; the area is displayed in the map;
-  *Use vector for clipping* : if checked, use the selected vector (already loaded in QGIS) for clipping; UL and LR coordinates are ignored;
-  *Use vector field for output name* : if checked, a vector field is selected for clipping while iterating through each vector polygon and the corresponding field value is added to the output name;
-  *Use temporary ROI for clipping*: if checked, use a temporary ROI (see [Перелік сигнатур ROI](#) (page 29)) for clipping; UL and LR coordinates are ignored;
- : refresh layer list;

-  *NoData value* : if checked, set the value for NoData pixels (e.g. pixels outside the clipped area);
- *Output name prefix* : set the prefix for output file names (default is `clip`);

## Run

- *RUN* : choose an output destination and clip selected rasters; only rasters selected in the *Raster list* (page 68) are clipped and automatically loaded in QGIS;

## Split raster bands

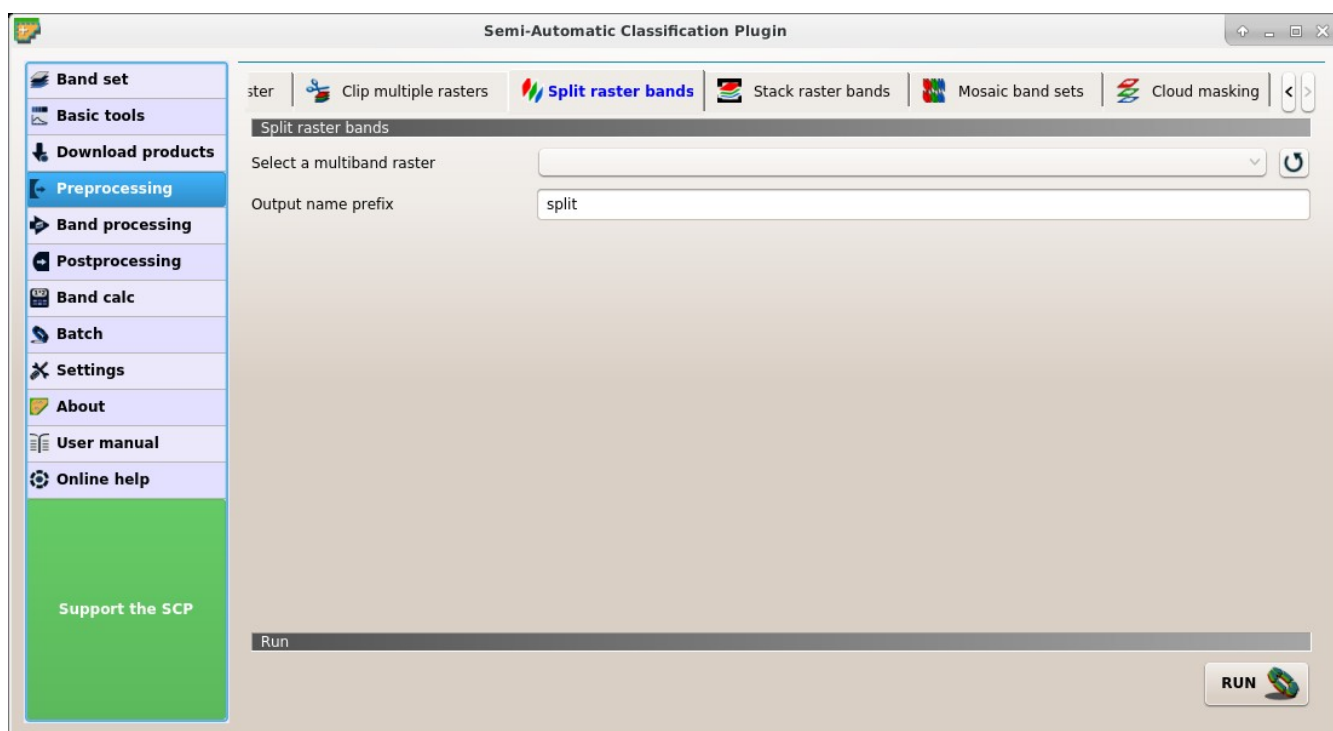





Fig. 28:  *Split raster bands*

Split a multiband raster to single bands.

## Raster input

- *Select a multiband raster* : select a multiband raster already loaded in QGIS;
- : refresh layer list;
- *Output name prefix* : set the prefix for output file names (default is `split`);

## Run

-  : choose the output destination and split selected raster; output bands are automatically loaded in QGIS;

## Stack raster bands

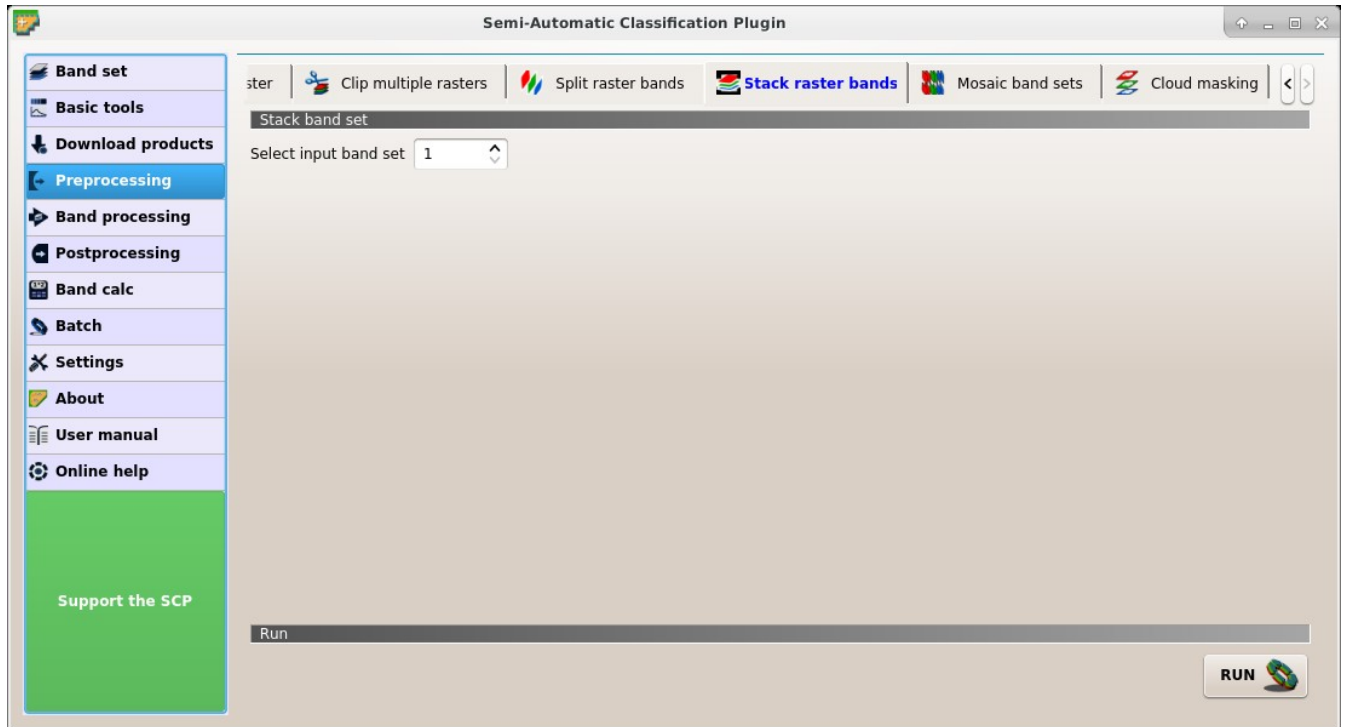





Fig. 29:  *Stack raster bands*

Stack raster bands into a single file.

## Raster list

-  : refresh layer list;
-  : select all the rasters;

## Run

-  : choose the output destination and stack selected rasters; output is automatically loaded in QGIS;

## Mosaic band sets

This tool allows for the mosaic of band sets, merging the corresponding bands of two or more band sets defined in the *Band set* (page 41). An output band is created for every corresponding set of bands in the

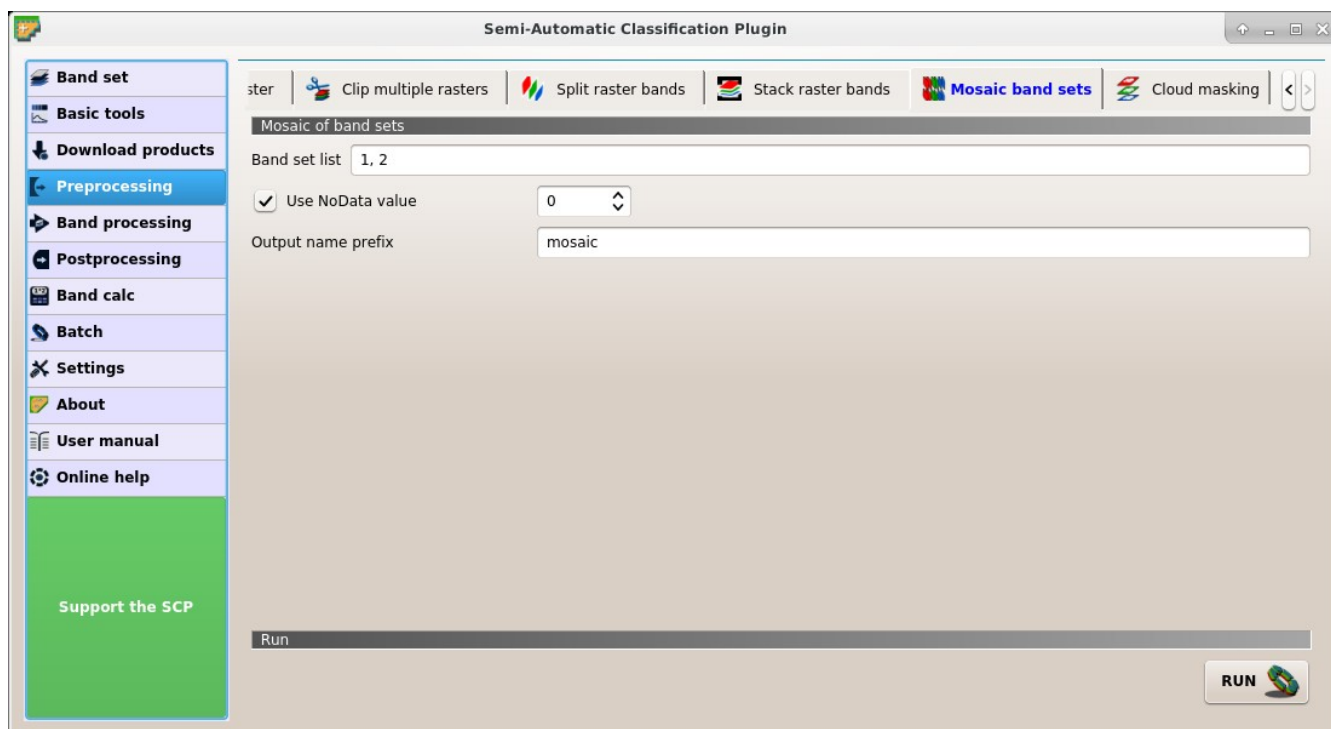






Fig. 30:  *Mosaic band sets*

band sets.

NoData values of one band set are replaced by the values of the other band sets.

### Mosaic of band sets

- *Band set list* : list of band sets defined in the *Band set* (page 41); in case of overlapping images, the pixel values of the first band set in the list are assigned.
-  *Use NoData value* : if checked, set the value of NoData pixels, ignored during the calculation;
- *Output name prefix* : set the prefix for output file names (default is *mosaic*);

### Run

- *RUN* : select an output directory and start the mosaic process;

### Cloud masking

This tool allows for cloud masking, based on the values of a raster mask, creating an output masked band for each band of the *Band set* (page 41). NoData is set in all the bands of the *Band set* (page 41) for pixels corresponding to clouds.



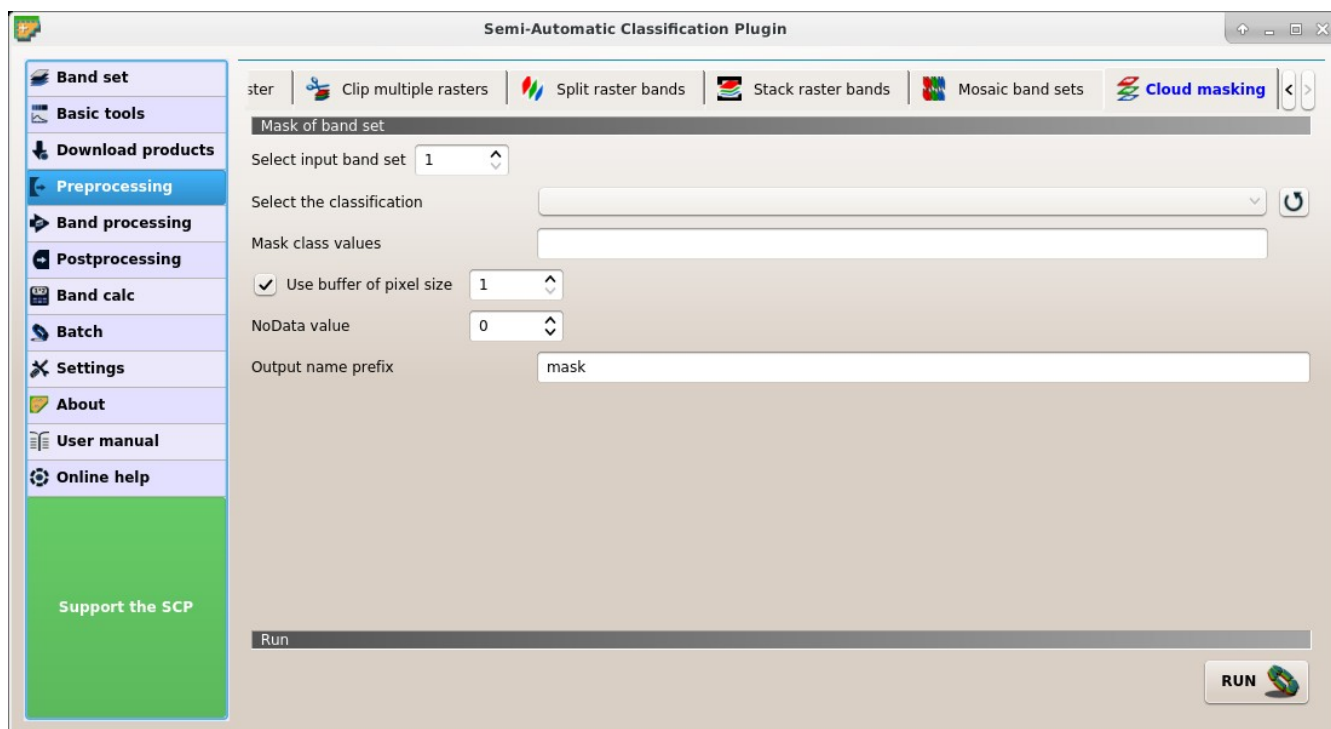










Fig. 31:  Cloud masking

### Mask of band set

- *Select input band set* : select the input *Band set* (page 41) to be masked;
- *Select the classification* : select a classification raster (already loaded in QGIS) which contains a cloud class;
- : refresh layer list;
- *Mask class values* : set the class values to be masked; class values must be separated by , and - can be used to define a range of values (e.g. 1, 3-5, 8 will select classes 1, 3, 4, 5, 8); if the text is red then the expression contains errors;
-  *Use buffer of pixel size* : if checked, a buffer is created for masked area, corresponding to the defined number of pixels; this can be useful to dilate masked area in case the mask doesn't cover the thinner border of clouds;
- *NoData value*: set the value of NoData pixels, corresponding to clouds;
- *Output name prefix* : set the prefix for output file names (default is `mask`);

### Run

- *RUN* : select an output directory and start the mask process;

### 3.4.5 Band processing

The tab  *Band processing* provides several functions that can be applied to the *Band set* (page 41).

#### Band combination

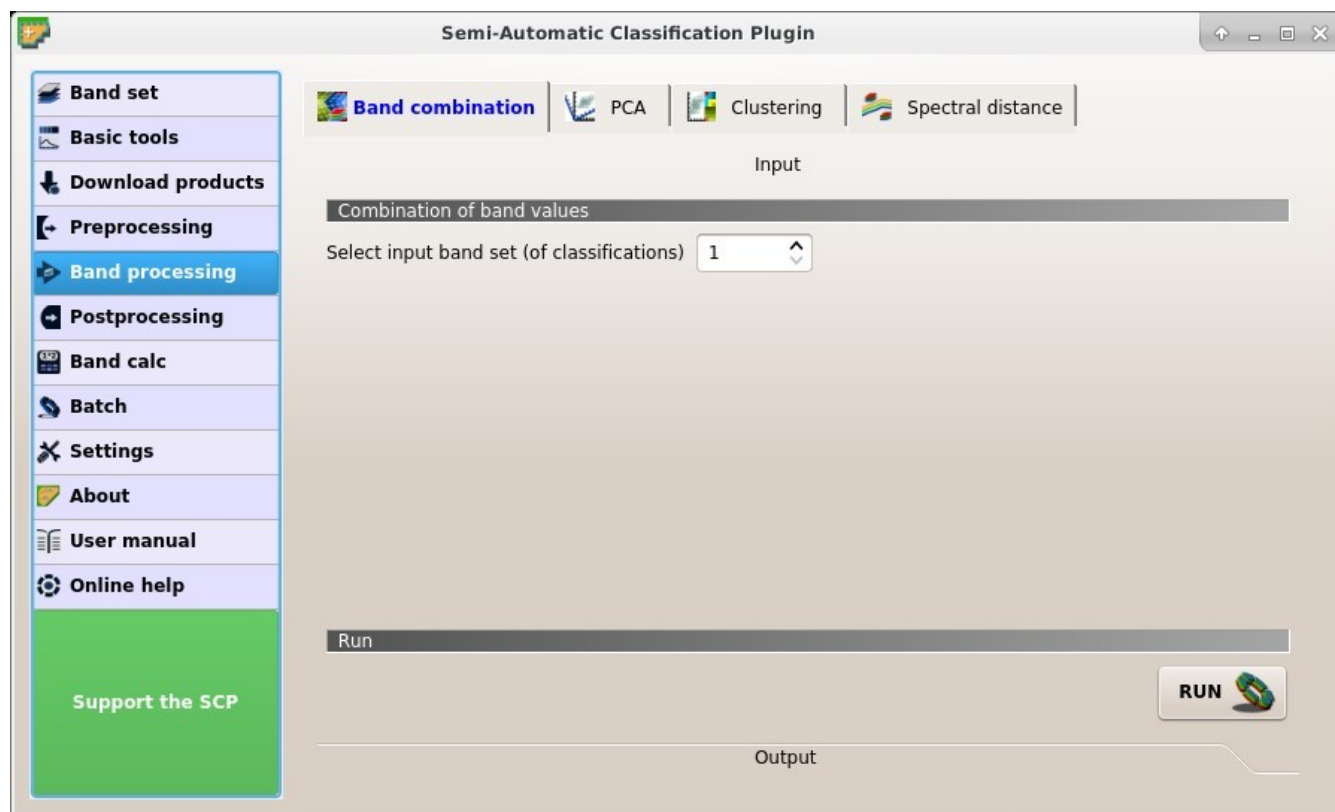




Fig. 32:  *Band combination*

This tab allows for the combination of bands loaded in a *Band set* (page 41). This tool is intended for combining classifications in order to get a raster where each value corresponds to a combination of class values. A combination raster is produced as output and the area of each combination is reported in an text file.

#### Combination of band values

- *Select input band set (of classifications)* : select the input *Band set* (page 41);

#### Run

- *RUN* : choose the output destination and start the calculation; also, the details about the combinations are displayed in the tab *Output* and saved in a .txt file in the output directory;

#### PCA

This tab allows for the PCA (*Аналіз головних компонент* (page 135)) of bands loaded in the *Band set*.

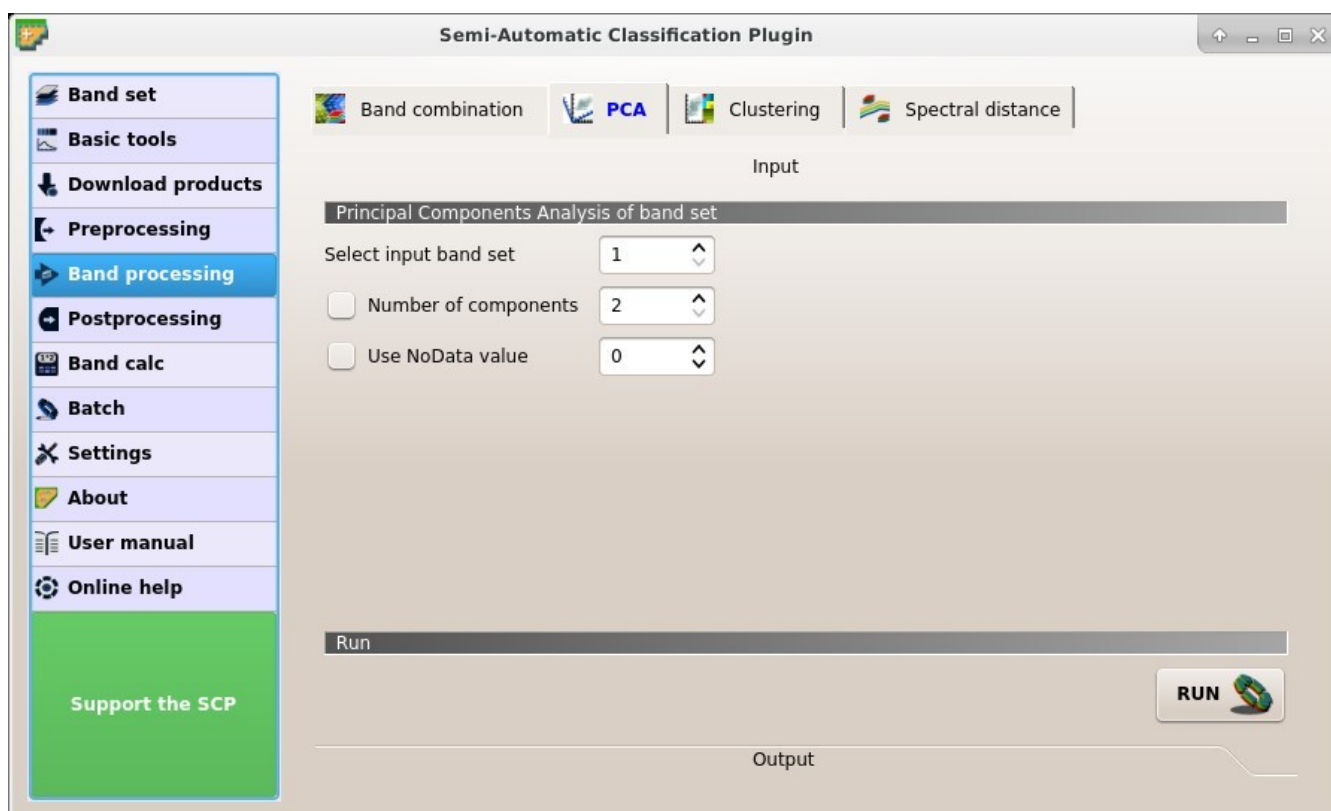







Fig. 33:  PCA

### Principal Component Analysis of Band set

- *Select input band set* : select the input *Band set* (page 41);
- ☒ *Number of components* : if checked, set the number of calculated components; if unchecked, all the components are calculated;
- ☒ *Use NoData value* : if checked, set the value of **NoData** pixels, ignored during the calculation;

### Run

-  **RUN**: select an output directory and start the calculation process; principal components are calculated and saved as raster files; also, the details about the PCA are displayed in the tab *Output* and saved in a .txt file in the output directory;

### Clustering

This tab allows for the *Clustering* (page 137) of a *Band set* (page 41). In particular, *K-means* (page 137) and *ISODATA* (page 137) methods are available.

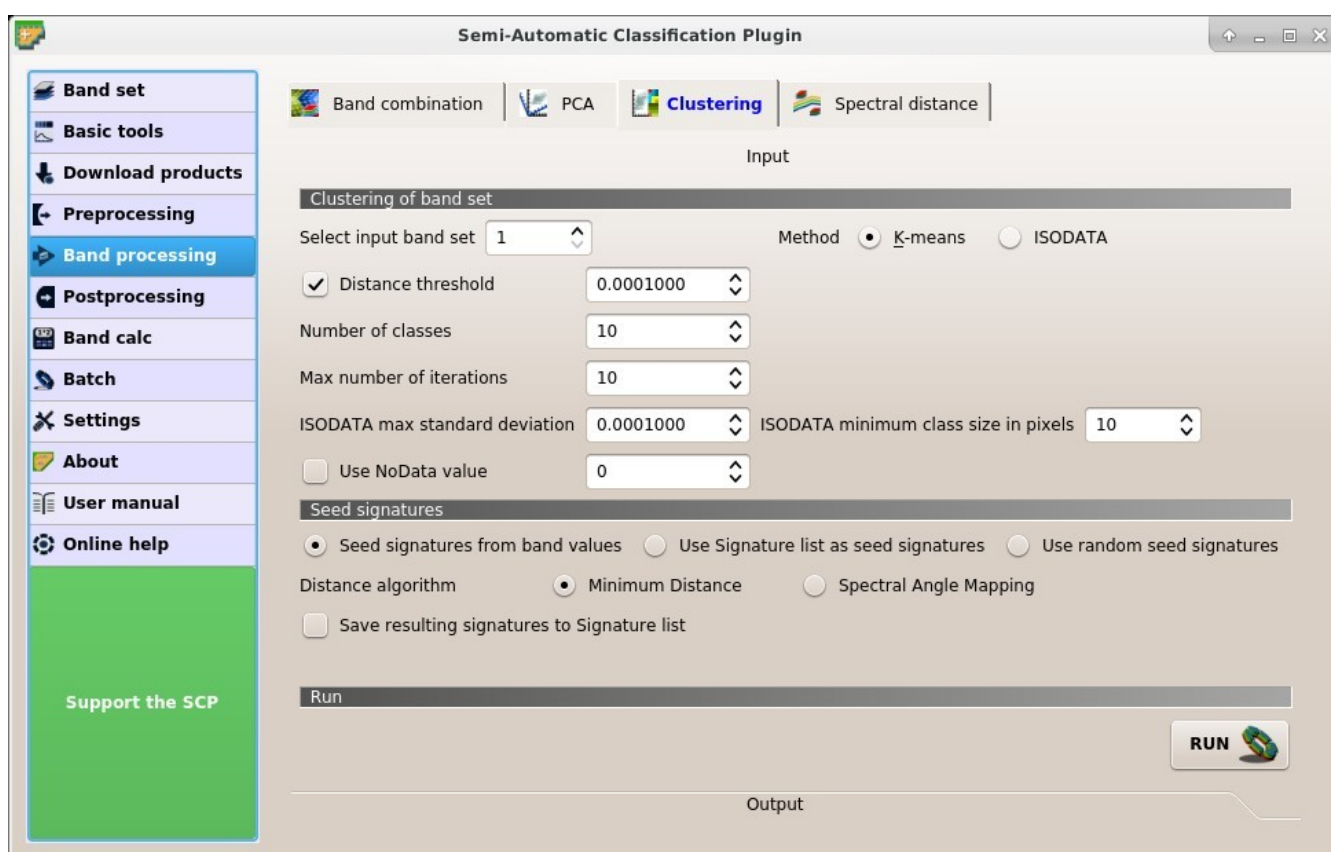



















Fig. 34:  Clustering


## Clustering of band set

- *Select input band set* : select the input *Band set* (page 41);
- *Method*  *K-means*  *ISODATA*: select the clustering method *K-means* (page 137) or *ISODATA* (page 137);
-  *Distance threshold* : if checked, for K-means: iteration is terminated if distance is lower than threshold; for ISODATA: signatures are merged if distance is greater than threshold;
- *Number of classes* : number of desired output classes;
- *Max number of iterations* : maximum number of iterations if *Distance threshold* is not reached;
- *ISODATA max standard deviation* : maximum standard deviation considered for splitting a class, for *ISODATA* algorithm only;
- *ISODATA minimum class size in pixels* : desired minimum class size in pixels, for *ISODATA* algorithm only;
-  *Use NoData value* : if checked, set the value of NoData pixels, ignored during the calculation;

## Seed signatures

-  *Seed signatures from band values*  *Use Signature list as seed signatures*  *Use random seed signatures*: select one options for seed signatures that start the iteration; the option *Seed signatures from band values* divides the spectral space of the *Band set* (page 41) to get spectral signatures; the option *Use Signature list as seed signatures* uses the spectral signatures checked in *Перелік сигнатур ROI* (page 29); the option *Use random seed signatures* randomly selects the spectral signatures of pixels in the *Band set* (page 41);
- *Distance algorithm*  *Minimum Distance*  *Spectral Angle Mapping*: select *Мінімальної відстані* (page 126) or \* *Картографування спектрального кута* (page 129) for spectral distance calculation;
-  *Save resulting signatures to Signature list*: if checked, save the resulting spectral signatures in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29);

## Run

- *RUN* : choose the output destination and start the calculation;

## Spectral distance

This tab allows for calculating the spectral distance between every corresponding pixel of two *band sets*. The output is a raster containing the spectral distance of each pixel. Optionally, a threshold can be defined for creating a binary raster of values below and above the threshold.

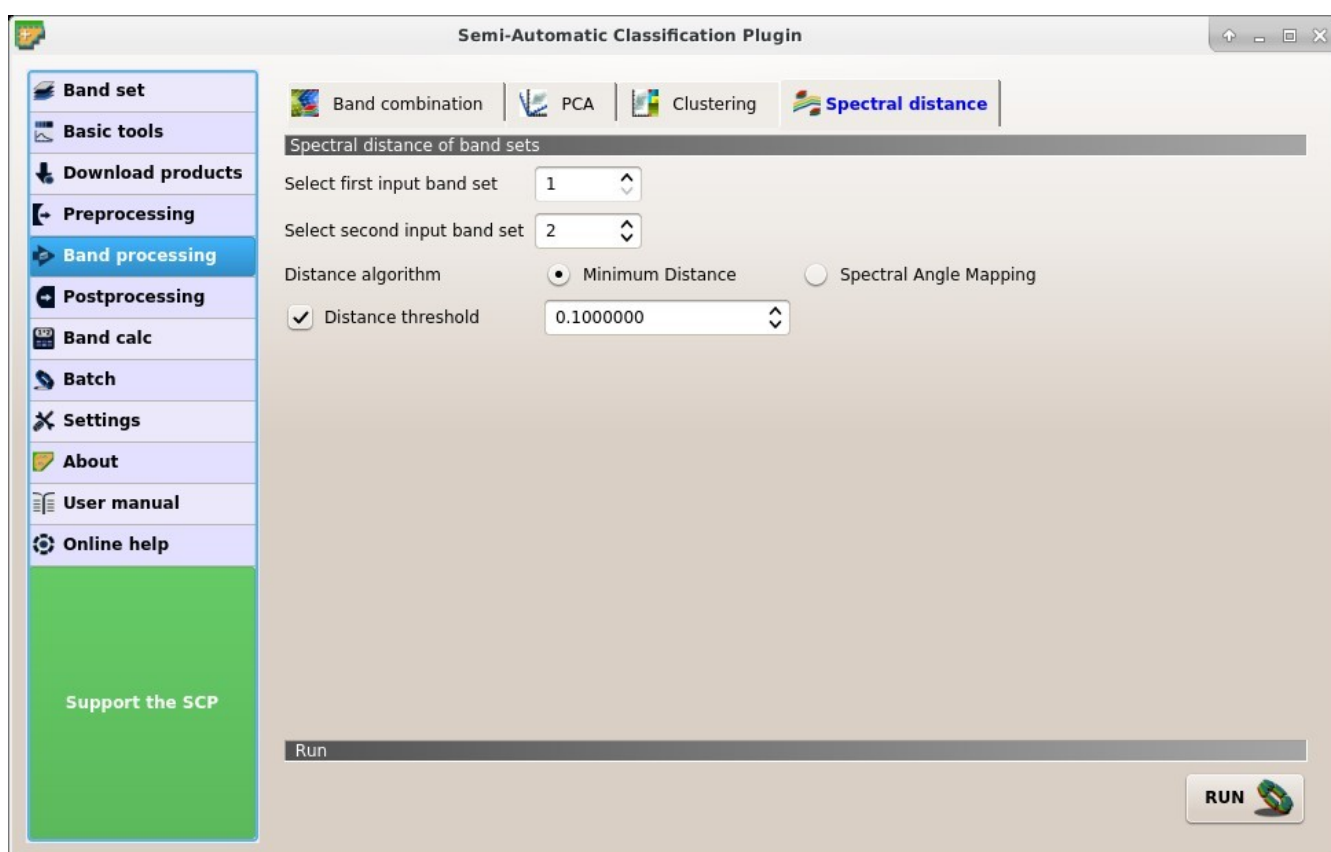









Fig. 35:  *Spectral distance*


### Spectral distance of band sets

- Select first input band set : select the first input *Band set* (page 41);
- Select second input band set : select the second input *Band set* (page 41);
- Distance algorithm  *Minimum Distance*  *Spectral Angle Mapping*: select *Мінімальної відстані* (page 126) or \* *Картографування спектрального кута* (page 129) for spectral distance calculation;
-  *Distance threshold* : if checked, a binary raster of values below and above the threshold is created;

### Run

-  *RUN*: choose the output destination and start the calculation;

### 3.4.6 Postprocessing

The tab  *Postprocessing* provides several functions that can be applied to the classification output.

#### Accuracy

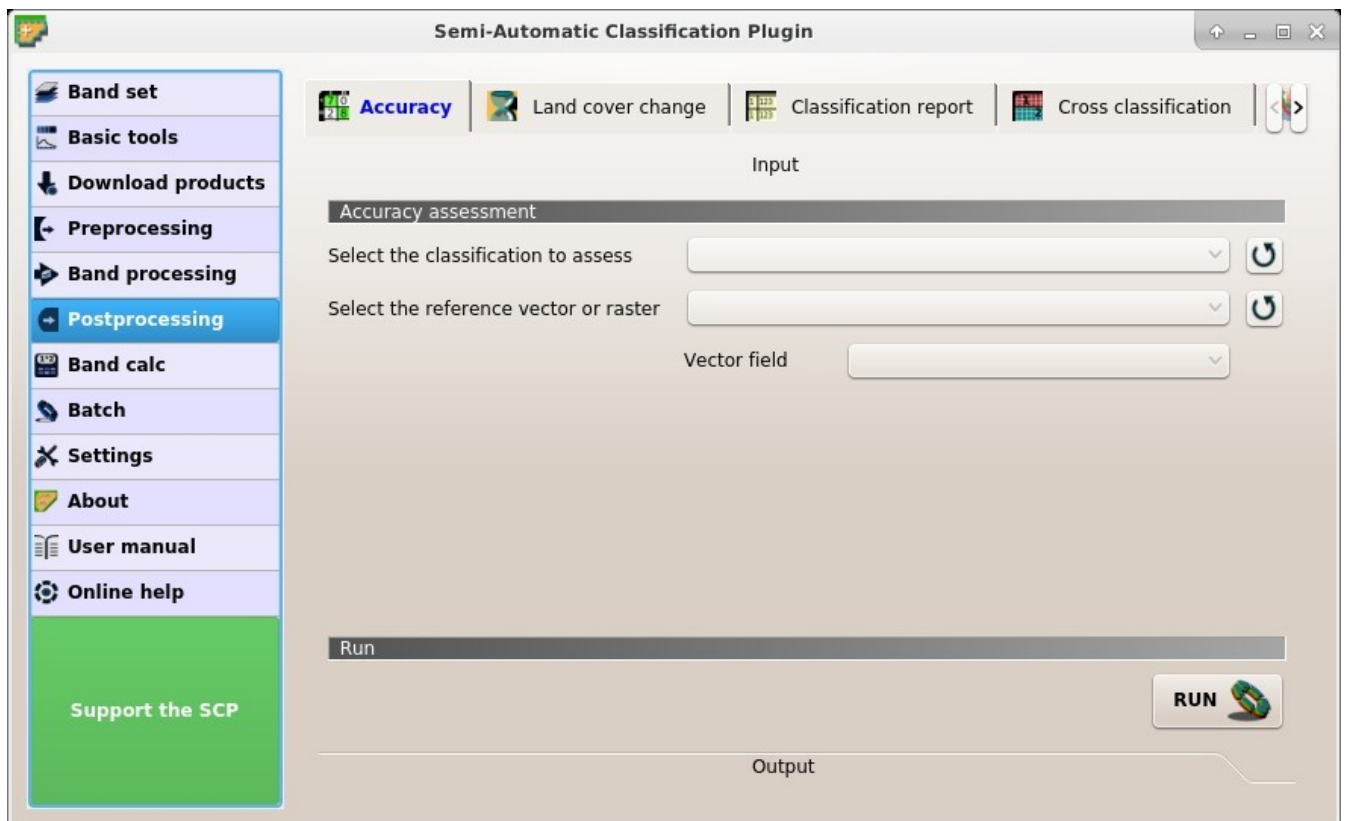







Fig. 36:  *Accuracy*

This tab allows for the validation of a classification (read *Оцінка точності* (page 134) ). Classification is compared to a reference raster or reference vector (which is automatically converted to raster). If a vector is selected as reference, it is possible to choose a field describing class values.


Several statistics are calculated such as overall accuracy, user's accuracy, producer's accuracy, and Kappa hat. In particular, these statistics are calculated according to the area based error matrix where each element represents the estimated area proportion of each class. This allows for estimating the unbiased user's accuracy and producer's accuracy, the unbiased area of classes according to reference data, and the standard error of area estimates.

The output is an **error raster** that is a **.tif** file showing the errors in the map, where pixel values represent the categories of comparison (i.e. combinations identified by the **ErrorMatrixCode** in the error matrix) between the classification and reference. Also, a text file containing the error matrix (i.e. a **.csv** file separated by tab) is created with the same name defined for the **.tif** file.

### Input

- *Select the classification to assess* : select a classification raster (already loaded in QGIS);
-  : refresh layer list;
- *Select the reference vector or raster* : select a raster or a vector (already loaded in QGIS), used as reference layer (ground truth) for the accuracy assessment;
-  : refresh layer list;
- *Vector field* : if a vector is selected as reference, select a vector field containing numeric class values;





### Run

-  **RUN** : choose the output destination and start the calculation; the error matrix is displayed in the tab *Output* and the **error raster** is loaded in QGIS;

### Land cover change

The tab **Land cover change** allows for the comparison between two classifications in order to assess land cover changes. Output is a **land cover change raster** (i.e. a file **.tif** showing the changes in the map, where each pixel represents a category of comparison (i.e. combinations) between the two classifications, which is the **ChangeCode** in the land cover change statistics) and a text file containing the land cover change statistics (i.e. a file **.csv** separated by tab, with the same name defined for the **.tif** file).

### Input

- *Select the reference classification* : select a reference classification raster (already loaded in QGIS);
-  : refresh layer list;
- *Select the new classification* : select a new classification raster (already loaded in QGIS), to be compared with the reference classification;
-  : refresh layer list;



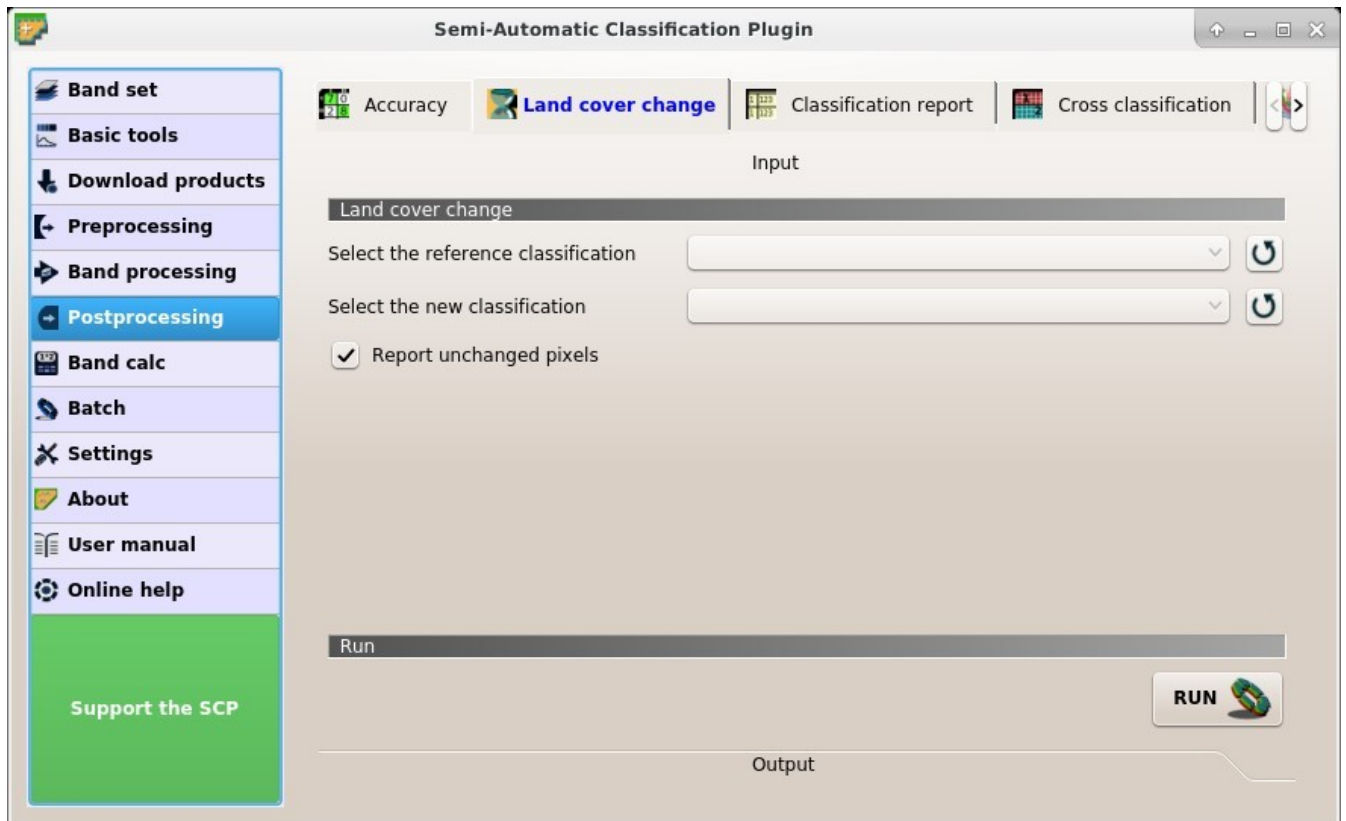




Fig. 37:  *Land cover change*

-  *Report unchanged pixels*: if checked, report also unchanged pixels (having the same value in both classifications);





## Run

- *RUN* : choose the output destination and start the calculation; the land cover change statistics are displayed in the tab *Output* (and saved in a text file) and the **land cover change raster** is loaded in QGIS;

## Classification report

This tab allows for the calculation of class statistics such as number of pixels, percentage and area (area unit is defined from the image itself).

## Input

- *Select the classification* : select a classification raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;
-  *Use NoData value* : if checked, NoData value will be excluded from the report;

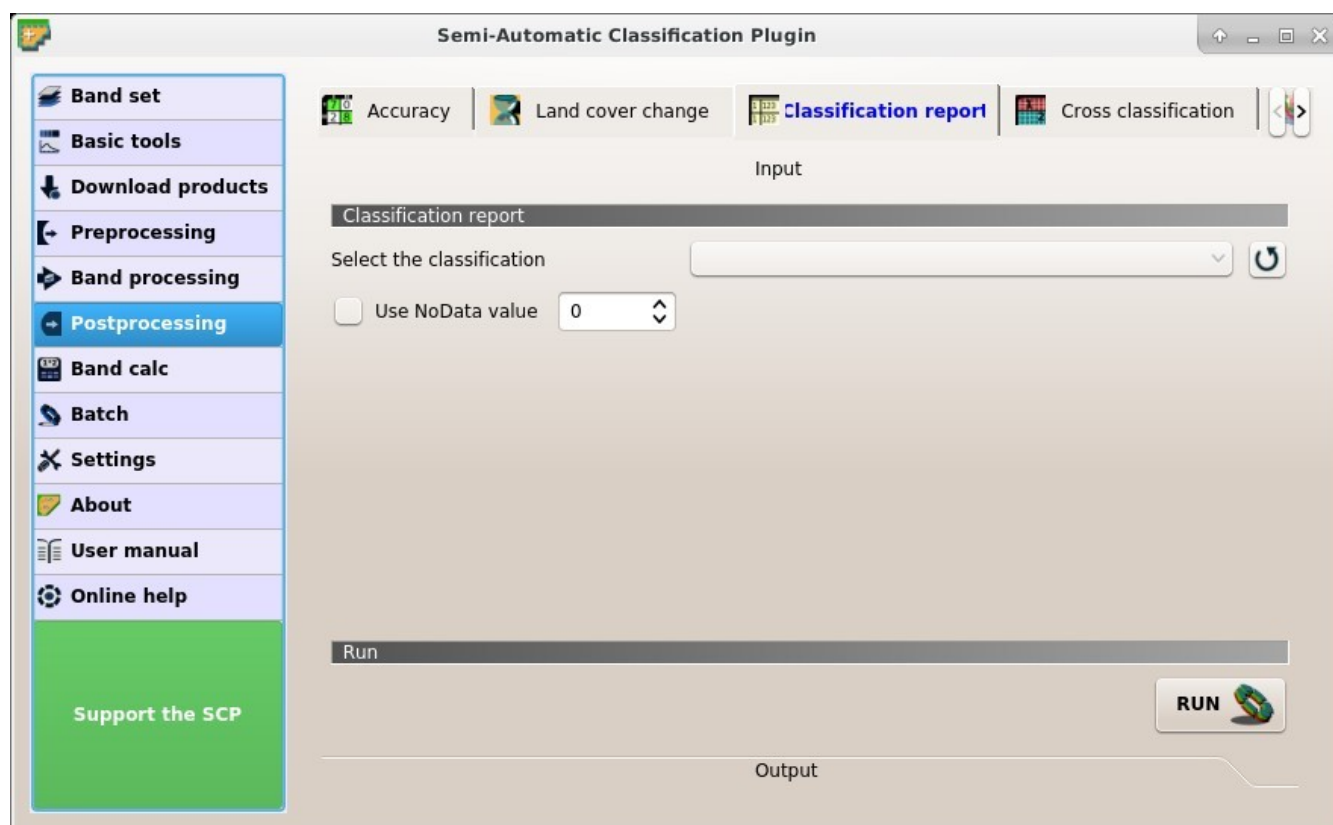



Fig. 38:  *Classification report*

## Run





-  *RUN*: choose the output destination and start the calculation; the report is saved in a text file and displayed in the tab *Output*;

## Cross classification

This tab allows for the calculation of a cross classification raster and matrix. Classification is compared to a reference raster or reference vector (which is automatically converted to raster). This is useful for calculating the area for every combination between reference classes and classification values. If a vector is selected as reference, it is possible to choose a field describing class values.

The output is a **cross raster** that is a **.tif** file where pixel values represent the categories of comparison (i.e. combinations identified by the **CrossMatrixCode**) between the classification and reference. Also, a text file containing the cross matrix (i.e. a **.csv** file separated by tab) is created with the same name defined for the **.tif** file.

## Input

- *Select the classification* : select a classification raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;
-  *Use NoData value* : if checked, NoData value will be excluded from the calculation;

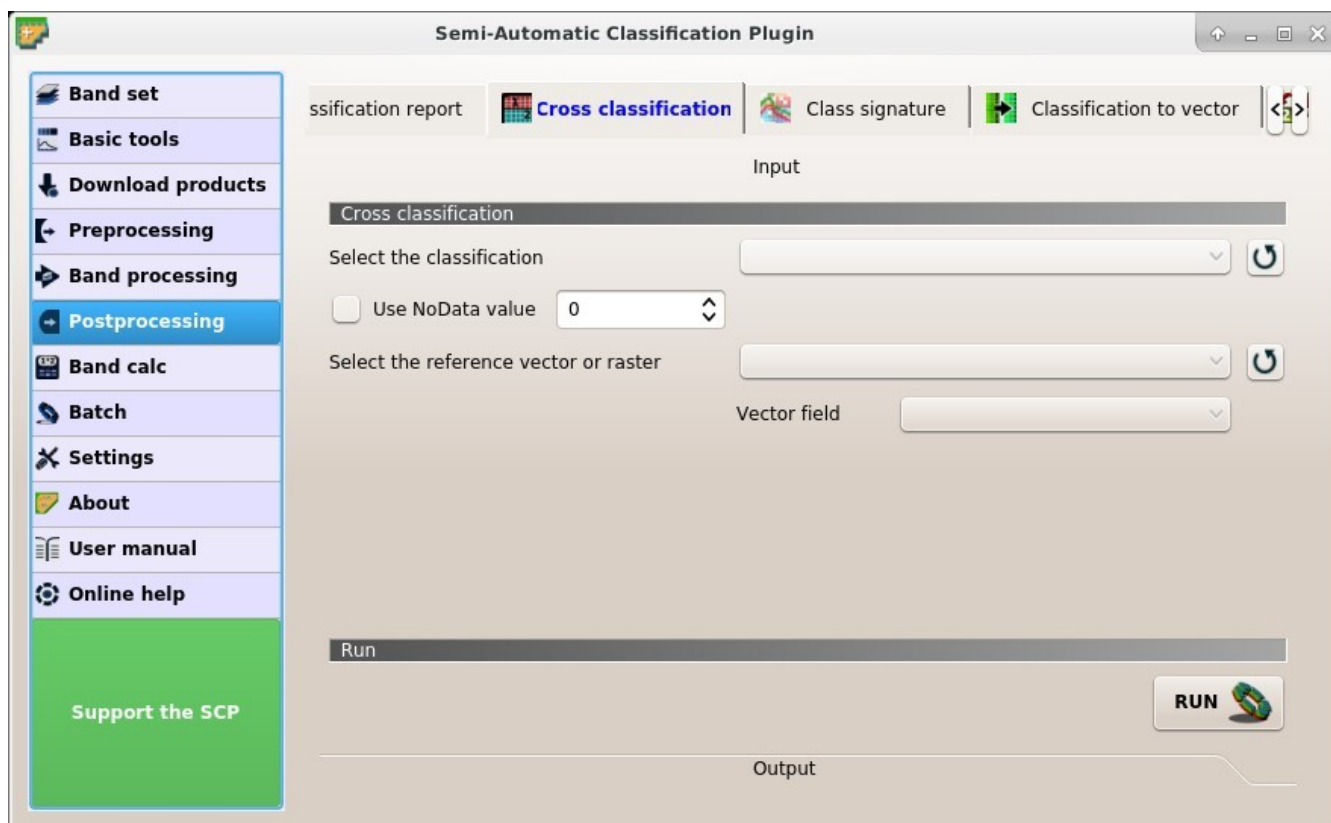






Fig. 39:  Cross classification




- *Select the reference vector or raster* : select a raster or a vector (already loaded in QGIS), used as reference layer;
- : refresh layer list;
- *Vector field* : if a vector is selected as reference, select a vector field containing numeric class values;

#### Run

- *RUN* : choose the output destination and start the calculation; the cross matrix is displayed in the tab *Output* and the **cross raster** is loaded in QGIS;

#### Class signature

This tab allows for the calculation of the mean spectral signature of each class in a classification using a *Band set* (page 41).

- *Select the classification* : select a classification raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;
- *Select input band set* : select the input *Band set* (page 41) for spectral signature calculation;

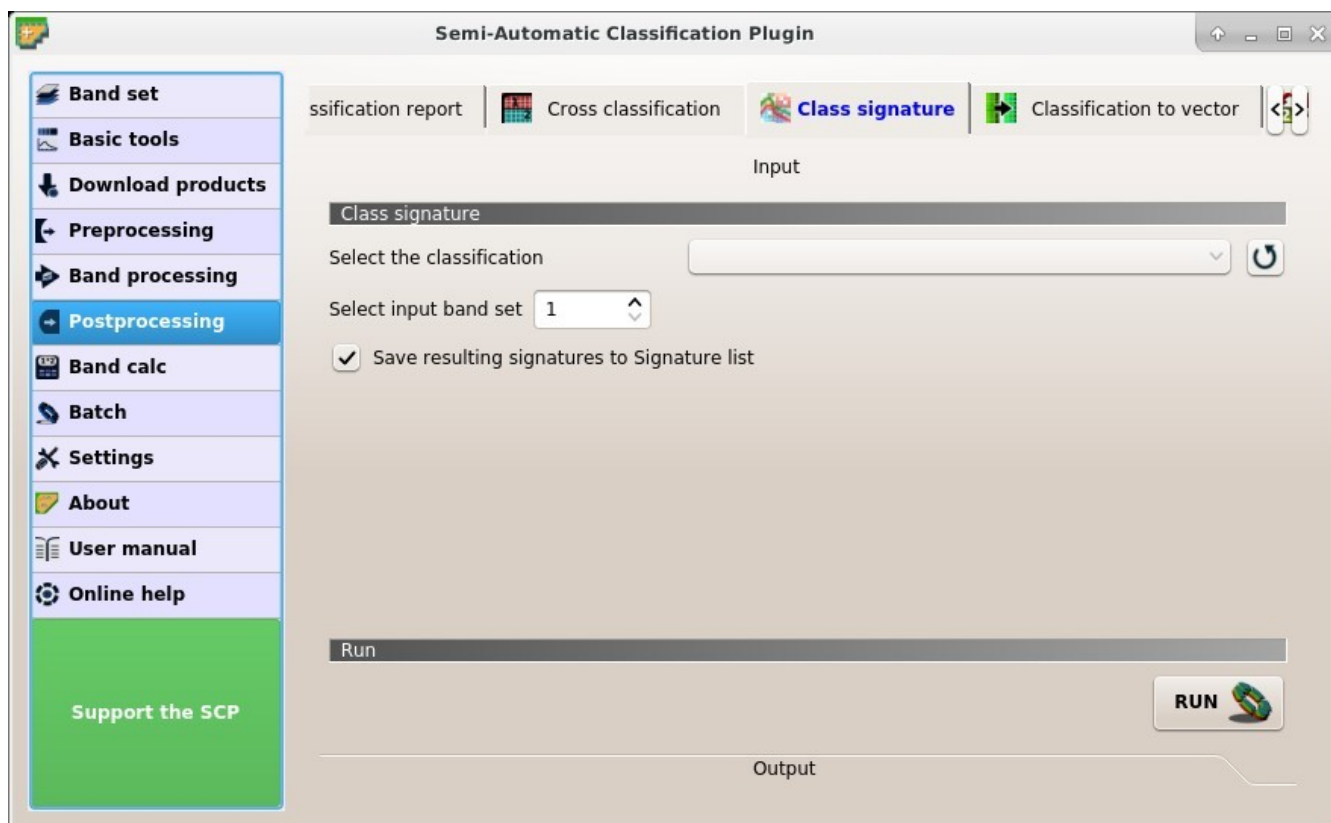




Fig. 40:  *Class signature*



-  *Save resulting signatures to Signature list*: if checked, save the resulting spectral signatures to *Перелік сигнатур ROI* (page 29);

## Run



- *RUN* : choose the output destination and start the conversion;

## Classification to vector

This tab allows for the conversion of a classification raster to vector shapefile.

- *Select the classification* : select a classification raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;

## Symbology

-  *Use code from Signature list* : if checked, color and class information are defined from *Перелік сигнатур ROI*
  - MC ID: use the ID of macroclasses;
  - C ID: use the ID of classes;

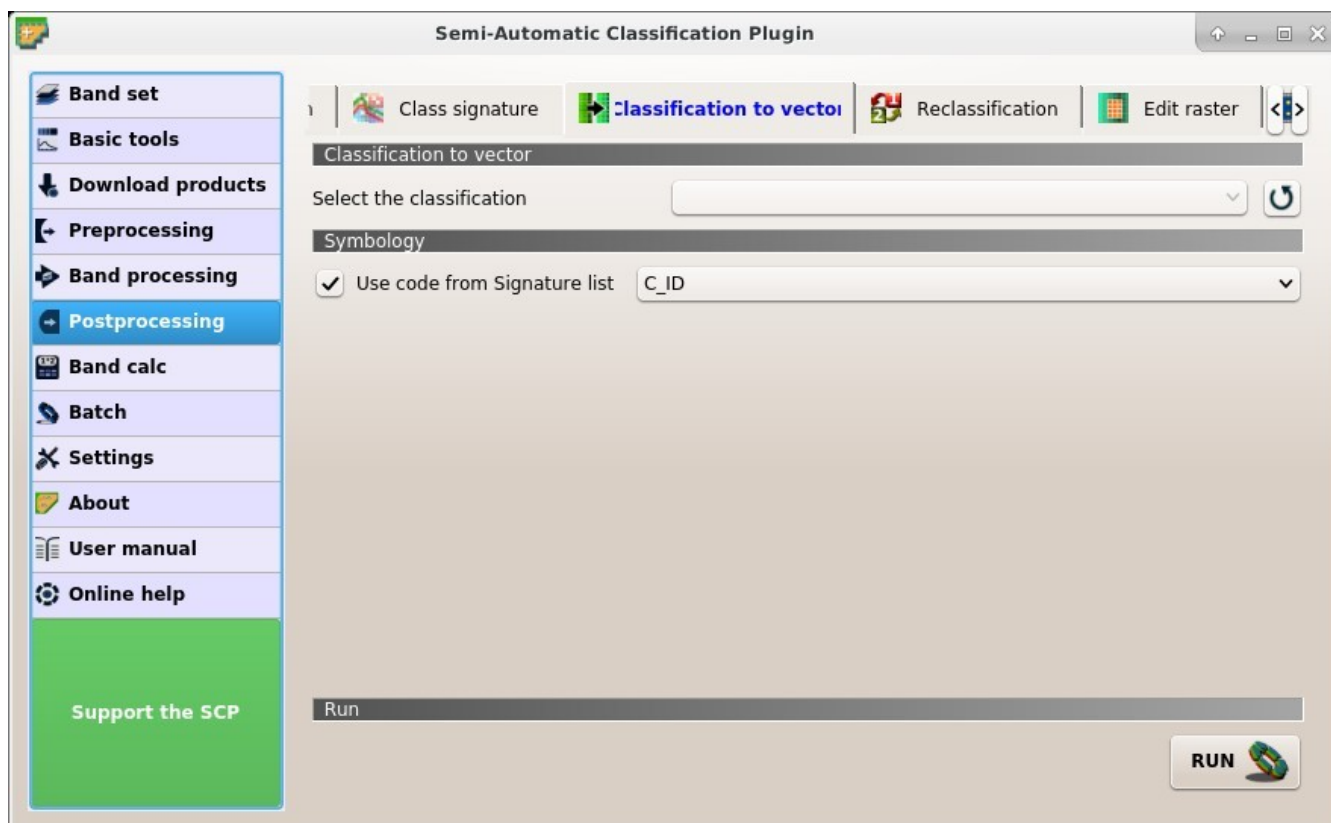





Fig. 41:  *Classification to vector*

## Run





-  *RUN*: choose the output destination and start the conversion;

## Reclassification

This tab allows for the reclassification (i.e. assigning a new class code to raster pixels). In particular, it eases the conversion from C ID to MC ID values.

- *Select the classification* : select a classification raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;

## Values

-  *calculate C ID to MC ID values*: if checked, the reclassification table is filled according to the *Перелік сигнатур ROI* (page 29) when *Calculate unique values*  is clicked;
- *Calculate unique values* : calculate unique values in the classification and fill the reclassification table;
-  *Values*: table containing the following fields;

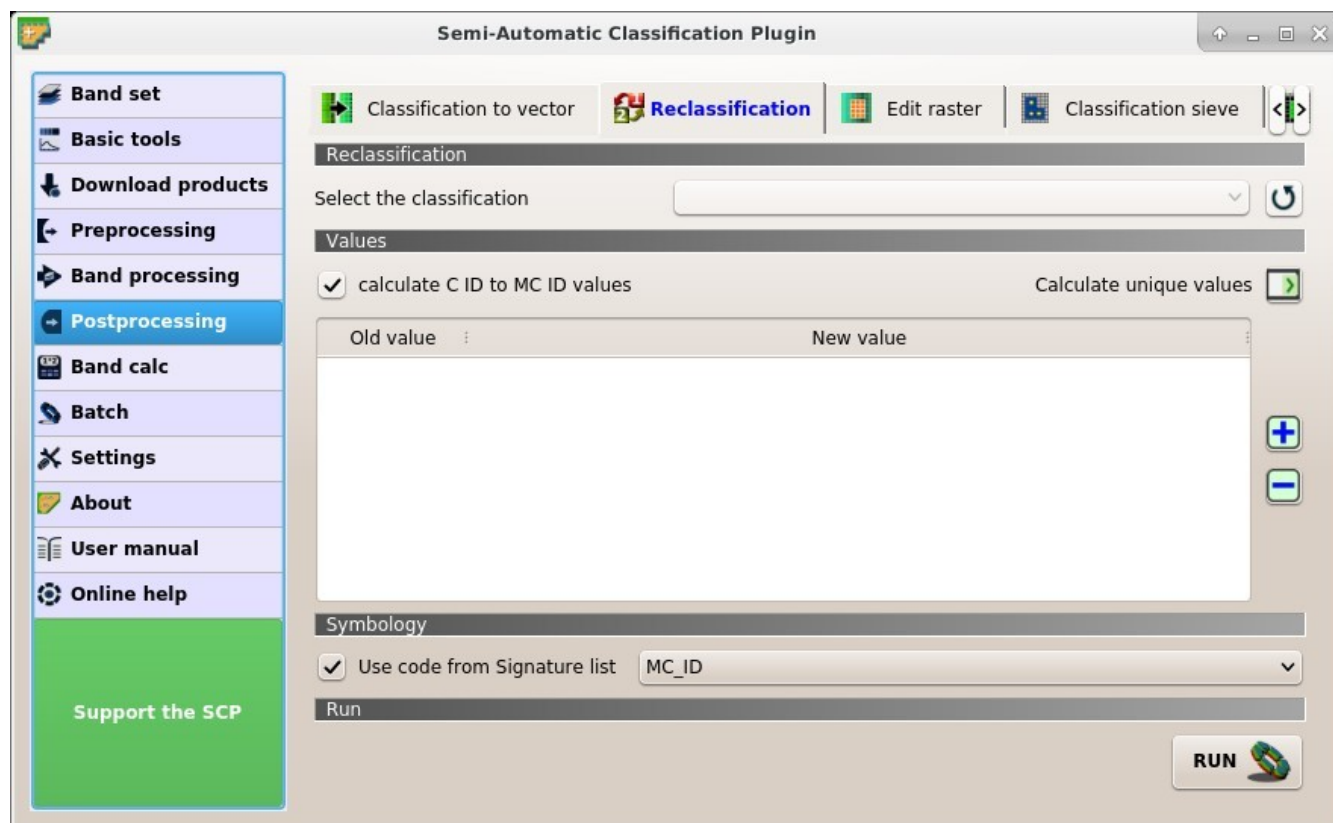






Fig. 42:  *Reclassification*


- *Old value*: set the expression defining old values to be reclassified; *Old value* can be a value or an expressions defined using the variable name **raster** (custom names can be defined in *Variable name for expressions* (page 101) ), following Python operators (e.g. **raster > 3** select all pixels having value > 3 ; **raster > 5 | raster < 2** select all pixels having value > 5 or < 2 ; **raster >= 2 & raster <= 5** select all pixel values between 2 and 5);
- *New value*: set the new value for the old values defined in *Old value*;

- : add a row to the table;
- : remove highlighted rows from the table;

### Symbology

-  *Use code from Signature list* : if checked, color and class information are defined from *Перегляд*
  - MC ID: use the ID of macroclasses;
  - C ID: use the ID of classes;

## Run

-  *RUN*: choose the output destination and start the calculation; reclassified raster is loaded in QGIS;

## Edit raster

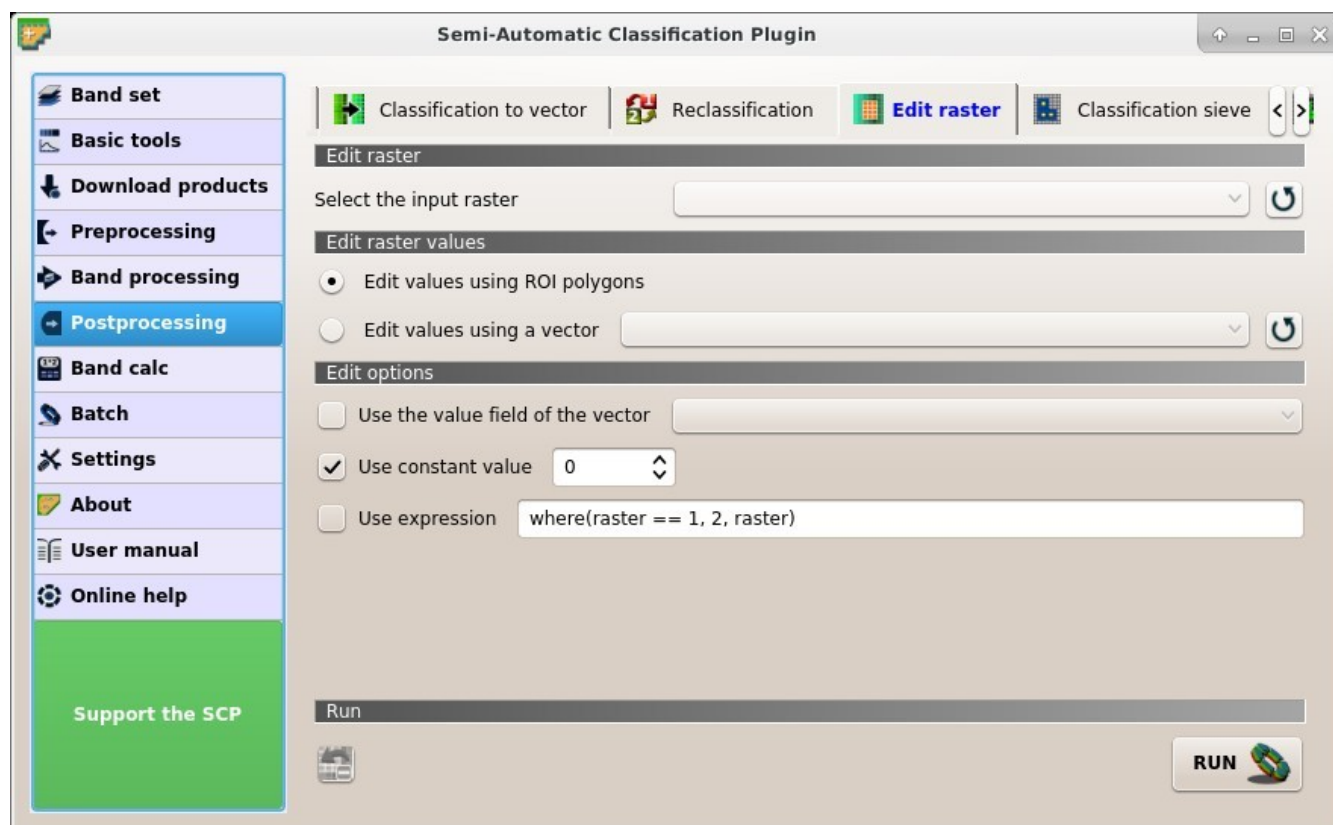




Fig. 43:  *Edit raster*


This tab allows for the direct editing of pixel values in a raster. Only pixels beneath ROI polygons or vector polygons are edited.

**Attention:** the input raster is directly edited; it is recommended to create a **backup copy** of the input raster before using this tool in order to prevent data loss.




This tool can rapidly edit large rasters, especially when editing polygons are small, because pixel values are edited directly. In addition, the *Панель редагування SCP* (page 111) is available for easing the raster editing using multiple values.

- *Select the input raster* : select a raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;







## Edit raster values

-  *Edit values using ROI polygons*: if checked, raster is edited using temporary ROI polygons in the map;





-  *Edit values using a vector* : if checked, raster is edited using all the polygons of selected vector;
- : refresh layer list;

### Edit options





-  *Use the value field of the vector* : if checked, raster is edited using the selected vector (in *Edit values using a vector*) and the polygon values of selected vector field;
-  *Use constant value* : if checked, raster is edited using the selected constant value;
-  *Use expression* : if checked, raster is edited according to the entered expression; the expression must contain one or more **where**; accepted variable are **raster** representing the input raster value and **vector** representing the vector value if selected; the following example expression **where(raster == 1, 2, raster)** is already entered, which sets 2 where **raster** equals 1, and leaves unchanged the values where **raster** is not equal to 1;

### Run


- : undo the last raster edit (available only when using ROI polygons);
- *RUN* : edit the raster;

### Classification sieve

This tab allows for the replacement of isolated pixel values with the value of the largest neighbour patch (based on [GDAL Sieve](#) ). It is useful for removing small patches from a classification.

- *Select the classification* : select a raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;
- *Size threshold* : size of the patch to be replaced (in pixel unit); all patches smaller the the selected number of pixels will be replaced by the value of the largest neighbour patch;
- *Pixel connection* : select the type of pixel connection:
  - 4: in a 3x3 window, diagonal pixels are not considered connected;
  - 8: in a 3x3 window, diagonal pixels are considered connected;

### Run

- *RUN* : choose the output destination and start the calculation;

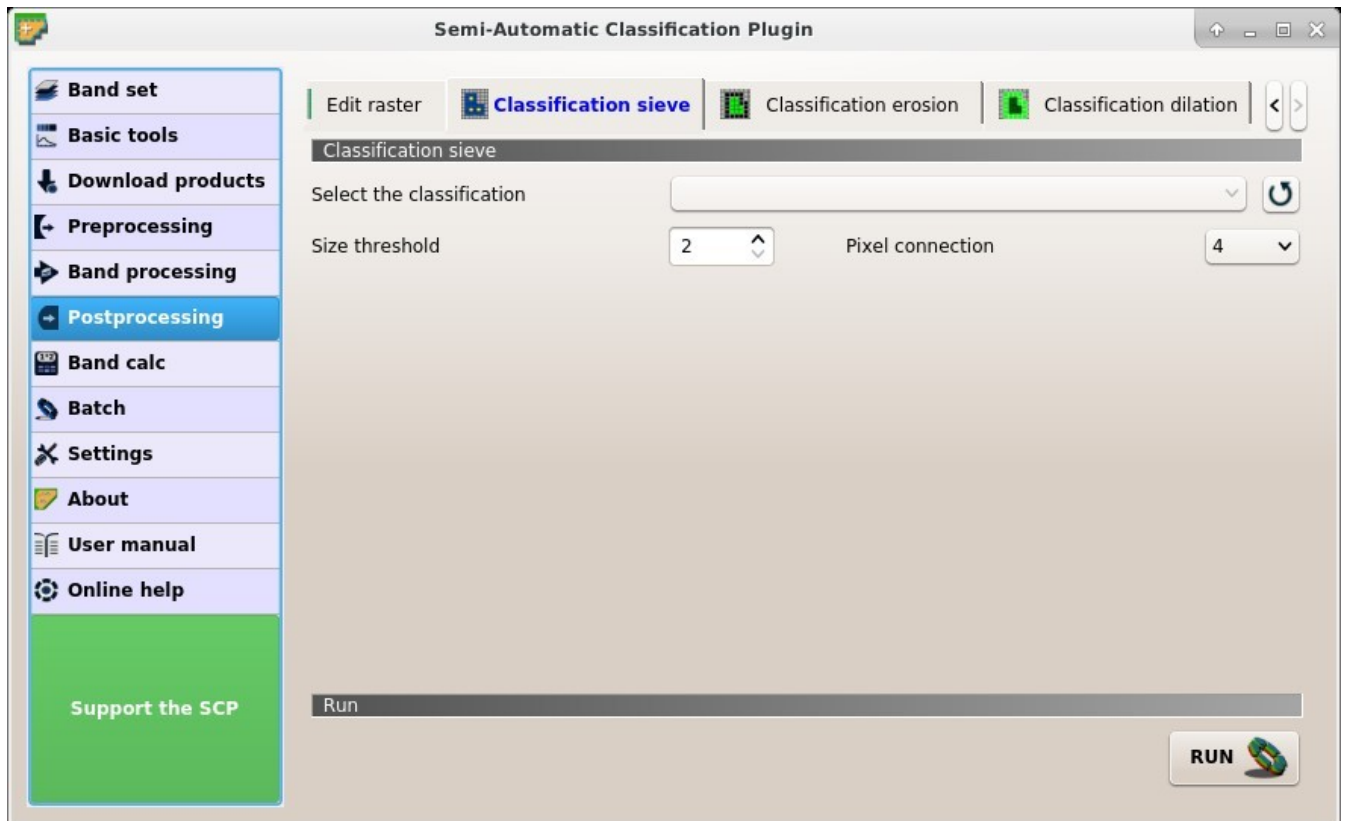


Fig. 44:  *Classification sieve*

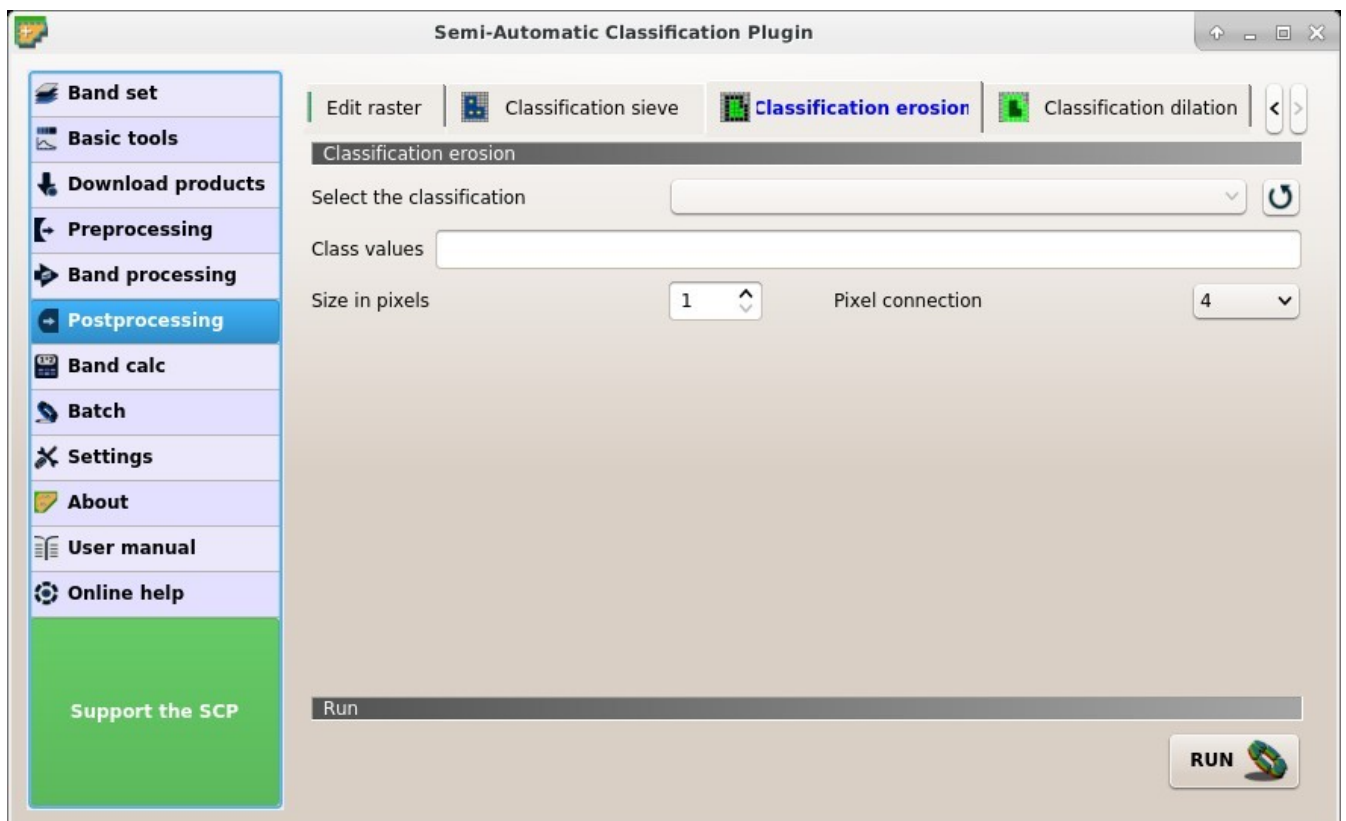








Fig. 45:  *Classification erosion*

## Classification erosion

This tab allows for removing the border of a class patch (erosion), defining the class values to be eroded and the number of pixels from the border. It is useful for classification refinement.

- *Select the classification* : select a raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;
- *Class values* : set the class values to be eroded; class values must be separated by , and - can be used to define a range of values (e.g. 1, 3-5, 8 will select classes 1, 3, 4, 5, 8); if the text is red then the expression contains errors;
- *Size in pixels* : number of pixels to be eroded from the border;
- *Pixel connection* : select the type of pixel connection:
  - 4: in a 3x3 window, diagonal pixels are not considered connected;
  - 8: in a 3x3 window, diagonal pixels are considered connected;

## Run

- *RUN* : choose the output destination and start the calculation;

## Classification dilation

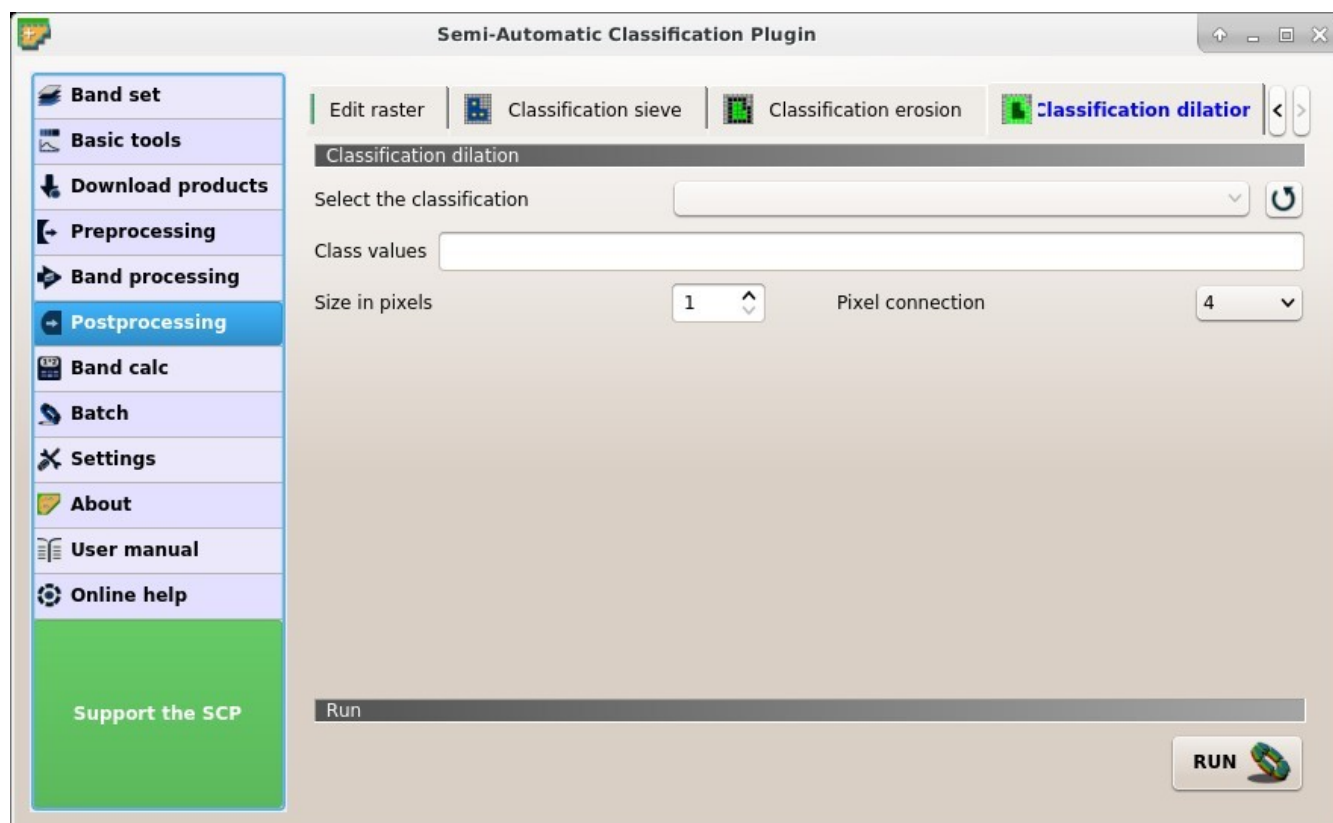








Fig. 46:  Classification dilation

This tab allows for dilating the border of a class patch, defining the class values to be dilated and the number of pixels from the border. It is useful for classification refinement.

- *Select the classification* : select a raster (already loaded in QGIS);
- : refresh layer list;
- *Class values* : set the class values to be dilated; class values must be separated by , and - can be used to define a range of values (e.g. 1, 3-5, 8 will select classes 1, 3, 4, 5, 8); if the text is red then the expression contains errors;
- *Size in pixels* : number of pixels to be dilated from the border;
- *Pixel connection* : select the type of pixel connection:
  - 4: in a 3x3 window, diagonal pixels are not considered connected;
  - 8: in a 3x3 window, diagonal pixels are considered connected;

## Run

- *RUN* : choose the output destination and start the calculation;

### 3.4.7 Band calc

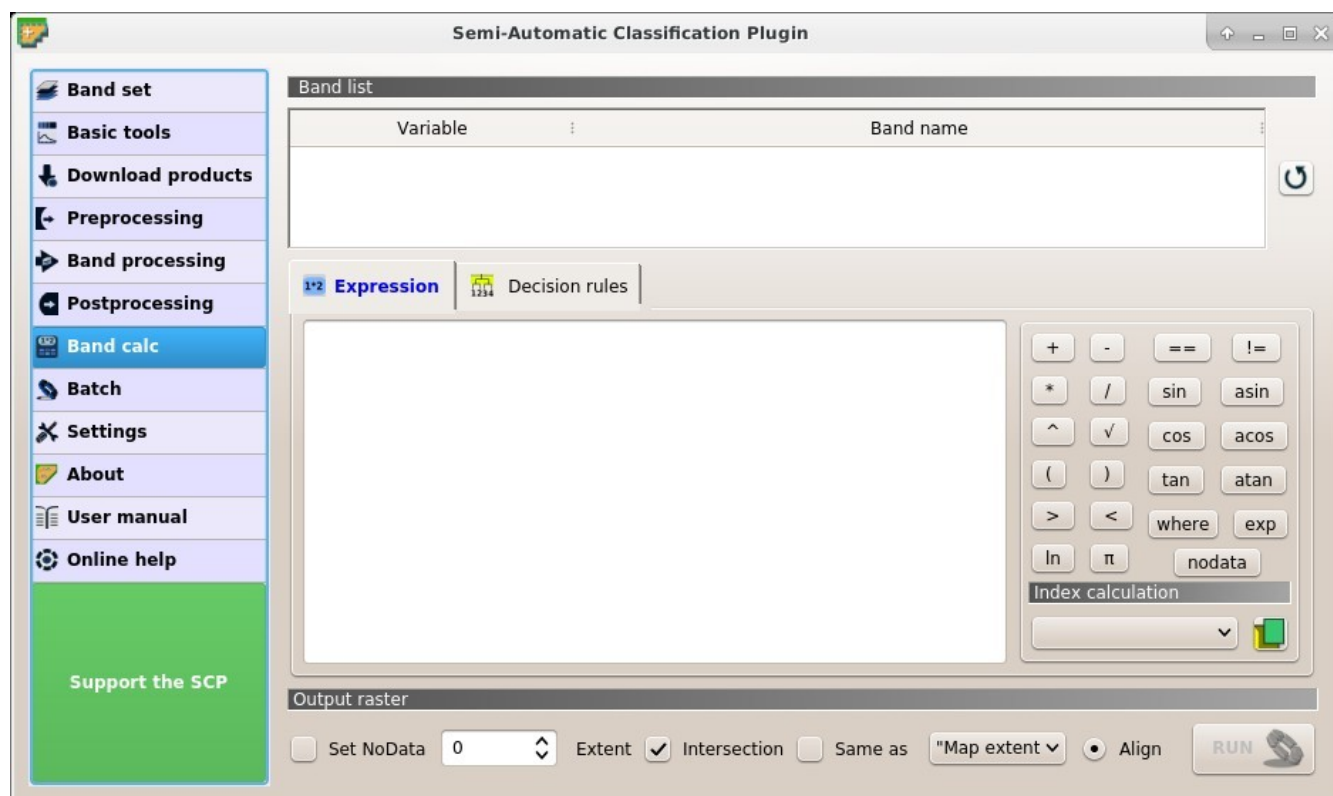




Fig. 47:  *Band calc*

The Band calc allows for the **raster calculation for bands** (i.e. calculation of pixel values) using [NumPy functions](#) . Raster bands must be already loaded in QGIS. Input rasters must be in the same projection.

In addition, it is possible to calculate a raster using **decision rules**.

### Band list

-  **Band list**: table containing a list of single band rasters (already loaded in QGIS);
  - *Variable*: variable name defined automatically for every band (e.g. raster1, raster2);
  - *Band name*: band name (i.e. the layer name in QGIS);
-  : refresh image list;

### Expression

Enter a mathematical expression for raster bands. In particular, NumPy functions can be used with the prefix *np.* (e.g. `np.log10(raster1)`). For a list of NumPy functions see [the NumPy page](#).

The expression can work with both *Variable* and *Band name* (between double quotes). Also, bands in the *Band set* (page 41) can be referenced directly; for example `bandset#b1` refers to band 1 of the *Band set*. Double click on any item in the *Band list* (page 92) for adding its name to the expression. In addition, the following variables related to *Band set* (page 41) are available:

- «`#BLUE#`»: the band with the center wavelength closest to 0.475  $\mu m$ ;
- «`#GREEN#`»: the band with the center wavelength closest to 0.56  $\mu m$ ;
- «`#RED#`»: the band with the center wavelength closest to 0.65  $\mu m$ ;
- «`#NIR#`»: the band with the center wavelength closest to 0.85  $\mu m$ ;

Variables for output name are available:

- `#BANDSET#`: the name of the first band in the *Band set* (page 41);
- `#DATE#`: the current date and time (e.g. 20161110\_113846527764);

If text in the *Expression* is green, then the syntax is correct; if text is red, then the syntax is incorrect and it is not possible to execute the calculation.

It is possible to enter multiple expressions separated by newlines such as the following example:

```
"raster1" + "raster2"
"raster3" - "raster4"
```

The above example calculates two new rasters in the output directory with the suffix `_1` (e.g. `calc_raster_1`) for the first expression and `_2` (e.g. `calc_raster_2`) for the second expression. Also, it is possible to define the output name using the symbol `@` followed by the name, such as the following example:

```
"raster1" + "raster2" @ calc_1
"raster3" - "raster4" @ calc_2
```



The following buttons are available:

- `+`: plus;
- `-`: minus;
- `*`: product;
- `/`: ratio;
- `^`: power;

- $V$ : square-root;
- (: open parenthesis;
- ): close parenthesis;
- >: greater then;
- <: less then;
- $\ln$ : natural logarithm;
- $\pi$ : pi;
- ==: equal;
- !=: not equal;
- $\sin$ : sine;
- $\text{asin}$ : inverse sine;
- $\cos$ : cosine;
- $\text{acos}$ : inverse cosine;
- $\tan$ : tangent;
- $\text{atan}$ : inverse tangent;
- *where*: conditional expression according to the syntax `where( condition , value if true, value if false)` (e.g. `where("raster1" == 1, 2, "raster1")`);
- *exp*: natural exponential;
- *nodata*: NoData value of raster (e.g. `nodata("raster1")`); it can be used as value in the expression (e.g. `where("raster1" == nodata("raster1"), 0, "raster1")`);

## Index calculation

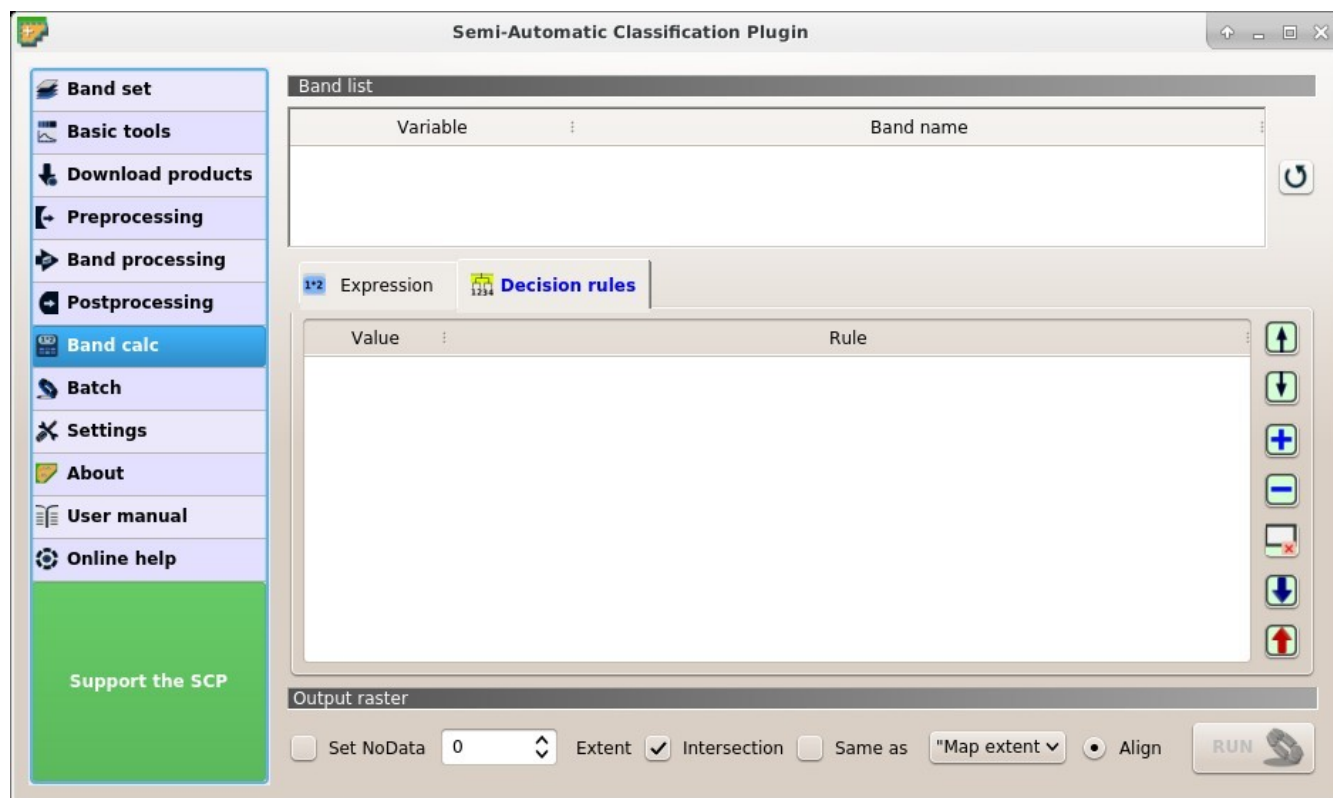
*Index calculation* allows for entering a spectral index expression (see *Спектральні індекси* (page 136)).

- **Index calculation** : list of spectral indices:
  - *NDVI*: if selected, the NDVI calculation is entered in the *Expression* ( ( ( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + "#RED#" ) @ NDVI ) );
  - *EVI*: if selected, the EVI calculation is entered in the *Expression* ( 2.5 \* ( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + 6 \* "#RED#" - 7.5 \* "#BLUE#" + 1 ) @ EVI );
- : open a text file (.txt) containing custom expressions to be listed in *Index calculation*; the text file must contain an expression for each line; each line must be in the form **expression\_name**; **expression** (separated by ;) where the **expression\_name** is the expression name that is displayed in the *Index calculation*; if you open an empty text file, the default values are restored; following an example of text content:









```
NDVI; ( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + "#RED#" ) @NDVI
EVI; 2.5 * ( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + 6 * "#RED#" - 7.5 * "#BLUE#" + 1 ) @EVI
SR; ( "#NIR#" / "#RED#" ) @SR
```

## Decision rules

*Decision rules* allows for the calculation of an output raster based on rules. Rules are conditional statements based on other rasters; if the *Rule* is true, the corresponding *Value* is assigned to the output pixel.




Rules are verified from the first to the last row in the table; if the first *Rule* is false, the next *Rule* is verified for that pixel, until the last rule. If multiple rules are true for a certain pixel, the value of the first *Rule* is assigned to that pixel. The NoData value is assigned to those pixels where no *Rule* is true.

-  **Decision rules:** table containing the following fields;
  - *Value*: the value assigned to pixels if the *Rule* is true;
  - *Rule*: the rule to be verified (e.g. "raster1" > 0); multiple conditional statements can be entered separated by ; (e.g. "raster1" > 0; "raster2" < 1 which means to set the *Value* where raster1 > 0 and raster2 < 1);
- : move highlighted rule up;
- : move highlighted rule down;
- : add a new row to the table;
- : delete the highlighted rows from the table;
- : clear the table;
- : export the rules to a text file that can be imported later;
- : import rules from a text file;



## Output raster

The output raster is a .tif file, with the same spatial resolution and projection of input rasters; if input rasters have different spatial resolutions, then the highest resolution (i.e. minimum pixel size) is used for output raster.

- ☒ *Use NoData value* : if checked, set the value of NoData pixels in output raster;
- **Extent:** if the following options are unchecked, the output raster extent will include the extents of all input rasters;
  - ☒ *Intersection*: if checked, the extent of output raster equals the intersection of input raster extents (i.e. minimum extent);
  - ☒ *Same as* : if checked, the extent of output raster equals the extent of «Map extent» (the extent of the map currently displayed) or a selected layer;
- ☐ *Align*: if checked, and ☒ *Same as* is checked selecting a raster, the calculation is performed using the same extent and pixel alignment of selected raster;
- **RUN** : if **Expression** is active and text is green, choose the output destination and start the calculation based on **Expression**; if **Decision rules** is active and text is green, choose the output destination and start the calculation based on **Decision rules**;

## 3.4.8 Batch

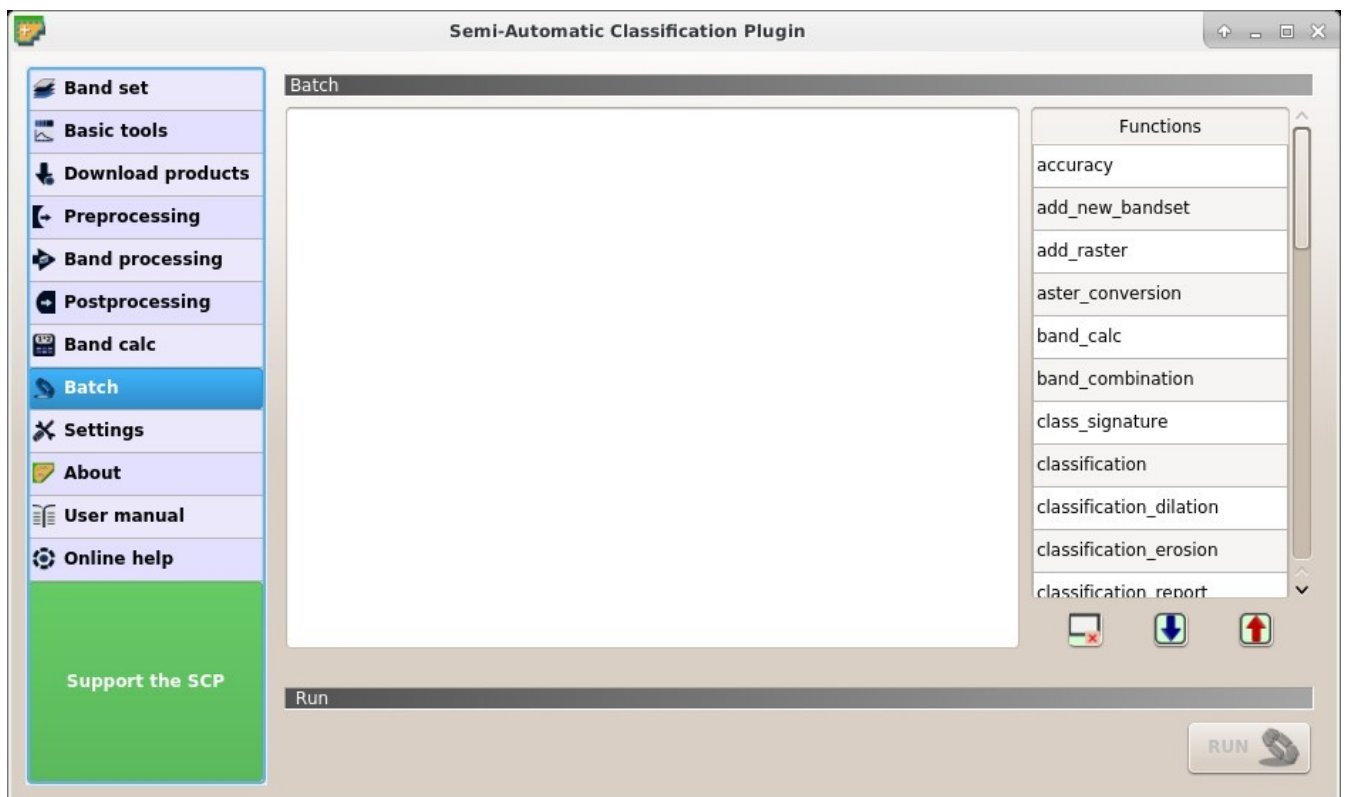


Fig. 48:  *Batch*

This tab allows for the automatic execution (batch) of several *SCP* functions using a scripting interface.

## Batch

Enter a batch expression; each function must be in a new line. Functions have the following structure:

```
function name;function options
```




Each function has options, identified by a name, with the following structure:

```
option name: option argument
```

Options must be separated by the character `;`. Each function option represents an option in the corresponding interface of *SCP*; option arguments of type text must be between the character `'`; in case of checkboxes, the value 1 represents checked, while the value 0 represents unchecked. A new line beginning with `#` can be used for commenting.

According to the function, some of the options are mandatory while other options can be omitted from the expression. Option names that contain `path` require the full path to a file. Some options require multiple arguments such as lists; lists must be separated by `,`.

If the expression contains errors, the text is red. An expression check label is displayed with a brief description of the error.

- : clear the expression;
- : export the batch expression to a file;
- : import a previously saved batch expression from file;

A table *Functions* is displayed at the right side; double click to insert a function in the expression; the f

- *Accuracy* (page 79): calculate accuracy (`accuracy;classification_file_path : '';reference_file_path : '';shapefile_field_name : '';output_raster_path : ''`);
- *ASTER* (page 64): ASTER conversion (`aster_conversion;input_raster_path : '';celsius_temperature : 0;apply_dos1 : 0;use_nodata : 1;nodata_value : 0;create_bandset : 1;output_dir : ''`);
- *Band calc* (page 91): band calculation (`band_calc;expression : '';output_raster_path : '';extent_same_as_raster_name : '';extent_intersection : 1;set_nodata : 0;nodata_value : 0`);
- *Band combination* (page 74): band combination (`band_combination;band_set : 1;output_raster_path : ''`);
- *Class signature* (page 83): class signature (`class_signature;input_raster_path : '';band_set : 1;save_signatures : 1;output_text_path : ''`);
- *Результат класифікації* (page 36): perform classification (`classification;use_macroclass : 0;algorithm_name : 'Minimum Distance';use_lcs : 0;use_lcs_algorithm : 0;use_lcs_only_overlap : 0;apply_mask : 0;mask_file_path : '';vector_output : 0;classification_report : 0;save_algorithm_files : 0;output_classification_path : ''`);
- *Classification dilation* (page 90): dilation of a classification (`classification_dilation;input_raster_path : '';class_values : '';size_in_pixels : 1;pixel_connection : 4;output_raster_path : ''`);
- *Classification erosion* (page 90): erosion of a classification (`classification_erosion;input_raster_path : '';class_values : '';size_in_pixels : 1;pixel_connection : 4;output_raster_path : ''`);
- *Classification report* (page 81): report of a classification (`classification_report;input_raster_path : '';use_nodata : 0;nodata_value : 0;output_report_path : ''`);

- *Classification sieve* (page 88): `classification sieve(classification_sieve; input_raster_path : '';size_threshold : 2;pixel_connection : 4; output_raster_path : '');`
- *Classification to vector* (page 84): `convert classification to vector (classification_to_vector;input_raster_path : '';use_signature_list_code : 1;code_field : 'C_ID';output_vector_path : '');`
- *Clip multiple rasters* (page 68): `clip multiple rasters (clip_multiple_rasters; input_raster_path : '';output_dir : '';use_shapefile : 0;shapefile_path : ''; ul_x : '';ul_y : '';lr_x : '';lr_y : '';nodata_value : 0;output_name_prefix : 'clip');`
- *Cloud masking* (page 72): `cloud masking (cloud_masking;band_set : 1; input_raster_path : '';class_values : '';use_buffer : 1;size_in_pixels : 1;nodata_value : 0;output_name_prefix : 'mask';output_dir : '');`
- *Clustering* (page 75): `clustering (clustering;band_set : 1;clustering_method : 1;use_distance_threshold : 1;threshold_value : 0.0001;number_of_classes : 10;max_iterations : 10;isodata_max_std_dev : 0.0001;isodata_min_class_size : 10;use_nodata : 0;nodata_value : 0;seed_signatures : 1;distance_algorithm : 1;save_signatures : 0;output_raster_path : '');`
- *Cross classification* (page 82): `cross classification (cross_classification; classification_file_path : '';use_nodata : 0;nodata_value : 0; reference_file_path : '';shapefile_field_name : '';output_raster_path : '');`
- *Edit raster* (page 87): `edit raster values using a shapefile; (edit_raster_using_shapefile; input_raster_path : '';input_vector_path : '';vector_field_name : ''; constant_value : 0;expression : 'where(raster == 1, 2, raster)');`
- *Land cover change* (page 80): `calculate land cover change (land_cover_change; reference_raster_path : '';new_raster_path : '';output_raster_path : '');`
- *Landsat* (page 59): `Landsat conversion (landsat_conversion;input_dir : ''; mtl_file_path : '';celsius_temperature : 0;apply_dos1 : 0;use_nodata : 1; nodata_value : 0;pansharpening : 0;create_bandset : 1;output_dir : '');`
- *MODIS* (page 66): `MODIS conversion (modis_conversion;input_raster_path : ''; reproject_wgs84 : 1;use_nodata : 1;nodata_value : -999;create_bandset : 1; output_dir : '');`
- *PCA* (page 74): `Principal Component Analysis (pca;use_number_of_components : 0, number_of_components : 2;use_nodata : 1;nodata_value : 0;output_dir : '');`
- *Reclassification* (page 85): `raster reclassification (reclassification;input_raster_path : '';value_list : 'oldVal-newVal;oldVal-newVal';use_signature_list_code : 1;code_field : 'MC_ID';output_raster_path : '');`
- *Sentinel-2* (page 61): `Sentinel-2 conversion (sentinel2_conversion;input_dir : ''; mtd_saf11c_file_path : '';apply_dos1 : 0;use_nodata : 1;nodata_value : 0; create_bandset : 1;output_dir : '');`
- *Sentinel-3* (page 63): `Sentinel-3 conversion (sentinel3_conversion;input_dir : ''; apply_dos1 : 0;dos1_only_blue_green : 1;use_nodata : 1;nodata_value : 0; create_bandset : 1;output_dir : '';band_set : 1);`
- *Spectral distance* (page 77): `spectral distance of band sets (spectral_distance; first_band_set : 1;second_band_set : 2;distance_algorithm : 1; use_distance_threshold : 1;threshold_value : 0.1;output_dir : '');`
- *Split raster bands* (page 70): `split raster to single bands (split_raster_bands; input_raster_path : '';output_dir : '';output_name_prefix : 'split');`
- *Stack raster bands* (page 71): `stack rasters into a single file (stack_raster_bands; input_raster_path : '';output_raster_path : '');`

- *Vector to raster* (page 67): convert vector to raster (`vector_to_raster;vector_file_path : '';use_value_field : 1;vector_field_name : '';constant_value : 1;reference_raster_path : '';type_of_conversion : 'Center of pixels';output_raster_path : ''`);

In addition, the following functions are available:

- *Add a new band set*: add a new empty band set (`add_new_bandset;`);
- *Add raster to QGIS*: add a raster to QGIS (`add_raster;input_raster_path : '';input_raster_name : ''`);
- *Create band set*: create a *Band set* assigning bands (`create_bandset;raster_path_list : '';center_wavelength : '';wavelength_unit : 1;multiplicative_factor : '';additive_factor : ''`);
- *Open training input*: open a training input file (`open_training_input;training_file_path : ''`);
- *Remove band set*: remove a band set by the number thereof (`remove_bandset;band_set : 1`);
- *Select band set*: select a band set (*active band set*) by the number thereof (`select_bandset;band_set : 1`);
- *Set working directory*: set a working directory (argument is the path to a directory) (`!working_dir!;`);


If a working directory is defined, `!working_dir!` can be entered in other functions where a path is required (e.g. `add_raster;input_raster_path : '!working_dir!/raster1.tif';input_raster_name : 'raster1.tif'`); An example of batch expression is:

```
!working_dir!; '/home/user/Desktop/temp/'
add_raster;input_raster_path : '!working_dir!/raster1.tif';input_raster_name : 'raster1.tif'
band_calc;expression : 'where("raster1.tif" > 1, 1,0)';output_raster_path : '!working_dir!/
↳ calc1.tif';set_nodata : 1;nodata_value : 0
band_calc;expression : '"raster1.tif" * "calc1.tif"';output_raster_path : '!working_dir!/calc2.
↳ tif';extent_intersection : 0
```

## Run





- *RUN* : if text in the batch expression is green, start the batch processes;

## 3.4.9 Settings

The tab  *Settings* allows for the customization of *SCP*.

## Processing

### Classification process

-  *Play sound when finished* : if checked, play a sound when the classification process is completed;
-  *Use virtual rasters for temp files* : if checked, create virtual rasters for certain temporary files, instead of creating real rasters; it is useful for reducing disk space usage during calculations;

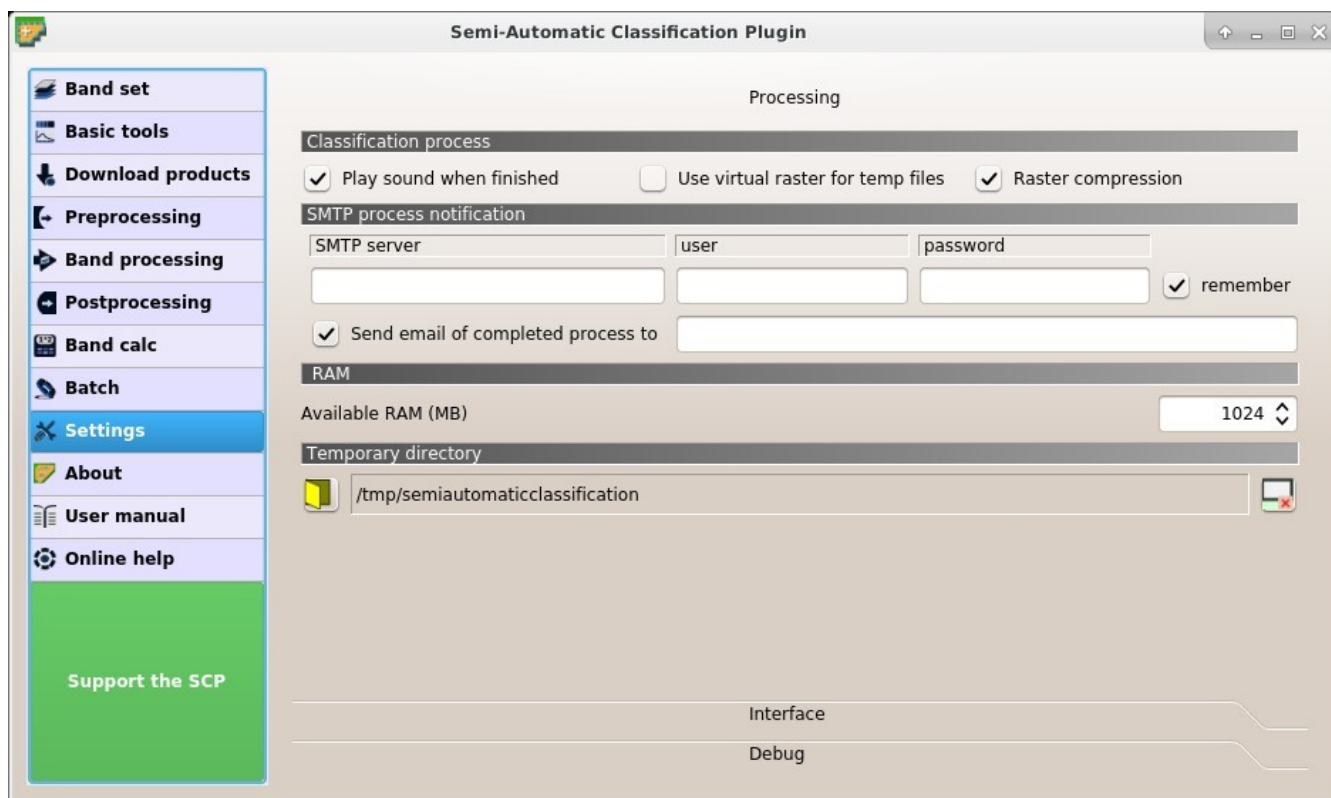


Fig. 49: Processing

- ☒ *Raster compression* : if checked, a lossless compression (DEFLATE or PACKBITS) is applied to raster outputs in order to save disk space; it is recommended to check this option, however compressed files are sometimes larger than files without compression;

### SMTP process notification



- SMTP server*  : the SMTP server to login for sending a notification email when all the *SCP* processes are finished (a notification is sent also in case of error, but not in case of crash);
- user*  : the SMTP server user;
- password*  : the SMTP server password;
- Send email of completed process to*  : a list of addresses (separated by comma) to send the notification email to;

### RAM

- Available RAM (MB)*  : set the available RAM (in MB) that is used during the processes in order to improve the *SCP* performance; this value should be half of the system RAM (e.g. 1024MB if system has 2GB of RAM); in case of errors, set a value lower than 512MB;

<http://www.youtube.com/watch?v=KDI3ud9L6UY>

## Temporary directory

-  : select a new temporary directory where temporary files are saved during processing; the path to the current temporary directory is displayed; default is a system temporary directory;
-  : reset to default temporary directory;

## Interface

Customization of the interface.

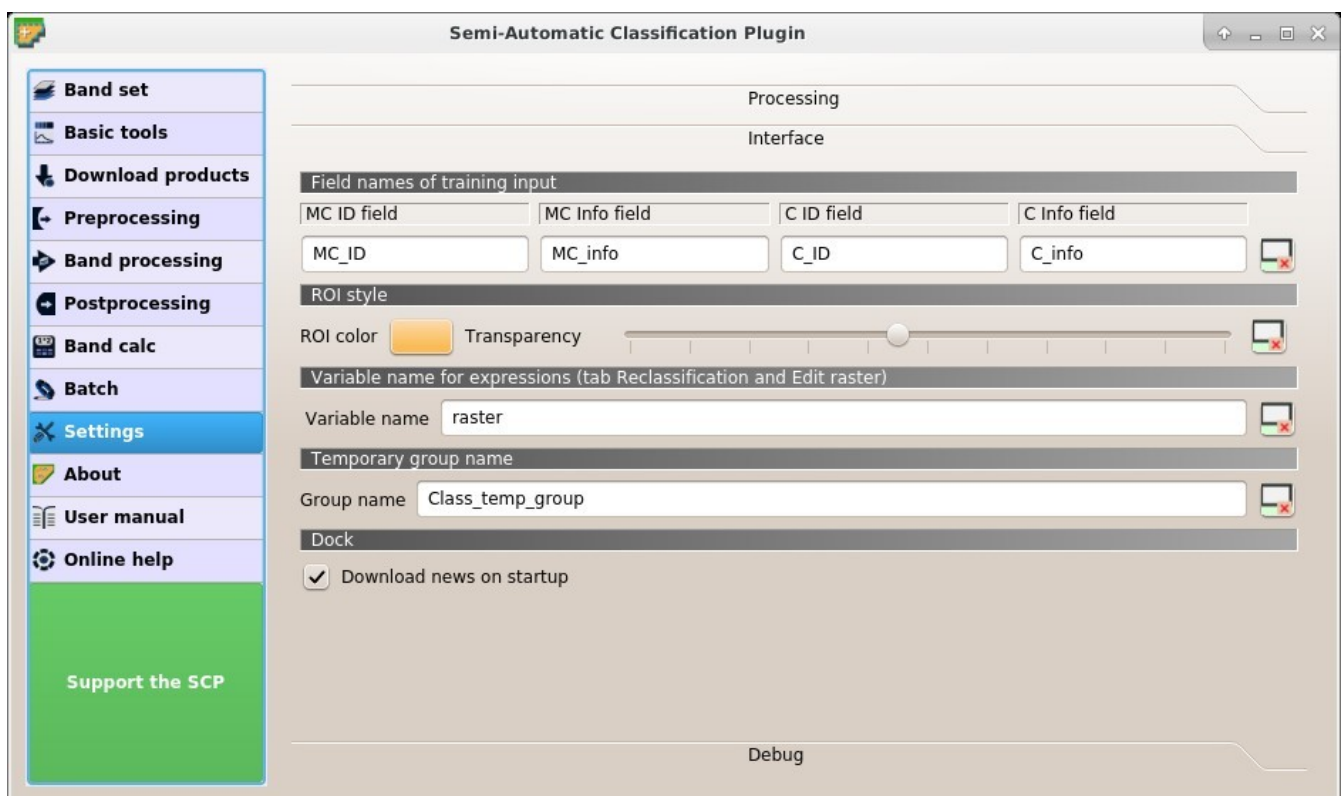







Fig. 50: Interface

## Field names of training input





Set the names of fields in the *Вхідові навчальні дані* (page 26) . Changing field names should usually be avoided.

- *MC ID field*  : name of the Macroclass ID field (default is MC\_ID);
- *MC Info field*  : name of the Macroclass Information field (default is MC\_info);
- *C ID field*  : name of the Class ID field (default is C\_ID);
- *C Info field*  : name of the Class Information field (default is C\_info);

- : reset field names to default;




### ROI style

Change ROI color and transparency for a better visualization of temporary ROIs on the map.

- *ROI color* : button for changing ROI color;
- *Transparency*  : change ROI transparency;
- : reset ROI color and transparency to default;




### Variable name for expressions

Set the variable name used in expressions of the *Reclassification* (page 85) and *Edit raster* (page 87) .

- *Variable name*  : set variable name (default is **raster**);
- : reset variable name to default;

### Temporary group name

Set the temporary group name in QGIS Layers used for temporary layers .

- *Group name*  : set group name (default is **Class\_temp\_group**);
- : reset group name to default;

### Dock

-  *Download news on startup*: if checked, news about the *SCP* and related services are downloaded on startup and displayed in *Dock*;




### Debug

Debugging utilities for the creation of a Log file (i.e. recording of *SCP* activities for reporting issues) and testing *SCP* dependencies.

<http://www.youtube.com/watch?v=So04gNzDC9Y>

If you found a plugin error, please read *Як я можу повідомити про помилку?* (page 237) .

### Log file

-  *Records events in a log file* : if checked, start recording events in a Log file;
- : export the Log file (i.e. a .txt file);



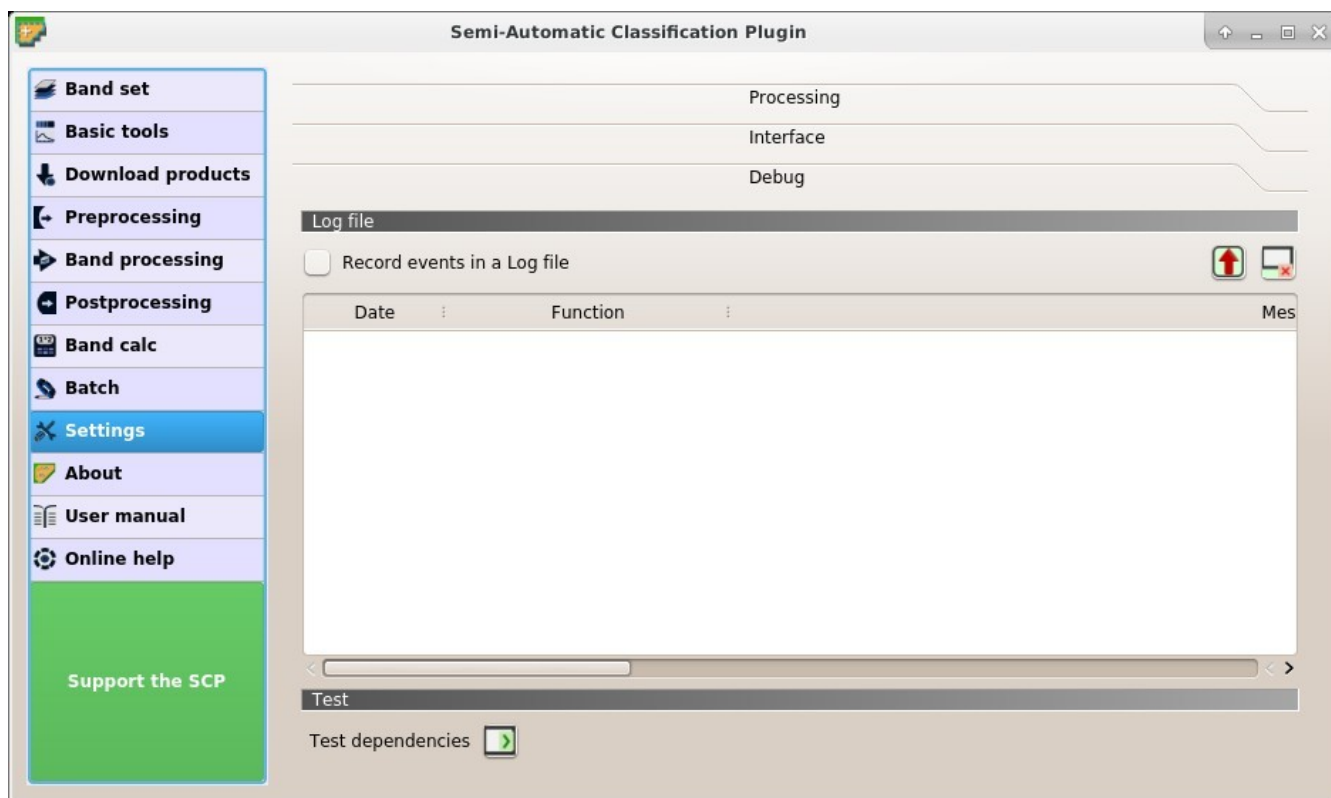




Fig. 51: Debug

- : clear the content of Log file;

## Test



- *Test dependencies* : test *SCP* dependencies (GDAL, GDAL subprocess, NumPy, SciPy, Matplotlib, Internet connection); results are displayed in a window;

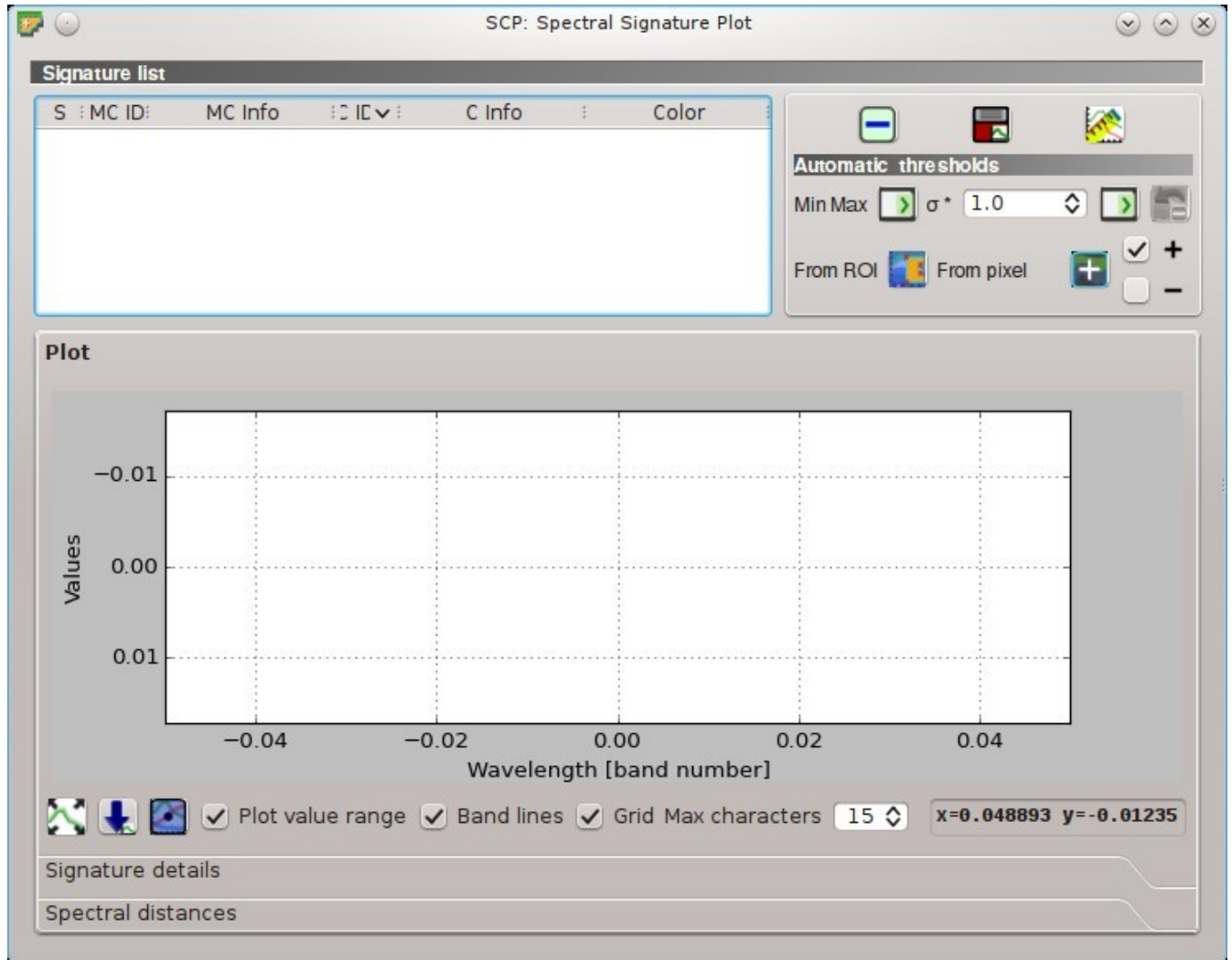
## 3.5 Графік спектральних сигнатур

Вікно *Графік спектральних сигнатур* включає декілька функцій для відображення значень спектральних сигнатур як функцій довжини хвилі (визначеної у *Band set* (page 41)). Сигнатури можуть додаватись до *Графік спектральних сигнатур* через *Панель SCP* (page 25).





Вікно *Графік спектральних сигнатур* включає також деякі функції корисні для визначення діапазонів значень, що використовуються *Класифікація сигнатур земного покриття* (page 130) (див. *LCS threshold* (page 52)).

Сигнатури, що перетинаються (за належності до різних класів або макрокласів), виділено помаранчевим в таблиці *Відобразити Перелік сигнатур* (page 104); перевірка перетину відбувається

на підставі *MC ID* або *C ID* відповідно до налаштування *Застосувати*  *MC ID*  *C ID* в *Алгоритм* (page 35). Сигнатури, що перетинаються та мають ідентичний *ID*, не виділяються.

Fig. 52: *Графік спектральних сигнатур*

### 3.5.1 Відобразити Перелік сигнатур

-  **Перелік сигнатур:**
  - *S*: поле перемикача; якщо параметр увімкнено, то спектральна сигнатура відображається на графіку;
  - *MC ID*: унікальний ідентифікатор макрокласу сигнатури;
  - *MC Info*: характеристика макрокласу сигнатури;
  - *C ID*: унікальний ідентифікатор класу сигнатури;
  - *C Info*: характеристика класу сигнатури;
  - *Колір [перетин MC\_ID-C\_ID]*: колір сигнатури; додатково відображається комбінація *MC ID-C ID* у випадку перетину з іншими сигнатурами (див. [Класифікація сигнатур земного покриття](#) (page 130));
  - *Min B X*: мінімальне значення каналу X; це значення редагується;
  - *Max B X*: максимальне значення каналу X; це значення редагується;
- : видалити виділені сигнатури з переліку;
- : додати виділені спектральні сигнатури до [Перелік сигнатур ROI](#) (page 29);
- : розрахувати спектральні відстані спектральних сигнатур, що відображаються на графіку; відстані повідомляються у вкладці [Спектральні відстані](#) (page 107);

#### Автоматичні порогові величини

Автоматично призначити порогові величини для сигнатур, виділених в таблиці [Відобразити Перелік сигнатур](#) (page 104); якщо жодна сигнатура не виділена, то порогова величина застосовується до всіх сигнатур.





- Min Макс* : встановити порогову величину на підставі мінімуму та максимуму кожного каналу;
- $\sigma * \left[ \frac{1}{v} \right]$  : автоматично встановити порогову величину, розраховану як  $(\text{значення каналу} + (\sigma * v))$ , де  $\sigma$  стандартне відхилення кожного каналу, а  $v$  визначене значення;
- : відмінити останні автоматичні порогові величини;
- На підставі ROI* : встановити порогову величину на підставі значень пікселів тимчасової ROI
  -  +: якщо увімкнено, то порогова величина сигнатури збільшується для включення сигнатури пікселя;
  -  -: якщо увімкнено, то порогова величина сигнатури зменшується для виключення сигнатури пікселя;
- На підставі пікселя* : встановити порогову величину клацанням на пікселі, відповідно до н

- ☒ +: якщо увімкнено, то порогова величина сигнатури збільшується для включення сигнатури пікселя;
- ☒ -: якщо увімкнено, то порогова величина сигнатури зменшується для виключення сигнатури пікселя;

## Графік

Клацніть ліву кнопку мишки та затисніть на полі бачення графіка, щоб **посунути** його. Використовуйте **коліщатко** мишки для **зменшення та збільшення** поля бачення графіка. **Клацніть праву кнопку мишки** та затисніть на полі бачення графіка, щоб **збільшити до певного фрагмента** графіка. Легенду всередині графіка можна переміщати за допомогою мишки.

Команди графіка:

- : автоматично допасувати графік до даних;
- : зберегти рисунок графіка у файл (доступні формати .jpg, .png, та .pdf);
- : активувати курсор для інтерактивної зміни на графіку діапазону значень віділених сигнатур; клацніть на графіку, щоб встановити мінімальне та максимальне значення каналу (також для декількох сигнатур одночасно); курсор деактивується, коли виходить за межі поля бачення графіка;
- ☒ *Відобразити діапазон значень*: якщо параметр увімкнено, то для кожної сигнатури відображається діапазон значень (напівпрозорою областю);
- ☒ *Лнії каналів*: якщо параметр увімкнено, то для кожного каналу відображається вертикальна лінія (центральна довжина хвилі);
- ☒ *Сітка*: якщо параметр увімкнено, то відображається сітка;
- *Максимум символів* : визначити максимальну довжину тексту в легенді;
- *x y*: відображати координати x y курсора мишки всередині поля бачення графіка;

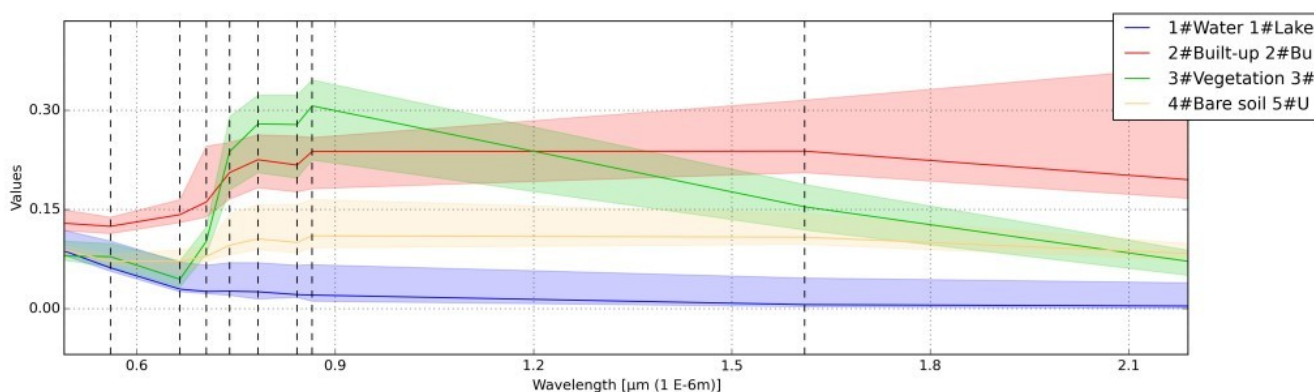


Fig. 53: *Спектральна сигнатура: Приклад графіка спектральних сигнатур*

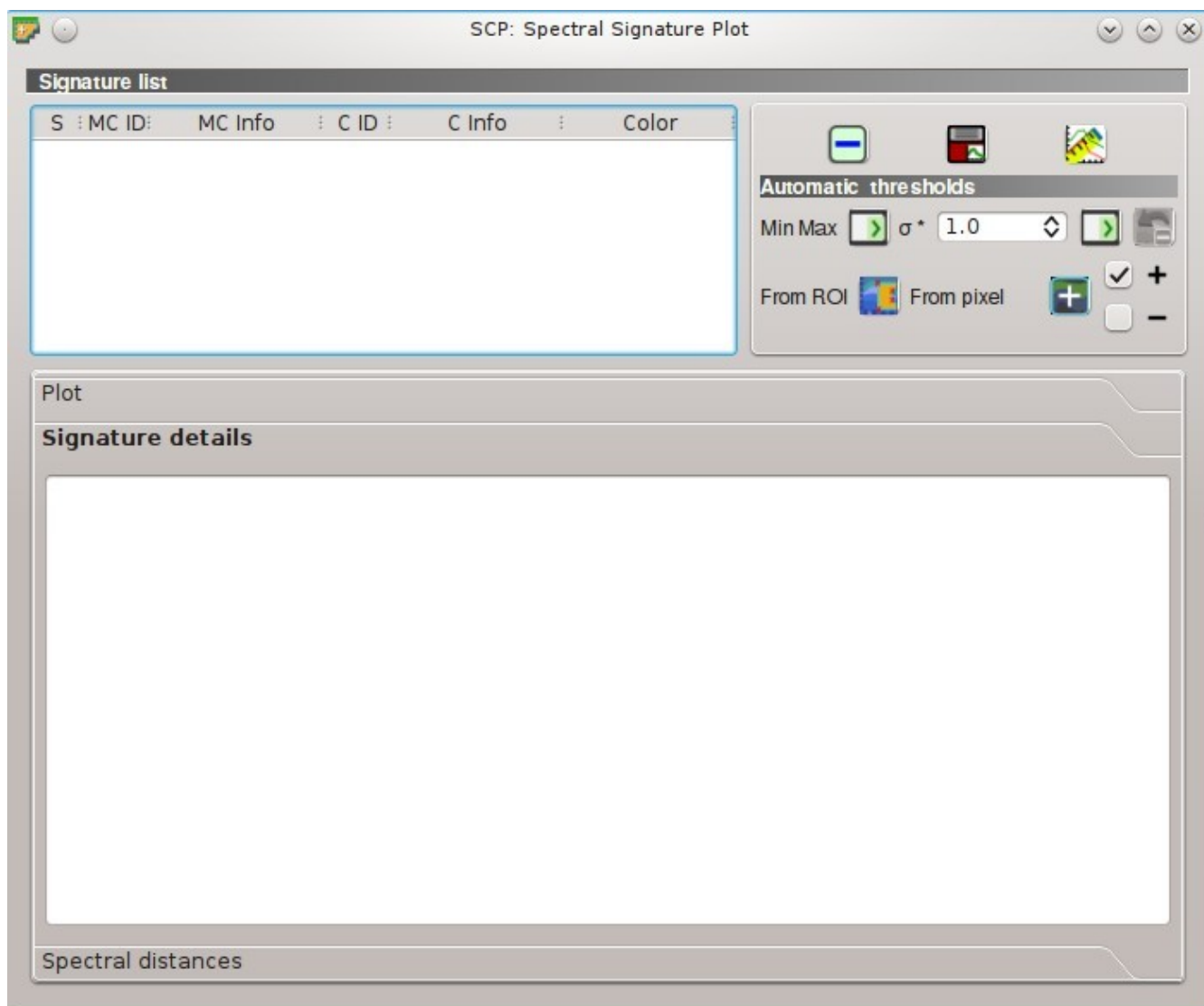


Fig. 54: Спектральна сигнатура: Характеристика сигнатур

## Характеристика сигнатур

Відображає характеристику спектральних сигнатур (наприклад, Довжину хвилі, Значення та Стандартне відхилення). У випадку розрахунку сигнатур на основі ROI відображається також розмір ROI (кількість пікселів).

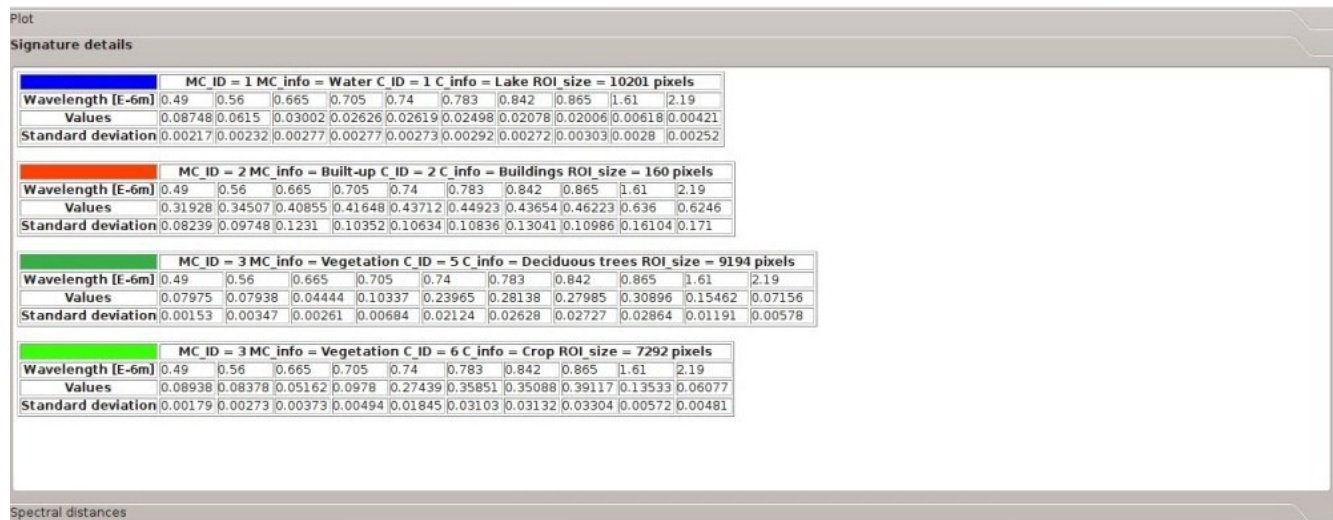


Fig. 55: Спектральна сигнатура: Приклад характеристики сигнатур

## Спектральні відстані

Відображає спектральні відстані сигнатур (див. *Відобразити Перелік сигнатур* (page 104)), які є корисними для оцінки відокремності ROI (див. *Спектральна відстань* (page 132)).

Розраховуються наступні спектральні відстані:

- *Відстань Джефріса-Мацусіти* (page 132): діапазон [0 = ідентичні, 2 = відмінні]; корисна зокрема для класифікації *Максимальної вірогідності* (page 127);
- *Спектральний кут* (page 133): діапазон [0 = ідентичні, 90 = відмінні]; корисна зокрема для класифікації *Картографування спектрального кута* (page 129);
- *Евклідова відстань* (page 133): корисна зокрема для класифікації *Мінімальної відстані* (page 126);
- *Подібність Брея-Кертиса* (page 133): діапазон [0 = відмінні, 100 = ідентичні]; корисна в цілому;

Якщо сигнатури дуже подібні, то значення відображаються червоним.

## 3.6 Графік розсіву

Вікно *Графік розсіву* відображає значення пікселів растрів двох каналів як точки у 2-вимірному просторі. Графіки розсіву корисні для оцінювання відокремності ROI між двома каналами.

Ці функції докладно описано в наступних параграфах.

### 3.6.1 Перелік розсіву

-  *Перелік розсіву:*

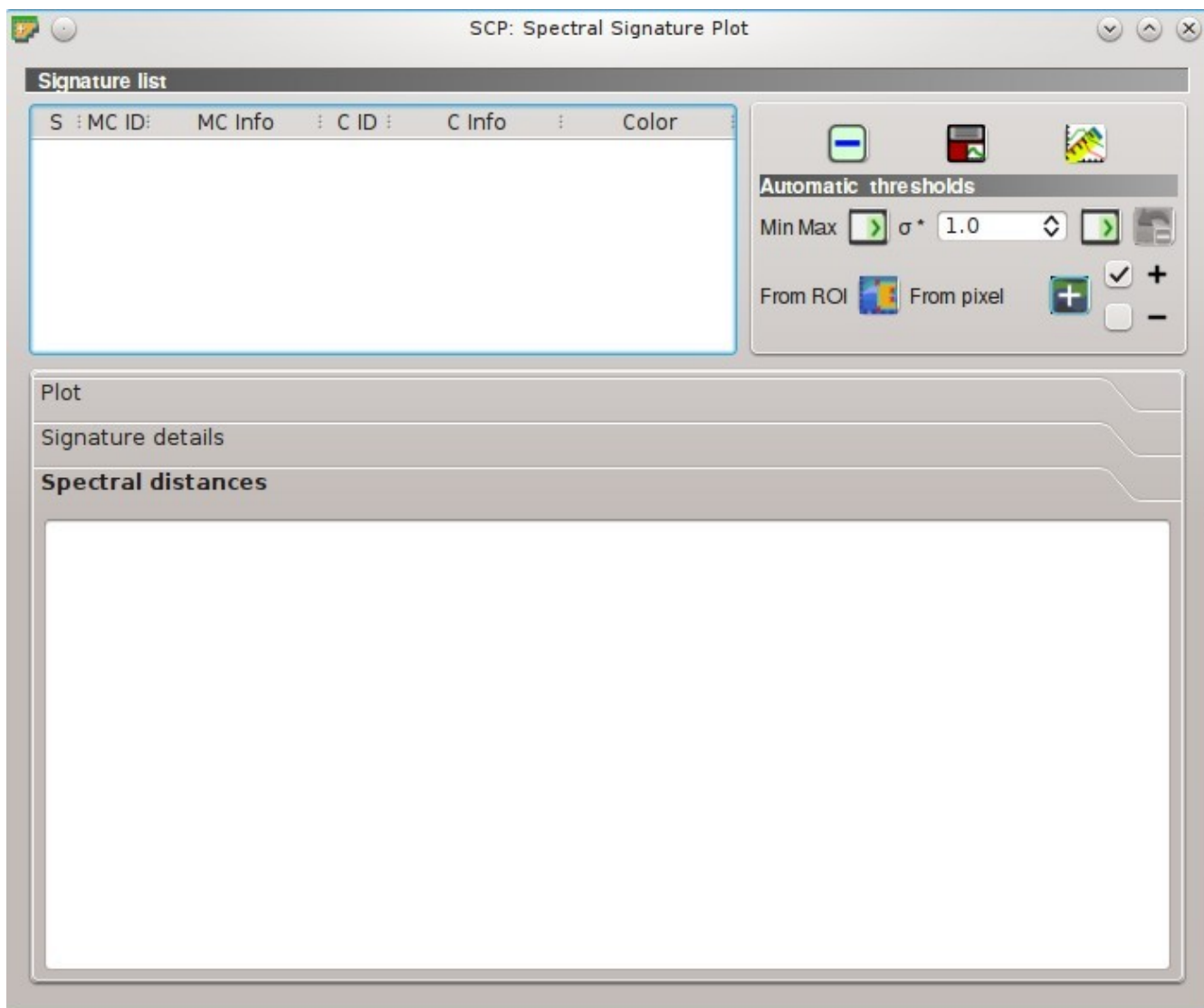


Fig. 56: Спектральна сигнатура: Спектральні відстані

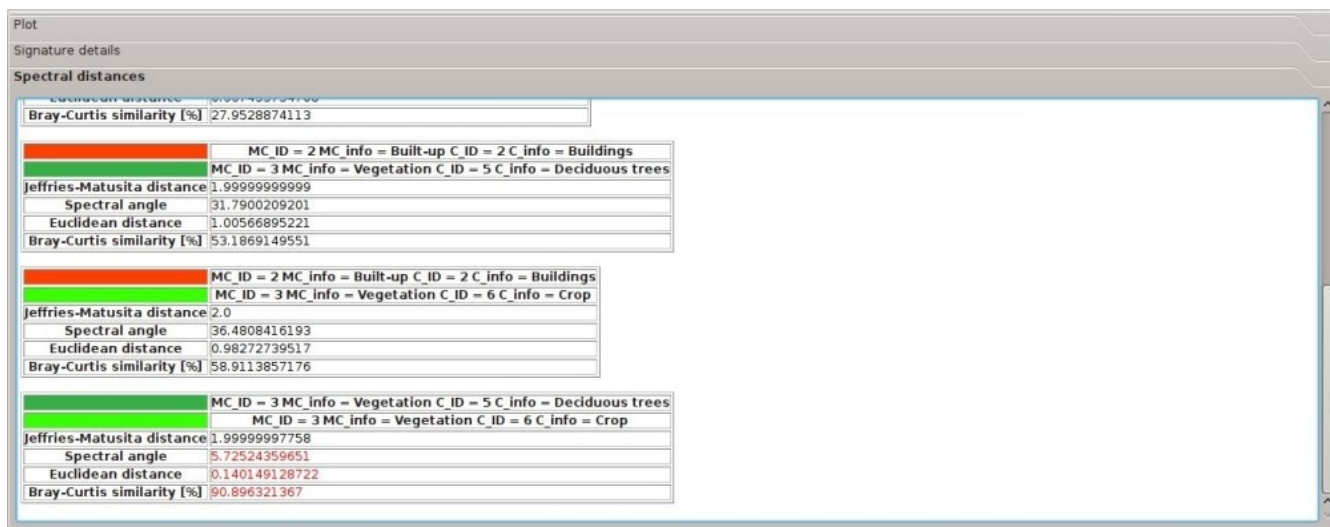
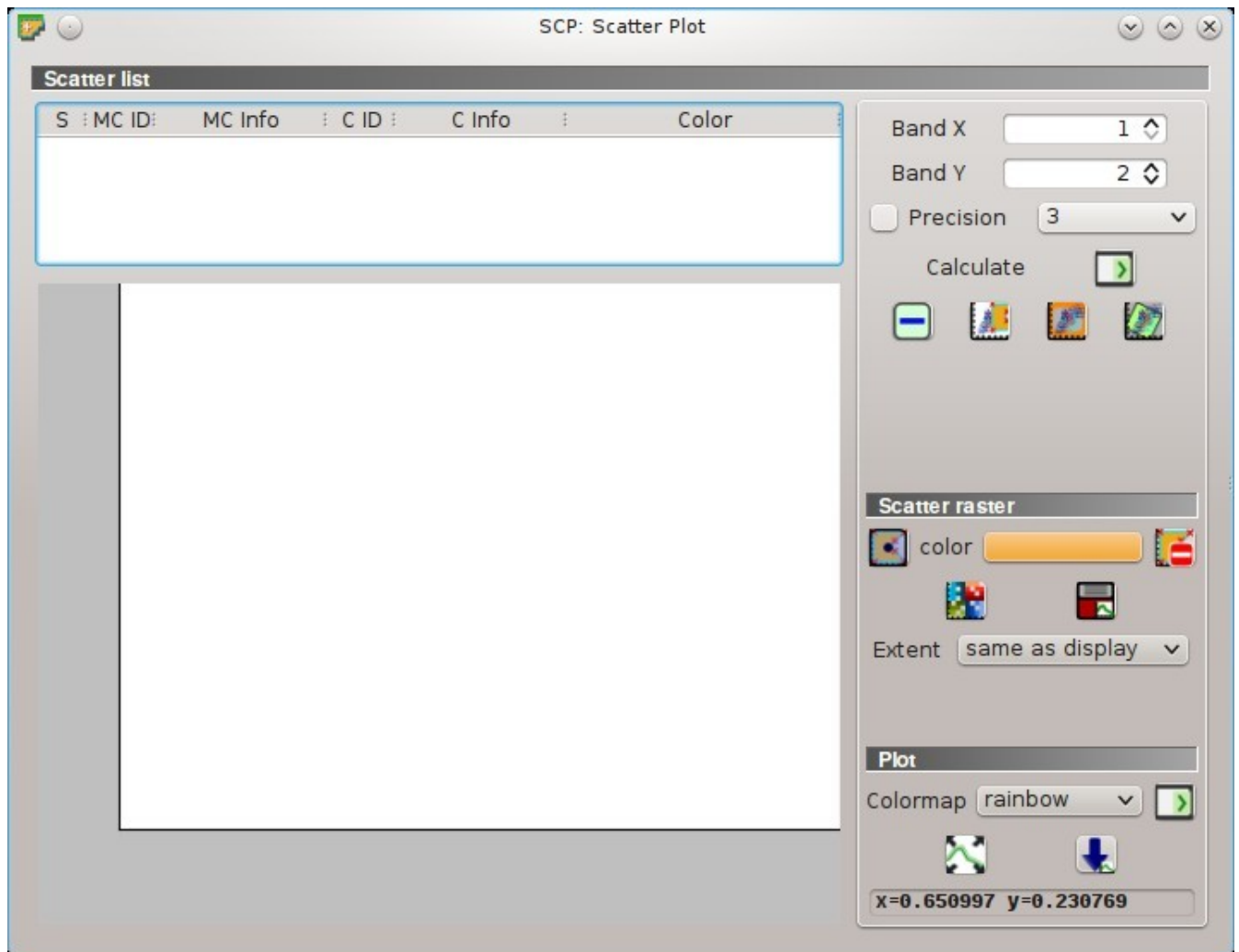



Fig. 57: Спектральна сигнатура: Приклад спектральних відстаней



Fig. 58: *Графік розсіву*

- *S*: поле перемикача; якщо параметр увімкнено, то спектральна сигнатура відображається на графіку;
- *MC ID*: унікальний ідентифікатор макрокласу сигнатури;
- *MC Info*: характеристика макрокласу сигнатури;
- *C ID*: унікальний ідентифікатор класу сигнатури;
- *C Info*: характеристика класу сигнатури;
- *Колір*: поле кольору; двічі клацніть для вибору кольору на графіка;
- Канал *X* : канал X графіка;
- Канал *Y* : канал Y графіка;
-  **Точність** : використовувати для розрахунків нетипову точність (точність повинна вставити значення)
  - $4 = 10^{-4}$
  - $3 = 10^{-3}$
  - $2 = 10^{-2}$
  - $1 = 10^{-1}$
  - $0 = 1$
  - $-1 = 10$
  - $-2 = 10^2$
  - $-3 = 10^3$
- Розрахувати : розрахувати графік розсіву для ROI увімкнених в переліку;
- : видалити виділені сигнатури з переліку;
- : додати тимчасовий графік розсіву до переліку (як MC Info = tempScatter) та розпочати розрахунок графіка для останньої тимчасової ROI (див. *Робоча панель* (page 36));
- : додати тимчасовий графік розсіву до переліку (як MC Info = tempScatter) та розпочати розрахунок графіка для пікселів охоплення поточного відображення;
- : додати тимчасовий графік розсіву до переліку (як MC Info = tempScatter) та розпочати розрахунок графіка для всього знімка;






**ЗАСТЕРЕЖЕННЯ:** Використання занадто високого значення точності може призвести до уповільнення або невдалої спроби розрахунку.

### Растр розсіву

Цей інструмент забезпечує окреслювання полігонів відбору всередині графіка розсіву; ці полігони використовуються для створення *Растр розсіву*, який являє собою тимчасовий растр значення якого класифіковано відповідно до перетину графіків розсіву та окреслених полігонів.






Пікселі *active band set* класифікуються відповідно до каналів графіка розсіву, якщо значення пікселів знаходяться в діапазоні перетину між графіками розсіву та полігонами відбору (полігони не повинні перетинатись). Значення, що призначаються пікселям *Scatter raster*, це порядковий номер полігона відбору; колір растра також відповідає полігону відбору.

Після створення нового *Растр розсіву*, старі растри в панелі шарів QGIS переміщуються до групи *Class\_temp\_group* (стандартне ім'я групи може бути змінено у *Temporary group name* (page 101)) та видаляються після закриття сесії QGIS.

- : активувати курсор для інтерактивного окреслювання полігона на графіку; ліве клацання на графіку визначає вузли, а праве клацання - останній вузол, що замикає полігон;
- *color*: вибрати колір полігона (який також використовується для *Растр розсіву*);
- : видалити з графіка всі вибрані полігони;
- : розрахувати *Растр розсіву* та відобразити його на карті;
- : розрахувати спектральну сигнатуру *Scatter raster* (з урахуванням всіх класифікованих пікселів) з використанням *active band set* та зберегти її до *Перелік сигнатур ROI* (page 29);
- *Охоплення* : охоплення *Растр розсіву*; доступні варіанти:
  - *Таке саме як відображення*: охоплення таке саме, як і відображення карти;
  - *Таке саме як знімок*: охоплення таке саме, як і у всього знімка;





## Графік

Клацніть ліву кнопку мишки та затисніть на полі бачення графіка, щоб **посунути** його. Використовуйте **коліщатко мишки** для **зменшення та збільшення** поля бачення графіка. Клацніть праву кнопку мишки та затисніть на полі бачення графіка, щоб **збільшити до певного фрагмента** графіка.

- *Карта кольорів*  : виберіть карту кольорів, яка повинна застосовуватись до виділених в переліку графіків розсіву після натискання ; якщо жоден графік розсіву не виділений, то кольорова карта застосовується до всіх графіків розсіву;
- : автоматично допасувати графік до даних;
- : зберегти рисунок графіка у файл (доступні формати .jpg, .png, та .pdf);
- *x y*: відображати координати x у курсора мишки всередині поля бачення графіка;

## 3.7 Панель редагування SCP

*Панель редагування SCP* забезпечує безпосереднє редагування значень пікселів вхідного растра, визначеного у *Edit raster* (page 87) з застосуванням полігонів ROI. Редагуються лише ті пікселі, що розташовані під полігонами ROI.

- : відкрити інструмент *Панель редагування SCP* для вибору вхідного растра;
- : редагувати растр з застосуванням сталого значення;
- : редагувати растр з застосуванням сталого значення;
- : редагувати растр з застосуванням сталого значення;

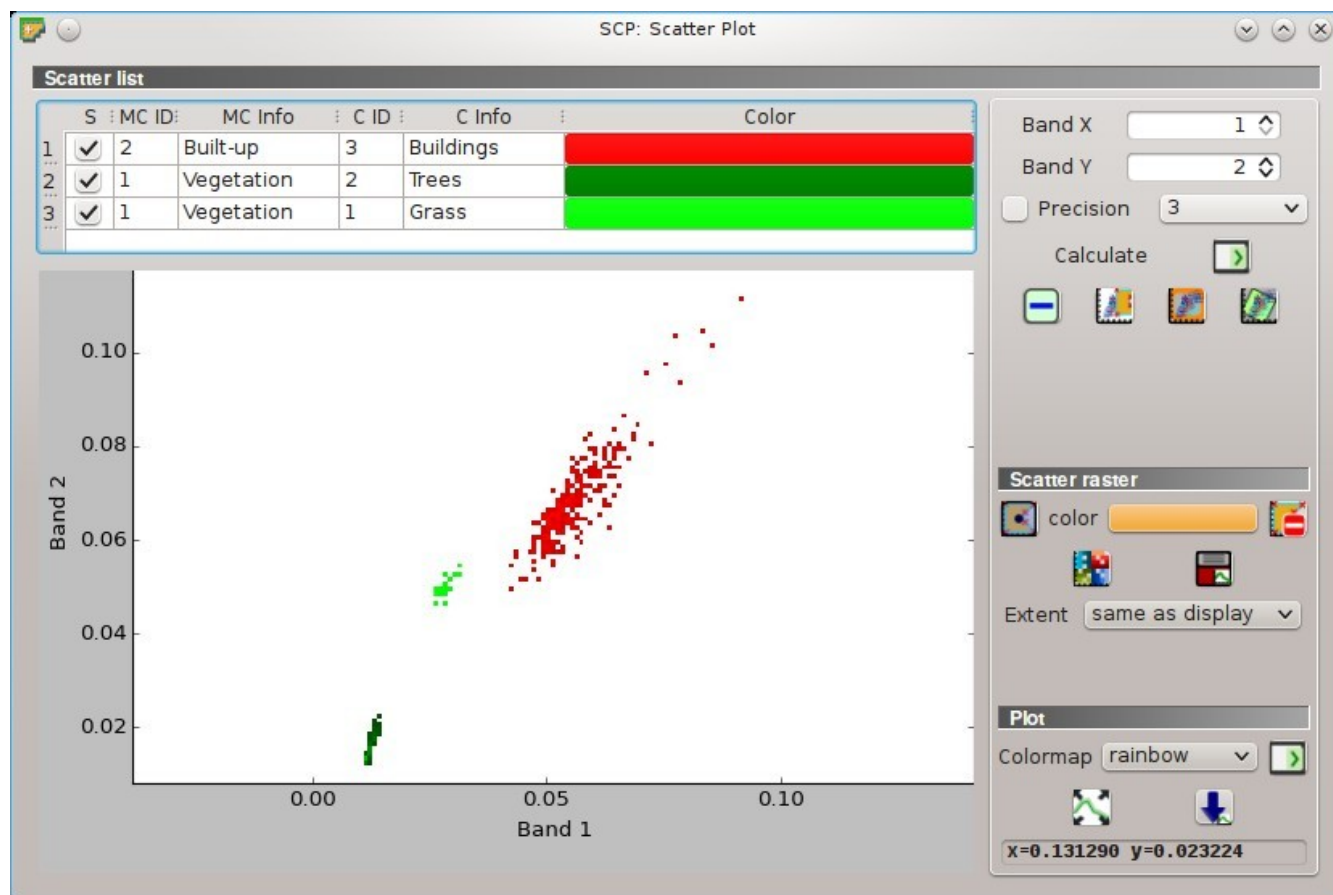

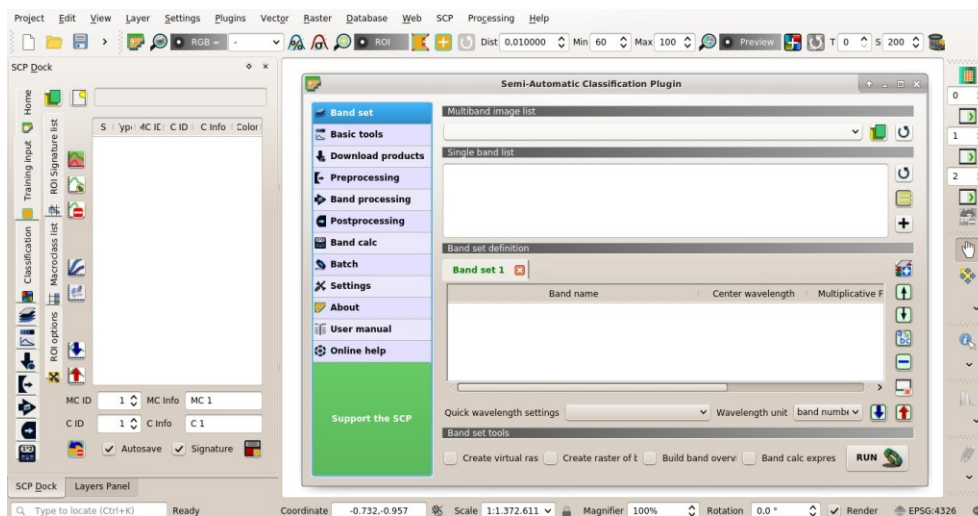


Fig. 59: Приклад графіка розсіву



Fig. 60: Інструменти SCP

- : відмінити останню правку растра (доступно лише у випадку використання полігонів ROI);




Функції, описані нижче, використовують наступні умовні позначення:


 = Введення дати

 = Введення тексту

 = Вибір елемента з переліку


 = Введення числа

 = Необов'язковий параметр

 = Налаштування зберігається в активному проекті QGIS

 = Налаштування зберігається в реєстрі QGIS

 = Повзунок

 = Таблиця



---

Короткий вступ до дистанційного зондування

---

- *Основні поняття* (page 116)
  - *Поняття ГІС* (page 116)
  - *Поняття дистанційного зондування* (page 116)
  - *Сенсори* (page 118)
  - *Енергетична світність та відбивальна здатність* (page 118)
  - *Спектральна сигнатура* (page 118)
  - *Земельний покрив* (page 119)
- *Multispectral satellites* (page 119)
  - *Landsat Satellites* (page 119)
  - *Супутник Sentinel-2* (page 121)
  - *Sentinel-3 Satellite* (page 121)
  - *Супутник ASTER* (page 122)
  - *Продукти MODIS* (page 123)
- *Класифікація земельного покриву* (page 123)
  - *Контрольована класифікація* (page 123)
  - *Кольоровий композит* (page 124)
  - *Навчальні області* (page 124)
  - *Класи та макрокласи* (page 125)
  - *Алгоритми класифікації* (page 126)
  - *Спектральна відстань* (page 132)
  - *Результат класифікації* (page 133)
  - *Оцінка точності* (page 134)
- *Image processing* (page 135)



- *Аналіз головних компонент* (page 135)
- *Панхроматичне об'єднання* (page 136)
- *Спектральні індекси* (page 136)
- *Clustering* (page 137)
- *Перерахунок знімка у значення відбивальності* (page 139)
  - *Енергетична світність на апертурі сенсора* (page 139)
  - *Відбивальність на поверхні атмосфери (TOA)* (page 139)
  - *Відбивальність поверхні* (page 140)
  - *Корекція DOS1* (page 140)
- *Перерахунок у температуру* (page 142)
  - *Перерахунок у яскравісну температуру на супутнику* (page 142)
  - *Оцінювання температури земної поверхні* (page 143)
- *Перелік посилань* (page 144)

## 4.1 Основні поняття

В цьому розділі наведено основні поняття щодо ГІС та дистанційного зондування. Інші корисні джерела дивіться у *Безкоштовні та корисні ресурси про дистанційне зондування та ГІС* (page 240).

### 4.1.1 Поняття ГІС

Існує декілька визначень **ГІС** (Географічних інформаційних систем), які не є просто програмним забезпеченням. В загальному розумінні ГІС це системи, які забезпечують використання географічної інформації (даних з просторовими координатами). У вузькому розумінні ГІС забезпечують перегляд, запити, розрахунки та аналіз просторових даних, які здебільшого розрізняються як векторна та растрова структури даних. Вектор складається з об'єктів, які можуть бути точками, лініями або полігонами та кожний об'єкт може мати одне або декілька атрибутивних значень; растр це регулярна сітка (або знімок), кожна комірка якої має атрибутивне значення (Fisher and Unwin, 2005). Багато ГІС-застосунків використовують растрові знімки, отримані шляхом дистанційного зондування.

### 4.1.2 Поняття дистанційного зондування

В загальному розумінні **дистанційне зондування** це «наука та технологія за допомогою яких характеристики об'єктів інтересу можуть ідентифікуватись, вимірюватись та аналізуватись за відсутності безпосереднього контакту» (JARS, 1993).

У вузькому розумінні дистанційне зондування це вимірювання енергії, що випромінюється від земної поверхні. Якщо джерелом енергії, що вимірюється, є Сонце, то це **пасивне дистанційне зондування** і результатом такого вимірювання може бути цифровий знімок (Richards and Jia, 2006). Якщо енергія, що вимірюється, випромінюється не Сонцем, а платформою сенсора, такою як радарні сенсори, що працюють у мікрохвильовому діапазоні, то це **активне дистанційне зондування** (Richards and Jia, 2006).

**Електромагнітний спектр** це «система, що класифікує за довжиною хвилі всю енергію (від короткохвильової космічної до довгохвильової радіо), що гармонічно рухається з постійною швидкістю світла» (NASA, 2013). Пасивні сенсори вимірюють енергію з оптичних областей електромагнітного спектра: видимої, ближньої інфрачервоної (ІЧ), короткохвильової ІЧ та теплової ІЧ (див. Рисунок *Електромагнітний спектр* (page 117)).

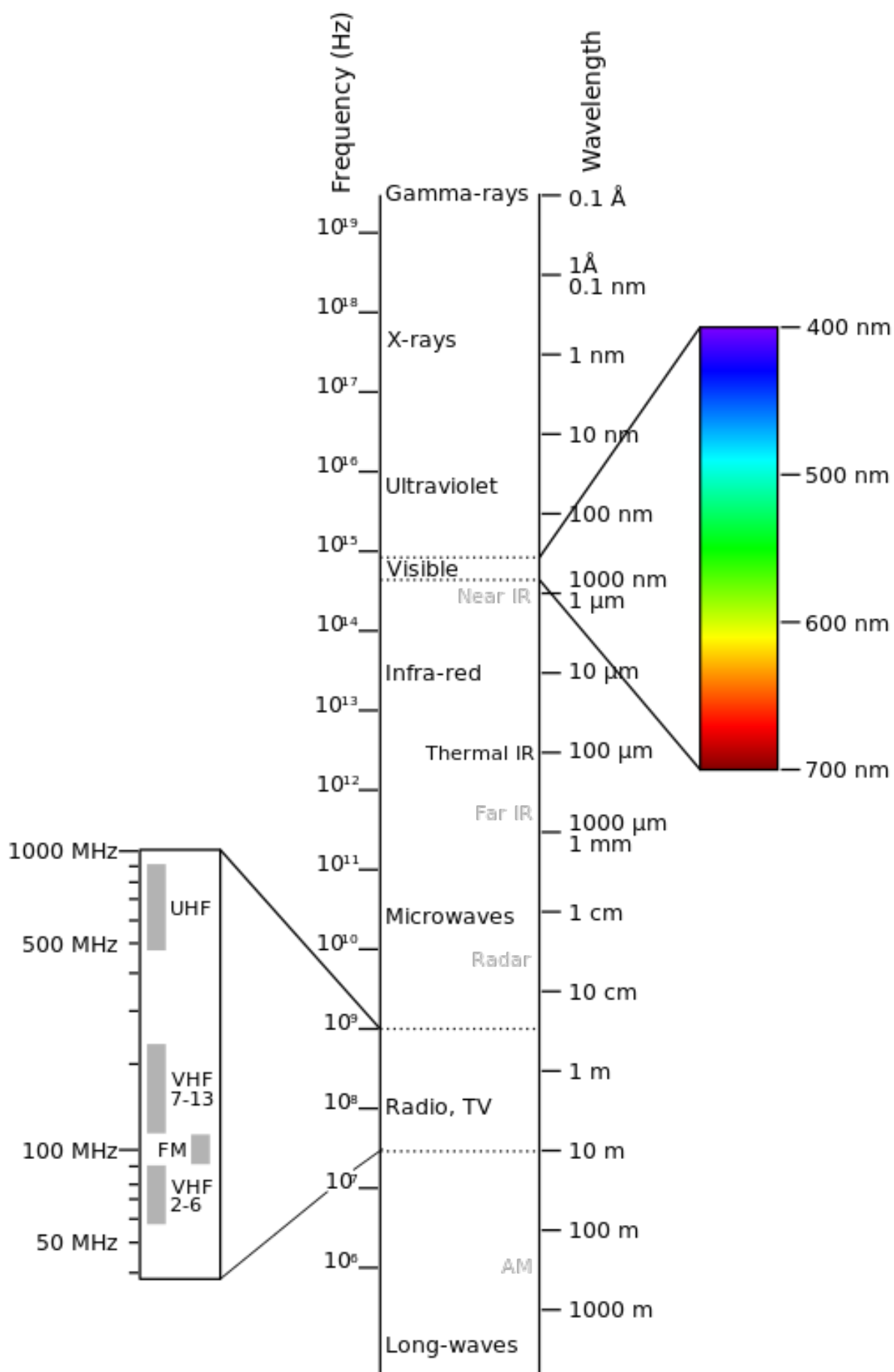


Fig. 1: Електромагнітний спектр

за Victor Blacus (SVG версія File:Electromagnetic Spectrum.png)

4.1. Основні поняття за Victor Blacus (CC BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>))

за посередництвом Wikimedia Commons

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AElectromagnetic-Spectrum.svg>

Взаємодія між сонячною енергією та матеріалами залежить від довжини хвилі; сонячна енергія проходить від Сонця до Землі, а потім до сенсора. Вздовж цього шляха **сонячна енергія** (NASA, 2013):

- **Проникла** - енергія проходить через з зміною у швидкості відповідно до індексу заломлювання для двох середовищ, про які йде мова.
- **Поглинена** - енергія передається об'єкту через електронні або молекулярні реакції.
- **Відбита** - енергія повертається незміненою з кутом відбивання, що дорівнює куту надходження. Відбивальна здатність це відношення відбитої енергії до тієї, що надійшла до тіла. Довжина хвилі відбитої (а не поглиненої) енергії визначає колір об'єкта.
- **Розсіяна** - напрямок поширювання енергії змінюється випадково. Розсіювання Рейлі та Мі - два найбільш важливі типи розсіювання в атмосфері.
- **Випромінена** - в дійсності, енергія спочатку поглинається, а потім випромінюється знову, зазвичай на довших довжинах хвиль. Об'єкт розігрівається.

### 4.1.3 Сенсори

**Сенсори** можуть знаходитись на борті літака або супутника, вимірюючи електромагнітну радіацію у деяких визначених діапазонах (які зазвичай називаються каналами). В результаті, вимірювання квантуються та перетворюються на цифрове зображення, кожен елемент якого (тобто піксель) має дискретне значення в одиницях цифрових чисел (Digital Number - DN) (NASA, 2013). Результуючі зображення мають різні характеристики (вирізняльні здатності) залежно від сенсора. Виділяють декілька типів **вирізняльної здатності**:

- **Просторова вирізняльна здатність**, зазвичай відповідає розміру пікселя, «це вирізняльна здатність інструмента, необхідна для виокремлення об'єктів, що залежить від розміру детектора, фокусної відстані та висоти сенсора» (NASA, 2013); просторову родільну здатність також називають геометричною роздільною здатністю або IFOV;
- **Спектральна вирізняльна здатність** це кількість та положення електромагнітних спектрів (що визначаються двома довжинами хвиль) спектральних каналів (NASA, 2013) багатоспектральних сенсорів, кожному каналу відповідає зображення;
- **Радіометрична вирізняльна здатність**, зазвичай вимірюється у бітах (двійкових цифрах), це діапазон можливих значень яскравості, який для знімка відповідає максимальному діапазону DN; наприклад, знімок з вирізняльною здатністю 8 біт має 256 рівнів яскравості (Richards and Jia, 2006);
- Для супутникових сенсорів, є також **часова вирізняльна здатність**, яка відповідає часу, необхідному для повторного перегляду тієї самої ділянки Землі (NASA, 2013).

### 4.1.4 Енергетична світність та відбивальна здатність

Сенсори вимірюють **енергетичну світність**, яка відповідає яскравості у заданому напрямку до сенсора; також доцільно вирізняти **відбивальну здатність** як відношення відбитої до загальної енергії.

### 4.1.5 Спектральна сигнатура

**Спектральна сигнатура** це відбивальна здатність як функція довжини хвилі (див. Рис. *Криві спектральної відбивальної здатності для чотирьох різних цілей* (page 119)); кожен матеріал має унікальну сигнатуру, яка завдяки цьому може використовуватись для класифікації матеріалів (NASA, 2013).

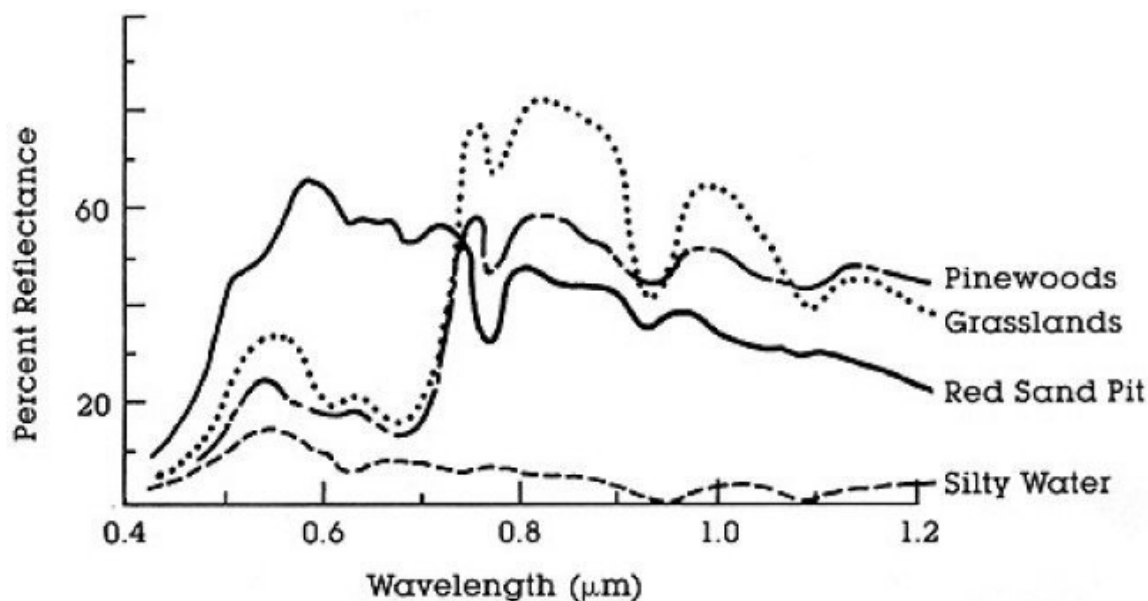


Fig. 2: Криві спектральної відбивальної здатності для чотирьох різних цілей  
(за NASA, 2013)

#### 4.1.6 Земельний покрив

**Земельний покрив** це матеріал на земній поверхні такий як ґрунт, рослинність, вода, асфальт тощо (Fisher and Unwin, 2005). Кількість та вид класів земельного покриття, що можуть бути ідентифіковані на знімку, можуть істотно різнитися залежно від вирізняльної здатності сенсора, .

## 4.2 Multispectral satellites

There are several satellites with different characteristics that acquire multispectral images of earth surface. The following satellites are particularly useful for land cover monitoring because images are provided for free and can be downloaded directly from *SCP*; data have been acquired for the past few decades and the archive is continuously growing with recent images.

### 4.2.1 Landsat Satellites

**Landsat** це серія багатоспектральних супутників, розроблених NASA (Національним управлінням з аеронавтики і дослідження космічного простору США), з початку 1970-х.

Знімки Landsat широко вживані у дослідженнях довкілля. Вирізняльні здатності сенсорів Landsat 4 та Landsat 5 наведені в таблиці нижче (за [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)); часова вирізняльна здатність Landsat становить 16 днів (NASA, 2013).

*Канали Landsat 4 та Landsat 5*

Канали Landsat 4, Landsat 5	Довжина хвилі [мікрометри]	Вирізняльна здатність [метри]
Канал 1 - Синій	0.45 - 0.52	30
Канал 2 - Зелений	0.52 - 0.60	30
Канал 3 - Червоний	0.63 - 0.69	30
Канал 4 - Близький інфрачервоний (NIR)	0.76 - 0.90	30
Канал 5 - SWIR	1.55 - 1.75	30
Канал 6 - Тепловий інфрачервоний	10.40 - 12.50	120 (передискретизована до 30)
Канал 7 - SWIR	2.08 - 2.35	30

Вирізняльні здатності сенсора Landsat 7 наведено в таблиці нижче (за [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)); часова вирізняльна здатність Landsat становить 16 днів (NASA, 2013).

#### Канали Landsat 7

Landsat 7 Bands	Довжина хвилі [мікрометри]	Вирізняльна здатність [метри]
Канал 1 - Синій	0.45 - 0.52	30
Канал 2 - Зелений	0.52 - 0.60	30
Канал 3 - Червоний	0.63 - 0.69	30
Канал 4 - Близький інфрачервоний (NIR)	0.77 - 0.90	30
Канал 5 - SWIR	1.57 - 1.75	30
Канал 6 - Тепловий інфрачервоний	10.40 - 12.50	60 (передискретизована до 30)
Канал 7 - SWIR	2.09 - 2.35	30
Канал 8 - Панхроматичний	0.52 - 0.90	15

Вирізняльні здатності сенсора Landsat 8 наведено в таблиці нижче (за [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)); часова вирізняльна здатність Landsat становить 16 днів (NASA, 2013).

#### Канали Landsat 8

Landsat 8 Bands	Довжина хвилі [мікрометри]	Вирізняльна здатність [метри]
Канал 1 - Узбережний аерозоль	0.43 - 0.45	30
Канал 2 - Синій	0.45 - 0.51	30
Канал 3 - Зелений	0.53 - 0.59	30
Канал 4 - Червоний	0.64 - 0.67	30
Канал 5 - Близький інфрачервоний (NIR)	0.85 - 0.88	30
Канал 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Канал 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Канал 8 - Панхроматичний	0.50 - 0.68	15
Канал 9 - Пір'їсті хмари	1.36 - 1.38	30
Канал 10 - Тепловий інфрачервоний (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 (передискретизована до 30)
Канал 11 - Тепловий інфрачервоний (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 (передискретизована до 30)

Великий архів знімків безкоштовно доступний від Геологічної служби США . Для більш докладної інформації щодо безкоштовного завантаження знімків Landsat [читайте](#) .

Знімки ідентифікуються траєкторіями та рядками WRS (Глобальна система місцезнаходження для Landsat [Worldwide Reference System for Landsat](#) ).

### 4.2.2 Супутник Sentinel-2

**Sentinel-2** це багатоспектральний супутник, розроблений Європейським космічним агентством (European Space Agency - ESA) в рамках програми моніторингу земель [Copernicus](#) . Sentinel-2 має 13 спектральних каналів з просторовою вирізняльною здатністю 10 м, 20 м та 60 м залежно від каналу, як наведено у таблиці нижче (ESA, 2015).

*Канали Sentinel-2*

Канали Sentinel-2	Центральна довжина хвилі [мікрометри]	Вирізняльна здатність [метри]
Канал 1 - Узбережний аерозоль	0.443	60
Канал 2 - Синій	0.490	10
Канал 3 - Зелений	0.560	10
Канал 4 - Червоний	0.665	10
Канал 5 - Червоний край рослинності	0.705	20
Канал 6 - Червоний край рослинності	0.740	20
Канал 7 - Червоний край рослинності	0.783	20
Канал 8 - NIR	0.842	10
Канал 8A - Червоний край рослинності	0.865	20
Канал 9 - Водяна пара	0.945	60
Канал 10 - SWIR - Пир'їсті хмари	1.375	60
Канал 11 - SWIR	1.610	20
Канал 12 - SWIR	2.190	20

Sentinel-2 images are freely available from the ESA website <https://scihub.copernicus.eu>.

### 4.2.3 Sentinel-3 Satellite

**Sentinel-3** is a satellite developed by the European Space Agency (ESA) in the frame of [Copernicus](#) land monitoring services. It carries several instruments, in particular the Ocean and Land Colour Instrument (OLCI) is a push-broom imaging spectrometer acquiring 21 bands in the range 0.4-1.02  $\mu\text{m}$  with a swath width of 1,270km and 300m spatial resolution (ESA, 2013). The revisit time is about 2 days.

*Sentinel-3 Bands*

Sentinel-3 Bands	Центральна довжина хвилі [мікрометри]
Oa1	0.400
Oa2	0.4125
Oa3	0.4425
Oa4	0.490
Oa5	0.510
Oa6	0.560
Oa7	0.620
Oa8	0.665
Oa9	0.67375
Oa10	0.68125
Oa11	0.70875
Oa12	0.75375
Oa13	0.76125
Oa14	0.764375
Oa15	0.7675
Oa16	0.77875
Oa17	0.865
Oa18	0.885
Oa19	0.900
Oa20	0.940
Oa21	1.020

#### 4.2.4 Супутник ASTER

Супутник **ASTER** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - Покращений космічний радіометр теплового випромінювання та відбивання) був запущений у 1999 за співробітництва між Міністерством міжнародної торгівлі та індустрії Японії (Japanese Ministry of International Trade and Industry - MITI) та NASA. ASTER має 14 каналів вирізняльна здатність яких змінюється відповідно до довжини хвилі: 15 м у видимому та ближньому інфрачервоному, 30 м у короткохвильовому інфрачервоному та 90 м у тепловому інфрачервоному (USGS, 2015). Канали ASTER охарактеризовано в таблиці нижче (через вихід з ладу сенсора **дані SWIR, отримані після 1 квітня 2008 недоступні**). Додатковий канал 3В (ближній інфрачервоний оберненого назад огляду) забезпечує стерео покриття.

##### *Канали ASTER*

Канали ASTER	Довжина хвилі [мікрометри]	Вирізняльна здатність [метри]
Канал 1 - Зелений	0.52 - 0.60	15
Канал 2 - Червоний	0.63 - 0.69	15
Канал 3N - Ближній інфрачервоний (NIR)	0.78 - 0.86	15
Канал 4 - SWIR 1	1.60 - 1.70	30
Канал 5 - SWIR 2	2.145 - 2.185	30
Канал 6 - SWIR 3	2.185 - 2.225	30
Канал 7 - SWIR 4	2.235 - 2.285	30
Канал 8 - SWIR 5	2.295 - 2.365	30
Канал 9 - SWIR 6	2.360 - 2.430	30
Канал 10 - TIR 1	8.125 - 8.475	90
Канал 11 - TIR 2	8.475 - 8.825	90
Канал 12 - TIR 3	8.925 - 9.275	90
Канал 13 - TIR 4	10.25 - 10.95	90
Канал 14 - TIR 5	10.95 - 11.65	90



## 4.2.5 Продукти MODIS

The **MODIS** (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) is an instrument operating on the Terra and Aqua satellites launched by NASA in 1999 and 2002 respectively. Its temporal resolutions allows for viewing the entire Earth surface every one to two days, with a swath width of 2,330km. Its sensors measure 36 spectral bands at three spatial resolutions: 250m, 500m, and 1,000m (see [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis)).

Доступні декілька продуктів, таких як відбивальність поверхні та вегетаційні індекси. В цьому посібнику ми розглядаємо канали відбивальності поверхні доступні з просторовою вирізняльною здатністю 250 м та 500 м (Vermote, Roger, & Ray, 2015).

### Канали MODIS

Канали MODIS	Довжина хвилі [мікрометри]	Вирізняльна здатність [метри]
Канал 1 - Червоний	0.62 - 0.67	250 - 500
Канал 2 - Близький інфрачервоний (NIR)	0.841 - 0.876	250 - 500
Канал 3 - Синій	0.459 - 0.479	500
Канал 4 - Зелений	0.545 - 0.565	500
Канал 5 - SWIR 1	1.230 - 1.250	500
Канал 6 - SWIR 2	1.628 - 1.652	500
Канал 7 - SWIR 3	2.105 - 2.155	500

Наступні продукти (Версія 6, див. [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table)) доступні для завантаження (Vermote, Roger, & Ray, 2015):

- MOD09GQ: щоденна відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 250 м за Terra MODIS;
- MYD09GQ: щоденна відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 250 м за Aqua MODIS;
- MOD09GA: щоденна відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 500 м за Terra MODIS;
- MYD09GA: щоденна відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 500 м за Aqua MODIS;
- MOD09Q1: відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 250 м, як композит MOD09GQ (кожний піксель містить найкраще можливе спостереження за 8-денний період);
- MYD09Q1: відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 250 м, як композит MYD09GQ (кожний піксель містить найкраще можливе спостереження за 8-денний період);
- MOD09A1: відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 250 м, як композит MOD09GA (кожний піксель містить найкраще можливе спостереження за 8-денний період);
- MYD09A1: відбивальність з просторовою вирізняльною здатністю 250 м, як композит MYD09GA (кожний піксель містить найкраще можливе спостереження за 8-денний період);

## 4.3 Класифікація земельного покриття

This chapter provides basic definitions about land cover classifications.

### 4.3.1 Контрольована класифікація

**Напівавтоматична класифікація** (також контрольована класифікація) це техніка обробки зображень, яка дозволяє визначити матеріали на знімку відповідно до їх спектральних сигнатур.

Існує декілька видів алгоритмів класифікації, але головна мета це створення тематичної карти земельного покриття.

Обробка зображень та просторовий ГІС-аналіз потребують спеціалізованого програмного забезпечення такого як Semi-Automatic Classification Plugin для QGIS.

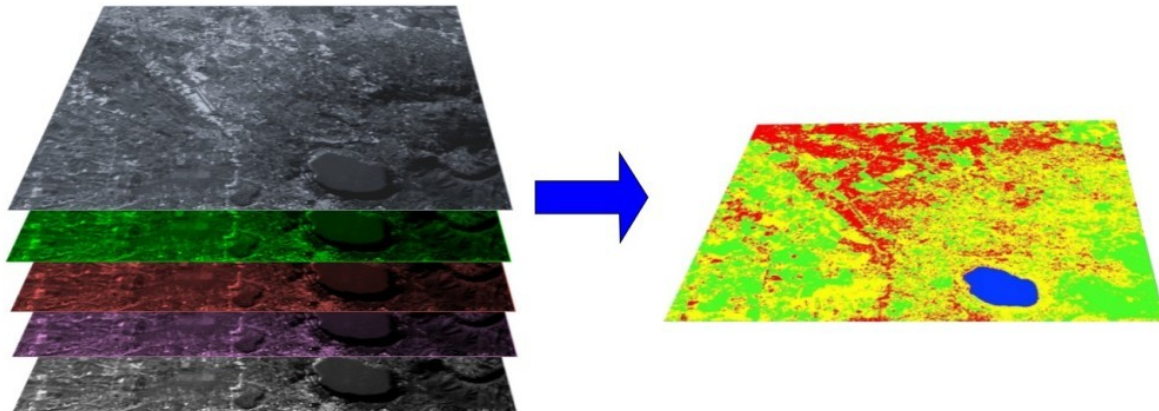


Fig. 3: Багатоспектральне зображення оброблене для створення класифікації земельного покриття (Знімок Landsat надано USGS)

#### 4.3.2 Кольоровий композит

Зазвичай створюється комбінація трьох індивідуальних монохромних зображень, в якій кожному призначається певний колір; така комбінація називається **кольоровий композит** та корисна для візуальної інтерпретації (NASA, 2013). Кольорові композити можуть бути описані наступним виразом:

$$\langle R \ G \ B = Br \ Bg \ Bb \rangle$$

де:

- R відповідає Червоному;
- G відповідає Зеленому;
- B відповідає Синьому;
- Br це номер каналу, що асоціюється з червоним кольором;
- Bg це номер каналу, що асоціюється з зеленим кольором;
- Bb це номер каналу, що асоціюється з синім кольором.

Наступний рисунок *Кольоровий композит знімка Landsat 8* (page 125) демонструє кольоровий композит «R G B = 4 3 2» знімка Landsat 8 (для Landsat 7 аналогічний кольоровий композит це R G B = 3 2 1; для Sentinel-2 це R G B = 4 3 2) та кольоровий композит «R G B = 5 4 3» (для Landsat 7 аналогічний кольоровий композит це R G B = 4 3 2; для Sentinel-2 це R G B = 8 4 3). Композит «R G B = 5 4 3» корисний для інтерпретації зображень тому що пікселі з рослинністю виглядають червоними (здорова рослинність відбиває значну частину надхідного світла в ближній інфрачервоній зоні, що проявляється у вищих значеннях відбивальності для каналу 5, а відтак і вищих значеннях для пов'язаного червоного кольору).

#### 4.3.3 Навчальні області

Зазвичай, контрольована класифікація потребує, щоб користувач визначив одну або декілька областей інтересу (Regions of Interest - ROI або навчальних областей) для кожного класу земельного

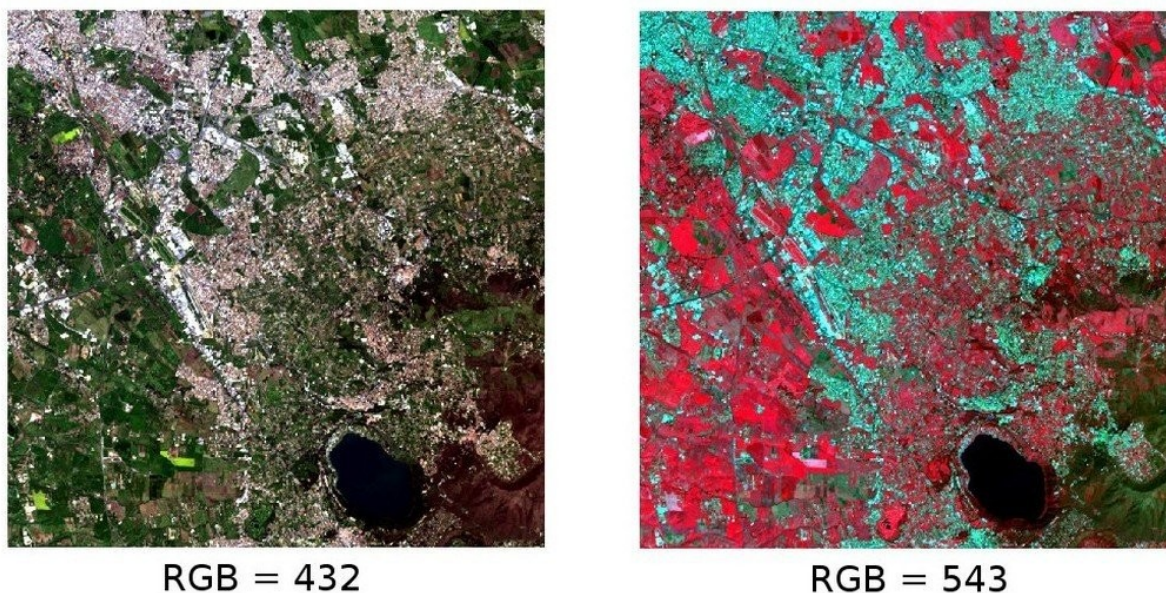


Fig. 4: Кольоровий композит знімка Landsat 8  
Дані доступні з Геологічної служби США

покриву, що визначається на знімку. **ROI** це полігони окреслені навколо однорідних ділянок зображення, що накладаються на пікселі, які належать до одного класу земельного покриву.

#### Алгоритм нарощування області

Алгоритм нарощування області дозволяє вибрати пікселі подібні до насінини з урахуванням **спектральної подібності** (тобто спектральної відстані) прилеглих пікселів. В *SCP* алгоритм нарощування області доступний для створення навчальних областей. Параметр **відстань** пов'язаний з подібністю значень пікселів (чим нижче значення, тим більш подібні вибрані пікселі) до насінини (вибраної клацанням на пікселі). Додатковий параметр це **максимальна ширина**, яка є довжиною сторони квадрата з центром в пікселі-насінині, до якого вписана навчальна область (якби всі пікселі мали одні і ті самі значення, то навчальна область також була б квадратною). **Мінімальний розмір** використовується в якості обмеження (поокремо для кожного каналу) при виборі пікселів, що є більш подібними до насінини, доки їх кількість не досягне принаймні мінімального розміру.

На рисунку *Приклад нарощування області* (page 126) центральний пісель використовується в якості насінини (а) для нарощування області одного каналу (b) з параметром спектральної відстані = 0.1; подібні пікселі вибираються для створення навчальної області (с та d).

#### 4.3.4 Класи та макрокласи

Класи земельного покриву ідентифікуються за довільними кодами ID (тобто унікальними ідентифікаторами). *SCP* дозволяє призначати **ID макрокласу** (тобто MC ID) та **ID класу** (тобто C ID), які є кодами-ідентифікаторами класів земельного покриву. **Макроклас** це група ROI, що мають різні ID класу, які є зручними за необхідності класифікувати матеріали, що характеризуються різними спектральними сигнатурами, але належать до одного класу земельного покриву. Наприклад, можна віділити траву (ID класу = 1 та ID макрокласу = 1) та дерева (ID класу = 2 та ID макрокласу = 1) як клас рослинності (ID макрокласу = 1). Як показано в таблиці нижче, декілька ID класів можуть бути віднесені до одного і того самого ID макрокласу, але один і той самий ID класу не може бути віднесений до багатьох ID макрокласів.

*Приклад макрокласів*

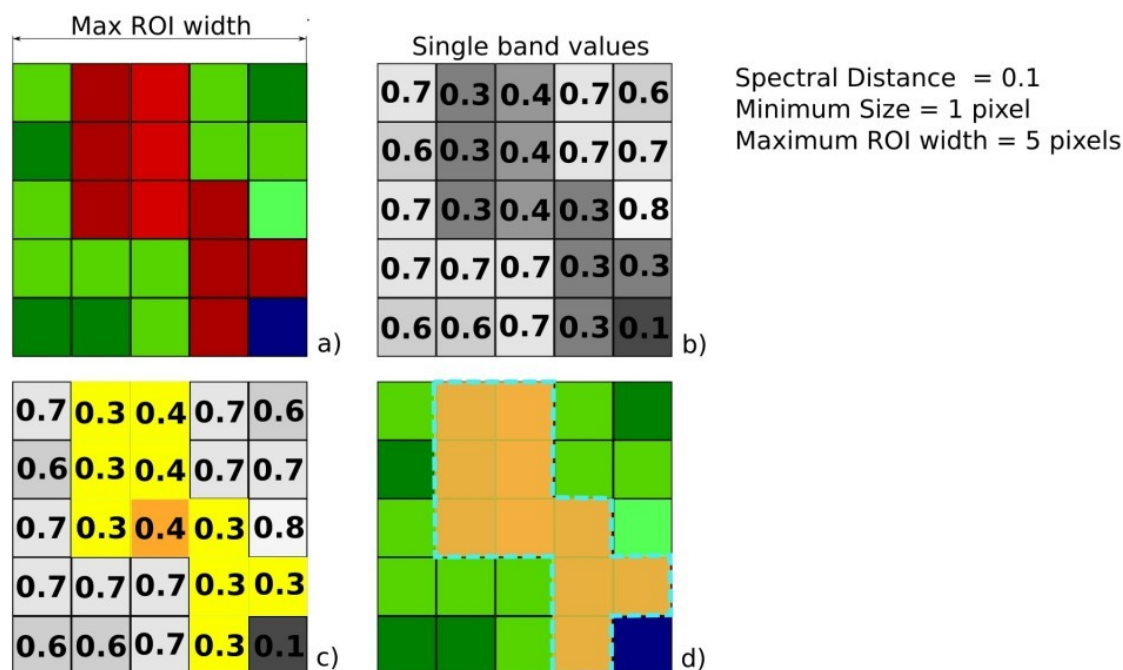


Fig. 5: Приклад нарощування області

Назва макрокласу	ID макрокласу	Назва класу	ID класу
Рослинність	1	Трава	1
Рослинність	1	Дерева	2
Забудова	2	Будівлі	3
Забудова	2	Дороги	4

Відтак, як показано на рис. *Приклад макрокласу* (page 127), класи є підмножинами макрокласу.

Якщо цілі дослідження не вимагають використання макрокласу, тоді один і той самий ID макрокласу може бути призначений всім ROI (наприклад, ID макрокласу = 1) та значення макрокласу не братимуться до уваги в процесі класифікації.

#### 4.3.5 Алгоритми класифікації

**Спектральні сигнатури** (спектральні характеристики) визначених класів земельного покриття розраховуються з урахуванням значень пікселів кожної ROI, що має той самий ID класу (або ID макрокласу). Відтак, алгоритм класифікації класифікує все зображення шляхом співставлення спектральних характеристик кожного пікселя з спектральними характеристиками визначених класів земельного покриття. *SCP* здатний реалізовувати наступні алгоритми класифікації.

##### Мінімальної відстані

Алгоритм мінімальної відстані розраховує Евклідову відстань  $d(x, y)$  між спектральними сигнатурами пікселів зображення та навчальними спектральними сигнатурами за наступною формулою:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

де:

- $x$  = вектор спектральної сигнатури пікселя зображення;



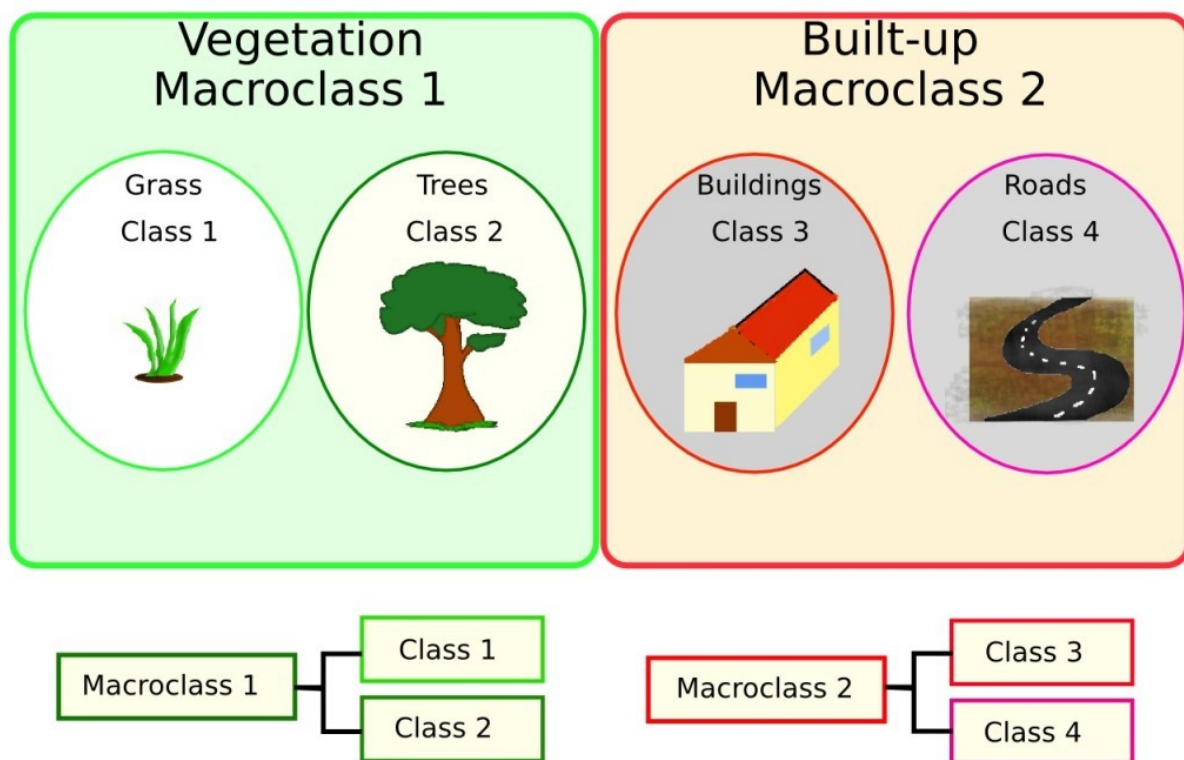


Fig. 6: Приклад макрокласу

- $y$  = вектор спектральної сигнатури навчальної області;
- $n$  = кількість каналів знімка.

Відтак, відстань розраховується для кожного пікселя на знімку з присвоєнням класу найближчої спектральної сигнатури відповідно до наступної дискримінантної функції (з змінами за Richards and Jia, 2006):

$$x \in C_k \iff d(x, y_k) < d(x, y_j) \forall k \neq j$$

де:

- $C_k$  = клас земельного покриття  $k$ ;
- $y_k$  = спектральна сигнатура класу  $k$ ;
- $y_j$  = спектральна сигнатура класу  $j$ .

Є можливість визначення порогової величини  $T_i$  з метою виключення з класифікації пікселів, що знаходяться нижче цього значення:

$$x \in C_k \iff d(x, y_k) < d(x, y_j) \forall k \neq j$$

and

$$d(x, y_k) < T_i$$

### Максимальної вірогідності

Алгоритм максимальної вірогідності розраховує розподіл імовірностей для класів за Беєсовою теоремою, оцінюючи належність пікселя до класу земельного покриття. Зокрема, передбачається, що розподіл імовірностей для класів характеризується формою багатовимірних нормальних моделей

(Richards & Jia, 2006). Для того, щоб застосовувати цей алгоритм, для кожної навчальної області необхідна кількість пікселів достатня для розрахунку матриці коваріації. Дискримінантна функція, наведена Richards and Jia (2006), розраховується для кожного пікселя як:

$$g_k(x) = \ln p(C_k) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_k| - \frac{1}{2} (x - y_k)^t \Sigma_k^{-1} (x - y_k)$$

де:

- $C_k$  = клас земельного покриття  $k$ ;
- $x$  = вектор спектральної сигнатури пікселя зображення;
- $p(C_k)$  = імовірність, що вірний клас це  $C_k$ ;
- $|\Sigma_k|$  = визначник матриці коваріації даних в класі  $C_k$ ;
- $\Sigma_k^{-1}$  = обернена матриця коваріації;
- $y_k$  = вектор спектральної сигнатури класу  $k$ .

Таким чином:

$$x \in C_k \iff g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j$$

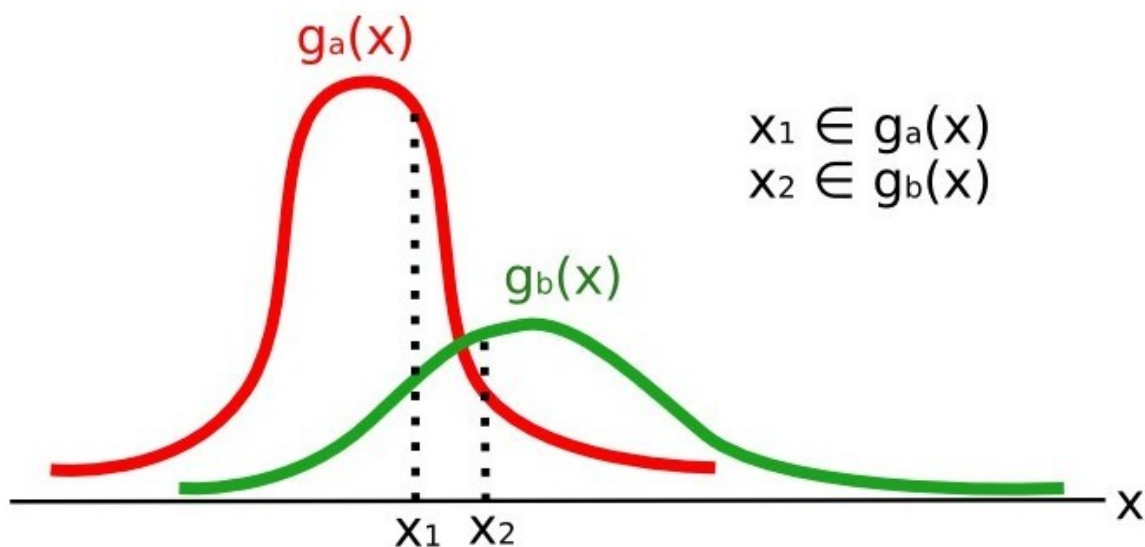


Fig. 7: Приклад максимальної вірогідності

Також є можливість визначення порогової величини дискримінантної функції з метою виключення з класифікації пікселів, що знаходяться нижче цього значення. З урахуванням порогової величини  $T_i$  умова класифікації набуває вигляду:

$$x \in C_k \iff g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j$$

and

$$g_k(x) > T_i$$

Класифікація за алгоритмом максимальної вірогідності є однією з найбільш поширених контрольованих класифікацій, однак процес класифікації може бути повільнішим порівняно з *Мінімальною відстані* (page 126).

## Картографування спектрального кута

Алгоритм картографування спектрального кута розраховує спектральний кут між спектральними сигнатурами пікселів зображення та навчальними спектральними сигнатурами. Спектральний кут  $\theta$  визначається як (Kruse et al., 1993):

$$\theta(x, y) = \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i^2)^{\frac{1}{2}} * (\sum_{i=1}^n y_i^2)^{\frac{1}{2}}} \right)$$

Де:

- $x$  = вектор спектральної сигнатури пікселя зображення;
- $y$  = вектор спектральної сигнатури навчальної області;
- $n$  = кількість каналів знімка.

Відтак піксель належить до класу, що має найменший кут, тобто:

$$x \in C_k \iff \theta(x, y_k) < \theta(x, y_j) \forall k \neq j$$

де:

- $C_k$  = клас земельного покриття  $k$ ;
- $y_k$  = спектральна сигнатура класу  $k$ ;
- $y_j$  = спектральна сигнатура класу  $j$ .

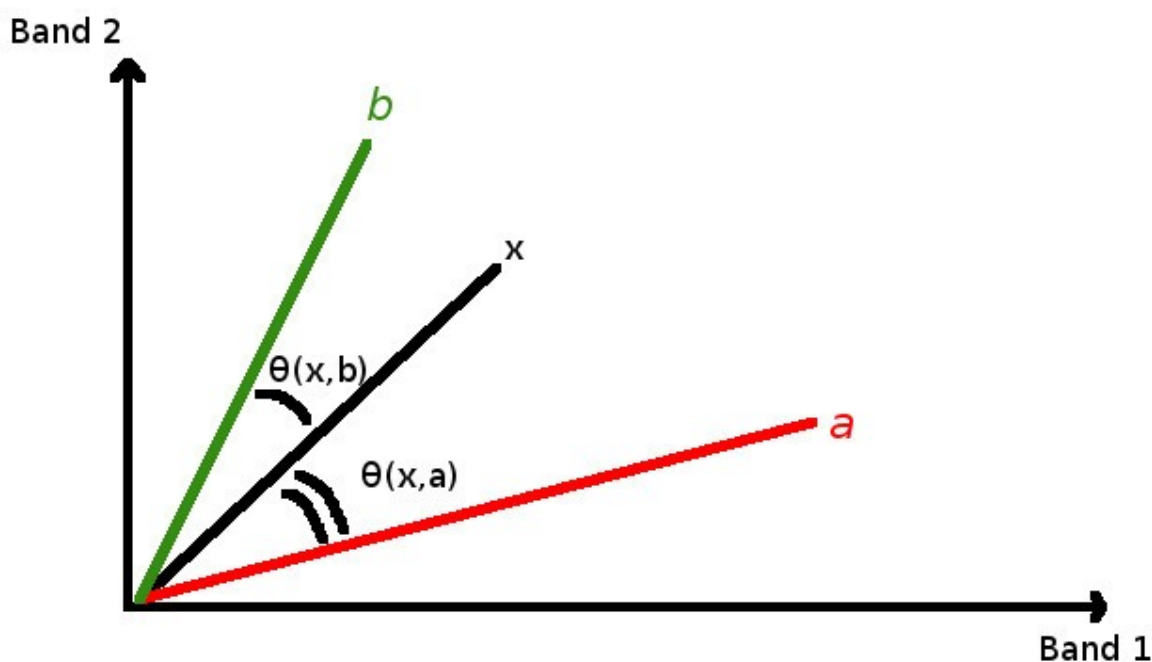


Fig. 8: Приклад картографування спектрального кута

З метою виключення з класифікації пікселів нижче цього значення можливо призначити порогову величину  $T_i$ :

$$x \in C_k \iff \theta(x, y_k) < \theta(x, y_j) \forall k \neq j$$

and

$$\theta(x, y_k) < T_i$$

Алгоритм картографування спектрального кута широко застосовується, особливо з гіперспектральними даними.



## Класифікація паралелепіеда

Класифікація паралелепіеда це алгоритм, який враховує діапазон значень для кожного каналу, формуючи багатовимірний паралелепіед, що визначає клас земельного покриття. Піксель відноситься до класу, якщо його значення знаходяться всередині паралелепіеда. Одним з основних обмежень є те, що пікселі, сигнатури яких знаходяться в областях перекриття двох або більше паралелепіедів, не можуть бути класифіковані (Richards and Jia, 2006).

## Класифікація сигнатур земного покриття

У SCP доступна *Класифікація сигнатур земельного покриття* (див. *Класифікація сигнатур земельного покриття* (page 35)). Ця класифікація дозволяє визначити спектральні порогові величини для кожної сигнатури вхідних навчальних даних (мінімальне та максимальне значення для кожного каналу). Порогові величини для кожної сигнатури вхідних навчальних даних визначають область, що належить до певного класу земельного покриття.

Спектральні сигнатури пікселів зображення порівнюються з спектральними навчальними сигнатурами; піксель належить до класу  $X$ , якщо його спектральна сигнатура повністю міститься в спектральній області, що визначається класом  $X$ . У випадку, якщо пікселі потрапляють до області перекриття або поза межі будь-якої спектральної області, є можливість застосувати додаткові алгоритми класифікації (наприклад, *Мінімальної відстані* (page 126), *Максимальної вірогідності* (page 127), *Картографування спектрального кута* (page 129)) з урахуванням спектральних характеристик первинних вхідних сигнатур.

Рисунок нижче схематично ілюструє *Класифікація сигнатур земельного покриття* для простого випадку двох спектральних каналів  $x$  та  $y$ . Визначені користувачем спектральні області означають три класи ( $g_a$ ,  $g_b$  та  $g_c$ ). Точка  $p_1$  належить до класу  $g_a$ , а точка  $p_2$  - до класу  $g_b$ . Однак точка  $p_3$  потрапляє всередину спектральних областей обох класів  $g_b$  та  $g_c$  (області, що перекриваються); в такому випадку точка  $p_3$  залишиться некласифікованою або буде класифікована за додатковим алгоритмом класифікації. Точка  $p_4$  знаходиться поза межами будь-якої спектральної області, тому вона залишиться некласифікованою або буде класифікована за додатковим алгоритмом класифікації. За умови, що точка  $p_4$  належить до класу  $g_c$ , спектральна область може бути розширена, щоб включити точку  $p_4$ .

Це є подібним до *Класифікація паралелепіеда* (page 130), за виключенням того, що спектральні області визначаються користувачем і їх верхній та нижній ліміти можуть бути призначені незалежно. Спектральні області можна уявити як набір спектральних сигнатур всіх пікселів, що належать до одного класу.

На рисунку *Графік спектральних діапазонів* (page 131) показано спектральні діапазони трьох класів ( $g_a$ ,  $g_b$  та  $g_c$ ); кольорові лінії всередині діапазонів (тобто напівпрозорі області) представляють спектральні сигнатури пікселів, що визначають верхній та нижній ліміти відповідних діапазонів. Піксель  $p_1$  (крапкова лінія) належить до класу  $g_b$  тому що його спектральна сигнатура знаходиться повністю всередині діапазону класу  $g_b$  (у верхньому ліміті); піксель  $p_2$  (пунктирна лінія) не класифікований, тому що його спектральна сигнатура не входить повністю до жодного діапазону; піксель  $p_3$  (крапкова лінія) належить до класу  $g_a$ .

Варто зазначити, що ці спектральні порогові величини можуть бути застосовані до будь-якої сигнатури, безвідносно її спектральних характеристик; ця функція може бути дуже корисною для відокремлення подібних спектральних сигнатур, що відрізняються лише в одному каналі, з визначенням порогових величин, які включають або виключають конкретні сигнатури. Фактично, класи відокремлюються коректно якщо їх спектральні області не перекриваються принаймні в одному каналі. Звичайно, навіть за наявності перекриття спектральних областей є можливість, що жоден піксель не потрапить до області перекриття і не буде невірно класифікований; верхній (або нижній) ліміт області не передбачає існування на зображенні будь-якої спектральної сигнатури, що має максимальне (або мінімальне) значення діапазону за всіма каналами (наприклад піксель  $p_1$  рисунка *Графік спектральних діапазонів* (page 131) не міг би існувати).

Однією з головних переваг *Класифікації сигнатур земельних покриттів* є можливість вибору пікселів та включення їх сигнатур до спектрального діапазону; відтак, класифікація повинна бути

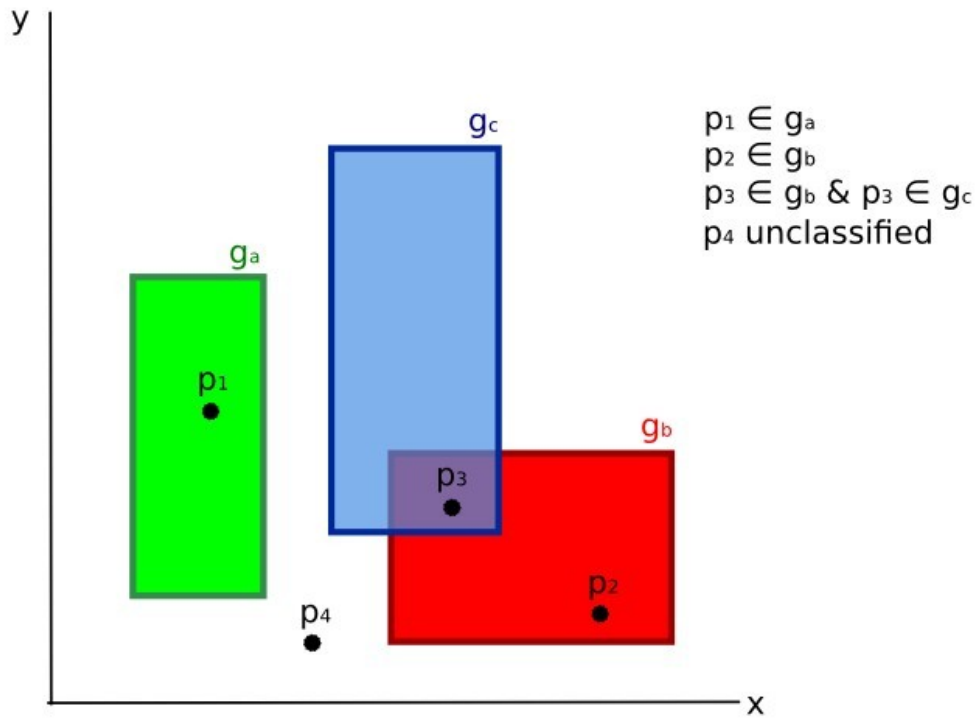


Fig. 9: Класифікація сигнатур земельного покриття

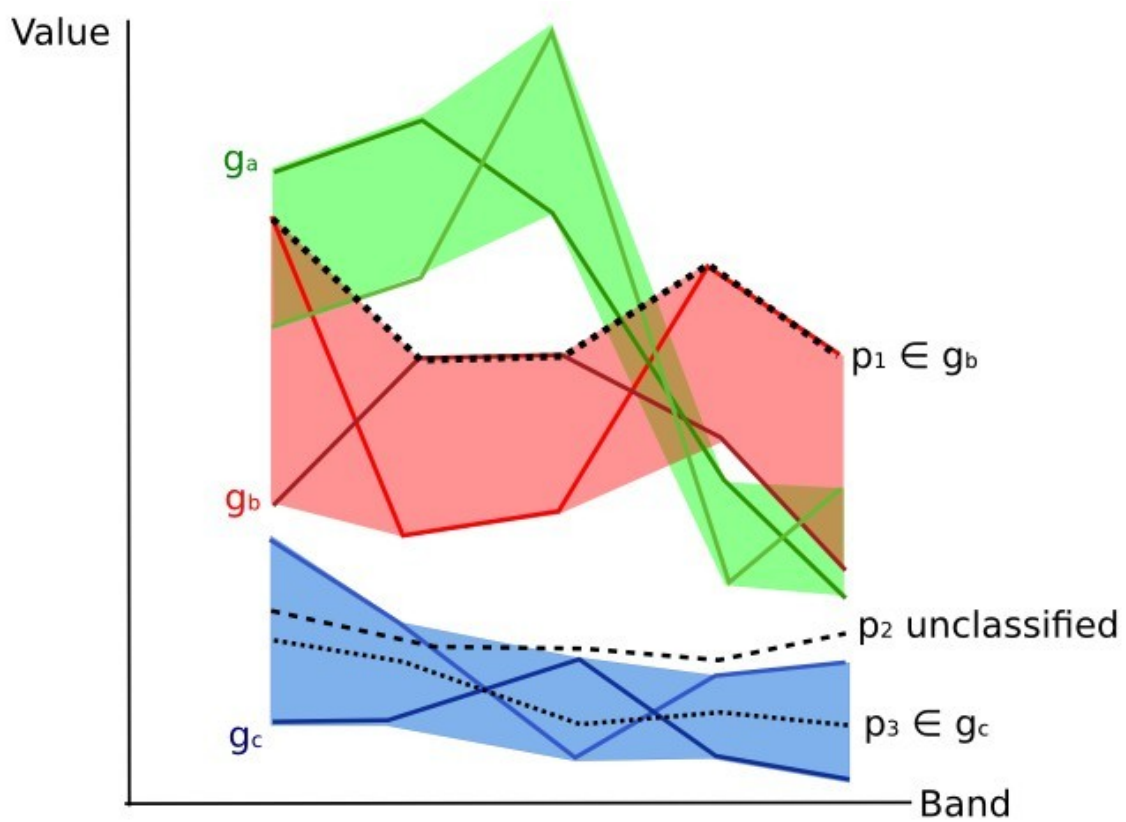


Fig. 10: Графік спектральних діапазонів

безпосереднім представленням класу, що очікується для кожної спектральної сигнатури. Це дуже доречно для класифікації єдиного класу земельного покриття (визначеного за специфічними спектральними пороговими величинами) та залишає неklasифікованою іншу частину зображення, яка не представляє інтересу для цілей класифікації.

### Растр алгоритму

Растр алгоритму представляє «відстань» (відповідно до визначення алгоритму класифікації) пікселя зображення до певної спектральної сигнатури.

Здебільшого растр алгоритму створюється для кожної спектральної сигнатури, використаної в якості навчальних входних даних. Значення кожного пікселя це результат розрахунків алгоритму для конкретної спектральної сигнатури. Відтак, піксель належить до класу **X** якщо значення растра алгоритму, що відповідає класу **X** є найнижчим у випадку *Мінімальної відстані* (page 126) або *Картографування спектрального кута* (page 129) (або найвищим у випадку *Максимальної вірогідності* (page 127)).

Залежно від класифікації може бути зроблена комбінація растрів алгоритму, щоб створити растр найменших «відстаней» (тобто пікселі мають значення растра алгоритму, що співвідноситься з класом до якого вони належать за класифікацією). Таким чином, цей растр може бути корисним для визначення пікселів, що потребують додаткового збору подібних спектральних сигнатур (див. *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38)).

### 4.3.6 Спектральна відстань

Для того, щоб оцінити, чи подібні класи настільки, що це може призвести до помилок класифікації, доцільно оцінювати спектральну відстань (або відокремність) між навчальними сигнатурами та пікселями. В *SCP* реалізовано наступні алгоритми для оцінки подібності спектральних сигнатур.

#### Відстань Джефріса-Мацусіти

Відстань Джефріса-Мацусіти розраховує відокремність двох розподілів імовірностей. Це може бути особливо змістовно для оцінювання результатів класифікацій *Максимальної вірогідності* (page 127).

Відстань Джефріса-Мацусіти  $J_{xy}$  розраховується як (Richards and Jia, 2006):

$$J_{xy} = 2 \left( 1 - e^{-B} \right)$$

де:

$$B = \frac{1}{8} (x - y)^t \left( \frac{\Sigma_x + \Sigma_y}{2} \right)^{-1} (x - y) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|\frac{\Sigma_x + \Sigma_y}{2}|}{|\Sigma_x|^{\frac{1}{2}} |\Sigma_y|^{\frac{1}{2}}} \right)$$

де:

- $x$  = вектор першої спектральної сигнатури;
- $y$  = вектор другої спектральної сигнатури;
- $\Sigma_x$  = матриця коваріації вибірки  $x$ ;
- $\Sigma_y$  = матриця коваріації вибірки  $y$ ;

Відстань Джефріса-Мацусіти асимптотна до 2, коли сигнатури абсолютно різні, і наближається до 0, коли сигнатури ідентичні.

## Спектральний кут

Спектральний кут найбільш придатний для оцінки алгоритму *Картографування спектрального кута* (page 129). Спектральний кут  $\theta$  визначається як (Kruse et al., 1993):

$$\theta(x, y) = \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i^2)^{\frac{1}{2}} * (\sum_{i=1}^n y_i^2)^{\frac{1}{2}}} \right)$$

Де:

- $x$  = вектор спектральної сигнатури пікселя зображення;
- $y$  = вектор спектральної сигнатури навчальної області;
- $n$  = кількість каналів знімка.

Спектральний кут іде від 0, коли сигнатури ідентичні, до 90, коли сигнатури абсолютно різні.

## Евклідова відстань

Евклідова відстань особливо корисна для оцінювання результатів класифікацій *Мінімальної відстані* (page 126). Фактично відстань визначається як:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

де:

- $x$  = вектор першої спектральної сигнатури;
- $y$  = вектор другої спектральної сигнатури;
- $n$  = кількість каналів знімка.

Евклідова відстань дорівнює 0 якщо сигнатури ідентичні і зростає із зростанням спектральної відстані між сигнатурами.

## Подібність Брея-Кертиса

Подібність Брея-Кертиса це статистика, що використовується для оцінювання спорідненості між двома вибірками ([читайте](#)). Вона корисна загалом для оцінки подібності спектральних сигнатур, подібність Брея-Кертиса  $S(x, y)$  розраховується як:

$$S(x, y) = 100 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n |(x_i - y_i)|}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i} \right) * 100$$

де:

- $x$  = вектор першої спектральної сигнатури;
- $y$  = вектор другої спектральної сигнатури;
- $n$  = кількість каналів знімка.

Подібність Брея-Кертиса розраховується у відсотках і змінюється від 0, коли сигнатури абсолютно різні, до 100, коли спектральні сигнатури ідентичні.

### 4.3.7 Результат класифікації

Результатом процесу класифікації є растр (дивіться приклад класифікації Landsat на рисунку *Класифікація Landsat* (page 134)), де значення пікселів співвідносяться з унікальними ідентифікаторами класів і кожний колір представляє клас земельного покриття.

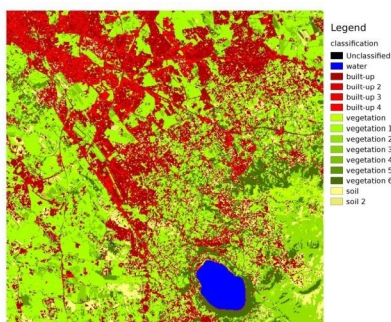


Fig. 11: *Класифікація Landsat*  
Дані доступні з Геологічної служби США

Певна кількість помилок може таплитись в класифікації земельного покриття (тобто пікселі віднесені до помилкового класу земельного покриття) через спектральну подібність класів або невірне визначення класу під час збору ROI.

#### 4.3.8 Оцінка точності

Після процесу класифікації доцільно оцінити точність класифікації земельного покриття з метою ідентифікації та вимірювання похибок карти. Зазвичай **оцінка точності** виконується з розрахунком матриці похибок, яка є таблицею, що порівнює інформацію карти з контрольними даними (тобто з даними підсупутникових спостережень) для певної кількості пробних ділянок (Congalton and Green, 2009)..

Наступна таблиця схематично зображує матрицю похибок, де  $k$  це число класів, що ідентифікуються в класифікації земельного покриття, а  $n$  це загальна кількість зібраних елементів вибірки. Елементи основної діагоналі ( $a_{ii}$ ) це кількість вірно ідентифікованих елементів, а інші елементи являють собою похибку класифікації.

*Схема матриці похибок*

	Підсупутникове спостереження 1	Підсупутникове спостереження 2	...	Підсупутникове спостереження $k$	Сума
<b>Клас 1</b>	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1k}$	$a_{1+}$
<b>Клас 2</b>	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2k}$	$a_{2+}$
...	...	...	...	...	...
<b>Клас <math>k</math></b>	$a_{k1}$	$a_{k2}$	...	$a_{kk}$	$a_{k+}$
<b>Сума</b>	$a_{+1}$	$a_{+2}$	...	$a_{+k}$	$n$

Відтак, можливо розрахувати загальну точність як відношення кількості елементів, що класифіковані вірно (сума основної діагоналі), до загальної кількості елементів вибірки  $n$  (Congalton and Green, 2009).

The overall accuracy (also expressed in percentage) is defined as:

$$O = \sum_{i=1}^k a_{ii}/n$$

Then user's accuracy for each class is defined as the ratio (also expressed in percentage) between correct samples and the row total:

$$U_i = a_{ii}/a_{i+}$$

The commission error  $CE_i = 1 - U_i$  corresponds to pixels classified as class  $i$  that actually belong to a different class.

The producer's accuracy for each class is calculated as the ratio (also expressed in percentage) between correct samples and the column total:

$$P_i = a_{ii}/a_{+i}$$

The omission error  $OE_i = 1 - P_i$  corresponds to pixels actually belonging to class  $i$  that were classified erroneously as a different class.

User's accuracy is It is recommended to calculate the area based error matrix (Olofsson, et al., 2014) where each element represents the estimated area proportion of each class. This allows for estimating the unbiased user's accuracy and producer's accuracy, the unbiased area of classes according to reference data, and the standard error of area estimates.

Для отримання подальшої інформації вільно доступна наступна документація: [Landsat 7 Science Data User's Handbook](#), [Remote Sensing Note](#) або [Wikipedia](#).

## 4.4 Image processing

Remote sensing images can be processed in various ways in order to obtain classification, indices, or other derived information that can be useful for land cover characterization.

### 4.4.1 Аналіз головних компонент

Аналіз головних компонент (Principal Component Analysis - PCA) це метод зменшення вимірності змінних (каналів) до головних компонент (JARS, 1993).

Трансформація головних компонент надає новий набір каналів (головних компонент), які мають наступні характеристики: головні компоненти не корелюють; кожна наступна компонента має дисперсію меншу, ніж попередня компонента. Відтак, це ефективний метод виокремлення інформації та ущільнювання даних (Ready and Wintz, 1973).

У випадку знімка з  $N$  спектральними каналами головні компоненти отримуються розрахунком матриці (Ready and Wintz, 1973; Richards and Jia, 2006):

$$Y = D^t X$$

де:

- $Y$  = вектор головних компонент
- $D$  = матриця власних векторів матриці коваріації  $C_x$  в просторі  $X$
- $t$  позначає транспонування вектора

А  $X$  розраховується як:

$$X = P - M$$

- $P$  = вектор спектральних значень, що відповідають кожному пікселю
- $M$  = вектор середніх значень, що відповідають кожному каналу

Відтак, середнє  $X$ , що відповідає кожному каналу становить 0.  $D$  формується власними векторами (матриці коваріації  $C_x$ ), впорядкованими як власні числа від максимуму до мініму, для отримання максимальної дисперсії у першій компоненті. Таким чином, головні компоненти не корелюють та кожна наступна компонента має дисперсію меншу, ніж попередня (Ready and Wintz, 1973).

Зазвичай перші дві компоненти містять понад 90% дисперсії. Наприклад, перша головна компонента може бути відображена у *Кольоровий композит* (page 124) для підкреслення класів *Земельний покрив* (page 119) або використана в якості вхідних даних для *Контрольована класифікація* (page 123).



#### 4.4.2 Панхроматичне об'єднання

Панхроматичне об'єднання або пан-шарпінг це поєднання спектральної інформації багатоспектральних каналів (MS), які мають нижчу вирізняльну здатність (для каналів Landsat просторова вирізняльна здатність становить 30 м), з просторовою вирізняльною здатністю панхроматичного каналу (PAN), яка для Landsat 7 та 8 становить 15 м. Результатом є багатоспектральне зображення з просторовою вирізняльною здатністю панхроматичного каналу (тобто 15 м). В *SCP* застосовується перетворення Бровея, де перетворені значення кожного багатоспектрального каналу розраховуються як (Johnson, Tateishi and Hoan, 2012):

$$MSpan = MS * PAN / I$$

де  $I$  це Інтенсивність, яка є функцією багатоспектральних каналів.

Відповідно до декількох тестів, проведених з застосуванням *SCP*, для  $I$  визначено наступні вагові коефіцієнти. Для Landsat 8, Інтенсивність розраховується як:

$$I = (0.42 * Blue + 0.98 * Green + 0.6 * Red) / 2$$

Для Landsat 7, Інтенсивність розраховується як:

$$I = (0.42 * Blue + 0.98 * Green + 0.6 * Red + NIR) / 3$$



Fig. 12: Приклад знімка Landsat 8, який був підданий панхроматичному об'єднанню. Ліворуч первинні багатоспектральні канали (30 м); праворуч панхроматично об'єднані (15 м)

Дані доступні з Геологічної служби США

#### 4.4.3 Спектральні індекси

Спектральні індекси це математичні дії між спектральними каналами спрямовані на отримання інформації про рослинний покрив (JARS, 1993). Один з найбільш популярних індексів це **вегетатційний індекс нормалізованої різниці** (англ. Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), що визначається як (JARS, 1993):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$



Значення NDVI варіюють від -1 до 1. Густа та здорова рослинність демонструє вищі значення, а ділянки без рослинного покриву характеризуються низькими значеннями NDVI.

Інший індекс це **підсилений вегетаційний індекс** (англ. Enhanced Vegetation Index - EVI), який намагається враховувати атмосферні ефекти, такі як енергетична світність, відбита від атмосфери, розраховуючи різницю між синім та червоним каналами (Didan, et al., 2015). EVI визначається як:

$$EVI = G(NIR - Red) / (NIR + C_1 Red - C_2 Blue + L)$$

де:  $G$  масштабний коефіцієнт,  $C_1$  та  $C_2$  коефіцієнти атмосферних ефектів та  $L$  фактор для урахування диференційного NIR та червоного випромінювання через рослинний полог. Типові значення коефіцієнтів становлять:  $G = 2.5$ ,  $L = 1$ ,  $C_1 = 6$ ,  $C_2 = 7.5$  (Didan, et al., 2015).

#### 4.4.4 Clustering

Clustering is the grouping of pixels based on spectral similarity (e.g. *Евклідова відстань* (page 133) or *Спектральний кут* (page 133)) calculated for a multispectral image (Richards and Jia, 2006).

Clustering can be used for unsupervised classification or for the automatic selection of spectral signatures. It is worth noticing that, while *Контрольована класифікація* (page 123) produces a classification with the classes identified during the training process, the classes produced by clustering (i.e. clusters) have no definition and consequently the user must assign a land cover label to each class.

The main advantage of clustering resides in automation. Of course, clusters do not necessarily represent a particular land cover type and additional processing could be required for producing an accurate classification.

There are several types of clustering, mainly based on iterative methods; the following are the algorithms provided in *SCP*.

##### K-means

The K-means method is based on the calculation of the average spectral signature of clusters (Wikipedia, 2017; JARS, 1993).

At first, the user defines the number of clusters expected in the image, which correspond to as many spectral signatures (i.e. seeds). Starting spectral signatures can be selected in various ways (e.g. randomly, provided by the user, calculated automatically from image values).

During the first iteration clusters are produced calculating the pixel spectral distance with initial spectral signatures. The algorithms *Евклідова відстань* (page 133) or *Спектральний кут* (page 133) can be used for distance calculation. Pixels are assigned according to the most similar spectral signature, therefore producing clusters.

Then, the average spectral signature is calculated for each cluster of pixels, resulting in the spectral signatures that will be used in the following iteration.

This process continues iteratively producing clusters and mean spectral signatures, until one of the following condition is verified:

- the spectral distance between the spectral signatures produced in this iteration with the corresponding ones produced in the previous iteration is lower than a certain threshold;
- the maximum number of iterations is reached.

After the last iteration, a raster of clusters is produced using the spectral signatures derived from the last iteration.

##### ISODATA

The ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) method is similar to K-means but with the additional steps of merging clusters having similar spectral signatures and splitting clusters

having too high variability (i.e. standard deviation) of spectral signatures (Ball & Hall, 1965). Following, the *SCP* implementation of ISODATA is described.

At first, the user defines the number of clusters expected in the image, which correspond to as many spectral signatures (i.e. seeds). Starting spectral signatures can be selected in various ways (e.g. randomly, provided by the user, calculated automatically from image values). Initial parameteres provided by user are:

- $C$  = number of desired clusters
- $N_{min}$  = minimum number of pixels for a cluster
- $\sigma_t$  = maximum standard deviation threshold for splitting
- $D_t$  = distance threshold for merging

During the first iteration clusters are produced calculating the *Евклідова відстань* (page 133) of pixels with initial spectral signatures. Pixels are assigned according to the most similar spectral signature, therefore producing clusters.

Therefore, the following parameters are calculated:

- $N_i$  = number of pixels of cluster  $i$
- $S_i$  = average spectral signature of cluster  $i$
- $AVERAGEDIST_i$  = average distance of cluster  $i$  with the seed spectral signature
- $AVERAGEDISTANCE$  = overall average distance of all clusters
- $\sigma_{ij}$  = standard deviation of cluster  $i$  in band  $j$
- $\sigma max_i$  = maximum standard deviation of cluster  $i$  (i.e.  $\max(\sigma_{ij})$ )
- $k_i$  = band where  $\sigma max_i$  occurred
- $Sk_i$  = value of  $S_i$  at band  $k_i$
- $P$  = number of clusters

Then, for each cluster  $i$ , if  $N_i < N_{min}$  , then the cluster  $i$  is discarded.

If  $P \leq C$  then try to split clusters. For each cluster  $i$ :

- If  $\sigma max_i > \sigma_t$  :
  - If  $((AVERAGEDIST_i > AVERAGEDISTANCE) \text{ AND } (N_i > (2 * N_{min} + 2) )) \text{ OR } (C > 2 * P)$ :
  - \* create a new spectral signature  $S_{p+1} = S_i$
  - \* in  $S_i$  set the value  $Sk_i = Sk_i + \sigma max_i$
  - \* in  $S_{p+1}$  set the value  $Sk_{p+1} = Sk_i - \sigma max_i$
  - \*  $P = P + 1$
  - \* start a new iteration

If  $P > (2 * C)$  then try to merge clusters.

- For each combination  $xy$  of spectrals signatures calculate  $D_{xy} = \text{Евклідова відстань}$  (page 133) of spectral signatures  $S_x$  and  $S_y$  .
- If the minimum  $D_{xy}$  is greater than  $D_t$ :
  - $S_{\{i\}} = (N_i * S_{\{i\}} + N_j * S_{\{j\}}) / (N_i + N_j)$
  - discard  $S_{\{j\}}$
  - $P = P - 1$
  - start a new iteration

After the last iteration, a raster of clusters is produced using the spectral signatures derived from the last iteration. The number of clusters can vary according to the processes of splitting and merging.

## 4.5 Перерахунок знімка у значення відбивальності

В цьому розділі наведено інформацію щодо способу перерахунку у значення відбивальності, реалізованому у *SCP*.

### 4.5.1 Енергетична світність на апертурі сенсора

**Енергетична світність** це “потік енергії (переважно випромінної або надхідної) на одиницю просторового кута поверхні, що залишає одиницю площі поверхні в заданому напрямку”, “Енергетична світність вимірюється сенсором та певною мірою залежить від відбивальності” (NASA, 2011, р. 47).

Знімки, такі як Landsat або Sentinel-2, складаються з декількох каналів та файлу метаданих, який містить інформацію необхідну для перерахунку у значення відбивальності.

Знімки Landsat постачаються у попередньо змасштабованих значеннях енергетичної світності. Для знімків Landsat **спектральна густина енергетичної світності на апертурі сенсора** ( $L_\lambda$ , яка вимірюється у  $[Вт/(м\ кв. * стерадіан * \mu m)]$ ), визначається за ([https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)):

$$L_\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L$$

де:

- $M_L$  = залежний від каналу множильний коефіцієнт перемасштабовування з метаданих Landsat (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, де x це номер каналу)
- $A_L$  = залежний від каналу адитивний коефіцієнт перемасштабовування з метаданих Landsat (RADIANCE\_ADD\_BAND\_x, де x це номер каналу)
- $Q_{cal}$  = дискретизовані та калібровані значення пікселів стандартного продукту (DN)

Знімки Sentinel-2 (Level-1C) постачаються вже попередньо змасштабованими у *Відбивальність на поверхні атмосфери (TOA)* (page 139) (ESA, 2015).

### 4.5.2 Відбивальність на поверхні атмосфери (TOA)

Знімки у значеннях енергетичної світності можуть бути перераховані у відбивальність на поверхні атмосфери (TOA) (комбіновану відбивальність земної поверхні та атмосфери) з метою зменшення мінливості між сценами шляхом нормування значень енергетичної освітленості сонцевим промінням. Відбивальність TOA ( $\rho_p$ ), яка є безрозмірним відношенням відбитої до загальної потужності енергії (NASA, 2011), розраховується як:

$$\rho_p = (\pi * L_\lambda * d^2) / (ESUN_\lambda * \cos\theta_s)$$

де:

- $L_\lambda$  = спектральна густина енергетичної світності на апертурі сенсора (енергетична світність на супутнику)
- $d$  = відстань між Землею та Сонцем в астрономічних одиницях (постачається з файлом метаданих Landsat 8, також можна скористатись файлом Excel, доступним з [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/excel\\_docs/d.xls](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/excel_docs/d.xls))
- $ESUN_\lambda$  = середня екзоатмосферна енергетична освітленість сонцевим промінням
- $\theta_s$  = сонцевий зенітний кут в градусах, який дорівнює  $\theta_s = 90^\circ - \theta_e$ , де  $\theta_e$  це висота Сонця

Варто зауважити, що дані Landsat 8 постачаються з залежними від каналу коефіцієнтами перемасштабовування, які дозволяють здійснювати безпосереднє перерахування з DN до відбивальності TOA.

Знімки Sentinel-2 постачаються у вже змасштабованих значеннях відбивальності TOA, які можуть бути перераховані до відбивальності TOA за допомогою простого перерахунку з застосуванням значення квантифікації, наведеного в метаданих (див. [https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2\\_MSI\\_Product\\_Specification.pdf](https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_MSI_Product_Specification.pdf)).

Sentinel-3 images are already provided in scaled TOA radiance. Conversion to reflectance is performed applying the coefficients `scale_factor` and `add_offset` provided in the metadata of each band. The ancillary raster `tie_geometries.nc` provides the value of sun zenith angle and the ancillary raster `instrument_data` provides information about the solar flux for each band, which are used for the conversion to reflectance with the correction for sun angle. In addition, the georeferencing of the bands is performed using the ancillary raster `geo_coordinates.nc` which provides coordinates of every pixel.

### 4.5.3 Відбивальність поверхні

Для вимірювання відбивальності на земній поверхні повинен бути врахований вплив атмосфери (тобто збурення відбивальності, яке залежить від довжини хвилі).

Відповідно до Moran et al. (1992), **відбивальність земної поверхні** ( $\rho$ ) це:

$$\rho = [\pi * (L_{\lambda} - L_p) * d^2] / [T_v * ((ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s * T_z) + E_{down})]$$

де:

- $L_p$  енергетична світність, відбита від атмосфери
- $T_v$  пропусальна здатність атмосфери в напрямку огляду
- $T_z$  пропусальна здатність атмосфери в напрямку освітлення
- $E_{down}$  низхідна енергетична освітленість розсіяним промінням

Таким чином, для розрахунку  $\rho$  необхідно провести декілька атмосферних вимірювань (з метою отримання поправок на підставі абсолютних фізичних величин). В якості альтернативи можна скористатись **відносними техніками на основі знімка**, які не передбачають проведення позалабораторних вимірювань під час отримання знімка. Варто зазначити, що для даних Landsat 8 доступні **Surface Reflectance High Level Data Products** (для більш докладної інформації читайте [http://landsat.usgs.gov/CDR\\_LSR.php](http://landsat.usgs.gov/CDR_LSR.php)).

### 4.5.4 Корекція DOS1

**Віднімання темного об'єкта** (англ. Dark Object Subtraction - DOS) це група відносних методів атмосферної корекції. Chavez (1996) пояснює "основою є припущення, що деякі пікселі зображення повністю затінені і їх енергетична світність, що отримується сенсором, представлена атмосферним розсіюванням (енергетична світність, відбита від атмосфери). Це припущення поєднується з фактом, що лише незначна кількість об'єктів на поверхні Землі є абсолютно чорними, отже припущення мінімальної відбивальності на рівні 1% краще за 0%". Варто зауважити, що точність відносних технік корекції загалом нижча за точність абсолютних, що ґрунтуються на реальних фізичних величинах. Тим не менше, вони можуть бути корисними за відсутності доступних атмосферних вимірювань, оскільки можуть покращити оцінку відбивальності земної поверхні. **Енергетична світність, відбита від атмосфери** за (Sobrino, et al., 2004):

$$L_p = L_{min} - L_{DO1\%}$$

де:

- $L_{min}$  = «енергетична світність, що співвідноситься з дискретним значенням, для якого сума всіх пікселів з меншими або рівними значеннями становить 0.01% від загальної кількості

пікселів всього зображення” (Sobrino, et al., 2004, p. 437), отже отримана на підставі цього дискретного значення енергетична світність ( $DN_{min}$ )

- $L_{DO1\%}$  = енергетична світність темного об’єкта, що за припущенням має значення відбивальності 0.01

Зокрема для знімків Landsat:

$$L_{min} = M_L * DN_{min} + A_L$$

Знімки Sentinel-2 перераховуються у значення енергетичної світності до проведення розрахунків DOS1.

**Енергетична світність темного об’єкта** за (Sobrino, et al., 2004):

$$L_{DO1\%} = 0.01 * [(ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s * T_z) + E_{down}] * T_v / (\pi * d^2)$$

Таким чином, **енергетична світність, відбита від атмосфери**, становить:

$$L_p = M_L * DN_{min} + A_L - 0.01 * [(ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s * T_z) + E_{down}] * T_v / (\pi * d^2)$$

Існує декілька технік DOS (зокрема DOS1, DOS2, DOS3, DOS4), що ґрунтуються на різних припущеннях щодо  $T_v$ ,  $T_z$  та  $E_{down}$ . Найпростішим методом є **DOS1**, який виходить з наступних припущень (Moran et al., 1992):

- $T_v = 1$
- $T_z = 1$
- $E_{down} = 0$

Таким чином, **енергетична світність, відбита від атмосфери**, становить:

$$L_p = M_L * DN_{min} + A_L - 0.01 * ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s / (\pi * d^2)$$

Результуюча **відбивальність земної поверхні** визначається за:

$$\rho = [\pi * (L_{\lambda} - L_p) * d^2] / (ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s)$$

В наступній таблиці наведено значення ESUN [W / (m<sup>2</sup> \* μm)] для сенсоров Landsat.

*Значення ESUN для каналів Landsat*

Ка- нал	Landsat 1 MSS*	Landsat 2 MSS*	Landsat 3 MSS*	Landsat 4 TM*	Landsat 5 TM*	Landsat 7 ETM+**
1				1983	1983	1970
2				1795	1796	1842
3				1539	1536	1547
4	1823	1829	1839	1028	1031	1044
5	1559	1539	1555	219.8	220	225.7
6	1276	1268	1291			
7	880.1	886.6	887.9	83.49	83.44	82.06
8						1369

\* за Chander, Markham, & Helder (2009)

\*\* за [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data\\_prod/prog\\_sect11\\_3.html](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data_prod/prog_sect11_3.html)

Для **Landsat 8**,  $ESUN$  може бути розрахована як (за <http://grass.osgeo.org/grass65/manuals/i.landsat.toar.html>):

$$ESUN = (\pi * d^2) * RADIANCE\_MAXIMUM / REFLECTANCE\_MAXIMUM$$

де значення RADIANCE\_MAXIMUM та REFLECTANCE\_MAXIMUM наведені в метаданих знімка.

Значення ESUN  $[W / (m^2 * \mu m)]$  для сенсора **Sentinel-2** (наведені в метаданих знімка) містяться в наступній таблиці.

*Значення ESUN для каналів Sentinel-2*

Канал	Sentinel-2
1	1913.57
2	1941.63
3	1822.61
4	1512.79
5	1425.56
6	1288.32
7	1163.19
8	1036.39
8A	955.19
9	813.04
10	367.15
11	245.59
12	85.25

Значення ESUN  $[W / (m^2 * \mu m)]$  для сенсора **ASTER** наведено в наступній таблиці (за Finn, et al., 2012).

*Значення ESUN для каналів ASTER*

Канал	ASTER
1	1848
2	1549
3	1114
4	225.4
5	86.63
6	81.85
7	74.85
8	66.49
9	59.85

Приклад порівняння відбивальності TOA, DOS1 скоригованої відбивальності та Landsat Surface Reflectance High Level Data Products (підсупутникове спостереження) наведено на Рисунку *Спектральні сигнатури пікселя забудови* (page 143).

## 4.6 Перерахунок у температуру

В цьому розділі наведено основну інформацію щодо способу перерахунку у **яскравісну температуру на супутнику**, реалізованому у *SCP* та оцінки **температури земної поверхні**.

### 4.6.1 Перерахунок у яскравісну температуру на супутнику

Для термальних каналів перерахунок DN в яскравісну температуру на супутнику відбувається за виразом (за [https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)):

$$T_B = K_2 / \ln[(K_1 / L_\lambda) + 1]$$

де:

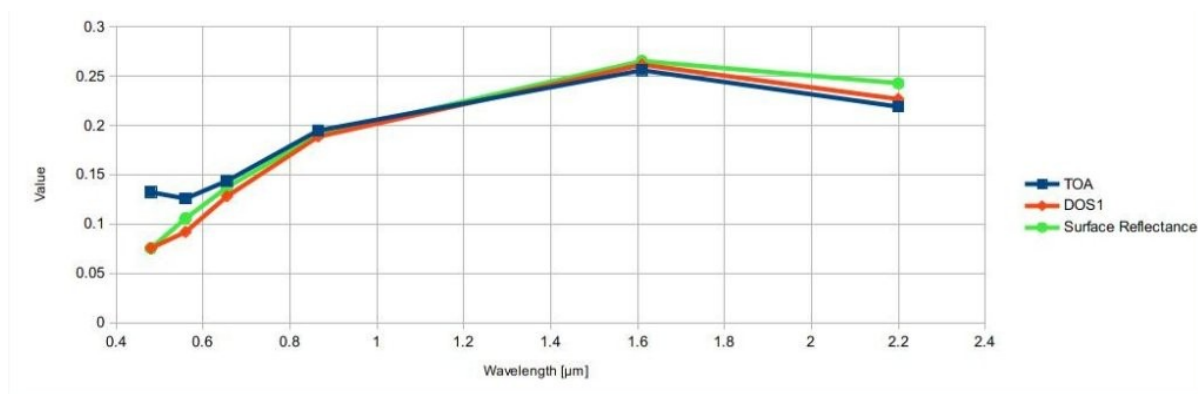


Fig. 13: *Спектральні сигнатури пікселя забудови*  
Порівняння відбивальності TOA, DOS1 скоригованої відбивальності та Landsat Surface Reflectance  
High Level Data Products

- $K_1$  = залежна від каналу стала термального перерахунку (Вт/м кв. \* стерadian \*  $\mu m$ )
- $K_2$  = залежна від каналу стала термального перерахунку (Кельвін)

та  $L_\lambda$  спектральна густина енергетичної світності на апертурі сенсора, що вимірюється у Вт/(м кв. \* стерadian \*  $\mu m$ ).

Сталі  $K_1$  та  $K_2$  для сенсорів Landsat наведено в наступній таблиці.

*Сталі термального перерахунку для Landsat*

Стала	Landsat 4*	Landsat 5*	Landsat 7**
$K_1$	671.62	607.76	666.09
$K_2$	1284.30	1260.56	1282.71

\* за Chander & Markham (2003)

\*\* за NASA (2011)

Для **Landsat 8** значення  $K_1$  та  $K_2$  наводяться в файлі метаданих знімка.

$K_1$  та  $K_2$  розраховуються як (Jimenez-Munoz & Sobrino, 2010):

$$K_1 = c_1 / \lambda^5$$

$$K_2 = c_2 / \lambda$$

де (Mohr, Newell, & Taylor, 2015):

- $c_1$  = перша стала випромінювання =  $1.191 * 10^{-16} W m^2 sr^{-1}$
- $c_2$  = друга стала випромінювання =  $1.4388 * 10^{-2} m K$

Таким чином, для каналів ASTER  $K_1$  та  $K_2$  наведено в наступній таблиці.

*Сталі термального перерахунку для ASTER*

Стала	Канал 10	Канал 11	Канал 12	Канал 13	Канал 14
$K_1$	$3.024 * 10^3$	$2.460 * 10^3$	$1.909 * 10^3$	$8.900 * 10^2$	$6.464 * 10^2$
$K_2$	$1.733 * 10^3$	$1.663 * 10^3$	$1.581 * 10^3$	$1.357 * 10^3$	$1.273 * 10^3$

#### 4.6.2 Оцінювання температури земної поверхні

Декілька досліджень описують оцінювання температури земної поверхні. Температура земної поверхні може бути розрахована на основі яскравісної температури на супутнику  $T_B$  як (Weng, et al.



2004):

$$T = T_B / [1 + (\lambda * T_B / c_2) * \ln(e)]$$

де:

- $\lambda$  = довжина хвилі випроміненої енергетичної світності
- $c_2 = h * c / s = 1.4388 * 10^{-2}$  м К
- $h$  = стала Планка =  $6.626 * 10^{-34}$  Дж с
- $s$  = стала Больцмана =  $1.38 * 10^{-23}$  Дж/К
- $c$  = швидкість світла =  $2.998 * 10^8$  м/с

Значення  $\lambda$  для термальних каналів супутників Landsat та ASTER можуть бути розраховані з таблиць в *Landsat Satellites* (page 119) та *Супутник ASTER* (page 122).

Декілька досліджень використовували NDVI для оцінювання випромінювання земної поверхні (Sobri-  
no, et al., 2004); інші дослідження застосовували класифікацію земельного покриву для визначення  
випромінювання земної поверхні для кожного класу (Weng, et al. 2004). Наприклад, значення випро-  
мінності ( $e$ ) різних класів земельного покриву наведено в наступній таблиці (за Mallick, et al. 2012).

*Значення випромінювання*

Тип земної поверхні	Випромінювання $e$
Ґрунт	0.928
Трава	0.982
Асфальт	0.942
Бетон	0.937

## 4.7 Перелік посилань

- Ball, G. H. & Hall, D. J., 1965. ISODATA. A novel method of data analysis and pattern classification. Menlo Park: Stanford Research Institute.
- Chander, G. & Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 41, 2674 - 2677
- Chavez, P. S., 1996. Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, [Falls Church, Va.] American Society of Photogrammetry, 62, 1025-1036
- Congalton, R. and Green, K., 2009. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Boca Raton, FL: CRC Press
- Didan, K.; Barreto Munoz, A.; Solano, R. & Huete, A., 2015. MODIS Vegetation Index User's Guide. Collection 6, NASA
- ESA, 2015. Sentinel-2 User Handbook. Available at [https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2\\_User\\_Handbook](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook)
- ESA, 2013. Sentinel-3 User Handbook. Available at [https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685236/Sentinel-3\\_User\\_Handbook](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685236/Sentinel-3_User_Handbook)
- Finn, M.P., Reed, M.D, and Yamamoto, K.H., 2012. A Straight Forward Guide for Processing Radiance and Reflectance for EO-1 ALI, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, and ASTER. Unpublished Report from USGS/Center of Excellence for Geospatial Information Science, 8 p, [http://cegis.usgs.gov/soil\\_moisture/pdf/A%20Straight%20Forward%20guide%20for%20Processing%20Radiance%20and%20Reflectance\\_V\\_24Jul12.pdf](http://cegis.usgs.gov/soil_moisture/pdf/A%20Straight%20Forward%20guide%20for%20Processing%20Radiance%20and%20Reflectance_V_24Jul12.pdf)

- Fisher, P. F. and Unwin, D. J., eds., 2005. Representing GIS. Chichester, England: John Wiley & Sons
- JARS, 1993. Remote Sensing Note. Japan Association on Remote Sensing. Режим доступу: [http://www.jars1974.net/pdf/rsnote\\_e.html](http://www.jars1974.net/pdf/rsnote_e.html)
- Jimenez-Munoz, J. C. & Sobrino, J. A., 2010. A Single-Channel Algorithm for Land-Surface Temperature Retrieval From ASTER Data IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 7, 176-179
- Johnson, B. A., Tateishi, R. and Hoan, N. T., 2012. Satellite Image Pansharpening Using a Hybrid Approach for Object-Based Image Analysis ISPRS International Journal of Geo-Information, 1, 228. Режим доступу: <http://www.mdpi.com/2220-9964/1/3/228>
- Kruse, F. A., et al., 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer. Data Remote Sensing of Environment
- Mallick, J.; Singh, C. K.; Shashtri, S.; Rahman, A. & Mukherjee, S., 2012. Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 19, 348 - 358
- Mohr, P. J.; Newell, D. B. & Taylor, B. N., 2015. CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2014 National Institute of Standards and Technology, Committee on Data for Science and Technology
- Moran, M.; Jackson, R.; Slater, P. & Teillet, P., 1992. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output Remote Sensing of Environment, 41, 169-184
- NASA, 2011. Landsat 7 Science Data Users Handbook Landsat Project Science Office at NASA's Goddard Space Flight Center in Greenbelt, 186 [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7\\_Handbook.pdf](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf)
- NASA, 2013. Landsat 7 Science Data User's Handbook. Режим доступу: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>
- Olofsson, P.; Foody, G. M.; Herold, M.; Stehman, S. V.; Woodcock, C. E. & Wulder, M. A., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment, 148, 42 – 57
- Ready, P. and Wintz, P., 1973. Information Extraction, SNR Improvement, and Data Compression in Multispectral Imagery. IEEE Transactions on Communications, 21, 1123-1131
- Richards, J. A. and Jia, X., 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. Berlin, Germany: Springer
- Sobrino, J.; Jiménez-Muñoz, J. C. & Paolini, L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5 Remote Sensing of Environment, Elsevier, 90, 434-440
- USGS, 2015. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Level 1 Precision Terrain Corrected Registered At-Sensor Radiance Product (AST\_L1T). AST\_L1T Product User's Guide. USGS EROS Data Center.
- Vermote, E. F.; Roger, J. C. & Ray, J. P., 2015. MODIS Surface Reflectance User's Guide. Collection 6, NASA
- Weng, Q.; Lu, D. & Schubring, J., 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment, Elsevier Science Inc., Box 882 New York NY 10159 USA, 89, 467-483
- Wikipedia, 2017. k-means clustering. Available at [https://en.wikipedia.org/wiki/K-means\\_clustering](https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering)



The following are very basic tutorials for land cover classification using the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS (you can find a guide to QGIS interface at [this page](#)).

## 5.1 Tutorial 1

The following is a basic tutorial about the land cover classification using the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS.

- *Tutorial 1: Your First Land Cover Classification* (page 147)
  - *Download the Data* (page 148)
  - *Clip the Data* (page 151)
  - *Convert Data to Surface Reflectance* (page 154)
  - *Define the Band set and create the Training Input File* (page 157)
  - *Create the ROIs* (page 159)
  - *Assess the Spectral Signatures* (page 167)
  - *Create a Classification Preview* (page 172)
  - *Create the Classification Output* (page 175)

### 5.1.1 Tutorial 1: Your First Land Cover Classification

This is a basic tutorial about the use of *SCP* for the classification of a multispectral image. It is recommended to read the *Короткий вступ до дистанційного зондування* (page 115) before this tutorial.

The purpose of the classification is to identify the following land cover classes:

1. Water;

2. Built-up;
3. Vegetation;
4. Bare soil.

The study area of this tutorial is Greenbelt (Maryland, USA) which is the site of NASA's Goddard Space Flight Center (the institution that will lead the development of the future Landsat 9 flight segment).

Following the video of this tutorial.


<http://www.youtube.com/watch?v=fUZgYxgDjsk>

## Download the Data

We are going to download a *Landsat Satellites* (page 119) image (data available from the U.S. Geological Survey) and use the following bands:


1. Blue;
2. Green;
3. Red;
4. Near-Infrared;
5. Short Wavelength Infrared 1;
6. Short Wavelength Infrared 2.


**TIP** : In case you have a slow connection you can download an image subset from [this archive](#) (about 5 MB, data available from the U.S. Geological Survey), unzip the downloaded file, and skip to *Convert Data to Surface Reflectance* (page 154).

Start QGIS and the SCP. Open the tab *Download products* (page 54) clicking the button  in the *Домашня* (page 26), or in the *Меню SCP* (page 23),


We are searching a specific image acquired on 16 April 2017 because it is cloud free. In *Search parameters* (page 56) enter the point coordinates:

- UL: -77 / 39
- LR: -76.9 / 38.9

**TIP** : In general it is possible to define the area coordinates clicking the button , then left click in the map for the UL point and right click in the map for the LR point.


Select *L8 OLI/TIRS* from the *Products*  and set:

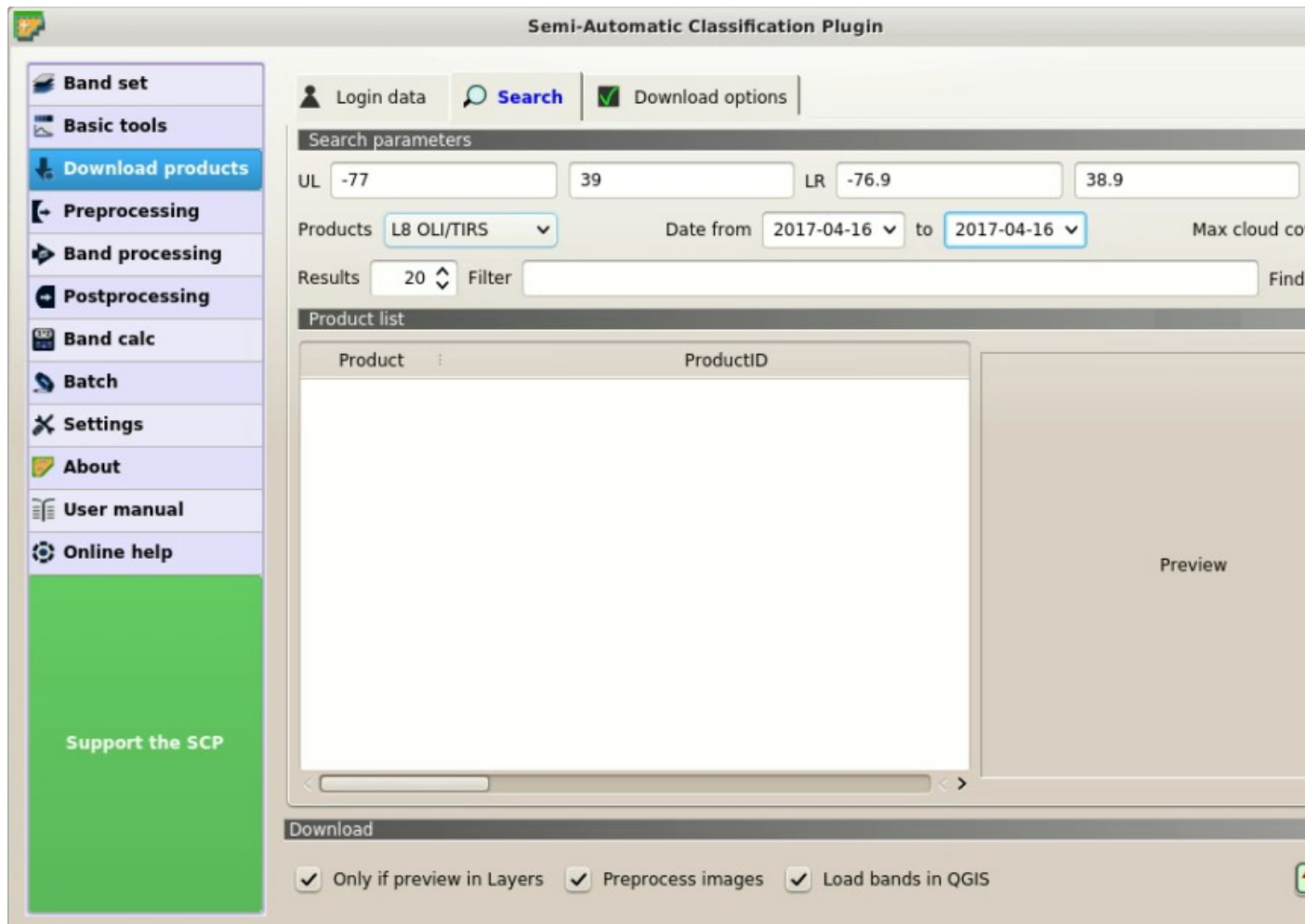
- *Date from*: 2017-04-16
- *to*: 2017-04-16

Now click the button *Find*  and after a few seconds the image will be listed in the *Product list* (page 57). Click the item in the table to display a preview that is useful for assessing the quality of the image and the cloud cover.

Now click the button  to load the preview in the map.

We can also select the bands to be downloaded according to our purpose. In particular, select the tab *Download options* (page 58) and check only the Landsat bands (that will be used in this tutorial): 2, 3, 4, 5, 6, 7, and the ancillary data.

For the purpose of this tutorial, uncheck the option  *Preprocess images* (you should usually leave this checked) because we are going to preprocess the image in *Convert Data to Surface Reflectance*

Fig. 1: *Search products*

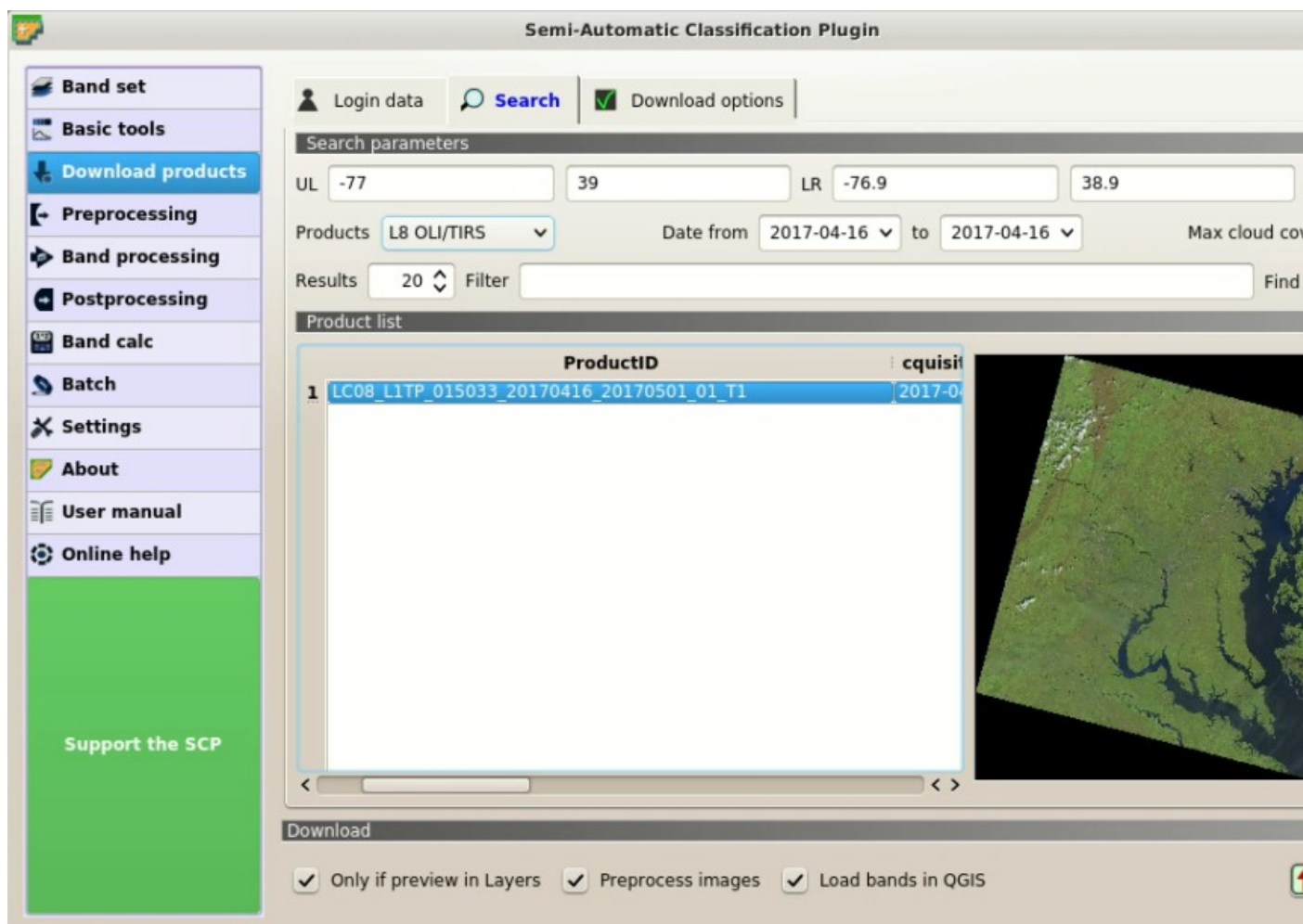


Fig. 2: Search result



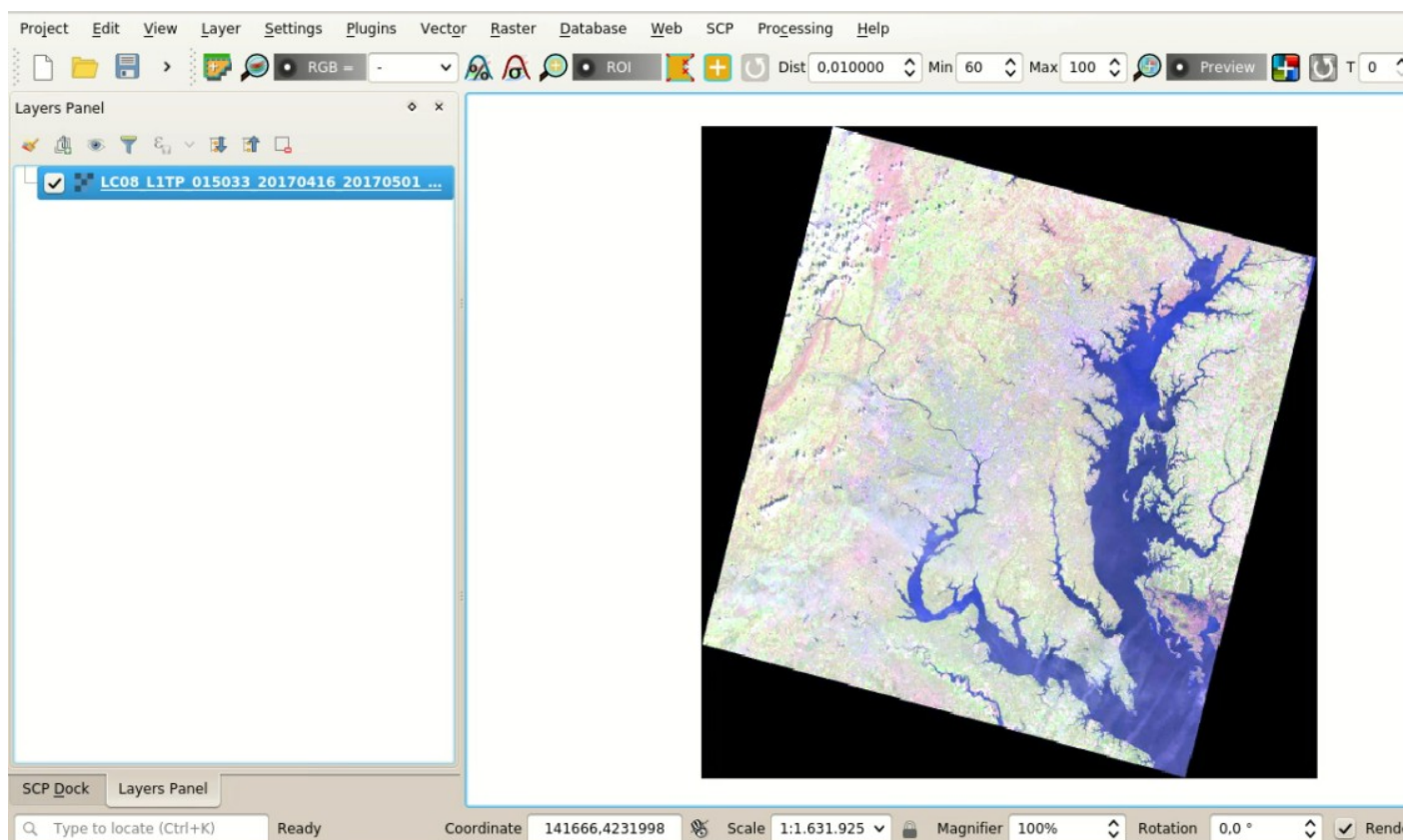



Fig. 3: Image preview


(page 154). To start the image download, click the button *RUN*  and select a directory where bands are saved. The download could last a few minutes according to your internet connection speed. The download progress is displayed in a bar.



**TIP :** The option ☒ *Only if preview in Layers* allows for downloading only images in the result table which are loaded as previews in the map. If this option is unchecked, all the products in the list are downloaded.

After the download, all the bands are automatically loaded in the map.


### Clip the Data

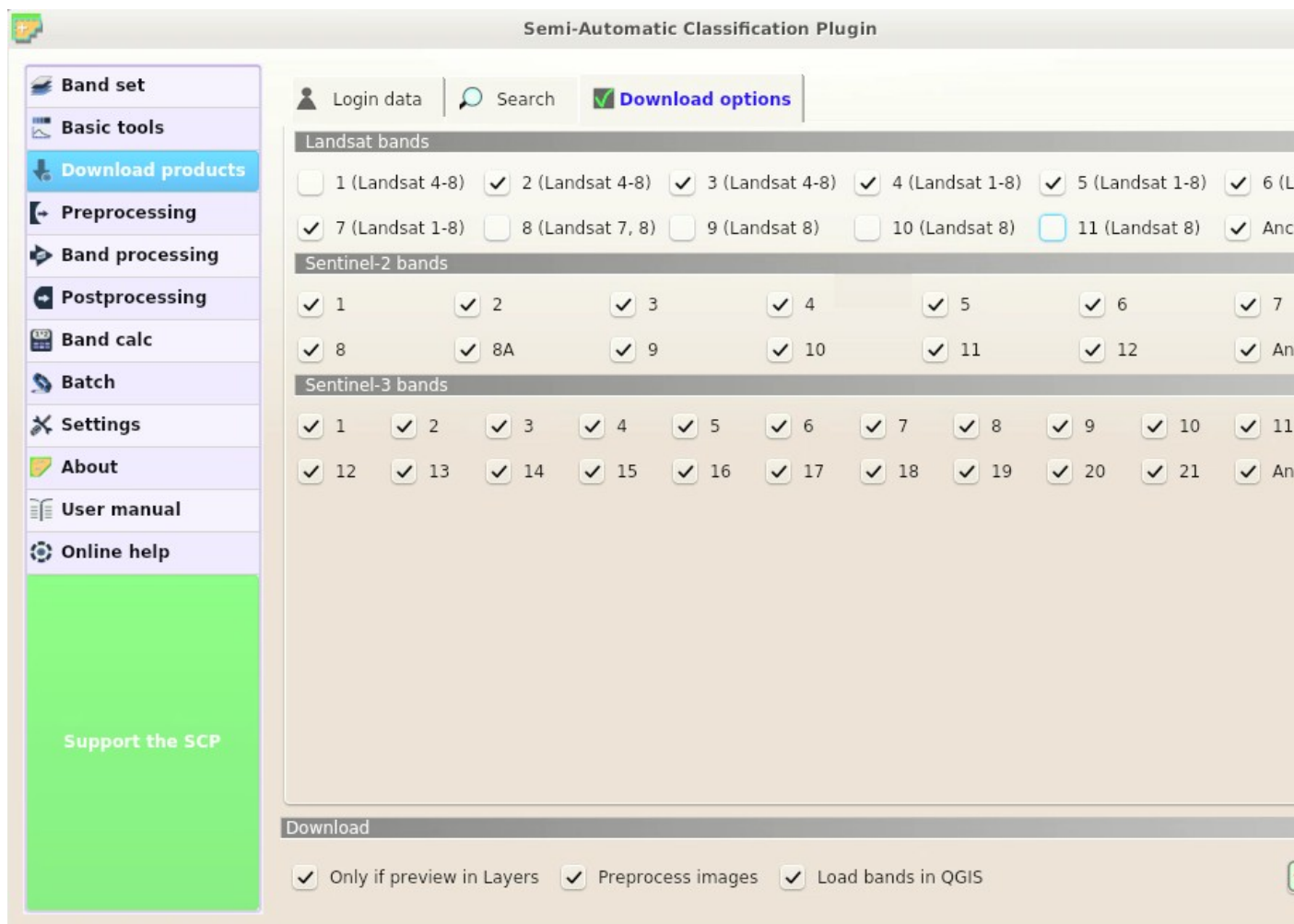
For for limiting the study area (and reducing the processing time) we can clip the image.

First, we need to define a *Band set* containing the bands to be clipped. Open the tab *Band set* (page 41) clicking the button  in the *Меню SCP* (page 23) or the *Панель SCP* (page 25).

Click the button  to refresh the layer list, and select the bands: 2, 3, 4, 5, 6, and 7; then click  to add selected rasters to the *Band set 1*.

In *Preprocessing* (page 58) open the tab *Clip multiple rasters* (page 68). We are going to clip the *Band set 1* which contains Landsat bands.

Click the button  and select an area such as the following image (left click in the map for the UL point and right click in the map for the LR point), or enter the following values:

Fig. 4: *Download options*

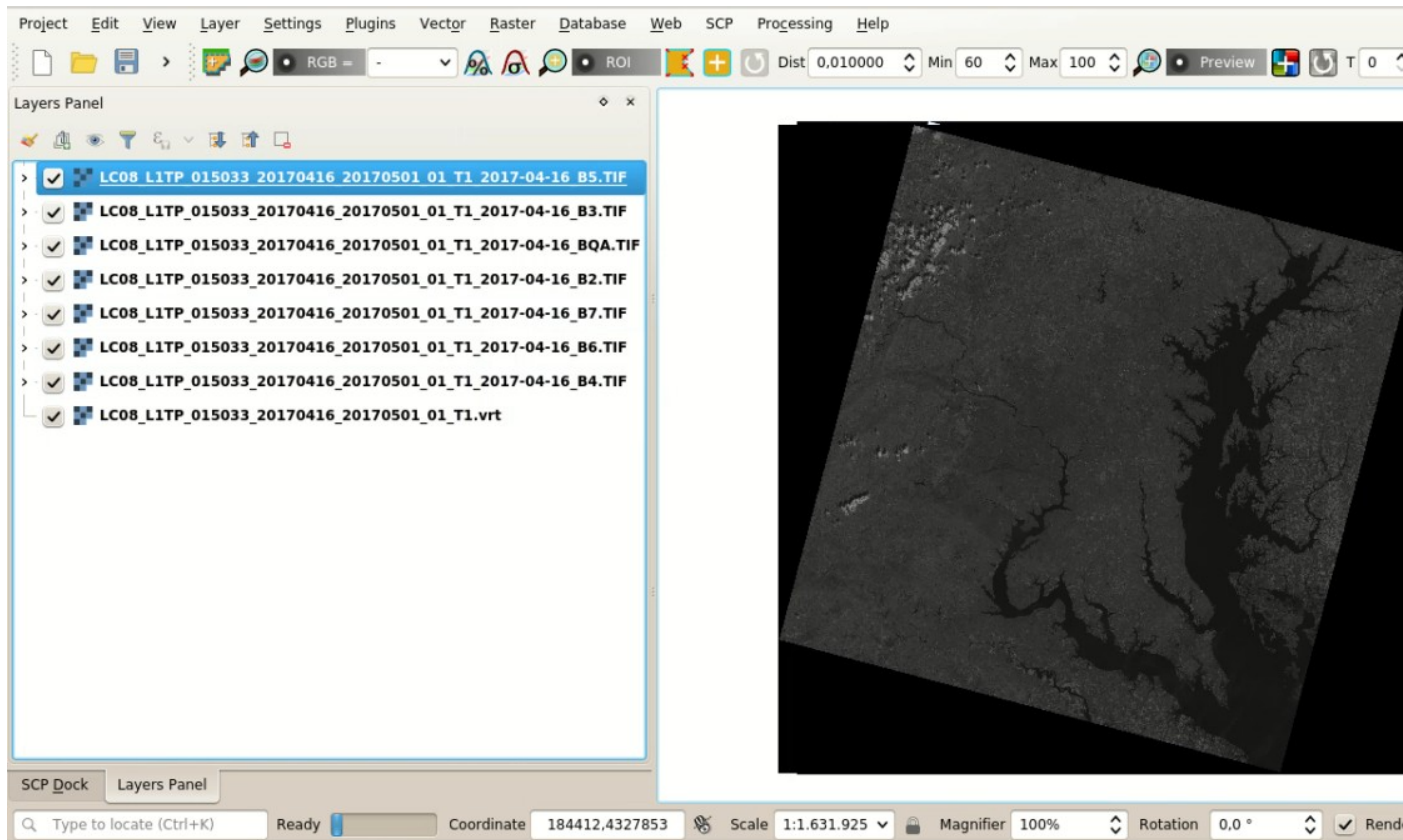


Fig. 5: Download of Landsat bands

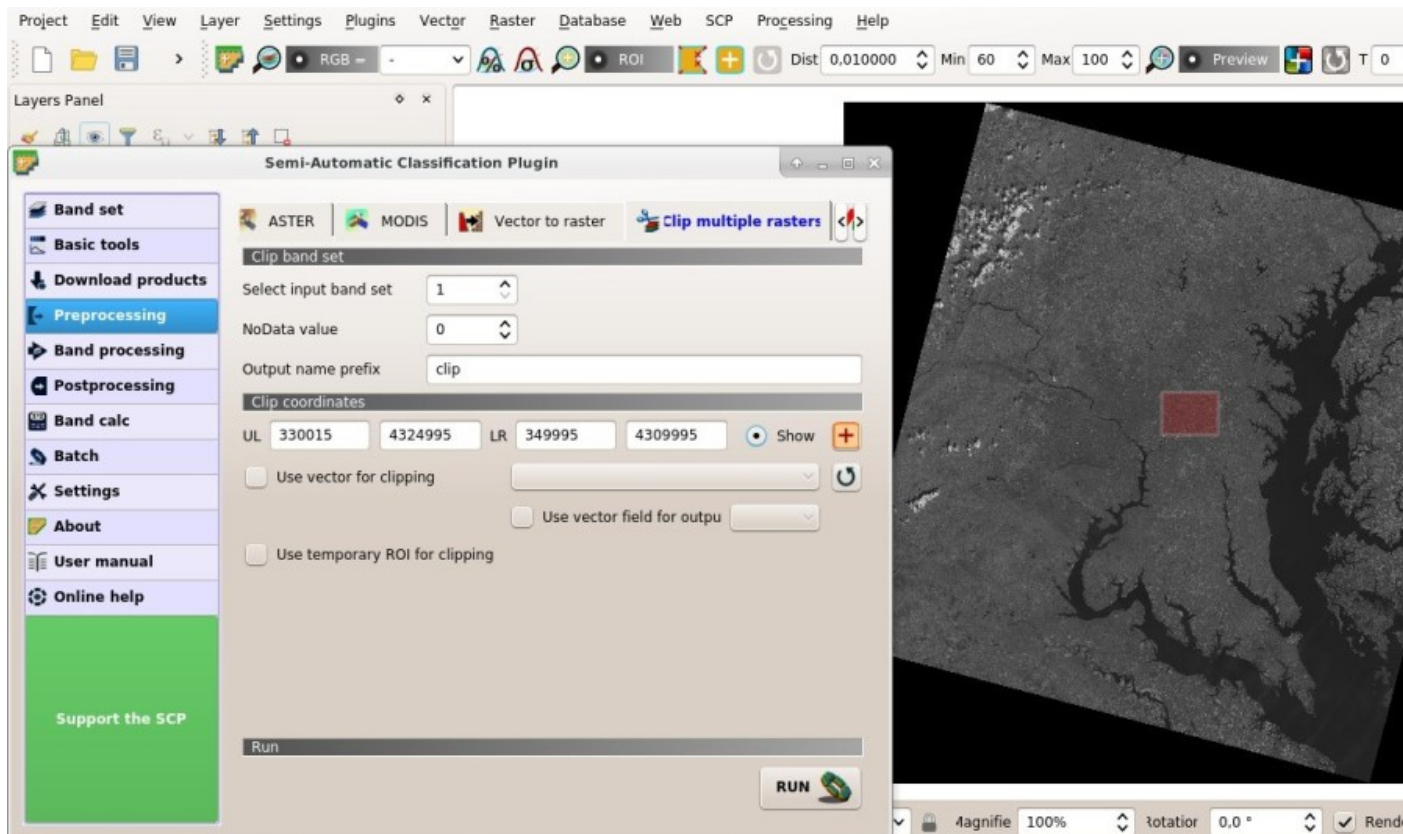


Fig. 6: Band set for clipping

- *UL*: 330015 / 4324995
- *LR*: 349995 / 4309995

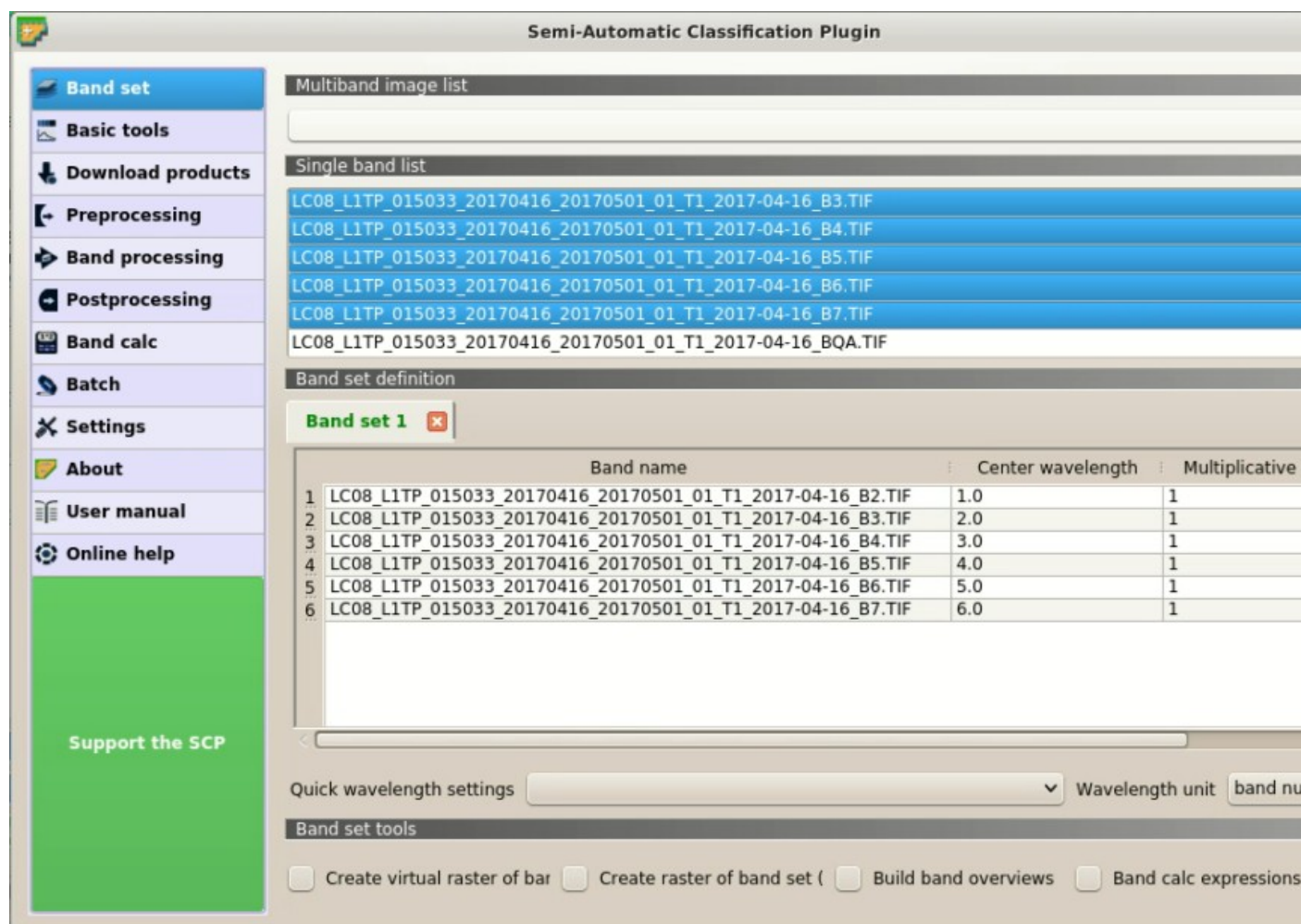





Fig. 7: Clip area

Click the button  and select a directory where clipped bands are saved. New files will be created with the file name prefix defined in *Output name prefix*. When the process is completed, clipped rasters are loaded and displayed.

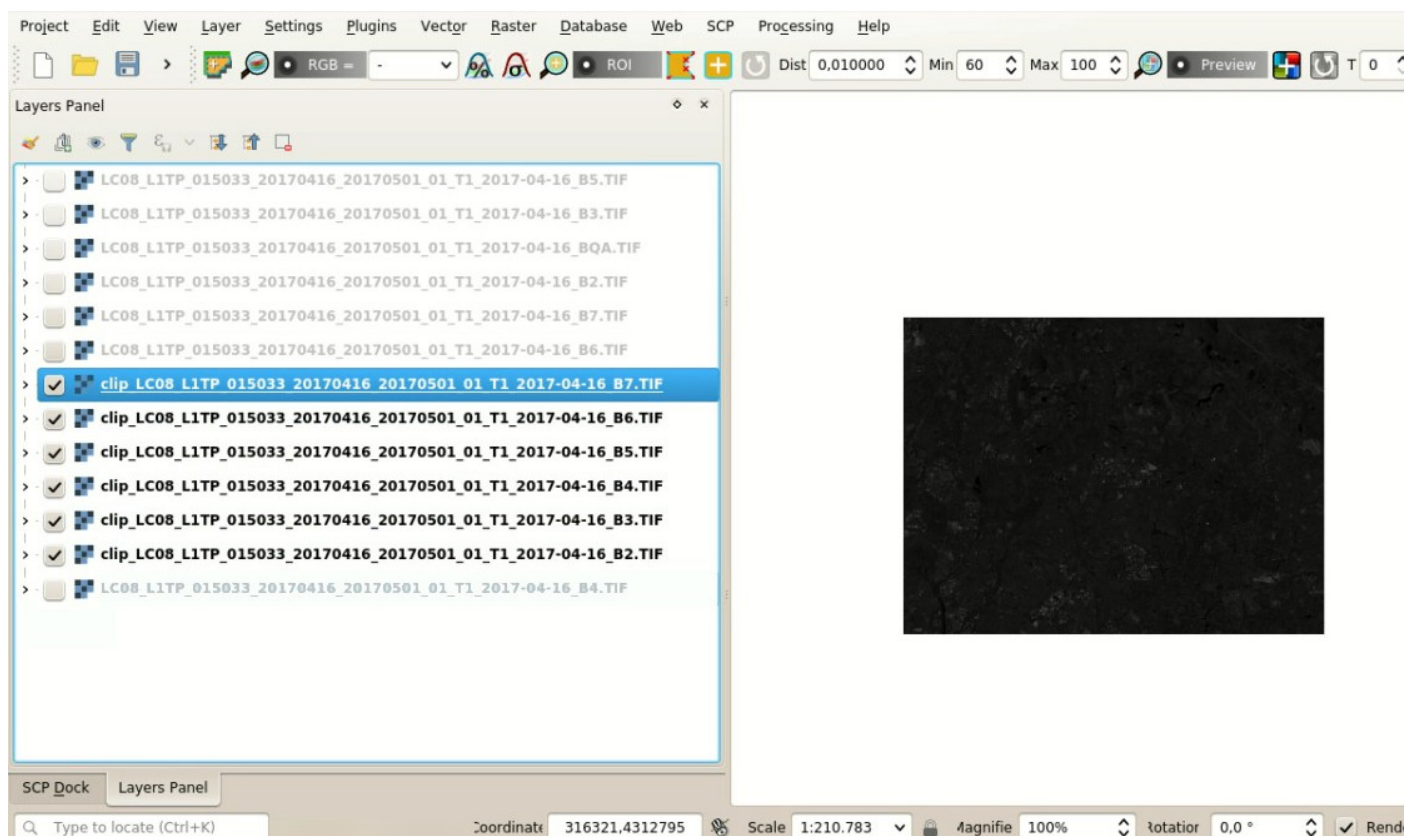
### Convert Data to Surface Reflectance


Conversion to reflectance (see *Енергетична світність та відбивальна здатність* (page 118)) can be performed automatically. The metadata file (a .txt file whose name contains MTL) downloaded with the images contains the required information for the conversion. Read *Перерахунок знімка у значення відбивальності* (page 139) for information about the *Відбивальність на поверхні атмосфери (TOA)* (page 139) and *Відбивальність поверхні* (page 140).

In order to convert bands to reflectance, open the *Preprocessing* (page 58) clicking the button  in the *Меню SCP* (page 23) or the *Панель SCP* (page 25), and select the tab *Landsat* (page 59).

Click the button *Directory containing Landsat bands*  and select the directory of clipped Landsat bands. The list of bands is automatically loaded in the table *Metadata* (page 60).




Fig. 8: *Clipped bands*

Click the button *Select MTL file*  and select the metadata file LC08\_L1TP\_015033\_20170416\_20170501\_01\_T1\_MTL.txt from the directory of downloaded Landsat images. Metadata information is added to the table *Metadata* (page 60).

In order to calculate *Відбивальність поверхні* (page 140) we are going to apply the *Корекція DOS1* (page 140); therefore, enable the option ☒ *Apply DOS1 atmospheric correction*.

**TIP** : In general, it is recommended to perform the DOS1 atmospheric correction for the entire image (before clipping the image) in order to improve the calculation of parameters based on the image.

For the purpose of this tutorial, uncheck the option ☒ *Create Band set and use Band set tools* because we are going to define this in the following step *Define the Band set and create the Training Input File* (page 157).

In order to start the conversion process, click the button *RUN*  and select the directory where converted bands are saved.

After a few minutes, converted bands are loaded and displayed (file name beginning with RT\_). If ☒ *Play sound when finished* is checked in *Classification process* (page 98) settings, a sound is played when the process is finished.

We can remove all the bands loaded in QGIS layers except the ones whose name begin with RT\_.

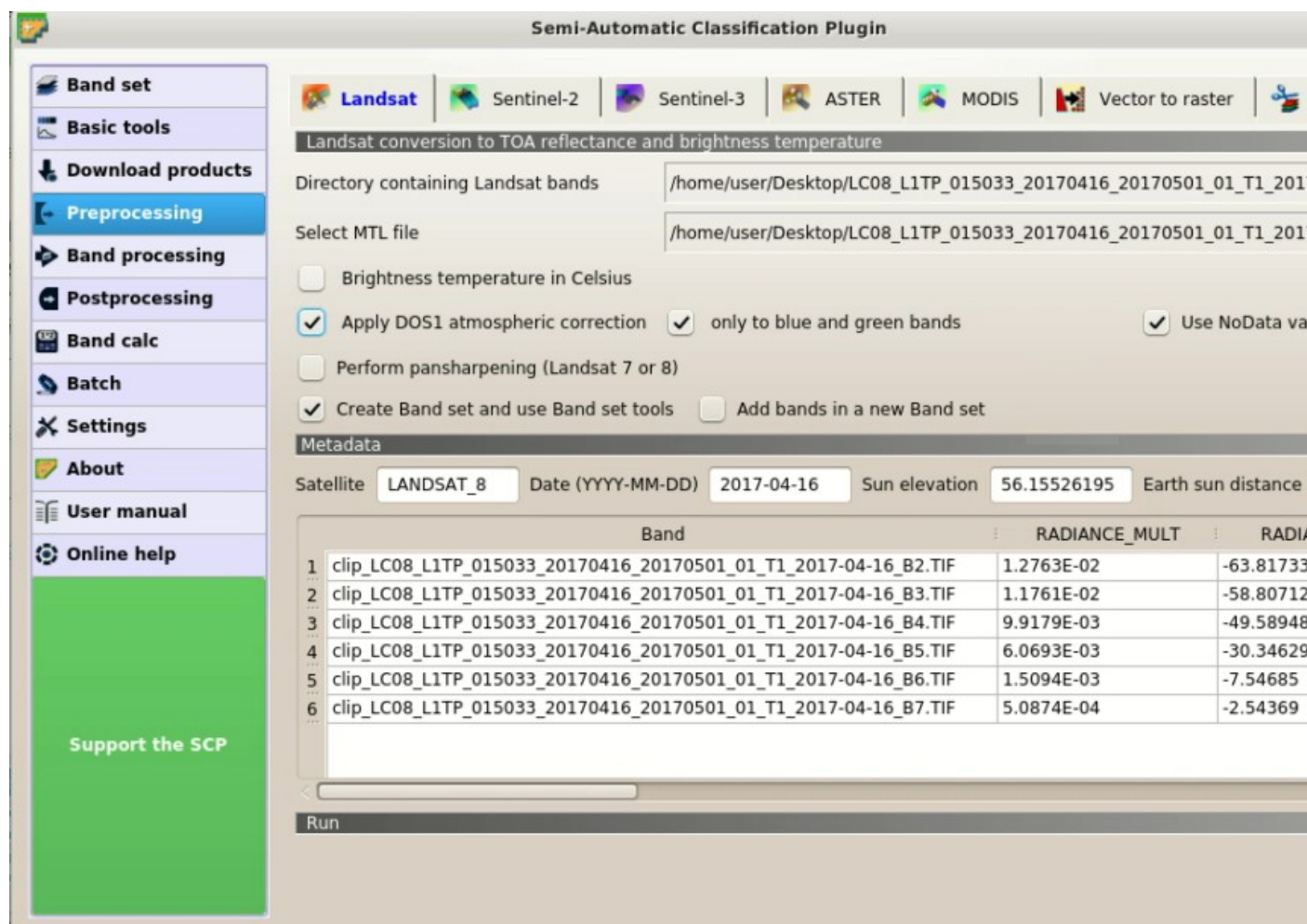
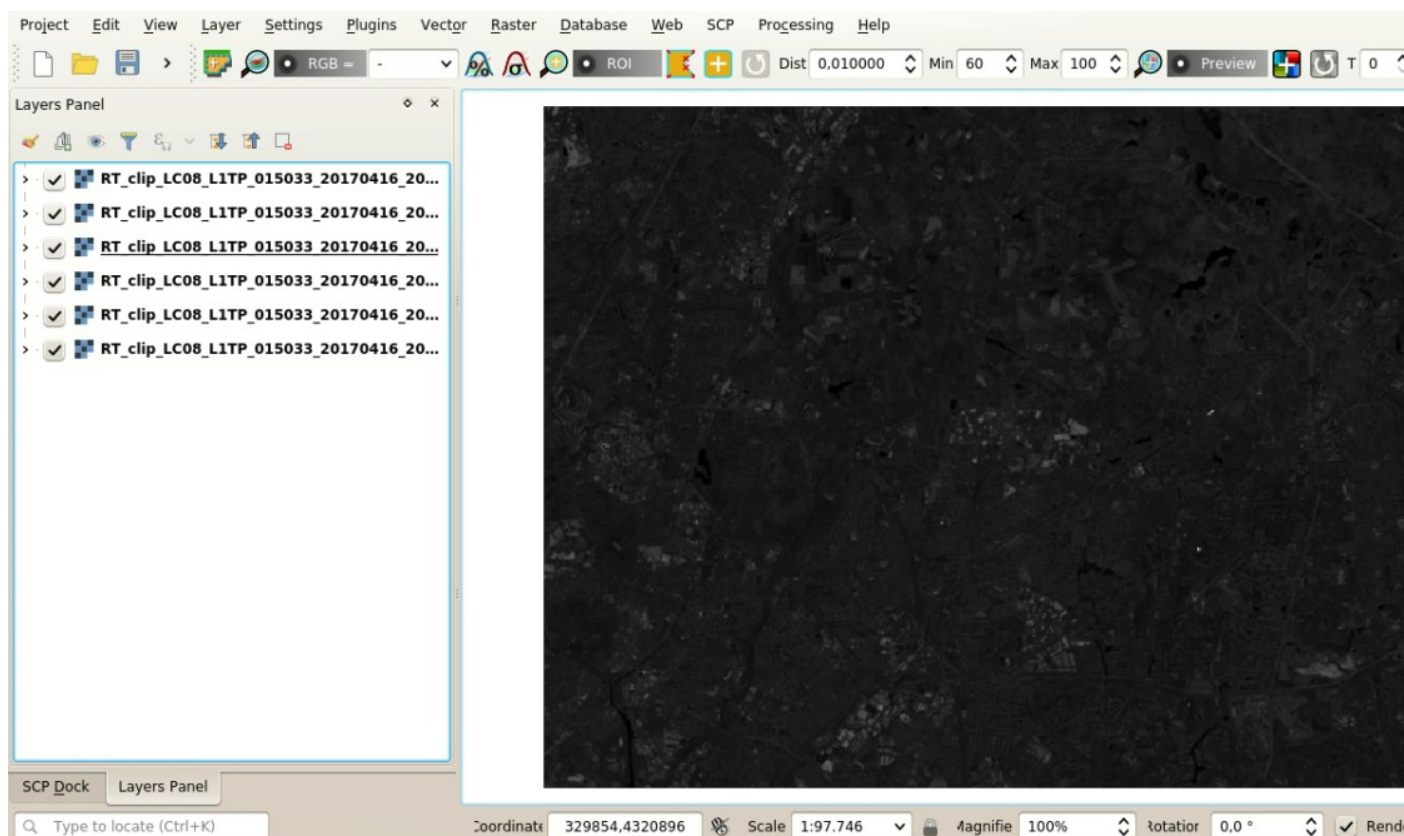






Fig. 9: Landsat 8 conversion to reflectance


Fig. 10: *Converted Landsat 8 bands*

### Define the Band set and create the Training Input File

Now we need to define the *Band set* which is the input image for *SCP*. Open the tab *Band set* (page 41) clicking the button  in the *Меню SCP* (page 23) or the *Панель SCP* (page 25).

In *Band set definition* click the button  to clear all the bands from *active band set* created during the previous steps.

Click the button  to refresh the layer list, and select all the converted bands; then click  to add selected rasters to the *Band set*.

In the table *Band set definition* order the band names in ascending order (click  to sort bands by name automatically). Finally, select *Landsat 8 OLI* from the list *Quick wavelength settings*, in order to set automatically the *Center wavelength* of each band and the *Wavelength unit* (required for spectral signature calculation).

We can display a *Кольоровий композит* (page 124) of bands: Near-Infrared, Red, and Green: in the *Робоча панель* (page 36), click the list *RGB=* and select the item 4-3-2 (corresponding to the band numbers in *Band set* (page 41)). You can see that image colors in the map change according to the selected bands, and vegetation is highlighted in red (if the item 3-2-1 was selected, natural colors would be displayed).

**TIP :** If a *Band set* (page 41) is defined, a temporary virtual raster (named *Virtual Band Set 1*) is created automatically, which allows for the display of *Кольоровий композит* (page 124). In order to speed up the visualization, you can show only the virtual raster and hide all the layers in the QGIS Layers.

Now we need to create the *Вхідові навчальні дані* (page 26) in order to collect *Навчальні області*



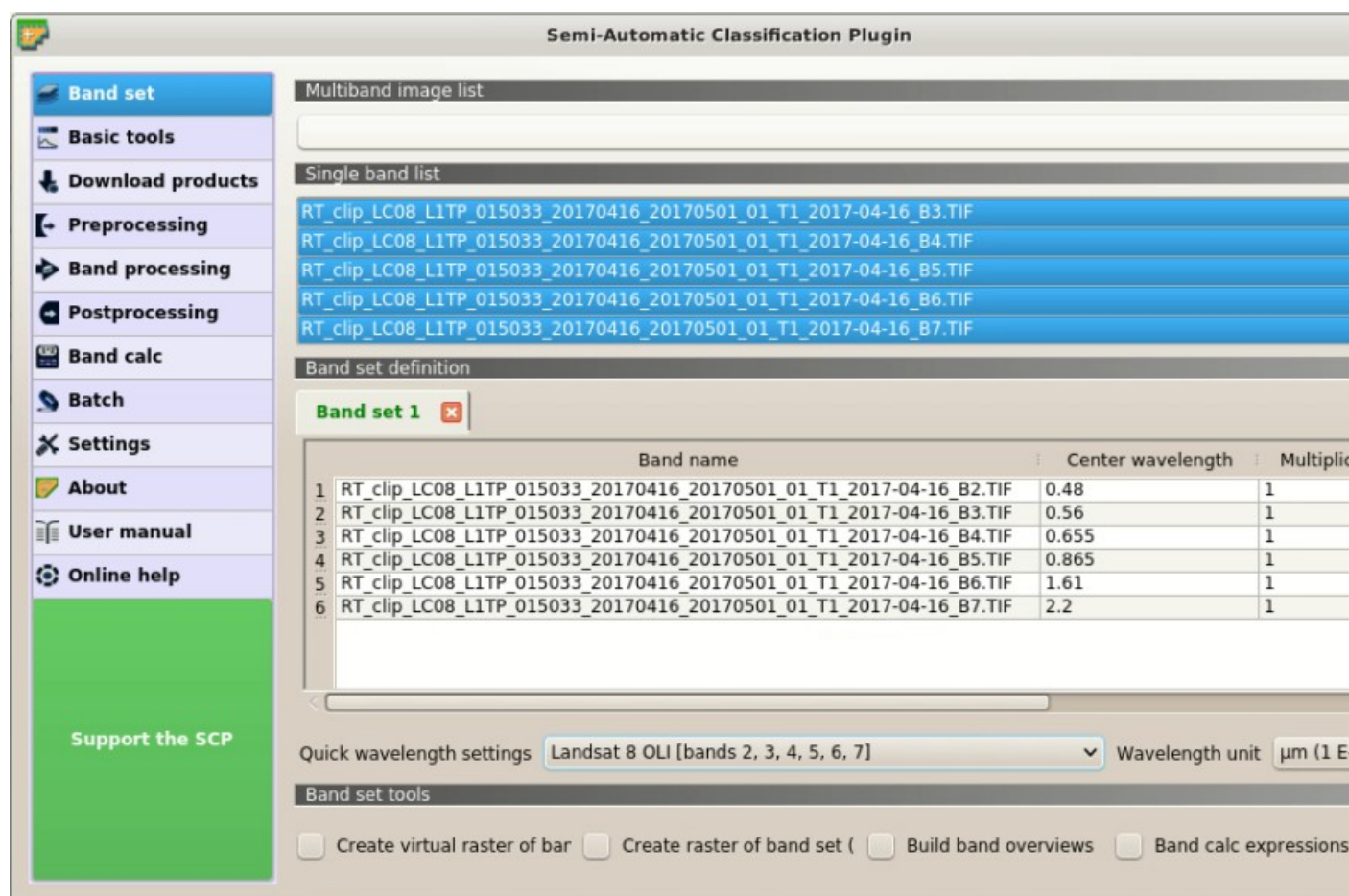


Fig. 11: Definition of a band set

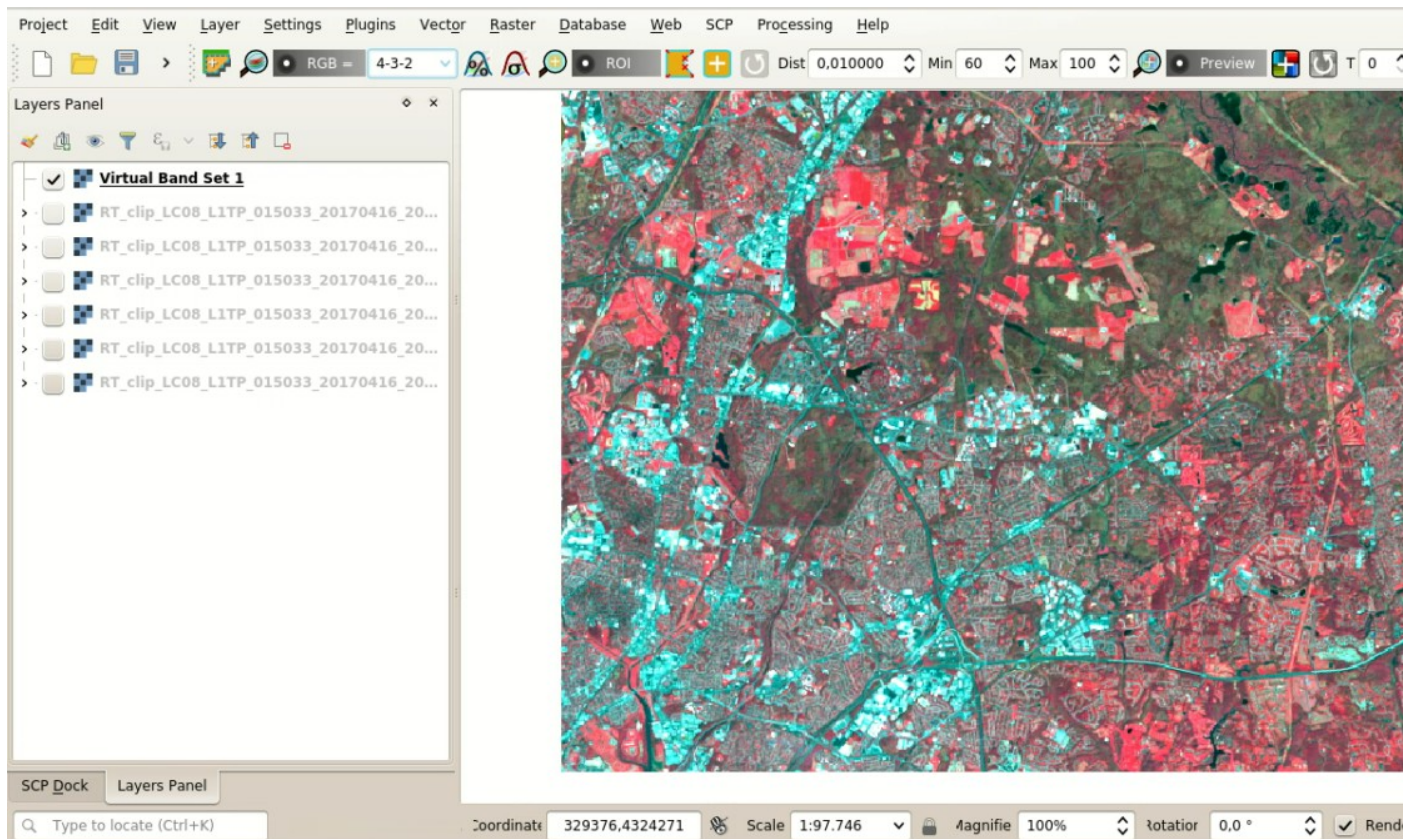



Fig. 12: Color composite RGB=4-3-2

(page 124) (ROIs) and calculate the *Спектральна сигнатура* (page 118) thereof (which are used in classification).

In the *Панель SCP* (page 25) select the tab *Входові навчальні дані* (page 26) and click the button  to create the *Training input* (define a name such as `training.scp`). The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the *Training input* (in order to prevent data loss, you should not edit this layer using QGIS functions).

### Create the ROIs

We are going to create ROIs defining the *Класи та макрокласи* (page 125). Each ROI is identified by a Class ID (i.e. C ID), and each ROI is assigned to a land cover class through a Macroclass ID (i.e. MC ID).

Macroclasses are composed of several materials having different spectral signatures; in order to achieve good classification results we should separate spectral signatures of different materials, even if belonging to the same macroclass. Thus, we are going to create several ROIs for each macroclass (setting the same *MC ID*, but assigning a different *C ID* to every ROI).

We are going to use the Macroclass IDs defined in the following table.


*Macroclasses*

Macroclass name	Macroclass ID
Water	1
Built-up	2
Vegetation	3
Bare soil (low vegetation)	4



Fig. 13: *Definition of Training input in SCP*



ROIs can be created by manually drawing a polygon or with an automatic region growing algorithm. Zoom in the map over the dark area in the upper right corner of the image which is a water body. In order to create manually a ROI inside the dark area, click the button  in the *Робоча панель* (page 36). Left click on the map to define the ROI vertices and right click to define the last vertex closing the polygon. An orange semi-transparent polygon is displayed over the image, which is a temporary polygon (i.e. it is not saved in the *Training input*).

**TIP :** You can draw temporary polygons (the previous one will be overridden) until the shape covers the intended area.

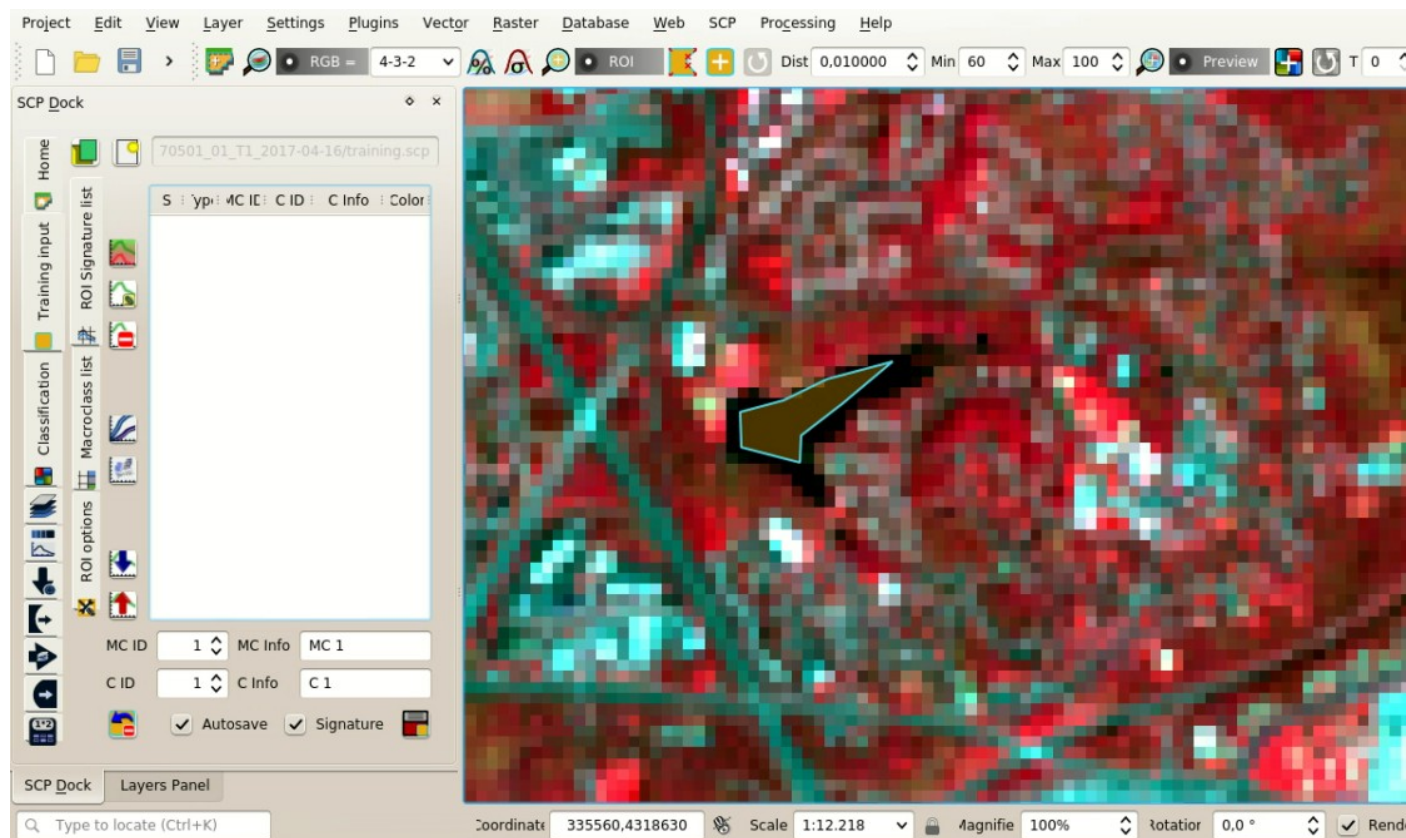




Fig. 14: A temporary ROI created manually

If the shape of the temporary polygon is good we can save it to the *Training input*.

Open the *Вхідні навчальні дані* (page 26) to define the *Класи та макрокласи* (page 125). In the *Перелік сигнатур ROI* (page 29) set *MC ID* = 1 and *MC Info* = **Water**; also set *C ID* = 1 and *C Info* = **Lake**. Now click  to save the ROI in the *Training input*.

After a few seconds, the ROI is listed in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29) and the spectral signature is calculated (because  *Signature* was checked).

As you can see, the *C ID* in *Перелік сигнатур ROI* (page 29) is automatically increased by 1. Saved ROI is displayed as a dark polygon in the map and the temporary ROI is removed. Also, in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29) you can notice that the *Type* is *B*, meaning that the ROI spectral signature was calculated and saved in the *Training input*.

You can also see in the tab *Макрокласи* (page 30) that the first macroclass has been added to the table *Macroclasses*.

Now we are going to create a second ROI for the built-up class using the automatic region growing algorithm. Zoom in the lower region of the image. In *Робоча панель* (page 36) set the *Dist* value to 0.08

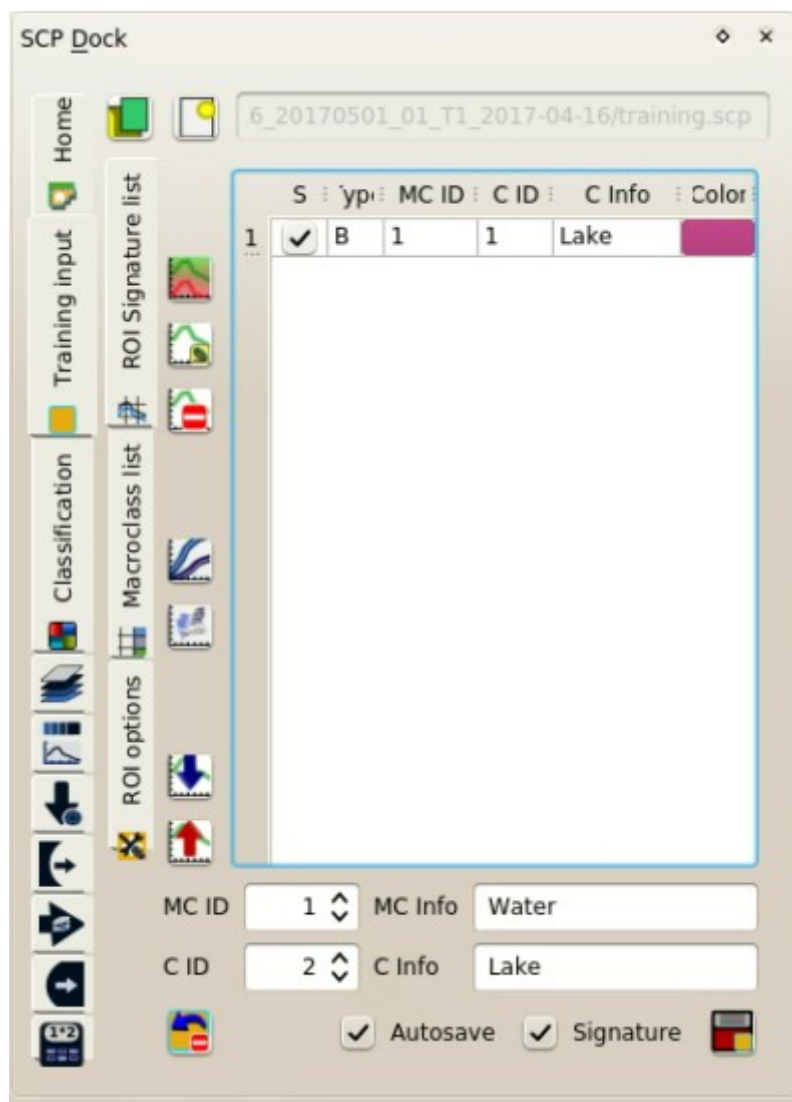
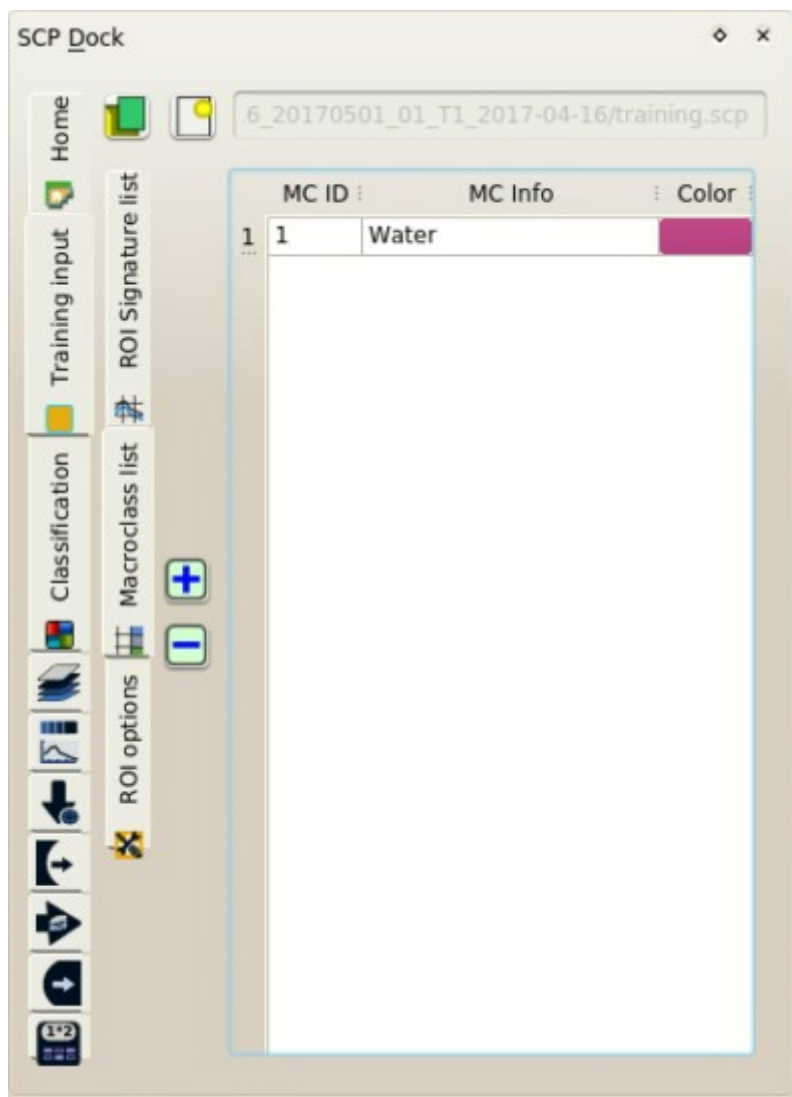



Fig. 15: The ROI saved in the Training input

Fig. 16: *Macroclasses*

. Click the button  in the *Робоча панель* (page 36) and click over the purple area of the map. After a while the orange semi-transparent polygon is displayed over the image.

**TIP** : *Dist* value should be set according to the range of pixel values; in general, increasing this value creates larger ROIs.

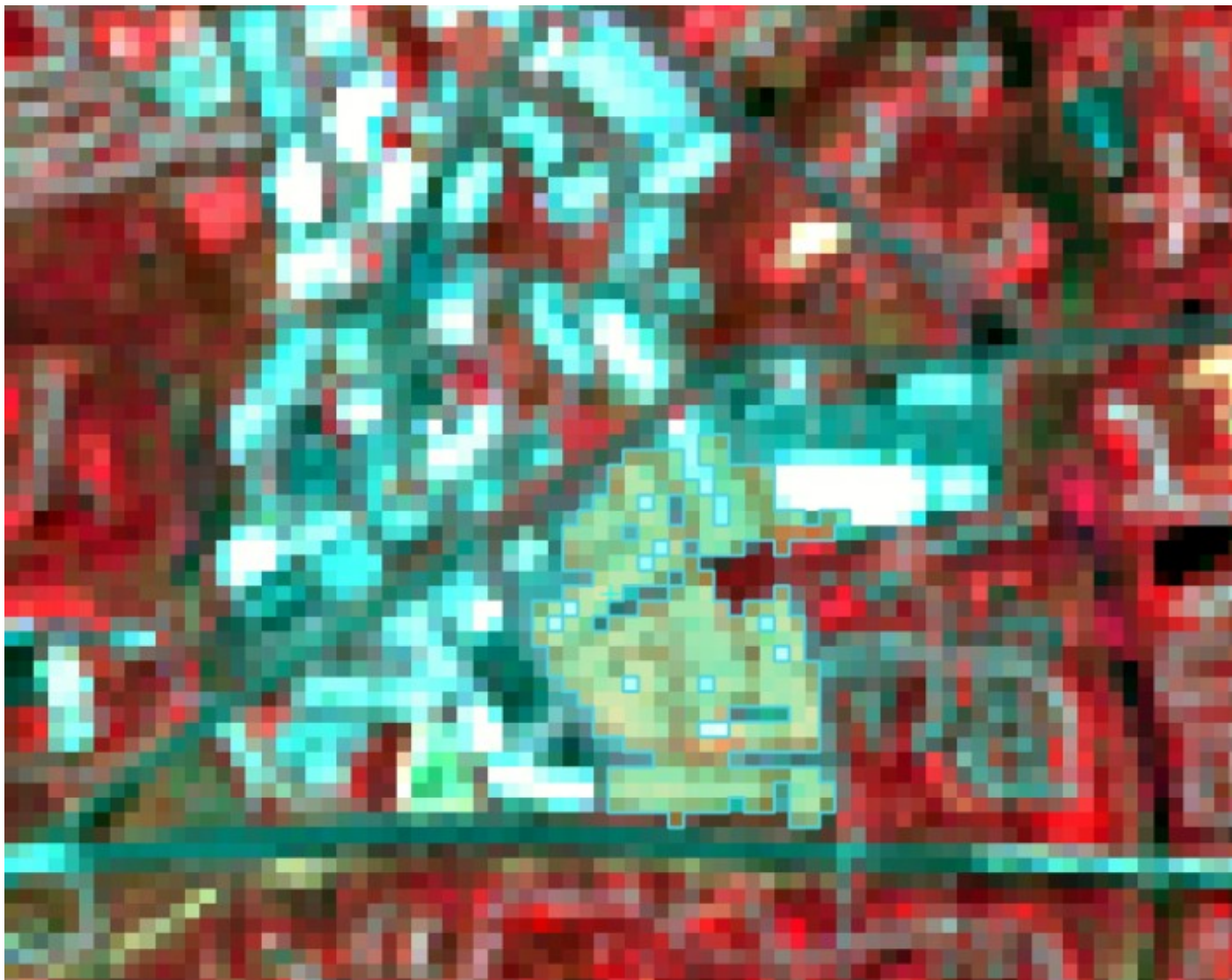




Fig. 17: A temporary ROI created with the automatic region growing algorithm

In the *Перелік сигнатур ROI* (page 29) set *MC ID* = 2 and *MC Info* = Built-up ; also set *C ID* = 2 (it should be already set) and *C Info* = Buildings.

Again, the *C ID* in *Перелік сигнатур ROI* (page 29) is automatically increased by 1.

After clicking the button  in the *Робоча панель* (page 36) you should notice that the cursor in the map displays a value changing over the image. This is the NDVI value of the pixel beneath the cursor (NDVI is displayed because the function  *Display* is checked in *Вхідові навчальні дані* (page 26)). The NDVI value can be useful for identifying spectrally pure pixels, in fact vegetation has higher NDVI values than soil.

For instance, move the mouse over a vegetation area and left click to create a ROI when you see a local maximum value. This way, the created ROI and the spectral signature thereof will be particularly representative of healthy vegetation.



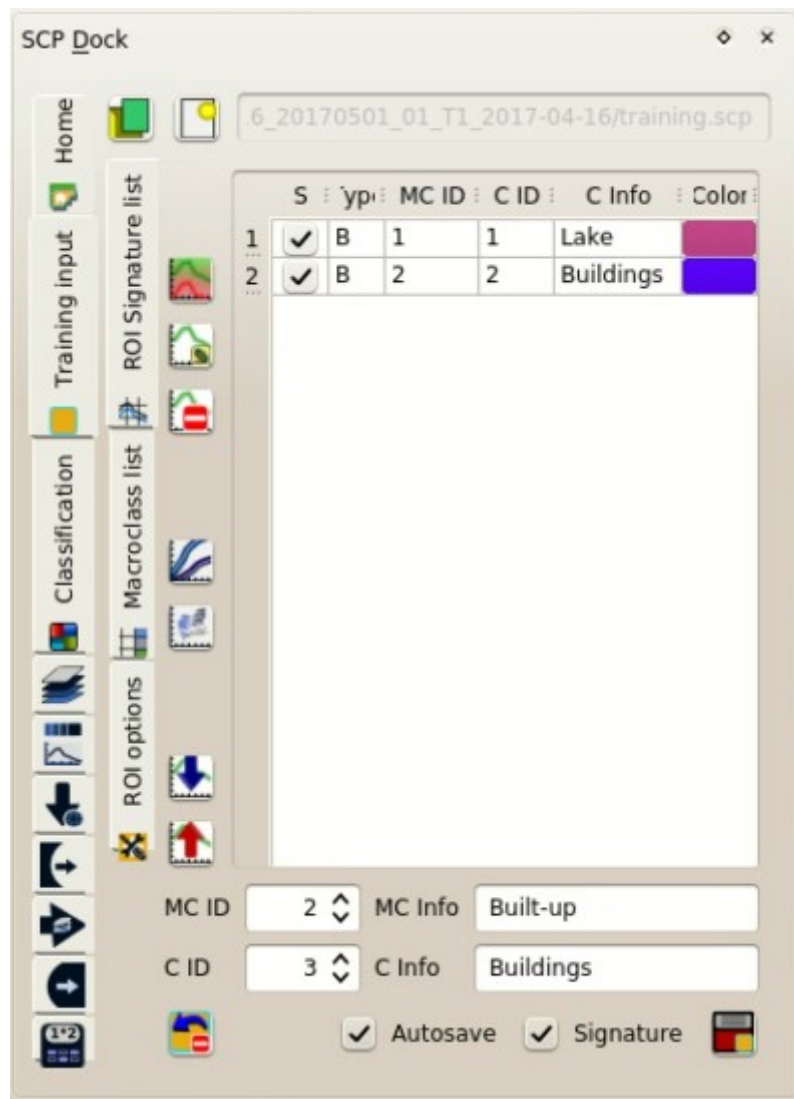


Fig. 18: The ROI saved in the Training input



Fig. 19: *NDVI value of vegetation pixel displayed in the map. Color composite RGB = 4-3-2*

Create a ROI for the class **Vegetation** (red pixels in color composite RGB=4-3-2) and a ROI for the class **Bare soil (low vegetation)** (green pixels in color composite RGB=4-3-2) following the same steps described previously. The following images show a few examples of these classes identified in the map.

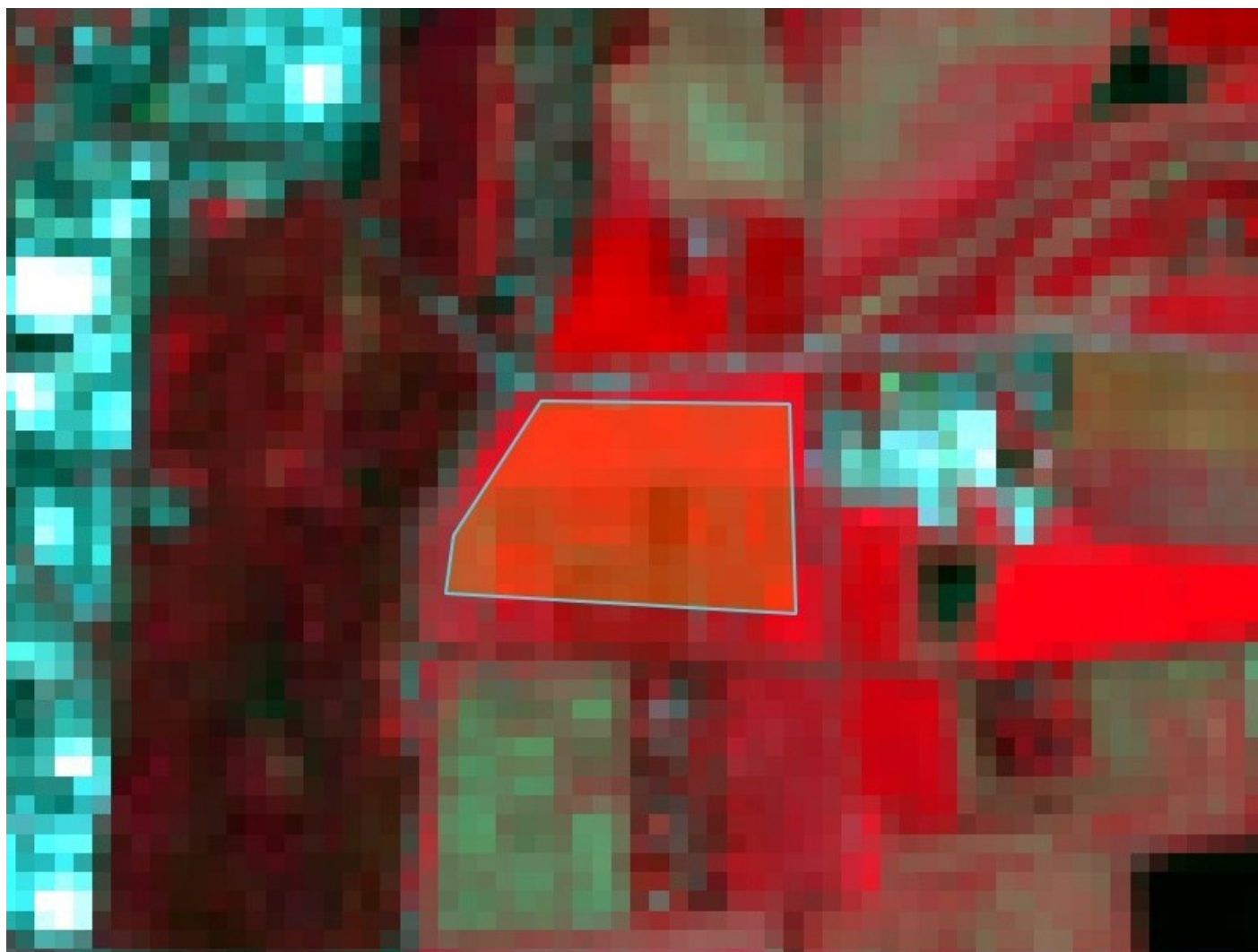


Fig. 20: *Vegetation. Color composite RGB = 4-3-2*

### Assess the Spectral Signatures

Spectral signatures are used by *Алгоритми класифікації* (page 126) for labelling image pixels. Different materials may have similar spectral signatures (especially considering multispectral images) such as built-up and soil. If spectral signatures used for classification are too similar, pixels could be misclassified because the algorithm is unable to discriminate correctly those signatures. Thus, it is useful to assess the *Спектральна відстань* (page 132) of signatures to find similar spectral signatures that must be removed. Of course the concept of distance vary according to the algorithm used for classification.

One can simply assess spectral signature similarity by displaying a signature plot. In order to display the signature plot, in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29) highlight two or more spectral signatures


(with click in the table), then click the button . The *Графік спектральних сигнатур* (page 102) is displayed in a new window. Move and zoom inside the *Графік* (page 105) to see if signatures are similar (i.e. very close). Double click the color in the *Відобразити Перелік сигнатур* (page 104) to change the line color in the plot.





Fig. 21: *Bare soil (low vegetation). Color composite RGB = 4-3-2*

We can see in the following figure a signature plot of different materials.

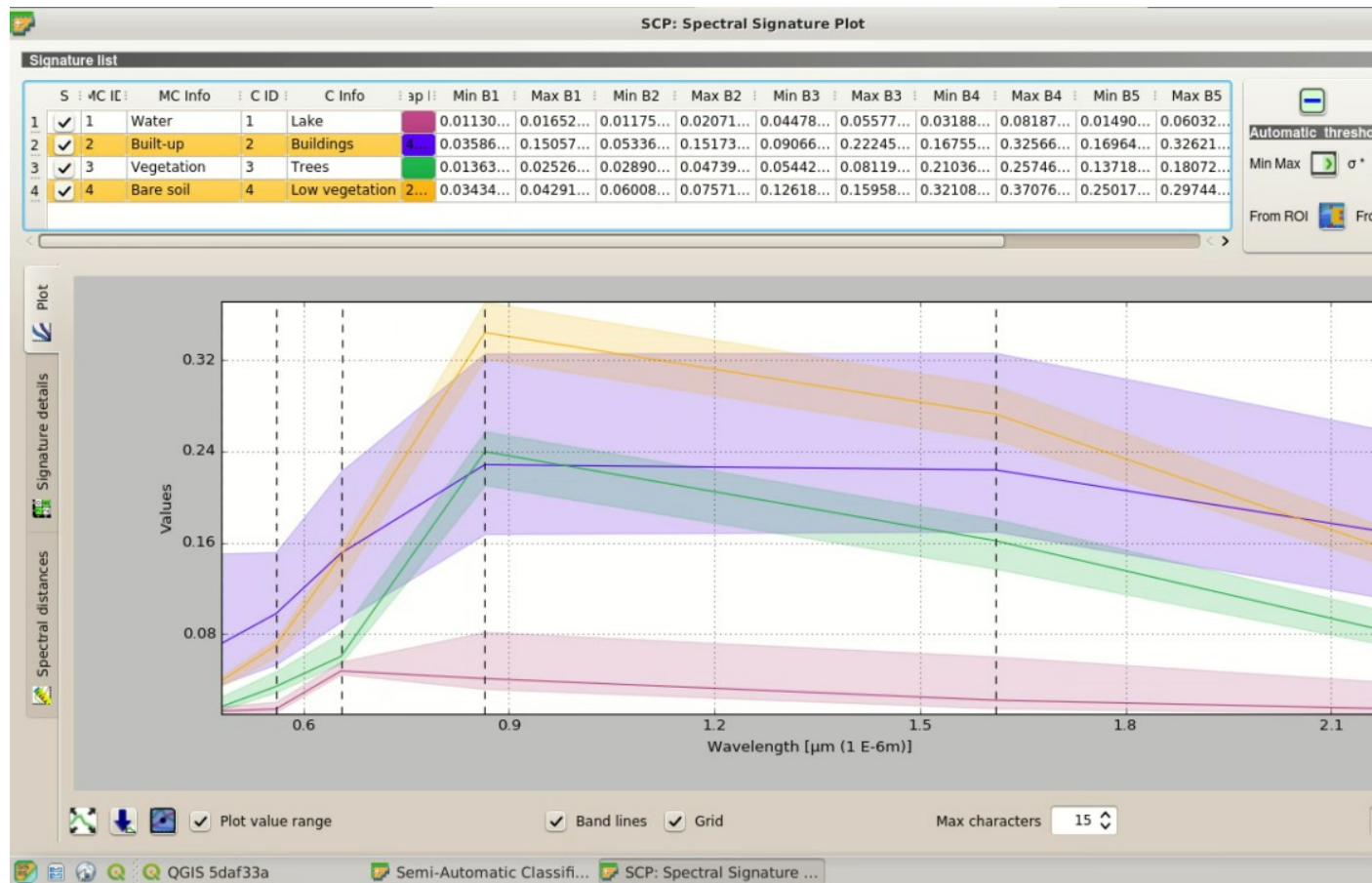



Fig. 22: *Spectral plot*

In the plot we can see the line of each signature (with the color defined in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29)), and the spectral range (minimum and maximum) of each band (i.e. the semi-transparent area colored like the signature line). The larger is the semi-transparent area of a signature, the higher is the standard deviation, and therefore the heterogeneity of pixels that composed that signature. Spectral similarity between spectral signatures is highlighted in orange in the *Відобразити Перелік сигнатур* (page 104).

Additionally, we can calculate the spectral distances of signatures (for more information see *Спектральна відстань* (page 132)). Highlight two or more spectral signatures with click in the table *Відобразити*

*Перелік сигнатур* (page 104), then click the button ; distances will be calculated for each pair of signatures. Now open the tab *Спектральні відстані* (page 107); we can notice that similarity between signatures vary according to considered algorithm.

For instance, two signatures can be very similar for *Картографування спектрального кута* (page 129) (very low *Спектральний кут* (page 133)), but quite distant for the *Максимальної вірогідності* (page 127) (*Відстань Дженсфіса-Мауєсіті* (page 132) value near 2). The similarity of signatures is affected by the similarity of materials (in relation to the number of spectral bands available); also, the way we create ROIs influences the signatures.

Spectral signature values, standard deviation and other details such as the number of ROI pixels are displayed in the *Характеристика сигнатур* (page 107).

**We need to create several ROIs (i.e. spectral signatures) for each macroclass** (repeating the steps in *Create the ROIs* (page 159)), assigning a unique C ID to each spectral signature, and assess the spectral distance thereof in order to avoid the overlap of spectral signatures belonging to different macroclasses.

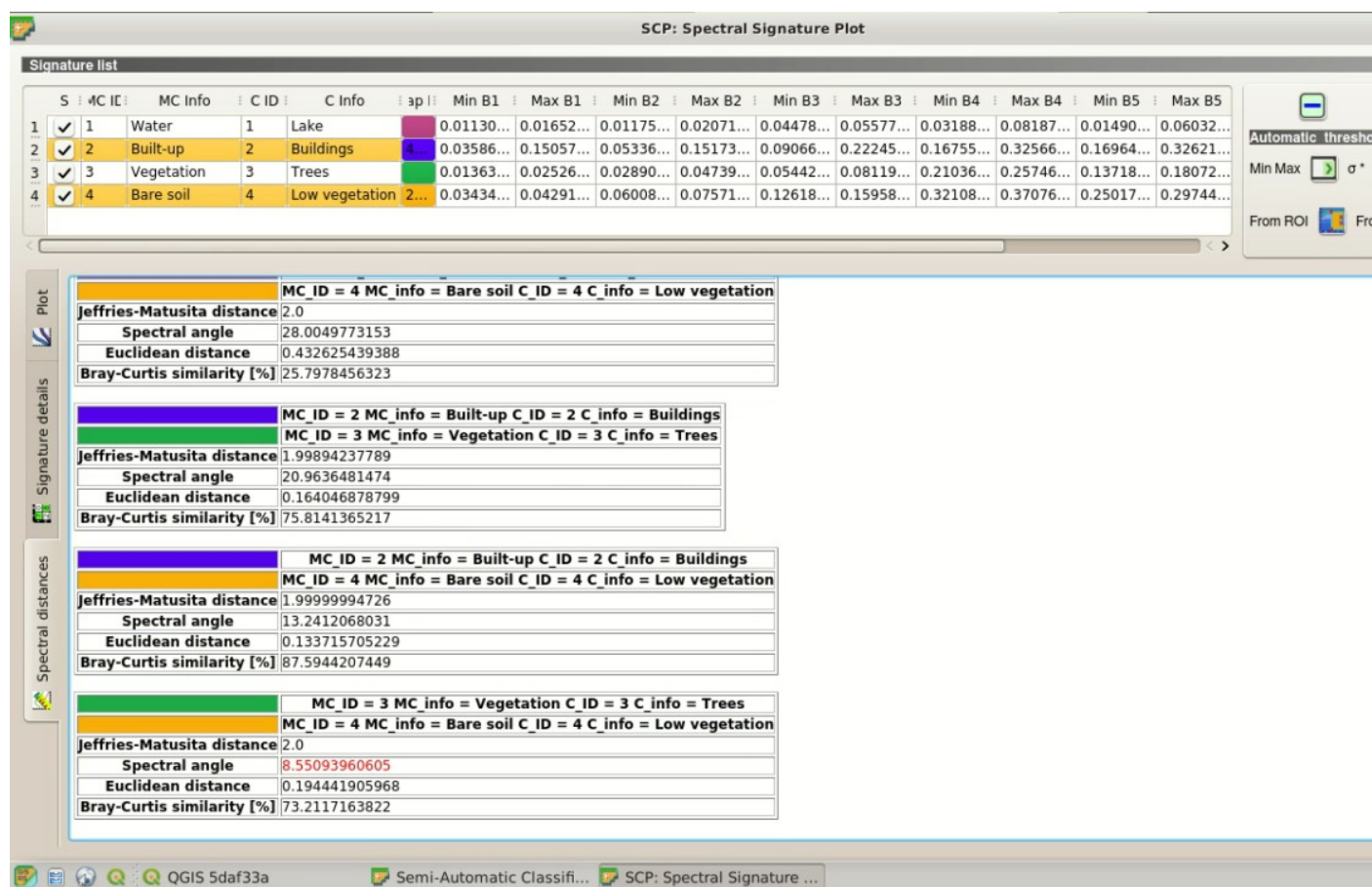


Fig. 23: Spectral distances

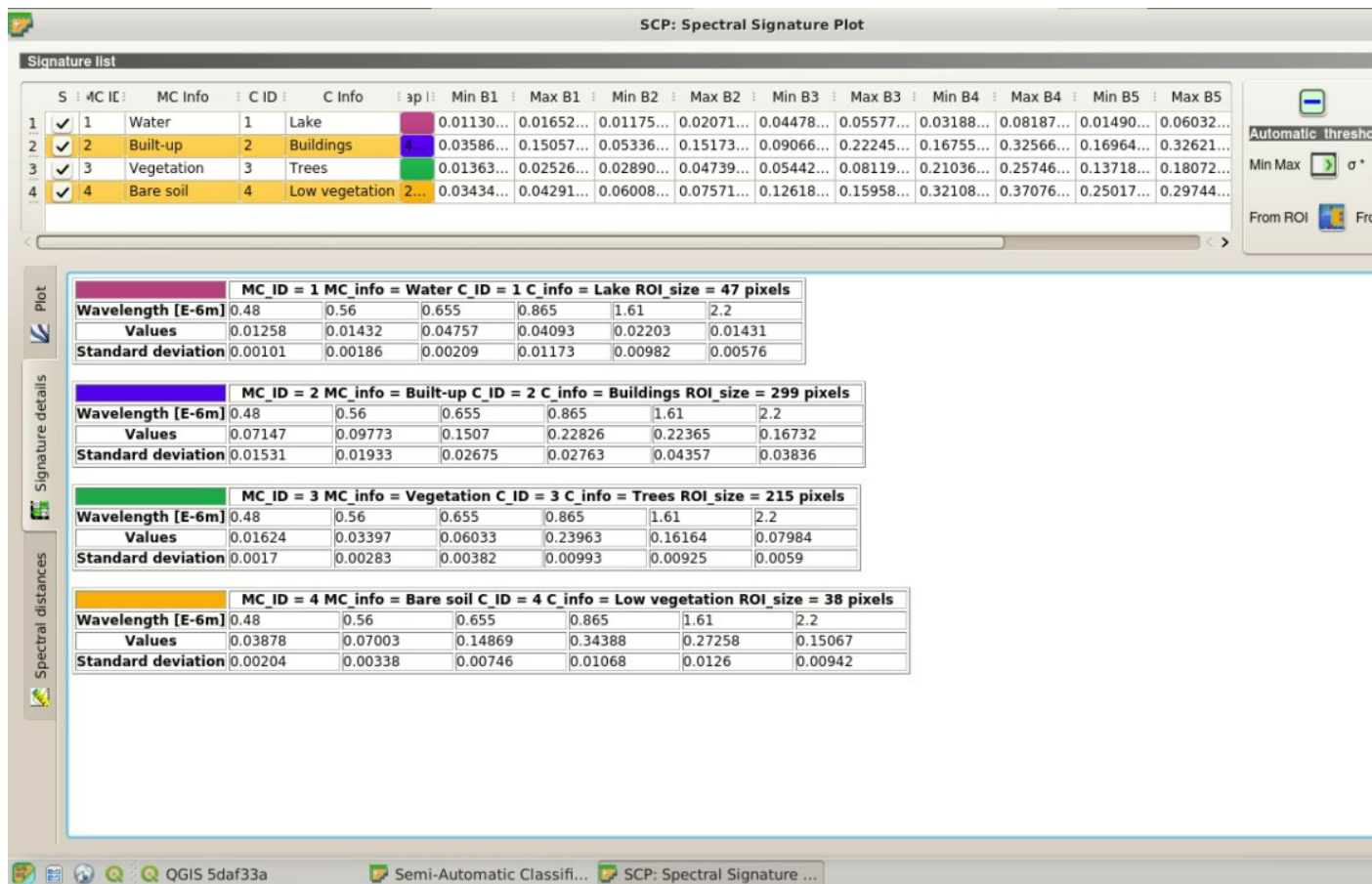


Fig. 24: Spectral signature values



In the list  $RGB=$  of the *Робоча панель* (page 36) type 3-4-6 (you can also use the tool *RGB list* (page 44)). Using this color composite, urban areas are purple and vegetation is green. You can notice that this color composite  $RGB = 3-4-6$  highlights roads more than natural color ( $RGB = 3-2-1$ ).

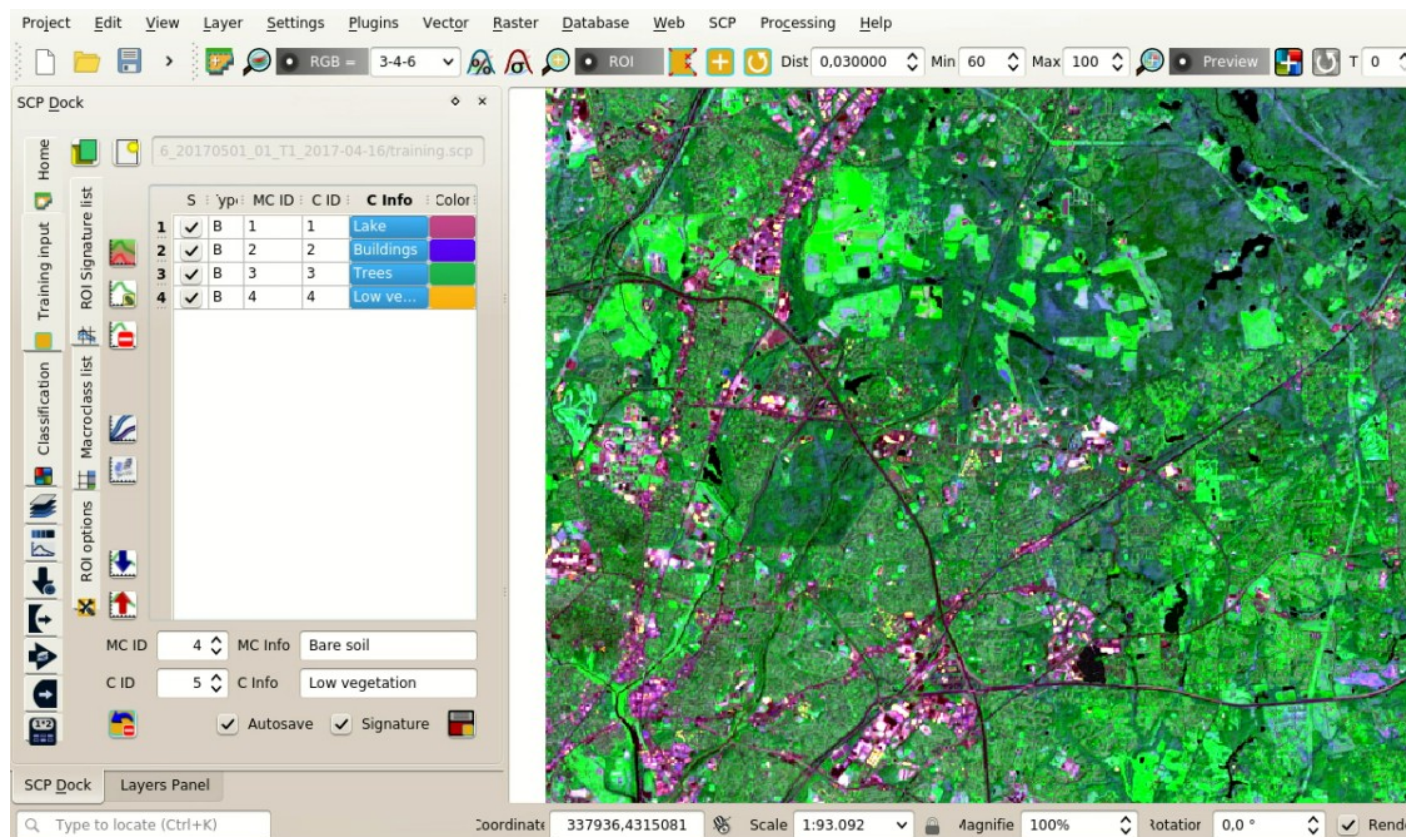





Fig. 25: Color composite  $RGB = 3-4-6$

The following examples display a few RGB color composites of Landsat images.

**TIP** : Change frequently the *Кольоровий композит* (page 124) in order to clearly identify the materials at the ground; use the mouse wheel on the list  $RGB=$  of the *Робоча панель* (page 36) for changing the color composite rapidly; also use the buttons  and  for better displaying the *Input image* (i.e. image stretching).

It is worth mentioning that you can show or hide the temporary ROI clicking the button  *ROI* in *Робоча панель* (page 36).

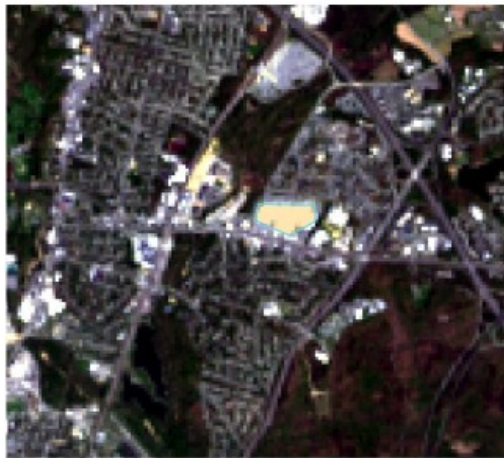
**TIP** : Install the plugin *QuickMapServices* in QGIS, and add a map (e.g. *OpenStreetMap*) in order to facilitate the identification of ROIs using high resolution data.

## Create a Classification Preview

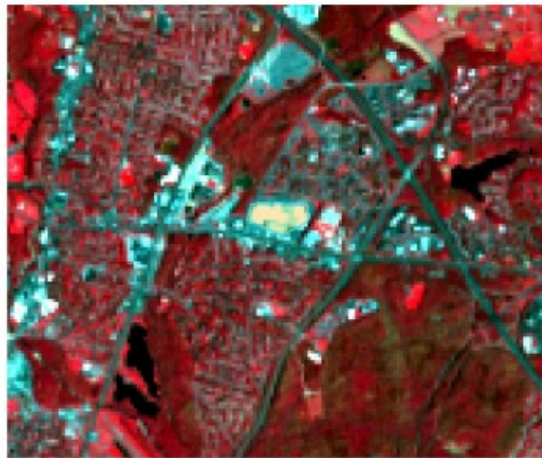
The classification process is based on collected ROIs (and spectral signatures thereof). It is useful to create a *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38) in order to assess the results (influenced by spectral signatures) before the final classification. In case the results are not good, we can collect more ROIs to better classify land cover.

Before running a classification (or a preview), set the color of land cover classes that will be displayed in the classification raster. In the *Перелік сигнатур ROI* (page 29), double click the color (in the column *Color*) of each ROI to choose a representative color of each class.

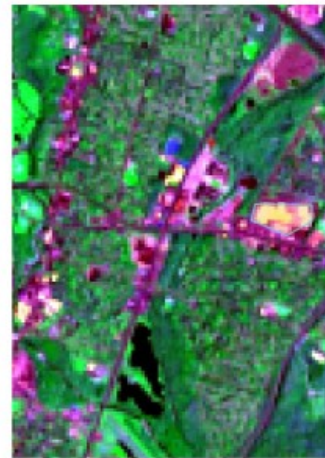
Also, we need to set the color for macroclasses in table *Макрокласи* (page 30).



**RGB = 3-2-1**

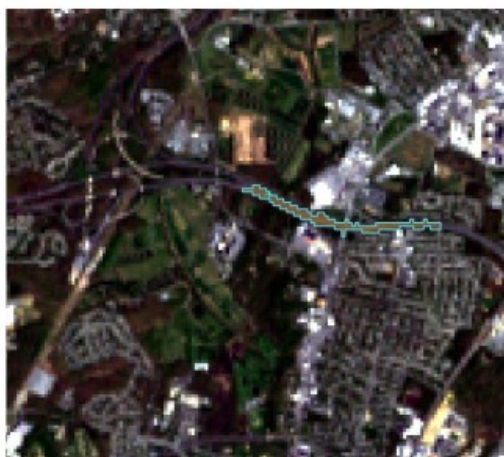


**RGB = 4-3-2**

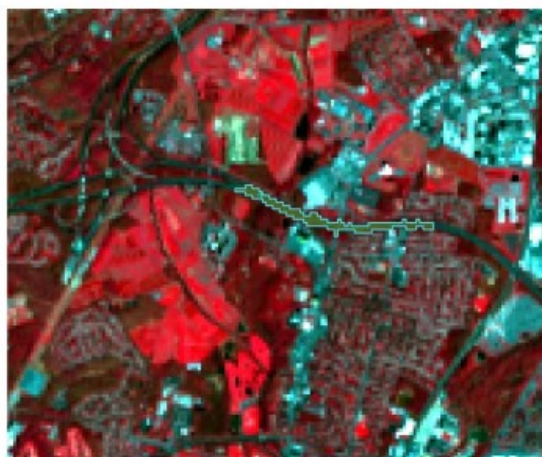


**RGB = 3-4-6**

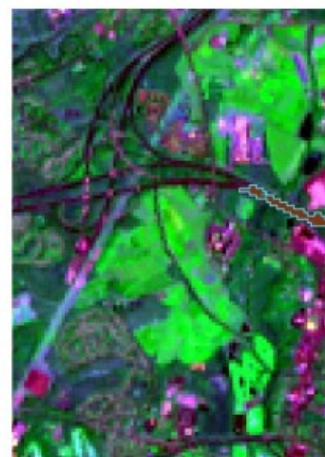
Fig. 26: *Built-up ROI: large buildings*



**RGB = 3-2-1**



**RGB = 4-3-2**



**RGB = 3-4-6**

Fig. 27: *Built-up ROI: road*

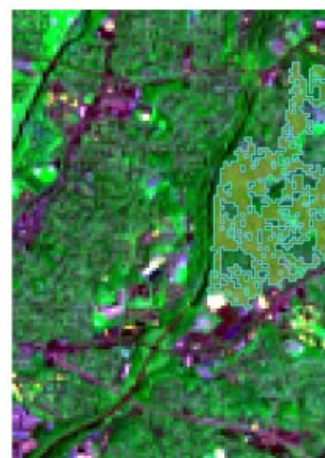




**RGB = 3-2-1**



**RGB = 4-3-2**

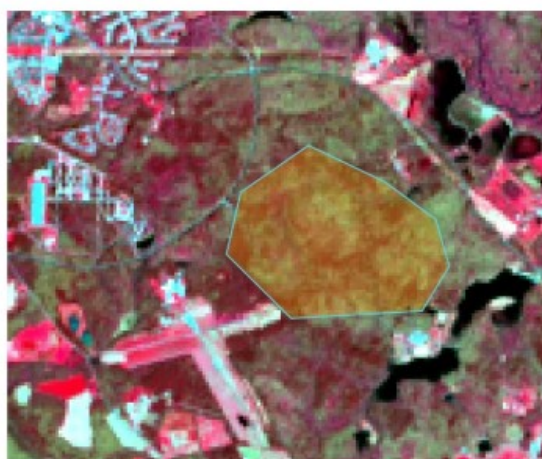


**RGB = 3-4-6**

Fig. 28: *Built-up ROI: buildings, narrow roads*



**RGB = 3-2-1**



**RGB = 4-3-2**



**RGB = 3-4-6**

Fig. 29: *Vegetation ROI: deciduous trees*

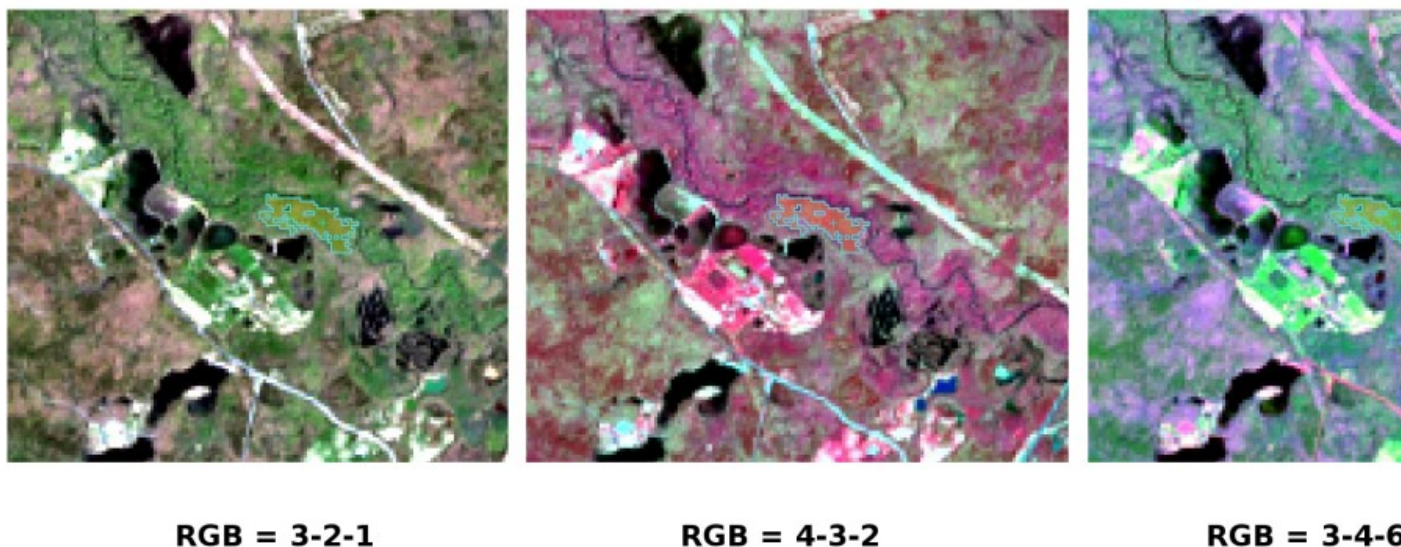




Fig. 30: Vegetation ROI: riparian vegetation

Now we need to select the classification algorithm. In this tutorial we are going to use the *Максимальної вірогідності* (page 127).

Open the *Класифікація* (page 32) to set the use of classes or macroclasses. Check *Use* ☒ *C ID* and in *Алгоритм* (page 35) select the *Maximum Likelihood*.

In *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38) set *Size* = 300; click the button  and then left click a point of the image in the map. The classification process should be rapid, and the result is a classified square centered in clicked point.

Previews are temporary rasters (deleted after QGIS is closed) placed in a group named *Class\_temp\_group* in the QGIS panel Layers. Now in *Класифікація* (page 32) check *Use* ☒ *MC ID* and click the button  in *Попередній перегляд результатів класифікації* (page 38).

We can see that now there are only 4 colors representing the macroclasses.

**TIP :** When loading a previously saved QGIS project, a message could ask to handle missing layers, which are temporary layers that SCP creates during each session and are deleted afterwards; you can click *Cancel* and ignore these layers; also, you can delete these temporary

layers clicking the button  in *Робоча панель* (page 36).

In general, it is good to perform a classification preview every time a ROI (or a spectral signature) is added to the *Перелік сигнатур ROI* (page 29). Therefore, the phases *Create the ROIs* (page 159) and *Create a Classification Preview* (page 172) should be iterative and concurrent processes.

### Create the Classification Output

Assuming that the results of classification previews were good (i.e. pixels are assigned to the correct class defined in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29)), we can perform the actual land cover classification of the whole image.

In *Класифікація* (page 32) check *Use* ☒ *MC ID*. In the *Результат класифікації* (page 36) click the



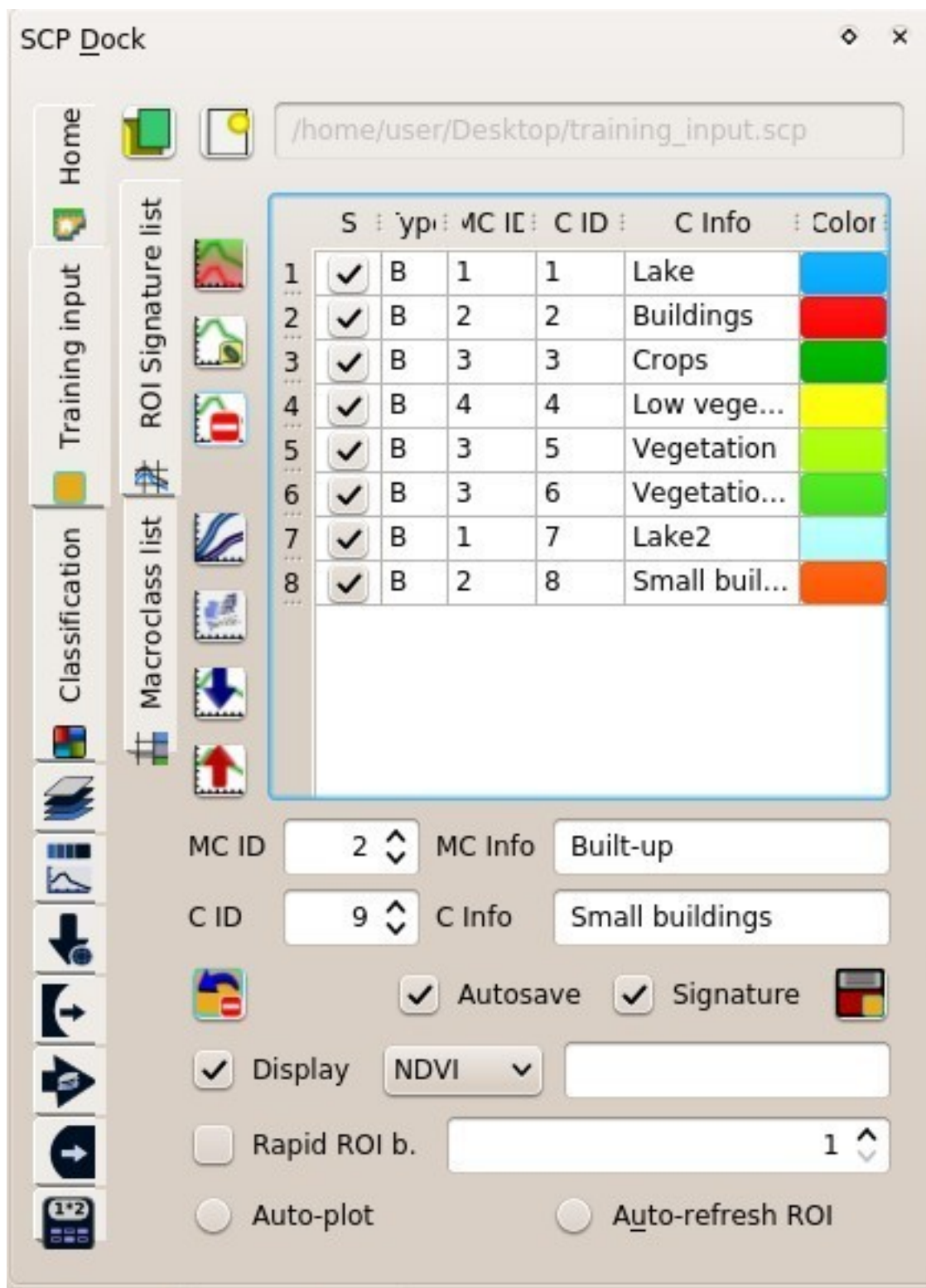


Fig. 31: Definition of class colors

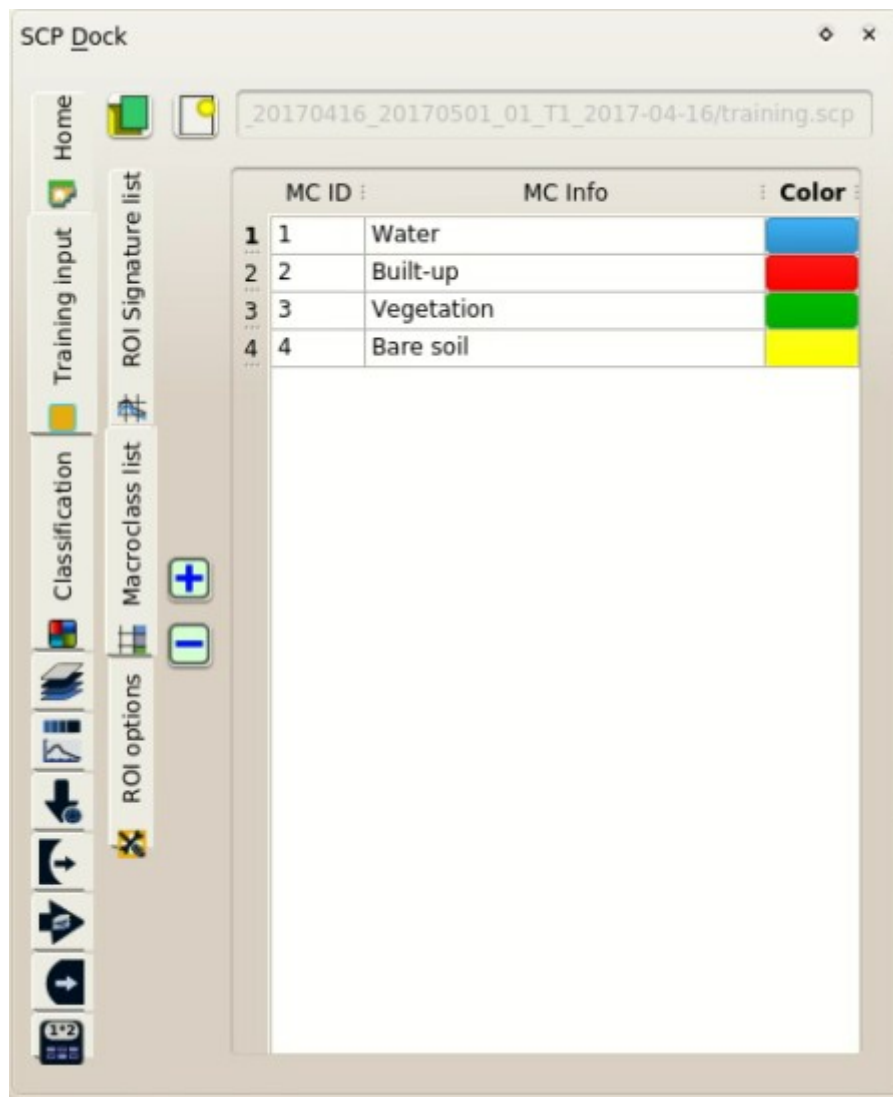
Fig. 32: *Definition of macroclass colors*



Fig. 33: Setting the algorithm and using C ID



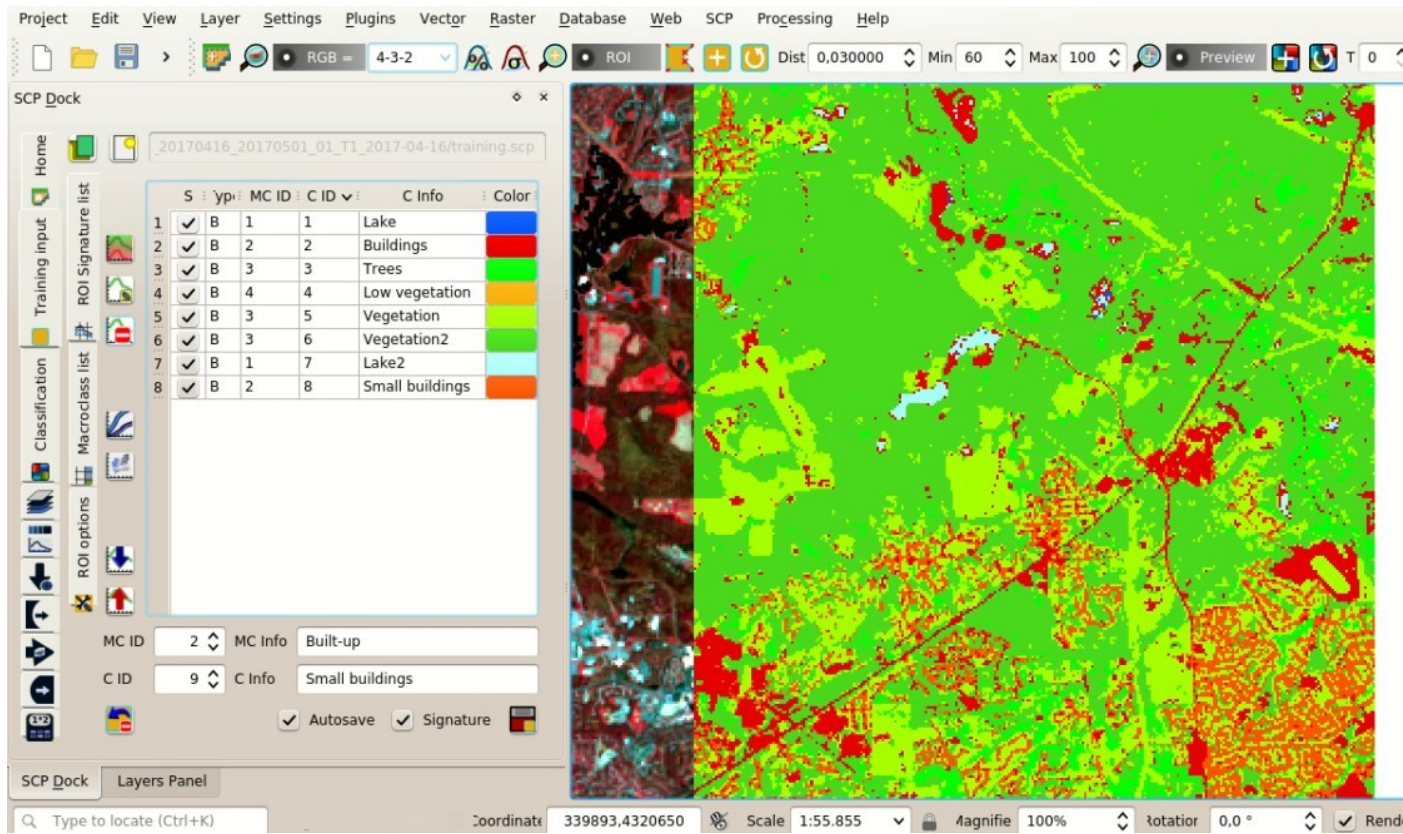


Fig. 34: Classification preview displayed over the image using C ID

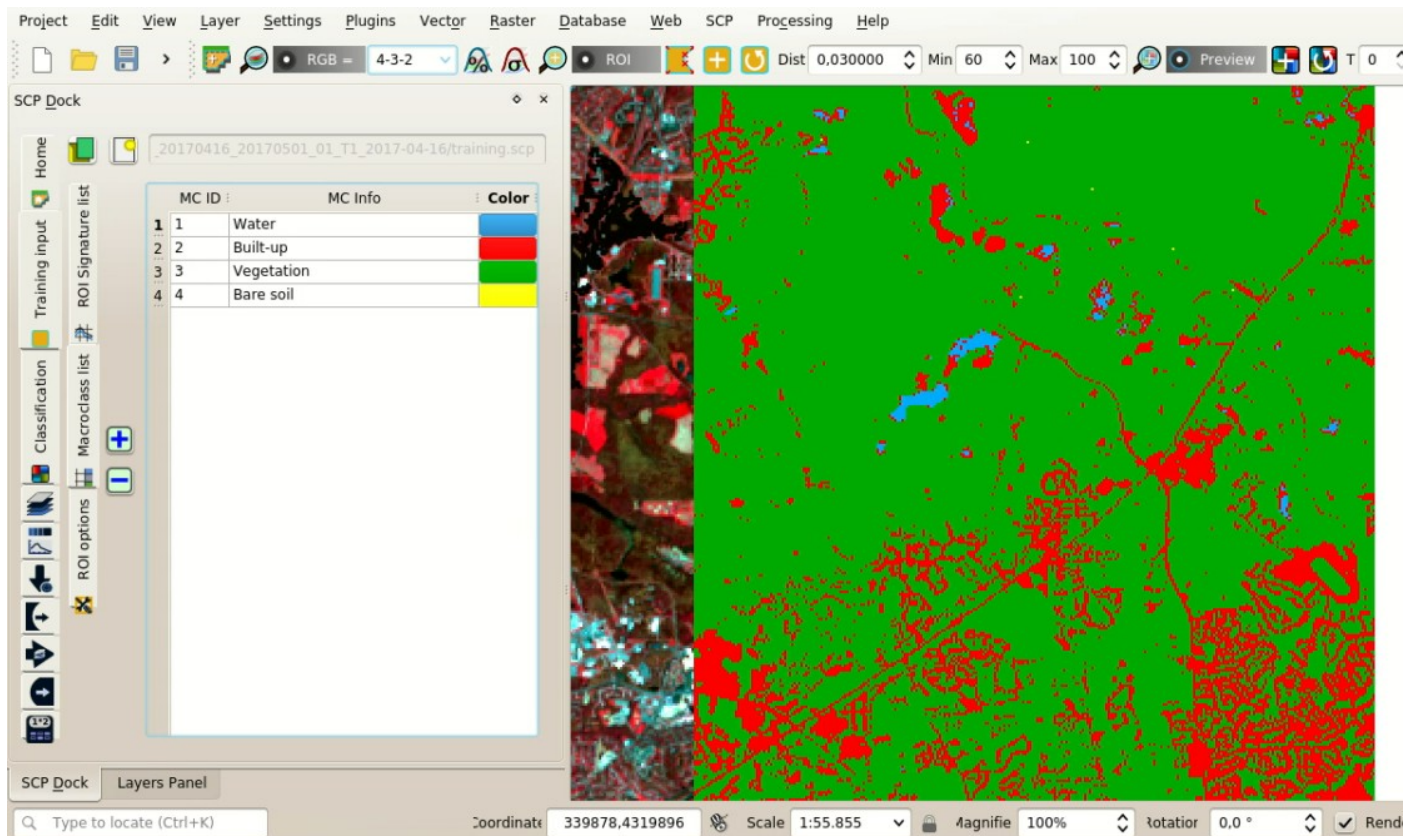



Fig. 35: Classification preview displayed over the image using MC ID

button  and define the path of the classification output, which is a raster file (.tif). If ☒ *Play sound when finished* is checked in *Classification process* (page 98) settings, a sound is played when the process is finished.

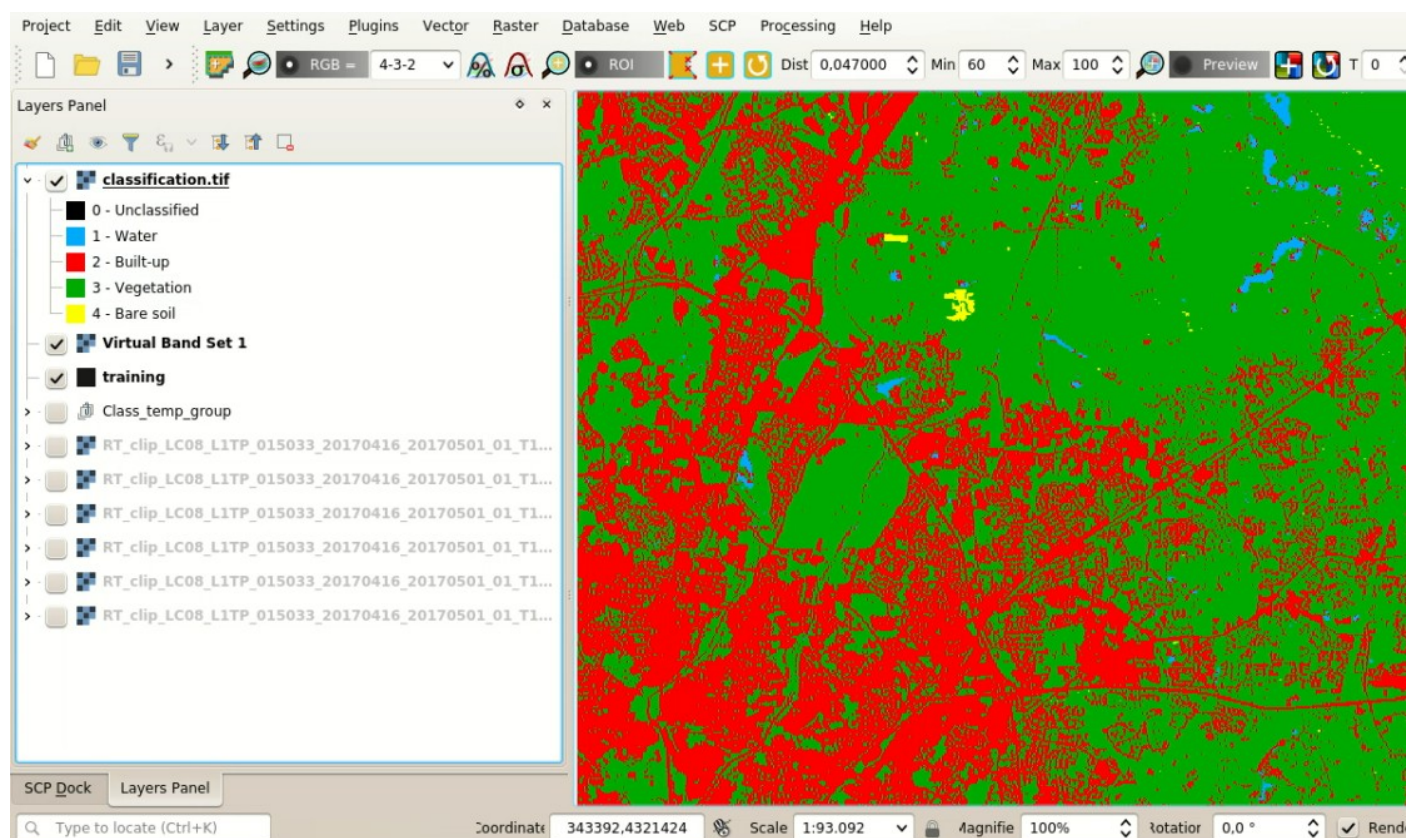


Fig. 36: Result of the land cover classification

**Well done!** You have just performed your first land cover classification.

However, you can see that there are several classification errors, because the number of ROIs (spectral signatures) is insufficient.

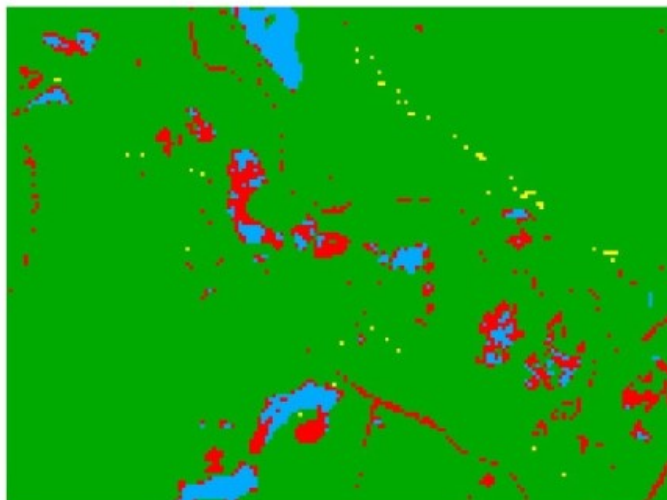
We can improve the classification using some of the tools that will be described in other tutorials.

## 5.2 Tutorial 2

The following is a tutorial about the functions of the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS.

- *Tutorial 2: Cloud Masking, Image Mosaic, and Land Cover Change Location* (page 182)
  - *Download the Data* (page 182)
  - *Create the cloud cover mask* (page 189)
  - *Mask clouds in the Sentinel-2 image* (page 190)
  - *Mosaic the Sentinel-2 images* (page 190)
  - *Land cover change* (page 194)



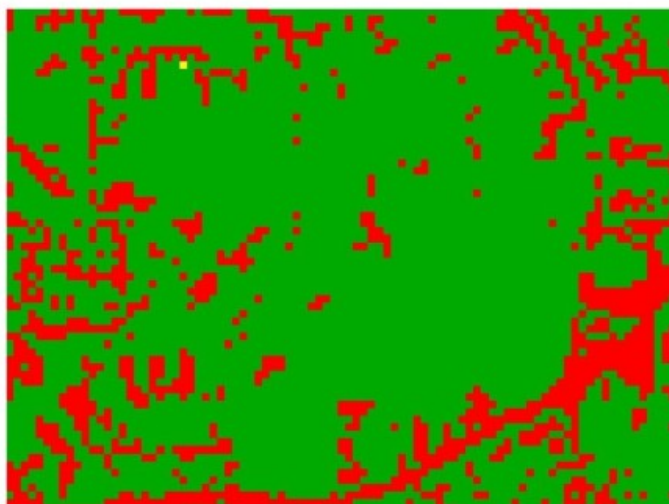


**Classification**



**RGB = 3-2-1**

Fig. 37: *Example of error: Water bodies classified as Built-up*



**Classification**



**RGB = 3-2-1**

Fig. 38: *Example of error: Built-up classified as vegetation*

### 5.2.1 Tutorial 2: Cloud Masking, Image Mosaic, and Land Cover Change Location

This tutorial is about the use of *SCP* for the assessment of land cover change of a multispectral image. It is recommended to complete the *Tutorial 1: Your First Land Cover Classification* (page 147) before this tutorial.

The purpose of this tutorial is to locate land cover change over one year (between 2017 and 2018), using free Sentinel-2 images.

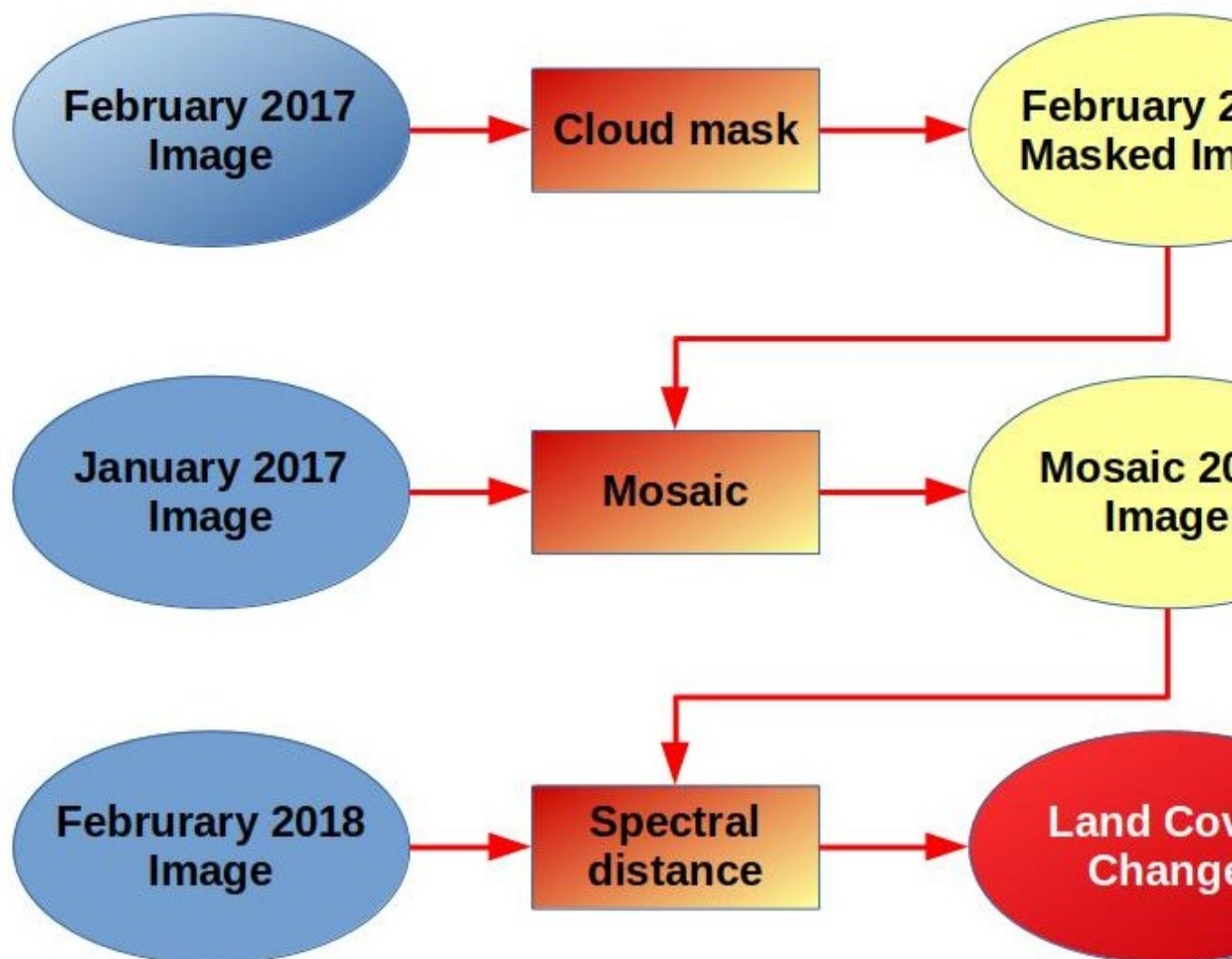


Fig. 39: *Workflow*



Following the video of this tutorial.


<http://www.youtube.com/watch?v=xm9s97GPs0Y>

#### Download the Data

We are going to download a *Супутник Sentinel-2* (page 121) image (Copernicus land monitoring services) and use the bands illustrated in the following table.

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength [micrometers]	Resolution [meters]
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Start QGIS and the *SCP*. Open the tab *Download products* (page 54) clicking the button  in the *Домашня* (page 26), or in the *Меню SCP* (page 23). In the tab *Download products* (page 54) click the button  to display the OpenStreetMap tiles (© OpenStreetMap contributors) in the QGIS map, licensed as CC BY-SA ([Tile Usage Policy](#)).

In general it is possible to define the area coordinates clicking the button , then left click in the map for the UL point and right click in the map for the LR point. In this tutorial the study area is Rome (Italy), therefore click in the map to define the search area, or alternatively, enter these point coordinates in *Search parameters* (page 56):

- *UL*: 12.4 / 41.9
- *LR*: 12.5 / 41.8


The purpose of this tutorial is to map the land cover change between 2017 and 2018, therefore we need to download at least two images. Because of cloud cover, we are going to download an additional image for 2016, which will be used to replace pixels covered by clouds in the first image. We are searching for three images (tile 33TTG) acquired on:

- 01 January 2017
- 10 February 2017
- 10 February 2018

Therefore, we need to perform three searches. Select *Sentinel-2* from the *Products*  and set:

- *Date from*: 2017-01-01
- *to*: 2017-01-01


In this case, enter L1C\_T33TTG in *Filter* to filter the results only for the tile 33TTG.

Now click the button *Find*  and after a few seconds the image will be listed in the *Product list* (page 57). Click the item in the table to display a preview that is useful for assessing the quality of the image and the cloud cover.

Repeat the date definition and the search also for the 2017-02-10 image. You can notice that there are a few clouds over the area, therefore we are going to mosaic this image with the one acquired on 2017-01-01.

Finally, repeat the search for the 2018-02-10 image.

We can also select the bands to be downloaded according to our purpose. In particular, select the tab *Download options* (page 58) and check only the Sentinel-2 bands that will be used in this tutorial and the ancillary data.

For the purpose of this tutorial, uncheck the option  *Only if preview in Layers* because we want to download and preprocess all the images listed in the table.

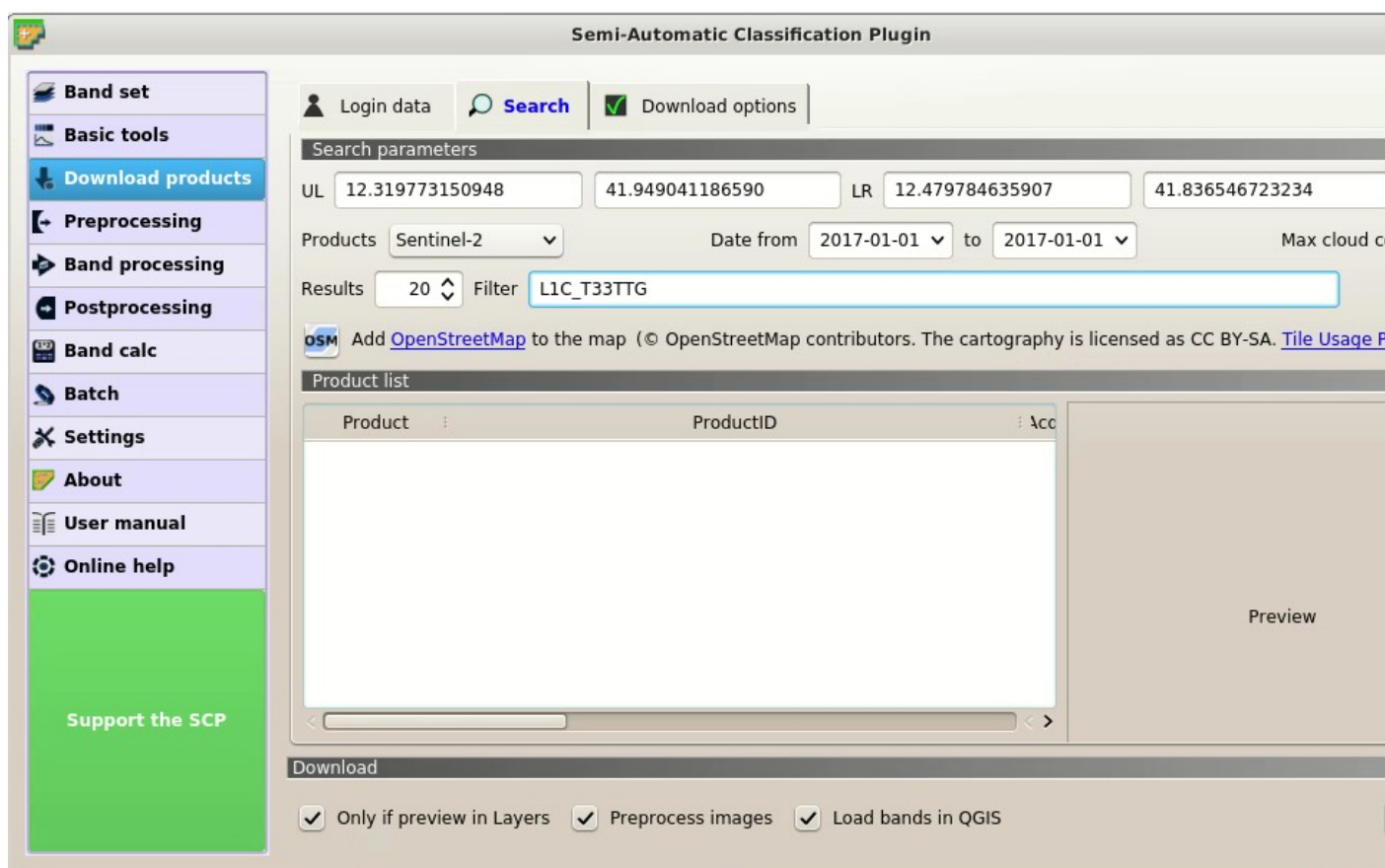


Fig. 40: Search products

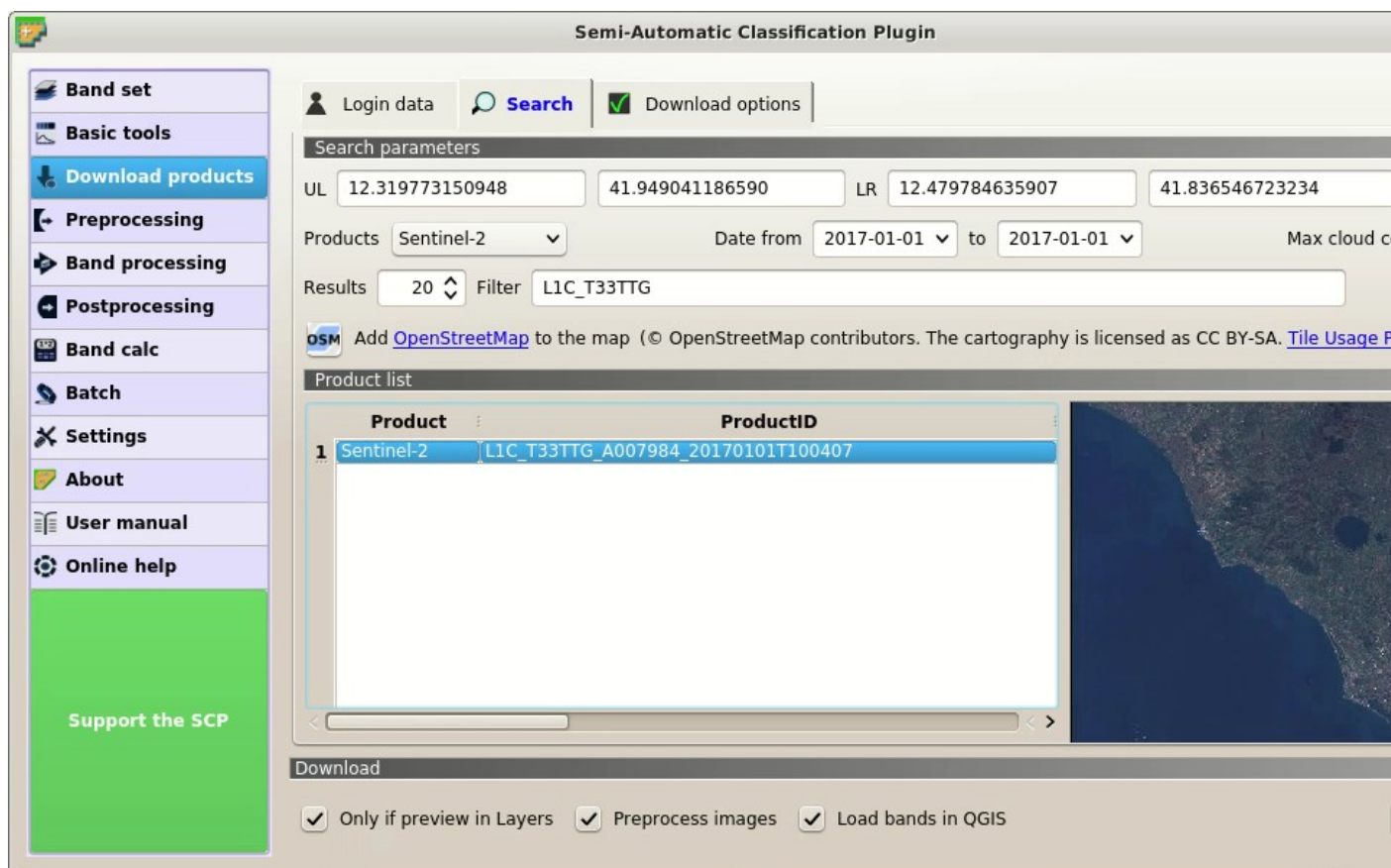


Fig. 41: Search result



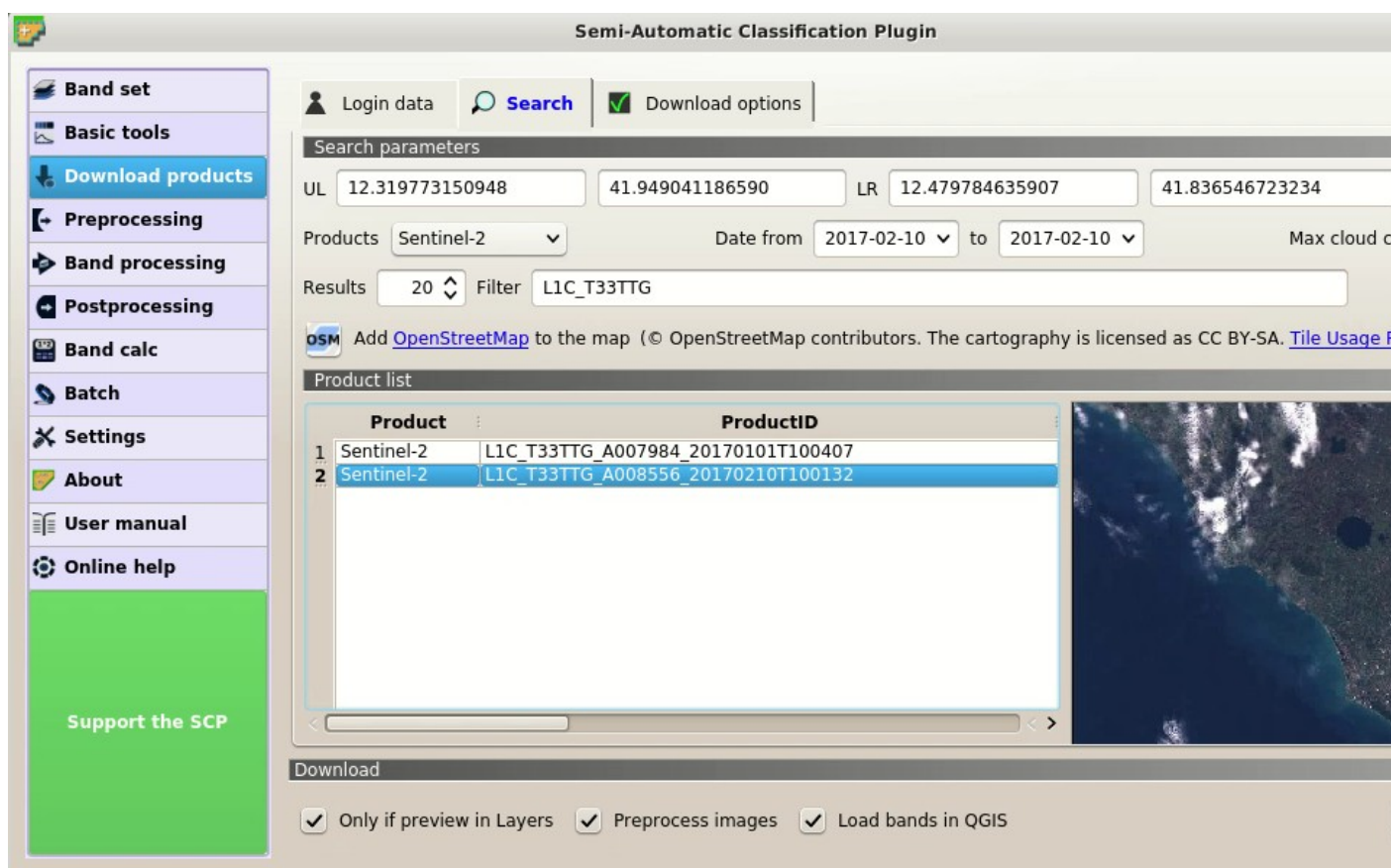


Fig. 42: Search result of second image

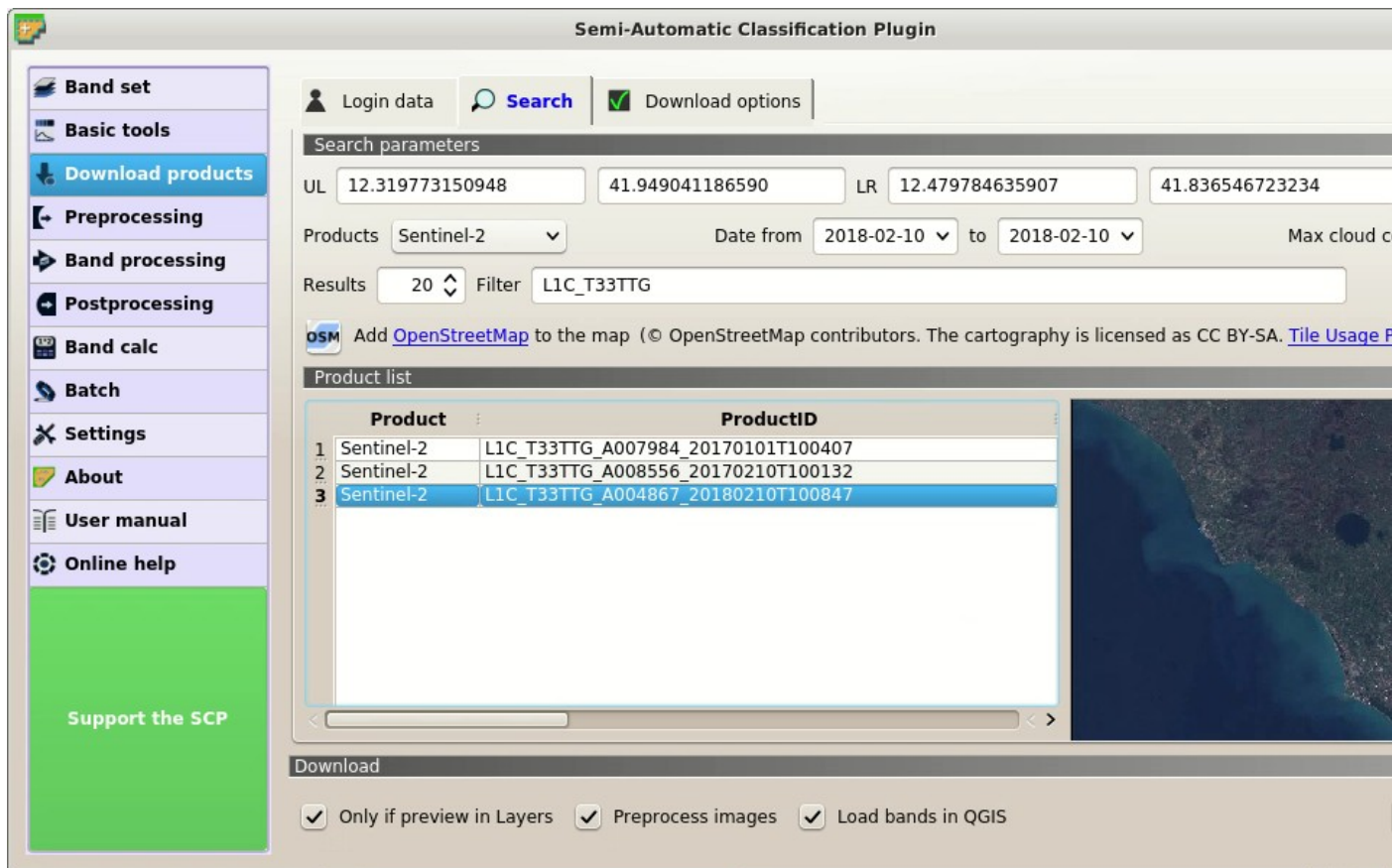
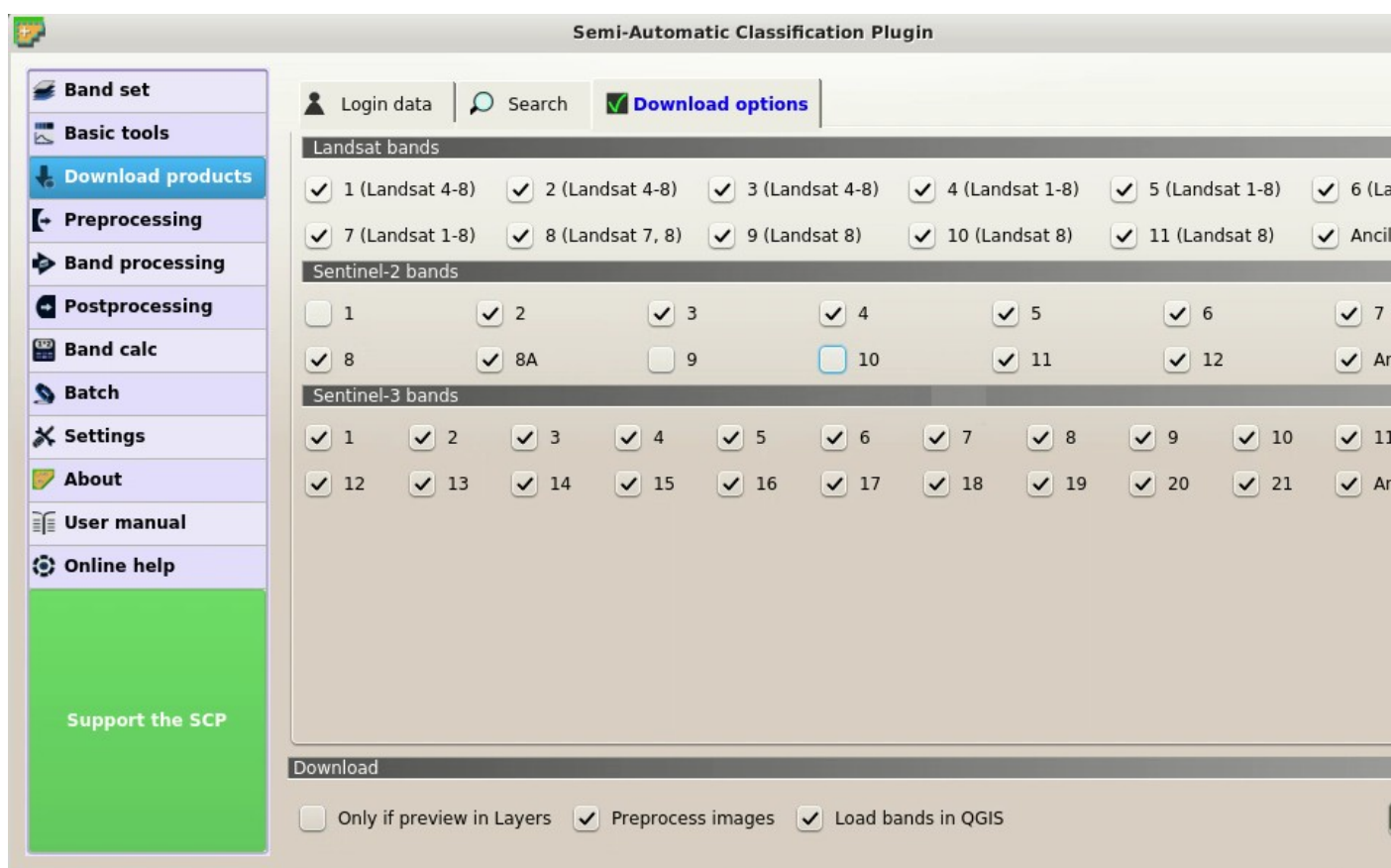


Fig. 43: Search results

Fig. 44: *Download options*

Before starting the download we need to set the preprocessing options in the tab *Sentinel-2* (page 61) for performing the *Корекція DOS1* (page 140). Check the options ☒ *Apply DOS1 atmospheric correction* and ☒ *Add bands in a new Band set* to automatically create a *Band set* for each image.

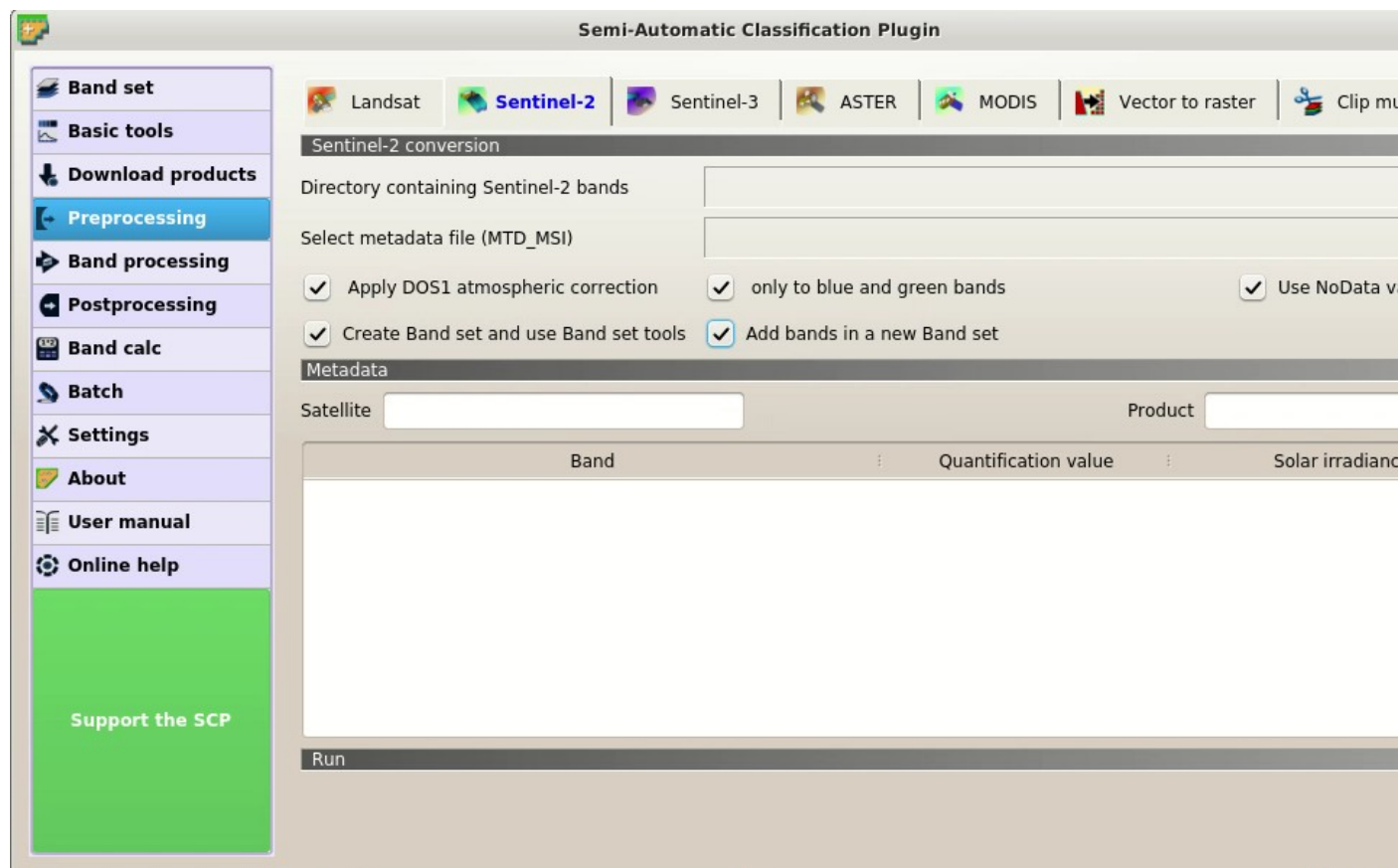


Fig. 45: Preprocessing options

To start the image download, in the tab *Download products* (page 54) click the button *RUN*  and select a directory where bands are saved (a new directory will be created for each image). The download could last a few minutes according to your internet connection speed. The download progress is displayed in a bar.

After the download, all the bands of all the Sentinel-2 images (© Copernicus Sentinel data 2018) are automatically loaded in the map. We can also display the RGB color composite of the *Band sets* clicking the list *RGB=* in the *Робоча панель* (page 36), and selecting the item 3-2-1.

### Create the cloud cover mask

Before the land cover change assessment, we need to remove cloud cover pixels in the image acquired on 2017-02-10. Of course we could perform the same process for all the other images.

In QGIS, load the file `MSK_CLOUDS_B00.gml` that should be inside the directory `L1C_T33TTG_A008556_20170210T100132_2017-02-10`. This vector file represents most of the cloud cover in the image. In QGIS Layers Panel, left click the vector `MSK_CLOUDS_B00 MaskFeature` and select **Export > Save Feature as** to save this gml file to shapefile (e.g. `clouds.shp`).

We can convert this vector file to raster using the tab *Vector to raster* (page 67).

Click the button  to refresh the layer list, and select the vector `clouds`. Check the ☒ *Use constant*



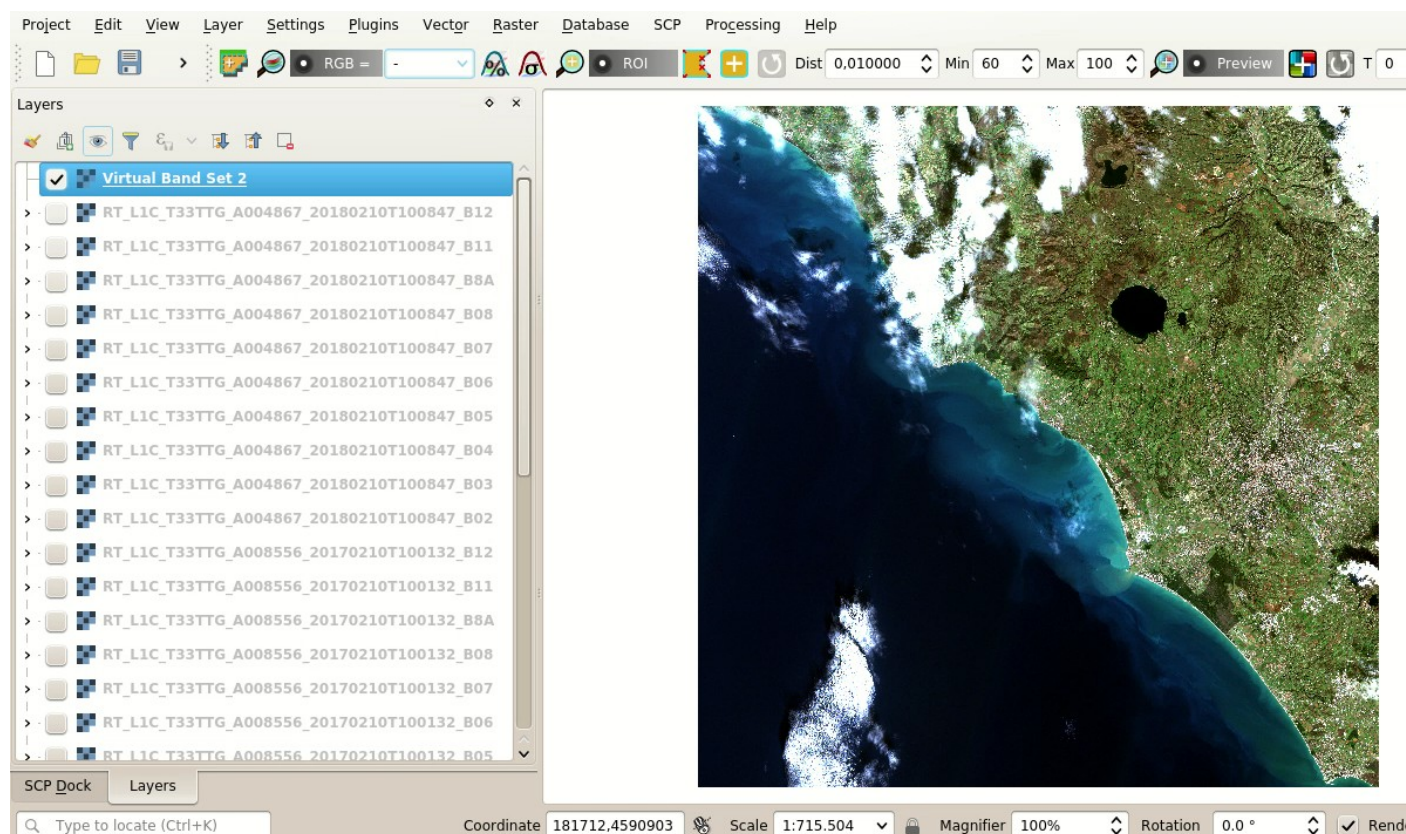



Fig. 46: Download of Sentinel-2 bands

*value* to set the raster value 1 for clouds. Also, in *Select the reference raster* select the name of a band. This will create a raster with the same size and aligned to the Sentinel-2 image. Finally click the button

*RUN*  to create the mask.


We could also improve the mask by manually editing the pixel of the raster using the tool *Edit raster* (page 87) or creating a semi-automatic classification of clouds.

### Mask clouds in the Sentinel-2 image

We are going to mask all the pixels covered by clouds in all the bands composing the *Band set* of the image acquired on 2017-02-10.


In the tab *Cloud masking* (page 72), set the number of the 2017-02-10 *Band set* in *Select input band set*. In *Select the classification* we select the mask created at the previous step. Enter 1 in *Mask class values*.

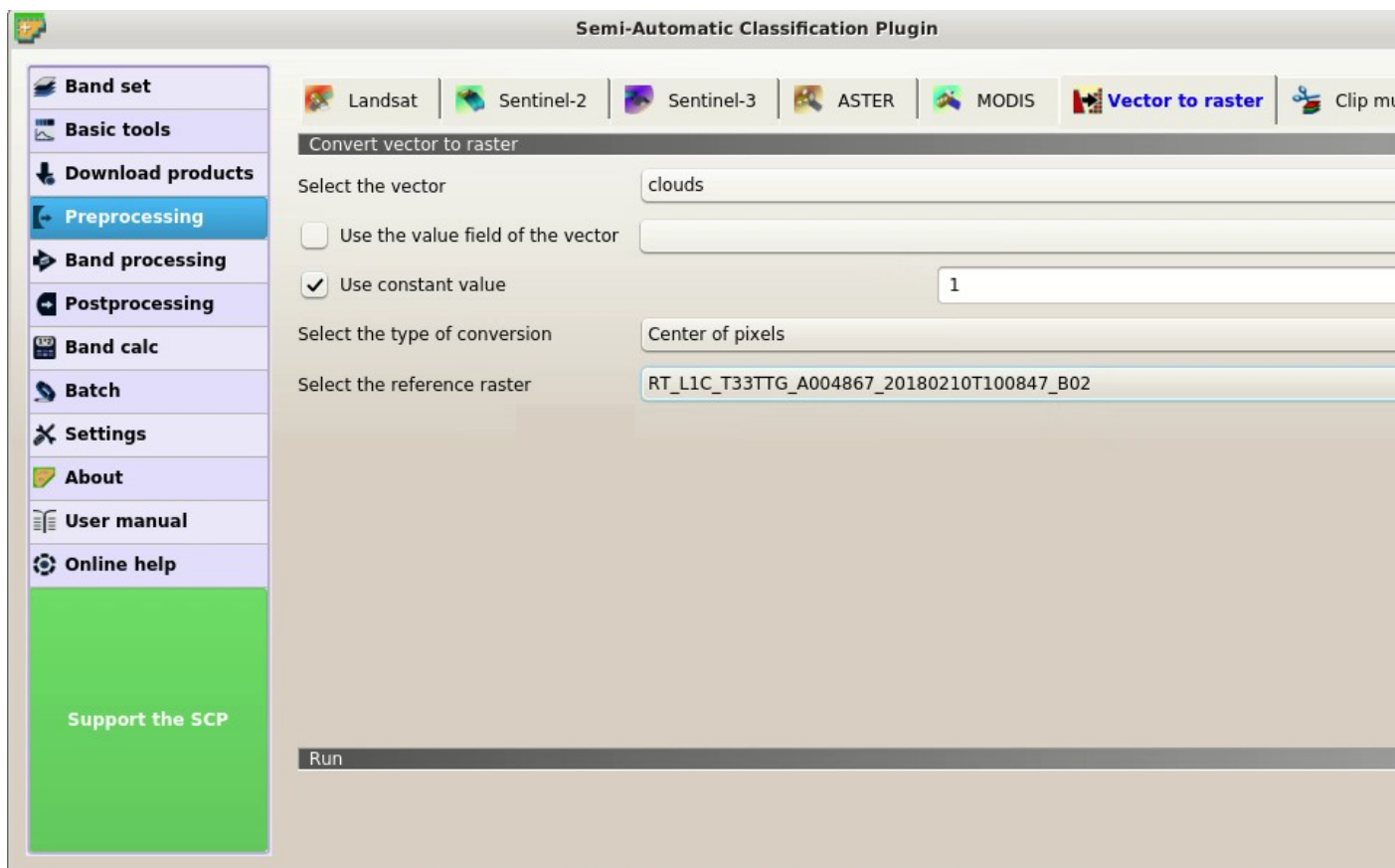
Finally, uncheck ☒ *Use buffer of pixel size* to speed up the masking process.

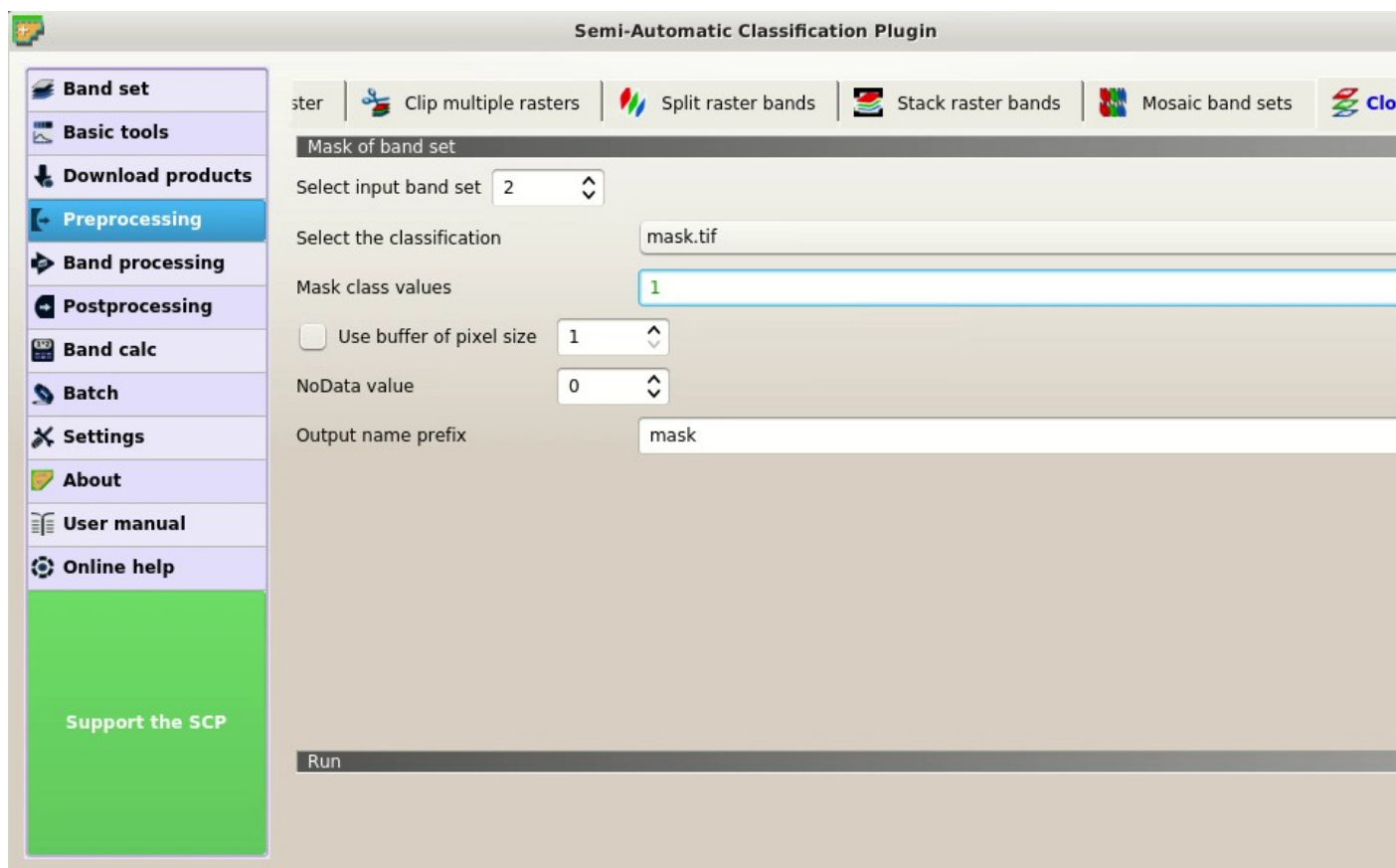
Now click the button *RUN*  to select the output directory and start the masking process.

### Mosaic the Sentinel-2 images

We are going to mosaic the 2017 images in order to create a cloud free image to be used for land cover change.

We use the image acquired on 2017-01-01 to fill the gaps in the 2017-02-10 image. In the tab *Band set* (page 41), add a new *Band set* with the button  and add the masked bands.

Fig. 47: *Vector to raster mask*

Fig. 48: *Mask clouds*



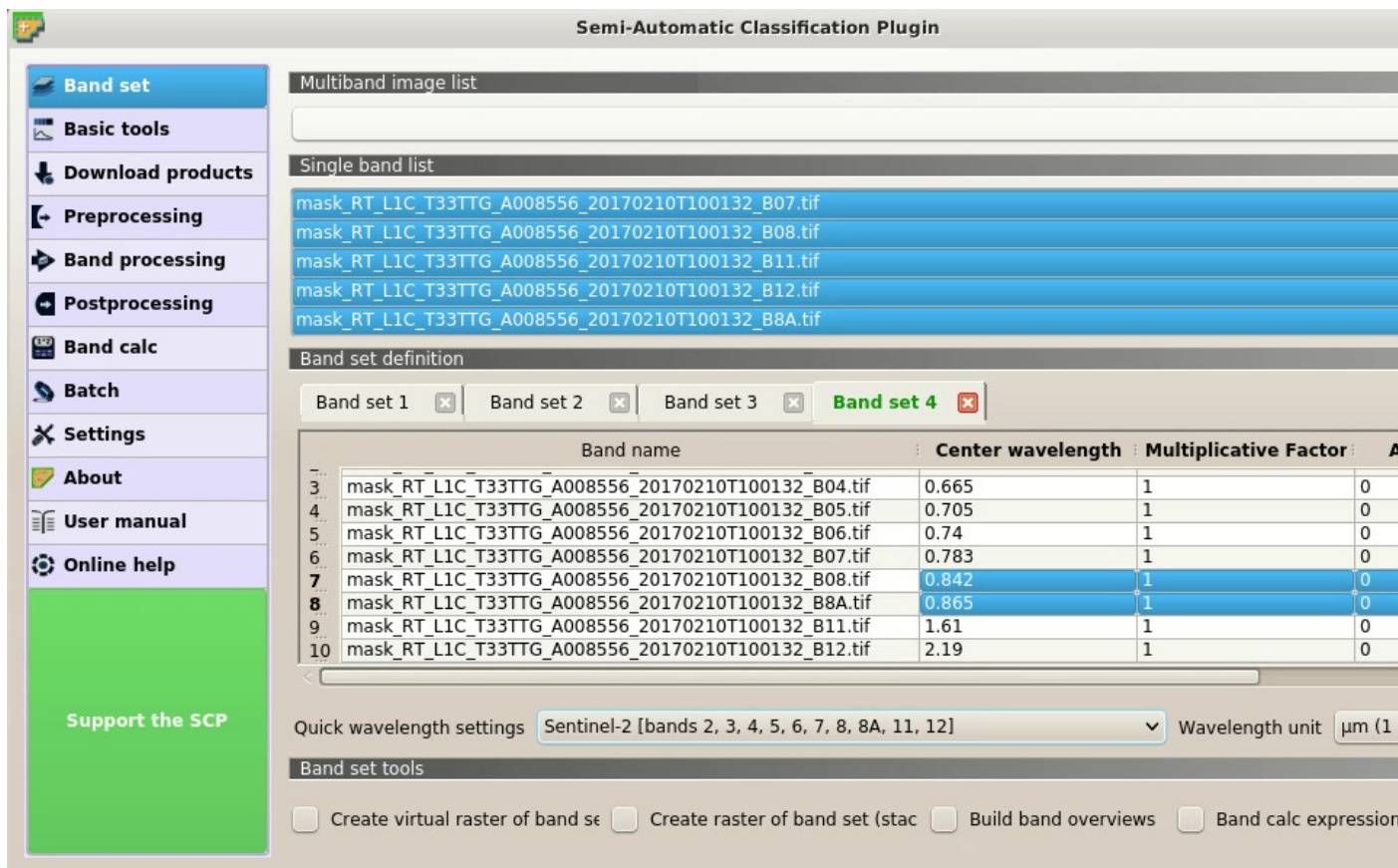


Fig. 49: New Band set

Now we can mosaic the 2017 images.

In the tab *Mosaic of band sets* (page 72), in the *Band set list* enter the number of the 2017-02-10 masked *Band set*, followed by comma, followed by the number of the 2017-01-01 *Band set*. Now click the button

*RUN*  to select the output directory and start the masking process.

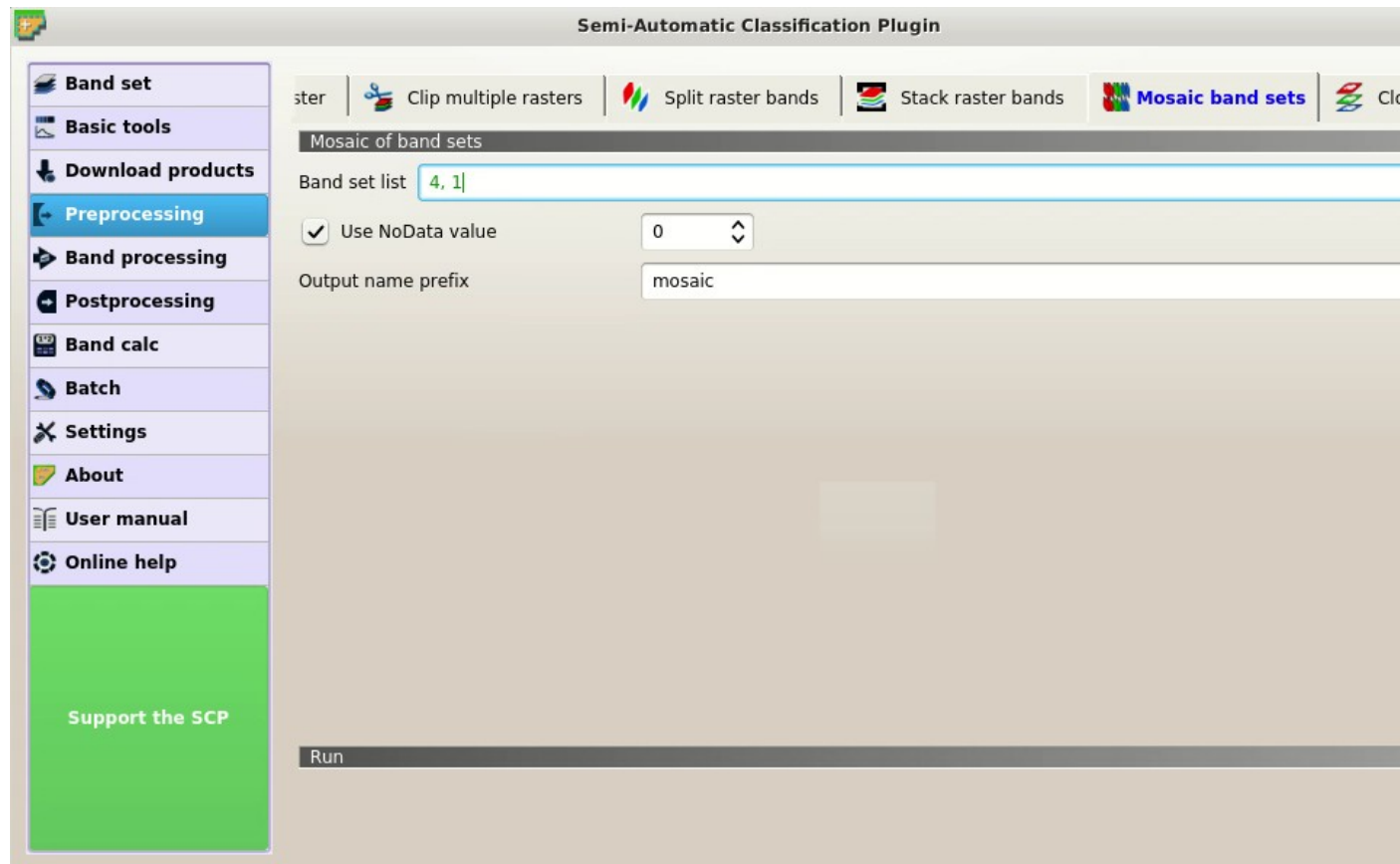



Fig. 50: *Mosaic Band sets*

We could have used more than 2 *Band sets*. The process automatically mosaic the corresponding bands of the input *Band sets* filling the NoData gaps of the first *Band set* with the pixels of the following *Band sets*. The mosaic bands are automatically added to the map.

### Land cover change


We are going to automatically locate the land cover change between the image mosaic of 2017 and the 2018 image.

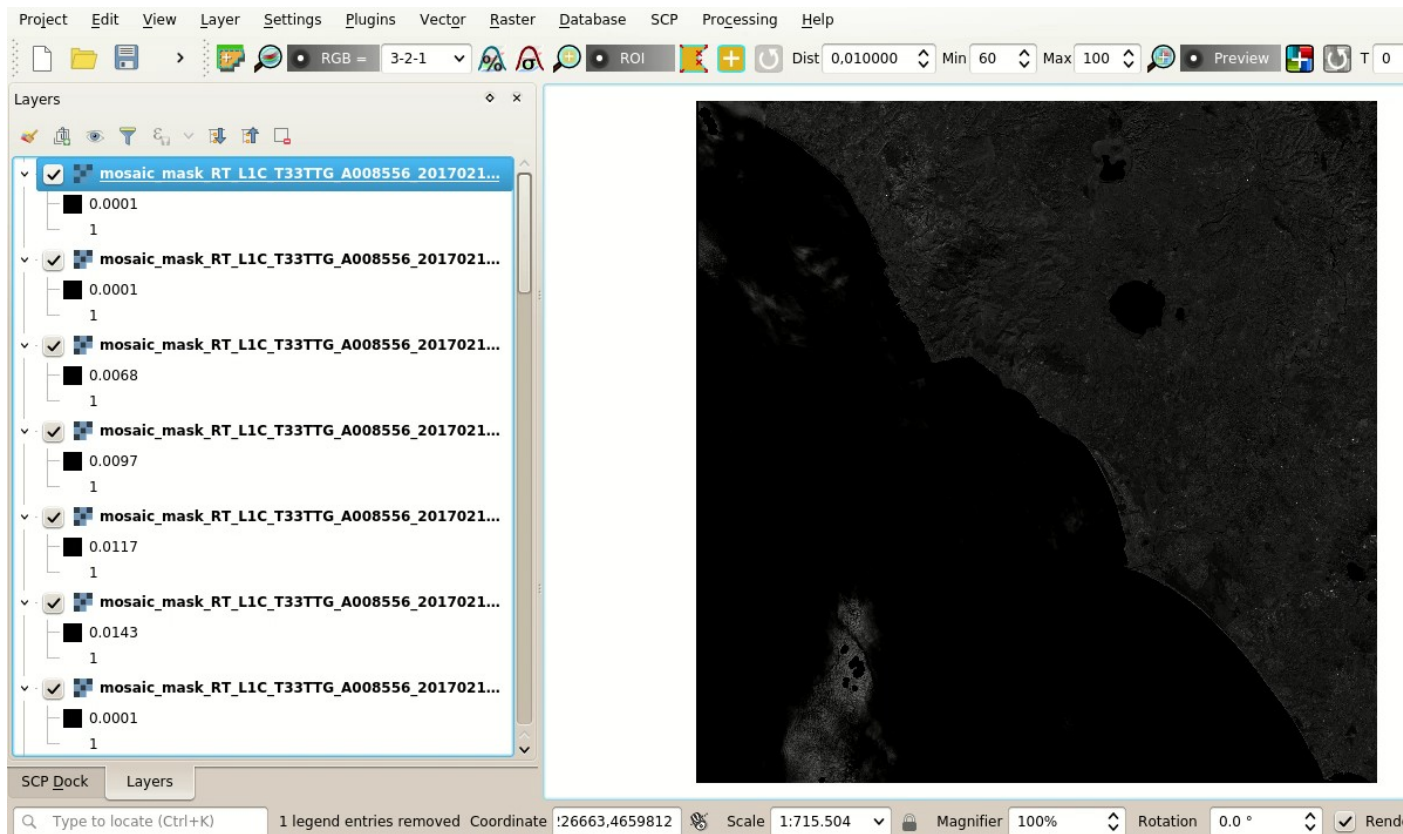
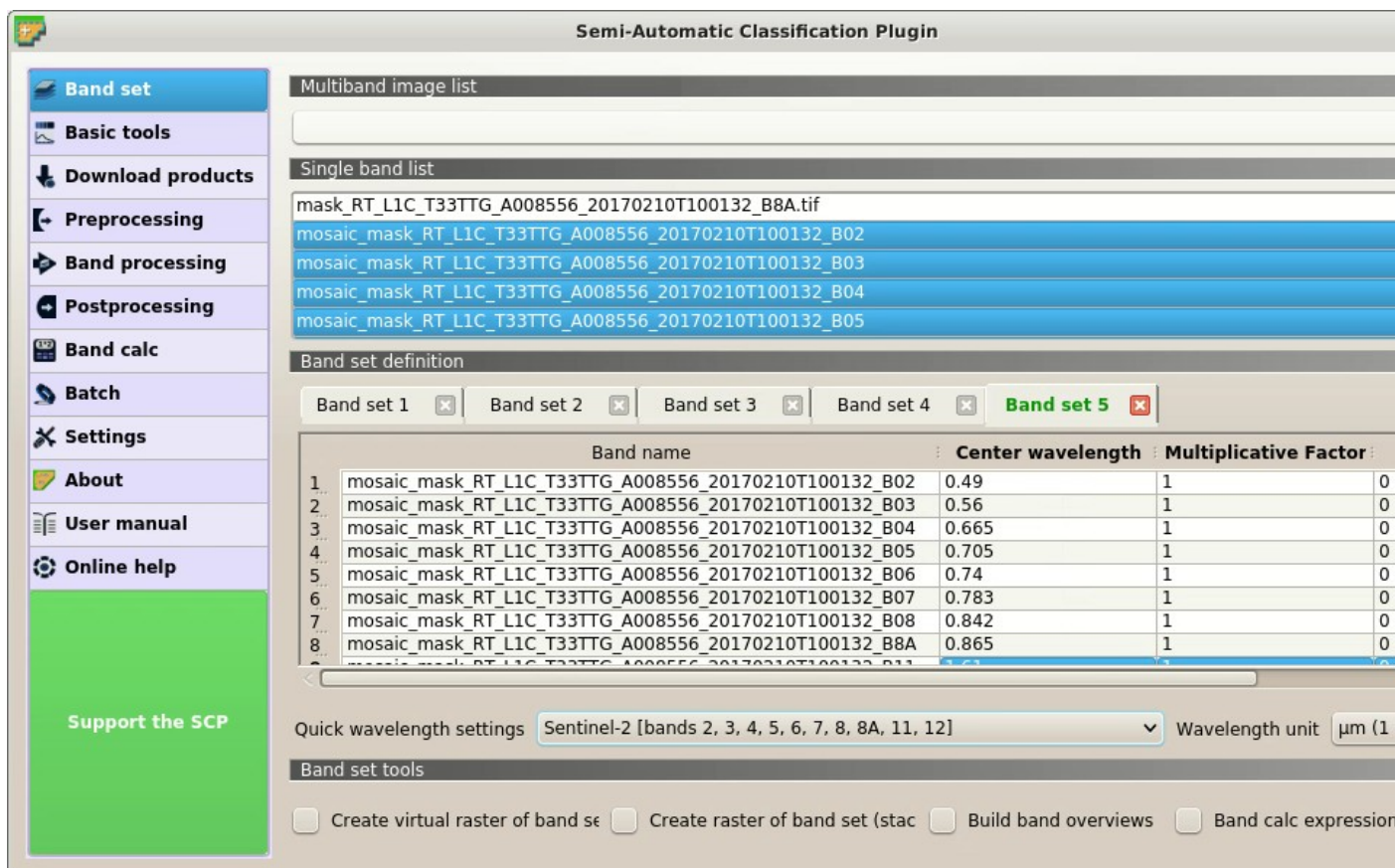
SCP includes a tool that allows for calculating the spectral distance between every corresponding pixel of two *Band sets*, and creating a raster of changes through a spectral distance threshold.

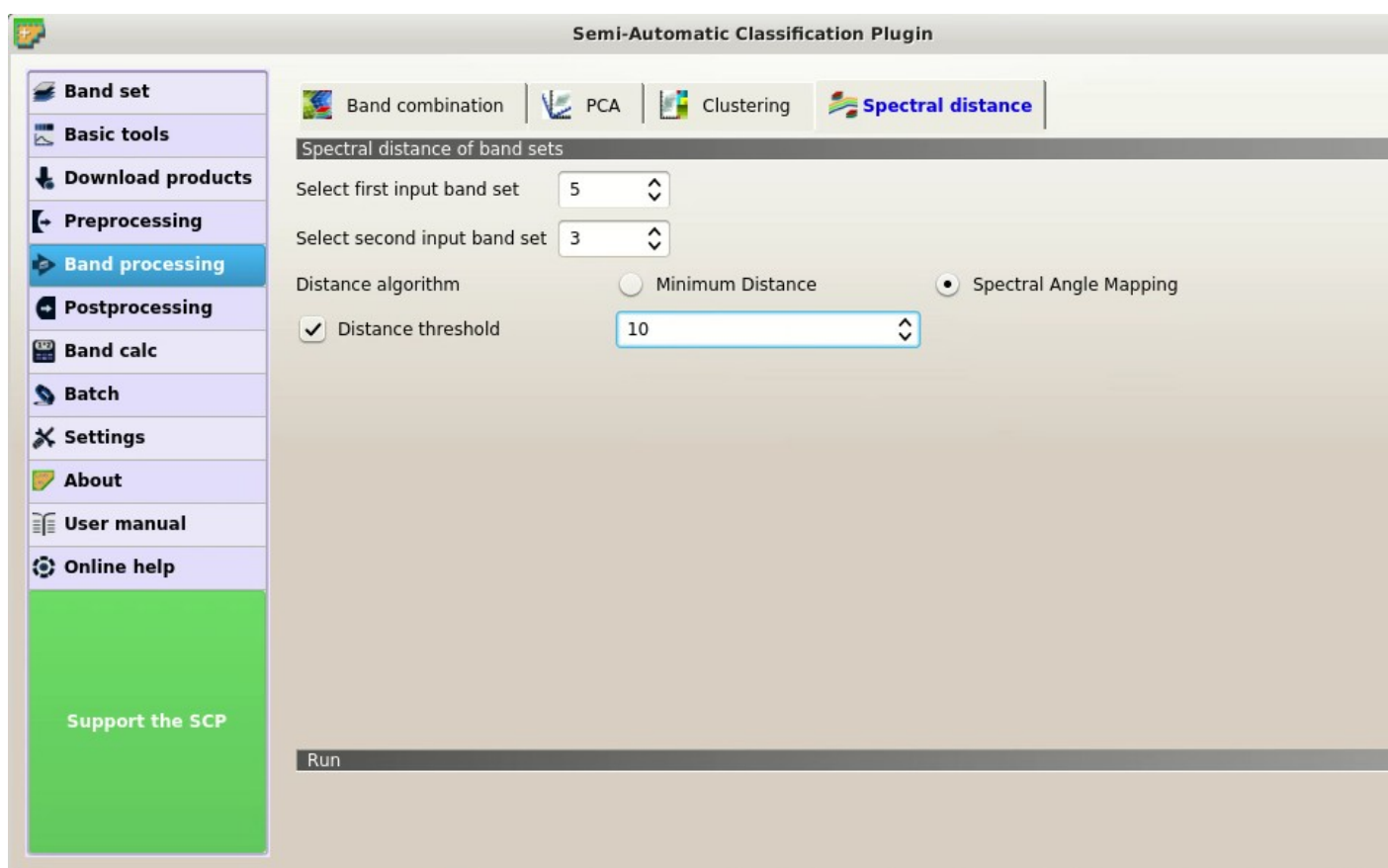
In the tab *Band set* (page 41), add a new *Band set* with the button  and add the mosaic bands.

In the tab *Spectral distance* (page 77), set the number of the 2017 mosaic *Band set* in *Select first input band set*, and set the number of the 2018 *Band set* in *Select second input band set*. In *Distance algorithm*

check the  *Spectral Angle Mapping*. Check the  *Distance threshold* and set the value 10 that is the threshold used for creating the raster of changes.

Now click the button *RUN*  to select the output directory and start the masking process.

Fig. 51: *Mosaic of 2017 images*Fig. 52: *New Band set*

Fig. 53: *Spectral distance*



After a while, the spectral distance raster and the raster of changes are added to the map



Fig. 54: *Raster of changes*

This is an automatic method for locating land cover changes. We can see that most land cover changes are due to crop variations.

For instance, this method could be useful to assess vegetation burnt area or forest logging. We could set a different threshold value for increasing or reducing the number of pixels identified as changes.

Of course, in order to identify the type of land cover change we should identify the land cover classes of the images through photo-interpretation or with semi-automatic classification.





The following are advanced tutorials using the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have already performed the *Базові навчальні матеріали* (page 147).

## 6.1 Tutorial 3

The following is a tutorial about the functions of the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS.

- *Tutorial 3: Accuracy Assessment of a Land Cover Classification* (page 199)
  - *Sample Design* (page 200)
  - *Sample Collection and Photo-Intepretation* (page 202)
  - *Calculation of Accuracy Statistics* (page 208)

### 6.1.1 Tutorial 3: Accuracy Assessment of a Land Cover Classification

Accuracy assessment is a fundamental step after land cover classification in order to evaluate errors, globally and for each class, and finally evaluate the reliability of the map.

This post is a tutorial about accuracy assessment of a land cover classification using the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*) for QGIS. We are going to use the function of *SCP* to create ROIs using stratified random points (a new function of *SCP* 6.4.0), which will be photo-interpreted and used as reference for the accuracy assessment. The *SCP* tool *Accuracy* (page 79) will take care of the rest, providing the error matrix and the accuracy estimates.

The following is the video tutorial, and the following text illustrates the phases in detail.

<http://www.youtube.com/watch?v=H1cL0yhIygg>

Accuracy assessment is performed comparing a sample of points (ground truth) to the classification. There are several ways to choose the sample size and the allocation thereof (sample scheme). The sample should be designed in order to achieve low standard errors of accuracy estimates, and usually this is achieved by random selection of samples.

Sample design depends on several variables such as the proportions of land cover classes and the standard errors that we expect for the overall land cover classification and single classes. In order to reduce standard errors of class specific estimates, it is recommended to stratify the sample. For further details about how to determine the sample size and the stratification, please refer to «Olofsson, et al., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment, 148, 42 – 57».

## Sample Design

This tutorial assumes that you have already performed the classification of a Landsat image following the instructions of this previous [Tutorial 1: Your First Land Cover Classification](#) (page 147). You can download the classification raster from [this archive](#).

The land cover classes are described in the following table.

*Classes*

Macroclass name	Class ID
Water	1
Built-up	2
Vegetation	3
Bare soil (low vegetation)	4

Basically, the main requirement is to provide an adequate number of samples for each class, even if the class area proportion ( $W_i$ ) is low. The number of samples ( $N$ ) should be calculated as (Olofsson, et al., 2014):



$$N = \left( \sum_{i=1}^c (W_i - S_i) / S_o \right)^2$$




where:

- $W_i$  = mapped area proportion of class  $i$ ;
- $S_i$  = standard deviation of stratum  $i$ ;
- $S_o$  = expected standard deviation of overall accuracy;
- $c$  = total number of classes;

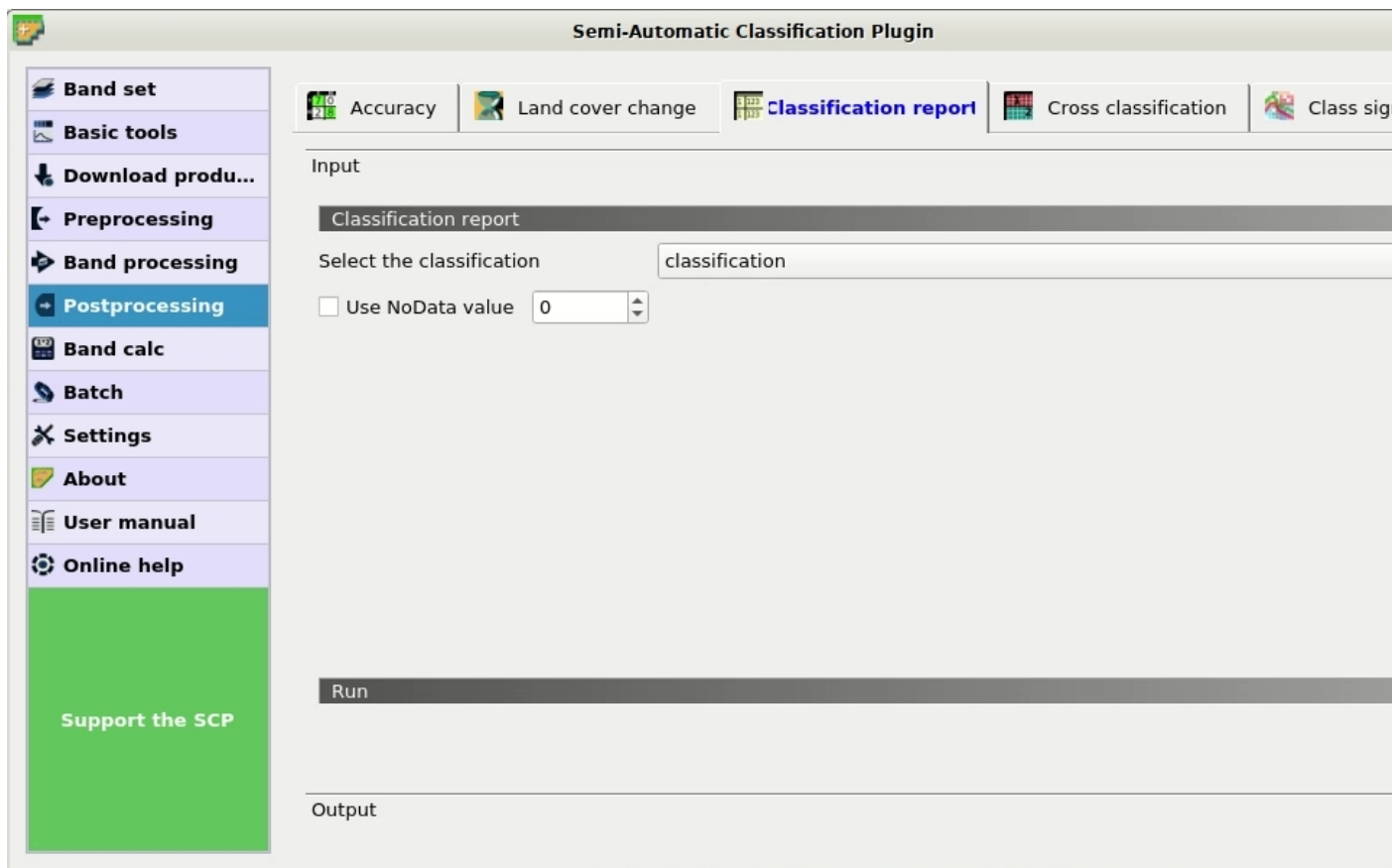
This requires some conjectures about overall accuracy and user's accuracy of each class. We should base these conjectures on previous studies. One can hypothesize that user's accuracy is lower and standard deviations  $S_i$  is higher for classes having low area proportion, but of course these values should be carefully evaluated.

To get  $W_i$  start QGIS and load the classification raster.

Open the [Меню SCP](#) (page 23) and click the tab  [Classification report](#) (page 81) under the submenu  **Postprocessing**. This tool allows for estimating class area and class percentage.

Click the button  to refresh the layer list, and select the classification raster in *Select the classification* ; next click **RUN**  to start the calculation; the output report is saved in a text file and displayed in the tab *Output*.

The report table contains the percentage of each class, which we divide by 100 to get the required  $W_i$ . In this tutorial we assume  $S_o = 0.01$  and conjecture the  $S_i$  values reported in the following table (of course, these assumptions are specific of this classification, other assumptions should be made for other classifications).

Fig. 1: *Classification report*

*Conjectured standard deviations*

Land Cover Class	Area $m^2$	$W_i$	$S_i$	$W_i * S_i$
1	976,500	0.0033	0.4	0.0013
2	111,267,000	0.3713	0.3	0.1114
3	187,018,200	0.6240	0.2	0.1248
4	438,300	0.0015	0.5	0.0007
Total				0.2382

Therefore,  $N = (0.2382/0.01)^2 = 567$  is the number of samples that we should distribute among classes.

To stratify the sample we should conjecture user's accuracy and standard deviations of strata (Olofsson, et al., 2014).

A rough approximation is considering the mean value between equal distribution ( $N_i = N/c$ ) and weighted distribution ( $N_i = N * W_i$ ), which is  $N_i = (N/c + N * W_i)/2$  as illustrated in the following table.




*Sample stratification*

Land Cover Class	Weighted	Equal	Mean
1	2	142	72
2	210	142	176
3	354	142	248
4	1	142	71
Total			567


**Sample Collection and Photo-Interpretation**

This phase involves the creation of (randomly selected) single pixel *Навчальні області* (page 124) (ROIs), and the attribution of a land cover class based on photo-interpretation of each ROI.


First, we need to define a *Band set* containing the classification raster that is an input required by the other tools we are going to use.

Open the tab *Band set* (page 41) clicking the button  in the *Меню SCP* (page 23) or the *Панель SCP* (page 25). Click the button  to refresh the layer list, and select the classification raster; then click  to add selected raster to the *Band set 1*.

We need to create the *Вхідні навчальні дані* (page 26) in order to collect ROIs that will be the actual samples.

In the *Панель SCP* (page 25) select the tab *Вхідні навчальні дані* (page 26) and click the button  to create the *Training input* (define a name such as `sample.scp`). The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the *Training input* (in order to prevent data loss, you should not edit this layer using QGIS functions).

Now we are going to create the stratified random sample using the SCP tool Multiple ROI creation. This tool allows for the random creation of point coordinates according to the sample scheme previously defined.

**TIP** : In case you have already collected samples you can import (using the button ) a shapefile or a csv file containing the coordinates and the classification codes.

This tool works in two steps:

1. randomly select point coordinates defining ROI parameters;

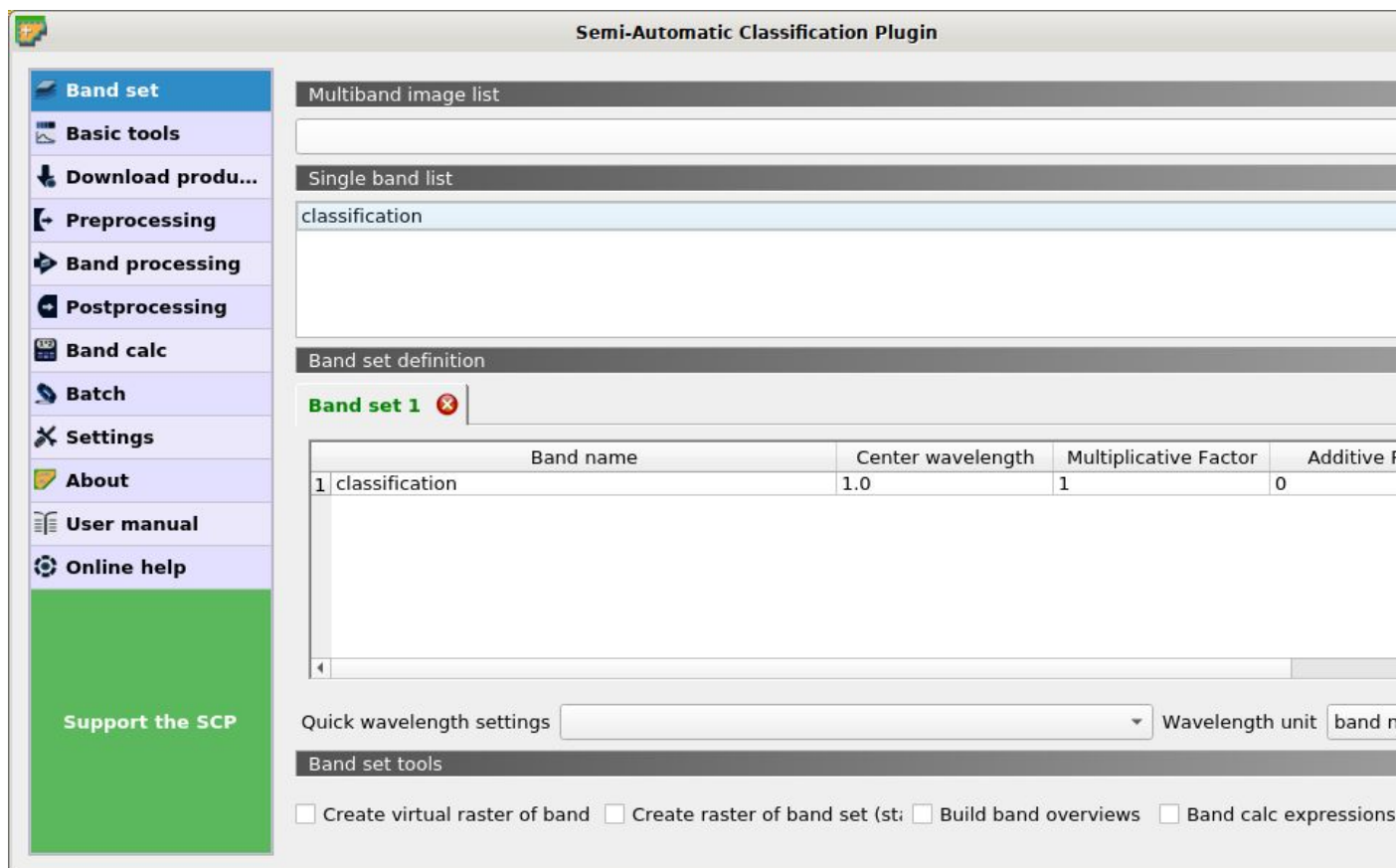


Fig. 2: *Band set definition*

Fig. 3: *Training input*



2. actually create ROI polygons based on point coordinates;

During the first step, in addition to point coordinates, other fields are automatically filled in the table from the parameters set in the *Робоча панель* (page 36), such as the minimum and maximum ROI size. In this tutorial we use single pixel ROIs, although cluster sampling (several pixels per ROI) is also used for accuracy assessment. To avoid manually editing these fields after the random point creation, in *Тумчасові ROI* (page 37) we need to set the parameters  $Min = 1$  and  $Max = 1$ . Created random samples will have the size of 1 pixel.

Now, open the *Меню SCP* (page 23) and click the tab  *Multiple ROI Creation* (page 46) under the submenu  *Basic tools*.

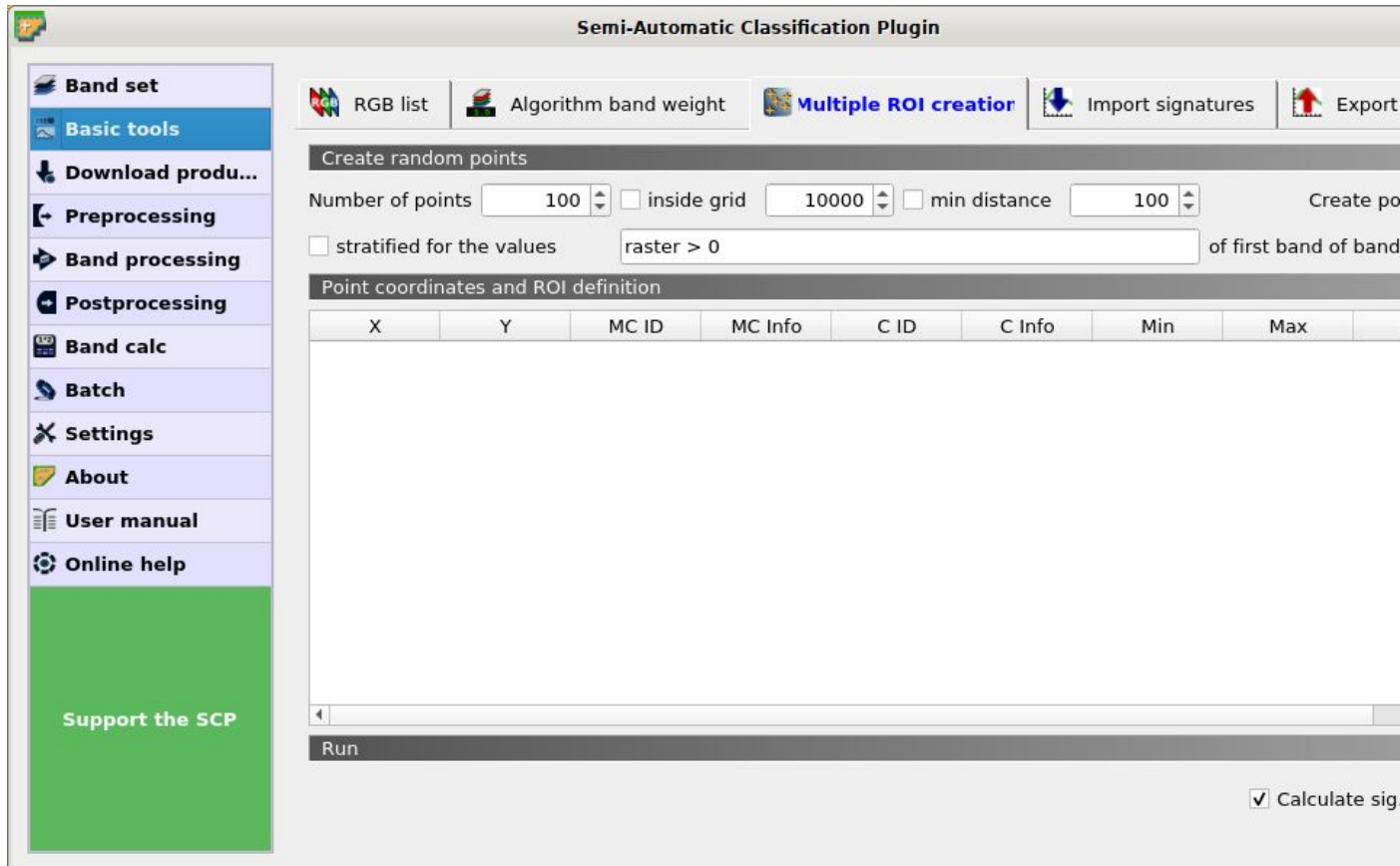



Fig. 4: *Multiple ROI creation*

To reduce the photo-intepretation time (considering the illustrative purpose of this tutorial and that the classification is a subset of a Landsat image), we are going to divide the number of samples by 10 according to the following table (of course, in real cases we must use all the samples as designed).

*Number of stratified samples*

Land Cover Class	Samples
1	7
2	18
3	25
4	7
Total	57

In *Number of points* enter 7 that is the number of samples designed for class 1. In the tab  *Multiple*

*ROI Creation* (page 46) check the option  *stratified for the values* and enter the first expression `raster == 1` (notice the double «=»). This expression means that we are going to randomly select points that fall over pixels having value 1 of the classification (that is the first band of the Band set 1).

Therefore click *Create points*  to start the random creation. After a while point coordinates will be added to the table *Point coordinates and ROI definition* (page 47).

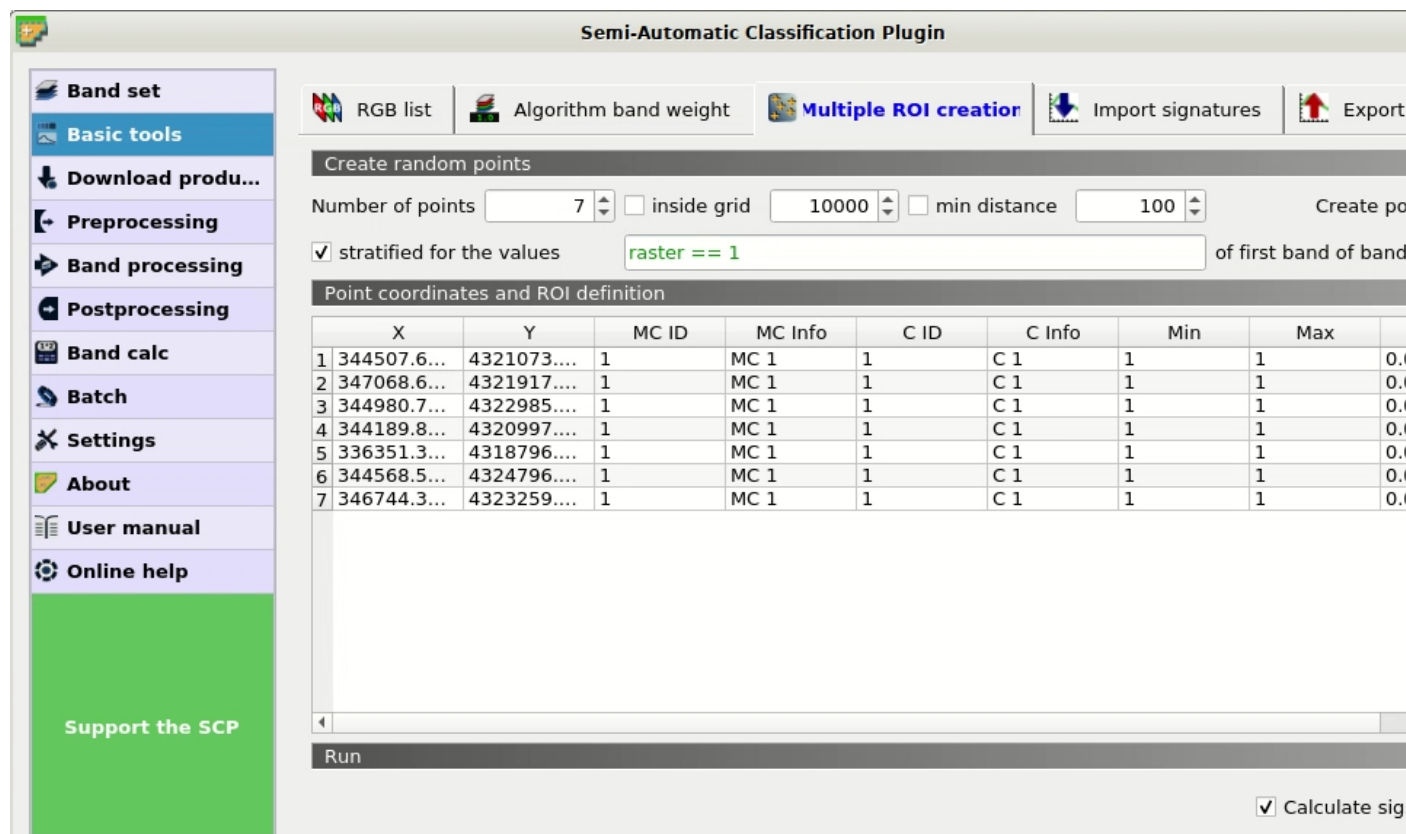





Fig. 5: Samples for class 1

Now we repeat the above steps for class 2. In *Number of points* enter 18 and in *stratified for the values* enter `raster == 2`. Click *Create points*  and the samples will be added to the table.

Repeat the same steps for class 3 (25 points and `raster == 3`) and for class 4 (57 points and `raster == 4`). Now that we have all the required samples we can create the ROIs (the single pixel polygons that will be photo-interpreted).

Uncheck the option  *Calculate sig.* because we don't need the spectral signature of ROIs and click *RUN* . After a while the ROIs will be added to the *Training input*.

The type R means that, of course, spectral signatures were not calculated. All the created ROIs have the same MC ID (i.e. macroclass ID) and C ID (i.e. class ID); now we can assign the correct class (MC ID) to each ROI with photo-interpretation using images with resolution higher than the classification, or other services such as [OpenStreetMap](#)).

In the *Перелік сигнатур ROI* (page 29), double click on the first ROI in order to zoom to the ROI; after photo-interpreting the class we can assign the correct MC ID and C ID with a click on the corresponding field in the ROI list.

Of course we need to perform the photo-interpretation of all the samples, assigning the correct code. The photo-interpretation should be performed without considering the classification raster. It is worth

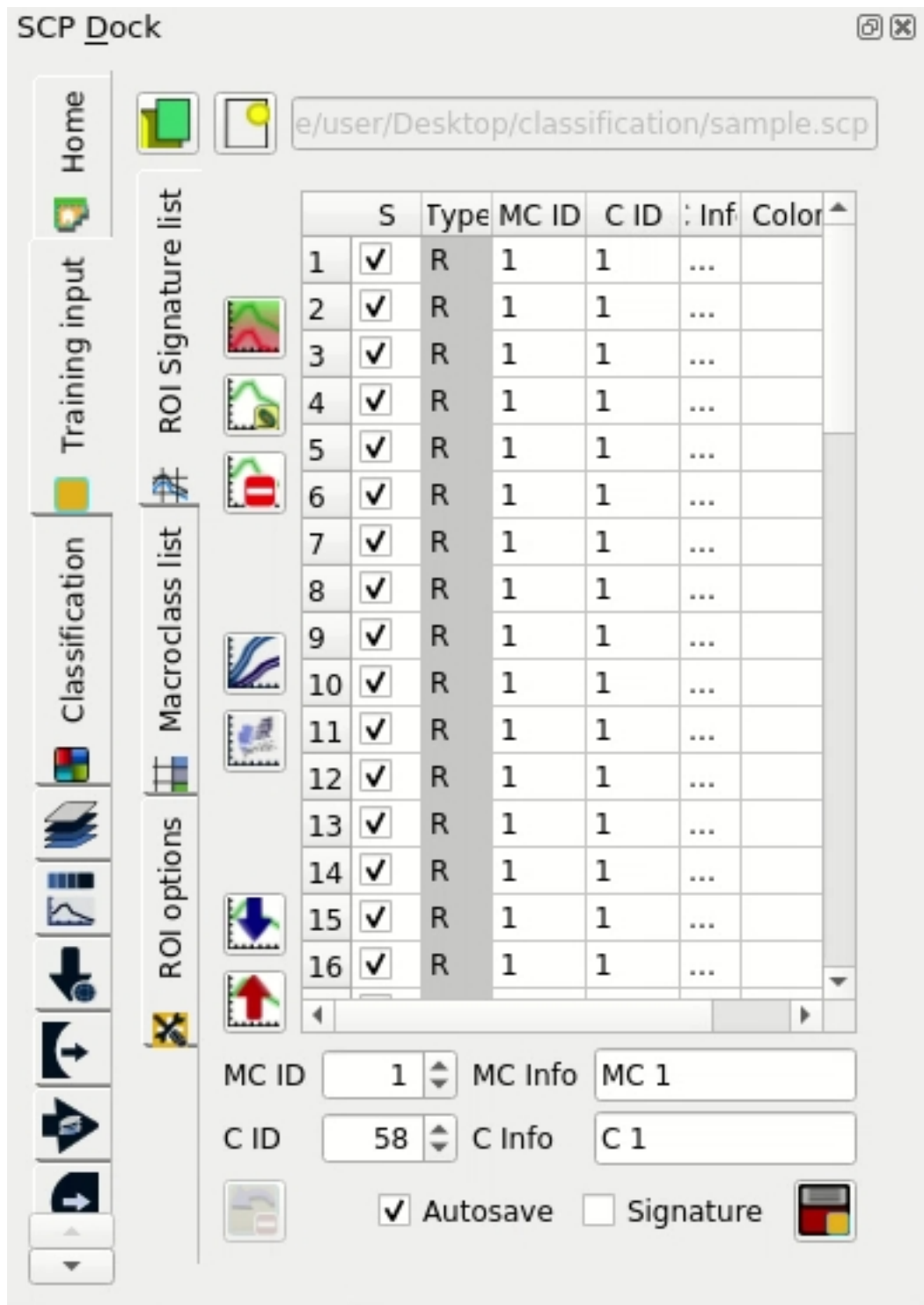


Fig. 6: Samples added to the training input

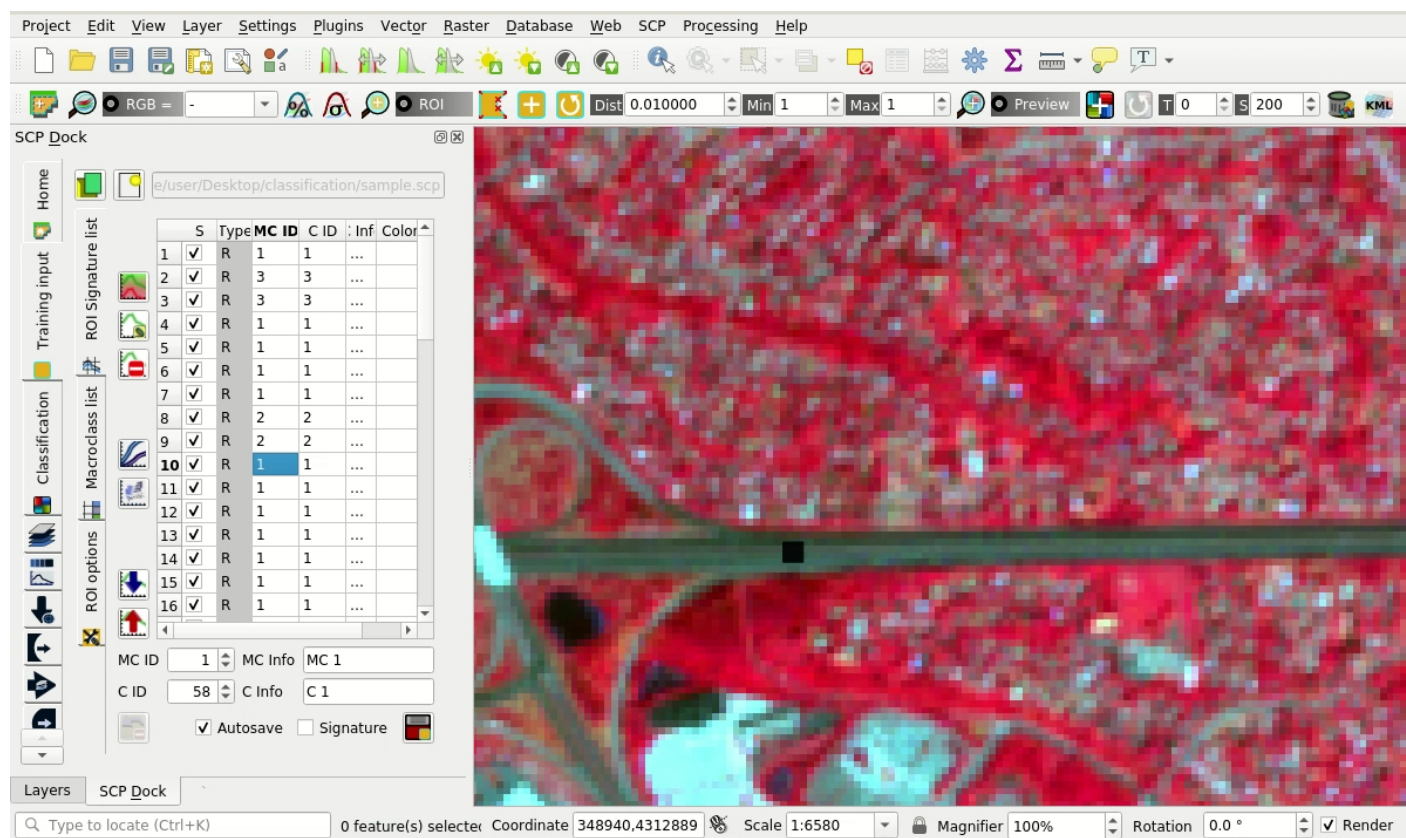




Fig. 7: A sample over a road photo-interpreted using a Copernicus Sentinel-2 image



highlighting that spatial resolution (i.e. 30m) implies mixed pixels (i.e. pixels made of multiple materials at ground); therefore, during the photo-interpretation we must consider the most prevalent land cover in the ROI area.



### Calculation of Accuracy Statistics

After the photo-interpretation of all the samples, we can perform the accuracy assessment by comparing the ROIs to the classification. If you have skipped the previous step, you can download the photo-interpreted sample from [here](#).

The process will produce an error raster (a .tif file showing the errors in the map, where pixel values represent the combinations between the classification and reference identified by the **ErrorMatrixCode** in the error matrix) and a text file (i.e. a .csv file separated by tab) containing the error matrix and the accuracy statistics.

Open the *Меню SCP* (page 23) and click the tab  *Accuracy* (page 79) under the submenu  *Postprocessing*.

In *Select the classification to assess*  select the **classification** (click the button  if the raster isn't in the list).

In *Select the reference vector or raster*  select the **sample** vector that is the *Вхідні навчальні дані* (page 26), and in *Vector field*  select **MC\_ID** that is the vector field containing the class values.

Now we can click *RUN*  to start the raster processing.

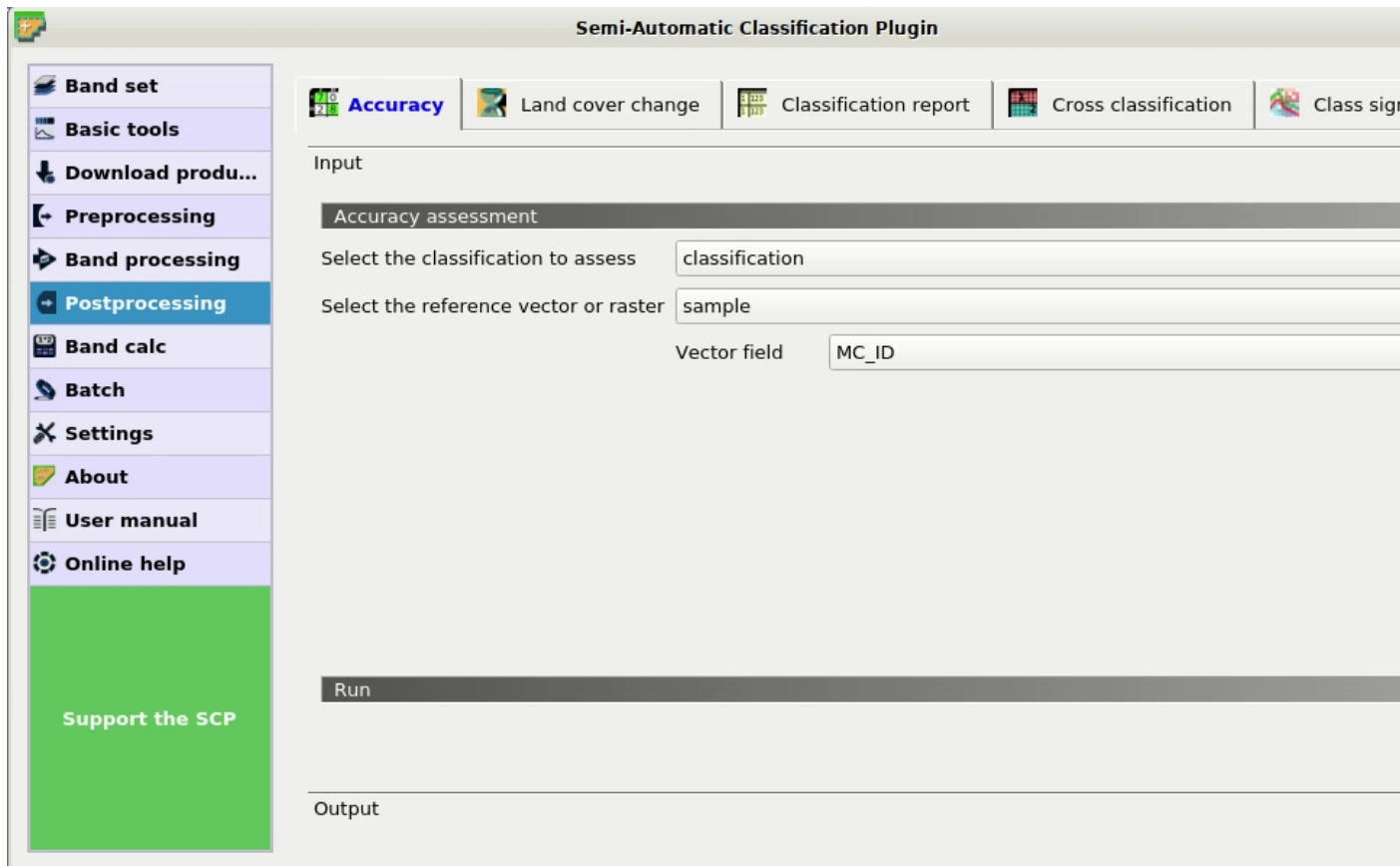


Fig. 8: The tool Accuracy

After the calculation the accuracy statistics are displayed in the output interface and the error raster is loaded in QGIS.

Several statistics are calculated such as overall accuracy, user's accuracy, producer's accuracy, and Kappa hat. In particular, these statistics are calculated according to the area based error matrix (Olofsson, et al., 2014) where each element represents the estimated area proportion of each class. This allows for estimating the unbiased user's accuracy and producer's accuracy, the unbiased area of classes according to reference data, and the standard error of area estimates and the confidence intervals. Of course the standard errors are influenced by the low number of samples that we have collected in this tutorial.

*Area based error matrix*

		Reference			
		1	2	3	4
Classified	1	0.0023	0	0.0009	0
	2	0	0.3094	0.0619	0
	3	0	0.0998	0.5242	0
	4	0	0	0.0004	0.0010
	Total	0.0023	0.4092	0.5874	0.0010

The overall accuracy is 83.7% that is a good result (above 80%). However, this classification was produced for the first basic tutorial, therefore the classification could be improved. Also, note that we used a number of samples lower than designed sample.

The user's and producer's accuracy are provided for each class.

*Producer's and user's accuracy*



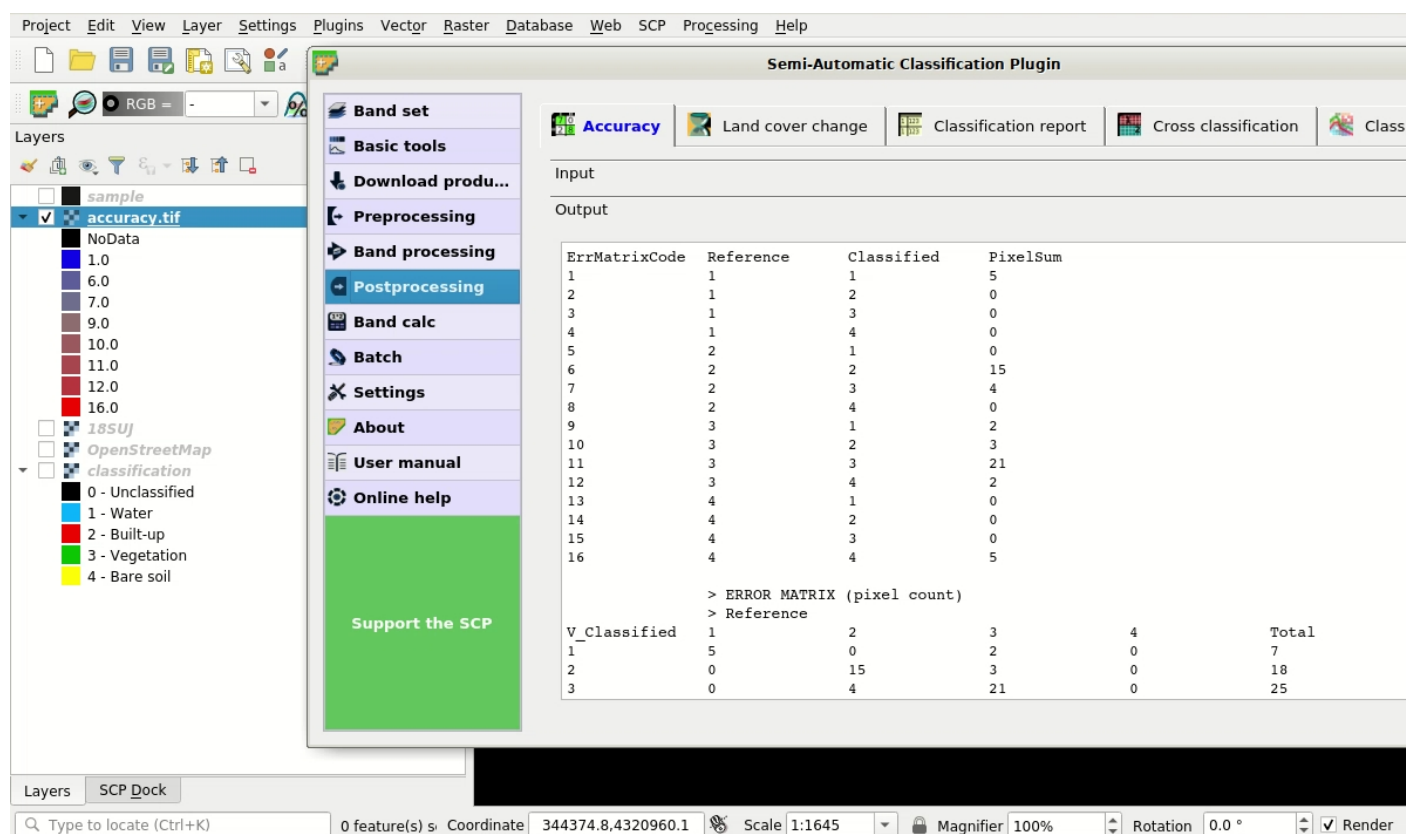


Fig. 9: Output

	1	2	3	4
Producer's accuracy	100.0	75.6	89.2	100.0
User's accuracy	71.4	83.3	84.0	71.4

We can see that classes 1 and 4 (bare soil and water respectively) have low user's accuracy, while class 2 (built-up) has low producer's accuracy. We also get the unbiased area estimates (in  $m^2$ ) and the confidence intervals.

#### Unbiased area estimates

	1	2	3	4
Area	697,500	122,645,412	176,044,017	313,071
95% Confidence interval Area	352,984	33,778,661	33,780,877	158,436

These estimates are quite different from the ones directly derived from the classification raster (in the classification report), but are based on reference data. For instance, the class 2 (built-up) has an estimated area of  $122,645,412 m^2$ , while it resulted  $111,267,000 m^2$  from the classification raster. Also, the confidence intervals provide information about the uncertainty of these estimates.

## 6.2 Tutorial 4

The following is a tutorial about the functions of the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS.



- *Tutorial 4: Postprocessing tools for assessing land cover change* (page 211)
  - *Refine the classifications with direct editing* (page 211)
  - *Classification report* (page 213)
  - *Reclassification* (page 215)
  - *Remove isolated pixels* (page 217)
  - *Assess land cover change* (page 219)
  - *Analyze the context of land cover changes* (page 221)
  - *Assess the spectral signature of changes* (page 223)
  - *Export the changes to vector format* (page 223)

### 6.2.1 Tutorial 4: Postprocessing tools for assessing land cover change

This tutorial aims to analyze land cover change using SCP Postprocessing tools. Basically, we are going to assess land cover change from two raster classifications, and relate the changes to a land use vector file. An overview of several postprocessing tools is also provided.

The following is the video tutorial, and the following text illustrates the phases in detail.

<http://www.youtube.com/watch?v=0IUosyr4pRw>

The tools can be applied to any land cover classification, but we are going to use [Copernicus data](#), which are freely available (as established by the EU Regulation No 1159/2013 of 12 July 2013) and cover the European countries. Of course, this tutorial is designed for demonstration purposes and it is not endorsed by the European Union. The original Copernicus data (produced with funding by the European Union) are downloaded from <https://land.copernicus.eu/> and remain the sole property of the European Union.

Following, a brief description of the data we are going to use.

The [Copernicus High Resolution Layers](#) are raster classifications with 20m spatial resolution. Several land cover classes are available, but in this tutorial we are going to use the Imperviousness Density for 2012 and 2015. These data classify the degree of imperviousness (0-100% of impermeable cover of soil), which is the artificially sealed area. The Imperviousness Density was produced using automatic derivation based on calibrated Normalized Difference Vegetation Index. You can find the detailed product specifications [here](#).

The [Copernicus Corine Land Cover](#) is a land use/land cover vector produced by standard methodology of photo-interpretation of satellite images. The vector is classified in 44 classes divided in 3 hierarchical levels with minimum mapping unit of 25 hectares. In this tutorial we are considering only the first level of Corine Land Cover 2012, divided in these classes:

1. artificial surfaces
2. agricultural areas
3. forests and semi-natural areas
4. wetlands
5. water bodies

#### Refine the classifications with direct editing

You can download the data for this tutorial from [this archive](#) , or use your own data (two classification rasters and a land use vector).




For this tutorial, the original Copernicus data were modified by clipping the rasters to a small area over Florence (Italy).

Start QGIS and load the two rasters `IMD_2012.tif` and `IMD_2015.tif` that are Copernicus Imperviousness Density for 2012 and 2015 respectively. As you can see, the rasters have values from 0 to 100, representing the degree of imperviousness.

It is useful to refine the classification by photo-interpretation, especially for data produced by semi-automatic processing.

We can use high resolution images or other services such as [OpenStreetMap](#). For example you can follow this tutorial [Download the Data](#) (page 148) to download satellite images, or you can download a subset of a Landsat 8 image, already converted to reflectance, from [this link](#) (about 27 MB, data available from the U.S. Geological Survey), unzip the downloaded file, and load the bands in QGIS.

First, we need to define a *Band set* containing a classification raster (this is required for drawing ROIs).

Open the tab *Band set* (page 41) clicking the button  in the *Меню SCP* (page 23) or the *Панель SCP* (page 25). Click the button  to refresh the layer list, and select the `IMD_2012` raster (just this raster is sufficient); then click  to add selected raster to the *Band set 1*.

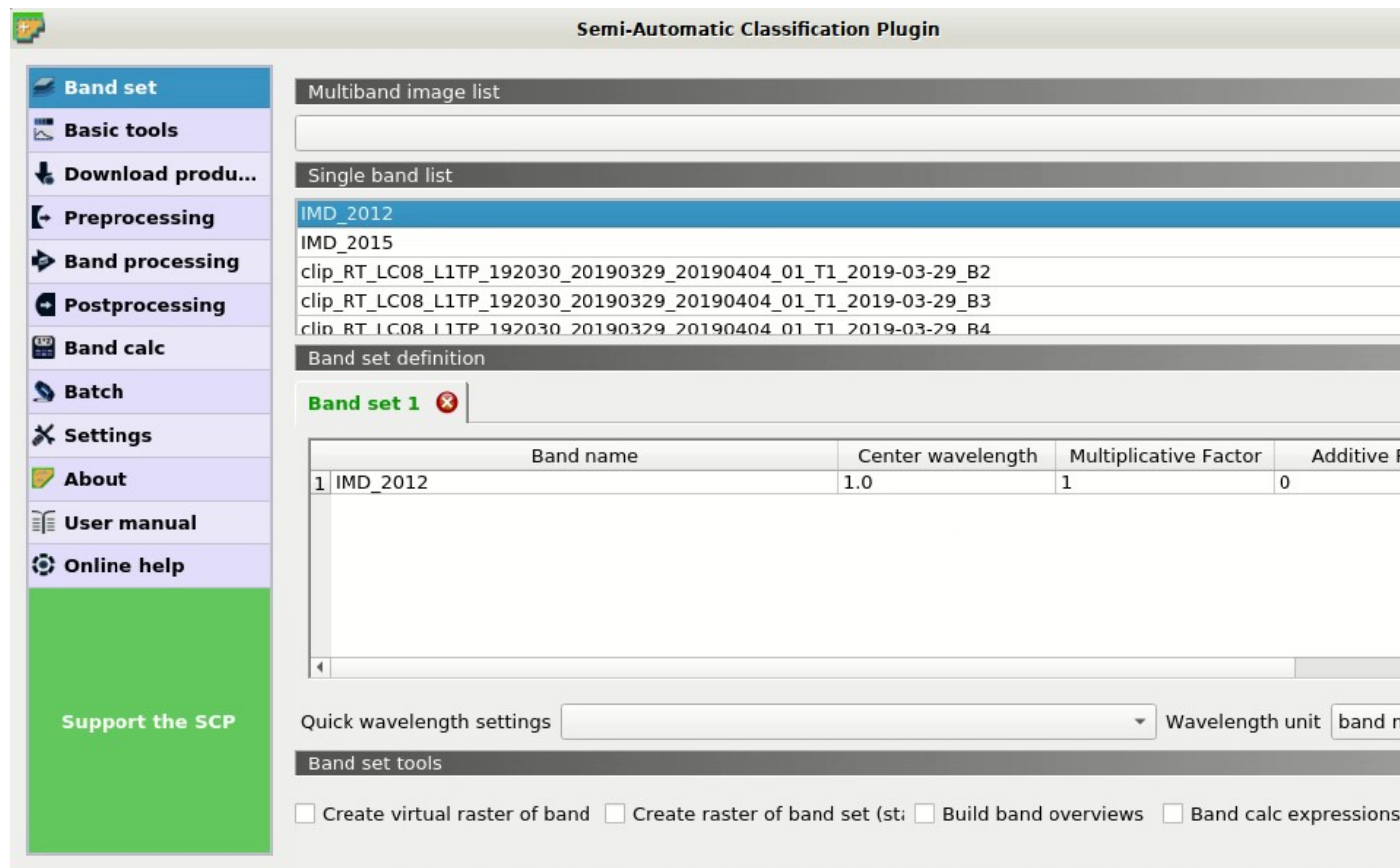




Fig. 10: *Band set definition*

Optionally, we can create a band set for the satellite image to display a color composite; open the tab *Band set* (page 41) and select all the Landsat bands in the list; click  to add a new band set, then click  to add selected rasters to the *Band set 2*.

In QGIS zoom to an area where we want to correct the classification. In this case we are going to manually remove a few pixels pretending they are classification errors.

We need to manually create a ROI, but first check that the *Band set 1* is active. Now click the button

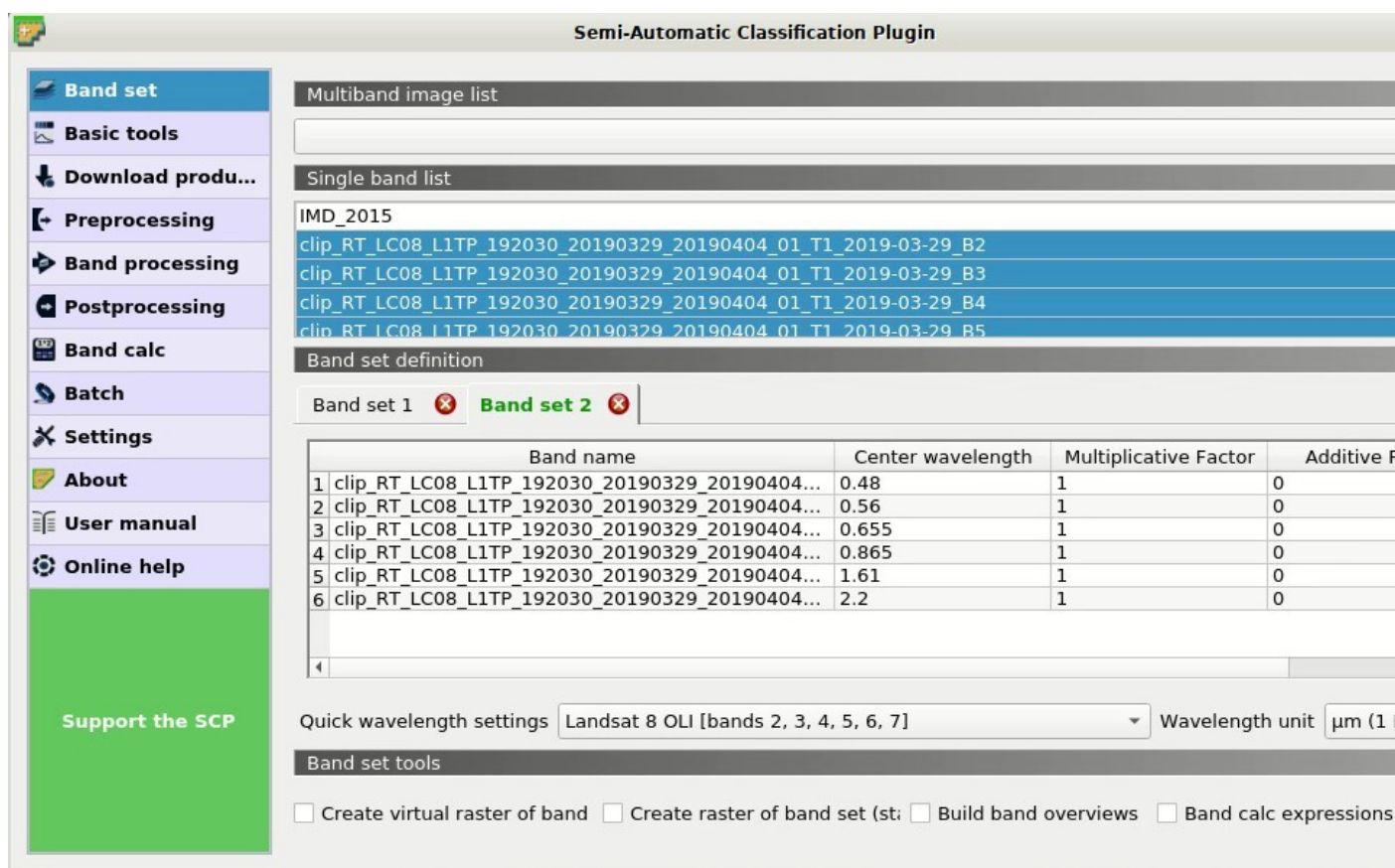






Fig. 11: Band set of the Landsat image

 in the *Робоча панель* (page 36). Left click on the map to define the ROI vertices and right click to define the last vertex closing the polygon. An orange semi-transparent polygon is displayed over the image, which is a temporary polygon (in this case we don't need to define the *Training input*).

Now open the tool  *Edit raster* (page 87) opening the *Меню SCP* (page 23) and the submenu  *Postprocessing*. Select the *Input raster*, for instance IMD\_2012. According to the legend of Imperviousness Density, in  *Use constant value* enter 100 (we want to correct impervious pixels; in case we would like to correct not impervious pixels we would enter the value 0). The other options are fine.

Therefore, click *RUN*  to edit the raster.

**Attention:** the input raster is directly edited; it is recommended to create a **backup copy** of the input raster before using this tool in order to prevent data loss.

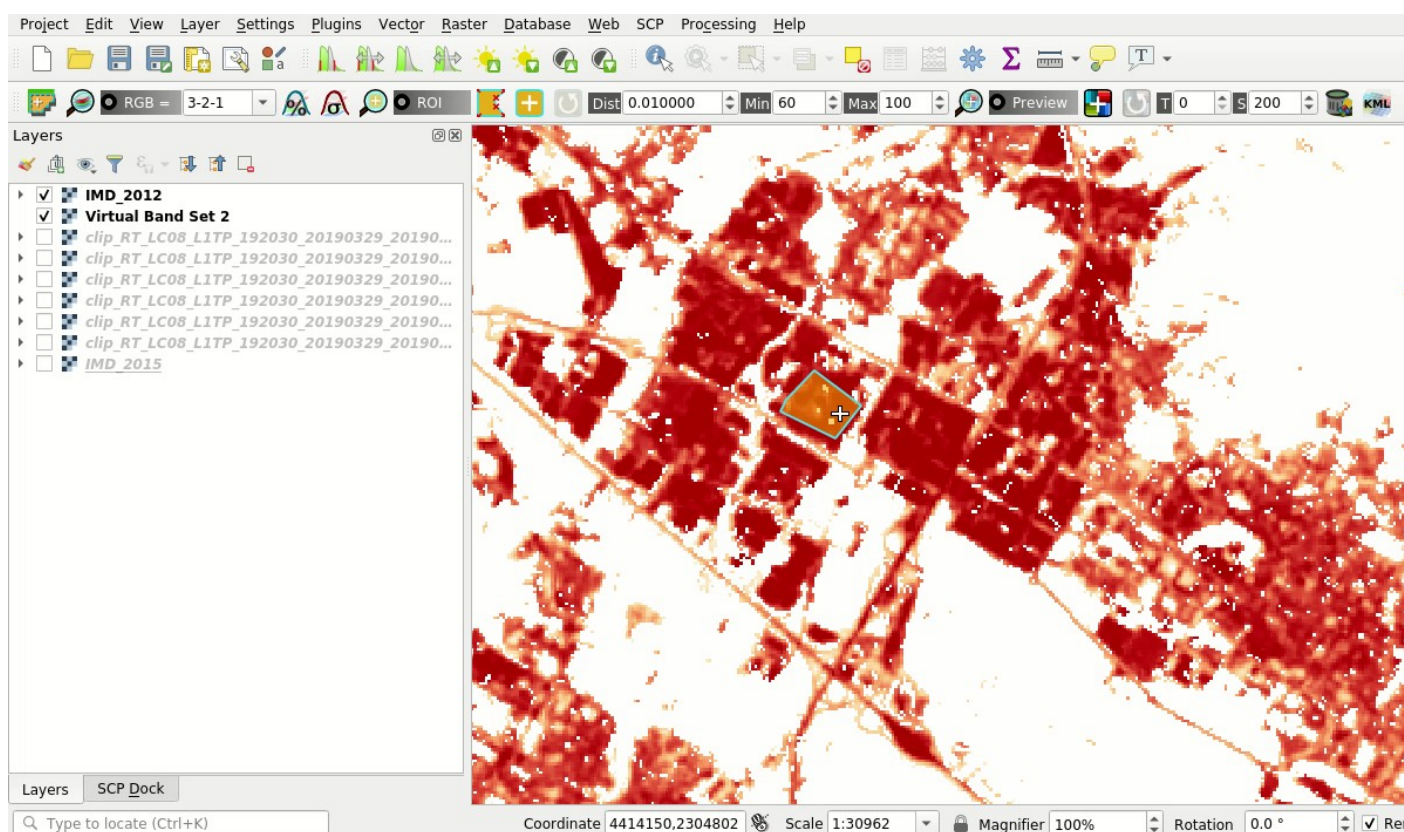
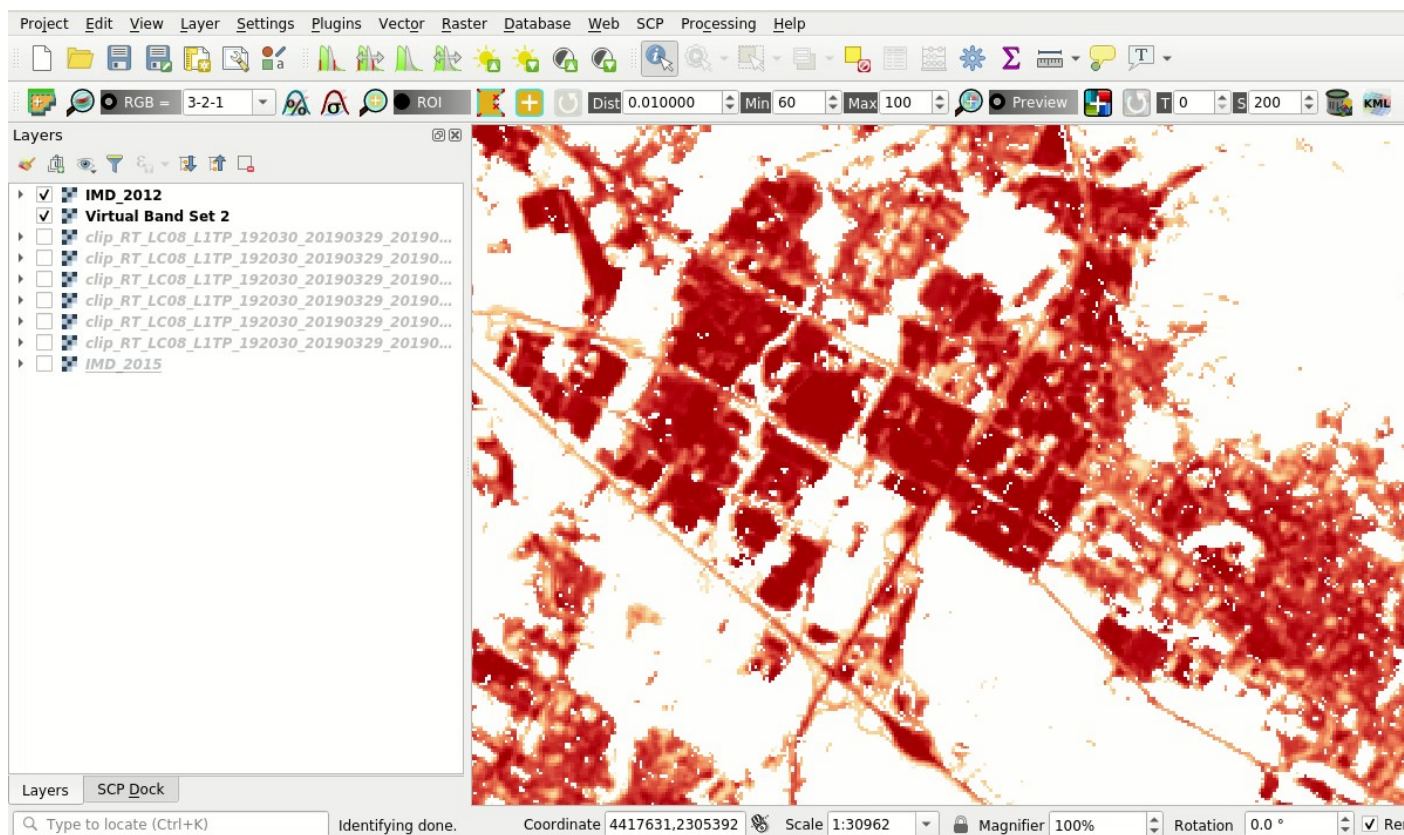
Of course we could repeat these steps to edit any area of the raster.




**TIP :** Sometimes changes are not immediately visible because the raster is not refreshed; try to zoom out and zoom in to refresh the view.

## Classification report

It could be interesting to know the area of each land cover class. In order to get the area statistics, open the *Меню SCP* (page 23) and click the tab  *Classification report* (page 81) under the submenu  *Postprocessing*.



Fig. 12: *Manual ROI polygon*Fig. 13: *The raster modified*

Click the button  to refresh the layer list, and select the IMD\_2012 raster in *Select the classification* ; next click *RUN*  to start the calculation; the output report is saved in a text file and displayed in the tab *Output*.

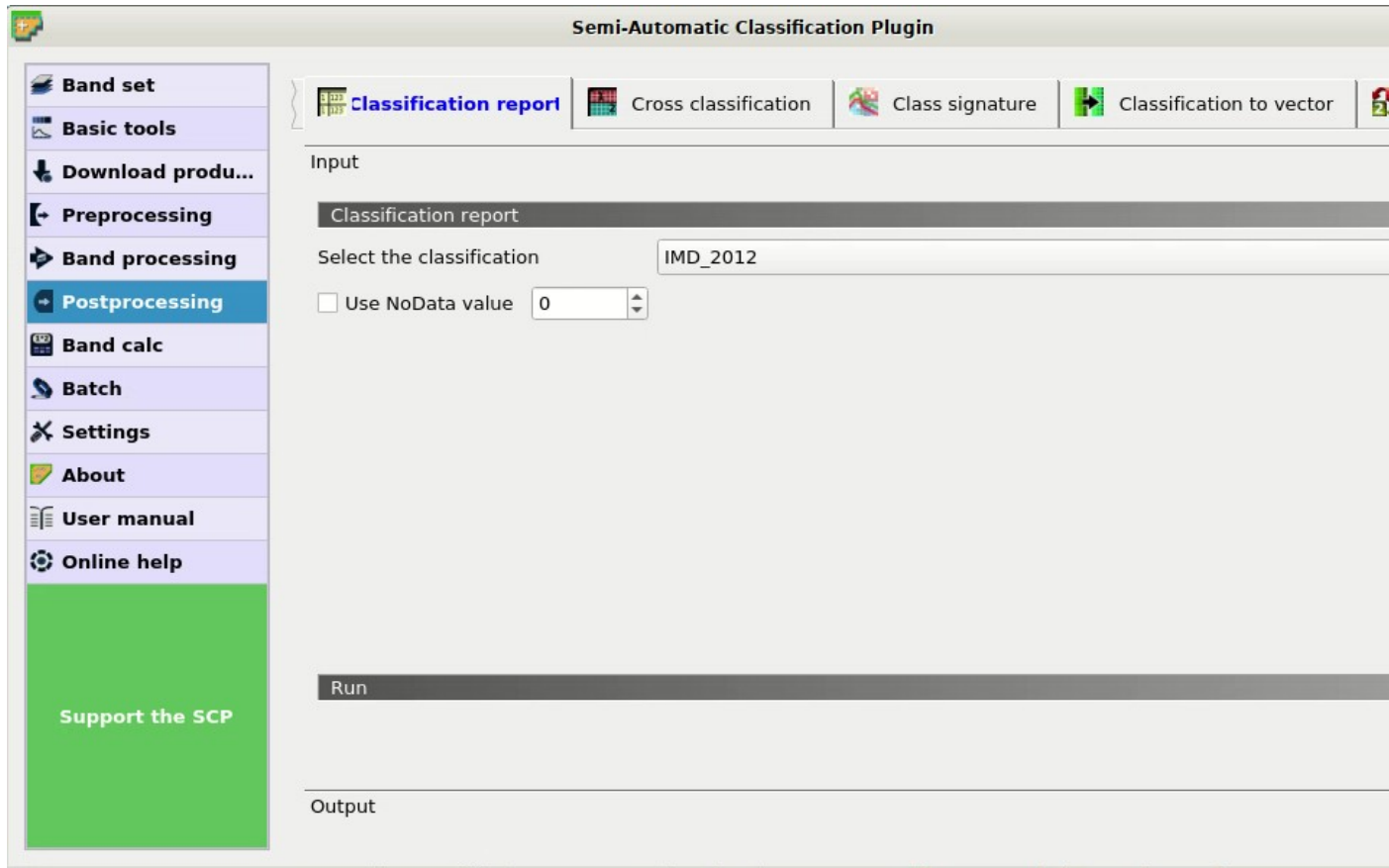



Fig. 14: Report tool

We can repeat the same steps for the IMD\_2015 raster. Over the 86% of the area is not impervious.

## Reclassification

Before calculating land cover change it is convenient to reclassify the imperviousness degree into two classes: built-up and not built-up. A possible threshold for the distinction between built-up and not built-up is 30% (for further information read [this document](#) ). We can reclassify the raster using the SCP tool, obtaining the simple classification 1 = built-up and 0 = not built-up.

Open the tool  *Reclassification* (page 85). In *Select the classification* select the raster IMD\_2012.

Click the button  twice to add two rows to the table. We need to enter the expressions illustrated in the following table.

*Reclassification table*

Old value	New value
raster < 30	0
raster >= 30	1

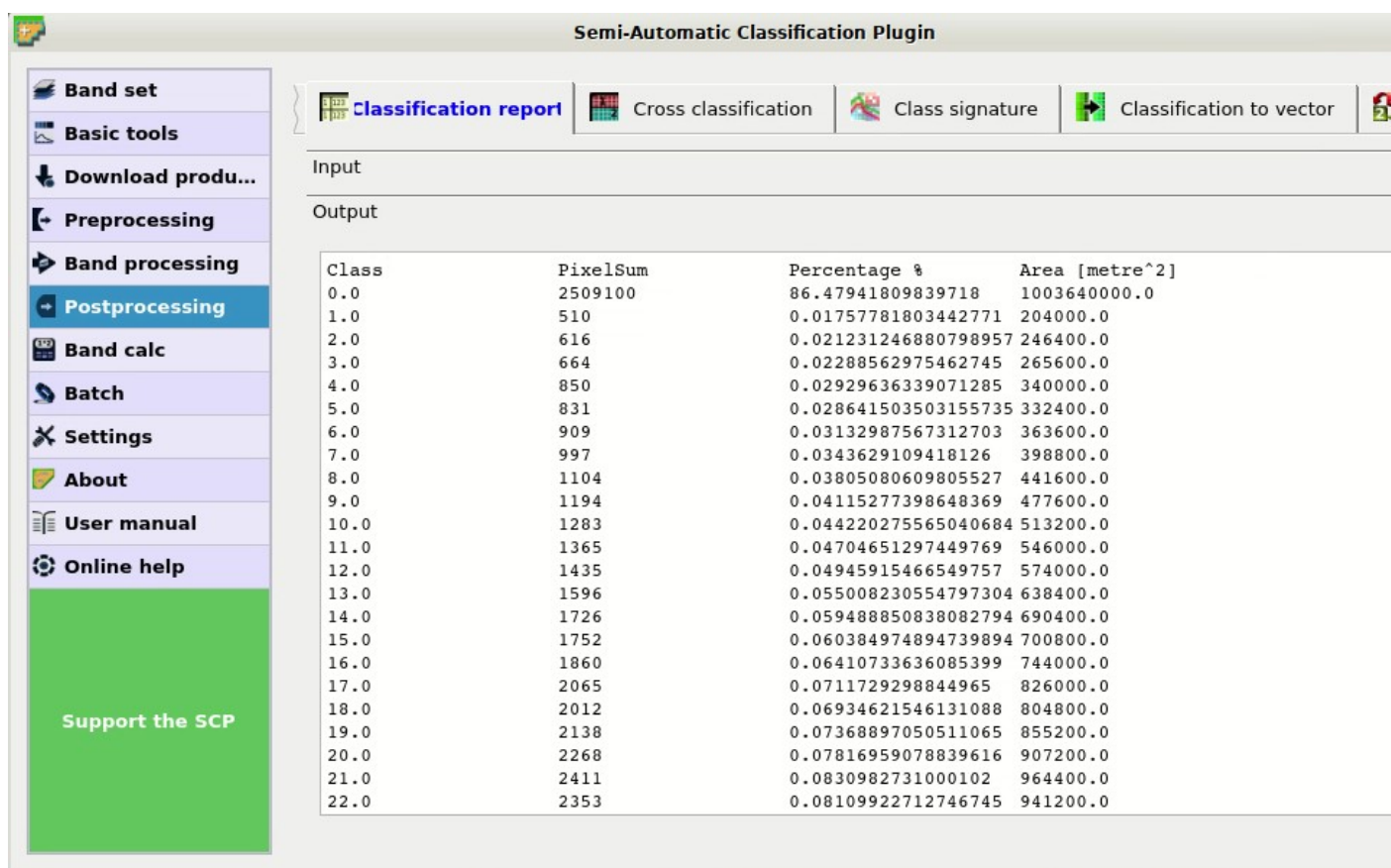




Fig. 15: The classification report



Uncheck the options  *Use code from Signature list* and click *RUN*  to start the reclassification. A new raster will be created (e.g. BU\_2012).

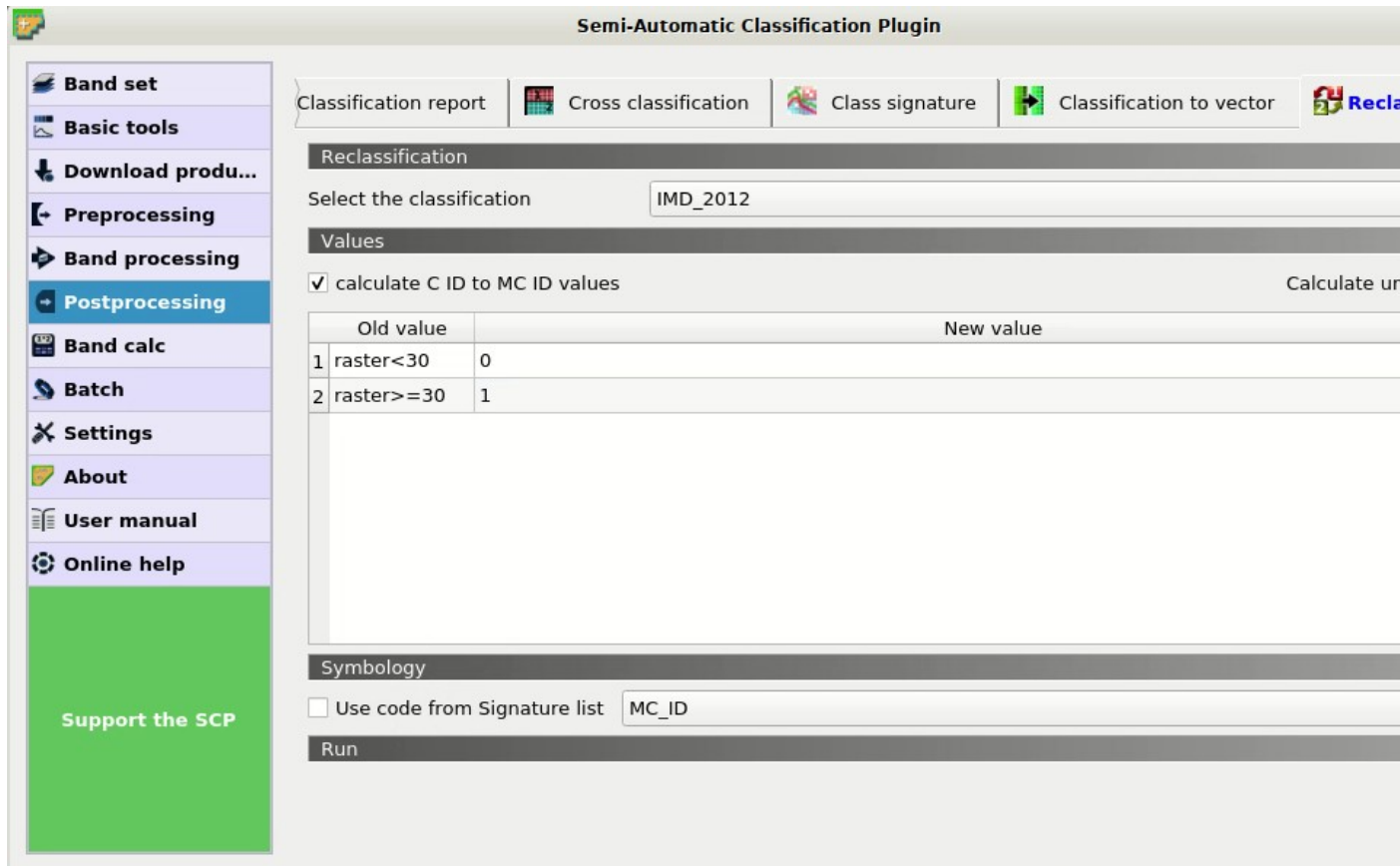




Fig. 16: *Reclassification tool*

Now select the IMD\_2015 (the reclassification table is the same as before) and click *RUN*  to reclassify the 2015 raster (e.g. BU\_2015). Now the two reclassified rasters are loaded in the map and we can assign an appropriate symbology.

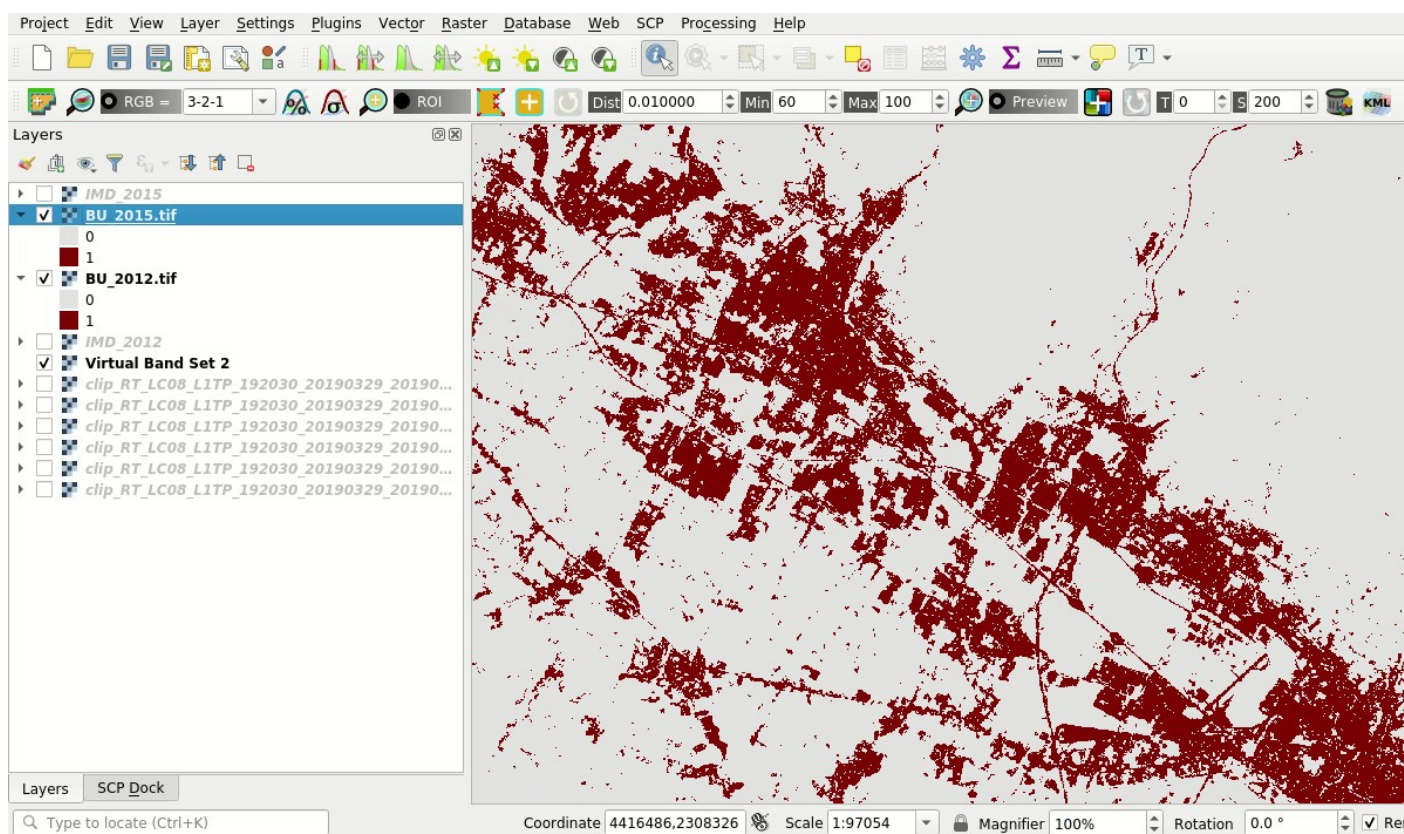
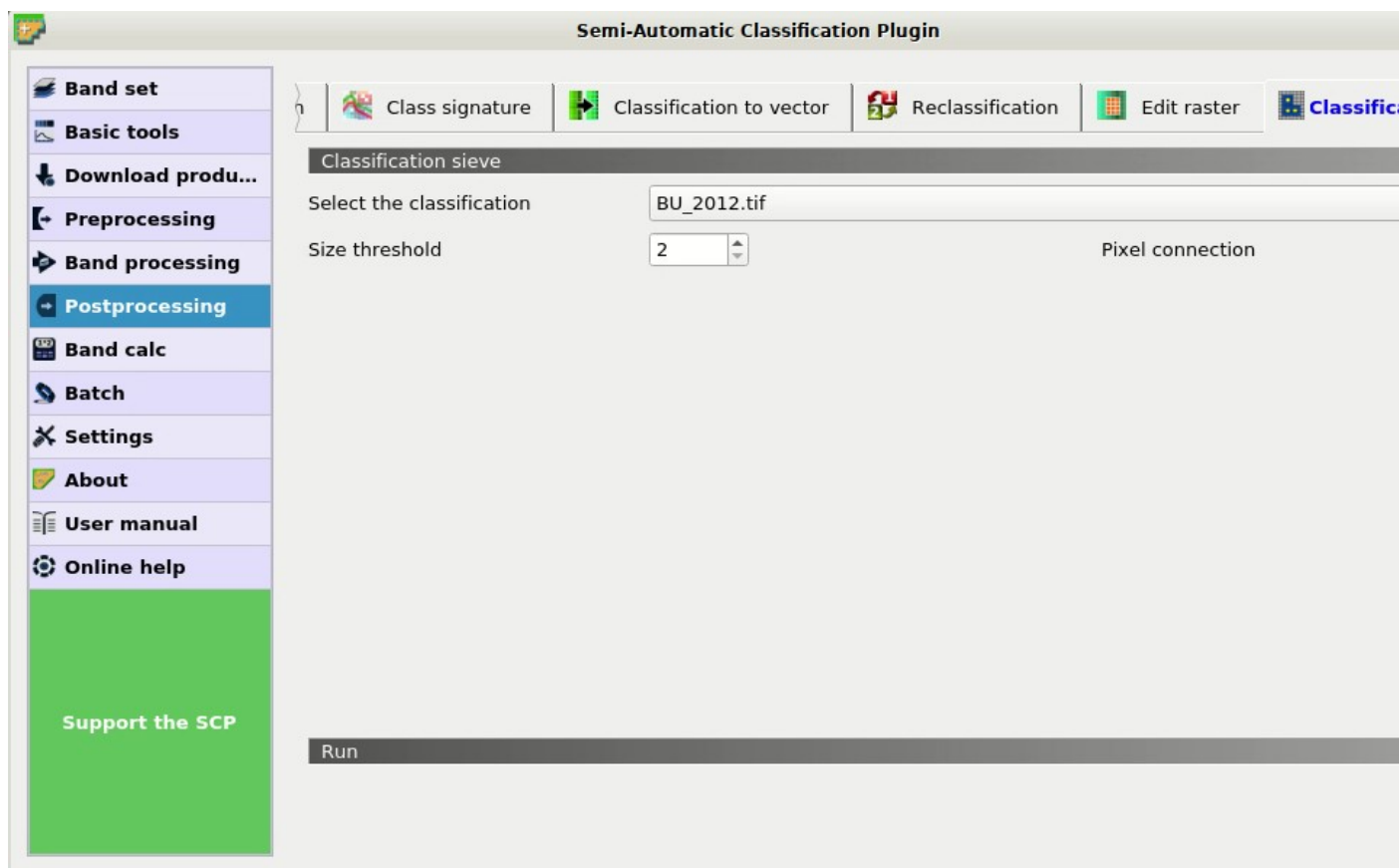
## Remove isolated pixels


We are going to compute the land cover change, but first we may want to remove isolated pixels in order to improve the analysis. In fact, single pixels may not represent real changes between the two classifications, because of geometrical shifts or isolated classification errors. Of course, this step is not always required, and it should be avoided if the purpose of the analysis is to find also the smallest changes.

We are going to use classification sieve for removing single pixels. Open the tool  *Classification sieve* (page 88).

In *Size threshold* leave 2; all patches smaller than the selected number of pixels (i.e. single pixels) will be replaced by the value of the largest neighbour patch. Of course we could increase this value if we want to remove larger patches.

In *Select the classification* select the raster BU\_2012. The option 4 in *Pixel connection* determines how pixels are considered connected, that is in a 3x3 window diagonal pixels are not considered connected. If we select the option 8 also diagonal pixels are considered connected.

Fig. 17: *Reclassified rasters*Fig. 18: *Tool classification sieve*

Now click *RUN*  to create the new raster BU\_2012\_sieve.

Of course, we should repeat these steps also for raster BU\_2015 to create the new raster BU\_2015\_sieve.

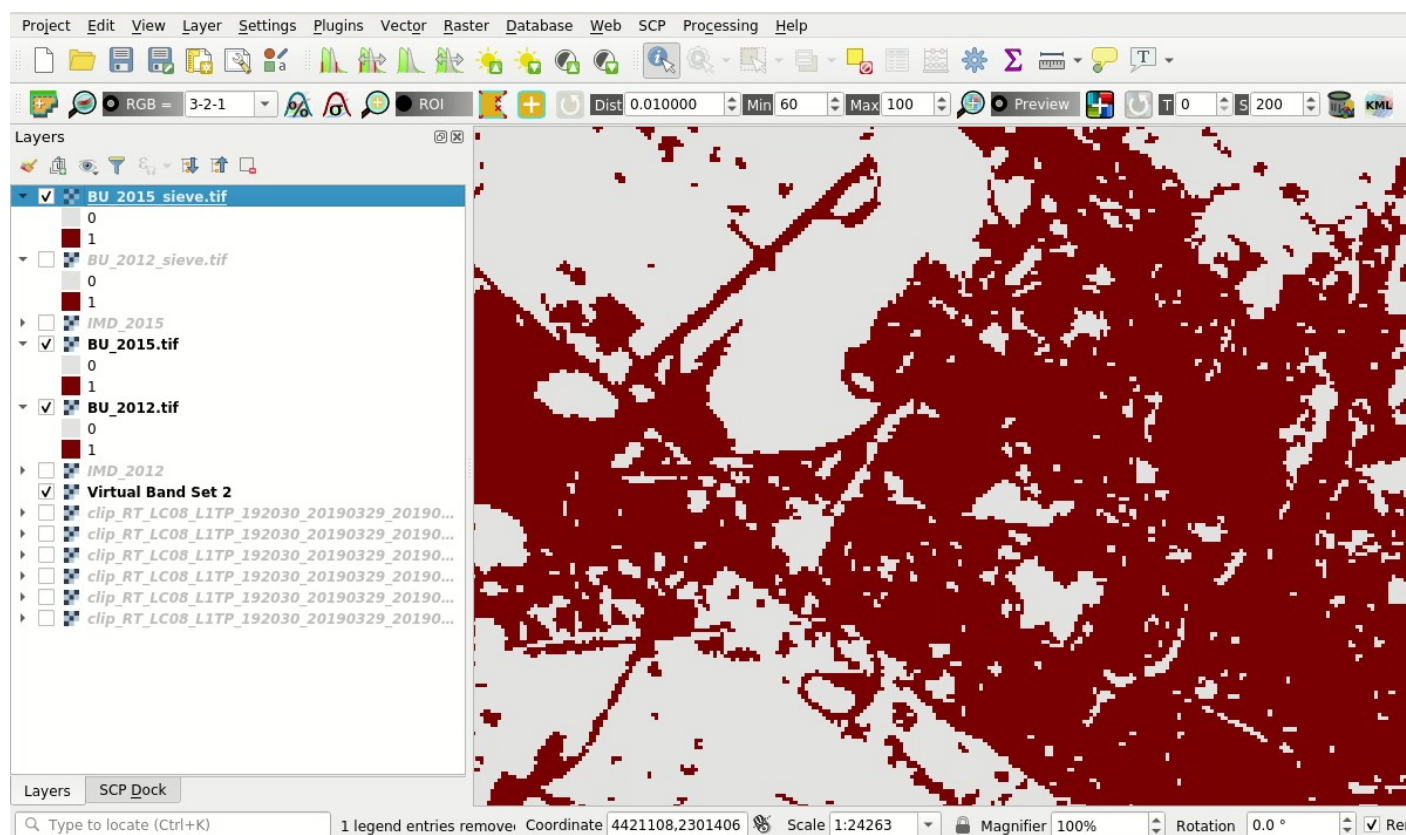






Fig. 19: The rasters after removing isolated pixels

## Assess land cover change

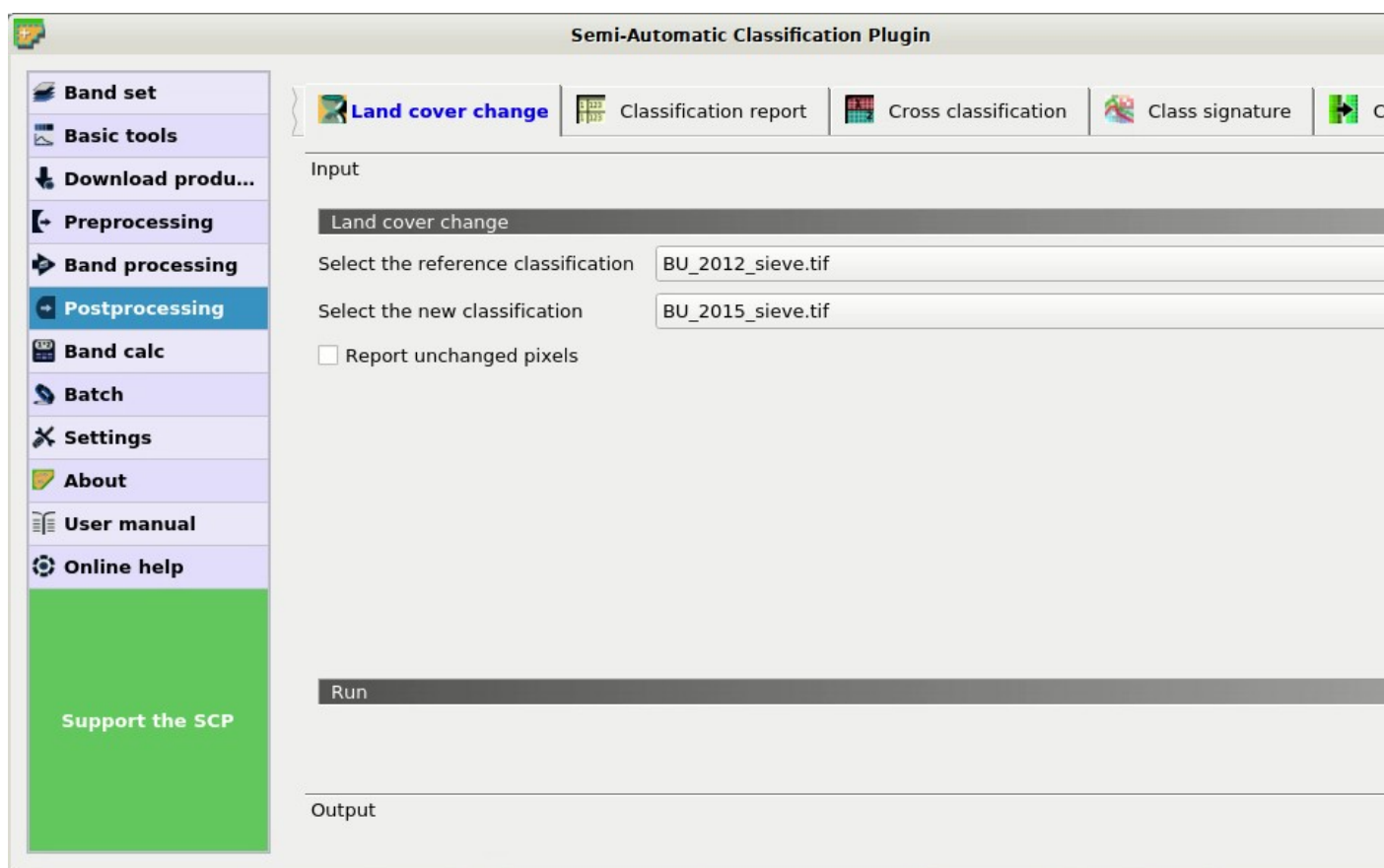
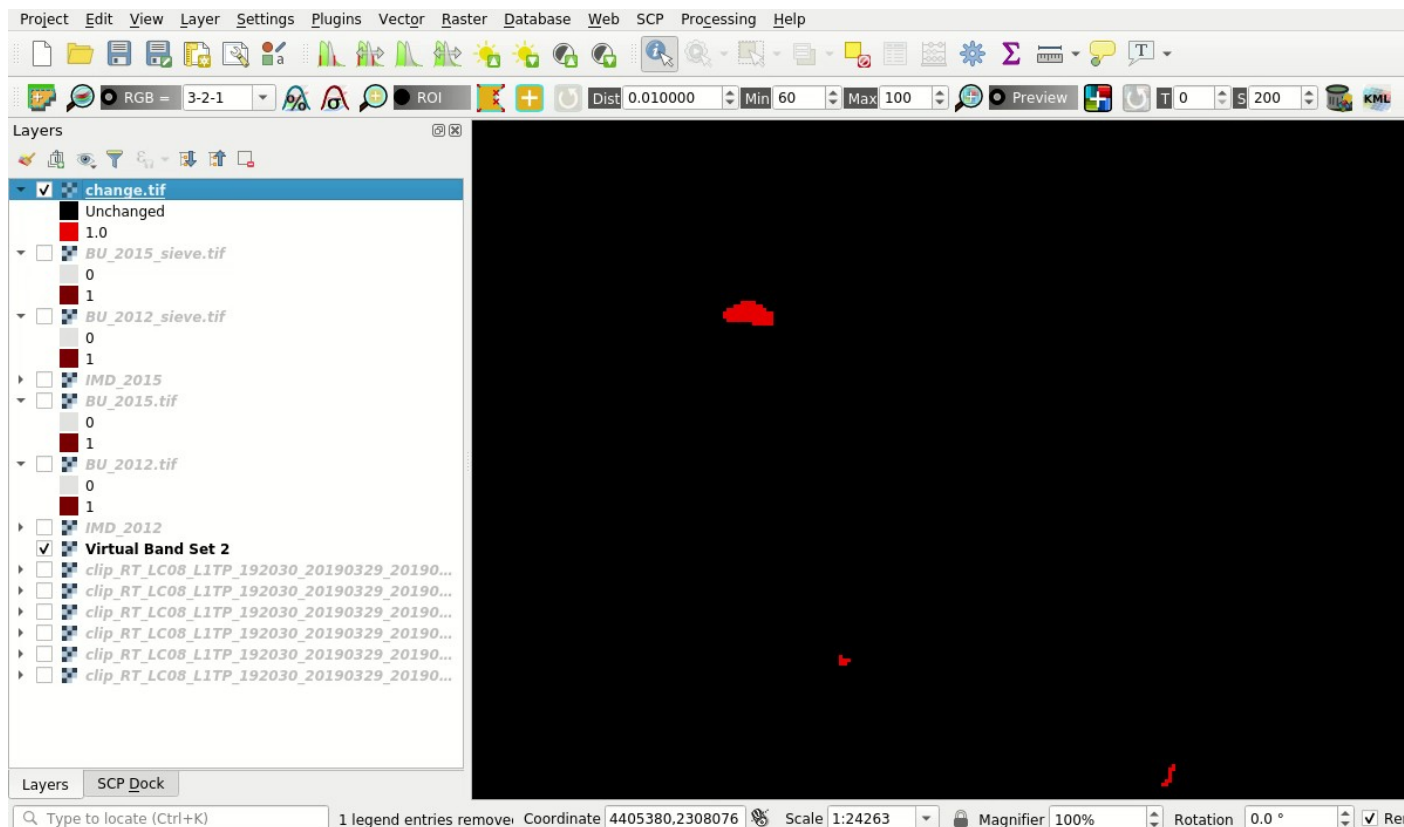
Now we can use the tool to assess land cover change between the two classifications 2012 and 2015. Open the tool  *Land cover change* (page 80).

This tool is quite straightforward. Click the button  to refresh the layer list. In *Select the reference classification* select the BU\_2012\_sieve raster, that is the first classification. In *Select the new classification* select the BU\_2015\_sieve raster, that is the latest classification.

Uncheck the option  *Report unchanged pixels*, because we want to report only the pixels where the classification changed between 2012 and 2015. Now click *RUN*  to create the new land cover change raster (e.g. *change*). Also, a text file is created (i.e. a file .csv separated by tab) containing the land cover change statistics.

The values of the land cover change raster represent a combination between reference and new classification, as described in the text file. In this case, only the value 1 is present that is the condition where  $BU_{2012\_sieve} = 0$  and  $BU_{2015\_sieve} = 1$ .

From the report we can read that 520 pixels changed from 0 to 1, while no pixel changed from 1 to 0 between years 2012 and 2015.

Fig. 20: *Land cover change tool*Fig. 21: *Land cover change raster*



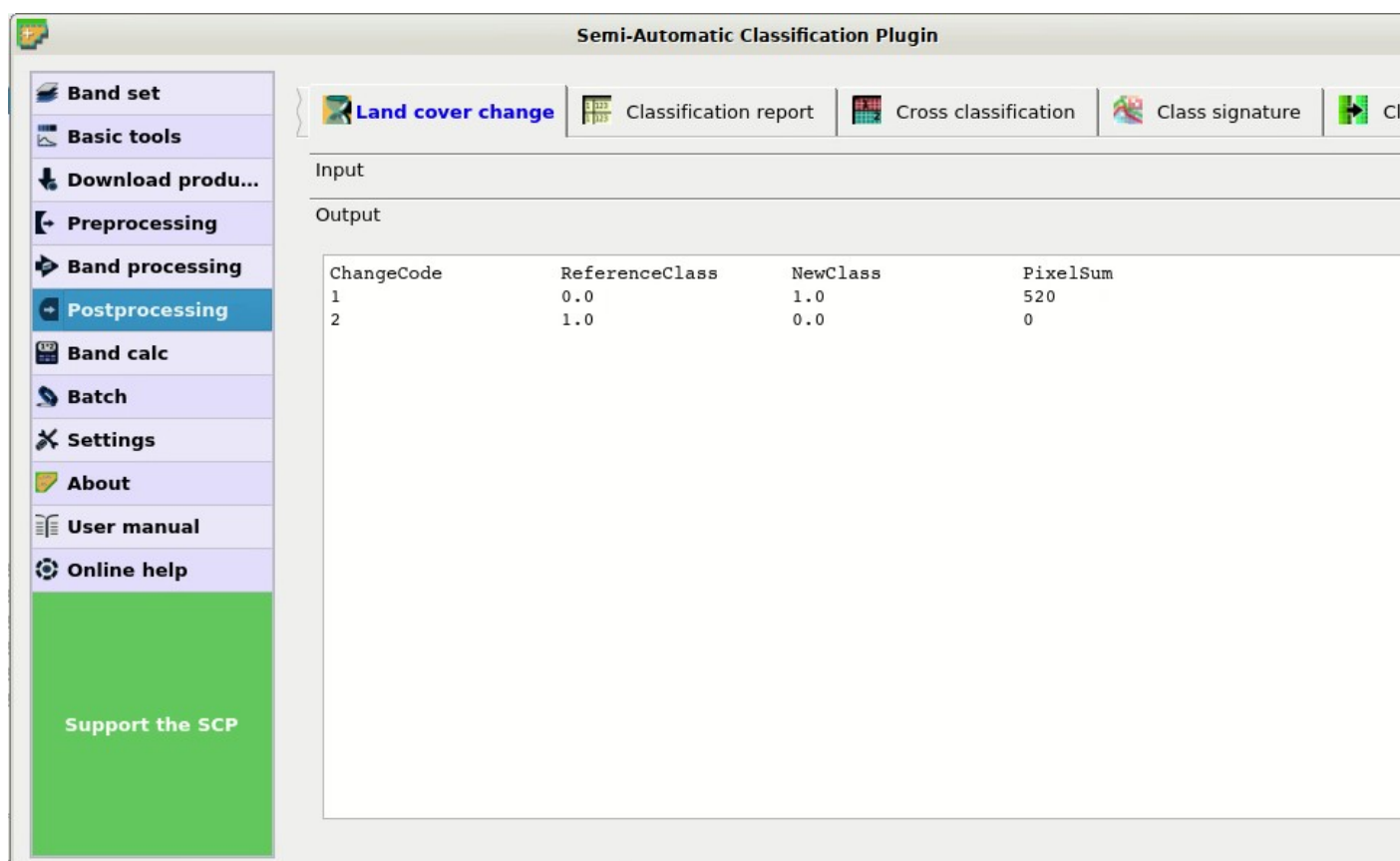


Fig. 22: Land cover change report




### Analyze the context of land cover changes

Now, it could be interesting to compare land cover change to other data such as land use, in order to analyze the context of new built-up areas. We are going to cross the land cover changes to the vector of Corine Land Cover; this way we can differentiate the new built-up areas according to Corine Land Cover classification system.

The original Corine Land Cover data were modified by clipping to a small area over Florence (Italy) and adding a field `Class_1` filled with the first level of classification.

Load in QGIS the Copernicus Corine Land Cover shapefile `CLC_2012.shp` previously downloaded. You can see the symbology of the first level Corine Land Cover classes that are:

1. artificial surfaces
2. agricultural areas
3. forests and semi-natural areas
4. wetlands
5. water bodies

Open the tool  *Cross classification* (page 82). Click the button  to refresh the layer list. In *Select the classification* select the **change** raster, that is our land cover change. Check  *Use NoData value* and set the value 0, in order to exclude unchanged pixels (having value 0 in the **change** raster) from the analysis.

In *Select the reference vector or raster* select the vector `CLC_2012` and in *Vector field* select the field `Class_1`, containing the code of first level classes.

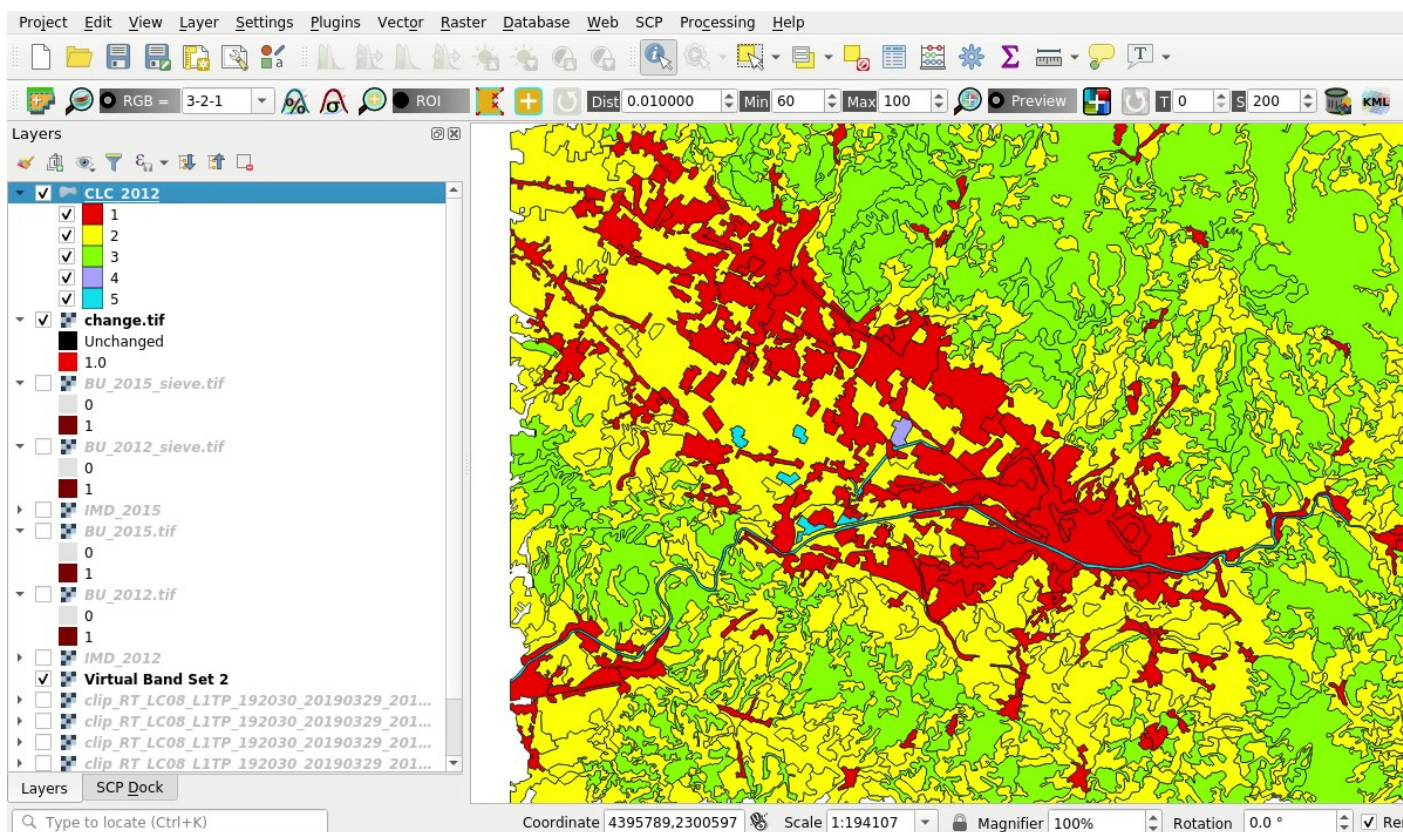


Fig. 23: A subset of Corine Land Cover

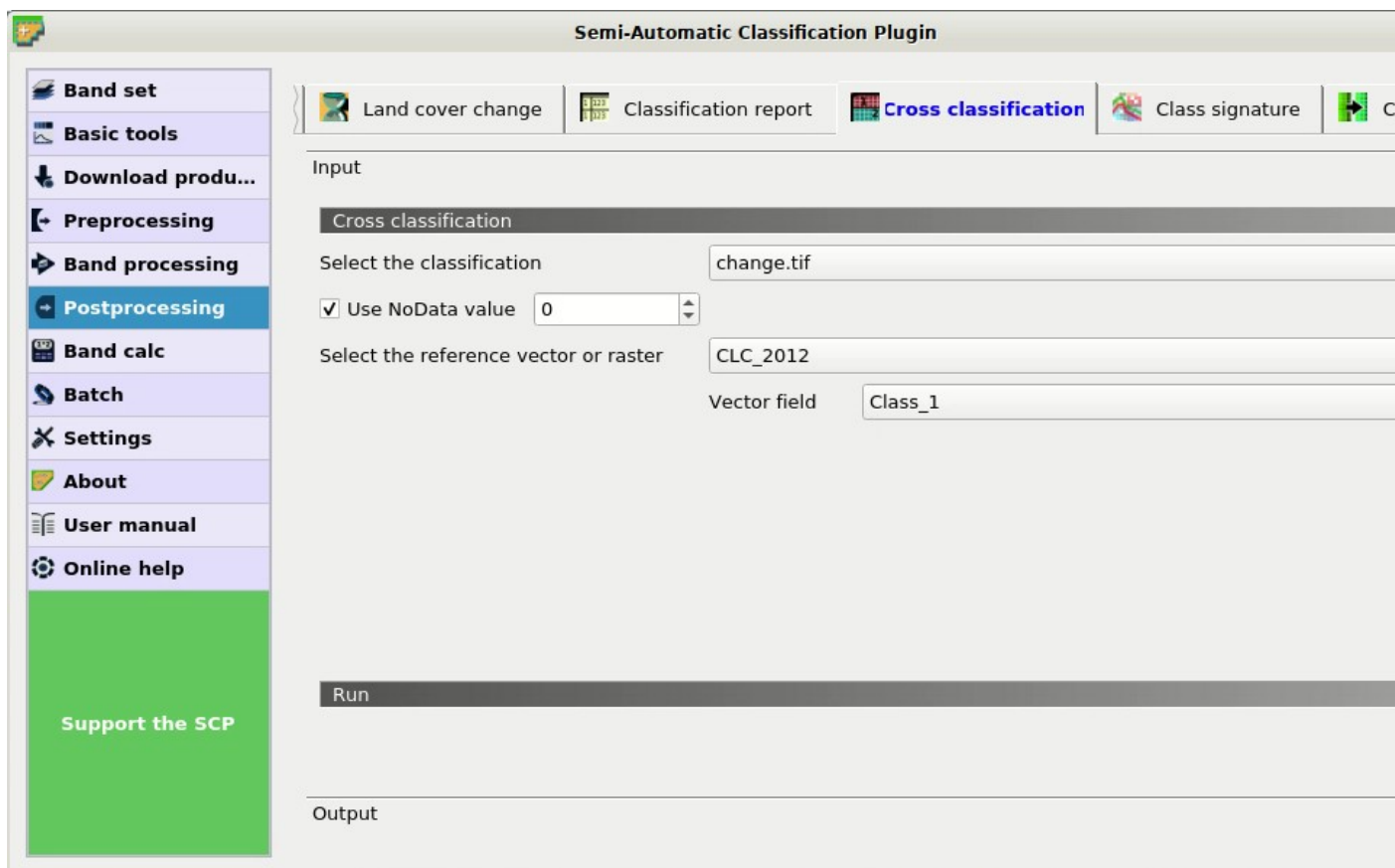



Fig. 24: Cross classification tool



Now click  **RUN** to create a new raster of comparison (e.g. `change_CLC`). The output will report the area of each combination between `change` code and `CLC_2012` code.

From the cross matrix we can evaluate the area in  $m^2$  of built-up changes occurred in the 5 classes of Corine Land Cover classification.

*Cross matrix*


		CLC_2012				
		1	2	3	4	5
Change	1	157600	48400	2000	0	0



The tool *Cross classification* (page 82) can be very useful also for other analyses that involve the comparison with other data, such as population or flood risk, but this could be the subject of other tutorials.


### Assess the spectral signature of changes

An optional step could be the assessment of the spectral signature of changes. We can download satellite images (see *Tutorial 1: Your First Land Cover Classification* (page 147) for the details) and calculate spectral signatures for monitoring the changes through time.

We are going to use the Landsat 8 image downloaded at the beginning of this tutorial for calculating the spectral signature of changes. First, we need to create a *Training input* to store the spectral signatures calculated from the classes. In the *Панель SCP* (page 25) select the tab *Вхідові навчальні дані* (page 26)


and click the button  to create the *Training input* (define a name such as `signatures.scp`). The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the *Training input* (in order to prevent data loss, you should not edit this layer using QGIS functions).

Now open the tool  *Class signature* (page 83) opening the *Меню SCP* (page 23) and the submenu  *Postprocessing*. In *Select the classification* select the raster `change_CLC`, thus we can distinguish the spectral signatures of changes. In *Select input band set* enter the number of the band set containing

the Landsat 8 bands (i.e. 2). Now click  **RUN** to start the calculation.


After a while the spectral signatures are loaded in the *Training input*.



If the changes involved vegetation, we could calculate spectral signatures for images acquired in different seasons and assess the phenological variations of vegetation through spectral signatures. Also, these spectral signatures could be used as training input for further land cover classifications.

In order to display the signature plot, in the *Перелік сигнатур ROI* (page 29) highlight two or more spectral signatures (with click in the table), then click the button . The *Графік спектральних сигнатур* (page 102) is displayed in a new window.

### Export the changes to vector format

This is an optional step that may be useful for further analyses and integration with other data. We are going to convert the change raster to vector.

Open the tool  *Classification to vector* (page 84). In *Select the classification* select the `change_CLC`

raster and uncheck the  *Use code from Signature list*. Now click  **RUN** to create a new vector (e.g. `change_vector`).

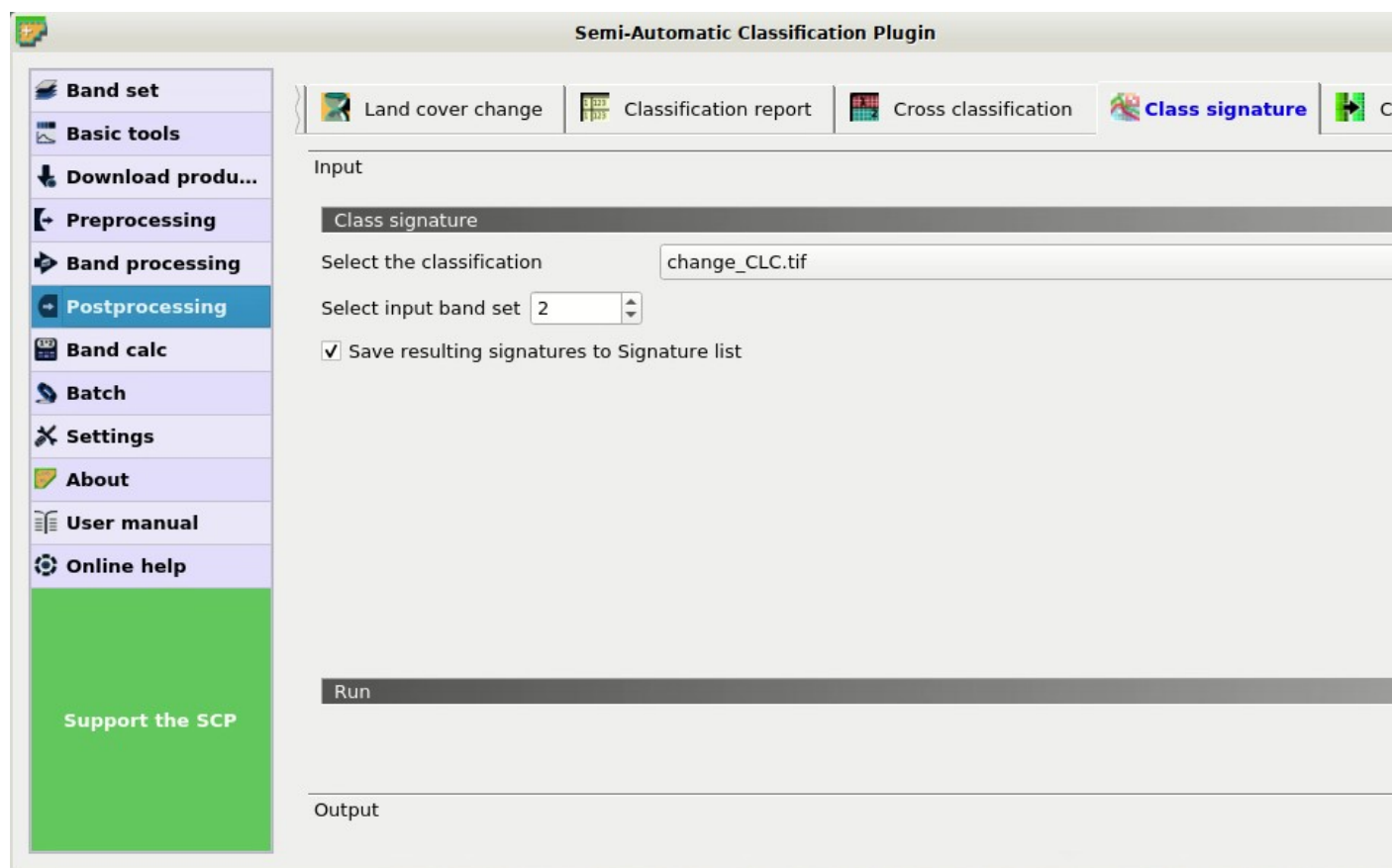


Fig. 25: The tool for extracting spectral signatures from classes

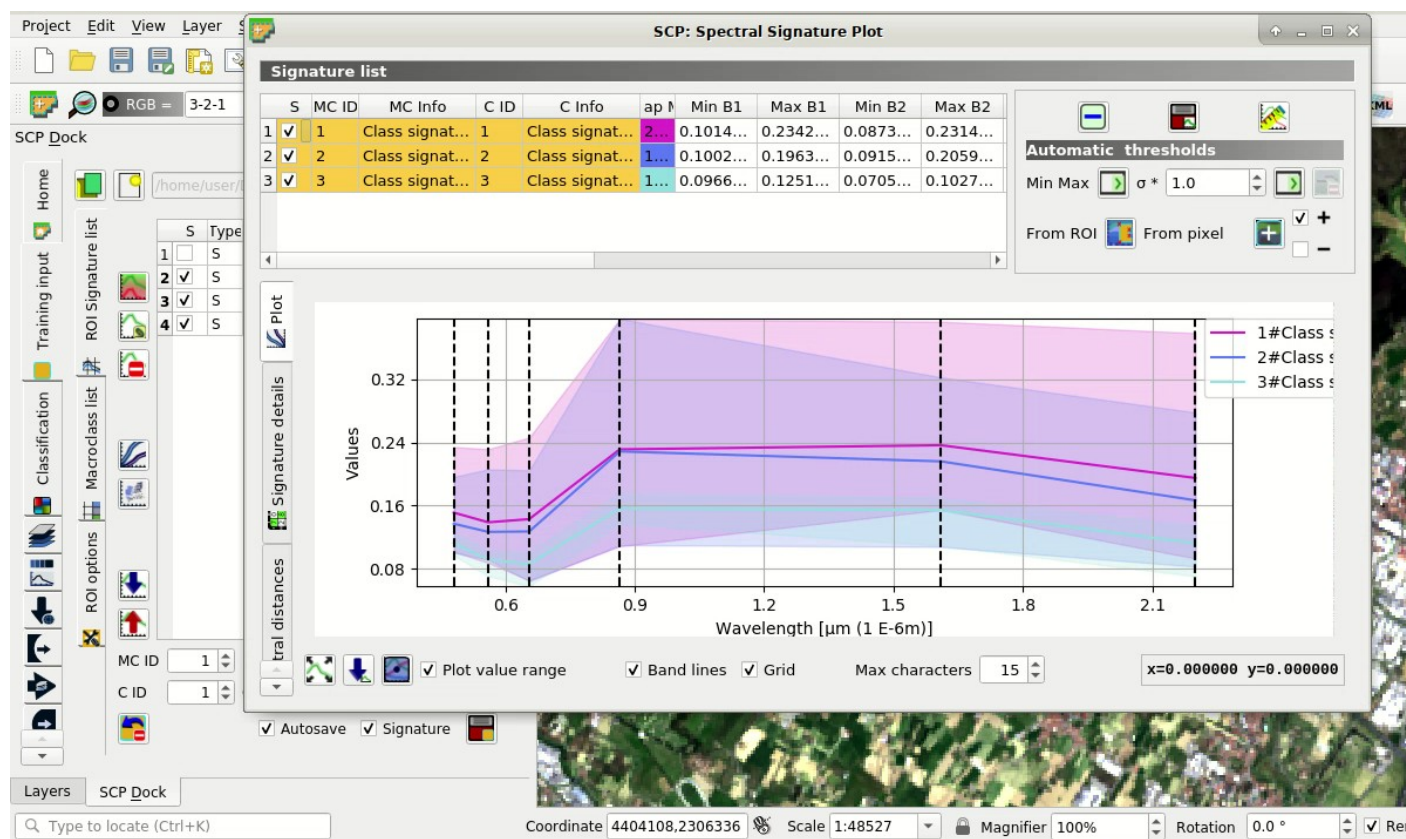
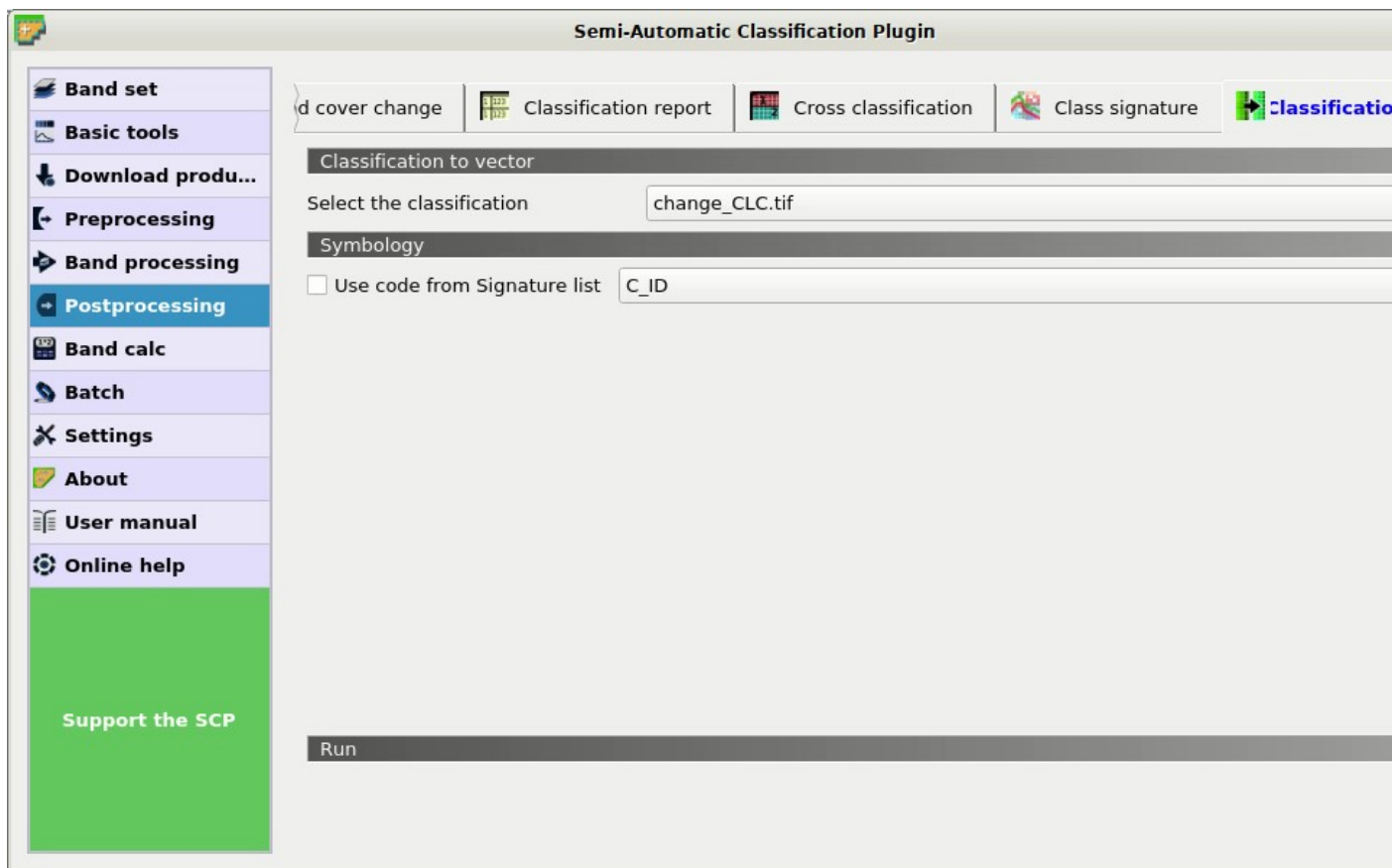


Fig. 26: The calculated spectral signatures

Fig. 27: *Raster to vector tool*

In the attribute table of this `change_vector` you can see the field `C_ID` that represents the code of the change raster as described in [Assess land cover change](#) (page 219). Of course we could delete the polygons with code 0 (unchanged area), displaying only changes with code 1.

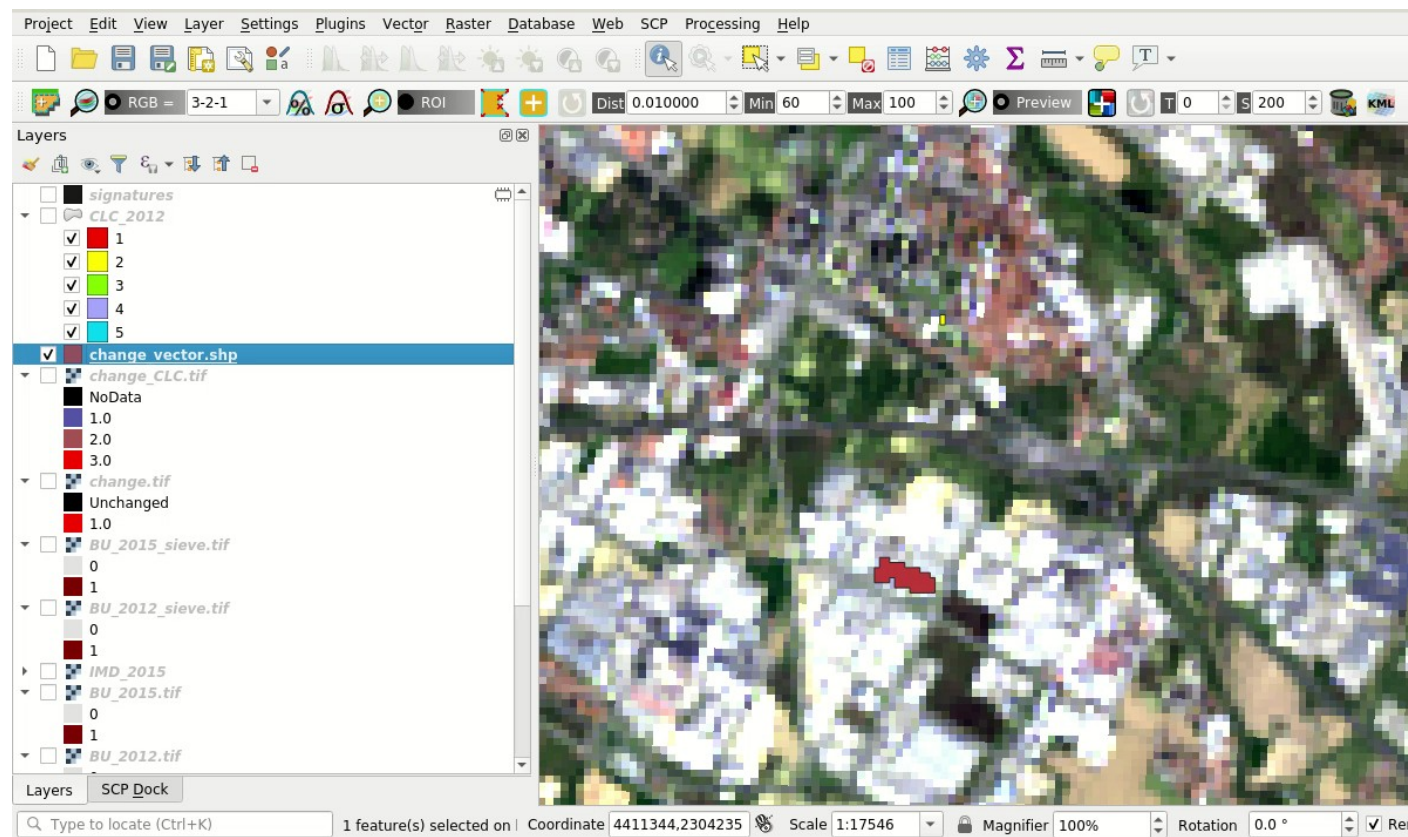


Fig. 28: *The vector of changes over the Landsat image*

---

Semi-Automatic OC

---

До оновлення.

The Semi-Automatic OS is a lightweight virtual machine for the land cover classification of remote sensing images. It includes the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) for QGIS, already configured along with all the required dependencies.

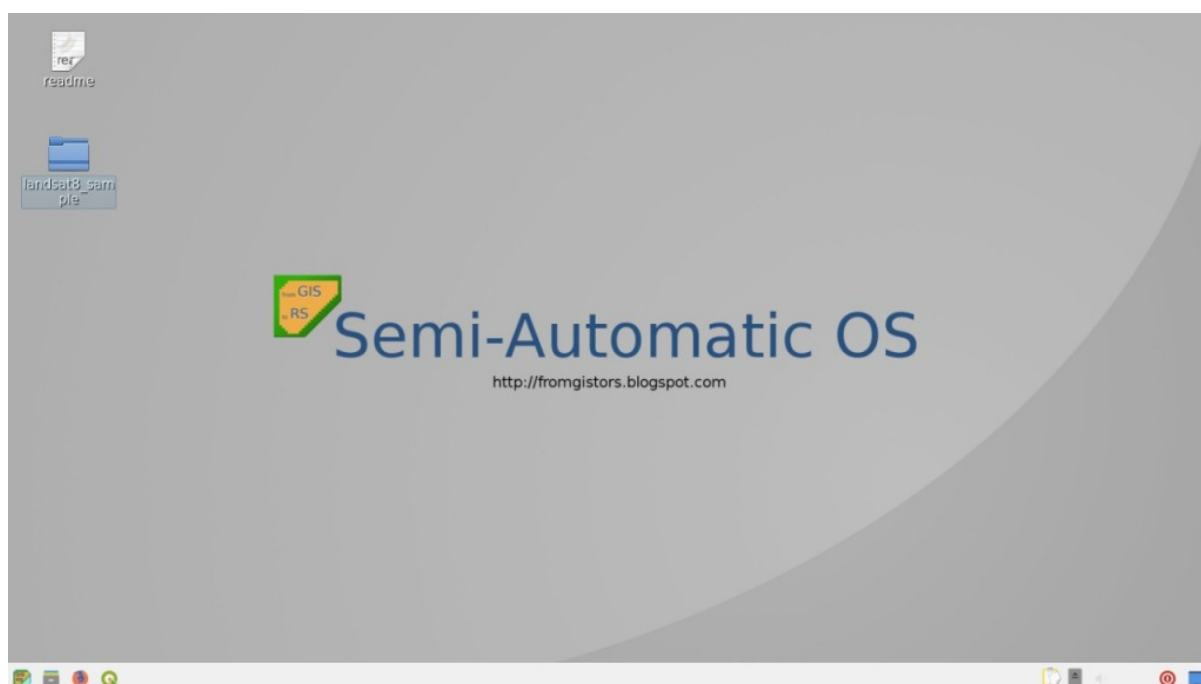


Fig. 1: *робочий стіл Semi-Automatic OC*

The Semi-Automatic OS is based on [Debian](#) , and it is designed to require very little hardware resources. It uses [LXQT](#) as main desktop environment. This virtual machine can be useful for testing the Semi-Automatic Classification Plugin, or when the installation of the required programs in the host system is problematic.

The Semi-Automatic OS is available as 64 bit virtual machine that can be run in the open source VirtualBox, or any other virtualization program. The following is a guide for the installation of the



Semi-Automatic OS in the open source program of virtualization VirtualBox.

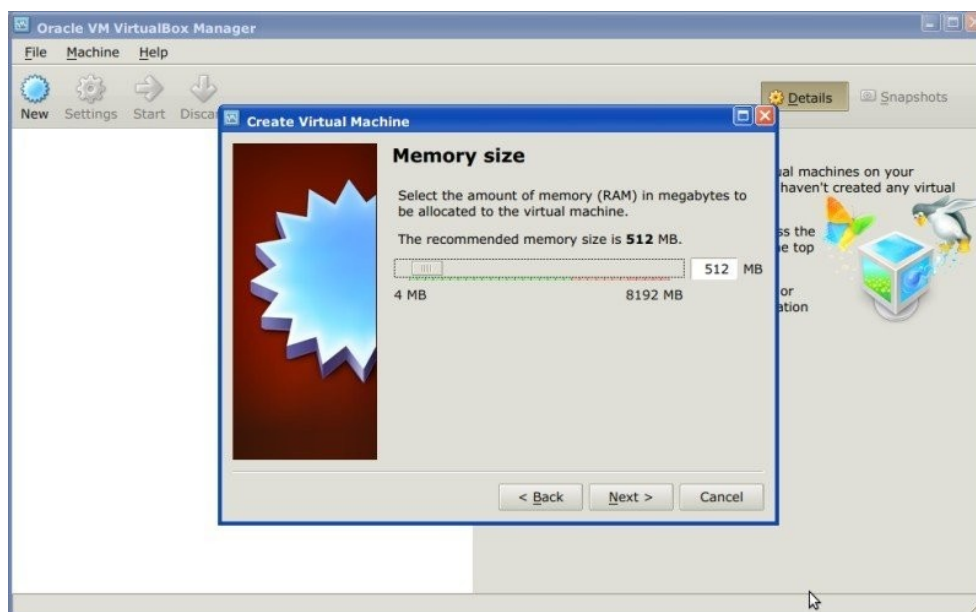
## 7.1 Встановлення у VirtualBox

1. Завантажте програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом [VirtualBox](#) (виберіть версію відповідно до вашої ОС) та встановіть його; по завершенні встановлення перезапустіть систему;
2. Download the Semi-Automatic OS virtual machine from [here](#) ;
3. Extract the virtual machine content in a directory; the file is compressed in 7z format (if needed, download the open source extraction software from <http://www.7-zip.org/>);
4. Запустіть VirtualBox та створіть нову віртуальну машину Debian;
  1. Натисніть кнопку New;
  2. Надрукуйте ім'я віртуальної машини (наприклад, Semi-Automatic OS); виберіть Linux та Debian (32 або 64 біт) як Type та Version відповідно; натисніть Next;



3. Встановіть об'єм пам'яті; чим більше - тим краще, але цей параметр не повинен перевищувати половину RAM головної комп'ютерної системи (наприклад, якщо RAM головної системи становить 1 Гб, надрукуйте 512 Мб); натисніть Next;



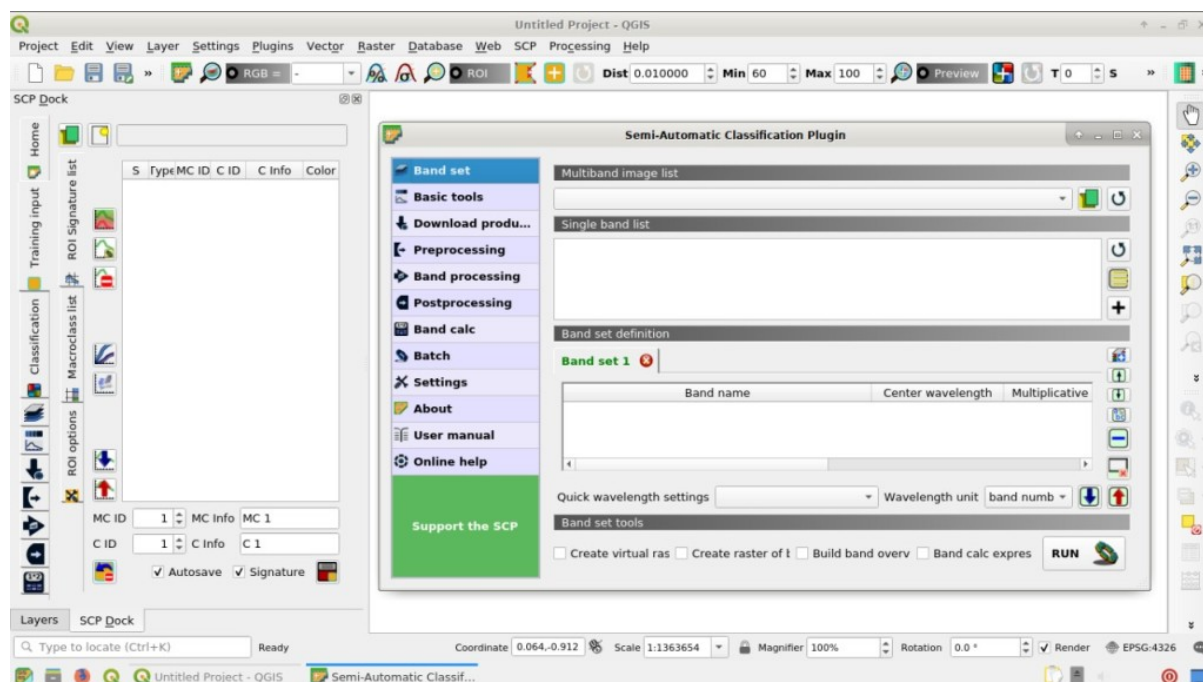


4. В параметрах Hard drive виберіть Use an existing virtual hard drive file та вкажіть завантажений файл SemiAutomaticOS.vmdk; клацніть Create;



5. Запустіть Semi-Automatic OC клацнувши кнопку Start;
6. Рекомендовано встановити у віртуальній машині virtualbox-guest-utils з Menu > Preferences > Synaptic Package Manager; це покращить інтеграцію Semi-Automatic OC з головною комп'ютерною системою за такими параметрами як зміна розміру системного вікна або сумісне використання каталогів.

The Semi-Automatic OS includes a sample dataset of a Landsat image (available from the U.S. Geological Survey) that is the input for the first basic tutorial of the user manual.



Semi-Automatic OC - вільне програмне забезпечення: ви можете поширювати та/або змінювати її на умовах версії 3 Універсальної громадської ліцензії GNU, опублікованої Фондом вільного програмного забезпечення. Напівавтоматична ОС поширюється з надією, що вона буде корисною, але БЕЗ ЖОДНИХ ГАРАНТІЙ; навіть без обов'язкової гарантії ПРИДАТНОСТІ ДЛЯ ПРОДАЖУ або ВІДПОВІДНОСТІ ПЕВНІЙ ВИЗНАЧЕНІЙ МЕТІ. Для більш докладної інформації дивіться Універсальну громадську ліцензію GNU <http://www.gnu.org/licenses/>.

If you have comments or questions please join the [Facebook group](#) .

Before asking, please check the official site [From GIS to Remote Sensing](#) and the following [Frequently Asked Questions](#).

- *Встановлення модуля* (page 232)
  - *Як встановити модуль вручну?* (page 232)
  - *Як встановити модуль з офіційного репозиторія SCP?* (page 233)
- *Передоброблення* (page 234)
  - *Які канали зображення потрібно використовувати для напіваавтоматичної класифікації?* (page 234)
  - *Які канали Landsat можуть бути перераховані SCP у відбивальність?* (page 234)
  - *Чи можу я застосувати перерахунок до зображень Sentinel-2, завантажених з Інтернет?* (page 235)
  - *Як перераховуються зображення Sentinel-2, які мають різну розрізненність?* (page 235)
  - *Чи можу я застосувати перерахунок даних Landsat та корекцію DOS до обрізаних каналів?* (page 235)
  - *Чи можу я застосовувати корекцію DOS до каналів з чорною межею (тобто зі значеннями NoData)?* (page 235)
  - *Як прибрати з зображення хмарний покрив?* (page 235)
  - *Чому після панхроматичного об'єднання (пан-шарпенінгу) зображень Landsat 8 канали NIR все одно мають розрізненність 30 м?* (page 235)
- *Оброблення* (page 236)
  - *Я отримую помилки класифікації. Як я можу покращити точність?* (page 236)
  - *Чи можливо використовувати одні і ті самі навчальні вхідні дані для декількох зображень?* (page 236)

- Яка різниця між класами та макрокласами? (page 236)
- Чи можу я використовувати SCP для обробки зображень, отриманих дронами, або аерофотознімків? (page 236)
- Чому при визначенні температури поверхні використовується лише канал 10 Landsat 8? (page 236)
- Застереження (page 237)
  - Застереження [12]: Дана сигнатура буде виключена при використанні алгоритму Максимальної вірогідності. Чому? (page 237)
- Помилки (page 237)
  - Як я можу повідомити про помилку? (page 237)
  - Проблеми зі створенням віртуального растра. Чому? (page 238)
  - Помилка „Модуль пошкоджено. Python повідомив: ascii“. Чому? (page 238)
  - Помилка [50] „Помилка Internet“. Неможливо завантажити зображення Sentinel-2. Чому? (page 238)
  - Помилка встановлення модуля, можливо відсутні залежності. Чому? (page 239)
- Різне (page 239)
  - Що я можу робити з SCP? (page 239)
  - Як долучитись та сприяти SCP (page 240)
  - Безкоштовні та корисні ресурси про дистанційне зондування та ГІС (page 240)
  - Other tutorials about SCP, also in languages other than English (page 240)
  - Як я можу перекласти цей посібник на іншу мову? (page 241)
  - Де знаходиться вихідний код SCP? (page 242)
  - How to install QGIS using OSGeo4W? (page 242)

## 8.1 Встановлення модуля

### 8.1.1 Як встановити модуль вручну?

SCP може бути встановлений вручну (це може бути корисно, коли відсутнє Інтернет-з'єднання або необхідне встановлення на багатьох комп'ютерах) наступним чином:

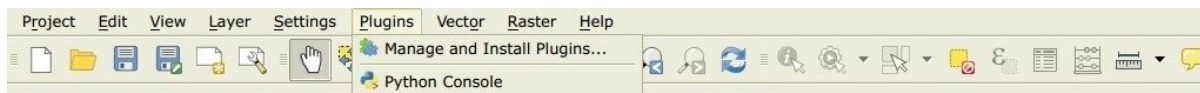
1. завантажте zip-архів SCP з <https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationPlugin/archive/master.zip> ;
2. розпакуйте вміст архіву (декілька файлів таких як COPYING.txt та каталогів таких як ui) у новий каталог з назвою SemiAutomaticClassificationPlugin (без -master);
3. open the QGIS plugins directory (in Windows usually C:\Users\username\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default/python/plugins) and delete the folder SemiAutomaticClassificationPlugin if present;
4. скопіюйте каталог SemiAutomaticClassificationPlugin до каталогу модулів QGIS;
5. модуль встановлено; запустіть QGIS, відкрийте Plugin Manager та переконайтесь, що Semi-Automatic Classification Plugin увімкнено.

### 8.1.2 Як встановити модуль з офіційного репозиторія SCP?

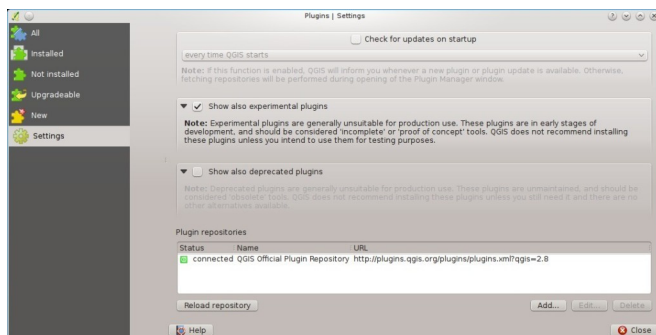
SCP можливо встановити, використовуючи офіційний репозиторій. Цей репозиторій забезпечує встановлення самої останньої версії SCP (**master**), подекуди ще до того, як вона з'явиться в репозиторії QGIS. Це може знадобитись, коли ви потребуєте виправлення помилки або нової функції, яка ще недоступна у версії, наявній в офіційному репозиторії QGIS. Крім того, версія **master** з репозиторію SCP може бути встановлена одночасно з версією, доступною з офіційного репозиторію QGIS.

Для того, щоб встановити модуль з репозиторію SCP, виконайте наступні кроки:

- Run QGIS;
- З головного меню виберіть *Plugins* > **Manage and Install Plugins**;



- Клацніть **Settings** та натисніть кнопку **Add**;



- В **Repository details** введіть:

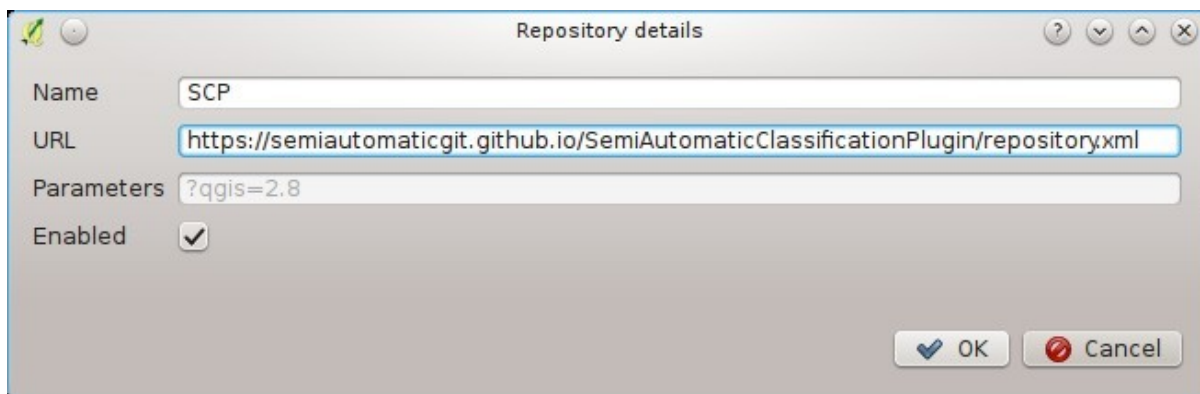
Назва:

SCP

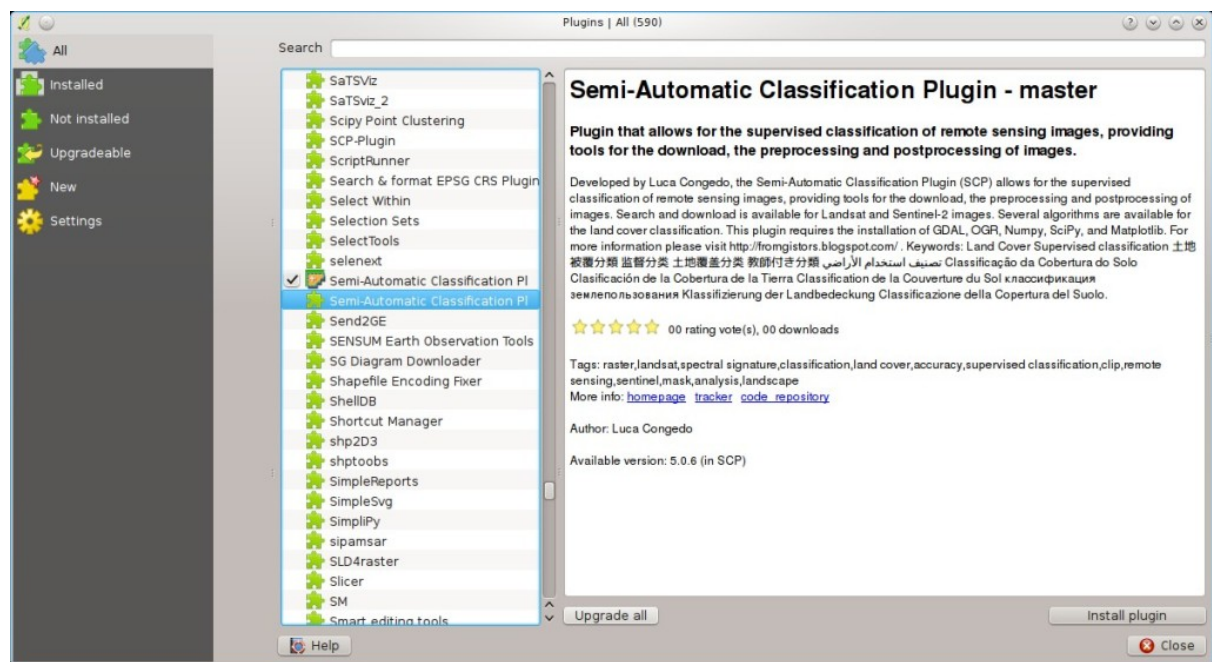
URL:

<https://semiautomaticgit.github.io/SemiAutomaticClassificationPlugin/repository.xml>

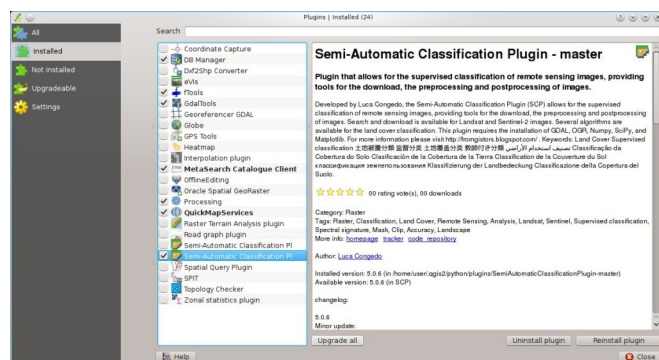
та клацніть **OK**;



- Після оновлення репозиторію елемент **Semi-Automatic Classification Plugin - master** повинен бути у переліку з іншими модулями;



- З меню All виберіть Semi-Automatic Classification Plugin - master та натисніть кнопку Install plugin; найбільш остання версія SCP повинна бути автоматично активована (ігноруйте помилки, для завершення встановлення SCP може знадобитись перезапуск QGIS); можливо вимкнути інший SCP, встановлений з репозиторію QGIS;



## 8.2 Передоброблення

### 8.2.1 Які канали зображення потрібно використовувати для напівавтоматичної класифікації?

Загалом, бажано уникати термальних інфрачервоних каналів. Якщо ви використовуєте Landsat 4, 5 або 7, то вам слід обирати канали : 1, 2, 3, 4, 5, 7, уникаючи каналу 6, який є термальним інфрачервоним; для Landsat 8 ви повинні обирати канали: 2, 3, 4, 5, 6, 7. Каналу 1 Landsat 8 зазвичай уникають, тому що він дуже подібний до синього каналу і переважно використовується для вивчення аерозолів зони узбережжя. Термальний інфрачервоний канал Landsat виключається з класифікації, тому що його значення переважно пов'язані з температурою об'єктів.

Для зображень Sentinel-2 можна використовувати канали: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11, 12.

### 8.2.2 Які канали Landsat можуть бути перераховані SCP у відбивальність?

All Landsat 1,2, and 3 MSS and Landsat 4, 5, 7, and 8 images downloaded from <http://earthexplorer.usgs.gov/> and processed with the Level 1 Product Generation System (LPGS) can be converted to



reflectance automatically by the SCP; products generated by the LPGS have a MTL file included that is required for the conversion.

### 8.2.3 Чи можна застосувати перерахунок до зображень Sentinel-2, завантажених з Інтернет?

Так, ви можете також перерахувати зображення, завантажені з мережі (таке перерахування рекомендоване). Ви повинні перемістити всі канали (файли .jp2) та, за наявності, файл .xml назва якого містить MDT\_SAFL1C до єдиного каталогу. Потім виберіть цей каталог з *Sentinel-2 conversion* (page 61). Зображення будуть перераховані у відбивальність.

### 8.2.4 Як перераховуються зображення Sentinel-2, які мають різну розрізненість?

Під час перерахунку у відбивальність, пікселі каналів з розрізненістю 20 м розбиваються на 4 пікселі розрізненістю 10 м, які мають ті ж самі значення, що і оригінальний піксель розрізненістю 20 м. Мета такого перетворення це перерахунок для всіх каналів без зміни оригінальних значень.

### 8.2.5 Чи можна застосувати перерахунок даних Landsat та корекцію DOS до обрізаних каналів?

Так, ви можете провести відтинання знімків до того, як перераховувати у відбивальність, а потім скопіювати файл MTL (який міститься в оригінальному наборі даних Landsat) до каталогу з обрізаними каналами. Якщо ви бажаєте застосувати корекцію DOS (яка є відносною технікою, що ґрунтується на знімку), то потрібно спочатку перерахувати оригінальні дані каналів Landsat (для всього зображення), а після цього провести відтинання виходових результатів перерахунку (тобто каналів, перерахованих у відбивальність).

### 8.2.6 Чи можна застосовувати корекцію DOS до каналів з чорною межею (тобто зі значеннями NoData)?

Якщо ви бажаєте застосувати корекцію DOS до всього каналу, що містить значення NoData (чорна межа з значеннями = 0), то потрібно увімкнути перемикач **Застосувати значення NoData** та призначити значення 0. Це пояснюється тим, що DOS є відносною технікою, що ґрунтується на зображенні, і значення NoData повинні бути виключені з розрахунку.

### 8.2.7 Як прибрати з зображення хмарний покрив?

Корекція DOS1 не прибирає хмарність з зображення. Однак, знімки Landsat 8 включають канал 9, який ідентифікує хмари (див. цей [сайт NASA](#)). Ви можете застосувати цей канал для створення маски.

Для інших супутників Landsat хмари можуть бути масковані за допомогою підходу, описаного в цій [статті](#).

Also, see the following [video-tutorial](#).

### 8.2.8 Чому після панхроматичного об'єднання (пан-шарпенінгу) зображень Landsat 8 канали NIR все одно мають розрізненість 30 м?

Landsat 8 panchromatic band doesn't acquire in the Near Infrared (NIR) region (see *Landsat Satellites* (page 119)). Therefore, the pan-sharpening process can't improve the resolution of NIR and SWIR bands

(see *Панхроматичне об'єднання* (page 136)), which appear to have 30m resolution. However, all pan-sharpened rasters have 15m resolution to allow raster calculation.

## 8.3 Оброблення

### 8.3.1 Я отримую помилки класифікації. Як я можу покращити точність?

Деякі матеріали мають подібні спектральні сигнатури (наприклад, відкритий ґрунт та забудова або ліс та інші типи щільної низькорослої рослинності), які можуть призводити до помилок класифікації, якщо ROI та їх спектральні сигнатури отримані некоректно. Для покращення результатів ви можете спробувати зібрати більше ROI на таких ділянках, щоб навчити алгоритм розпізнавати ці дуже подібні класи. Також відображайте спектральні сигнатури таких територій на *Графік спектральних сигнатур* (page 102), щоб оцінити їх подібність. Ви можете використати *Signature threshold* (page 50) для цих сигнатур, щоб зменшити їх мінливість (лише пікселі дуже подібні до входових сигнатур будуть класифіковані). *Класифікація сигнатур земного покриття* (page 130) також корисний для класифікації деяких матеріалів, які спектрально подібні до інших.

### 8.3.2 Чи можливо використовувати одні і ті самі навчальні входові дані для декількох зображень?

Так, це можливо, якщо всі зображення мають однакову кількість каналів. Однак, якщо зображення отримані у різні місяці, зміни земельного покриття (особливо, стан рослинності) впливатимуть на спектральні сигнатури (тобто один і той самий піксель матиме різні спектральні сигнатури у різні періоди). Атмосферні ефекти також можуть по-різному впливати на зображення. Це може знизити точність класифікації. Тому доцільно завжди збирати ROI та спектральні сигнатури для кожного зображення.

### 8.3.3 Яка різниця між класами та макрокласами?

Дивіться будь ласка *Класи та макрокласи* (page 125).

### 8.3.4 Чи можу я використовувати SCP для обробки зображень, отриманих дронами, або аерофотознімків?

Так, ви можете працювати з ними, якщо вони мають не менше 4 каналів. Якщо кількість каналів менша, то напівавтоматичні алгоритми не здатні вірно класифікувати земельний покрив. Існують також альтернативні методи класифікації, такі наприклад як об'єктно-орієнтована класифікація, не реалізована у SCP.

### 8.3.5 Чому при визначенні температури поверхні використовується лише канал 10 Landsat 8?

Було розроблено декілька методів для оцінювання температури земної поверхні. Метод оцінювання температури, описаний в навчальному практикумі, потребує лише одного каналу. Більше того, USGS рекомендує користувачам утримуватись від урахування даних каналу 11 Landsat 8 при кількісному аналізі даних теплового інфрачервоного сенсора (див. *Зміни в даних теплового інфрачервоного сенсора (TIRS) від USGS*).

## 8.4 Застереження


### 8.4.1 Застереження [12]: Дана сигнатура буде виключена при використанні алгоритму Максимальної вірогідності. Чому?

ROI занадто маленька (або занадто однорідна) для алгоритму *Максимальної вірогідності* (page 127), тому що ця ROI має сингулярну (вироджену) матрицю коваріації. Ви повинні створити більшу ROI або не використовувати алгоритм Максимальної вірогідності для класифікації.

## 8.5 Помилки

### 8.5.1 Як я можу повідомити про помилку?

Якщо ви виявили помилку Semi-Automatic Classification Plugin, будь ласка виконайте ці кроки, щоб зібрати необхідну інформацію (файл журналу):

1. закрийте QGIS, якщо вона відкрита;
2. open QGIS, open the Plugin tab *Debug* (page 101) and check the checkbox  *Records events in a log file* ;

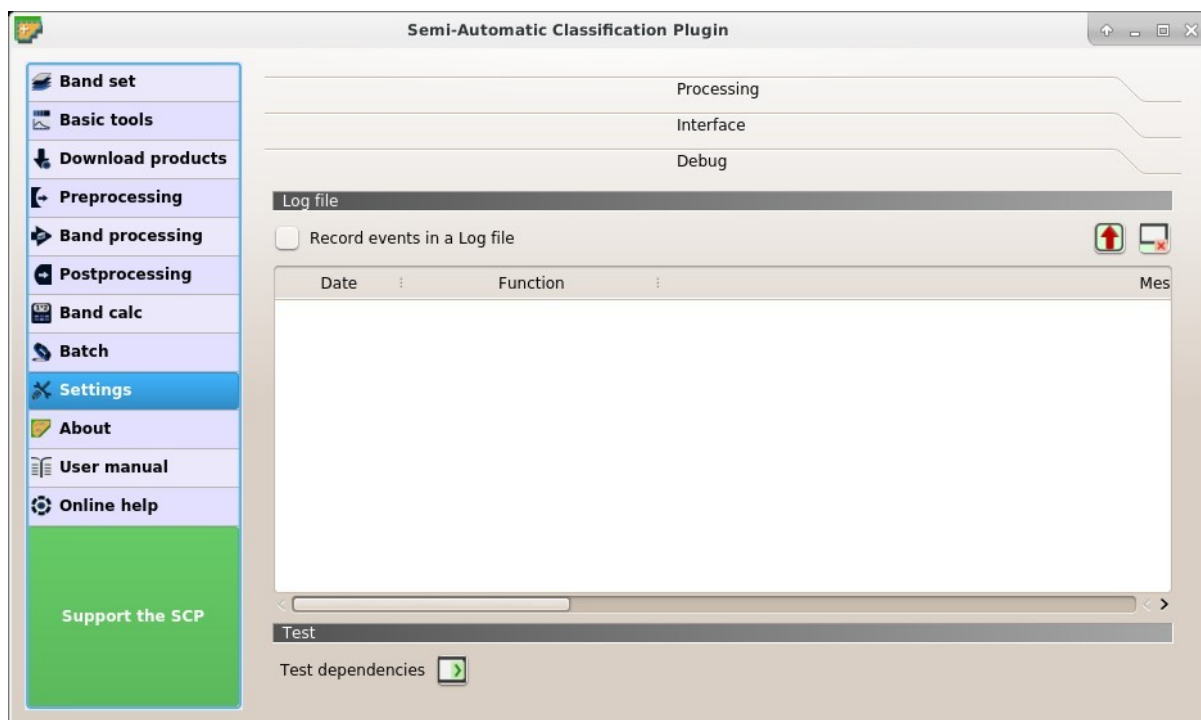



Fig. 1: Налаштування

3. click the button *Test dependencies*  in the tab *Debug* (page 101) ;
4. завантажте дані до QGIS (або відкрийте проект QGIS, що був збережений раніше) та повторіть
  - якщо проблема імовірно пов'язана з даними зображення, будь ласка використайте *цей тестовий набір даних* ;
5. якщо з'являється повідомлення про помилку (як на наступному рисунку), скопіюйте весь вміст повідомлення до текстового файлу;

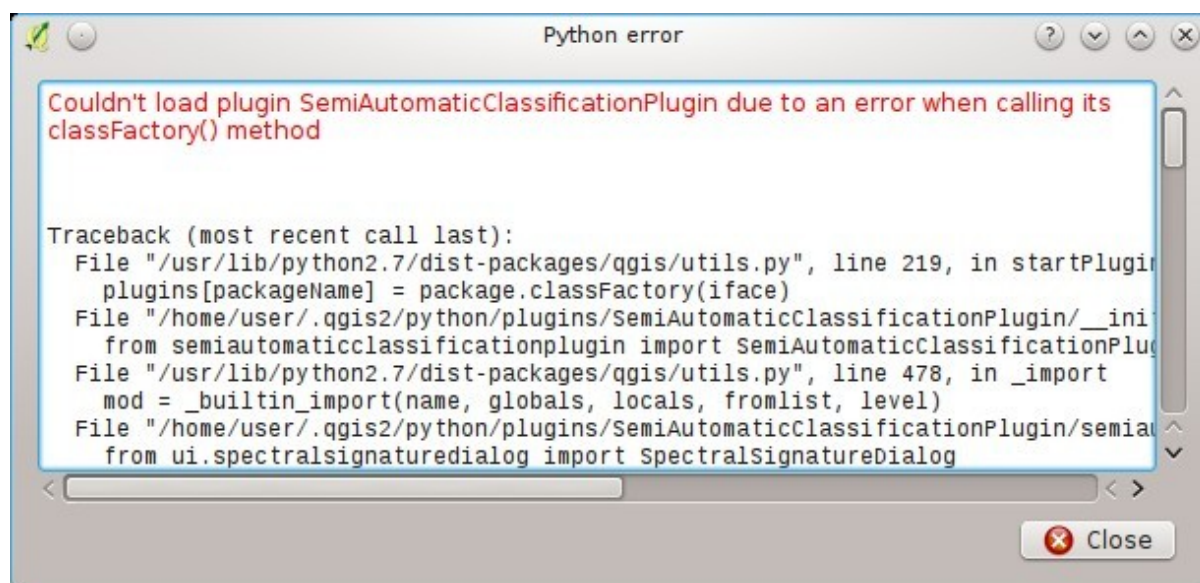




Fig. 2: Повідомлення про помилку

6. open the tab *Debug* (page 101) and uncheck the checkbox  *Records events in a log file*, then click the button  and save the **log file** (which is a text file containing information about the Plugin processes);
7. відкрийте **log-файл** та скопіюйте весь його вміст;
8. join the Facebook [group](#) , create a new post and copy the error message and the **log file** (or attach them).

### 8.5.2 Проблеми зі створенням віртуального растра. Чому?

Автоматичне створення віртуального растра після перерахунку даних Landsat у відбивальність для проведення класифікації не вимагається. Помилки можуть траплятись якщо вихідний шлях призначення містить спеціальні символи (такі як літера зі знаком наголосу) або пробіли; спробуйте перейменувати каталоги (наприклад, перейменувати з `new directory` у `new_directory`). Якщо ви все одно отримуєте ту ж саму помилку, то можете створити віртуальний растр вручну.

### 8.5.3 Помилка „Модуль пошкоджено. Python повідомив: ascii“. Чому?

It could be related to a wrong installation. Please, uninstall QGIS and install it again with administrative rights. Then run QGIS and try to install the plugin following the *Встановлення модуля* (page 3) guide.

Також це може бути пов'язано з іменем користувача, що містить спеціальні символи. Будь ласка спробуйте нове встановлення, створивши нового користувача з іменем без спеціальних символів (наприклад, `user`).

### 8.5.4 Помилка [50] „Помилка Internet“. Неможливо завантажити зображення Sentinel-2. Чому?

The error message usually includes some information about the issue. First, check the user name and password. If the account registration was recent, it could take a few days to complete the process for allowing the download from SCP.

Також, можуть бути переривання в роботі сервісу. Для зображень Sentinel-2 будь ласка перевірте цей веб-сайт <https://scihub.copernicus.eu/news/> на предмет повідомлень щодо стану сервісу.

Якщо ви все одно отримуєте ту ж саму помилку, будь ласка виконайте наступні кроки *Як я можу повідомити про помилку?* (page 237).

### 8.5.5 Помилка встановлення модуля, можливо відсутні залежності. Чому?

The plugin requires the installation of GDAL, NumPy, SciPy and Matplotlib, which should be installed along with QGIS. If the plugin installation fails, and you get a message about possible missing dependencies, you should try to install or update QGIS and the required dependencies. Notice that in order to avoid this error, python dependencies should not be installed through Anaconda.

## 8.6 Різне

### 8.6.1 Що я можу робити з SCP?

SCP дозволяє проводити **класифікацію земельного покриття** зображень дистанційного зондування за допомогою *Контрольована класифікація* (page 123). Ви можете створити растр земельного покриття, використавши один з *Алгоритми класифікації* (page 126), доступних у SCP. Ці алгоритми потребують спектральних сигнатур або ROI в якості входових даних (для визначень будь ласка див. *Короткий вступ до дистанційного зондування* (page 115)), які визначають класи земельного покриття, що будуть ідентифіковані за зображенням.

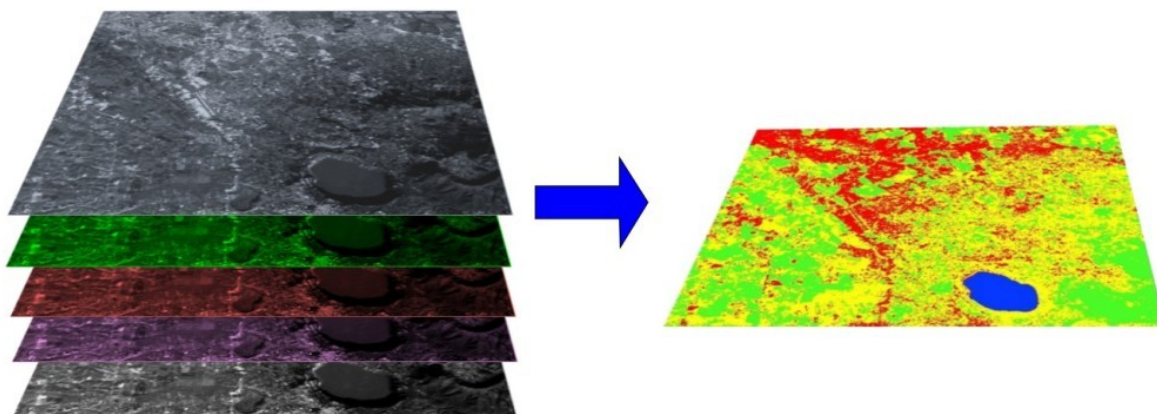


Fig. 3: Багатоспектральне зображення оброблене для створення класифікації земельного покриття (Знімок Landsat надано USGS)

SCP може працювати з **багатоспектральними зображеннями**, отриманими супутниками, літаками або дронами. Також SCP забезпечує безпосередній пошук та завантаження безкоштовних зображень (див. *Download products* (page 54)). З SCP ви не можете використовувати ортофото з менш ніж 4 каналами, дані SAR та LIDAR.

**Входове зображення** у SCP називається *Band set* (page 41), який використовується як входові дані для класифікації. SCP надає декілька інструментів для *Preprocessing* (page 58) завантажених зображень, таких як перерахунок у відбивальність та маніпулювання каналами.

**Результати класифікації** можуть бути оцінені за допомогою інструментів *Accuracy* (page 79) та *Classification report* (page 81). Також растрами можна маніпулювати з використанням інструментів *Postprocessing* (page 79) таких як *Classification to vector* (page 84), *Reclassification* (page 85), *Edit raster* (page 87) directly, *Classification sieve* (page 88), *Classification erosion* (page 90) та *Classification dilation* (page 90).



*Графік спектральних сигнатур* (page 102) та *Графік розсію* (page 107) забезпечують **аналіз спектральних сигнатур та ROI**. Крім того, декілька *Basic tools* (page 44) доступні для спрощення створення ROI та редагування спектральних сигнатур.

**Перерахунок растрів** з використанням математичних виразів та формул спектральних індексів доступний завдяки безпосередній інтеграції інструмента *Band calc* (page 91) з каналами *Band set* (page 41). Також вихідний растр може бути розрахований на підставі *Decision rules* (page 93).

Інструмент *Batch* (page 95) забезпечує автоматичне виконання декількох функцій *SCP* з використанням скриптового інтерфейсу.

See the *Базові навчальні матеріали* (page 147) for more information and examples.

## 8.6.2 Як долучитись та сприяти SCP

Ви можете зробити внесок до *SCP* через виправлення та додавання функціональних можливостей (див. *Де знаходиться вихідний код SCP?* (page 242)) або переклад посібника користувача (див. *Як я можу перекласти цей посібник на іншу мову?* (page 241)).

Also, you can donate to this project at the following link <https://fromgistors.blogspot.com/p/donations.html>.

## 8.6.3 Безкоштовні та корисні ресурси про дистанційне зондування та ГІС

The following links are valuable resources:

- The Landsat 8 Data Users Handbook by USGS;
- The Landsat 7 Science Data Users Handbook by NASA;
- Webinar: Fundamentals of Remote Sensing by NASA.
- Webinar: NASA Remote Sensing for Land Management by NASA.
- Webinar: Creating and Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Satellite Imagery by NASA.
- Webinar: Remote Sensing of Forest Cover and Change Assessment for Carbon Monitoring by NASA.
- Webinar: Introduction to Remote Sensing for Conservation Management by NASA.

## 8.6.4 Other tutorials about SCP, also in languages other than English

There are several tutorials about *SCP* on the internet. Following an incomplete list of these resources (please note that these resources could use older versions of *SCP*):

- English: Webinar by NASA ARSET about Land Cover Classification with Satellite Imagery;
- English: Recommended Practice by UN-SPIDER about Burn Severity Mapping Burn Severity with QGIS;
- English: Using the SCP QGIS plugin to download and process Sentinel 2 imagery;
- French: Télédétection des feux de forêts;
- Німецька: 2015 Jakob Erfassung von Landnutzungsveränderungen mit FOSS Image Processing Tools;
- Indonesian: Koreksi Radiometrik Menggunakan QGIS:Semi Automatic Classification;
- Italian: Classificazione e Mosaico di Varie Immagini Landsat;
- Корейська: QGIS Semi-Automatic Classification Plugin;



- Portuguese: Workshop de Detecção Remota e Processamento Digital de Imagem com o QGIS e o Semi-Automatic Classification Plugin;
- Portuguese: Classificacao supervisionada de imagens Sentinel-2 com QGIS e SCP;
- Portuguese: Avaliação do erro de uma imagem de satélite usando o QGIS e o SCP;
- Portuguese: Conversão Sentinel-2 para refletância com QGIS SCP;
- Portuguese: Criar composições coloridas no QGIS com SCP;
- Portuguese: Corte de imagem Sentinel-2 usand QGIS e SCP;
- Portuguese: Detecção Remota Com O QGIS;
- Russian: Опыт классификации космоснимка Sentinel- 2a с помощью Semi-Automatic Classification Plugin в QGIS;
- Spanish: Descarga de imágenes de satélite desde servidores públicos;
- Шведська: Landsat 8 och fjärranalys med QGIS;
- Ukrainian: Основи дешифрування плагіном Semi-Automatic Classification 5.0;
- Ukrainian: Використання Гіс Qgis Для Отримання Та Обробки Космічних Знімків Євген Василенко;

### 8.6.5 Як я можу перекласти цей посібник на іншу мову?

Цей посібник користувача легко перекласти на іншу мову, тому що він написаний мовою розмітки reStructuredText (з використанням Sphinx). Тому ваш внесок є принциповим для перекладу посібника вашою мовою. Наступна інструкція ілюструє основні кроки з перекладу, які можуть бути здійснені:

- з використанням онлайн-сервісу Transifex;
- з використанням gettext .po файлів.

Before translating, please [read this document](#) from the QGIS translation guide, which helps you understand the reStructuredText.

#### Метод 1. Переклад з використанням безкоштовного онлайн-сервісу Transifex

Це мабуть найпростіший спосіб перекладу посібника користувача з використанням онлайн-сервісу.

##### 1. Приєднайтесь до проекту Semi-automatic Classification Manual

Go to the page <https://www.transifex.com/semi-automatic-classification/semi-automatic-classification-plugin-manual> and click the button **Help translate**. You can sign in using your Google or Facebook account, or with a free registration.

##### 2. Select your language

Select your language and click the button **Join team**. If your language is not listed, click the button **Request language**.

##### 3. Переклад

There are several files to be translated, which refer to the sections of the SCP documentation. To translate the SCP interface you should select the file `semiautomaticclassificationplugin.ts`.

#### Метод 2. Переклад з використанням gettext .po файлів

Для того, щоб використовувати цей метод, ви повинні бути знайомі з GitHub. Цей метод перекладу дозволяє здійснювати переклад PO файлів локально.

##### 1. Завантажте файли перекладу

Перейдіть до проекту GitHub [https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationManual\\_v4/tree/master/locale](https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationManual_v4/tree/master/locale) та завантажте .ро файли вашої мови (ви можете додати свою мову, якщо її немає в переліку) або ви можете форкнути репозиторій. Кожний .ро файл це текстовий файл, що відповідає певному розділу посібника користувача.

## 2. Відредагуйте файли перекладу

Тепер ви можете редагувати .ро файли. Ці файли зручно редагувати з використанням наступних програм: наприклад [Poedit](#) для Windows та Mac OS X або [Gtranslator](#) для Linux або [OmegaT](#) (на основі Java) для Windows, Linux та Mac OS X. Ці редактори забезпечують простий переклад для кожного речення посібника користувача.

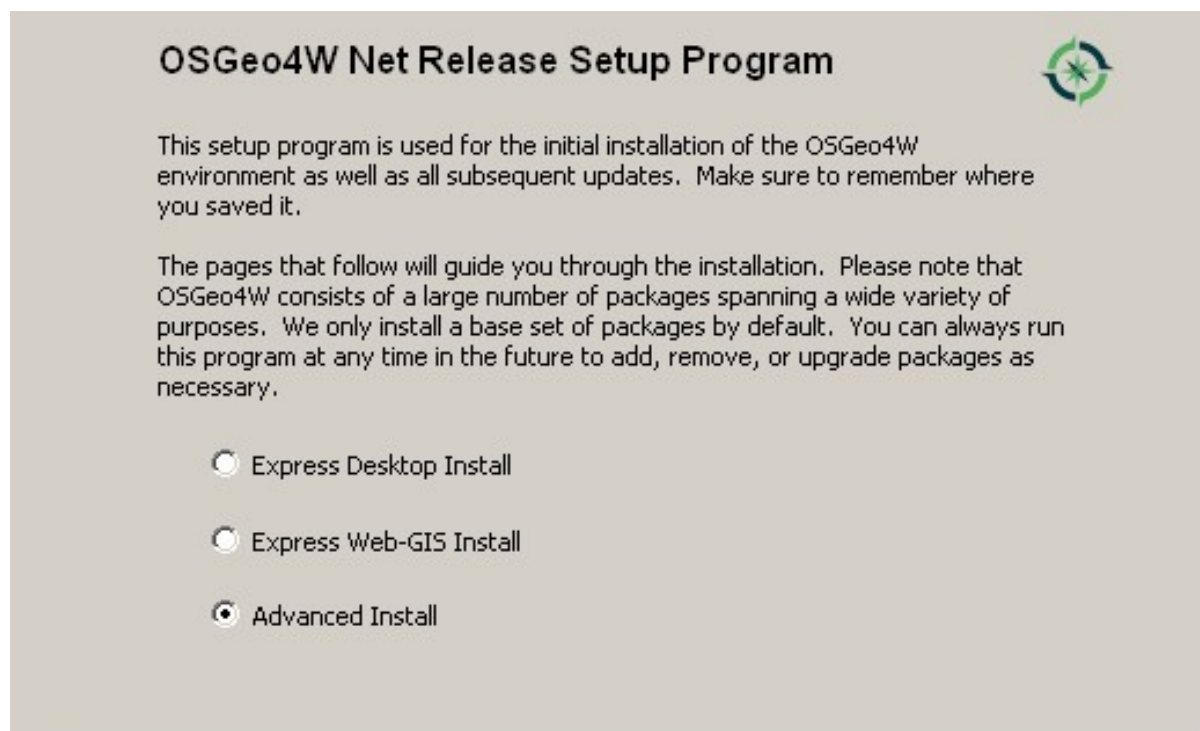
### 8.6.6 Де знаходиться вихідний код SCP?

Ви можете знайти вихідний код SPC за наступним посиланням <https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationPlugin>

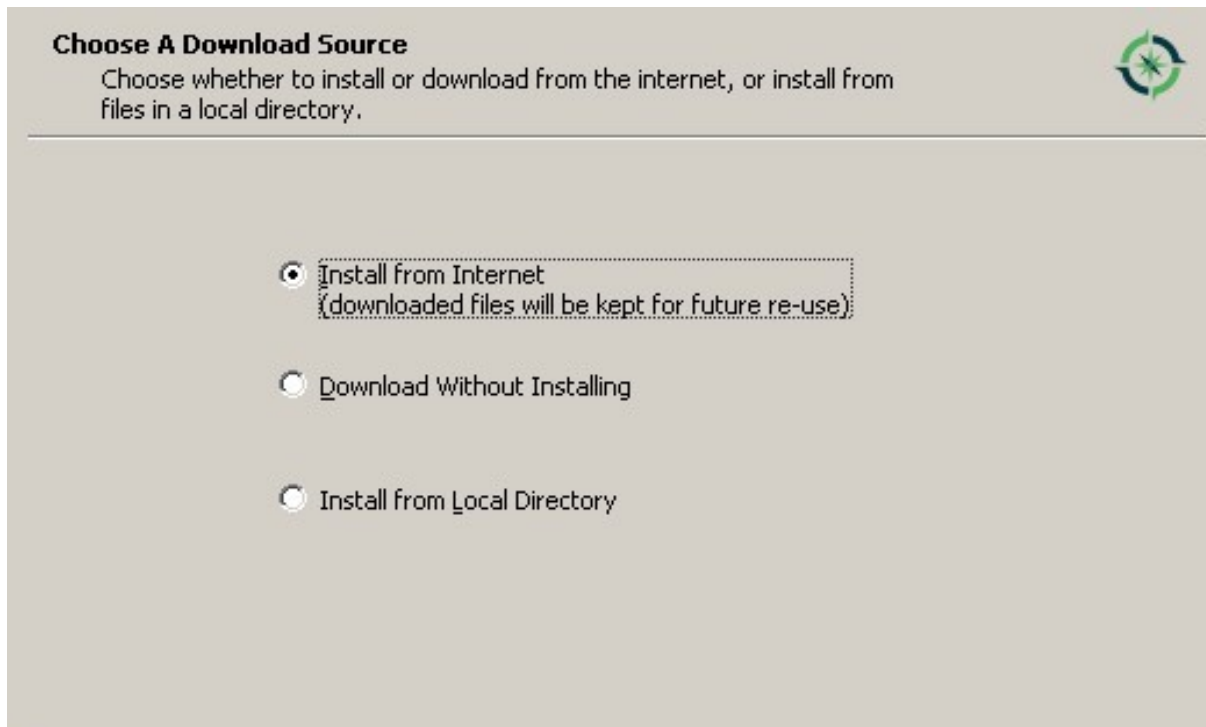
### 8.6.7 How to install QGIS using OSGeo4W?

To install QGIS, first download the [OSGeo4W installer x86](#) or [OSGeo4W installer x64](#) according to your operating system.

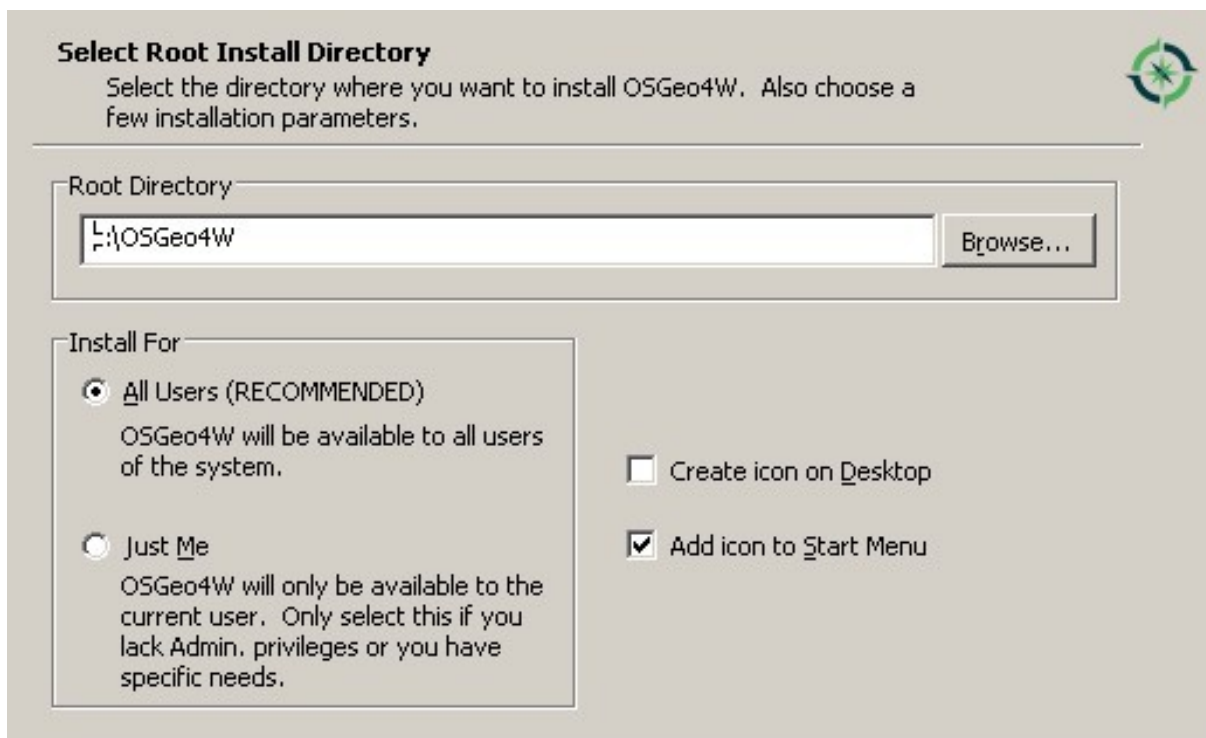
Then start the installer and select **Advanced Install**.



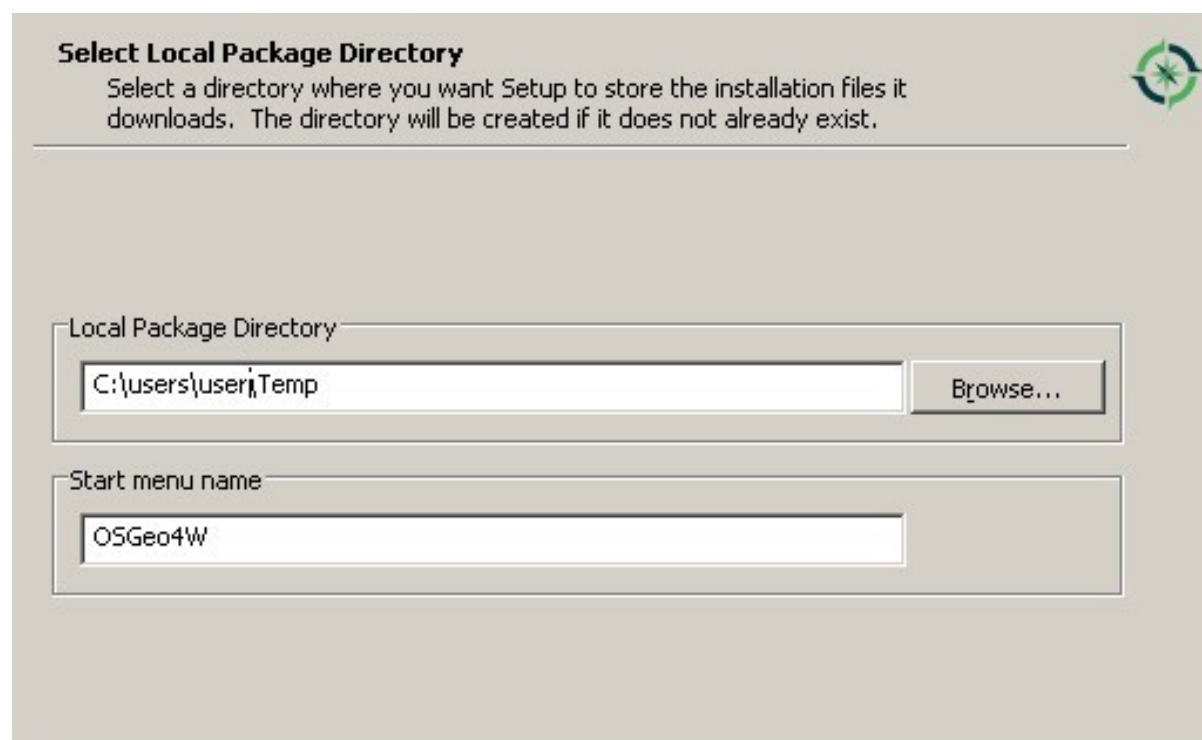
Check **Install from Internet** and click **Next**.



Select the installation directory and click Next.



Select the local package directory and click Next.



**Select Local Package Directory**

Select a directory where you want Setup to store the installation files it downloads. The directory will be created if it does not already exist.

Local Package Directory

C:\users\user\Temp Browse...

Start menu name

OSGeo4W

Select **Direct connection** (or select an internet connection option) and click **Next**.



**Select Your Internet Connection**

Setup needs to know how you want it to connect to the internet. Choose the appropriate settings below.

☒ **Direct Connection**

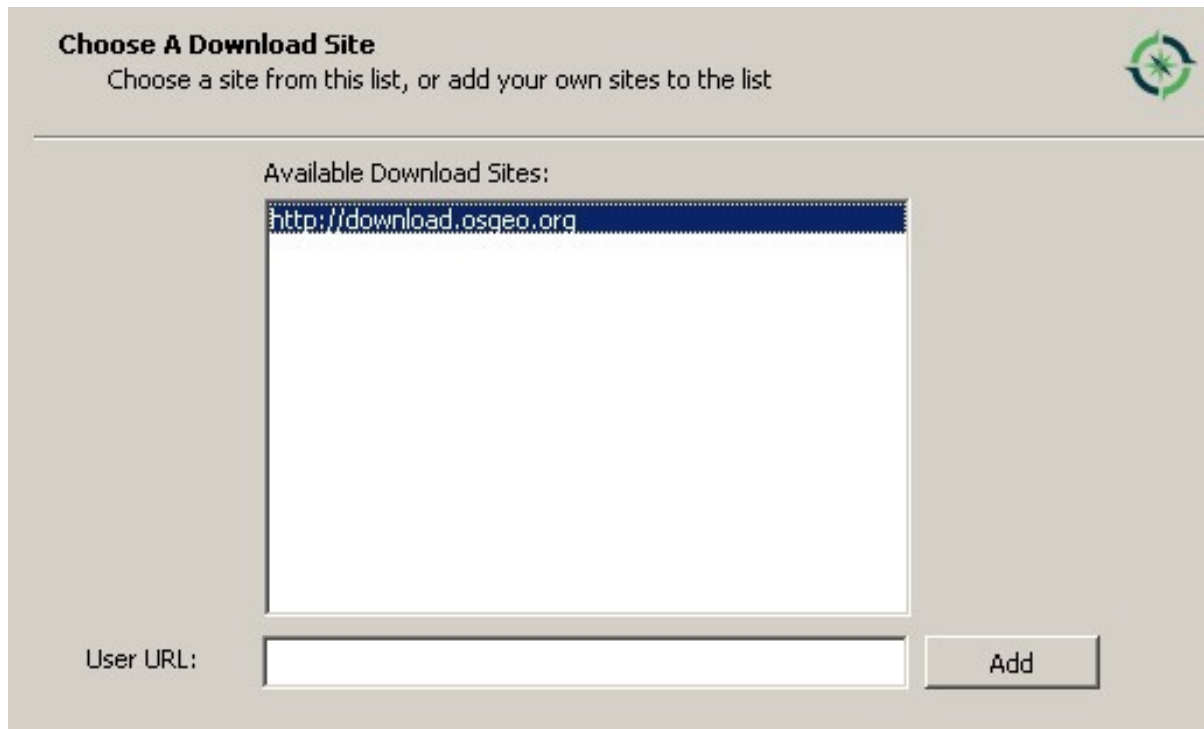
☐ Use IE5 Settings

☐ Use HTTP/FTP Proxy:

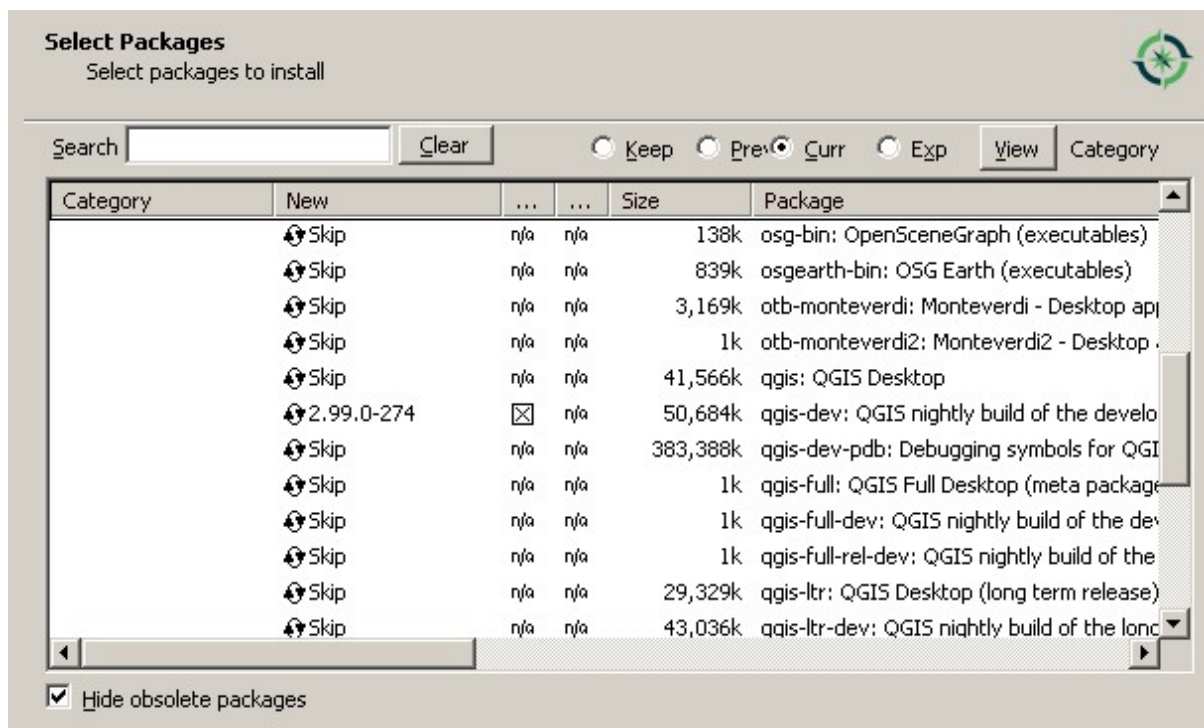
Proxy Host

Port

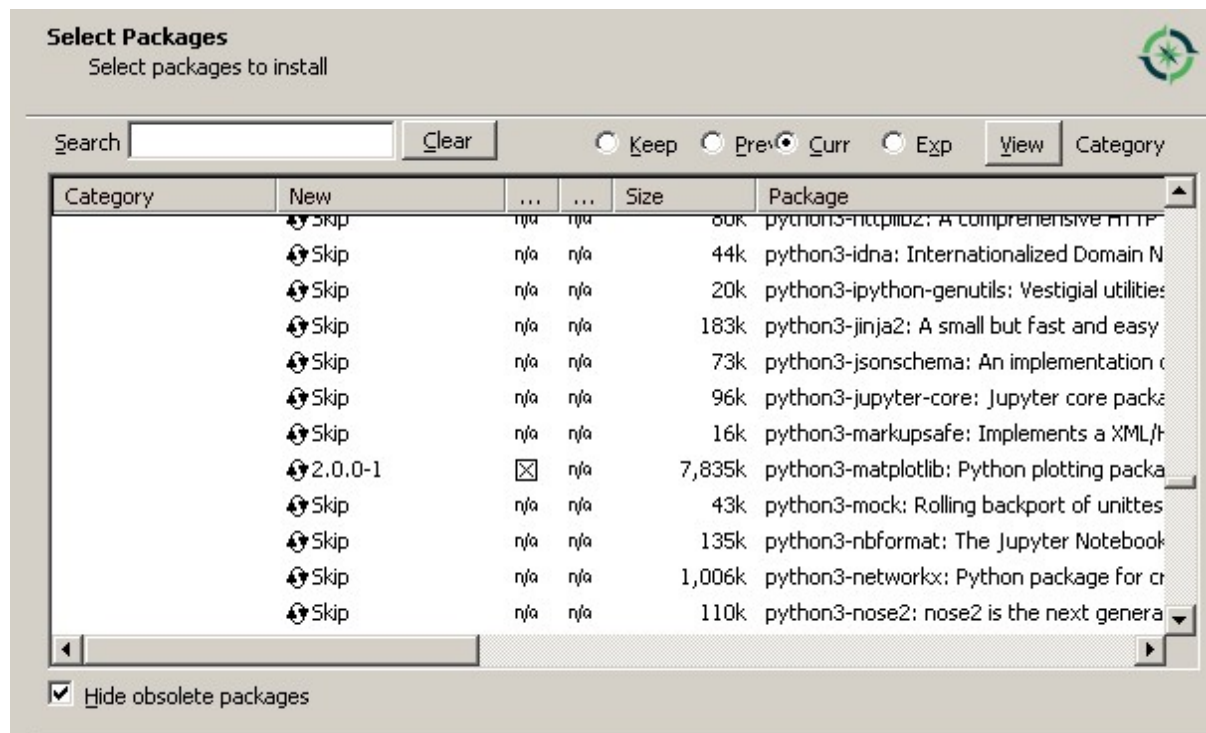
Select the first download site and click **Next**.



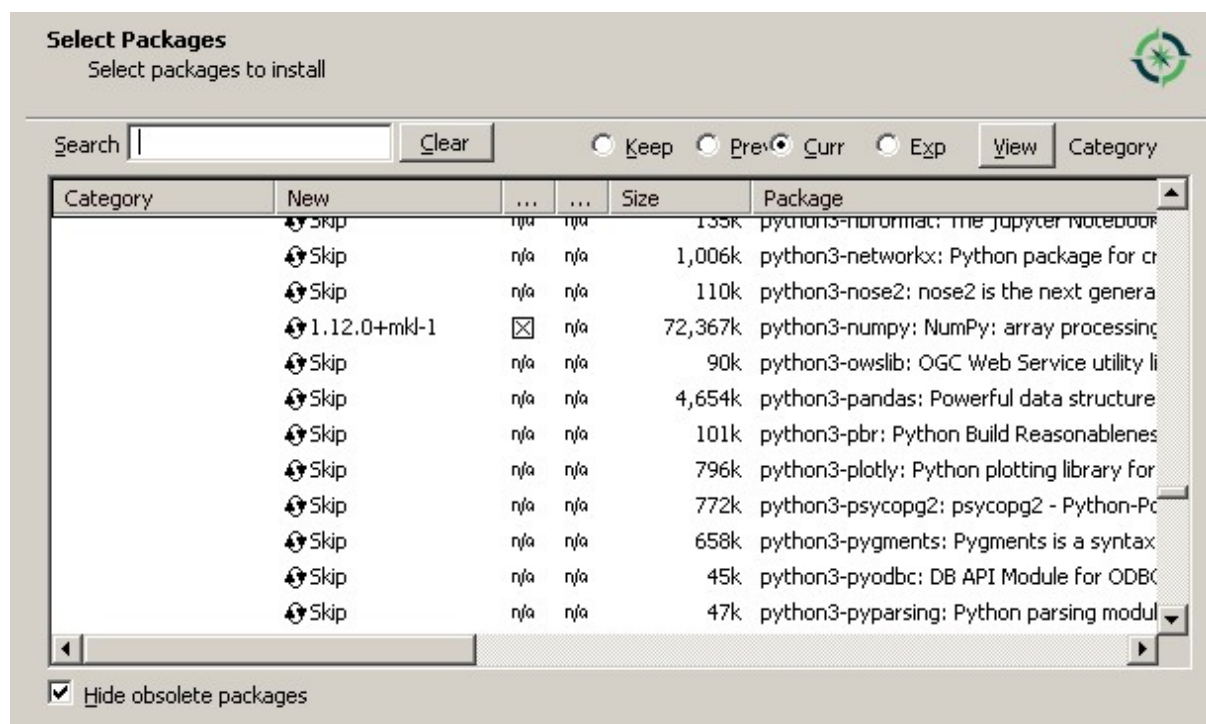
In the package list select **qgis-dev** (in category Desktop) until QGIS3 is released.



In the package list select **python3-matplotlib** (in category Libs).

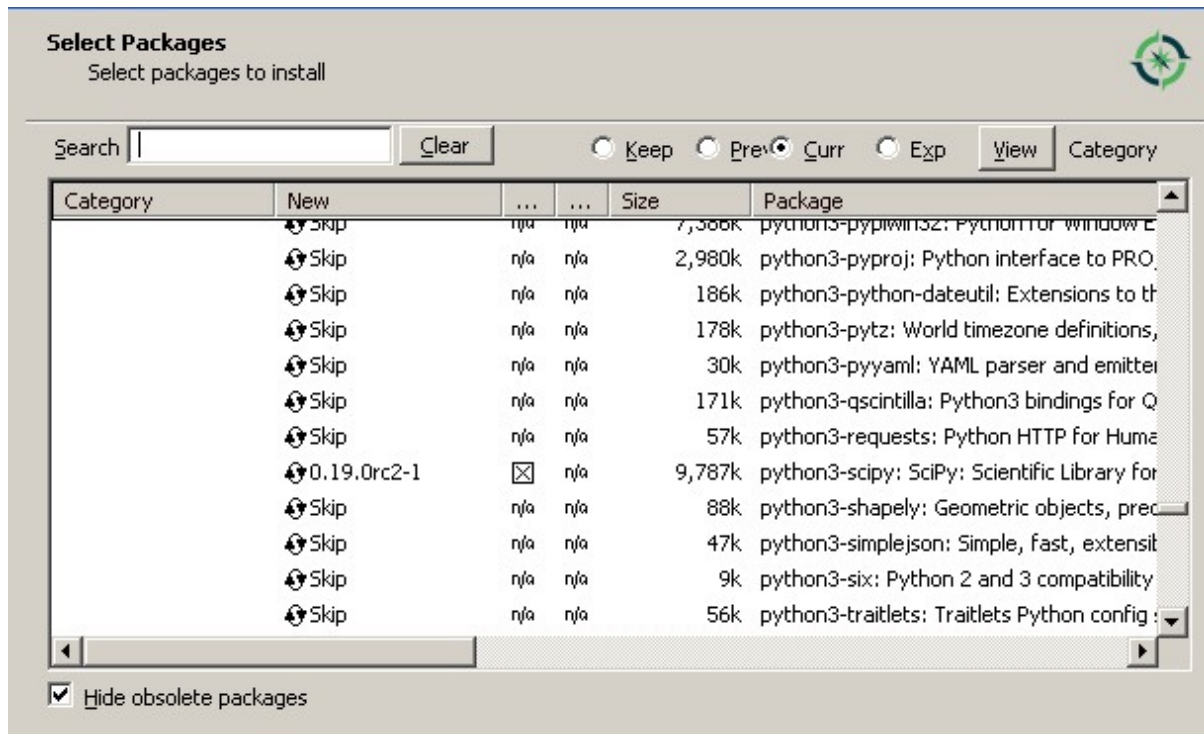


In the package list select `python3-numpy` (in category `Libs`).

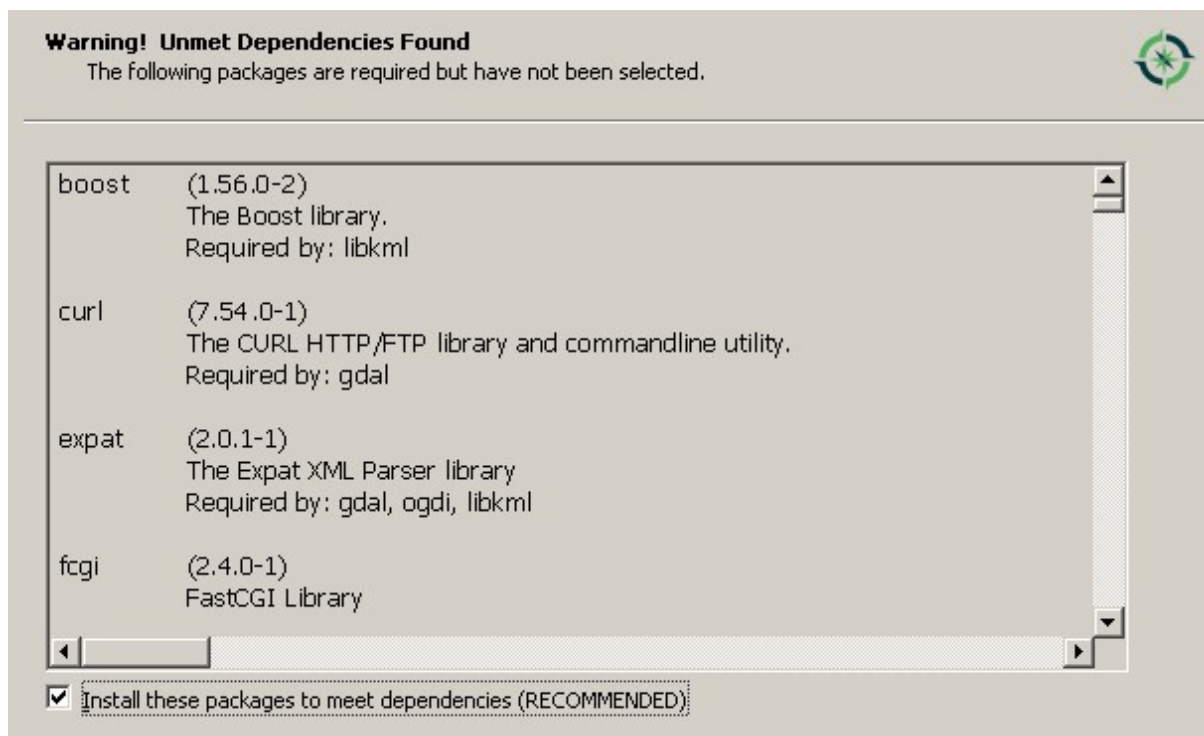


In the package list select `python3-scipy` (in category `Libs`) and click `Next`.





Click Next to install also other dependencies.



After the download, QGIS should be installed with all the required dependencies for SCP.