

Застосування дистанційного зондування в австрійській НІЛ

Клеменс Шадауер
Департамент інвентаризації лісів

Зустріч щодо використання методів дистанційного зондування для національної інвентаризації лісів

Україна, 14^{те} серпня 2024

Австрійський науково-дослідний центр лісів

BFW - це австрійський багатопрофільний навчально-дослідницький центр федерального уряду у правовій формі "установи публічного права". Ми складаємося з

- шести факультетів
- двох навчальних центрів
лісового господарства
- близько 400 співробітників



Federal Ministry for Agriculture, Regions and Water Management (BML)
 E. Moser
 Government Representative

Economic Council
 J. Schima
 Chairman

Advisory Council
 G. Rappold
 Chairman

Head Office
 P. Mayer
 Managing Director
 K. Schadauer
 Dep. Managing Director

Federal Forest Office
 P. Mayer
 Director
 H. Krehan
 Deputy Director

- Responsibilities**
- Forest Reproductive Material
S. Salzmann
 - Forest Plant Health
H. Krehan
 - Timber Trade
M. Schwach

Special Unit
 • Forest, Society and International Relations
A. Schuschnigg

Special Unit
 • Climate Impact Research Coordination
R. Jandt

- Service Units**
- Communications and Library
Ch. Lackner
 - Information Technology
H. Schaffer
 - Human Resources and Infrastructure
M. Pfeffer
 - Controlling and Finance
P. Böhm-Bawerk

<p>Department of Forest Growth, Silviculture and Genetics <i>S. Schuler</i></p> <p>Units</p> <ul style="list-style-type: none"> • Silviculture <i>W. Ruhm</i> • Forest Growth <i>Th. Ledermann</i> • Genome Research <i>B. Heinze</i> • Provenance Research and Breeding <i>M. van Loo</i> 	<p>Department of Forest Biodiversity and Nature Conservation <i>K. Lapin</i></p> <p>Units</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forest Biodiversity <i>J. Oettel</i> • Ecological Genetics <i>H. Konrad</i> • Natural Forest Reserves <i>G. Frank</i> 	<p>Department of Forest Ecology and Soil <i>E. Leitgeb</i></p> <p>Units</p> <ul style="list-style-type: none"> • Site and Vegetation <i>M. Englisch</i> • Soil Ecology <i>B. Kitzler</i> • Agricultural Soil <i>G. Aust</i> 	<p>Department of Forest Protection <i>G. Hoch</i></p> <p>Units</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plant Health and Timber Trade Control <i>H. Krehan</i> • Phytopathology <i>K. Schwanda</i> • Entomology and Forest Protection Procedures <i>B. Perny</i> • Air Pollution and Plant Analysis <i>M. Tatzber</i> 	<p>Department of Forest Inventory <i>A. Freudenschuß</i></p> <p>Units</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventory Design and Analysis <i>T. Gschwantner</i> • Assessment Methods and Survey <i>G. Niese</i> • Remote Sensing <i>K. Schadauer</i> <p>Special Unit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventory Logistics and Database <i>W. Russ</i> 	<p>Department of Natural Hazards <i>J.-Th. Fischer</i></p> <p>Units</p> <ul style="list-style-type: none"> • Snow and Avalanches <i>M. Teich</i> • Torrent Processes and Hydrology <i>G. Markart</i> 	<p>Forest Training Centre Traunkirchen <i>F. Hader</i></p> <p>Responsibilities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Training Courses • Testing of Forest Machinery and Tools • Testing and Development of Forestry Techniques and Procedures 	<p>Forest Training Centre Ossiach <i>A.-S. Pirtscher</i></p> <p>Responsibilities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Training Courses • Testing and Development of Forestry Techniques and Procedures
---	--	---	--	--	---	--	---

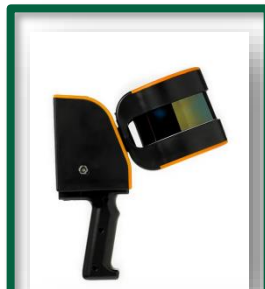
Австрійська НІЛ дистанційне зондування - загальна концепція

- Підрозділ дистанційного зондування є частиною НІЛ (поза конкуренцією)
- Робота над 2м та 3м додатками та над комбінаціями
- Для деяких нових та спеціальних розробок використовується співпраця всередині та поза межами Австрійського дослідницького центру лісів
- Інтеграція у НІЛ на основі вибірки
 - Наскільки це можливо, використовувати достовірні статистичні оцінки
- Карти можуть бути використані як додаткове джерело своєчасної інформації для лісової адміністрації та лісівників

Технології дистанційного зондування

- Сенсори

- LIDAR



- оптичний



- радар



- Платформи

- люди



- дрони



- літаки



- супутники



Технології дистанційного зондування

- Сенсори

- LIDAR



- оптичний



- радар



- Платформи

- люди



- дрони



- літаки

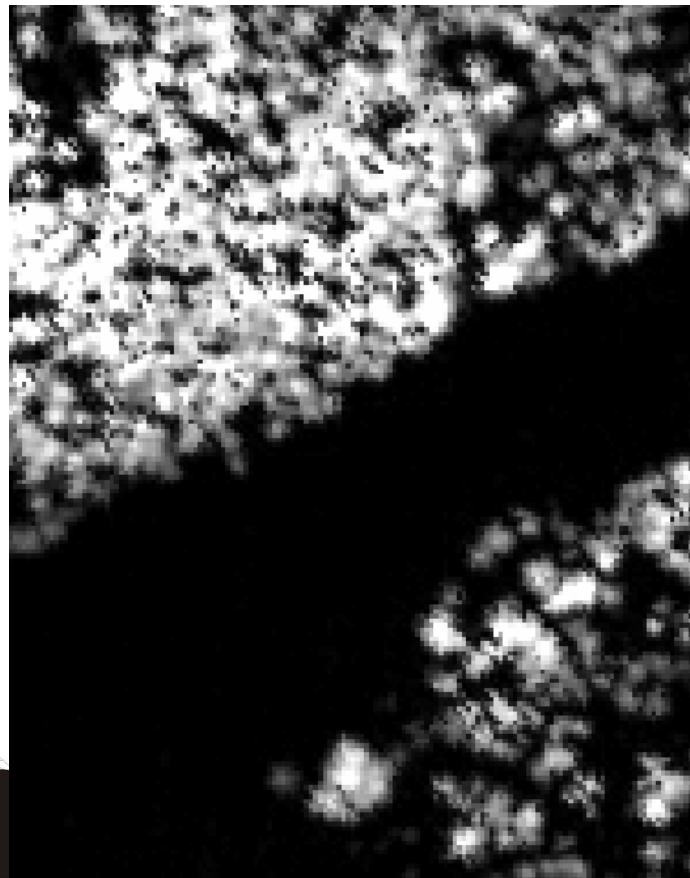
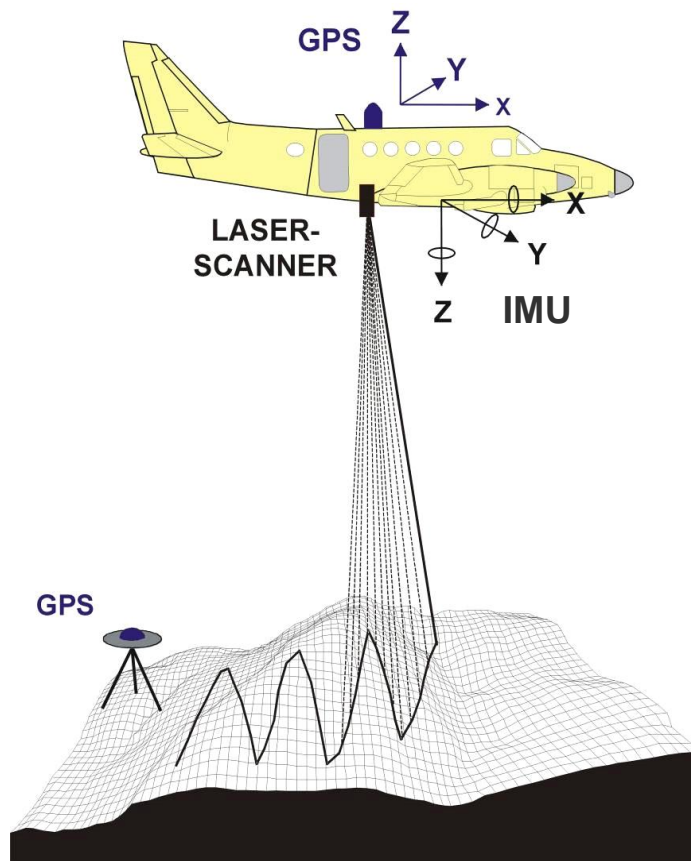


- супутники



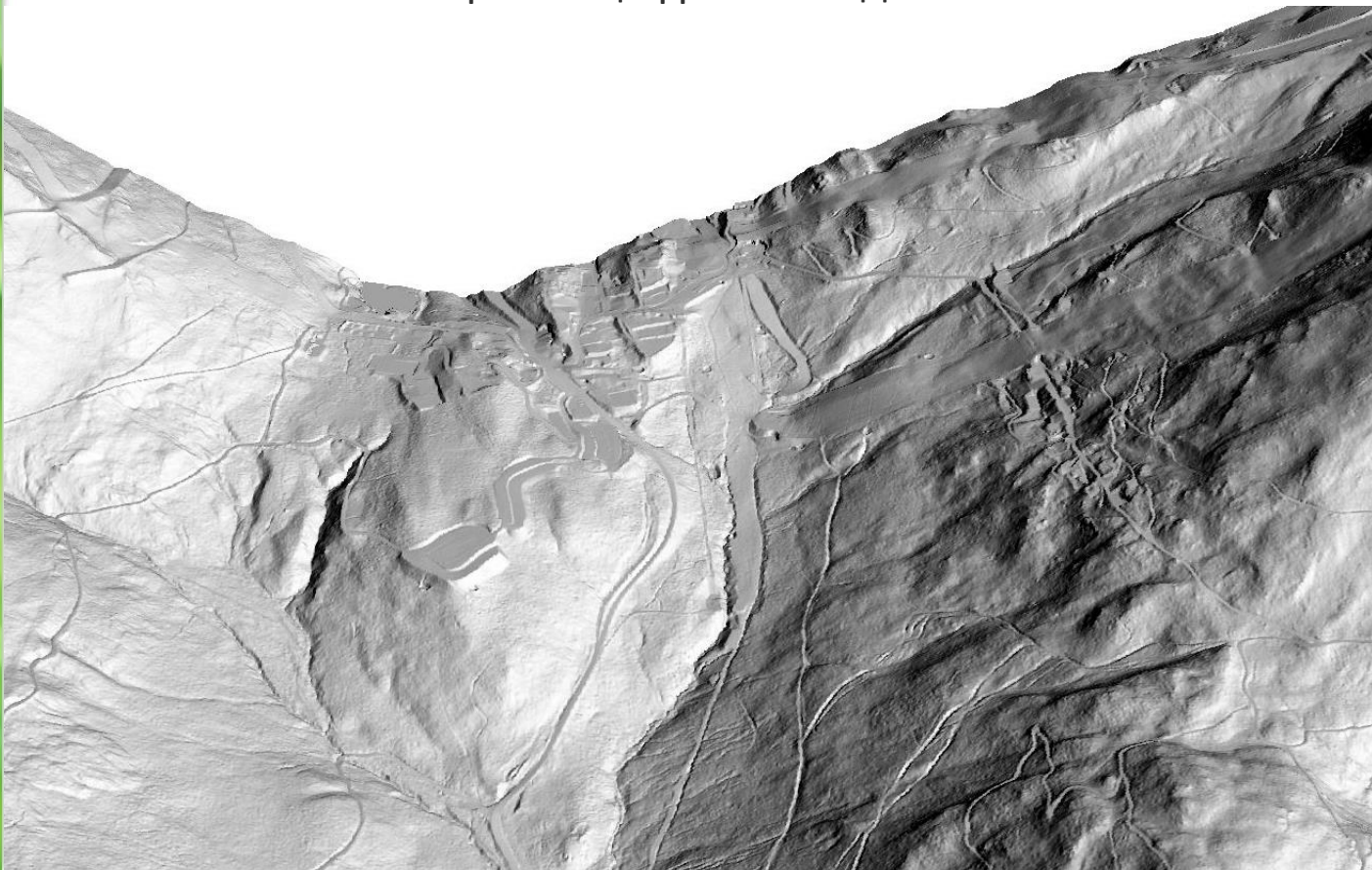
Дані дистанційного зондування

Лазерне сканування повітряного простору(LIDAR)



Дані дистанційного зондування

Створення цифрових моделей висоти



Цифрова

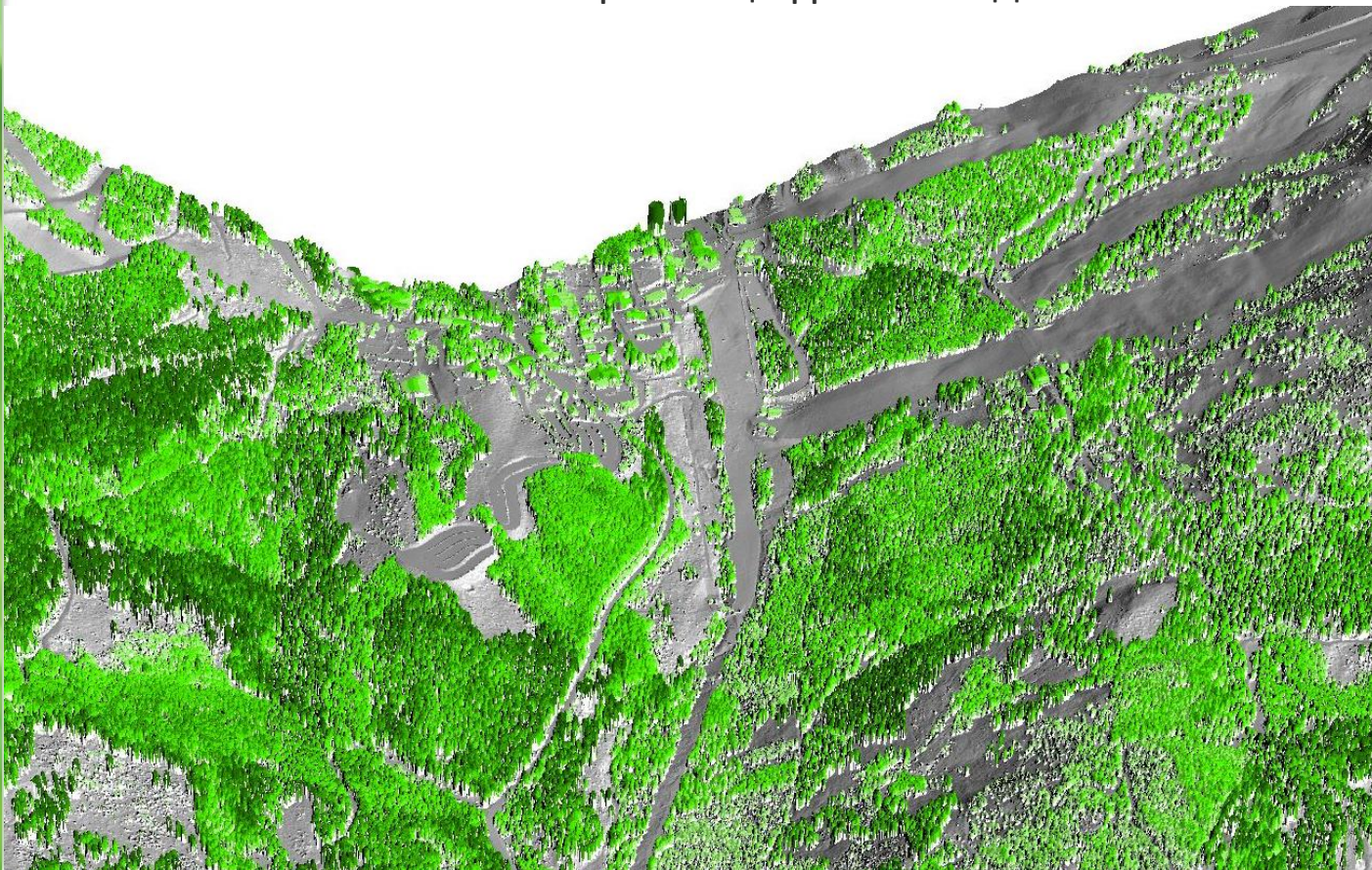
Модель

Рельєфу

DTM

Дані дистанційного зондування

Створення цифрових моделей

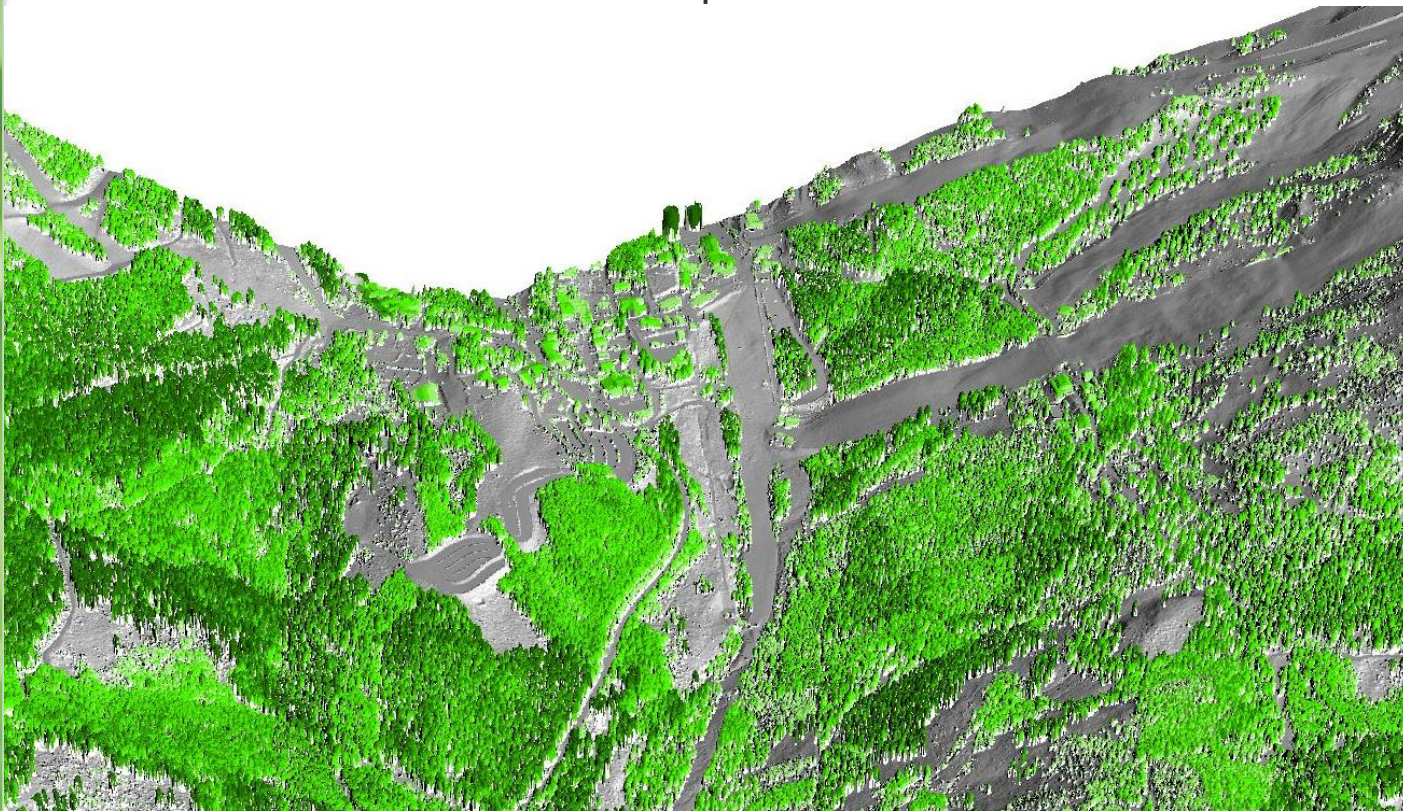


Цифрова
Модель
Поверхні
DSM

Дані дистанційного зондування



Отримання nDSM



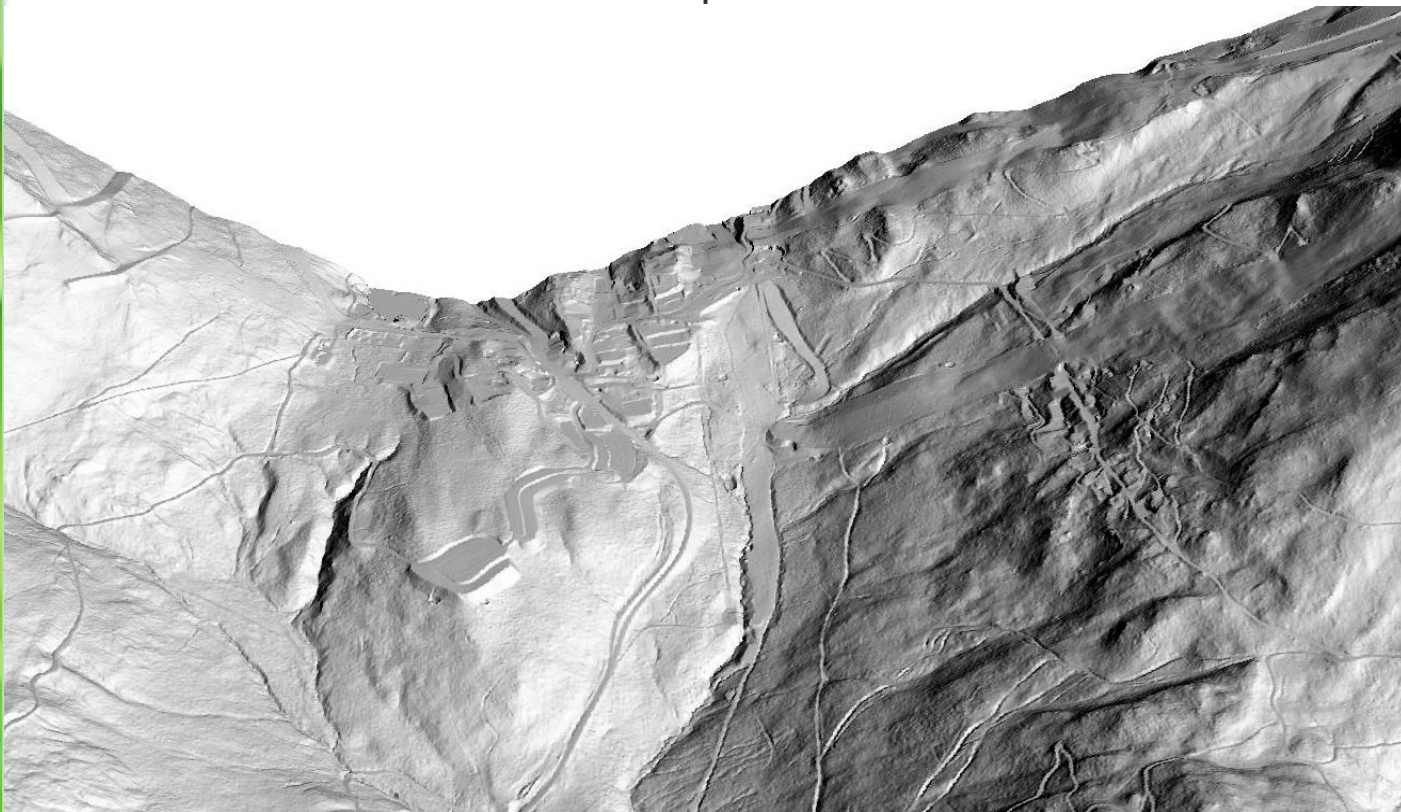
Цифрова
Модель
Поверхні
DSM

DSM

Дані дистанційного зондування



Отримання nDSM



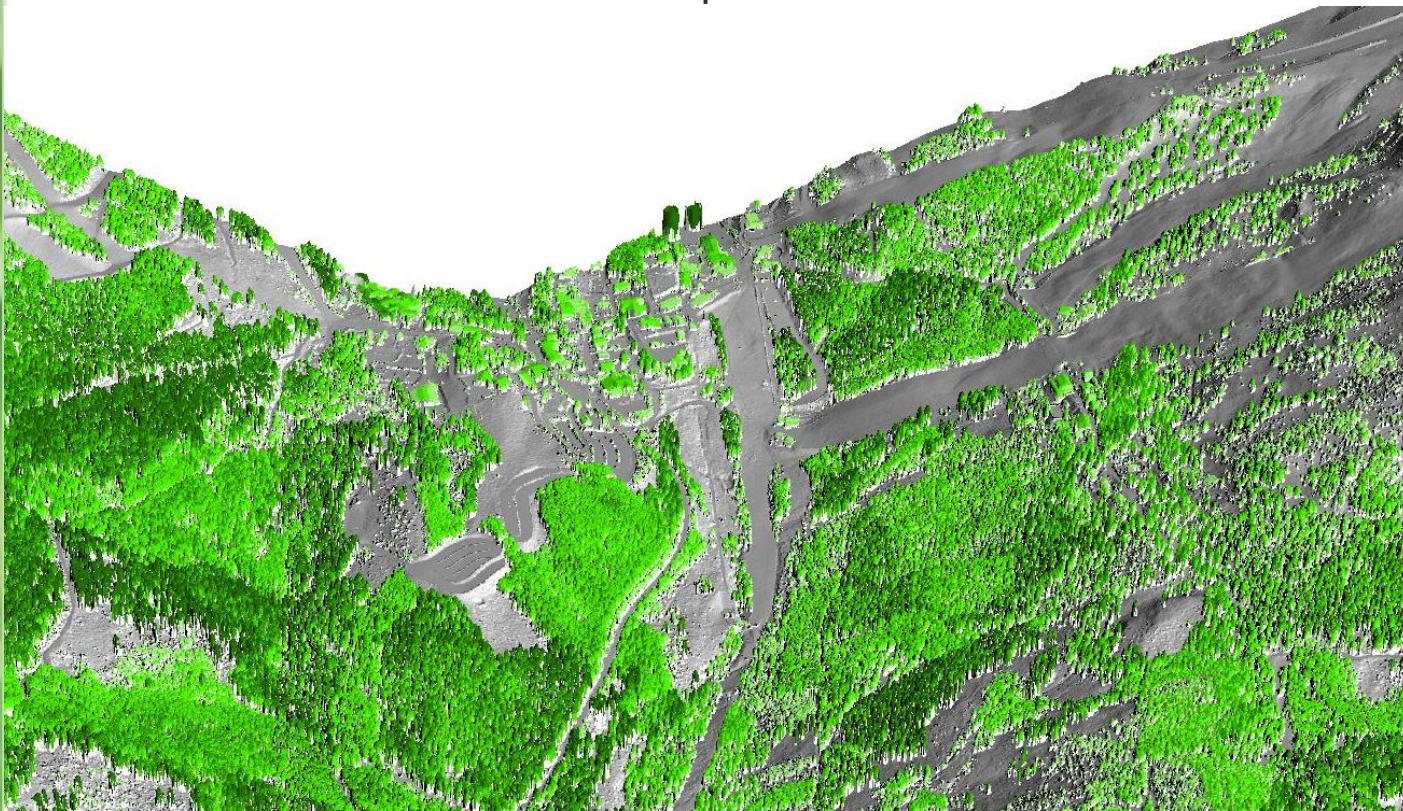
Цифрова
Модель
Поверхні
DSM

DSM - DTM

Дані дистанційного зондування



Отримання nDSM



нормалізовано

Цифрова

Модель

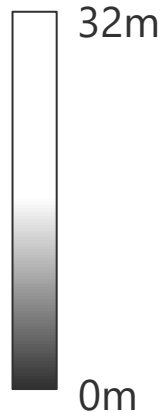
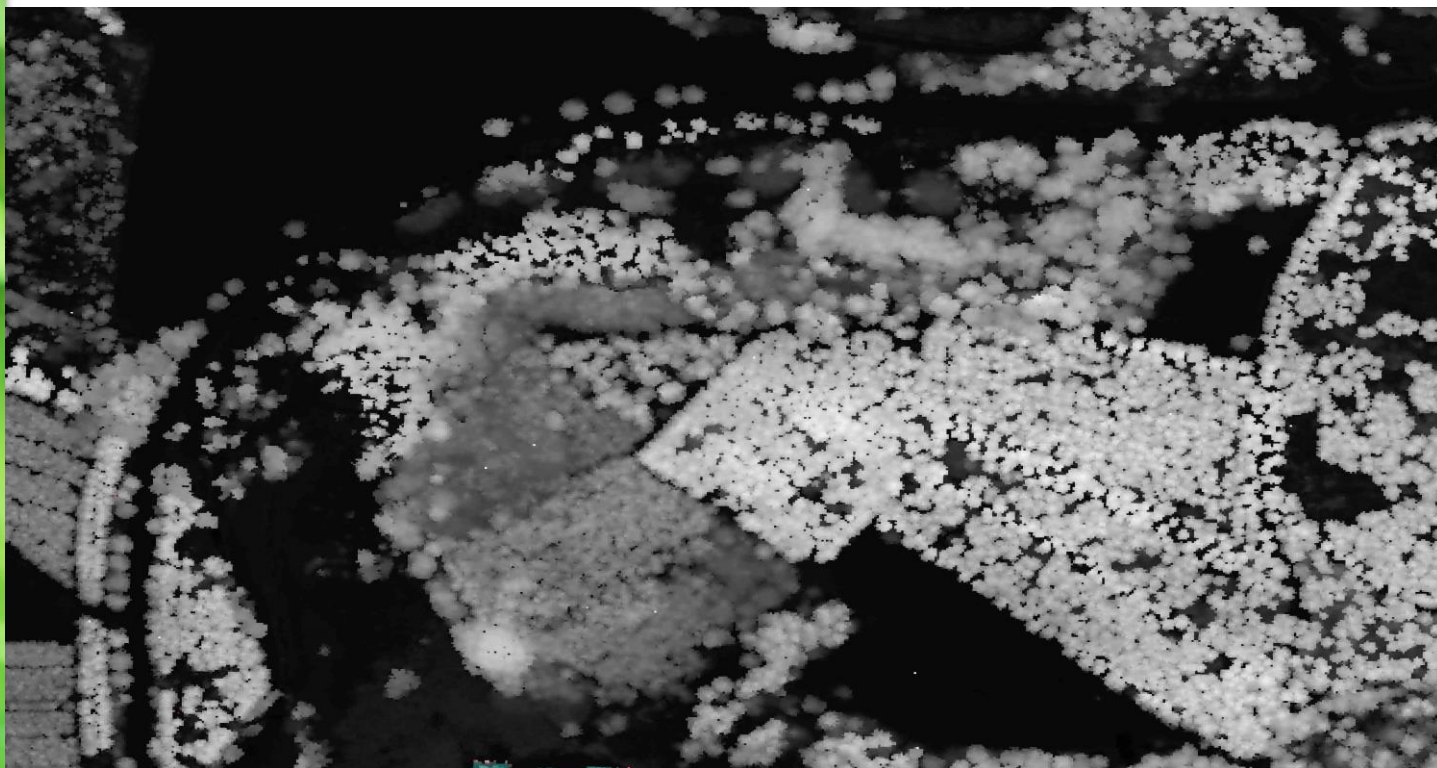
Поверхні

DSM

$$\text{DSM} - \text{DTM} = \text{nDSM}$$

Дані дистанційного зондування

Отримання nDSM (LIDAR)



nDSM = DSM - DTM

Дані дистанційного зондування



Повітряне лазерне сканування (LIDAR)

Але:

- Немає регулярних польотів LIDAR для всієї Австрії
- В основному використовується для цифрової моделі рельєфу DTM
- Регулярні оновлення не є настільки важливими



$$nDSM = DSM - \boxed{DTM}$$

Технології дистанційного зондування

- Сенсори

- LIDAR



- оптичні



- радар



- Платформи

- люди



- дрони



- літаки



- супутники

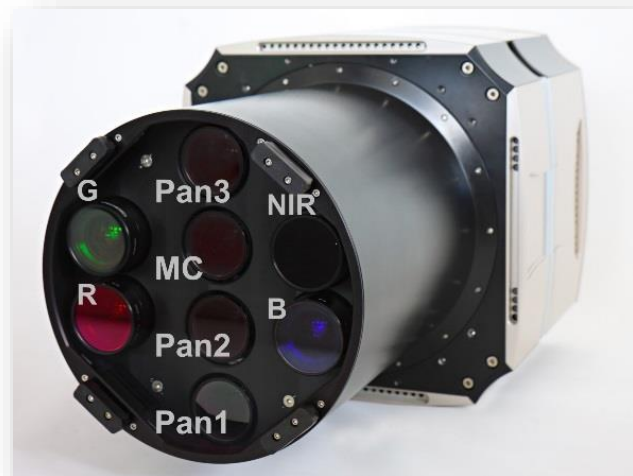
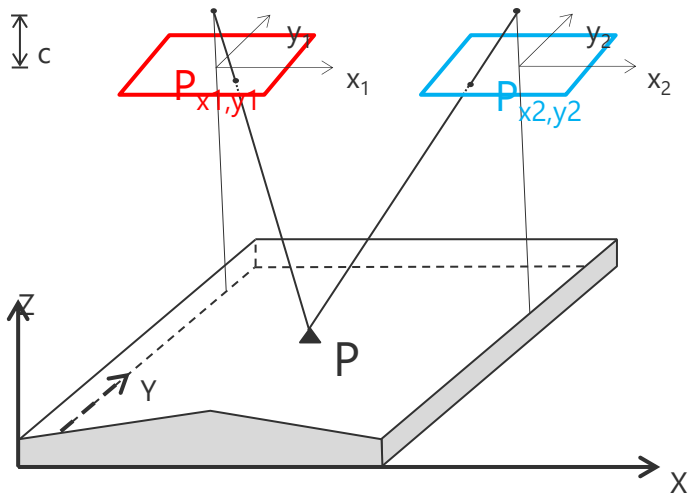


Дані дистанційного зондування



Зіставлення зображень

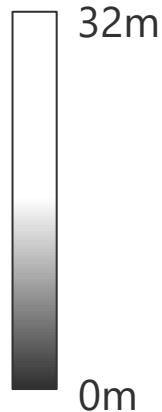
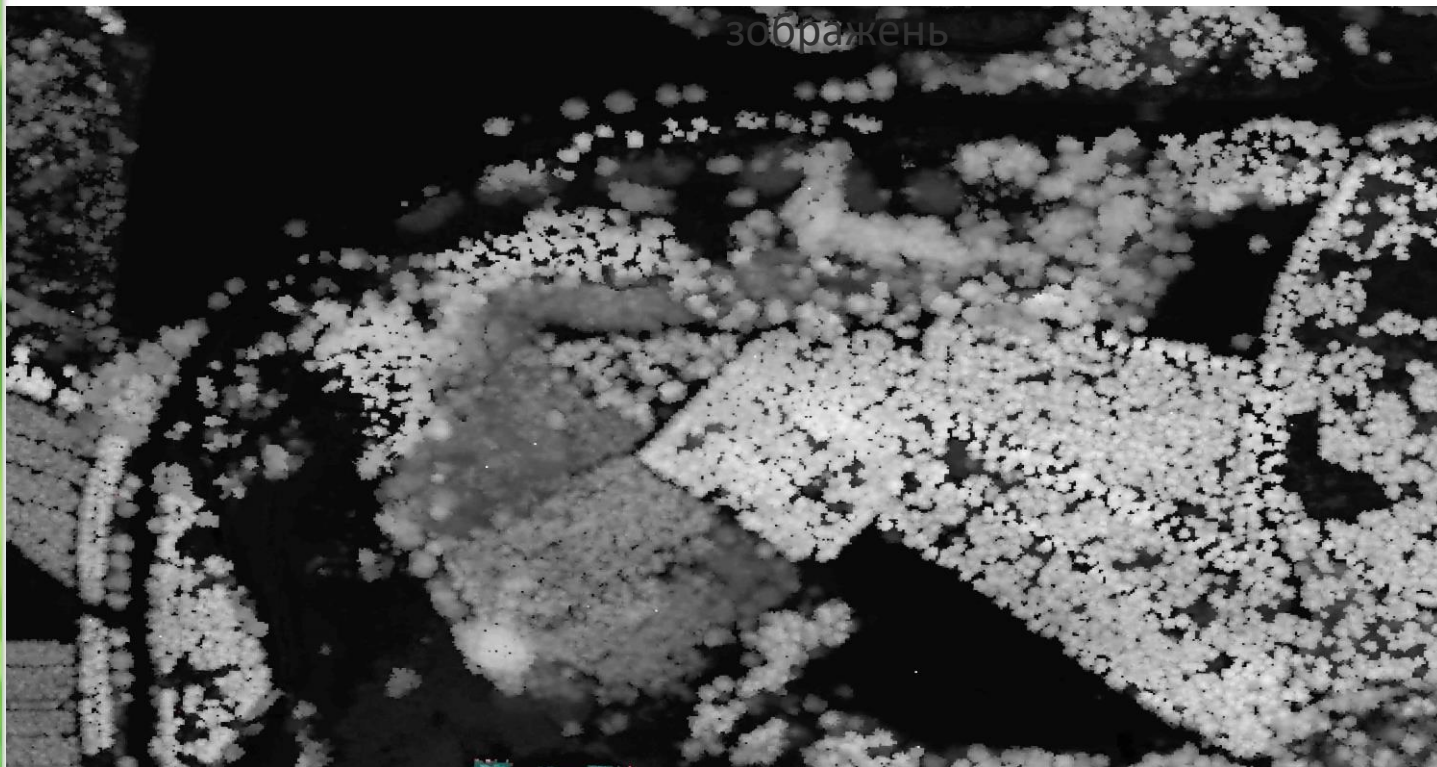
- Автоматизований розрахунок висоти - пари знімків (стереозображень)
- На основі двох знімків з високим перекриттям у напрямку польоту
- Кореляція за допомогою ознак (значення сірого, патернів)



Дані дистанційного зондування



Повітряне лазерне сканування та зіставлення



nDSM = DSM - DTM

3D хмара точок від зіставлення зображень

- Дуже висока роздільна здатність 20 см



Tools

Box
Lock view

Measurement

Clipping

Clip Task
None Highlight Inside Outside

Clip Method
Inside Any Inside All

Navigation

Camera Projection
Perspective Orthographic

Speed: 557.5

Scene

Export:
JSON DXF

Objects

- Point Clouds
 - RGB laz
 - CIR laz
- Measurements



tools

Measurement

Clipping

Clip Task

None Highlight Inside Outside

Clip Method

Inside Any Inside All

Navigation

Camera Projection

Perspective Orthographic

Speed: 115.3

Scene

Export

JSON DXF

Objects

- Point Clouds
 - RGB.laz
 - CIR.laz
- Measurements
- Annotations
- Other
 - Camera

Properties



Tools

Measurement

Clipping

Clip Task: None | **Highlight** | Inside | Outside

Clip Method: Inside Any | Inside All

Navigation

Camera Projection: **Perspective** | Orthographic

Speed: 115.3

Scene

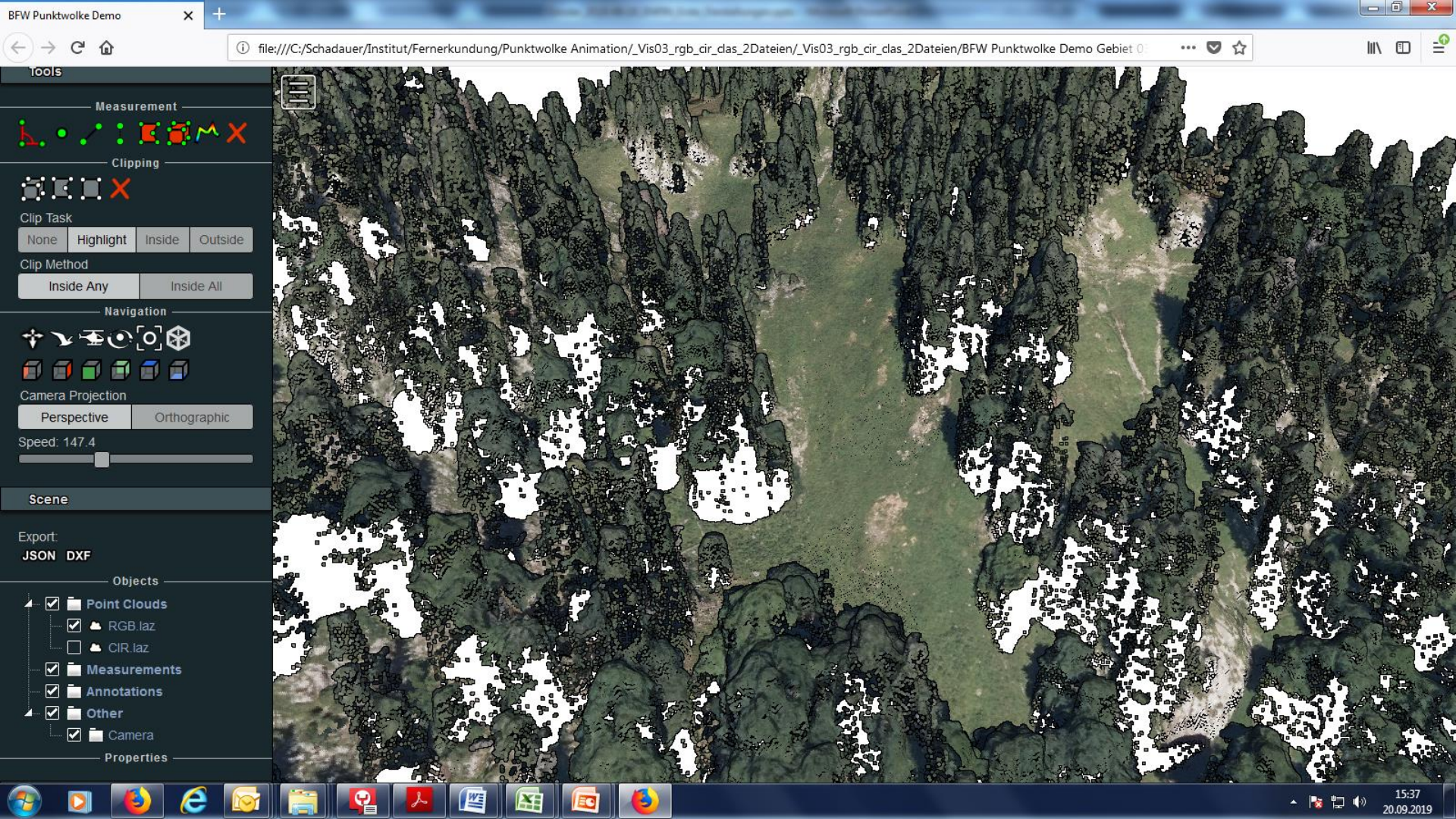
Export: JSON | DXF

Objects

- Point Clouds
 - RGB.laz
 - CIR.laz
- Measurements
 - Height
 - Height
 - Height
 - Height
 - Height



PC-Probleme lösen: 2 wichtige Meldungen
4 Meldungen insgesamt



tools

Measurement



Clipping



Clip Task

None Highlight Inside Outside

Clip Method

Inside Any Inside All

Navigation



Camera Projection

Perspective Orthographic

Speed: 147.4

Scene

Export

JSON DXF

Objects

- Point Clouds
 - RGB.laz
 - CIR.laz
- Measurements
- Annotations
- Other
 - Camera

Properties

Tools

Measurement

Clipping

Clip Task: None, Highlight, Inside, Outside

Clip Method: Inside Any, Inside All

Navigation

Camera Projection: Perspective, Orthographic

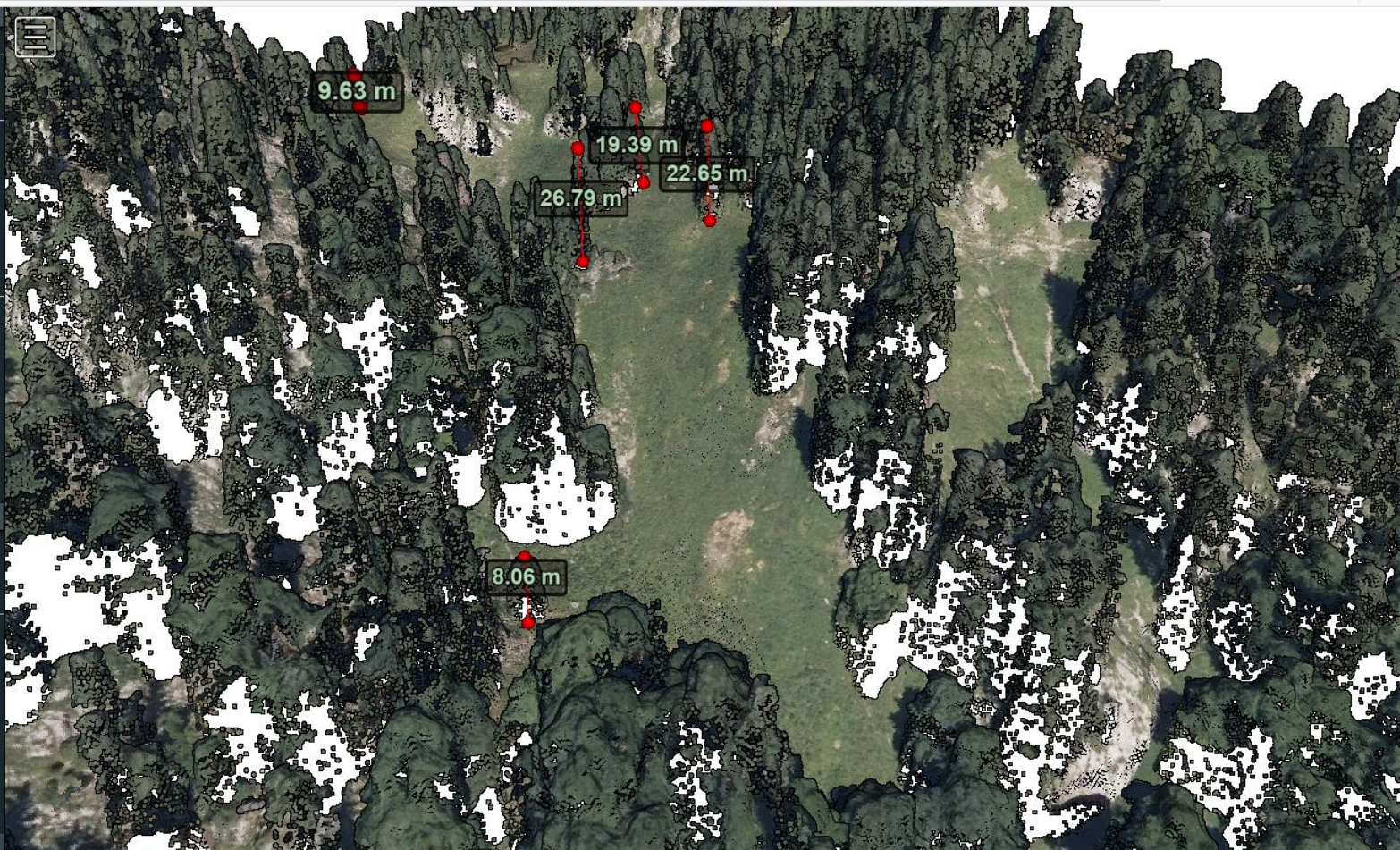
Speed: 147.4

Scene

Export: JSON, DXF

Objects

- Point Clouds
 - RGB.laz
 - CIR.laz
- Measurements
 - Height
 - Height
 - Height
 - Height
 - Height

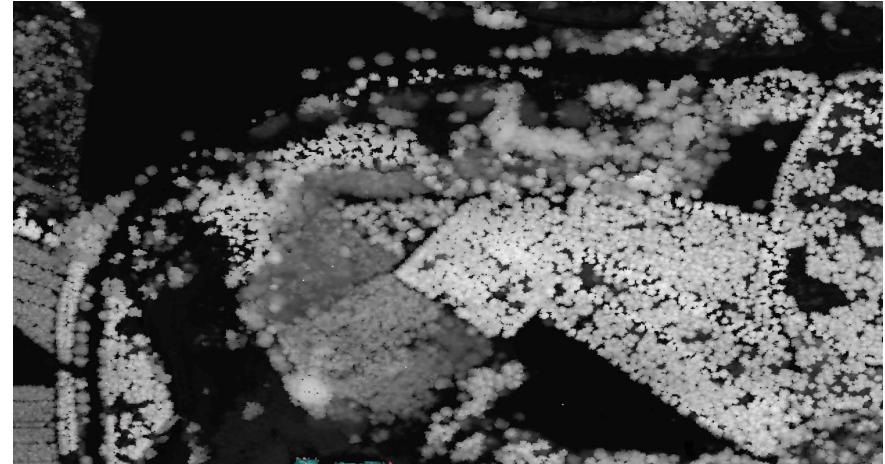


Дані дистанційного зондування



Повітряне лазерне сканування та зіставлення
зображень

- регулярні аерофотографічні кампанії для всієї Австрії
- Оперативне оновлення DSM та nDSM кожні три роки
- Основа для декількох продуктів ДЗЗ



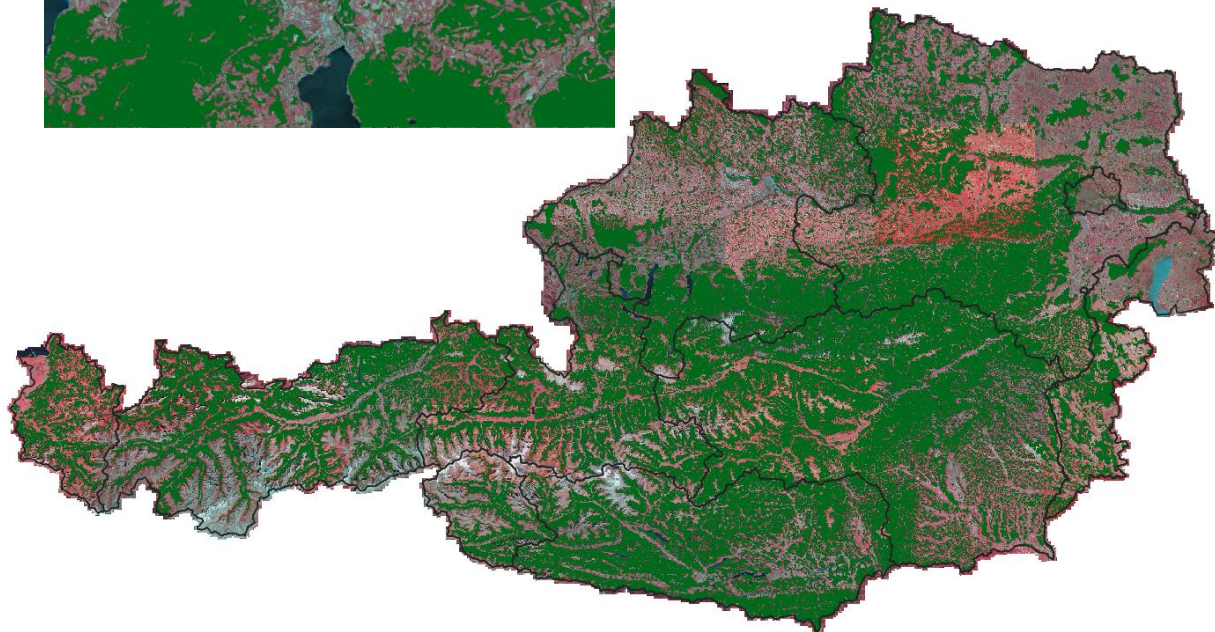
$$\text{nDSM} = \text{DSM} - \text{DTM}$$

Створення лісової карти



- Повністю автоматизовані спроби не вдалися

Оцифровано вручну!!

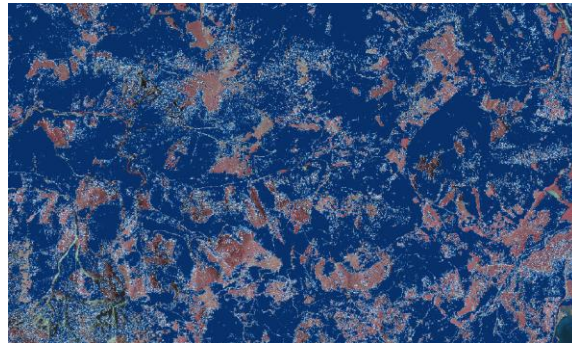


Розробки на основі nDSM

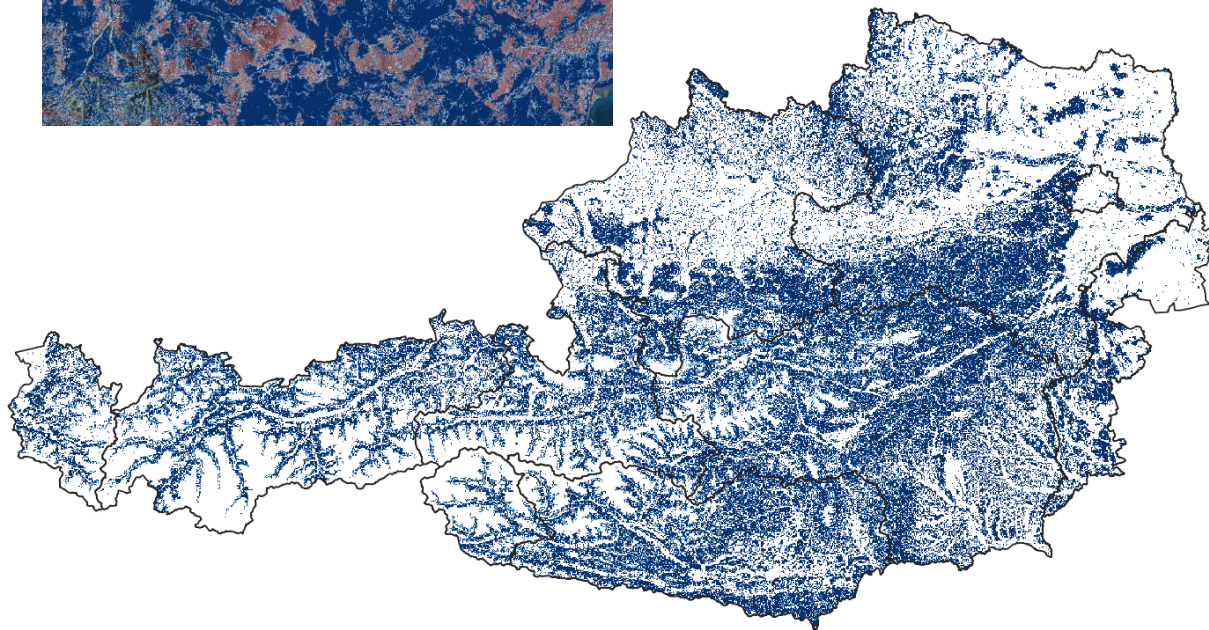


Карти для

- покриття крон



**Повністю
автоматизовано**

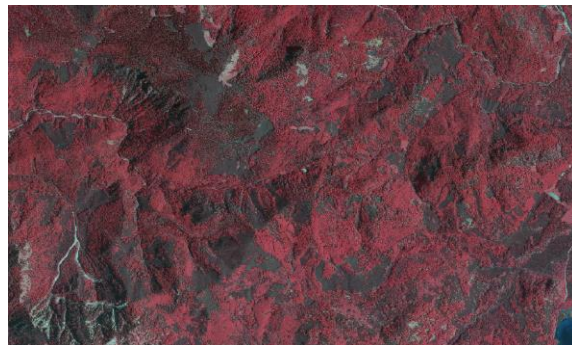


Розробки на основі nDSM

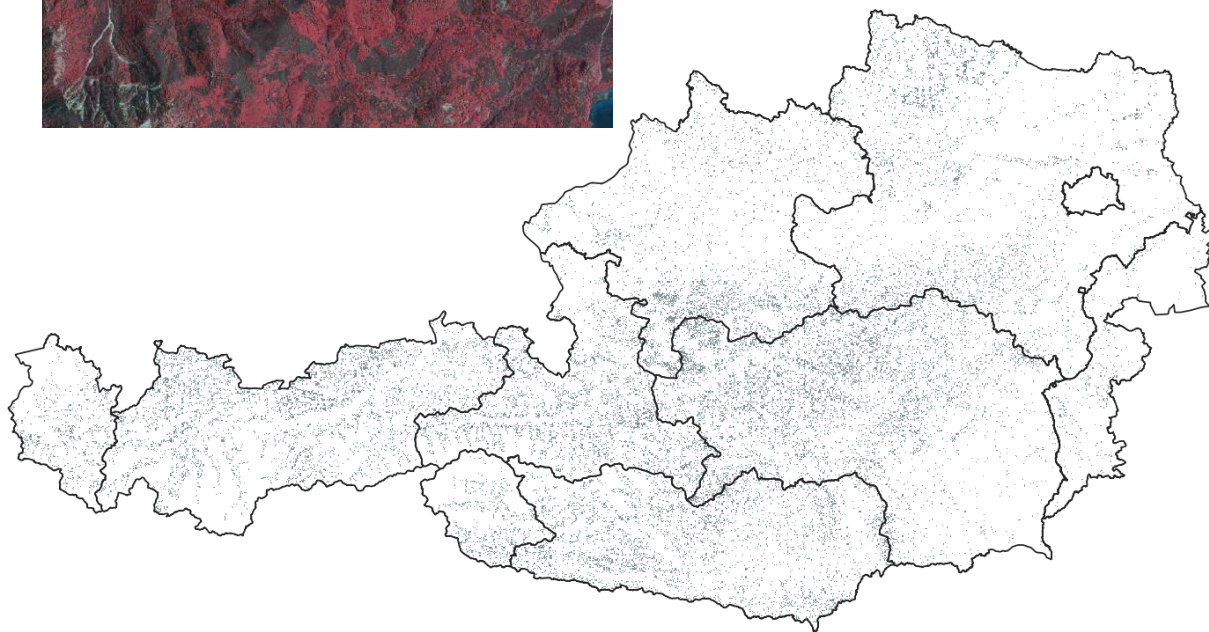


Карти для

- Покриття крон
- Прогалин лісу



**Повністю
автоматизовано**

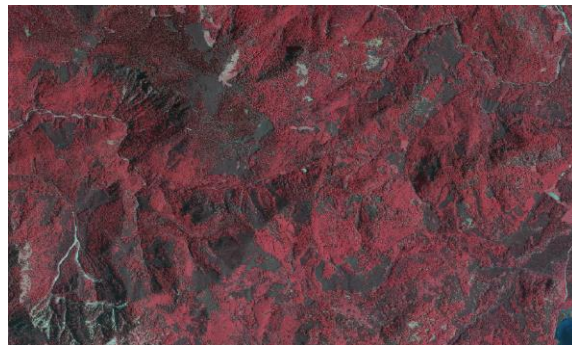


Розробки на основі nDSM

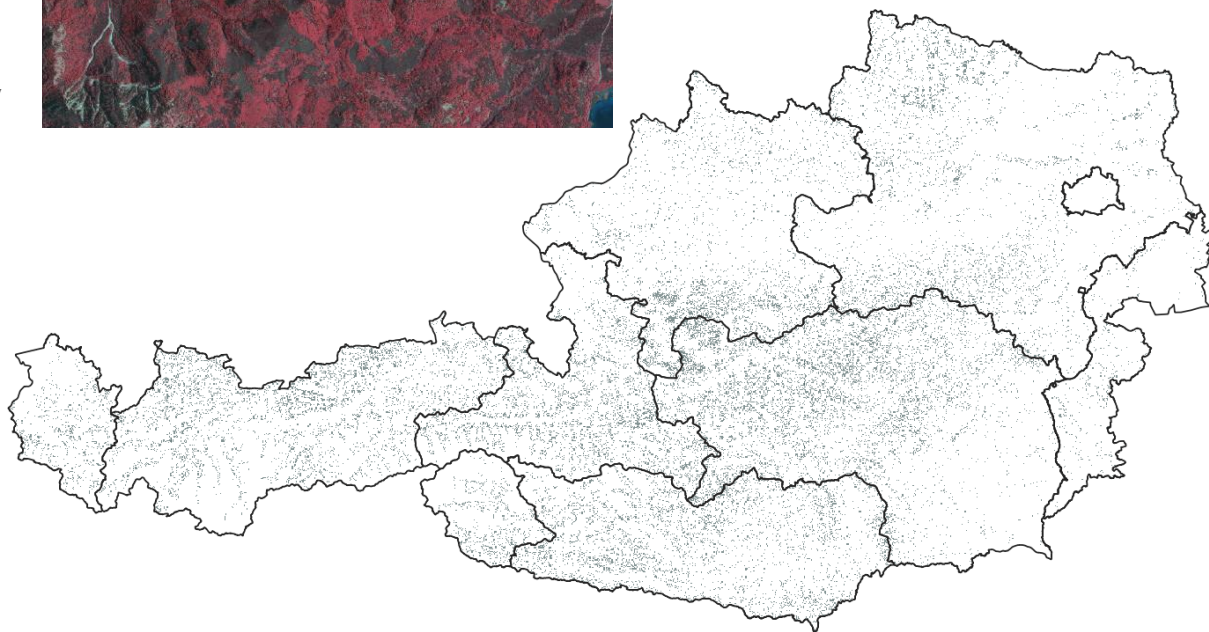


Карти для

- Покриття крон
- Прогалин лісу
- Структури лісу

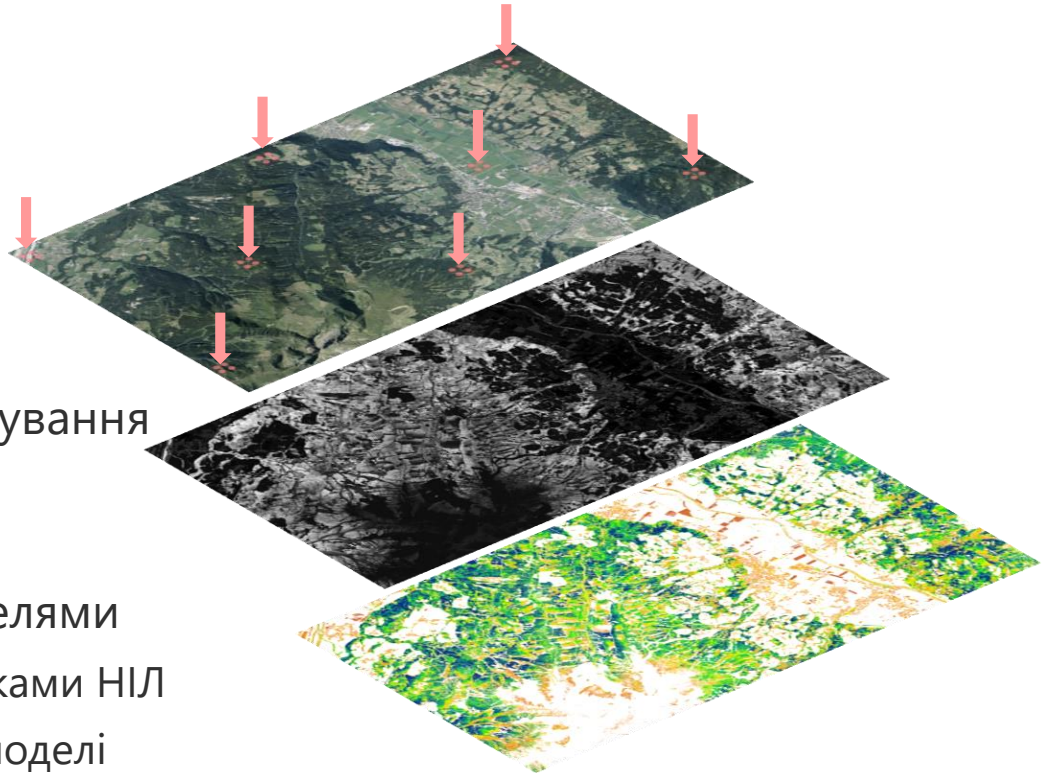


Поки не для
усієї Австрії



Поєднання польових ділянок та ДЗЗ

- Польові ділянки
- Дистанційне зондування
- Комбінація з моделями
 - Тренінг з ділянками НІЛ
 - Застосування моделі
 - Оцінка для території, що цікавить
 - Картографування

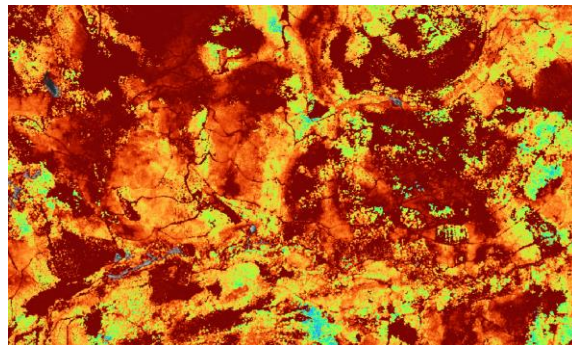


Розробки на основі nDSM

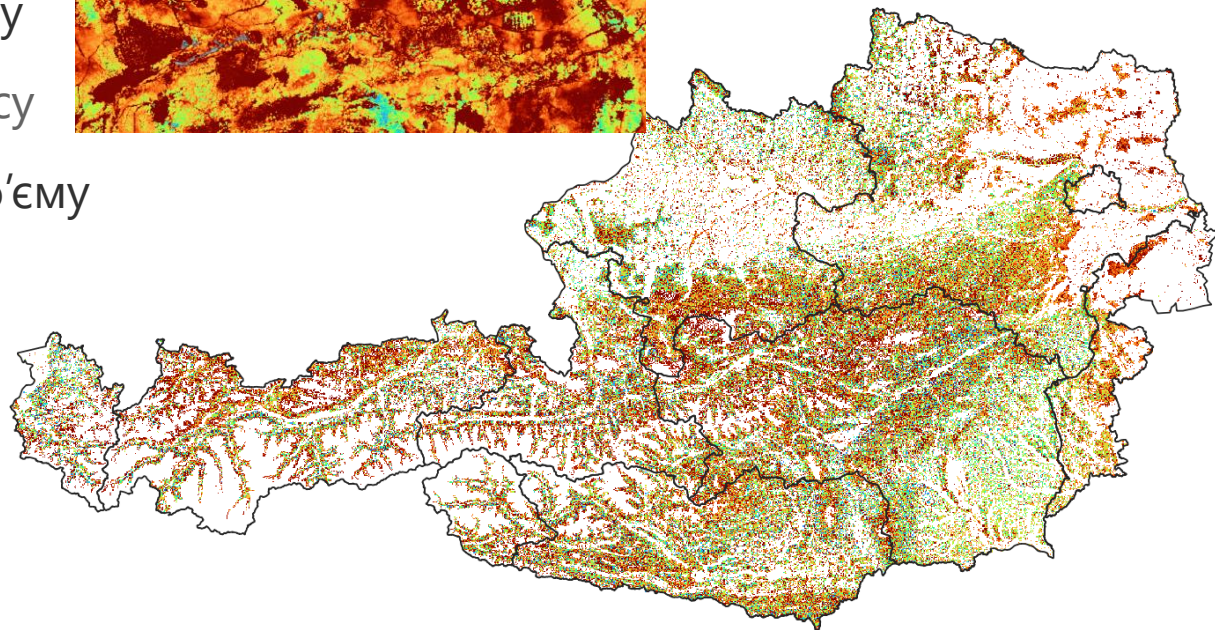


Карти для

- Покриття крон
- Прогалин лісу
- Структури лісу
- Рostучого об'єму



**Повністю
автоматизовано**



Ростучий об'єм- модель для картування

- Лінійна регресійна модель
- Параметризовано за даними ділянок НІЛ

$$\hat{y} = \sum \beta_i \cdot x_i$$

β_i ... коефіцієнти
 x_i ... вхідні змінні

- Застосовується на рівні пікселів
- Вхідні змінні з дистанційного зондування :

Змінні	Опис
nDSM	Нормалізована цифрова модель поверхні (рослинність-висота)
nDSM ²	Квадрат nDSM
BL_share	Частка широколистяних дерев
nDSM ² x BL_share	Взаємодія між широколистяними деревами та квадратом nDSM
море	висота над рівнем моря
схил	схил
південь	південний нахил схилу (експозиція)

Застосування моделі об'єму

- Зменшення невизначеності
 - Велика вибірка або навіть суцільні дані дистанційного зондування
 - Вищий R^2 моделі → менший довірчий інтервал
- Може бути застосована до довільної території, навіть до територій без польових ділянок
 - Використовується для місцевого управління лісами
 - Використовується для лісовпорядкування

Застосування моделі об'єму

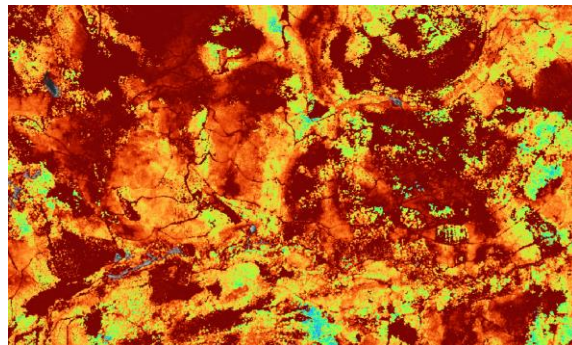
- У цьому випадку змінюється статистична основа
 - Оцінки на основі моделей проти оцінок синтетичних оцінок
 - Невизначеність часто недооцінюється синтетичними оцінками
- Обширна робота Мандаллаза, Хілла, Мессі з WSL / ETH Цюрих

Розробки на основі the nDSM

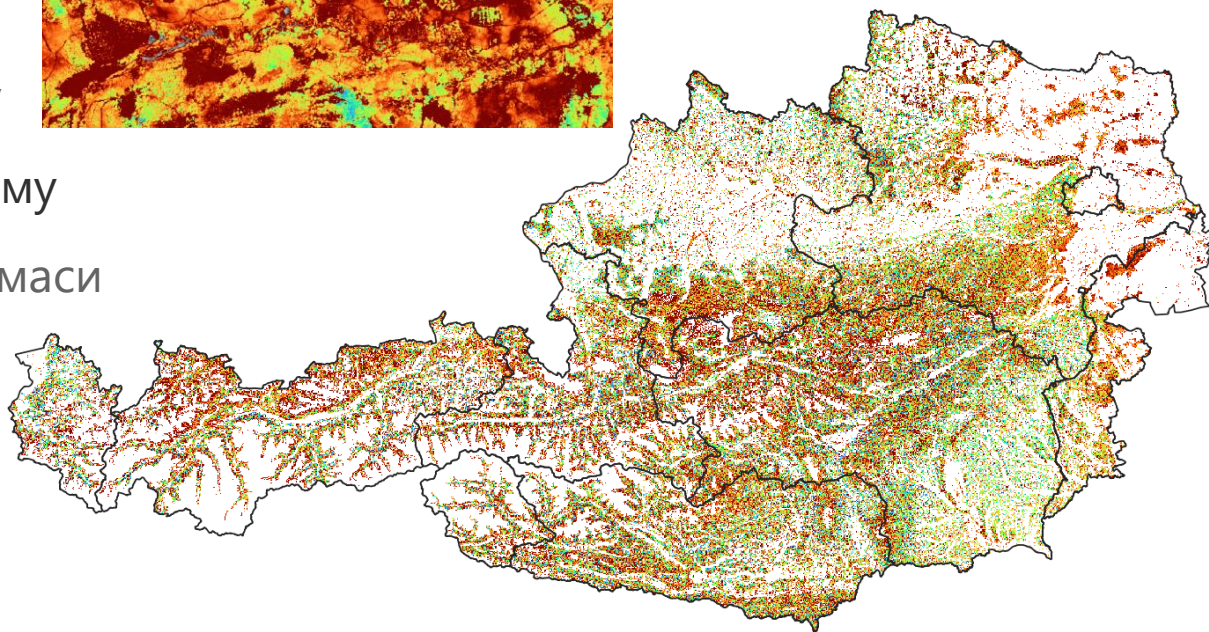


Карти для

- Покриття крон
- Прогалин лісу
- Структури лісу
- Ростучого об'єму
- Надземної біомаси



**Повністю
автоматизовано**



Технології дистанційного зондування

- Сенсори

- LIDAR



- оптичний



- радар



- Платформи

- люди



- дрони



- літаки



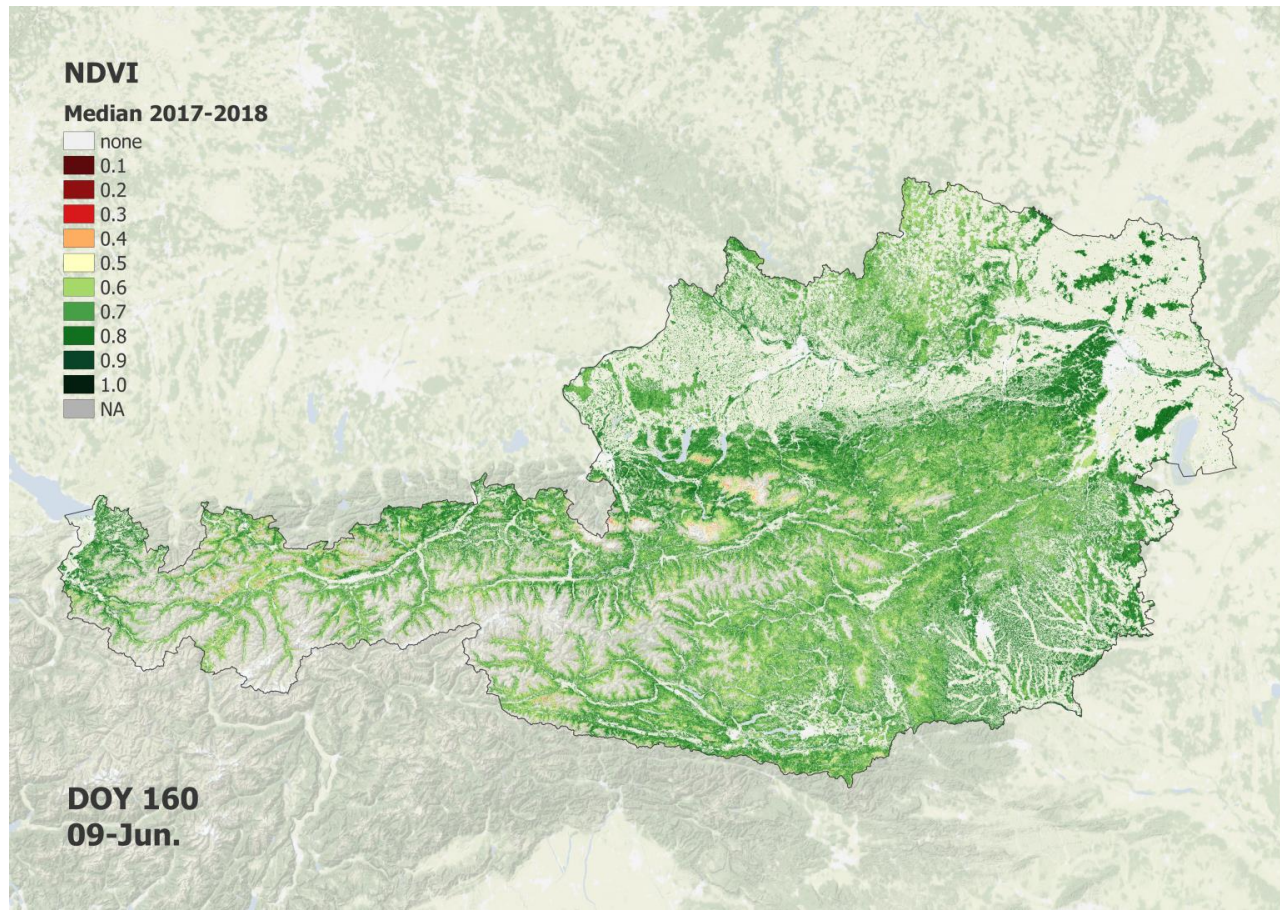
- супутники



Застосування супутника/Sentinel 2



- Sentinel 2 технологія
- Піксельні моделі для індексів рослинності
- 400.млн. моделей в лісі



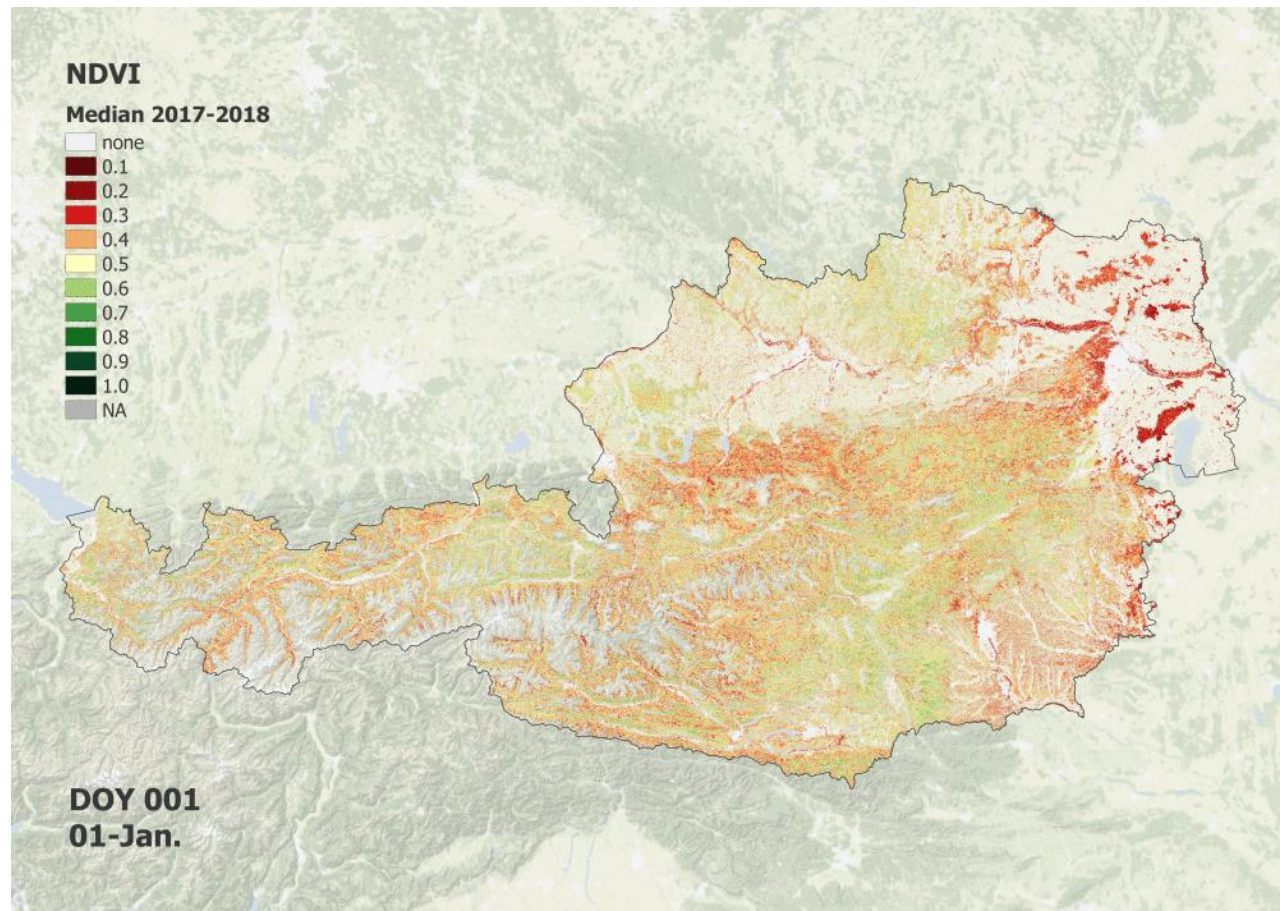
Застосування супутника/Sentinel 2



Фенологічна
модель

Два додатки:

- Виявлення аномалій
- Картування видів дерев



Sentinel 2 – визначення аномалій

- Аналіз часових рядів, починаючи з 2017 року, з використанням адаптованої моделі замість вихідних даних
- Визначення дати початку аномалії
- Розбиття моделі на калібрувальний період та період аномалії
- Кількісна оцінка інтенсивності аномалії

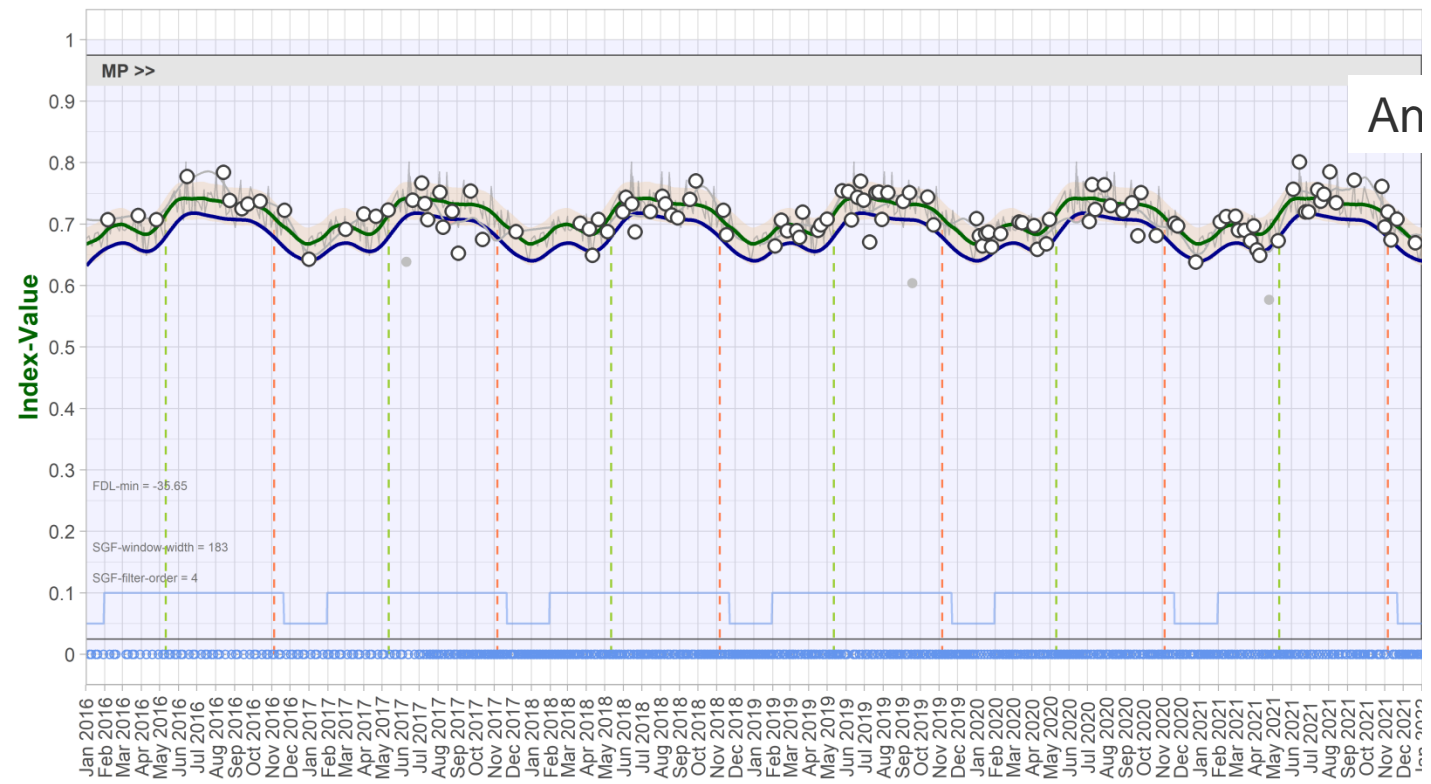
Sentinel 2 – визначення аномалій



RGVI - pixel-time-series (PTS): 'Pressnitzgraben-8'

Phenology model

x = 497085 y = 5242175 | L1C | 33TVN | FTC = 100 | NDSM = 17

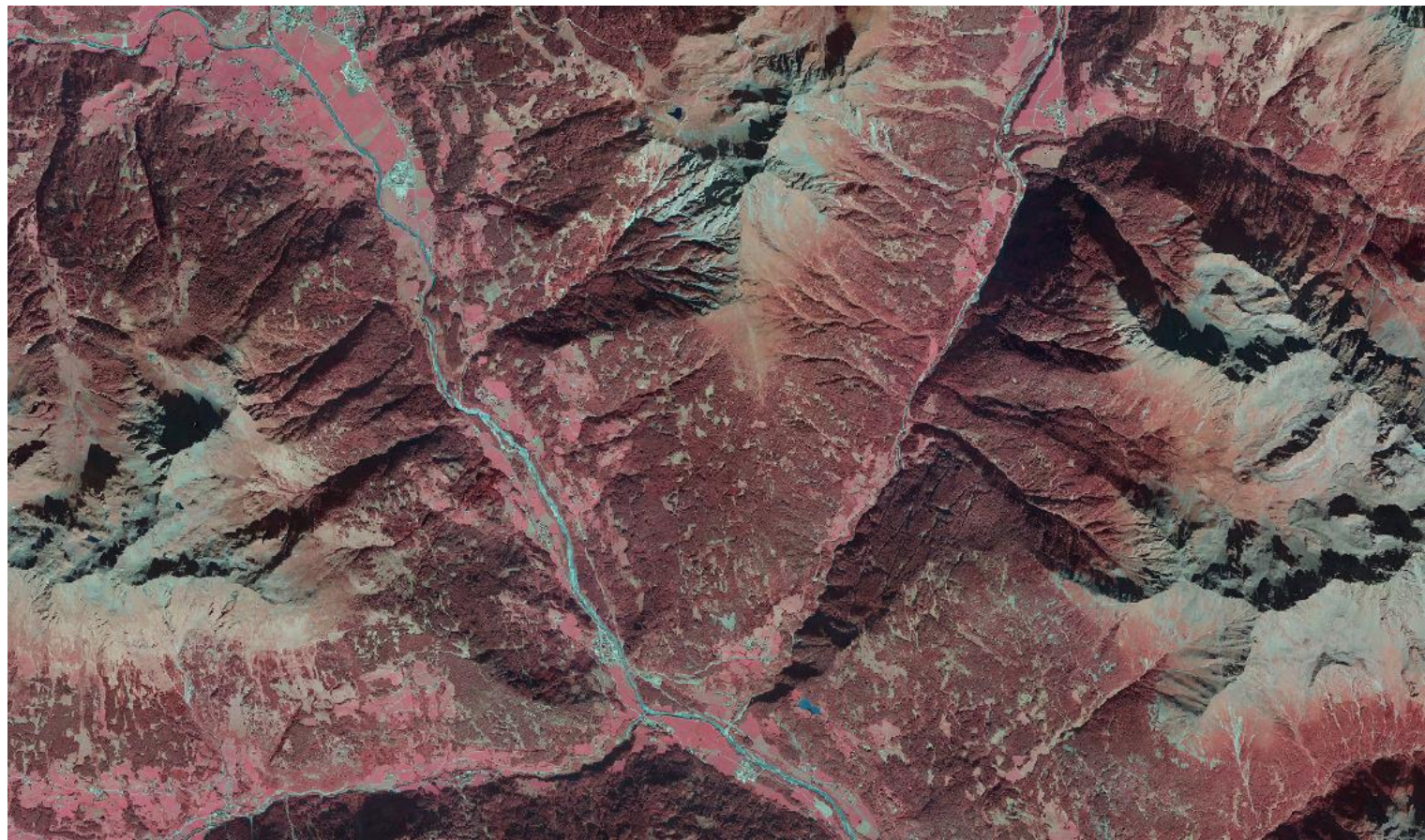


Sentinel 2 – визначення аномалій



літо
2018

CIR
Ortho

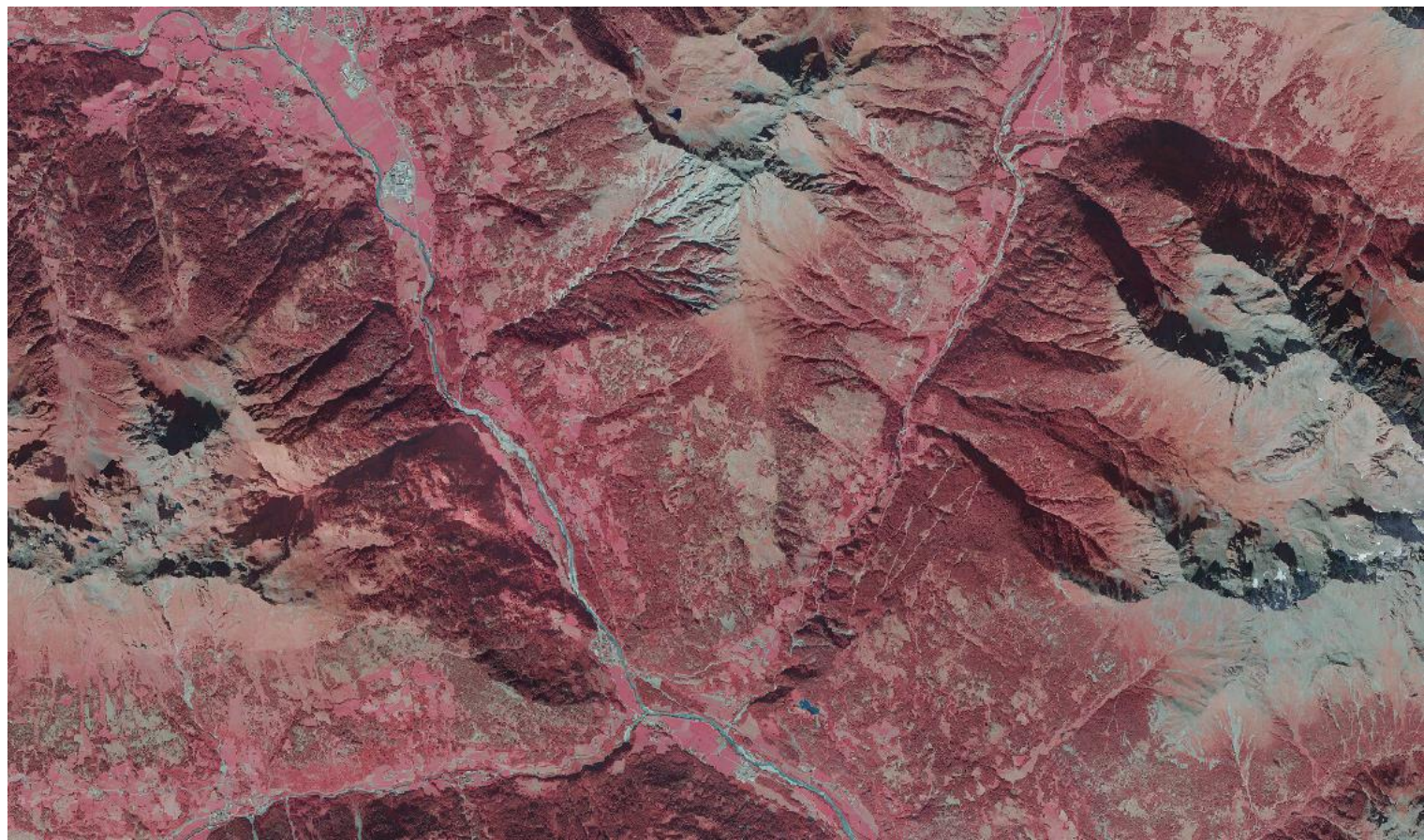


Sentinel 2 – визначення аномалій



літо
2021

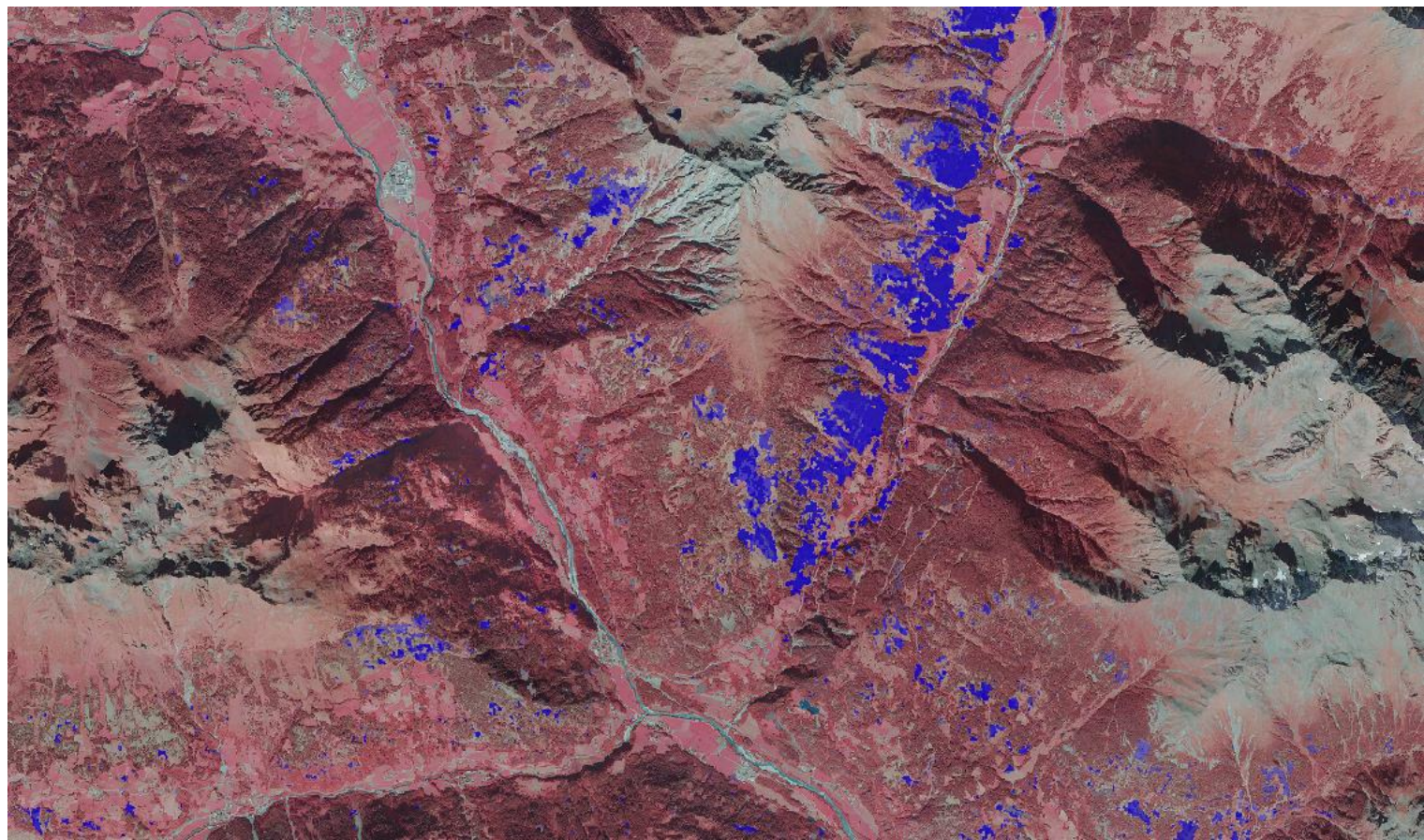
CIR
Ortho



Sentinel 2 – визначення аномалій



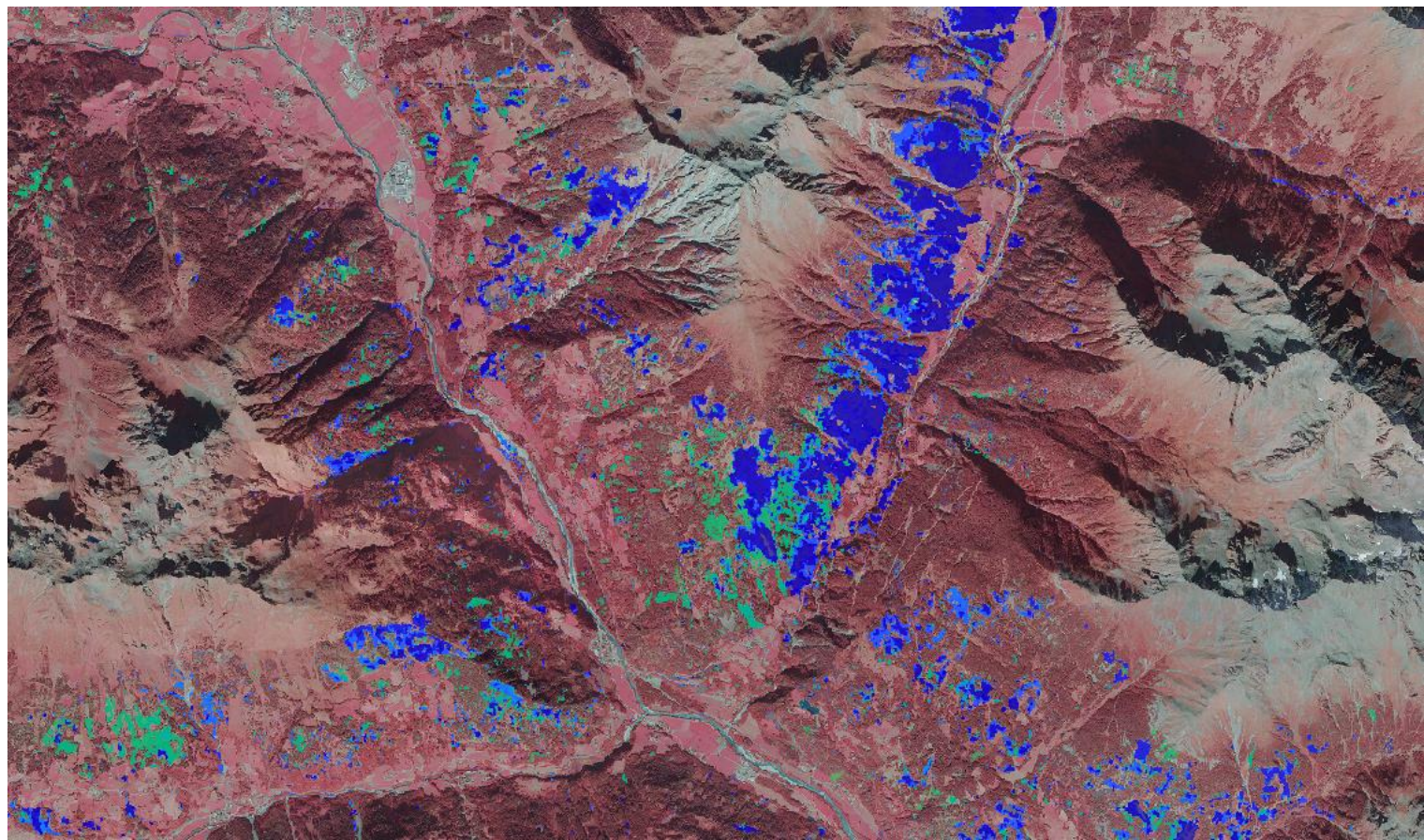
осінь
2018



Sentinel 2 – визначення аномалій



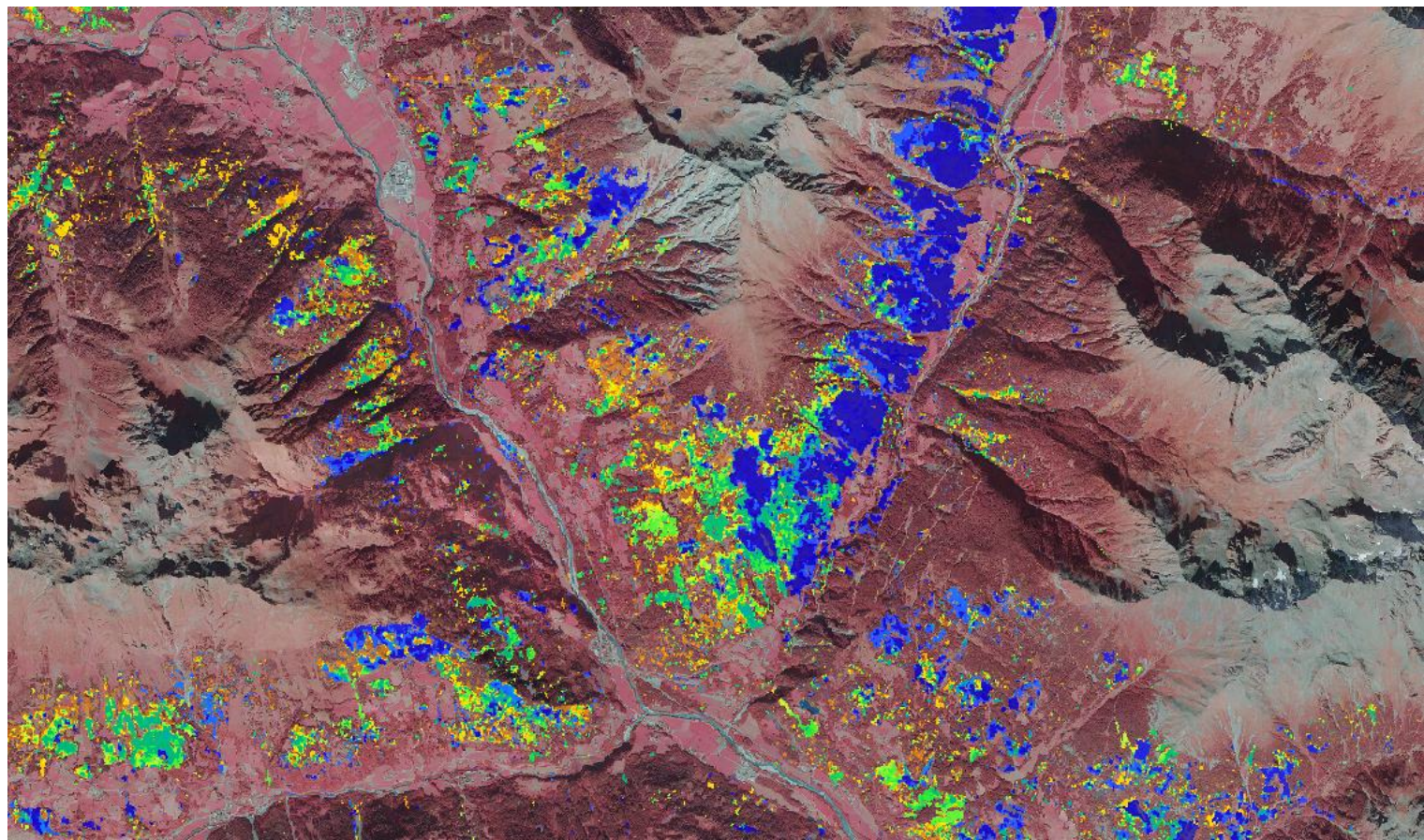
2019



Sentinel 2 – визначення аномалій



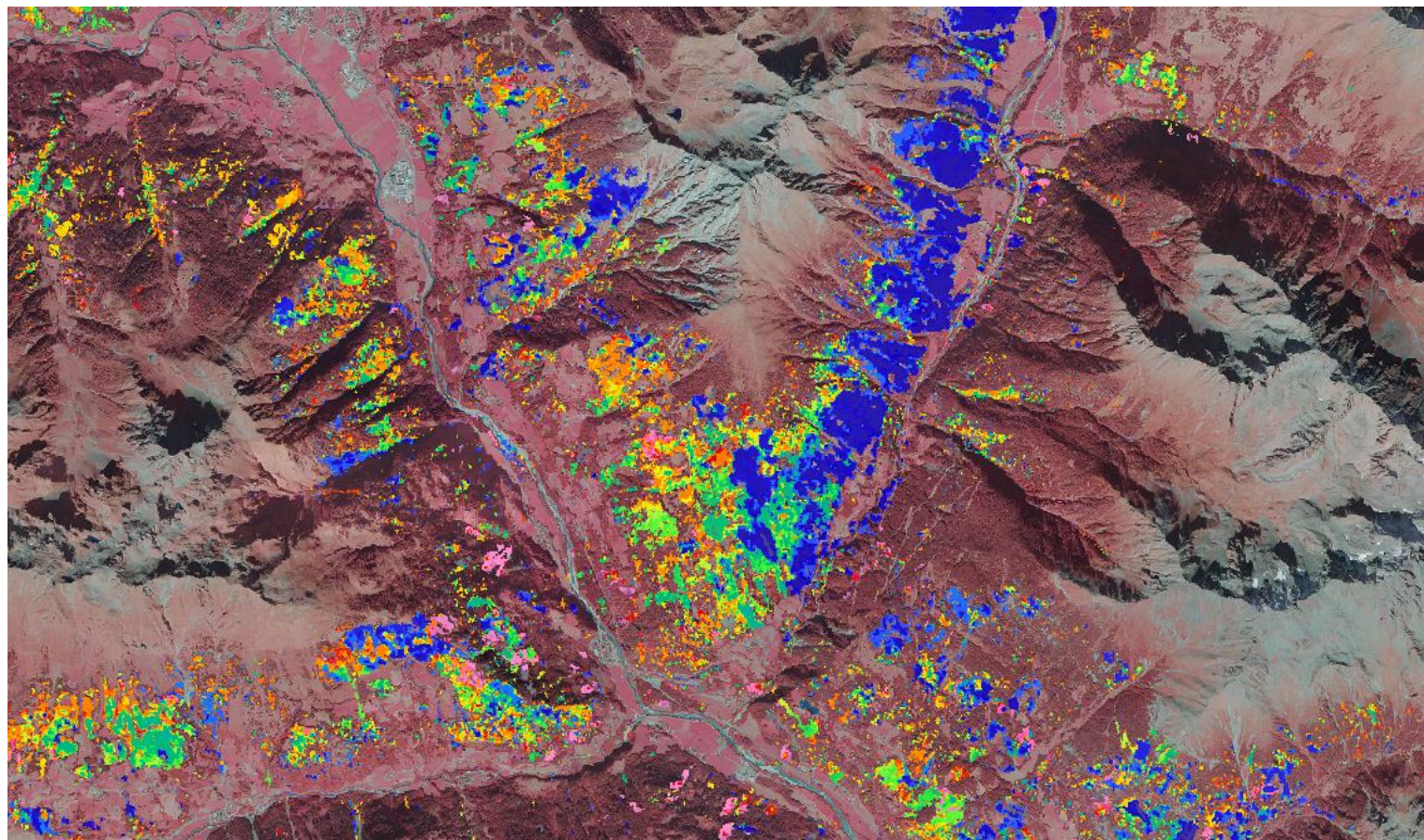
2020



Sentinel 2 – визначення аномалій



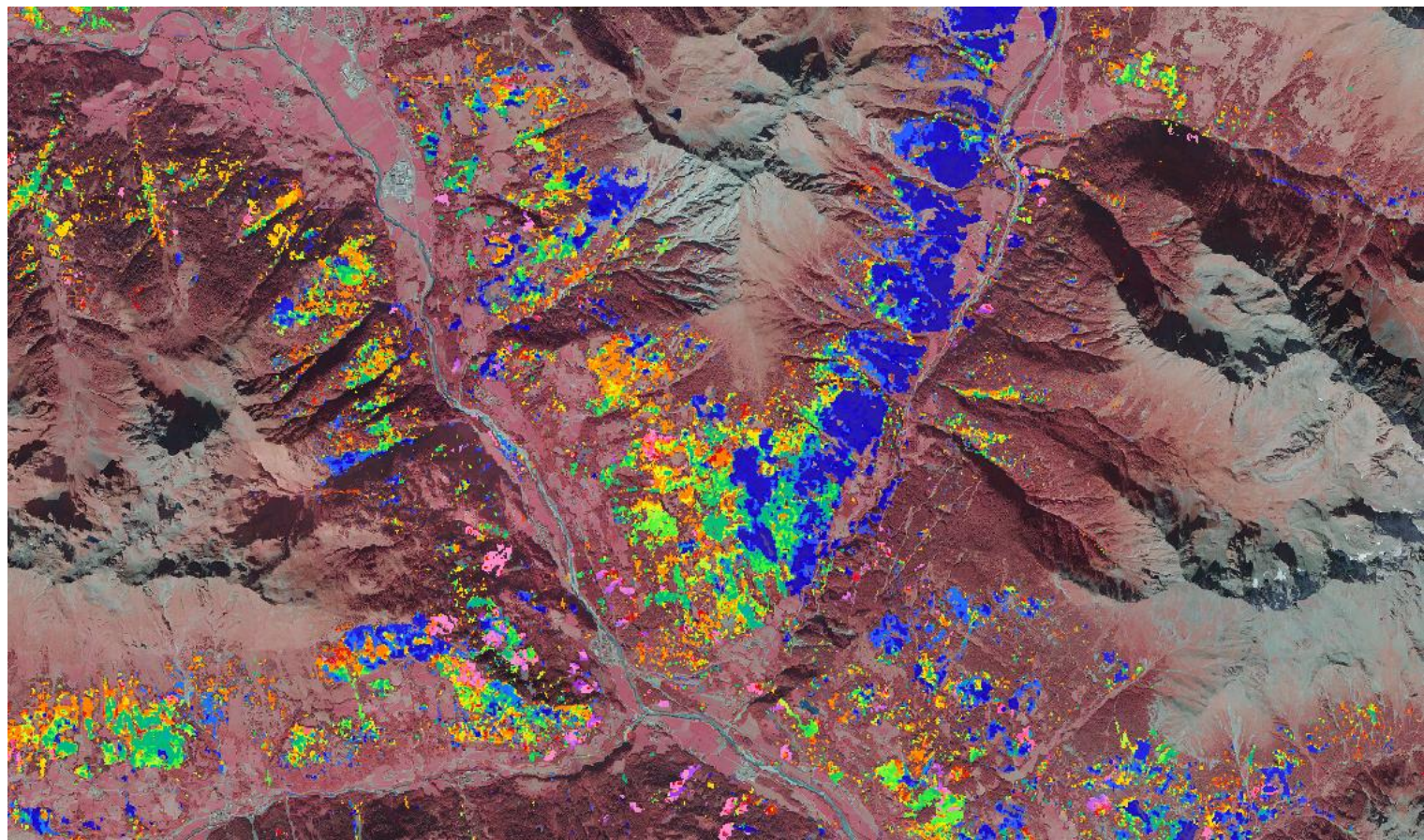
2021



Sentinel 2 – визначення аномалій



2022

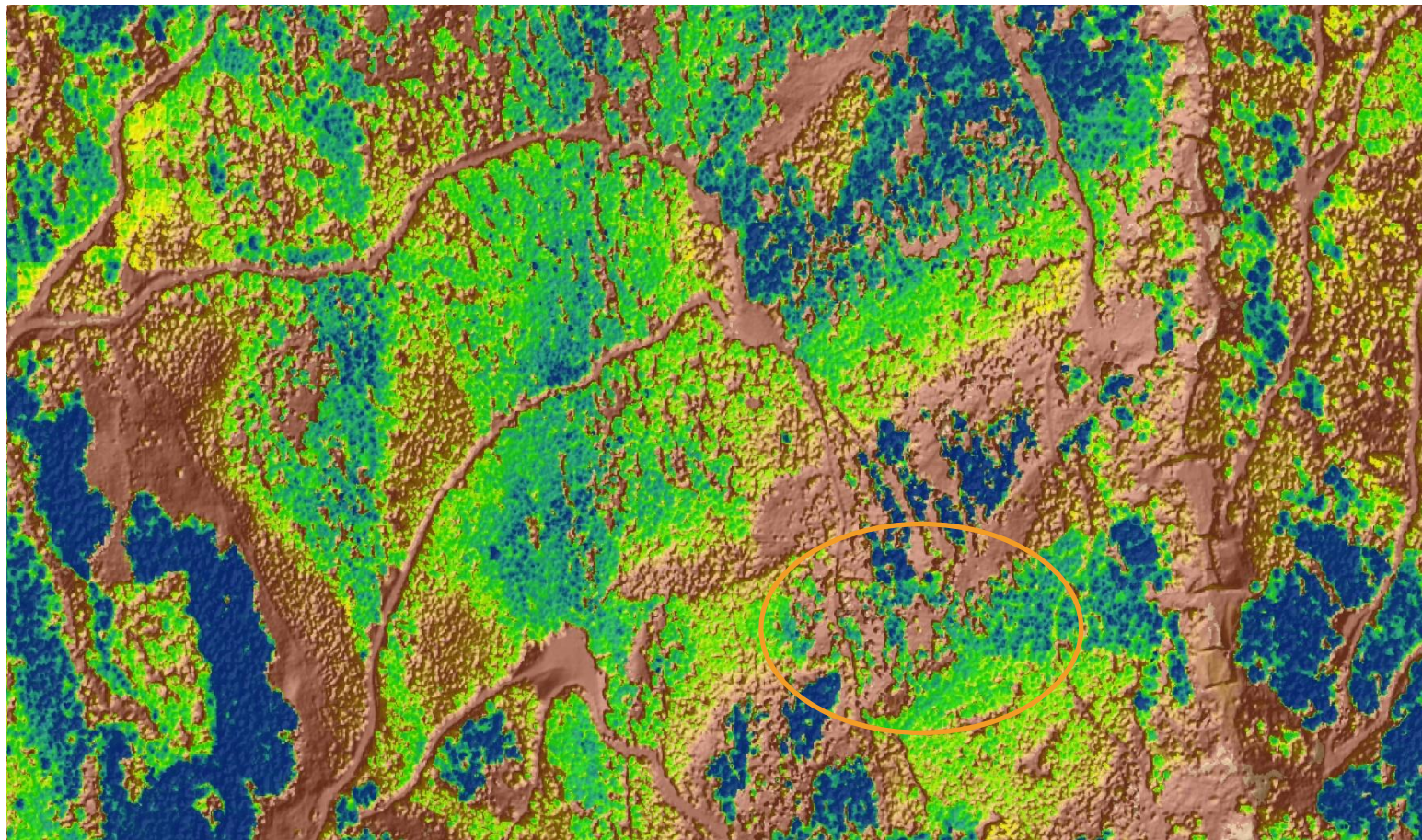
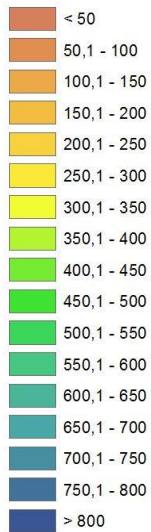


Ростучий запас упродовж часу



t2

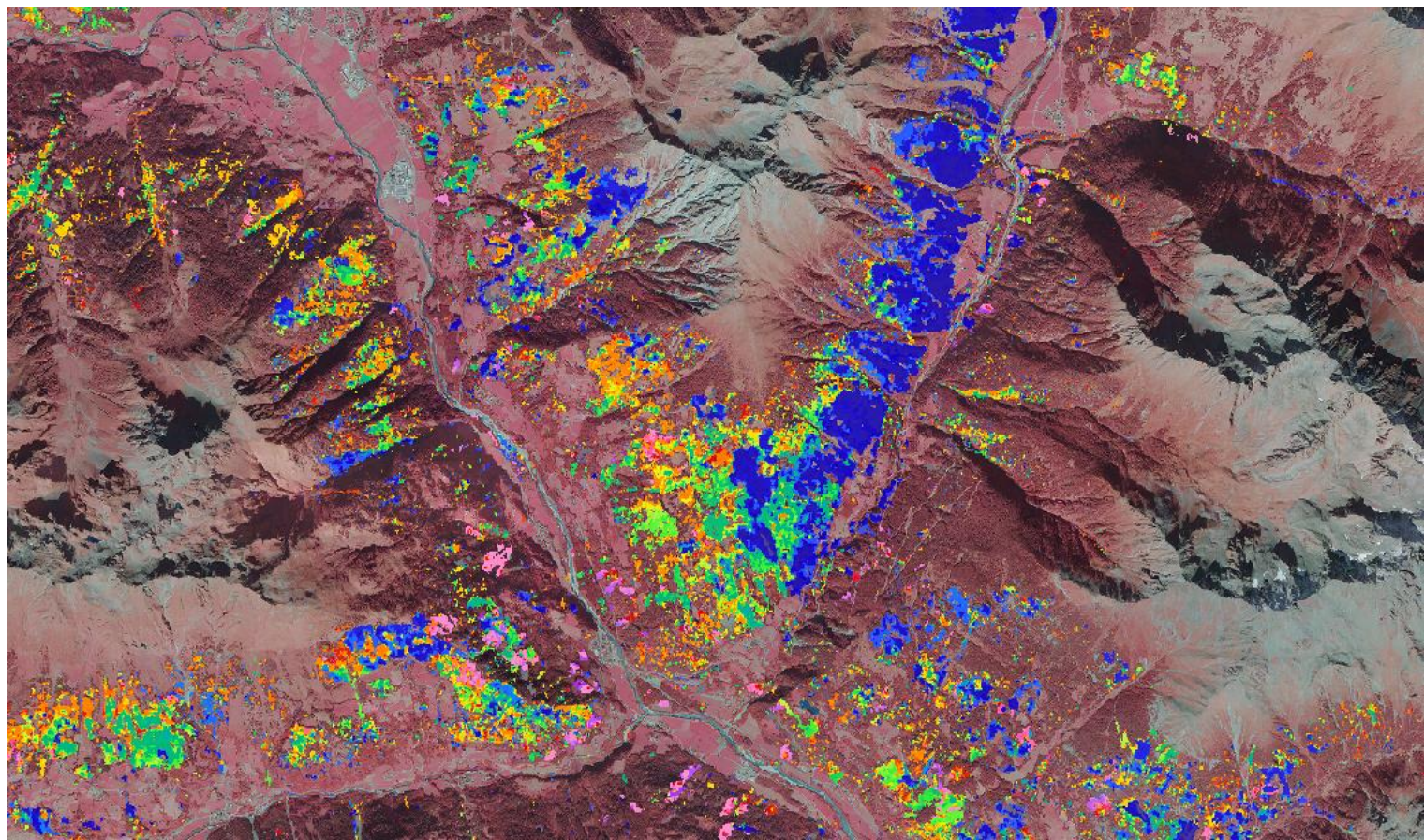
Ростучий
об'єм



Поєднання аномалій та карт запасів



2022

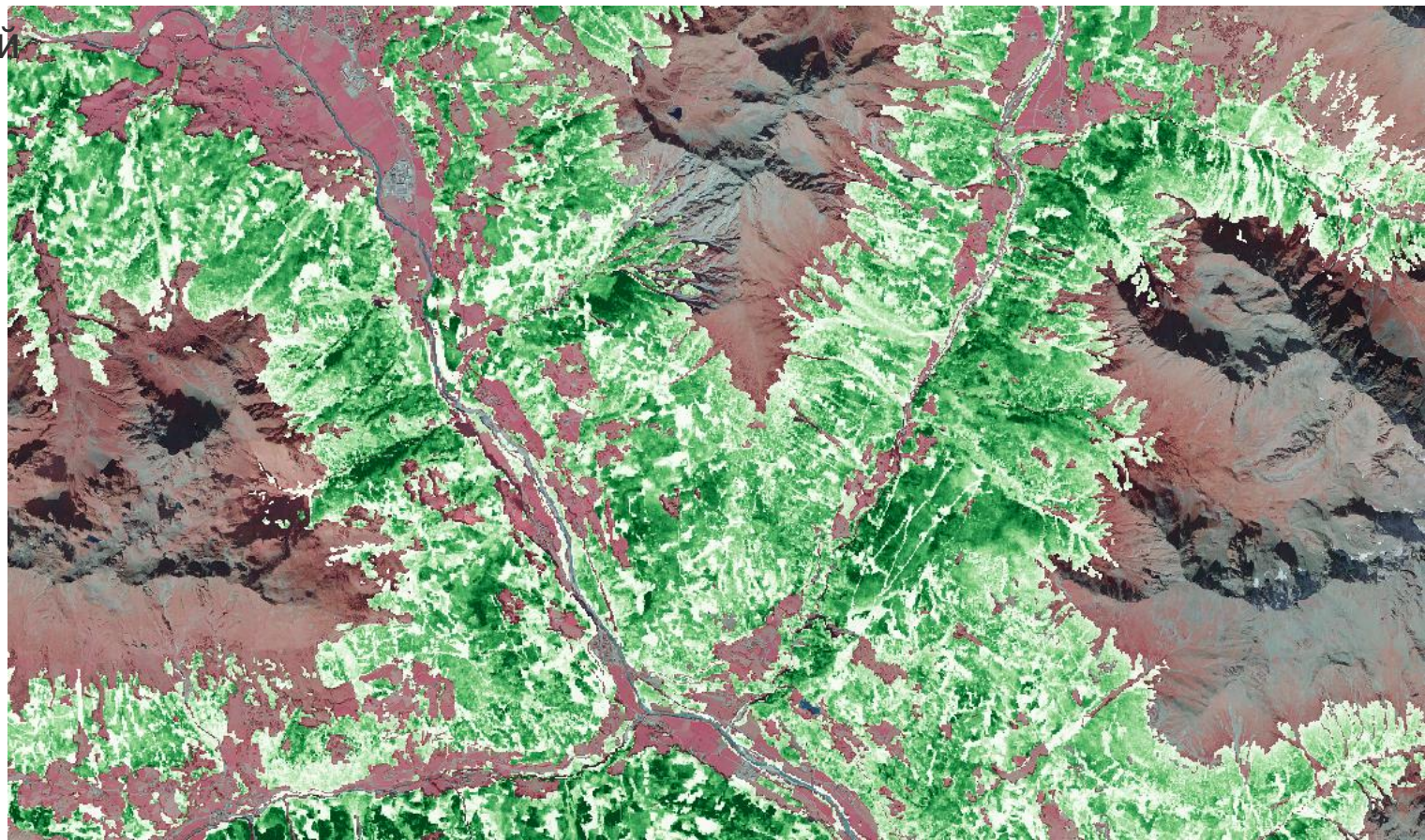


Поєднання аномалій та карт запасів



Ростучий
запас

2018

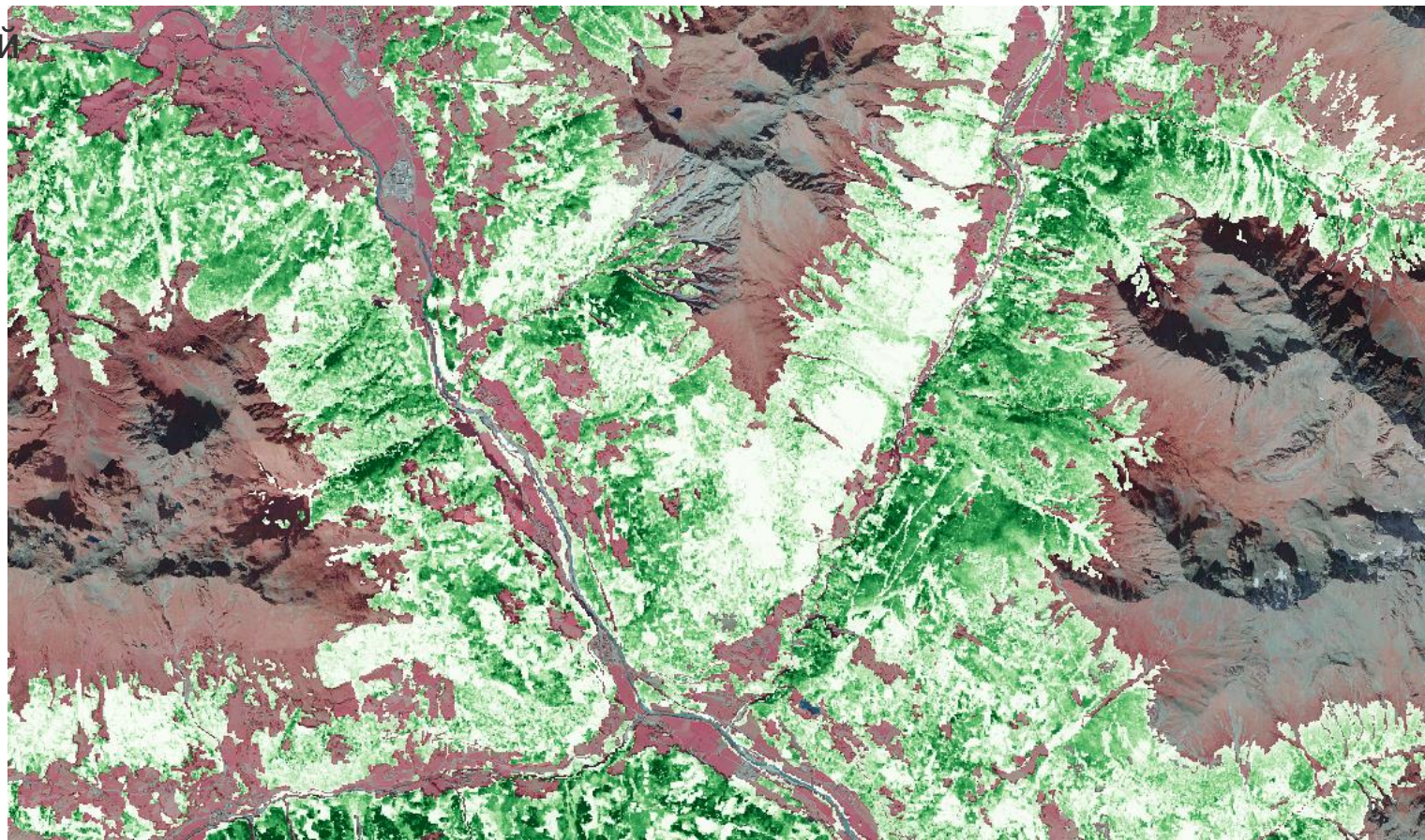


Поєднання аномалій та карт запасів



Ростучий
запас

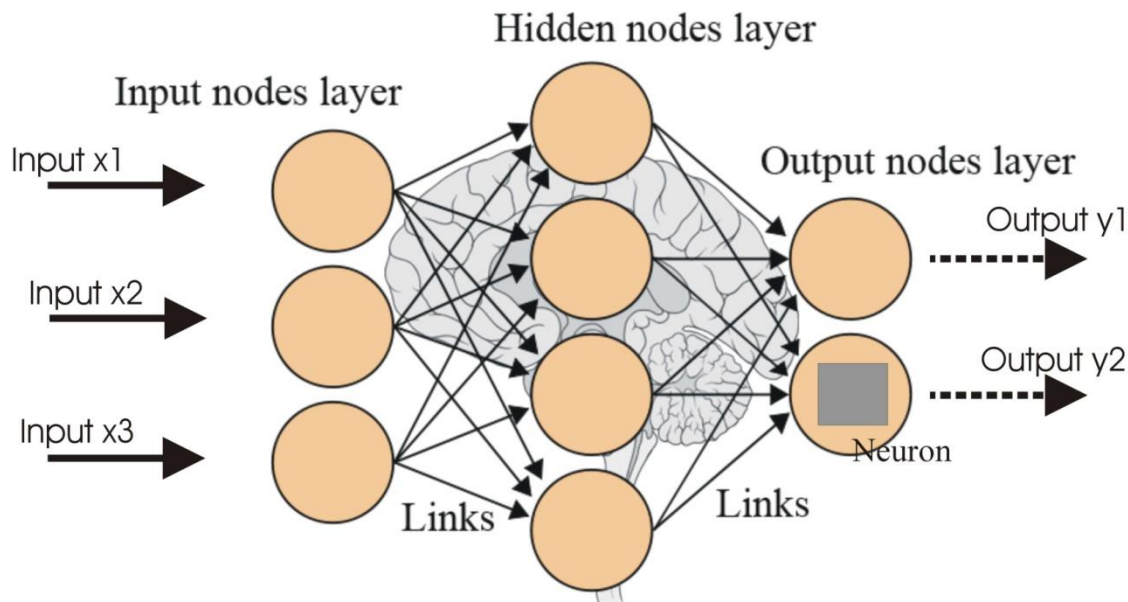
2022



Карти деревних порід



Технологія нейронних мереж



Карти деревних порід



Технологія нейронних мереж

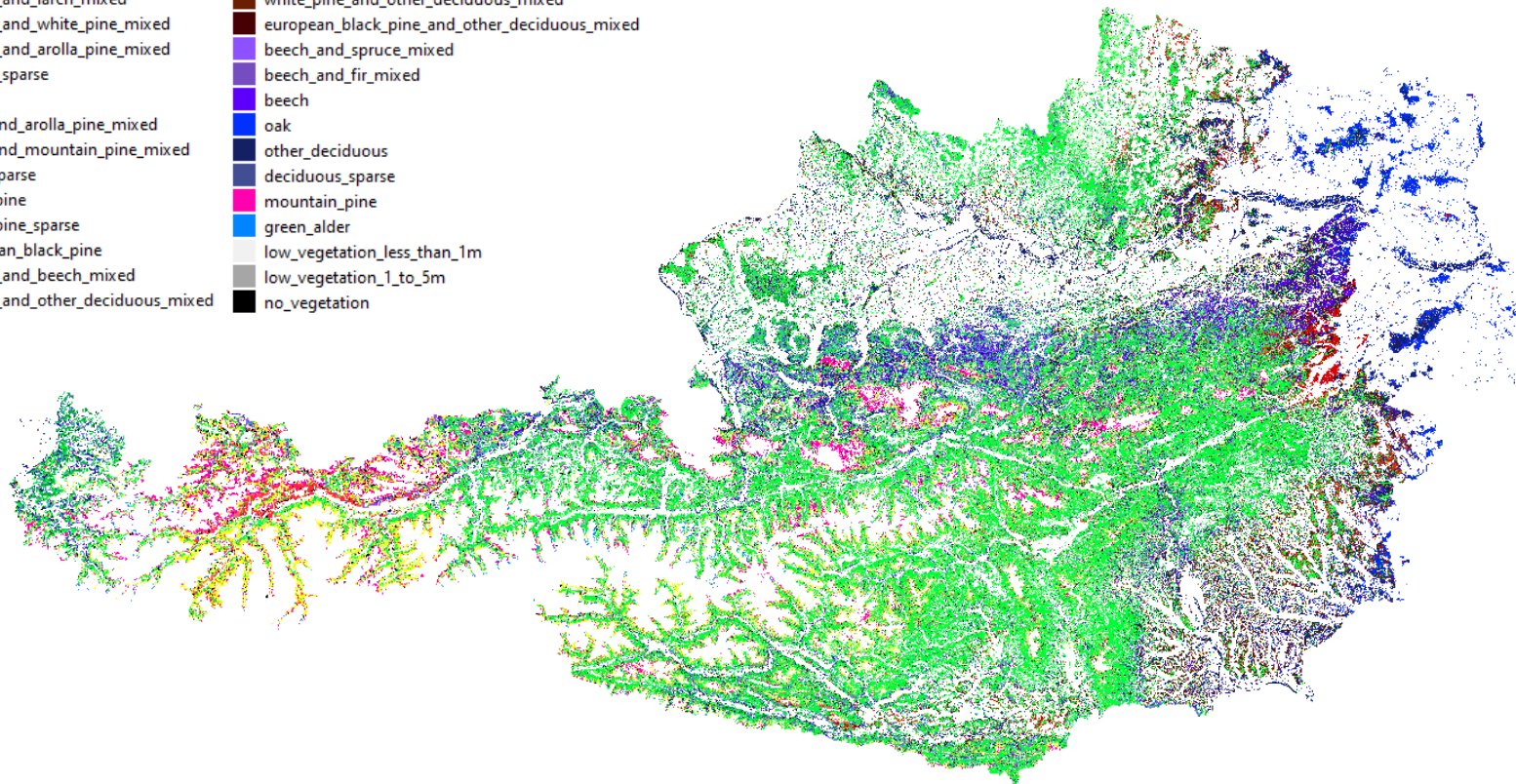
- Класифіковано 26 класів деревних порід
- Роздільна здатність 10 на 10 м на всій федеральній території Австрії
- Фенологічні часові ряди та структурні дані як вхідні дані для нейронних мереж
- Навчальні дані генеруються шляхом інтерпретації аерофотознімків

Шадауер та ін. (2024): Оцінювання картографування деревних порід: Перевірка ймовірності вибірки чистих і змішаних класів видів за допомогою конволюційної нейронної мережі та часових рядів Sentinel-2. Дистанційне зондування. 16, 2887. <https://doi.org/10.3390/rs16162887>

Карти деревних порід



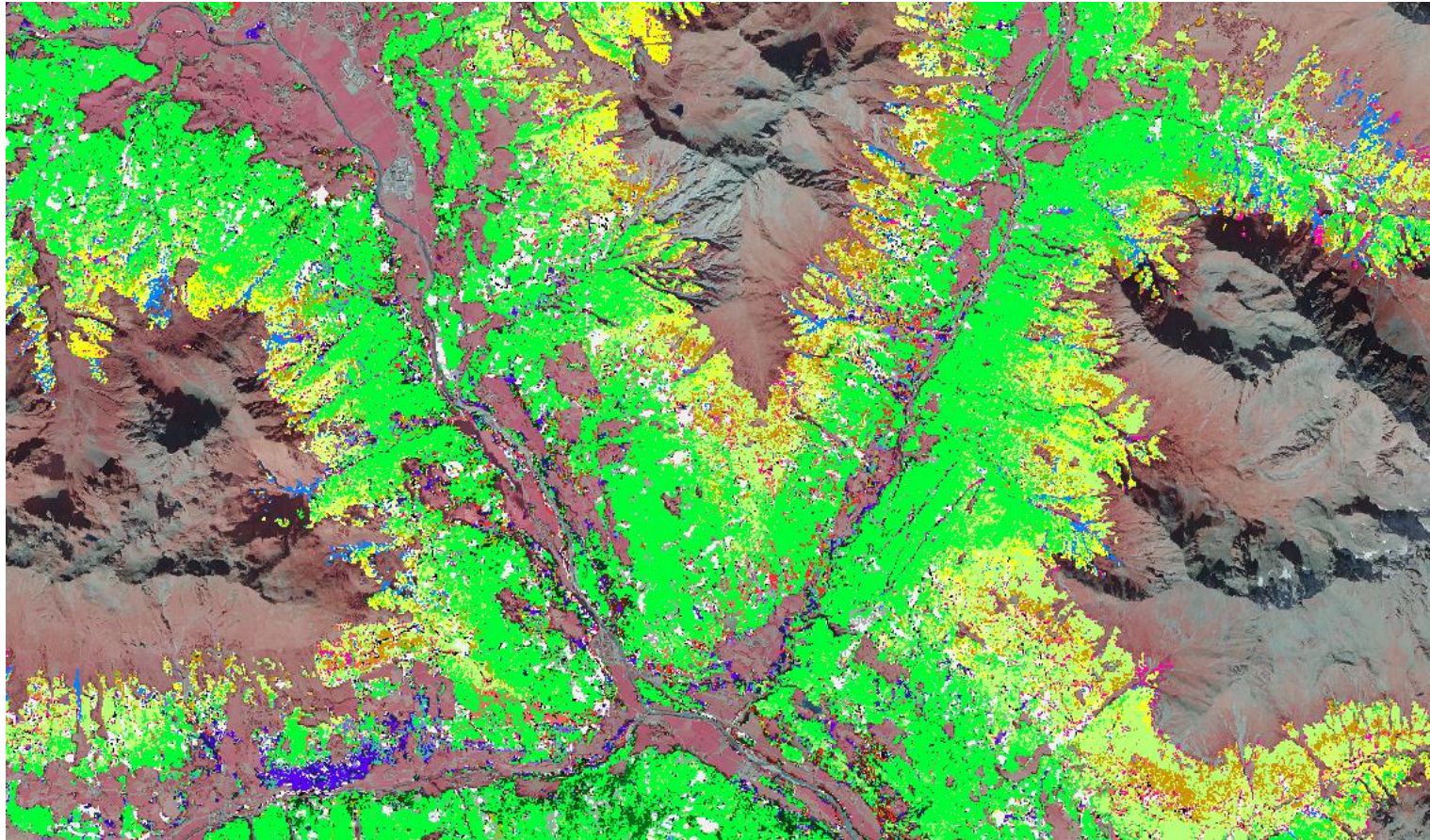
	spruce		larch_and_other_deciduous_mixed
	spruce_and_fir_mixed		white_pine_and_oak_mixed
	spruce_and_larch_mixed		white_pine_and_other_deciduous_mixed
	spruce_and_white_pine_mixed		european_black_pine_and_other_deciduous_mixed
	spruce_and_arolla_pine_mixed		beech_and_spruce_mixed
	spruce_sparse		beech_and_fir_mixed
	larch		beech
	larch_and_arolla_pine_mixed		oak
	larch_and_mountain_pine_mixed		other_deciduous
	larch_sparse		deciduous_sparse
	white_pine		mountain_pine
	white_pine_sparse		green_alder
	european_black_pine		low_vegetation_less_than_1m
	spruce_and_beech_mixed		low_vegetation_1_to_5m
	spruce_and_other_deciduous_mixed		no_vegetation



Поєднання аномалій та деревних порід



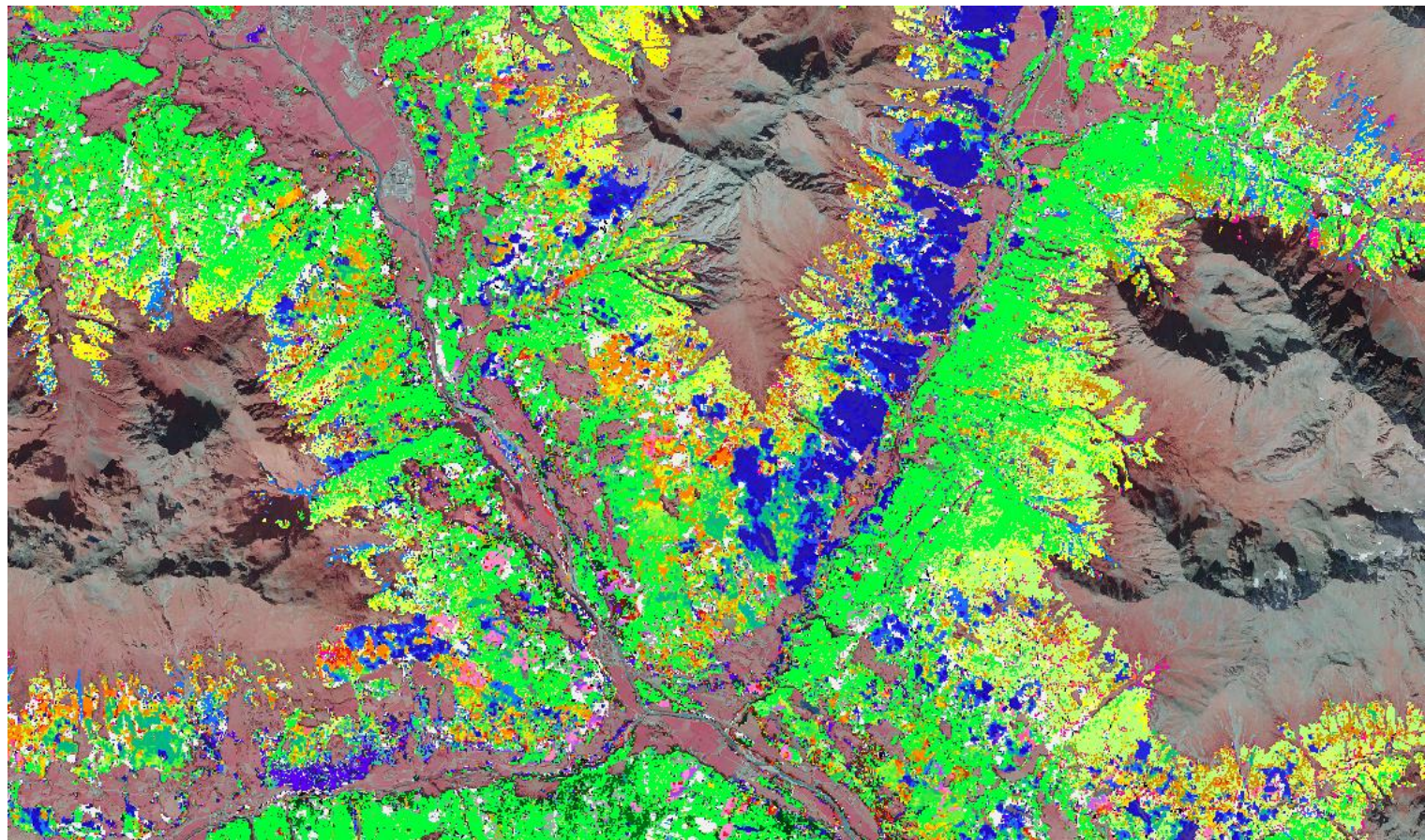
Види



Поєднання аномалій та деревних порід



Види
Пошко-
дження
До 2022



Поточні проєкти

- Спроба розрізнити різні причини аномалії (регулярна рубка, буревій, короїд, ...)
- Виявлення аномалій з повільним розвитком
- Застосування Sentinel 1 до виявлення аномалій
- Виявлення гарячих точок біорізноманіття
- Картування ризиків для
 - Природних загроз
 - Короїда
 - Пожеж

Використання європейських або глобальних продуктів ДЗЗ

- Розпочато з перевірки/оцінки деяких продуктів
- Якість часто не є переконливою або навіть оманливою
- На деякі продукти варто поглянути глибше (наприклад, карта щільності деревного покриву або карта втрат Global Forest Watch)



Дуже дякую
за увагу!