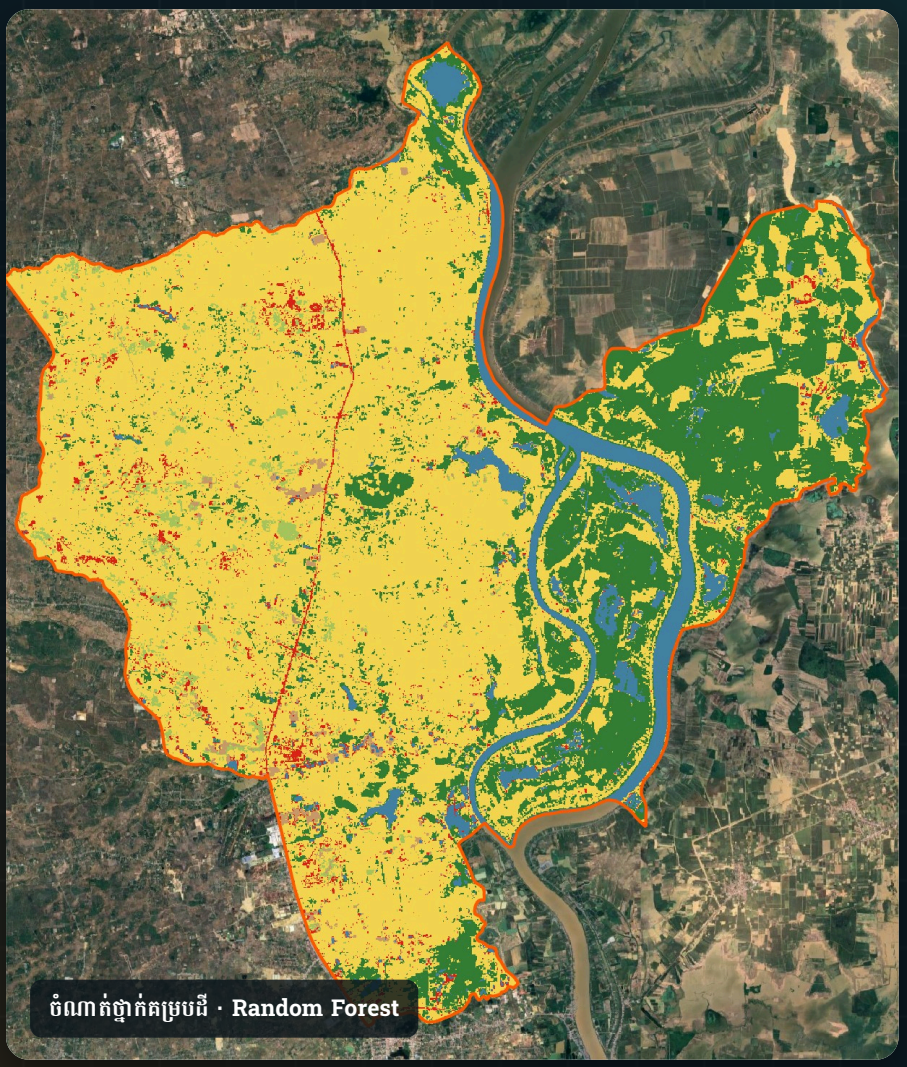
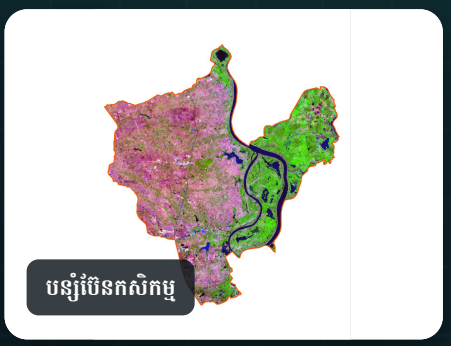
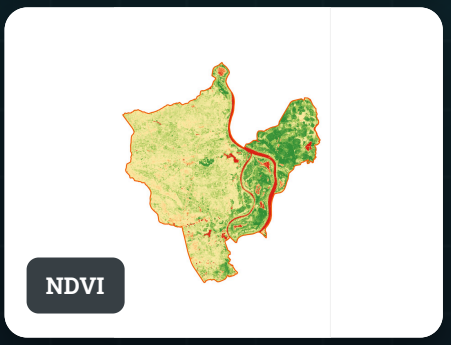
QGIS · កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) · English / ខ្មែរ

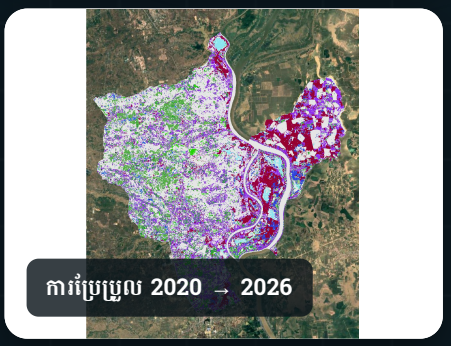
សៀវភៅណែនាំ
LEE RS Lab

ការយកព័ត៌មានពីចម្ងាយក្នុង QGIS ដោយមិនចាំបាច់មានគណនី
ពីការទាញយករូបភាព ដល់ចំណាត់ថ្នាក់ ភាពត្រឹមត្រូវ និងការប្រៀបធៀបតម្រូវដី









Sentinel-2 · Landsat 5–9 · Sentinel-1 · MODIS · Copernicus DEM · ESA WorldCover

LEE · Local Earth Engine · Stack ពហុរដូវ

យាំ សារដ្ឋ (YAM Sarath)

ឧទាហរណ៍៖ ស្រុកកំពង់ត្រឡាច ខេត្តកំពង់ឆ្នាំង · LEE RS Lab 2.4.0

15 មេរៀន ជំហានម្តងមួយៗ

khgeo.github.io/lee-rs-lab

មាតិកា

1. មេរៀនទី 1 — កំណត់តំបន់សិក្សា (AOI)
2. មេរៀនទី 2 — ស្វែងរករូបភាពផ្កាយរណប
3. មេរៀនទី 3 — ផ្សំរូបភាព និងទាញយក
4. មេរៀនទី 4 — សំណុំទិន្នន័យផ្សេងទៀត និងការរៀបចំ
5. មេរៀនទី 5 — បន្សំរបិន និងការលាតពន្លឺ
6. មេរៀនទី 6 — សន្ទស្សន៍វិសាលគម (NDVI, MNDWI)
7. មេរៀនទី 7 — តម្រងលំហ និង PCA
8. មេរៀនទី 8 — ថ្នាក់ និងចំណាត់ថ្នាក់មិនណែនាំ (K-means)
9. មេរៀនទី 9 — ចំណាត់ថ្នាក់មានណែនាំ៖ បង្កើតទិន្នន័យហ្វឹកហាត់
10. មេរៀនទី 10 — ហត្ថលេខាវិសាលគម និងចំណាត់ថ្នាក់ Random Forest
11. មេរៀនទី 11 — ការវាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ
12. មេរៀនទី 12 — សម្អាតផែនទី នាំចេញពហុកោណ និងប្លង់ផែនទី
13. មេរៀនទី 13 — ការប្រៀបធៀប ពី → ទៅ (2020 → 2026) និងដ្យាក្រាម Sankey
14. មេរៀនទី 14 — ស្គ្រីប LEE (Local Earth Engine)
15. មេរៀនទី 15 — របាយការណ៍ PDF

សៀវភៅណែនាំ LEE RS Lab

> **ទាញយក**
>
> - **កម្មវិធីជំនួយ QGIS៖** ស្វែងរក *LEE RS Lab* ក្នុង Plugins › Manage and Install Plugins (ឬ lee_rs_lab.zip)
> - **សៀវភៅជា PDF (បោះពុម្ព ឬអានគ្មានអ៊ីនធឺណិត)៖** lee-rs-lab-manual-km.pdf
> - **កូដប្រភព៖** github.com/khgeo/lee-rs-lab

YAM Sarath (យាំ សារដ្ឋ) · LEE RS Lab 2.4.0 · QGIS 3.22–3.44

សេចក្តីផ្តើម

LEE RS Lab ជាកម្មវិធីជំនួយ (Plugin) QGIS សម្រាប់ការយកព័ត៌មានពីចម្ងាយ ដែលដំណើរការលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នកផ្ទាល់ ដោយមិនចាំបាច់មានគណនី ឬចូល (login) ទេ។ LEE មកពី **Local Earth Engine** — គណនាបែប Google Earth Engine ប៉ុន្តែនៅលើម៉ាស៊ីនរបស់អ្នក ជាមួយទិន្នន័យឥតគិតថ្លៃពី Microsoft Planetary Computer និង Earth Search (AWS)។

សៀវភៅណែនាំនេះប្រើឧទាហរណ៍ពិតមួយ៖ **ស្រុកកំពង់ត្រឡាច ខេត្តកំពង់ឆ្នាំង** (464.6 គ.ម²) ដែលមានទន្លេសាបហូរកាត់កណ្តាល ជាមួយរូបភាព Landsat 9 ខែមករា–ឧសភា ឆ្នាំ 2026 និង Landsat 8 ឆ្នាំ 2020 សម្រាប់ការប្រៀបធៀប។ មេរៀនទី 14–15 នៅប្រើឧទាហរណ៍ឃុំមហាខ្ទួង ខេត្តកំពង់ចាម ពីកំណែមុន។

អ្វីដែលត្រូវមាន

- QGIS 3.22 ឬថ្មីជាងនេះ (រូបថតក្នុងសៀវភៅនេះប្រើ QGIS 3.44 លើ macOS)
- អ៊ីនធឺណិត ដើម្បីទាញយករូបភាព និងព្រំដែនរដ្ឋបាល
- កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) **LEE RS Lab** ពីបណ្ណាល័យកម្មវិធីជំនួយរបស់ QGIS (មើលខាងក្រោម)

ការដំឡើង

1. បើក QGIS → **Plugins › Manage and Install Plugins…**
2. ក្នុងផ្ទាំង **Settings** ធីក **Show also experimental plugins**។ (LEE RS Lab ស្ថិតក្នុងកំណែសាកល្បង (experimental) នៅឡើយ។)
3. ក្នុងផ្ទាំង **All** វាយ **LEE RS Lab** ក្នុងប្រអប់ស្វែងរក ជ្រើសវា រួចចុច **Install Plugin**។
4. រូបតំណាង LEE RS Lab លេចឡើងលើរបារឧបករណ៍។ ចុចវាដើម្បីបើកផ្ទាំង។ ចុចម្តងទៀត (ពេលផ្ទាំងនៅខាងមុខ) ដើម្បីបិទ។

ពេលមានកំណែថ្មី QGIS ជូនដំណឹងដោយខ្លួនឯង ហើយអ្នកអាចចុច **Upgrade Plugin** នៅកន្លែងដដែល។

> គ្មានអ៊ីនធឺណិតល្អនៅក្នុងថ្នាក់? ទាញយក `lee_rs_lab.zip` ពី GitHub Releases ជាមុន ហើយប្រើ **Install from ZIP** ក្នុងផ្ទាំងដដែលជំនួសវិញ។

ផ្ទាំងបញ្ជា

ផ្នែកខាងលើនៃផ្ទាំងមាន៖ ប្រអប់ **មូលដ្ឋាន / កម្រិតខ្ពស់** (កំណែ 2.4.0), ការជ្រើសភាសា **English / ខ្មែរ (Khmer)**, ប៊ូតុងផែនទីមូលដ្ឋាន (Google Satellite, Esri, OSM…), ប៊ូតុង **ជំនួយ** និង **PDF** (របាយការណ៍)។ បន្ទាត់ខាងក្រោមបង្ហាញស្ថានភាព ឬសារចុងក្រោយ។

ការងារត្រូវបានចែកជា ៥ ផ្ទាំង។ ផ្ទាំងនីមួយៗមានផ្នែកបត់បាន ដែលបើកម្តងមួយ។ ក្នុងរបៀប **មូលដ្ឋាន** (លំនាំដើម) ផ្នែកដែលមានសញ្ញា ★ ត្រូវបានលាក់ ដើម្បីឲ្យផ្ទាំងសាមញ្ញសម្រាប់អ្នកចាប់ផ្តើម — ប្តូរទៅ **កម្រិតខ្ពស់** ដើម្បីបង្ហាញវាវិញ (គ្មានមុខងារណាត្រូវបានលុបទេ)៖

ផ្ទាំង	ផ្នែក
1 ទិន្នន័យ	តំបន់សិក្សា · រូបភាព — ស្វែងរករូបភាព · ផ្សំរូបភាព និងទាញយក · សំណុំទិន្នន័យផ្សេងទៀត · ការរៀបចំ
2 កែលម្អ	បន្សំបែន និងការលាតពន្លឺ · សន្ទស្សន៍វិសាលគម · តម្រងលំហ ★ · PCA ★
3 ចាត់ថ្នាក់	ថ្នាក់ (តារាងសម្គាល់) · មិនណែនាំ (K-means; ISODATA ★) · មានណែនាំ (🪄 ដំបងវេទមន្ត · Random Forest; ក្បួនដោះស្រាយផ្សេង ហត្ថលេខា WorldCover ★) · ភាពត្រឹមត្រូវ · សម្អាត និងនាំចេញជាពហុកោណ ★ · ប្លង់ផែនទី
4 ការប្រៃប្លែ	ពី → ទៅ · ការដកស្រូបភាព · ដ្យាក្រាម Sankey
5 LEE ★	ស្ត្រីបបែប Earth Engine ៣២ ឧទាហរណ៍

ផ្នែកនីមួយៗមានប៊ូតុង 📖 **មេរៀន** ដែលពន្យល់ទ្រឹស្តីខ្លីៗ។ ប្រើវាពេលបង្រៀនក្នុងថ្នាក់។

លំហូរការងារធម្មតា៖ **កំណត់តំបន់សិក្សា → ទាញយករូបភាព → កែលម្អ និងគណនាសន្ទស្សន៍ → ចាត់ថ្នាក់ → វាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ → រកការប្រែប្រួល**។

> **របៀបអានរូបភាពក្នុងសៀវភៅនេះ៖** ង្វង់ក្រហមមានលេខ ❶ ❷ ❸ … = លេខដំហានក្នុងអត្ថបទ ហើយប្រអប់ក្រហមបង្ហាញកន្លែងត្រូវចុច ឬកំណត់។ ប្រអប់ពណ៌លឿង = កន្លែងមើលលទ្ធផល។ ចុចលើរូបដើម្បីពង្រីក។

មេរៀនទី 1 — កំណត់តំបន់សិក្សា (AOI)

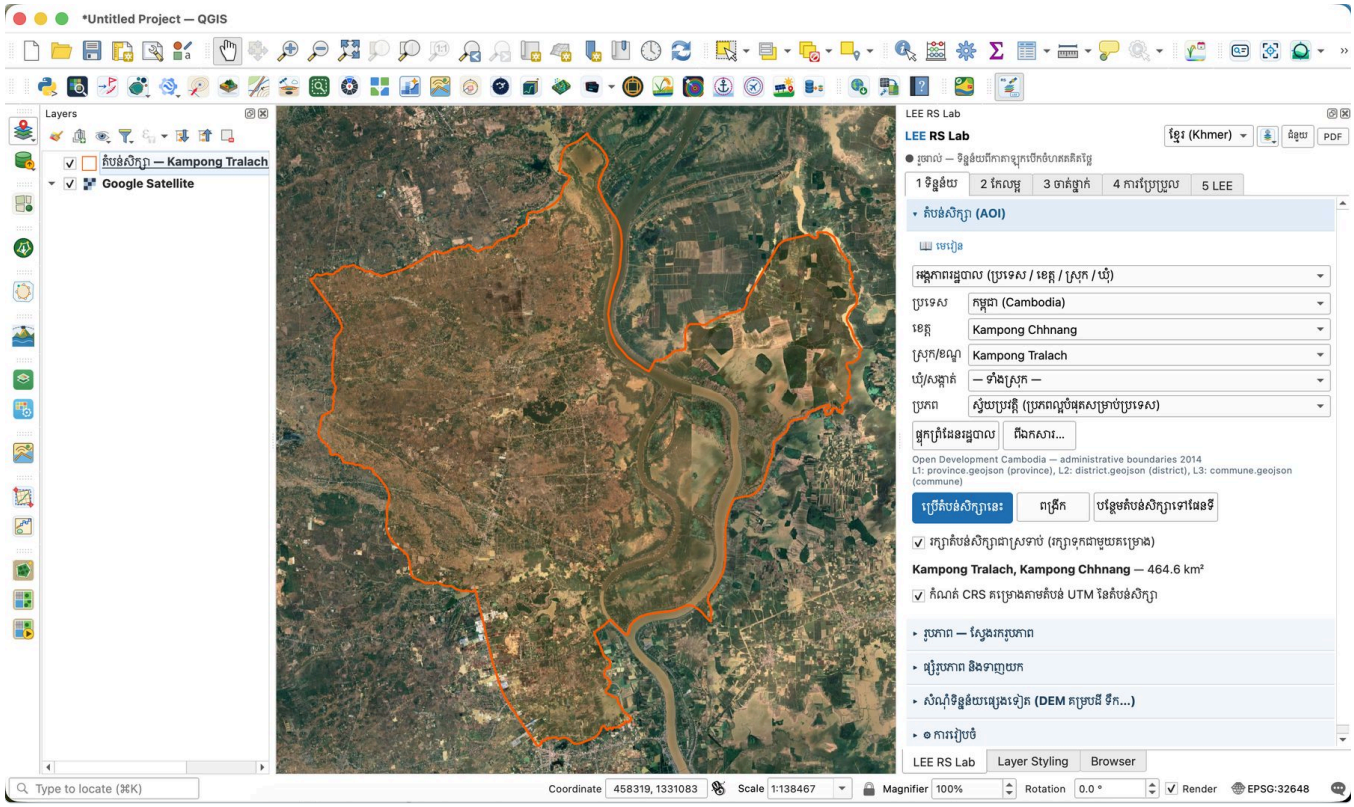
តំបន់សិក្សាកំណត់ថា កន្លែងណាដែលត្រូវទាញយក និងវិភាគ។ កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) អានតែកីកសែលក្នុងតំបន់នេះប៉ុណ្ណោះ ដូច្នេះ តំបន់តូច = ទាញយកលឿន។ ក្នុងសៀវភៅនេះ យើងសិក្សា **ស្រុកកំពង់ត្រឡាច ខេត្តកំពង់ឆ្នាំង** (464.6 គ.ម²) ដែលមានទន្លេសាបហូរកាត់កណ្តាល។

> **របៀប មូលដ្ឋាន / កម្រិតខ្ពស់ (កំណែ 2.4.0)**
>
> នៅផ្នែកខាងលើផ្ទាំង ជាប់នឹងប្រអប់ភាសា មានប្រអប់ **មូលដ្ឋាន / កម្រិតខ្ពស់**។ **មូលដ្ឋាន** (លំនាំដើម) បង្ហាញតែជំហានសំខាន់ៗ៖ តំបន់សិក្សា រូបភាព បន្សំរបិន សន្ទស្សន៍ K-means ទិន្នន័យហ្វឹកហាត់ (ដំបងវេទមន្ត) ចំណាត់ថ្នាក់ ភាពត្រឹមត្រូវ ប្លង់ផែនទី និងការប្រែប្រួល។ **កម្រិតខ្ពស់** បង្ហាញឧបករណ៍ទាំងអស់បន្ថែម៖ តម្រងលំហ PCA ISODATA ក្បួនដោះស្រាយចំណាត់ថ្នាក់ផ្សេងៗ ហត្ថលេខាវិសាលគម ហ្វឹកហាត់ពី WorldCover ការប្រោះ/នាំចេញពហុកោណ និងផ្ទាំង **5 LEE**។ គ្មានមុខងារណាត្រូវបានលុបទេ — មេរៀនដែលត្រូវការរបៀបកម្រិតខ្ពស់មានសញ្ញាប្រាប់។

ជំហាន

1. បន្ថែមផែនទីមូលដ្ឋានដោយប៊ូតុងផែនទីមូលដ្ឋាននៅផ្នែកខាងលើ (ឧ. **Google Satellite**) ដើម្បីមើលផែនដី។
2. ក្នុងផ្ទាំង **1 ទិន្នន័យ** បើកផ្នែក **តំបន់សិក្សា (AOI)**។
3. នៅប្រអប់ទីមួយ ជ្រើស **អង្គភាពរដ្ឋបាល (ប្រទេស / ខេត្ត / ស្រុក / ឃុំ)**។ ជម្រើសផ្សេងទៀត៖ វិសាលភាពផែនទី គូសចតុកោណ ឬស្រទាប់ពហុកោណ។
4. **ប្រភពព្រំដែន** ទុក **ស្វ័យប្រវត្តិ**។ សម្រាប់កម្ពុជា ព្រំដែនផ្ទុកពី Open Development Cambodia (ព្រំដែនរដ្ឋបាល 2014) ដែលមានឈ្មោះខ្មែរ។
5. ជ្រើស **ប្រទេស** កម្ពុជា → **ខេត្ត** កំពង់ឆ្នាំង → **ស្រុក/ខណ្ឌ** កំពង់ត្រឡាច → **ឃុំ/សង្កាត់** «— ស្រុកទាំងមូល —»។
6. ចុច **ប្រើតំបន់សិក្សានេះ**។ គែមពណ៌ទឹកក្រូចលេចឡើងលើផែនទី ហើយផ្ទាំងបង្ហាញផ្ទៃក្រឡា **464.6 គ.ម²**។
7. ទុកជីក **កំណត់ CRS គម្រោងតាមតំបន់ UTM នៃតំបន់សិក្សា**។ គម្រោងប្តូរទៅ **EPSG:32648** (WGS 84 / UTM 48N) ដែលវាស់ចម្ងាយ និងផ្ទៃក្រឡាជាម៉ែត្រ។ ទុកជីក **រក្សាតំបន់សិក្សាជាស្រទាប់** ផងដែរ ដើម្បីឲ្យស្រទាប់ «តំបន់សិក្សា — Kampong Tralach, Kampong Chhnang» នៅក្នុងគម្រោង ហើយត្រឡប់មកវិញដោយស្វ័យប្រវត្តិពេលបើកគម្រោងម្តងទៀត។

ប៊ូតុងផ្សេងទៀត៖ **ពង្រីក** (ពង្រីកទៅតំបន់) និង **បន្ថែមតំបន់សិក្សាទៅផែនទី** (រក្សាទុកជាស្រទាប់ពហុកោណ)។



រូបទី 1 — តំបន់សិក្សាស្រុកកំពង់ត្រឡាច ខេត្តកំពង់ឆ្នាំង (464.6 គ.ម²) លើ Google Satellite

ប្តូរភាសា

ជ្រើស **ខ្មែរ (Khmer)** ឬ **English** នៅខាងលើផ្ទាំង។ ផ្ទាំងទាំងមូលប្តូរភាសាភ្លាមៗ ដោយរក្សាការជ្រើសរើស និងតំបន់សិក្សាដដែល។ ឈ្មោះស្រទាប់ និងតារាងសម្គាល់ក៏ប្តូរភាសាដែរ។ រូបថតទាំងអស់ក្នុងសៀវភៅនេះប្រើផ្ទាំងភាសាខ្មែរ។

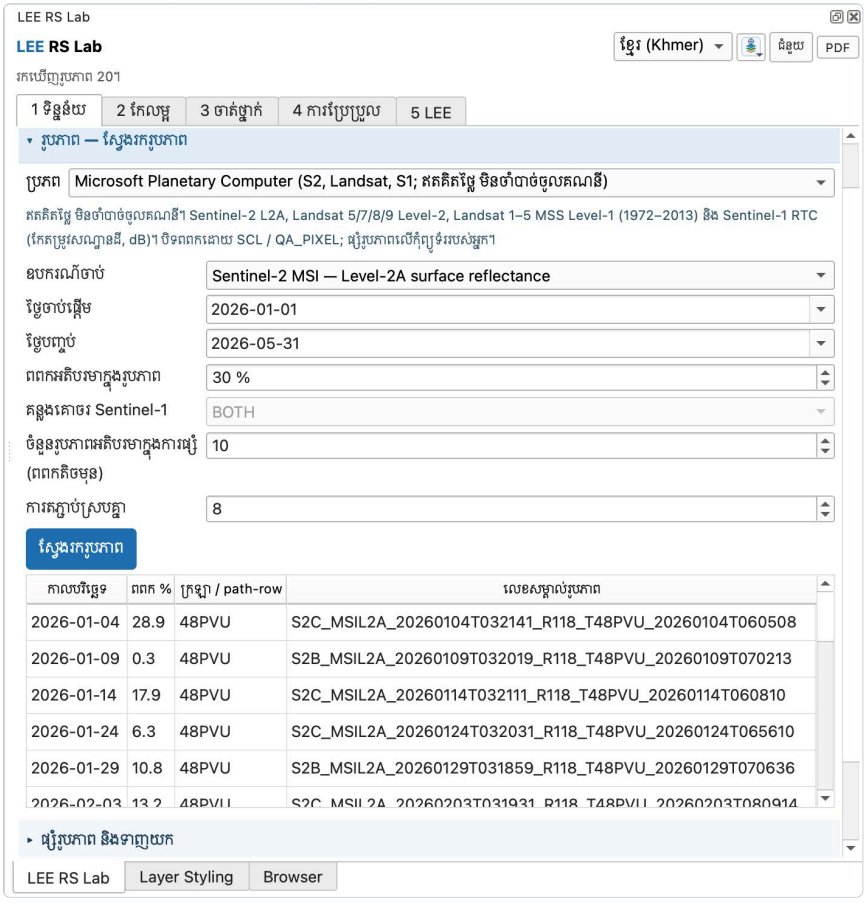
> គន្លឹះ៖ ព្រំដែនផ្ទុកម្តងហើយរក្សាទុកក្នុងឃ្លាំង (cache)។ លើកក្រោយបើកលឿន និងអាចប្រើគ្មានអ៊ីនធឺណិត។
>
> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ ហេតុអ្វីបានជាយើងត្រូវការ CRS ជាម៉ែត្រ (UTM) ជាជាងដឺក្រេ (EPSG:4326) នៅពេលគណនាផ្ទៃក្រឡាជាហិកតា?

មេរៀនទី 2 — ស្វែងរករូបភាពផ្កាយរណប

ស្វែងរកមុនទាញយក ដើម្បីមើលថាមានរូបភាពប៉ុន្មាន និងពពកប៉ុន្មាន។ សម្រាប់ស្រុកកំពង់ត្រឡាច ខែមករា–ឧសភា 2026 យើងរកឃើញ **Sentinel-2 ចំនួន 20 រូបភាព** និង **Landsat 9 ចំនួន 6 រូបភាព** ដែលមានពពកតិចជាង 30%។

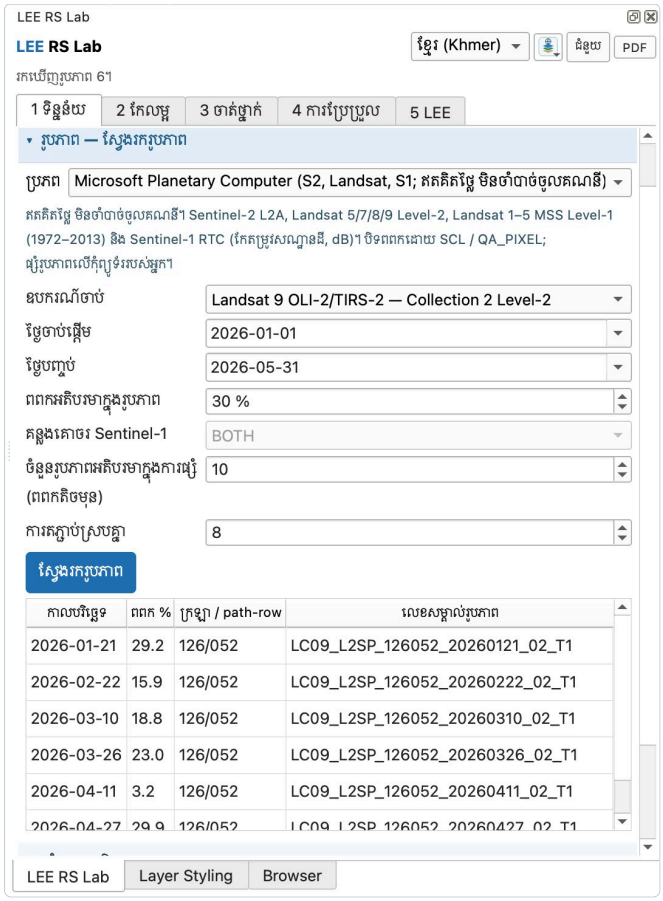
ជំហាន

1. បើកផ្ទៃក **រូបភាព — ស្វែងរករូបភាព**។
2. **ប្រភព៖** Microsoft Planetary Computer (ឥតគិតថ្លៃ មិនចាំបាច់ចូលគណនី)។ មាន Sentinel-2 L2A, Landsat 5/7/8/9 Level-2, Landsat 1–5 MSS Level-1 (1972–2013) និង Sentinel-1 RTC។
3. **ឧបករណ៍ចាប់៖** ជ្រើស **Sentinel-2 MSI — Level-2A** ជាមុនសិន ដើម្បីមើលចំនួនរូបភាព។
4. **ថ្ងៃចាប់ផ្តើម** 2026-01-01 · **ថ្ងៃបញ្ចប់** 2026-05-31 (រដូវប្រាំង ពពកតិច)។
5. **ពពកអតិបរមាក្នុងរូបភាព** 30%។ **ចំនួនរូបភាពអតិបរមាក្នុងការស្វែ** 10 (យករូបភាពដែលមានពពកតិចមុន)។ **ការតភ្ជាប់ស្រេបគ្នា** 8 (បន្តយទៅ 2–4 បើអ៊ីនធឺណិតយឺត)។
6. ចុច **ស្វែងរករូបភាព**។ តារាងបង្ហាញកាលបរិច្ឆេទ % ពពក ក្រឡា (48PVU) និងលេខសម្គាល់រូបភាព — **20 រូបភាព**។



រូបទី 2 — លទ្ធផលស្វែងរក Sentinel-2 L2A (20 រូបភាព ក្រឡា 48PVU)

1. ប្តូរ **ឧបករណ៍ចាប់** ទៅ **Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 — Collection 2 Level-2** ហើយស្វែងរកម្តងទៀត។ បាន **6 រូបភាព** (path/row 126/052) ពពកពី 3.2% ដល់ 29.9%។



រូបទី 3 — លទ្ធផលស្វែងរក Landsat 9 (6 រូបភាព)

Sentinel-2 មករៀងរាល់ 5 ថ្ងៃ (គឺកសែល 10 ម៉ែត្រ) ចំណែក Landsat 9 មករៀងរាល់ 16 ថ្ងៃ (30 ម៉ែត្រ)។ ក្នុងមេរៀនបន្ទាប់ យើងប្រើ **Landsat 9** ព្រោះវាមានចែនដូច Landsat 8 ដែលយើងនឹងប្រើសម្រាប់ឆ្នាំ 2020 ក្នុងមេរៀនទី 13 (ការប្រែប្រួល)។ អ្នកអាចជ្រើសជួរក្នុងតារាង ហើយប្រើរបៀបផ្សំ «រូបភាពដែលបានជ្រើស» ប្រសិនបើចង់ប្រើតែរូបភាពមួយចំនួន។

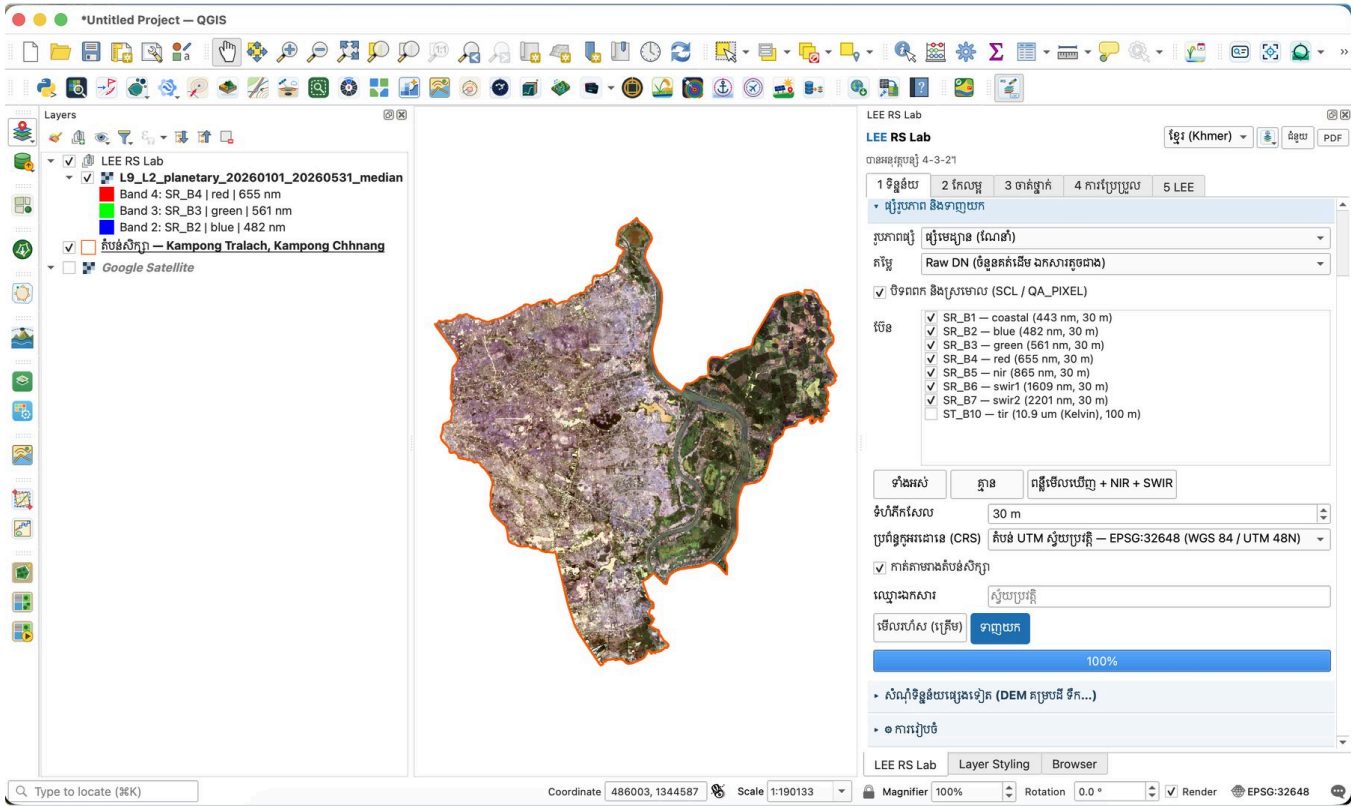
> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ ហេតុអ្វីបានជាយើងជ្រើសរដូវប្រាំងសម្រាប់រូបភាពអុបទិកនៅកម្ពុជា? ហេតុអ្វីបានជាការប្រៀបធៀបឆ្នាំពីរត្រូវប្រើខែដូចគ្នា?

មេរៀនទី 3 — ផ្សំរូបភាព និងទាញយក

កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) ផ្សំរូបភាពច្រើនជារូបភាពតែមួយ (composite) ដោយបិទពពកចេញជាមុន។ វាអានតែកីកសែលក្នុងតំបន់សិក្សា ដូច្នេះសូម្បីតែស្រុកទាំងមូល ក៏ទាញយកបានក្នុងរយៈពេលខ្លី។

ជំហាន

1. បើកផ្ទែក **ផ្សំរូបភាព និងទាញយក** (ឧបករណ៍ចាប់ Landsat 9 ពីមេរៀនទី 2)។
2. **រូបភាពផ្សំ**៖ ផ្សំមេដ្យាន (median — ណែនាំ)។ មេដ្យានយកតម្លៃកណ្តាលនៃកីកសែលនីមួយៗ ដូច្នេះពពក និងស្រមោលដែលនៅសល់ត្រូវបាត់។
3. **តម្លៃ**៖ Raw DN (ចំនួនគត់ដើម ឯកសារតូចជាង)។ នៅមេរៀនទី 6 យើងនឹងបំប្លែងវាទៅជាការចាំងផ្លាត 0–1។
4. ទុកធីក **បិទពពក និងស្រមោល (SCL / QA_PIXEL)**។
5. **ប៊ែន**៖ SR_B1 (coastal) ដល់ SR_B7 (swir2) — ទុក ST_B10 (កម្តៅ 100 ម៉ែត្រ) មិនធីក។ ប៊ូតុង **ពន្លឺមើលឃើញ + NIR + SWIR** ជ្រើសប៊ែនដែលត្រូវការសម្រាប់ចំណាត់ថ្នាក់ក្លាមៗ។
6. **ទំហំកីកសែល** 30 m · **ប្រព័ន្ធកូអរដោនេ (CRS)**៖ តំបន់ UTM ស្វ័យប្រវត្តិ — EPSG:32648 (WGS 84 / UTM 48N)។ ទុកធីក **កាត់តាមរាងតំបន់សិក្សា**។ **ឈ្មោះឯកសារ** ទុកទទេ = ស្វ័យប្រវត្តិ។
7. ចុច **មើលរហ័ស (គ្រើម)** ដើម្បីមើលរូបភាពកម្រិតទាបជាមុន ឬចុច **ទាញយក** ដើម្បីទាញយកពេញ។ របារដំណើរការឡើងដល់ **100%**។



រូបទី 4 — ការកំណត់ផ្សំរូបភាព និងលទ្ធផល Landsat 9 ពណ៌ពិត កាត់តាមរាងស្រុក

លទ្ធផល

ស្រទាប់ថ្មី `L9_L2_planetary_20260101_20260531_median` លេចឡើងក្នុងក្រុម **LEE RS Lab** ហើយឯកសារ GeoTIFF ត្រូវបានរក្សាទុកក្នុងថត `RS_Lab`។ វាបង្ហាញជាពណ៌ពិត (ប៊ែន 4-3-2) ហើយកាត់តាមរាងស្រុកយ៉ាងត្រឹមត្រូវ។ ប្រអប់ **រូបភាព** នៅផ្ទាំងផ្សេងៗ (កែលម្អ ចាត់ថ្នាក់) ត្រូវបានបំពេញដោយស្វ័យប្រវត្តិ។

នៅលើរូបភាព ស្រុកចែកជាពីរផ្នែកច្បាស់៖ ខាងលិចទន្លេសាប ជាស្រែប្រាំងទំនេរ (ពណ៌ត្នោត/ប្រផេះ) និងខាងកើតទន្លេ ជាដីលិចទឹកដែលមានរុក្ខជាតិ និងបឹង។

> ចំណាំ៖ ពណ៌ពិតមើលទៅងងឹត និងមានភីកសែលធំ ព្រោះ Landsat មានភីកសែល 30 ម៉ែត្រ និងការលាតពន្លឺលំនាំដើម។ មេរៀនទី 5 បង្ហាញពីរបៀបធ្វើឲ្យវាច្បាស់ជាង។

មេរៀនទី 4 — សំណុំទិន្នន័យផ្សេងទៀត និងការរៀបចំ

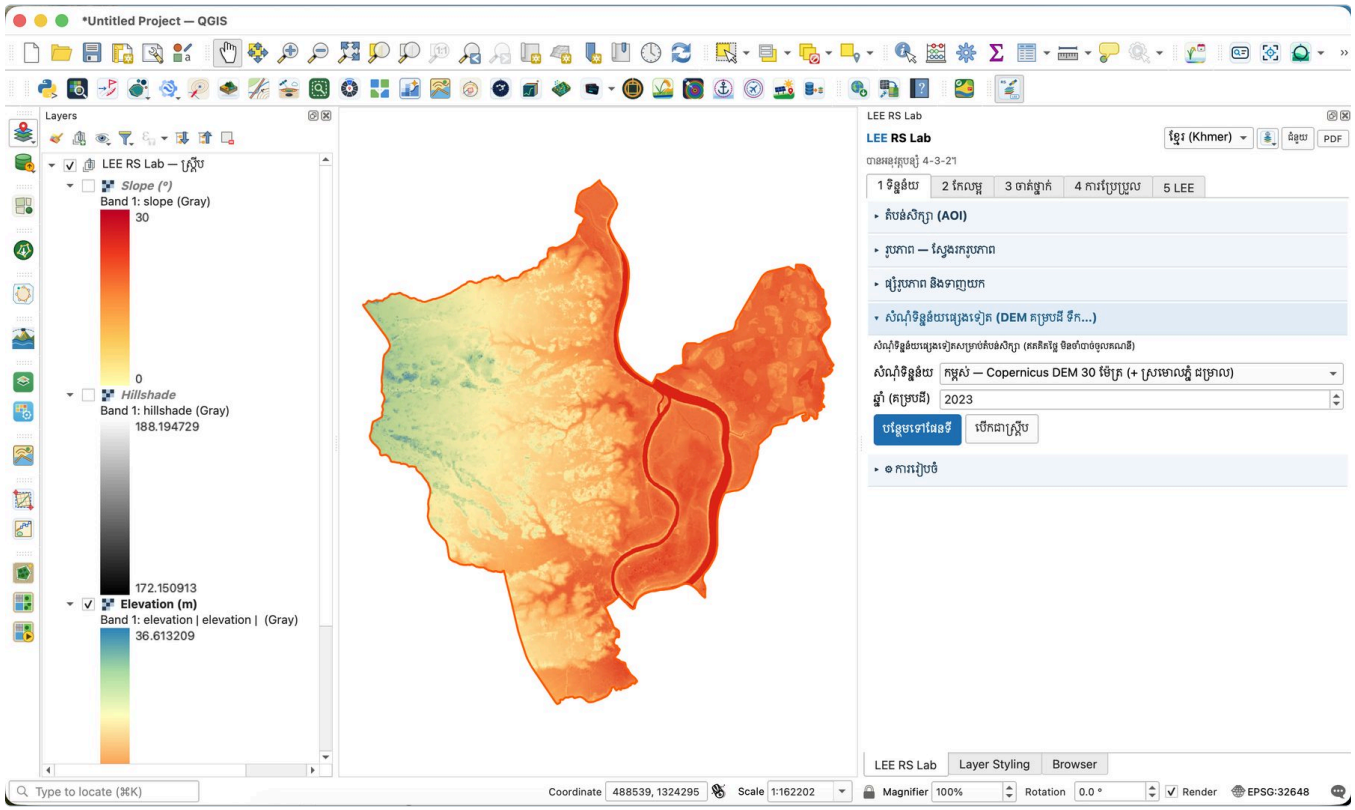
ក្រៅពីរូបភាពផ្កាយរណប អ្នកអាចទាញយកទិន្នន័យស្រាប់សម្រាប់តំបន់សិក្សាដោយចុចតែម្តង ៖ កម្ពស់ (Copernicus DEM, NASADEM) គម្របដី (ESA WorldCover, គម្របដីប្រចាំឆ្នាំ) ប្រេកង់ផ្ទៃទឹក JRC និង MODIS NDVI។ ស្រទាប់ទាំងអស់ត្រូវបានកាត់តាមរាងស្រុក ហើយដាក់ក្នុងក្រុម **LEE RS Lab — ស្ត្រីប**។

ជំហាន

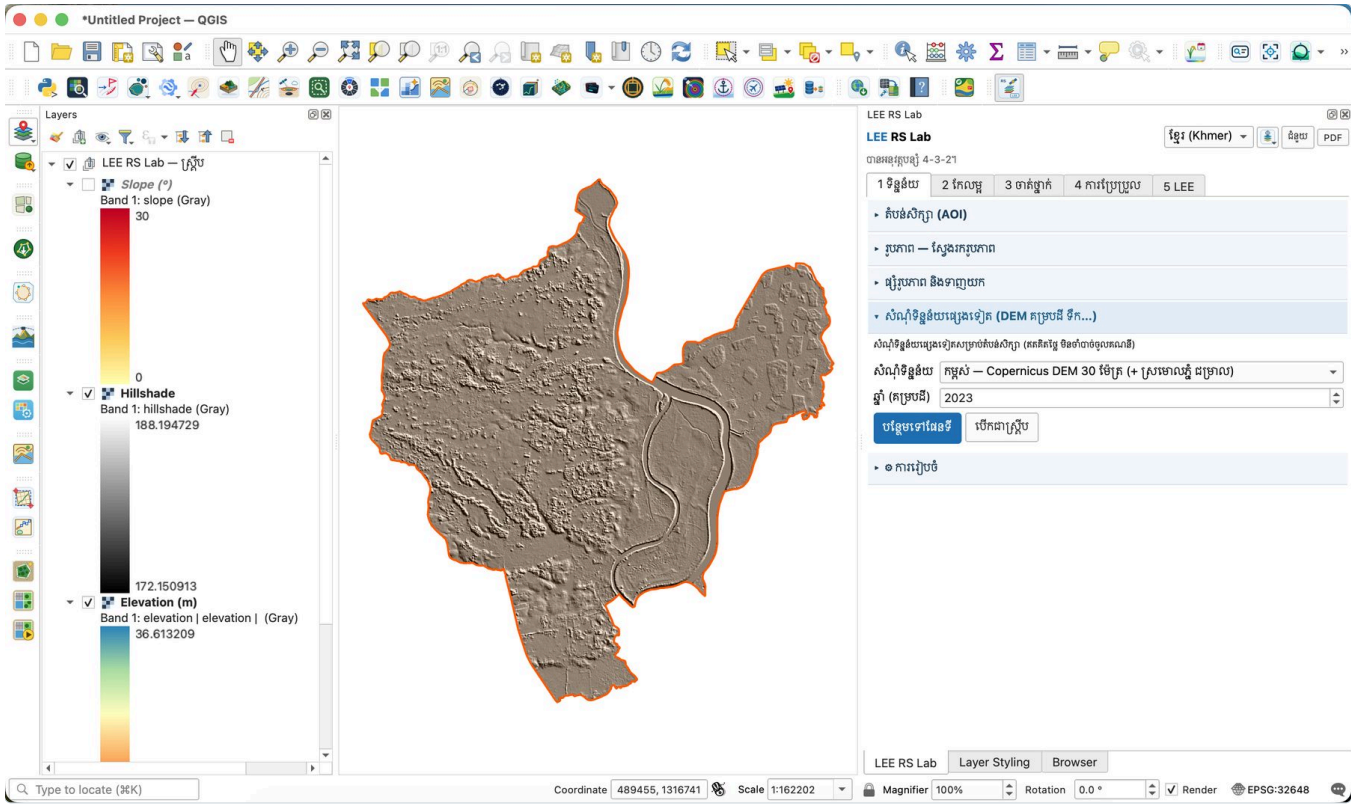
1. បើកផ្ទៃក **សំណុំទិន្នន័យផ្សេងទៀត (DEM គម្របដី ទឹក...)**។
2. ជ្រើស **សំណុំទិន្នន័យ** មួយ។ **ឆ្នាំ (គម្របដី)** ប្រើសម្រាប់ទិន្នន័យប្រចាំឆ្នាំ (WorldCover គម្របដីប្រចាំឆ្នាំ MODIS)។
3. ចុច **បន្ថែមទៅផែនទី**។ ប៊ូតុង **បើកជាស្ត្រីប** បង្ហាញកូដ LEE ដែលធ្វើការងារដដែល ជាមេរៀនសរសេរកូដ (មេរៀនទី 14 · មានតែក្នុងរបៀប **កម្រិតខ្ពស់**)។

កម្ពស់ដី — Copernicus DEM 30 ម៉ែត្រ

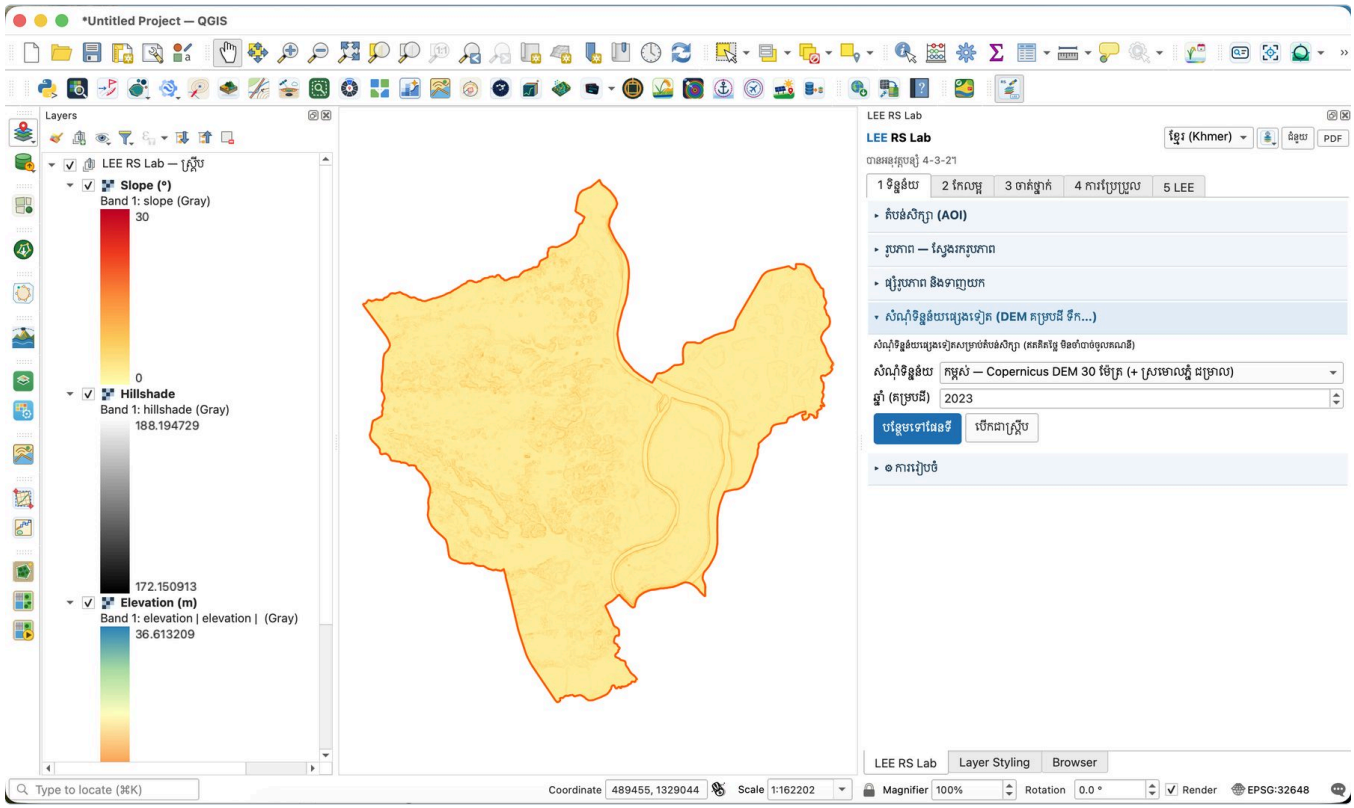
សំណុំទិន្នន័យ **កម្ពស់ — Copernicus DEM 30 ម៉ែត្រ (+ ស្រមោលភ្នំ ជម្រាល)** បង្កើតស្រទាប់បី ៖ **Elevation (m)** · **Hillshade** · **Slope (°)**។ ស្រុកកំពង់ត្រឡាចជាដីទំនាប ៖ កម្ពស់ខ្ពស់បំផុតប្រហែល **36.6 ម៉ែត្រ** ហើយទន្លេសាប និងដីលិចទឹកខាងកើតទាបបំផុត (ពណ៌ក្រហម)។



រូបទី 5 — កម្ពស់ដី Copernicus DEM (អតិបរមា 36.6 ម៉ែត្រ)



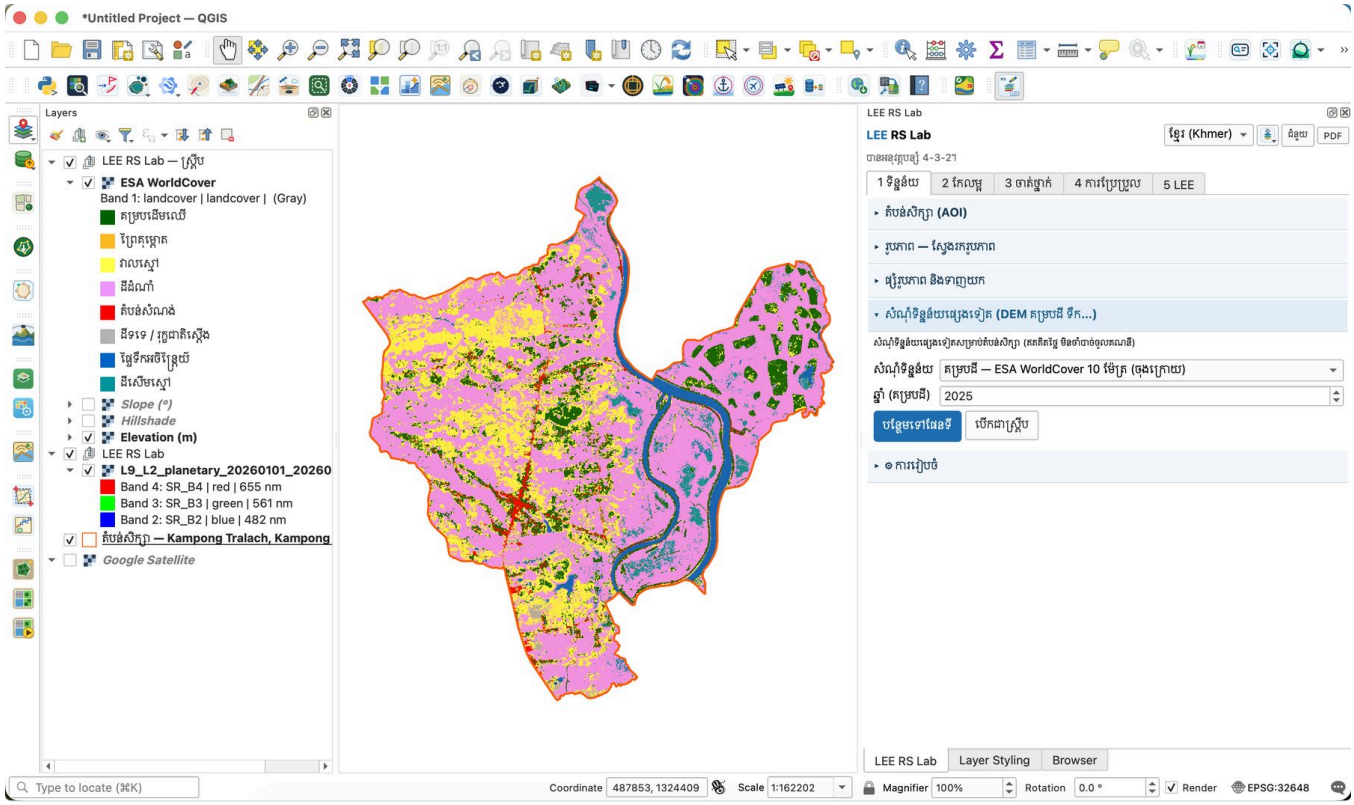
រូបទី 6 — ស្រមោលភ្នំ (Hillshade) បង្ហាញភ្លឺស្រែ ផ្លូវ និងមាត់ទន្លេ



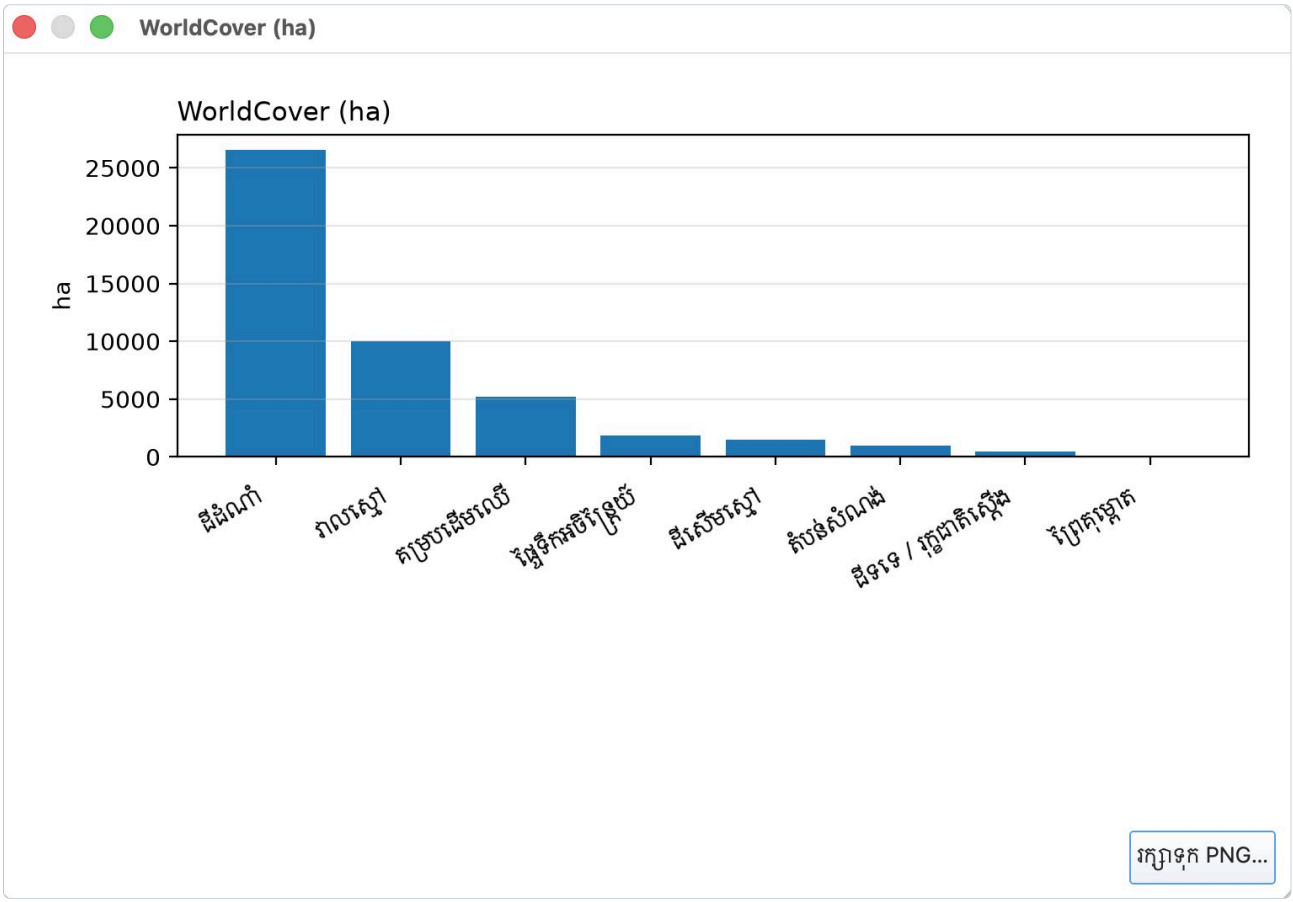
រូបទី 7 — ជម្រាល (0–30°)៖ ភាគច្រើនរាបស្មើ ជម្រាលខ្ពស់នៅតែមាត់ទន្លេ និងទំនប់

គម្របដី — ESA WorldCover 10 ម៉ែត្រ

ជ្រើស **ESA WorldCover 10 ម៉ែត្រ** ឆ្នាំ 2025។ តារាងសម្គាល់បង្ហាញតែថ្នាក់ដែលមានក្នុងស្រុក (គ្មាន «ព្រៃ និងទឹកកក» ទេ)។ ក្រាហ្វ **WorldCover (ហិកតា)** បង្ហាញថាស្រុកនេះភាគច្រើនជាដីដំណាំ។



រូបទី 8 — ESA WorldCover ស្រុកកំពង់ត្រឡាច ជាមួយតារាងសម្គាល់ភាសាខ្មែរ



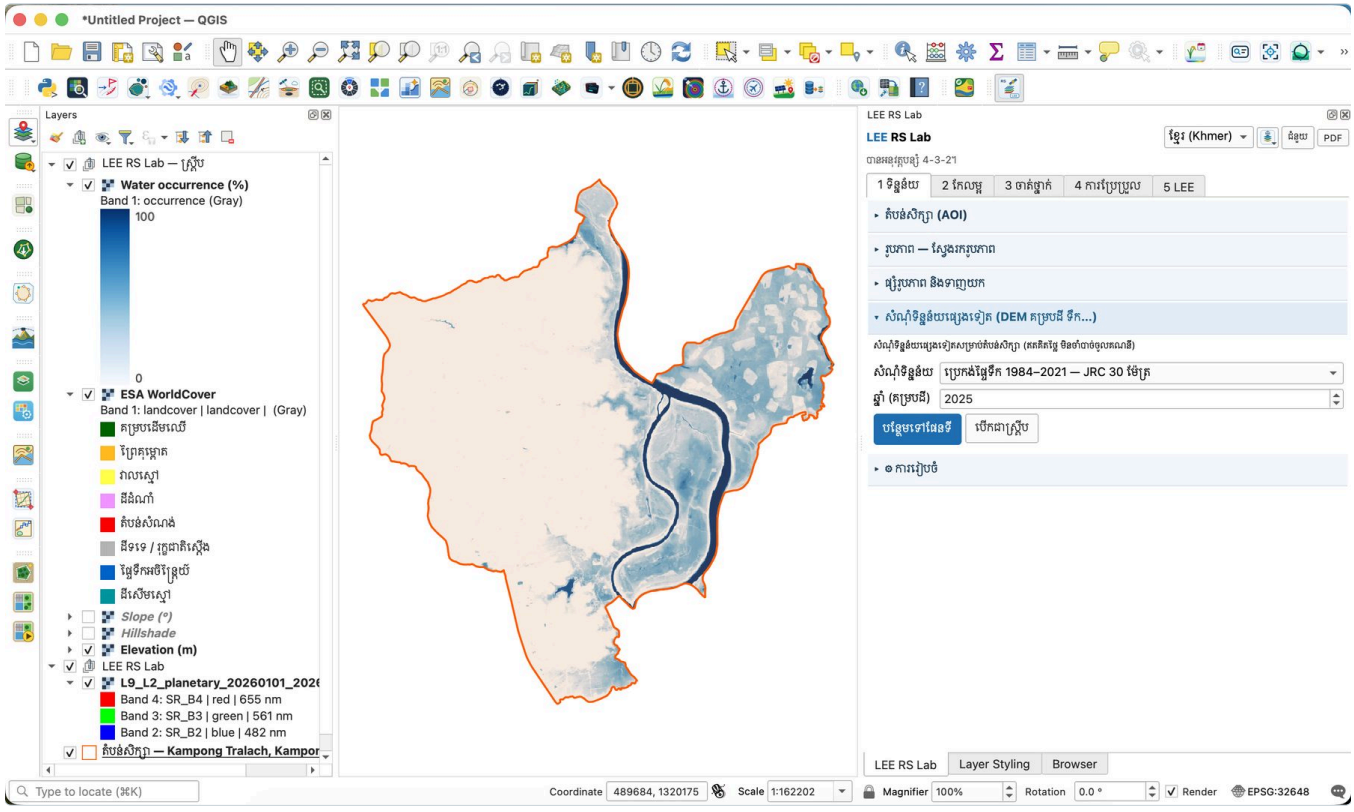
រូបទី 9 — ផ្ទៃក្រឡាតាមថ្នាក់ WorldCover

ថ្នាក់ WorldCover	ប្រហែល (ហិកតា)
ដីដំណាំ	26,500
វាលស្មៅ	10,000
គម្របដើមឈើ	5,200
ផ្ទៃទឹកអចិន្ត្រៃយ៍	1,800
ដីសើមស្មៅ	1,500
តំបន់សំណង់	900
ដីទទេ / រុក្ខជាតិស្តើង	400

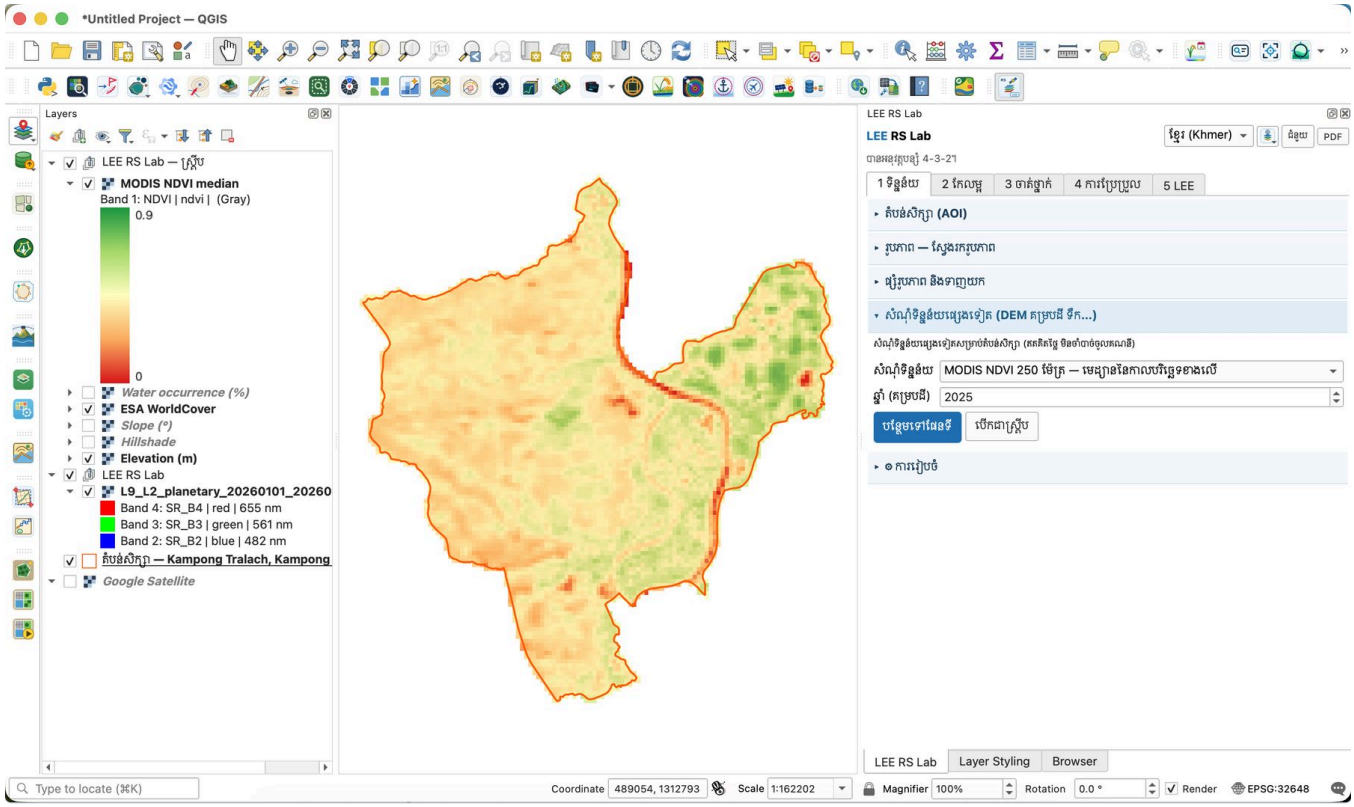
WorldCover ជាផែនទីសកលដែលមានស្រាប់ — ល្អសម្រាប់ប្រៀបធៀប និងជាប្រភពចំណុចហ្វឹកហាត់ស្វ័យប្រវត្តិ (មេរៀនទី 9) ប៉ុន្តែវាមិនបែងចែកស្រូវពីដំណាំផ្សេងទេ។

ទឹក — JRC និង MODIS NDVI

- **ប្រែកង់ផ្ទៃទឹក 1984–2021 — JRC 30 ម៉ែត្រ៖** % នៃពេលដែលកីកសែលមួយមានទឹក។ ទន្លេសាប = 100% (ខៀវចាស់) ហើយដីលិចទឹកខាងកើតមានទឹកតាមរដូវ (ខៀវស្រាល)។
- **MODIS NDVI 250 ម៉ែត្រ — មេដ្យានៃកាលបរិច្ឆេទខាងលើ៖** ភាពបែតងគ្រើម (កីកសែល 250 ម៉ែត្រ) ប៉ុន្តែមានរៀងរាល់ 16 ថ្ងៃ តាំងពីឆ្នាំ 2000 — ល្អសម្រាប់មើលនិន្នាការរយៈពេលវែង។



រូបទី 10 — ប្រែកង់ផ្ទៃទឹក JRC (%)៖ ទន្លេសាប និងដីលិចទឹកតាមរដូវ

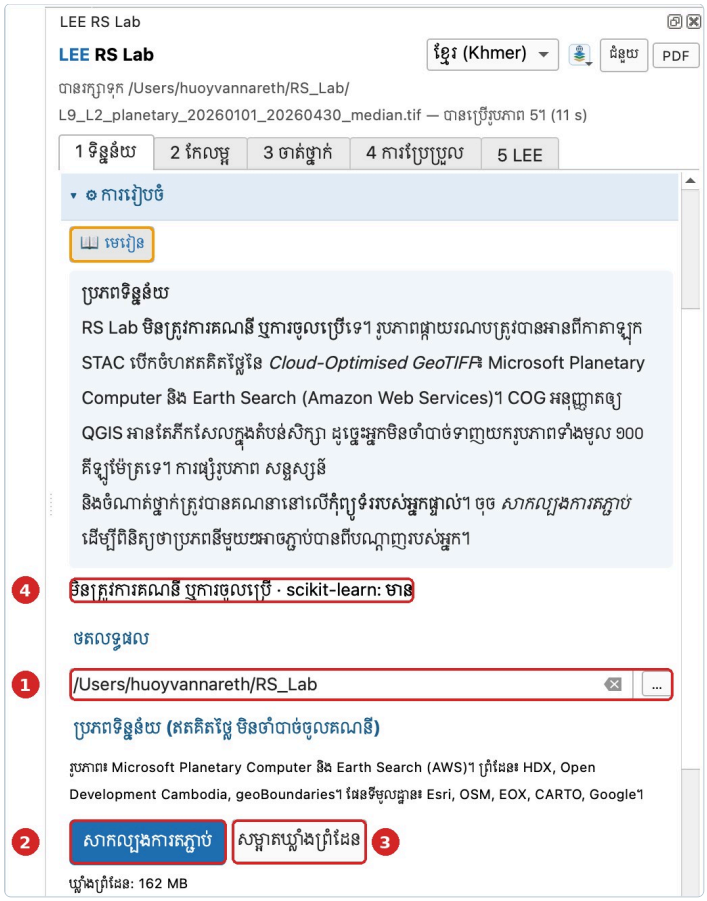


រូបទី 11 — MODIS NDVI មេដ្យានឆ្នាំ 2025 (250 ម៉ែត្រ)

ការរៀបចំ (Setup)

ផ្នែក ⚙ **ការរៀបចំ** មាន៖

- **ថតលទ្ធផល** — កន្លែងរក្សាទុកឯកសារទាំងអស់ (លំនាំដើម `~/RS_Lab`)។
- **សាកល្បងការតភ្ជាប់** — ពិនិត្យថា Planetary Computer, Earth Search, HDX, geoBoundaries និង ODC អាចភ្ជាប់បាន។ ប្រើវាមុនម៉ោងសិក្សា។
- **សម្អាតឃ្លាំងព្រំដែន** — លុបព្រំដែនដែលបានរក្សាទុក។
- **scikit-learn** — កញ្ចប់ Python សម្រាប់ Random Forest, SVM, kNN។ ប្រសិនបើបង្ហាញ «មាន» មិនចាំបាច់ដំឡើងទេ។



រូបទី 12 — ផ្នែកការរៀបចំ

> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ ប្រៀបធៀបផែនទី JRC (រូបទី 10) ជាមួយ WorldCover (រូបទី 8)។ ហេតុអ្វីបានជា WorldCover ហៅដីលិចទឹកខាងកើតភាគច្រើនថា «ដីដំណាំ» ឬ «វាលស្មៅ» ជាជាង «ទឹក»?

មេរៀនទី 5 — បន្សំបែន និងការលាតពន្លឺ

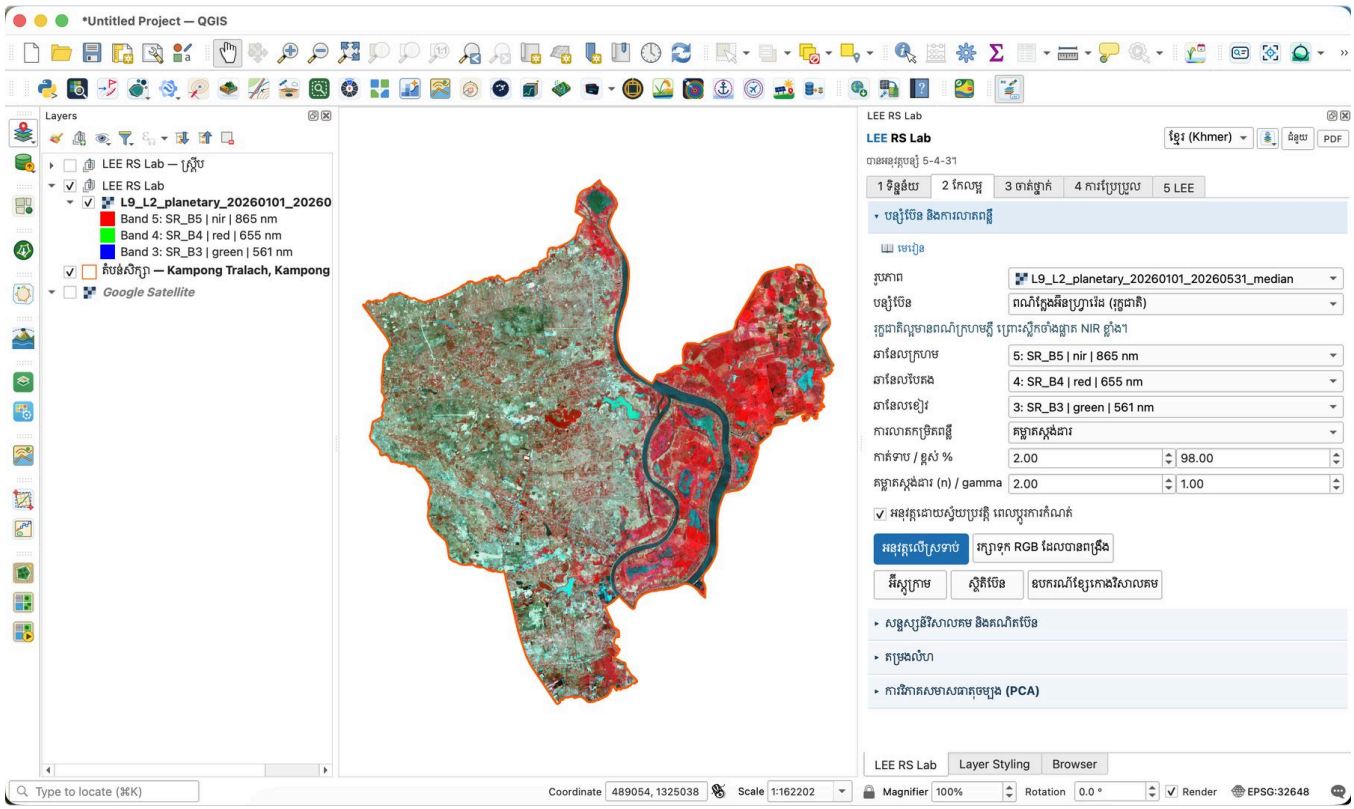
បន្សំបែនដាក់បែនបីទៅឆានែលក្រហម បៃតង ខៀវ។ បែនមើលមិនឃើញ (NIR, SWIR) បង្ហាញភាពខុសគ្នាដែលភ្នែកមើលមិនឃើញ ក្នុងរូបភាពពណ៌ពិត។ ក្នុងស្រុកកំពង់ត្រឡាច បន្សំបែនបង្ហាញភ្លាមៗពីភាពខុសគ្នារវាងស្រែប្រាំងទំនេរខាងលិច និងដីលិចទឹកមានរុក្ខជាតិខាងកើតទន្លេសាប។

ជំហាន

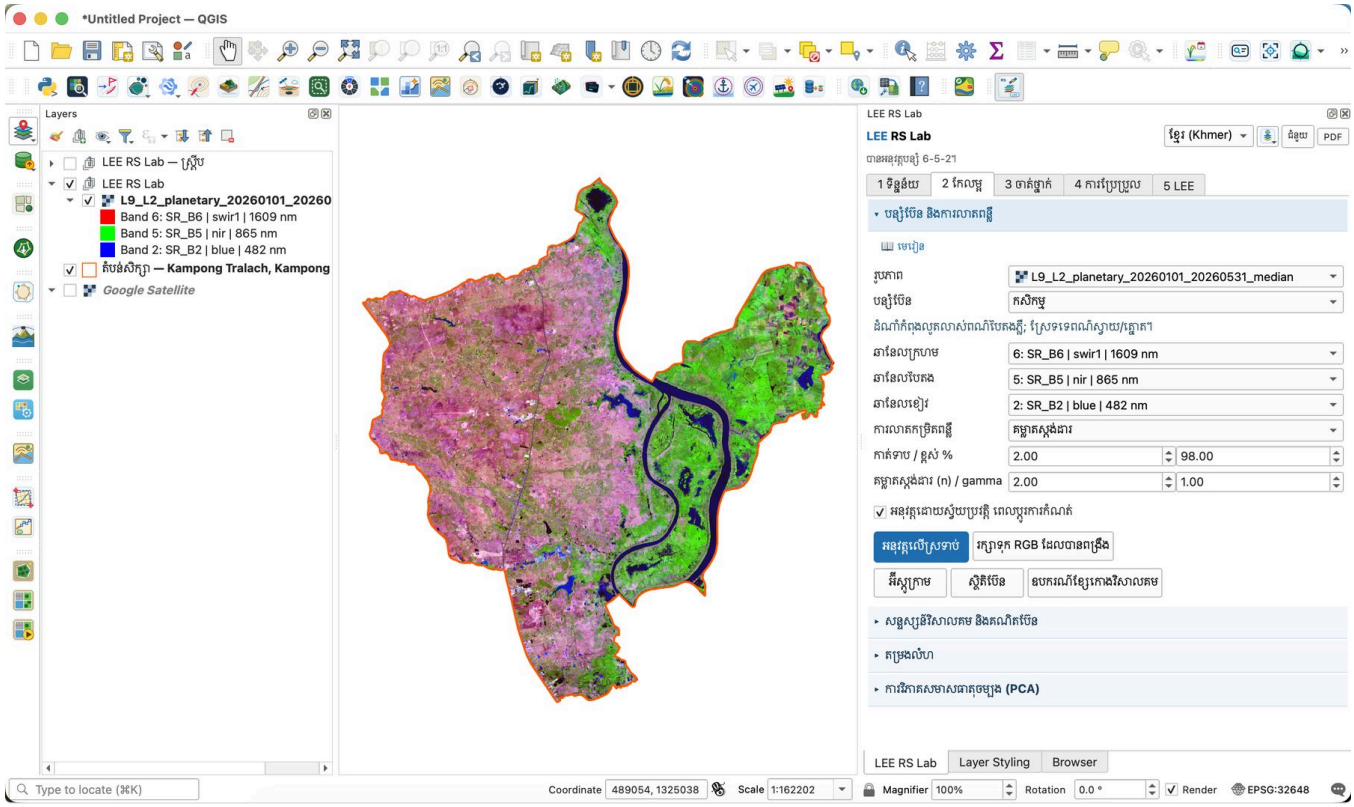
1. ចូលផ្ទាំង **2 កែលម្អ** → ផ្នែក **បន្សំបែន និងការលាតពន្លឺ**។
2. **រូបភាព**៖ `L9_L2_planetary_20260101_20260531_median` (បំពេញស្វ័យប្រវត្តិ)។
3. **បន្សំបែន**៖ ជ្រើសពីបញ្ជី។ ឆានែលក្រហម/បៃតង/ខៀវបំពេញដោយខ្លួនឯង ហើយបង្ហាញការពន្យល់ខ្លីពីក្រោម។
4. **ការលាតកម្រិតពន្លឺ**៖ គម្លាតស្តង់ដារ (n = 2.00) ជាមួយការកាត់ 2 / 98%។ ជម្រើសផ្សេងទៀត៖ កាត់ភាគរយ min–max និងសមភាពអ៊ីស្តូក្រាម។ **gamma** 1.00 = មិនកែ (តូចជាង 1 = ភ្លឺជាង)។
5. ប្រអប់ **អនុវត្តដោយស្វ័យប្រវត្តិ ពេលប្តូរការកំណត់** (ធីកជាលំនាំដើម) ធ្វើឲ្យផែនទីប្តូរភ្លាមៗ។ **អនុវត្តលើស្រទាប់** ប្តូររបៀបបង្ហាញ ហើយ **រក្សាទុក RGB ដែលបានពង្រឹង** បង្កើតឯកសារថ្មី។

បន្សំបែនបីសម្រាប់ Landsat 8/9

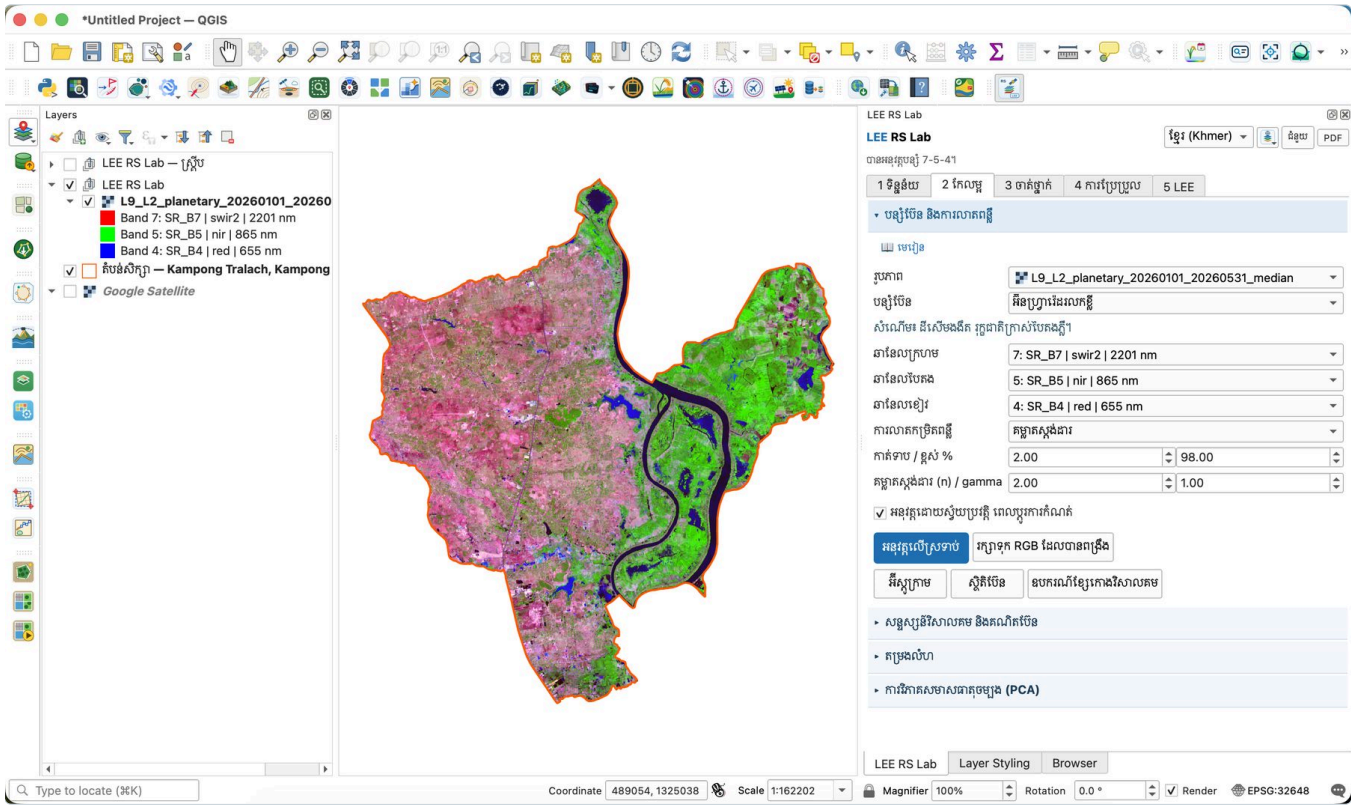
បន្សំ	បែន (R-G-B)	អ្វីដែលលេចធ្លោ
ពណ៌ក្លែងអ៊ីនហ្វ្រារ៉េដ (រុក្ខជាតិ)	5-4-3 (NIR · Red · Green)	រុក្ខជាតិមានពណ៌ក្រហមភ្លឺ ព្រោះស្លឹកចាំងផ្លាត NIR ខ្លាំង
កសិកម្ម	6-5-2 (SWIR1 · NIR · Blue)	ដំណាំកំពុងលូតលាស់ពណ៌បៃតងភ្លឺ ស្រែទទេពណ៌ស្វាយ/ផ្កាឈូក
អ៊ីនហ្វ្រារ៉េដរលកខ្លី	7-5-4 (SWIR2 · NIR · Red)	សំណើម៖ ដីសើមងងឹត រុក្ខជាតិក្រាស់បៃតងភ្លឺ ទឹកខៀវចាស់



រូបទី 13 — ពណ៌ក្លែងអ៊ីនហ្វ្រារ៉េដ 5-4-3៖ រុក្ខជាតិនៅដីលិចទឹកខាងកើតពណ៌ក្រហមភ្លឺ



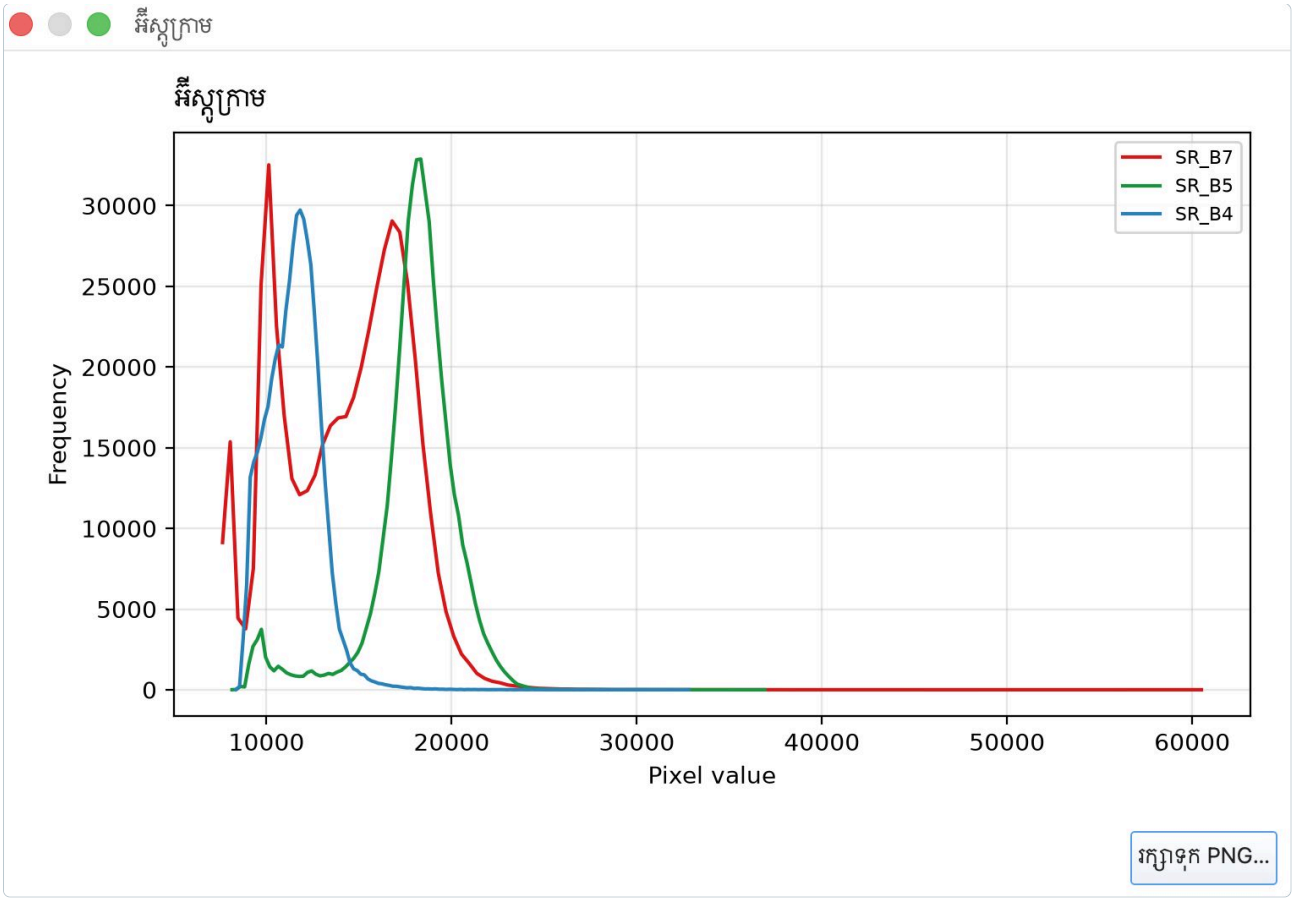
រូបទី 14 — បន្សំកសិកម្ម 6-5-2៖ ស្រែប្រាំងទំនេរខាងលិចពណ៌ផ្កាឈូក រុក្ខជាតិខាងកើតពណ៌បៃតង



រូបទី 15 — អ៊ីនហ្វ្រារ៉េដលេកខ្លី 7-5-4

អ៊ីស្តូក្រាម និងស្ថិតិបែន

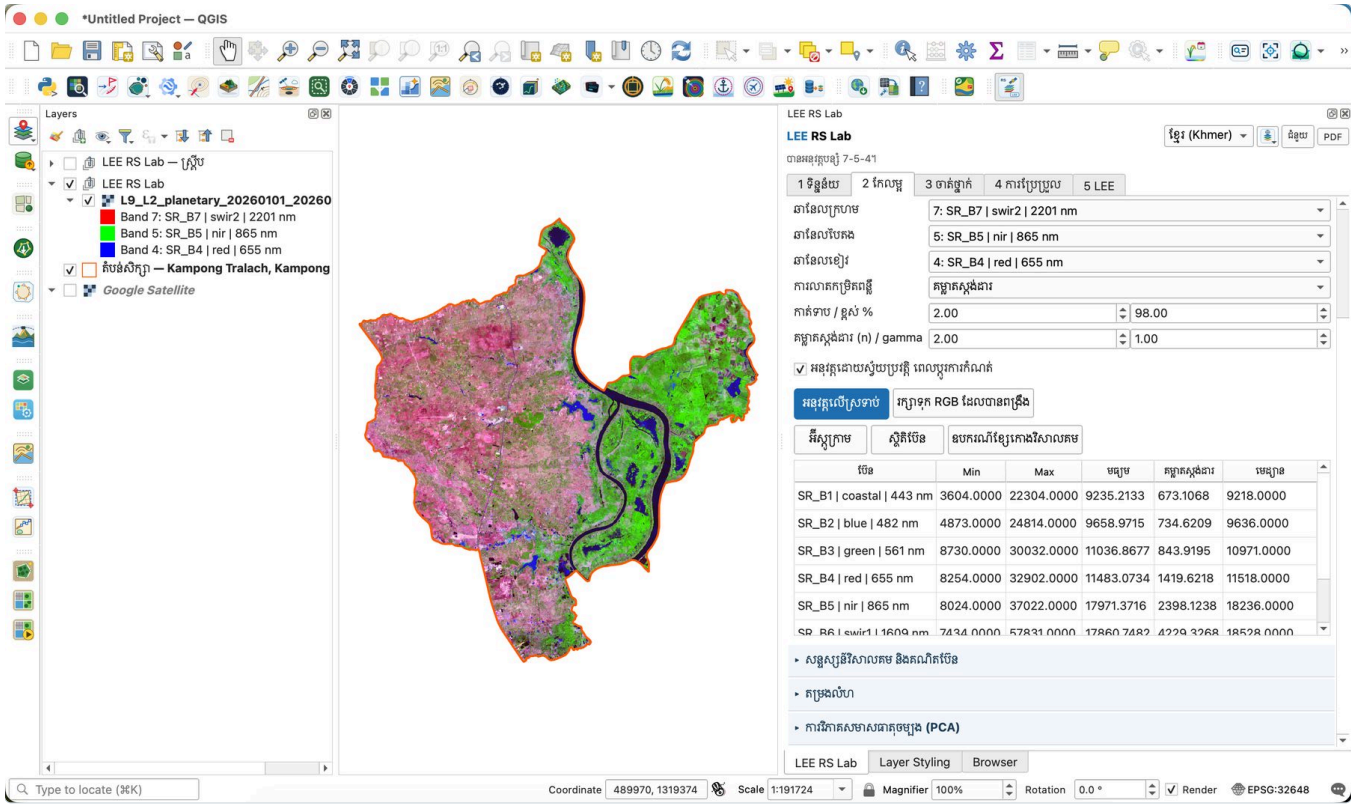
ចុច **អ៊ីស្តូក្រាម** ដើម្បីមើលការចែកចាយតម្លៃនៃបែនទាំងបី (ជា Raw DN)។ SR_B5 (NIR ពណ៌បៃតងក្នុងក្រាហ្វ) មានកំពូលធំនៅប្រហែល 18,000 (ដី និងរុក្ខជាតិ) និងកំពូលតូចនៅប្រហែល 9,800 (ទឹក)។ SR_B7 (SWIR2) មានកំពូលពីរ៖ ប្រហែល 10,200 (ជីសើម ទឹក រុក្ខជាតិ) និង 16,800 (ស្រែស្ងួតទំនេរ)។



រូបទី 16 — អ៊ីស្តូក្រាមនៃ SR_B7, SR_B5, SR_B4

ចុច **ស្ថិតិបែន** ដើម្បីមើល min, max, មធ្យម គម្លាតស្តង់ដារ និងមេដ្យាន។ **ឧបករណ៍ខ្សែកោងវិសាលគម** ឲ្យអ្នកចុចលើកីកសែលដើម្បីគូសខ្សែកោងវិសាលគម (រហូតដល់ 8)។

បែន	Min	Max	មធ្យម	គម្លាតស្តង់ដារ	មេដ្យាន
SR_B2 (blue)	4,873	24,814	9,659	735	9,636
SR_B3 (green)	8,730	30,032	11,037	844	10,971
SR_B4 (red)	8,254	32,902	11,483	1,420	11,518
SR_B5 (nir)	8,024	37,022	17,971	2,398	18,236
SR_B6 (swir1)	7,434	57,831	17,861	4,229	18,528



រូបទី 17 — តារាងស្ថិតិប៉ែន

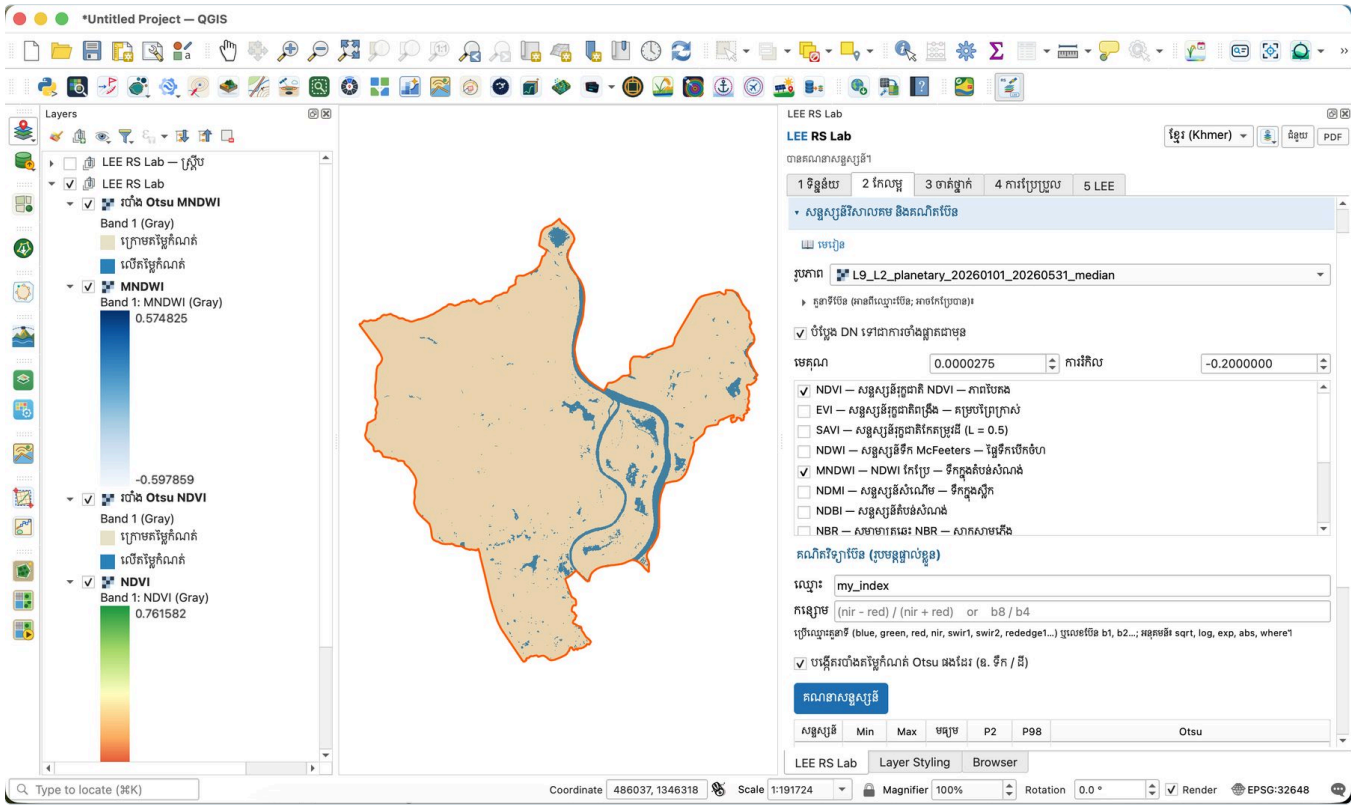
> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ SR_B6 មានគម្លាតស្តង់ដារធំបំផុត (4,229)។ តើវាប្រាប់អ្វីអំពីភាពខុសគ្នានៃសំណើមដីក្នុងស្រុកនេះ? ហេតុអ្វីបានជា max (57,831) ខ្ពស់ខ្លាំងជាងមេដ្យាន?

មេរៀនទី 6 — សន្ទស្សន៍វិសាលគម (NDVI, MNDWI)

សន្ទស្សន៍ផ្សំបែនពីរ ឬច្រើន ដើម្បីបញ្ជាក់លក្ខណៈមួយ។ ក្នុងស្រុកកំពង់ត្រឡាច NDVI មធ្យមគឺ **0.428** (ភាគច្រើនស្ថិតចន្លោះ −0.14 ដល់ 0.76) ហើយតម្លៃកំណាត់ Otsu របស់ MNDWI គឺ **−0.007** ដែលបំបែកទឹកពីដីដោយស្វ័យប្រវត្តិ។

ជំហាន

1. បើកផ្ទៃក **សន្ទស្សន៍វិសាលគម និងគណិតបែន**។
2. **រូបភាព**៖ រូបភាពផ្សំ Landsat 9។ **តួនាទីបែន** (blue, red, nir…) អានពីឈ្មោះបែនដោយស្វ័យប្រវត្តិ (ចុចលើវាដើម្បីពិនិត្យ ឬកែ)។
3. ទុកជីក **បំប្លែង DN ទៅជាការចាំងផ្ទាតជាមុន**។ **មេគុណ** 0.0000275 និង **ការរំកិល** −0.2 បំពេញស្វ័យប្រវត្តិសម្រាប់ Landsat Collection 2។
4. ជីក **NDVI** និង **MNDWI**។ មានសន្ទស្សន៍ផ្សេងទៀត៖ EVI, SAVI, NDWI, NDMI, NDBI, NBR, BSI…
5. (ជម្រើស) សរសេររូបមន្តផ្ទាល់ខ្លួនក្នុង **គណិតវិទ្យាបែន (រូបមន្តផ្ទាល់ខ្លួន)**៖ **ឈ្មោះ** និង **កន្សោម** ឧ. `(nir - red) / (nir + red)` ឬ `b8 / b4`។
6. ជីក **បង្កើតរចាំងតម្លៃកំណាត់ Otsu ផងដែរ (ឧ. ទឹក / ដី)**។
7. ចុច **គណនាសន្ទស្សន៍**។ ស្រទាប់បួនលេចឡើង៖ **NDVI** · **រចាំង Otsu NDVI** · **MNDWI** · **រចាំង Otsu MNDWI**។



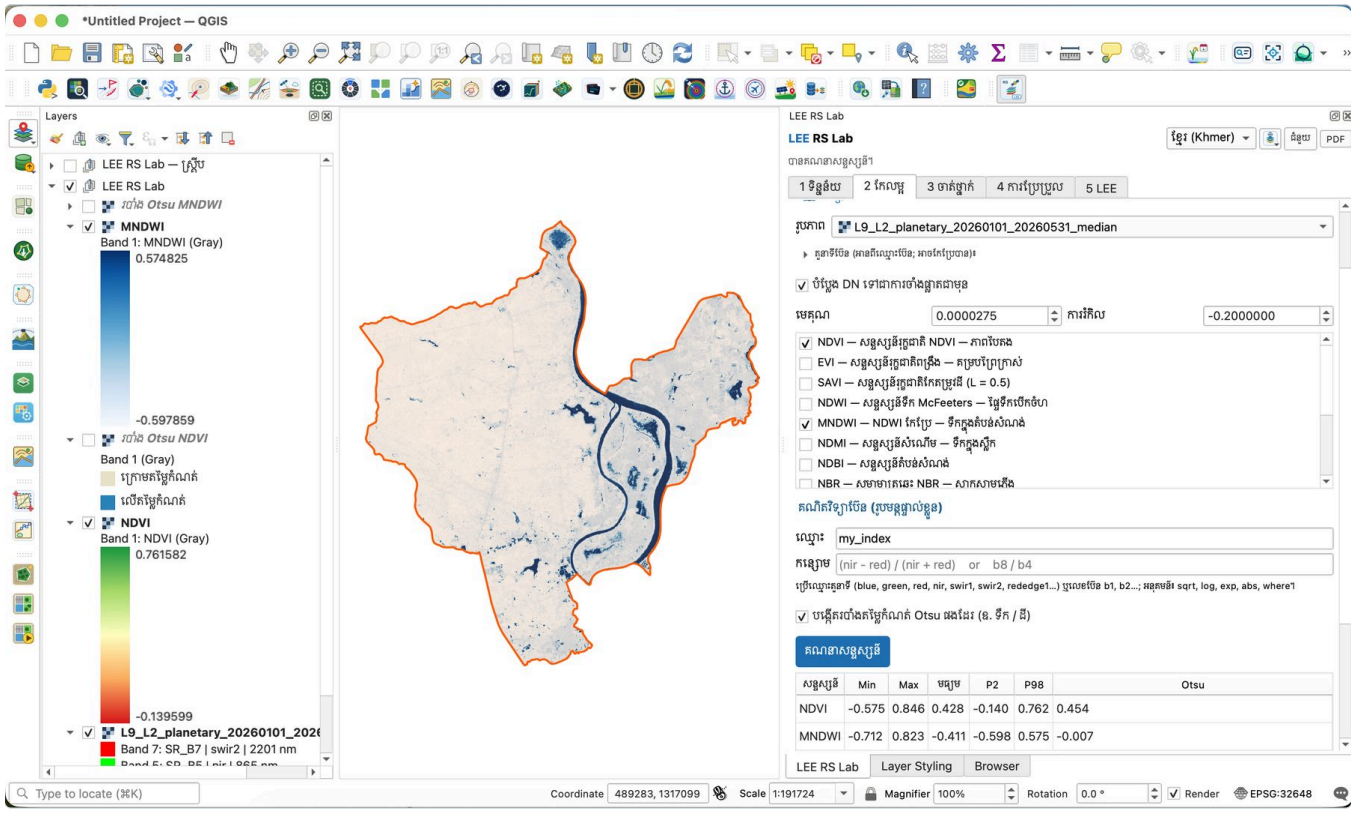
រូបទី 18 — ផ្ទៃកសន្ទស្សន៍ និងរចាំង Otsu MNDWI (ខៀវ = ទឹក ភ្នោតស្រាល = ដី)

ការអានលទ្ធផល

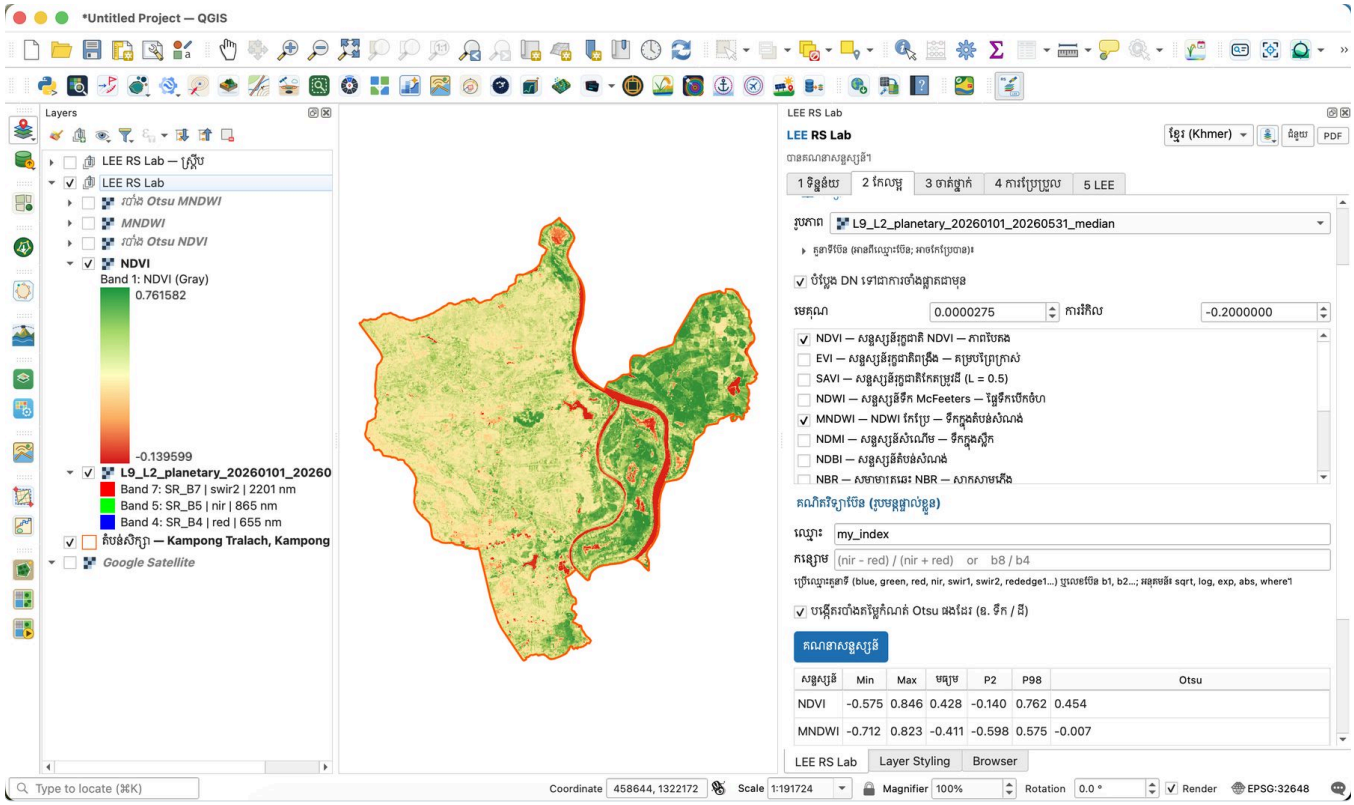
តារាងក្រោមបិតុងបង្ហាញស្ថិតិ៖ P2 និង P98 = ភាគរយទី 2 និង 98 (ប្រើសម្រាប់ពណ៌ផែនទី ដើម្បីកុំឲ្យតម្លៃខ្លាំងៗធ្វើឲ្យផែនទីស្លេក)។

សន្ទស្សន៍	Min	Max	មធ្យម	P2	P98	Otsu
NDVI	−0.575	0.846	0.428	−0.140	0.762	0.454
MNDWI	−0.712	0.823	−0.411	−0.598	0.575	−0.007

សន្ទស្សន៍	រូបមន្ត	តម្លៃខ្ពស់មានន័យថា	ក្នុងស្រុកកំពង់ត្រឡាច
NDVI	(NIR − Red) / (NIR + Red)	រុក្ខជាតិខៀវខ្ចី ក្រាស់	ដីលិចទឹកខាងកើតបៃតងចាស់ ស្រែប្រាំងខាងលិចលឿង ទន្លេ ក្រហម
MNDWI	(Green − SWIR1) / (Green + SWIR1)	ទឹកបើកចំហ	ទន្លេសាប បឹង និងត្រពាំងពណ៌ខៀវចាស់



រូបទី 19 — MNDWI (ខៀវចាស់ = ទឹក)



រូបទី 20 — NDVI (បៃតង = រុក្ខជាតិក្រាស់ ក្រហម = ទឹក ឬដីទទេ)

Otsu ជាអ្វី?

Otsu រកតម្លៃកំណាត់មួយដែលបំបែកអ៊ីស្តូក្រាមជាពីរក្រុមឲ្យដាច់ពីគ្នាបំផុត។ សម្រាប់ MNDWI វាគឺ −0.007 (ជិត 0) — គីកសែលធំជាងនេះជាទឹក។ សម្រាប់ NDVI វាគឺ 0.454 — បំបែករុក្ខជាតិក្រាស់ពីដីស្រែប្រាំង។ Otsu ដំណើរការល្អនៅពេលអ៊ីស្តូក្រាមមានកំពូលពីរច្បាស់ (ដូច MNDWI) ប៉ុន្តែមិនសូវល្អទេប្រសិនបើថ្នាក់មួយតូចពេក។

> ចំណាំ៖ សន្ទស្សន៍ត្រូវគណនាលើការចាំងផ្លាត មិនមែនលើ DN ទេ ជាពិសេស EVI និង SAVI ដែលមានចំនួនថេរក្នុងរូបមន្ត។
>
> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ ហេតុអ្វីបានជា NDVI មធ្យម (0.428) ទាប បើទោះបីជាស្រុកនេះជាតំបន់កសិកម្ម? (គិតពីខែដែលរូបភាពត្រូវបានថត)

មេរៀនទី 7 — តម្រងលំហ និង PCA

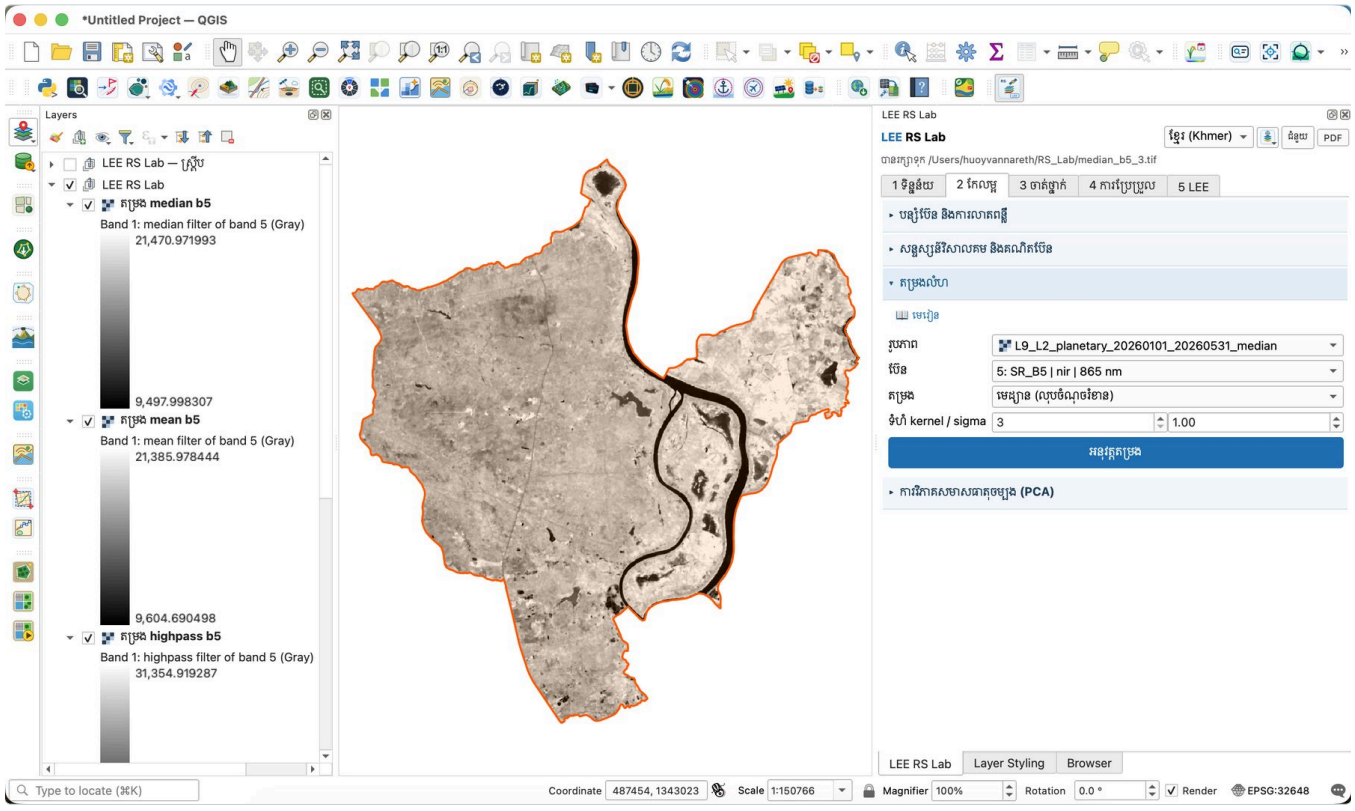
តម្រងលំហប្រើបង្អួចតូច (kernel) រំកិលលើរូបភាព។ PCA បង្រួមប៊ែនទាំង 6 ជាសមាសធាតុថ្មី — ក្នុងស្រុកកំពង់ត្រឡាច PC1–PC3 រក្សាបម្រែបម្រួលបាន **99.2%**។

> **របៀបកម្រិតខ្ពស់ (កំណែ 2.4.0)**
>
> ផ្ទៃក **តម្រងលំហ** និង **PCA** មិនចាំបាច់សម្រាប់ចំណាត់ថ្នាក់ទេ។ ចាប់ពីកំណែ 2.4.0 ឧបករណ៍ទាំងនេះបង្ហាញតែក្នុងរបៀប **កម្រិតខ្ពស់**៖ ប្តូរប្រអប់ **មូលដ្ឋាន** នៅផ្នែកខាងលើផ្ទាំងទៅ **កម្រិតខ្ពស់** (មើលមេរៀនទី 1)។

តម្រងលំហ

1. បើកផ្ទៃក **តម្រងលំហ**។
2. **រូបភាព**៖ រូបភាពផ្សំ Landsat 9 · **ប៊ែន**៖ 5: SR_B5 (nir)។
3. **តម្រង**៖ មេដ្យាន (លុបចំណុចរំខាន) · **ទំហំ kernel** 3 (sigma ប្រើតែសម្រាប់ Gaussian)។
4. ចុច **អនុវត្តតម្រង**។ ស្រទាប់ **តម្រង median b5** លេចឡើង ហើយឯកសាររក្សាទុកជា `median_b5_3.tif`។
5. សាកល្បងតម្រងផ្សេងទៀតលើប៊ែនដដែល ហើយប្រៀបធៀប៖ **mean b5** (រលោង) និង **highpass b5** (ច្បាស់ គែមលេចធ្លោ)។

ប្រភេទតម្រង	ប្រើសម្រាប់
Mean, Gaussian (low-pass)	ធ្វើឲ្យរលោង កាត់បន្ថយសំឡេងរំខាន
Median	លុបសំឡេងចំណុច (speckle) ដោយរក្សាគែម
High-pass	ធ្វើឲ្យច្បាស់
Sobel, Laplacian	រកគែម៖ ផ្លូវ ប្រឡាយ គែមស្រែ



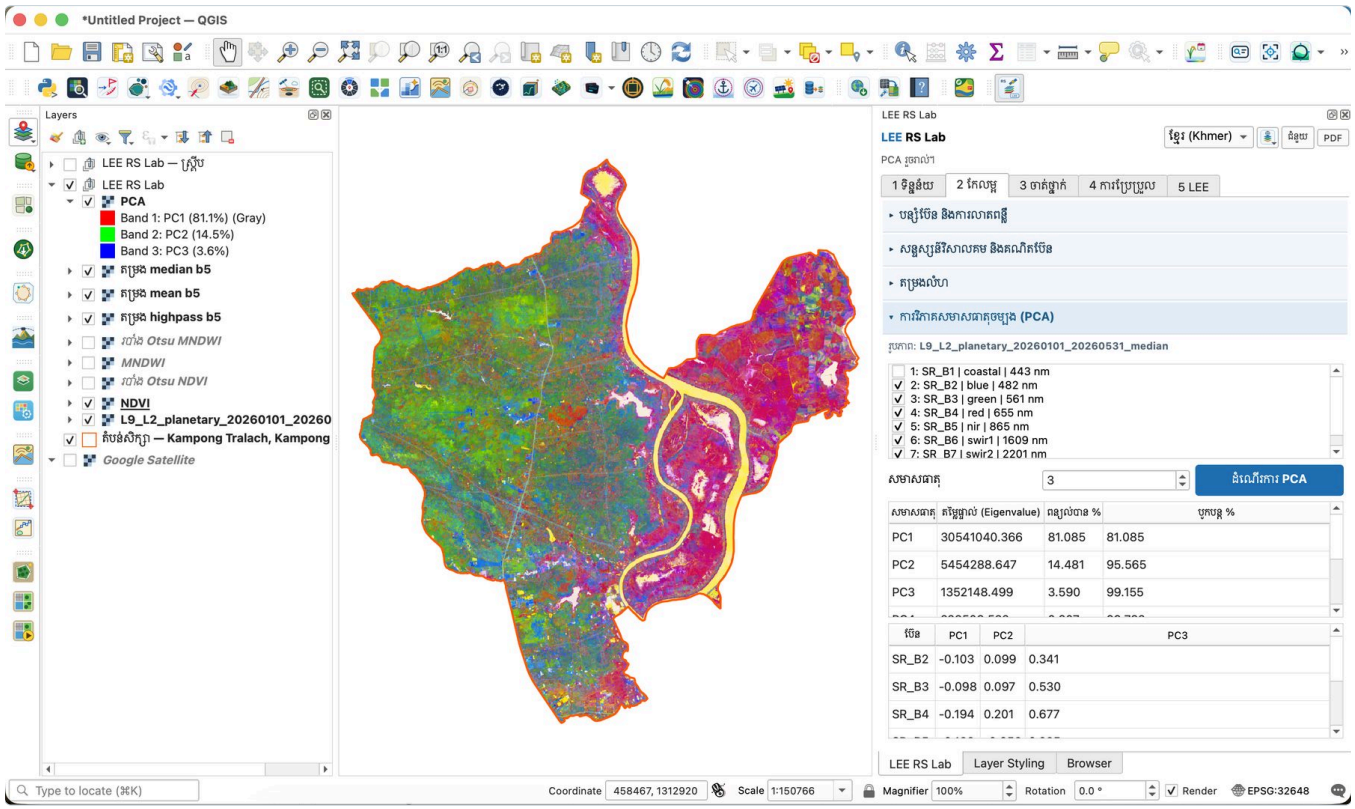
រូបទី 21 — តម្រងមេដ្យាន 3×3 លើប៊ែន NIR ជាមួយស្រទាប់ mean និង high-pass

ការវិភាគសមាសធាតុចម្បង (PCA)

1. បើកផ្ទៃក **ការវិភាគសមាសធាតុចម្បង (PCA)** ។ វាប្រើរូបភាពដូចផ្ទៃកតម្រងលំហ ។
2. ជ្រើសបែន 2–7 (SR_B2–SR_B7) ដោយមិនយក SR_B1 (coastal) · **សមាសធាតុ** 3 ។
3. ចុច **ដំណើរការ PCA** ។ ស្រទាប់ **PCA** បង្ហាញ PC1-PC2-PC3 ជាក្រហម-បៃតង-ខៀវ ។

សមាសធាតុ	តម្លៃផ្ទាល់ (Eigenvalue)	ពន្យល់បាន %	បូករួម %
PC1	30,541,040	81.1	81.1
PC2	5,454,289	14.5	95.6
PC3	1,352,148	3.6	99.2

PC1 គឺ «ពន្លឺសរុប» ព្រោះបែនទាំងអស់មានទម្ងន់សញ្ញាដូចគ្នា ។ PC2 និង PC3 បង្ហាញភាពខុសគ្នារវាងបែន ។ មើលតារាង Loadings (eigenvectors)៖ ក្នុង PC3 បែនមើលឃើញ SR_B2 (0.341), SR_B3 (0.530), SR_B4 (0.677) មានទម្ងន់ខ្ពស់ — PC3 គឺជាព័ត៌មានពណ៌មើលឃើញ ដែលបាត់ក្នុង PC1 ។



រូបទី 22 — រូបភាព PCA (PC1-PC2-PC3) តារាងសមាសធាតុ និង Loadings

ក្នុងរូបភាព PCA ដីលិចទឹកខាងកើត (ផ្កាឈូក/ក្រហម) និងស្រែខាងលិច (បៃតង/ខៀវ) ដាច់ពីគ្នាយ៉ាងច្បាស់ ហើយទន្លេសាបលេចឡើងពណ៌លឿង ។ ក្នុងមេរៀនទី 8 យើងនឹងប្រើ PC1–PC3 ជាការបញ្ចូលមួយសម្រាប់ K-means ។

> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ ប្រសិនបើ PC1–PC2 ពន្យល់បាន 95.6% តើយើងអាចបោះចោល PC3 បានទេ ? តើព័ត៌មាន 3.6% នោះអាចសំខាន់សម្រាប់ថ្នាក់ណា ?

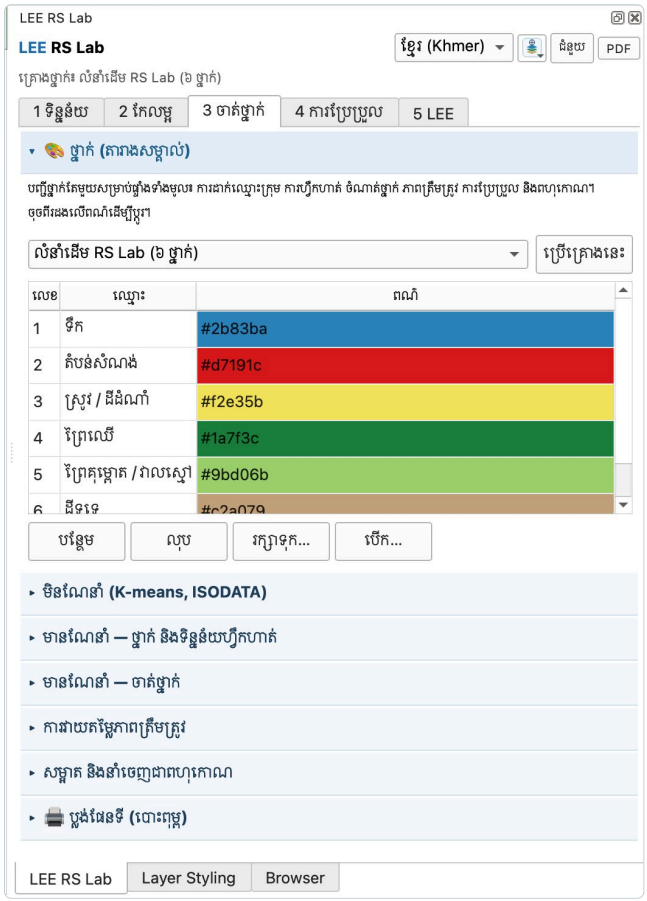
មេរៀនទី 8 — ថ្នាក់ និងចំណាត់ថ្នាក់មិនណែនាំ (K-means)

ចំណាត់ថ្នាក់មិនណែនាំចែកភីកសែលជាក្រុមតាមភាពស្រដៀងគ្នា ដោយមិនចាំបាច់មានទិន្នន័យហ្វឹកហាត់។ បន្ទាប់មក អ្នកដាក់ឈ្មោះក្រុមនីមួយៗជាថ្នាក់។ មេរៀននេះដំណើរការ K-means **15 ក្រុម** លើការបញ្ចូលបីប្រភេទ — រូបភាព Landsat, PCA និង **Stack ពហុរដូវ** — ដើម្បីបង្ហាញថា *អ្វីដែលអ្នកបញ្ចូល* សំខាន់ដូចក្បួនដោះស្រាយដែរ។

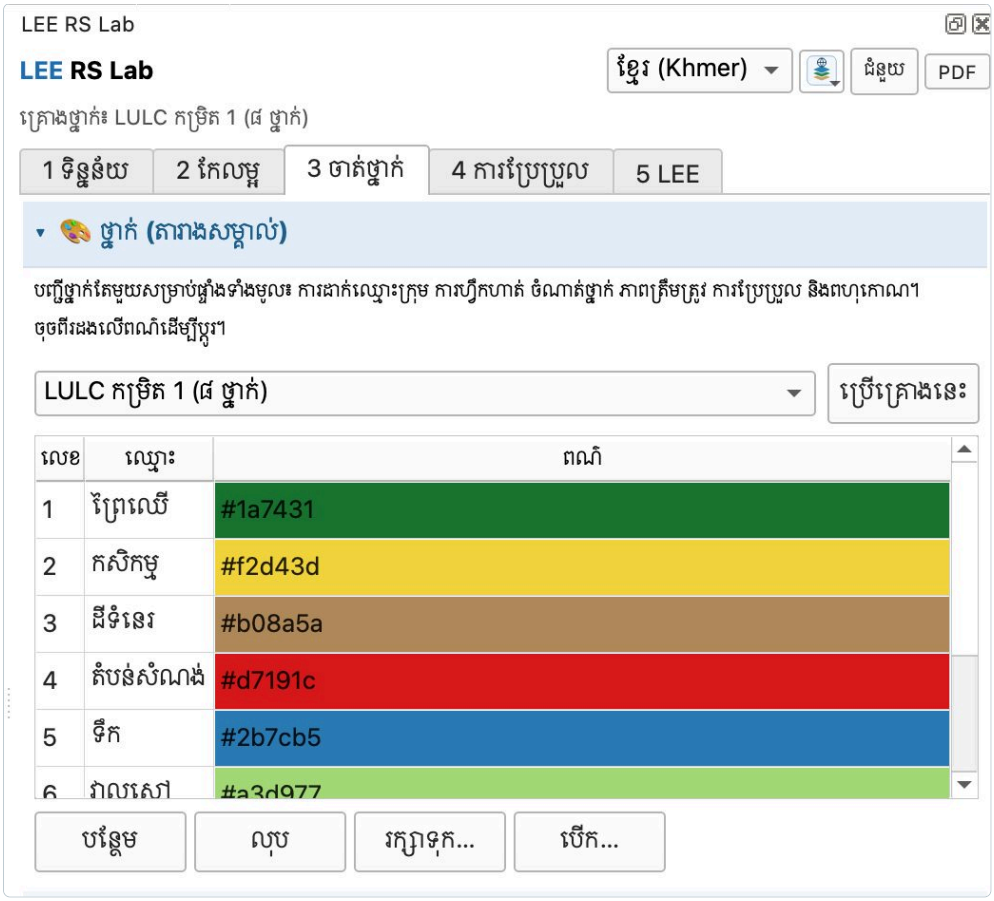
ជំហានទី 1 — ពិនិត្យថ្នាក់ (តារាងសម្គាល់)

ចូលផ្ទាំង **3 ចាត់ថ្នាក់** → 🎨 **ថ្នាក់ (តារាងសម្គាល់)**។ បញ្ជីនេះប្រើរួមគ្នាសម្រាប់គ្រប់ជំហាន៖ ការដាក់ឈ្មោះក្រុម ការហ្វឹកហាត់ ភាពត្រឹមត្រូវ ការប្រៃប្រួល និងពហុកោណ។

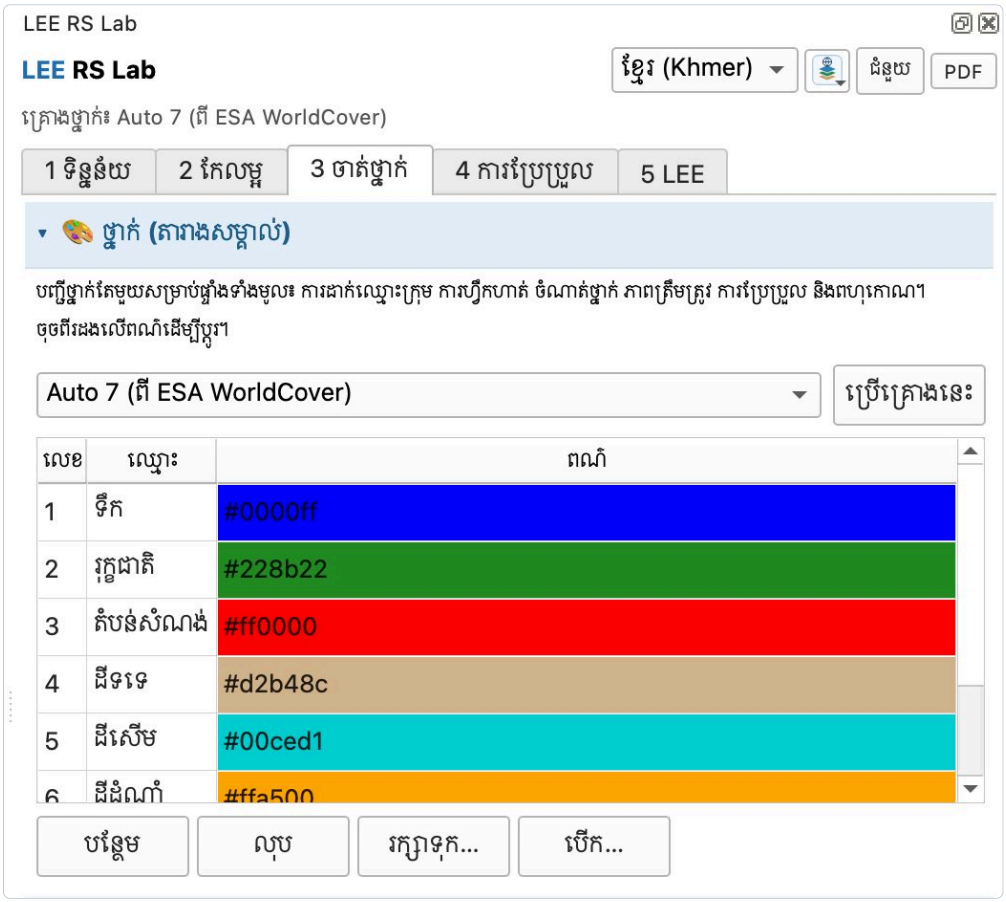
- គ្រោងលំនាំដើម **RS Lab (៦ ថ្នាក់)**៖ 1 ទឹក · 2 តំបន់សំណង់ · 3 ស្រូវ / ដីដំណាំ · 4 ព្រៃឈើ · 5 ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ · 6 ដីទទេ។
- គ្រោងផ្សេងទៀត៖ **LULC កម្រិត 1 (៨ ថ្នាក់)** · **Auto 7 (ពី ESA WorldCover)** · **ESA WorldCover (១១ ថ្នាក់)**។ ជ្រើសរួចចុច **ប្រើគ្រោងនេះ**។ ខាងលើផ្ទាំងបង្ហាញគ្រោងដែលកំពុងប្រើ។
- ចុចពីរដងលើឈ្មោះដើម្បីកែ ឬលើពណ៌ដើម្បីប្តូរពណ៌។ **បន្ថែម / លុប** ថ្នាក់ · **រក្សាទុក... / បើក...** រក្សាបញ្ជីថ្នាក់ជា CSV។



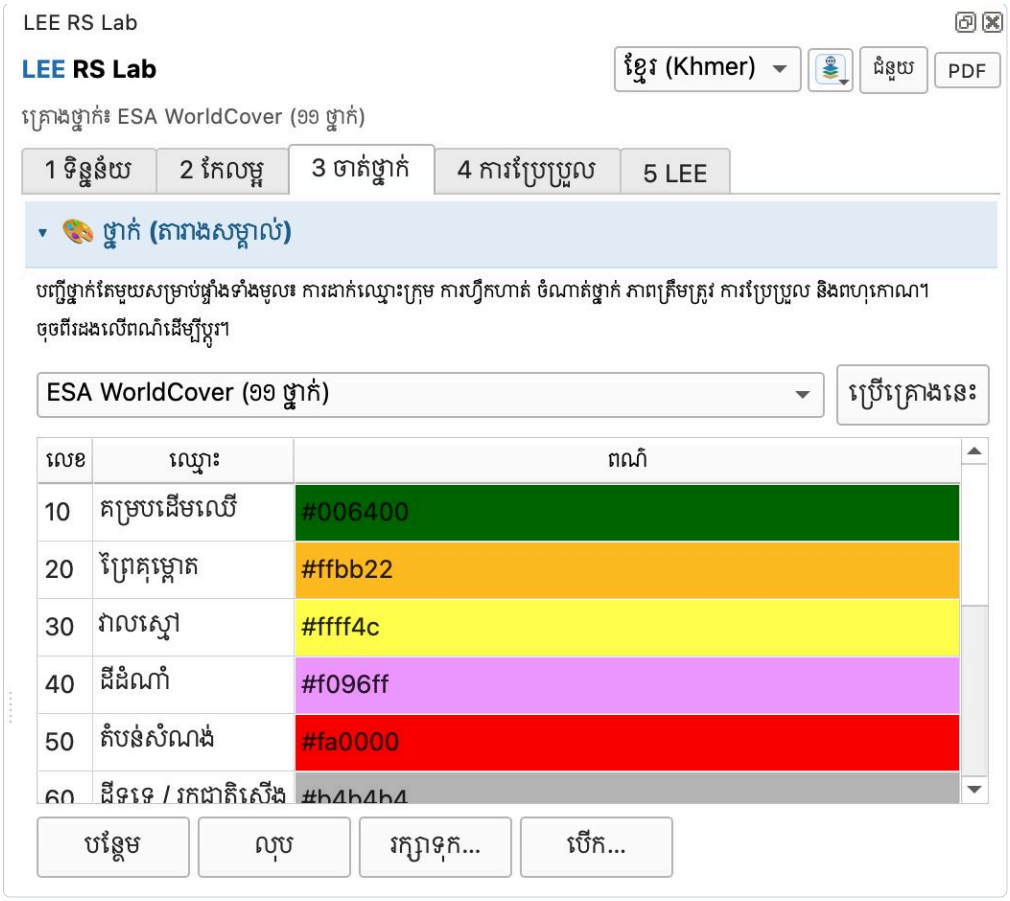
រូបទី 23 — គ្រោងលំនាំដើម RS Lab (៦ ថ្នាក់) — សៀវភៅនេះប្រើគ្រោងនេះ



រូបទី 24 — គ្រោង LULC កម្រិត 1 (៨ ថ្នាក់)



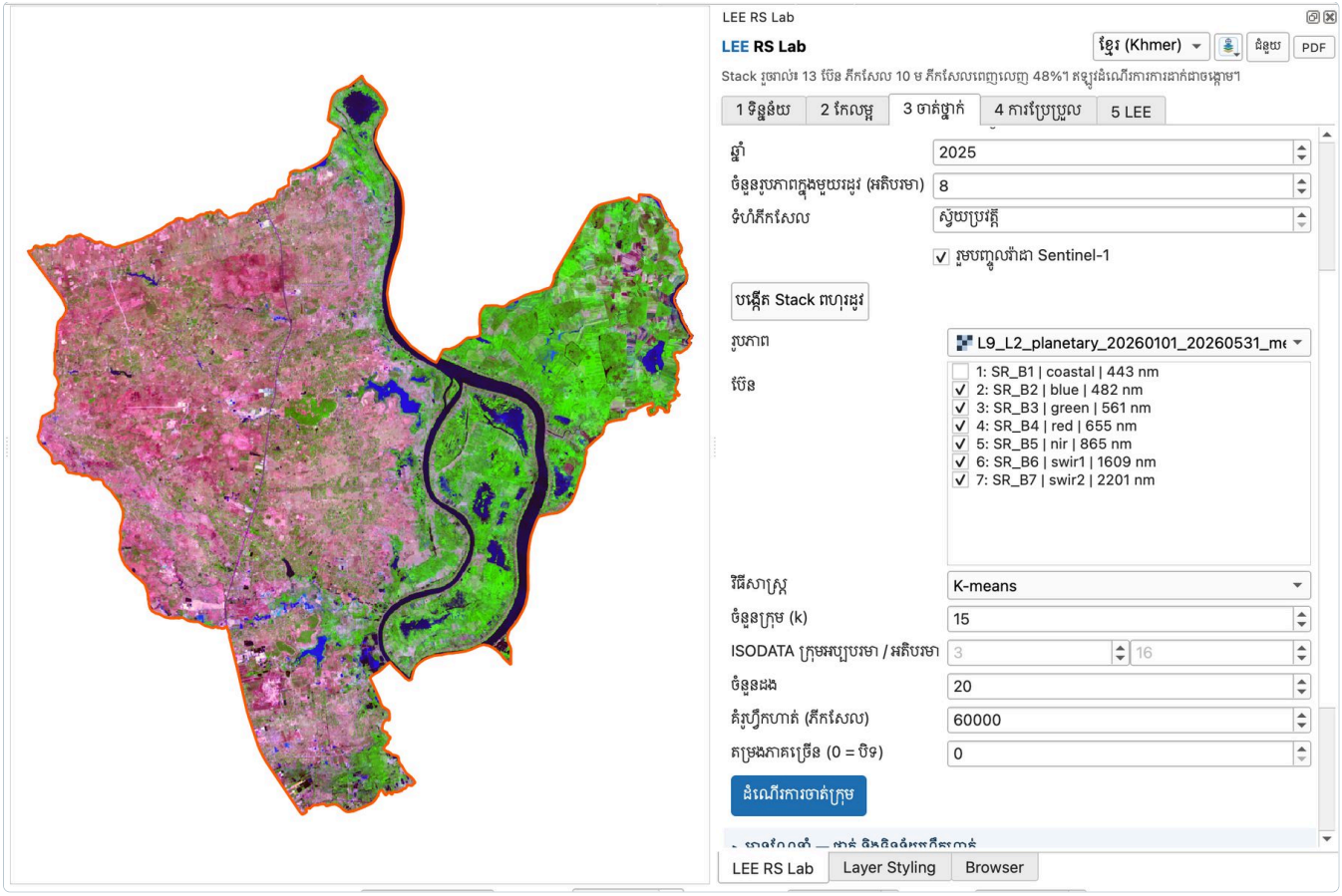
រូបទី 25 — គ្រោង Auto 7 (ពី ESA WorldCover)



រូបទី 26 — គ្រោង ESA WorldCover (១១ ថ្នាក់ លេខកូដ 10–100)

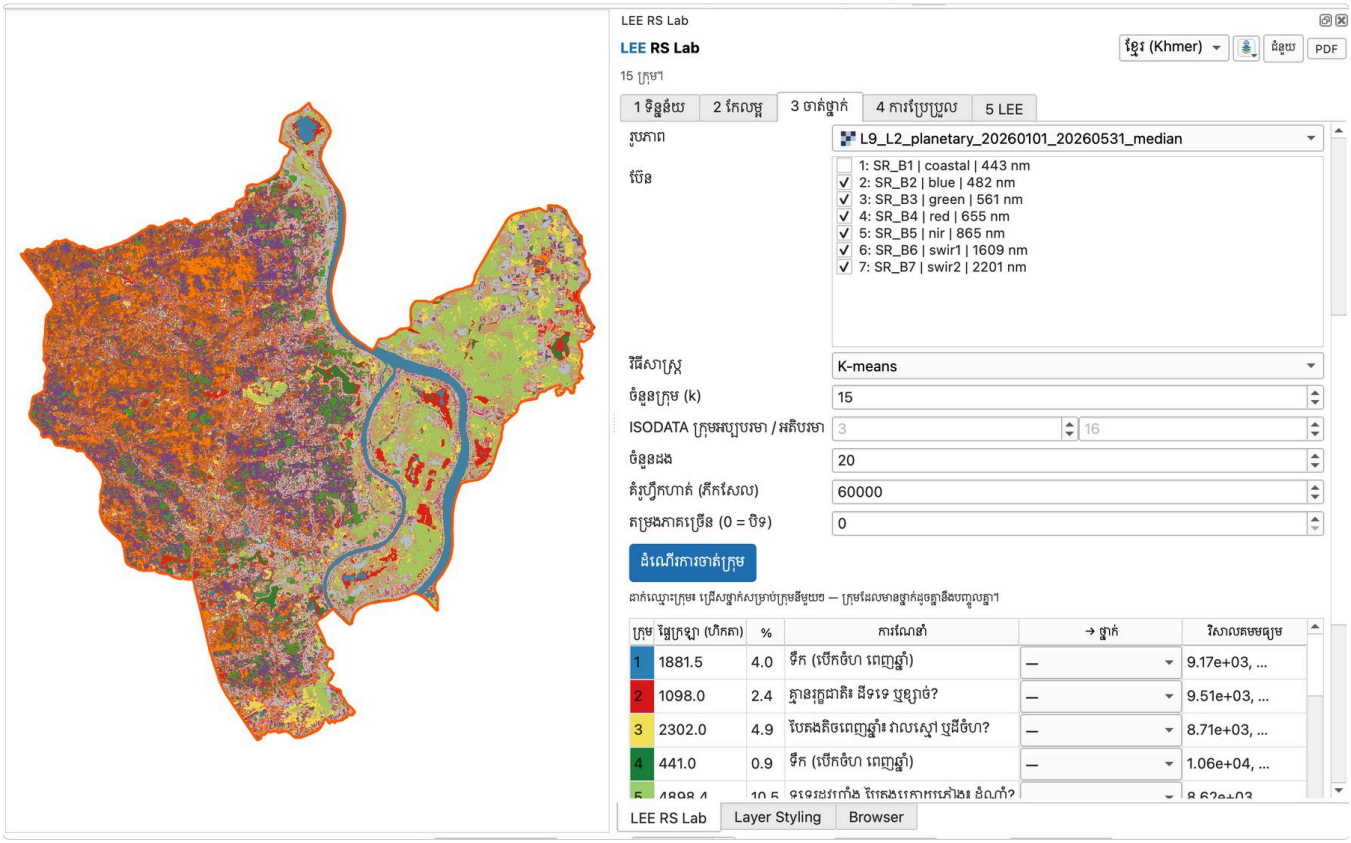
ជំហានទី 2 — K-means លើរូបភាព Landsat

1. បើកផ្ទៃក **មិនណែនាំ (K-means, ISODATA)**។
2. **រូបភាព៖** `L9_L2_planetary_20260101_20260531_median` · **ប៉ែន៖** SR_B2–SR_B7 (មិនយក SR_B1)។
3. **វិធីសាស្ត្រ** K-means · **ចំនួនក្រុម (k)** 15 · **ចំនួនដង** 20 · **គំរូហ្វឹកហាត់** 60,000 កីកសែល · **តម្រងភាគច្រើន** 0 (បិទ)។ ប្រអប់ ISODATA ក្រុមអប្បបរមា/អតិបរមា បិទពេលជ្រើស K-means។ (ក្នុងរបៀប **មូលដ្ឋាន** មានតែ **ចំនួនក្រុម (k)** ប៉ុណ្ណោះ — K-means 20 ដង គំរូ 60,000 កីកសែល ត្រូវបានប្រើដោយស្វ័យប្រវត្តិ។ ប្តូរទៅ **កម្រិតខ្ពស់** ដើម្បីប្តូរវិធីសាស្ត្រ ចំនួនដង គំរូ ឬ តម្រងភាគច្រើន។)
4. ចុច **ដំណើរការចាត់ក្រុម**។ ស្រទាប់ **ក្រុម (K-means)** មាន 15 ពណ៌។



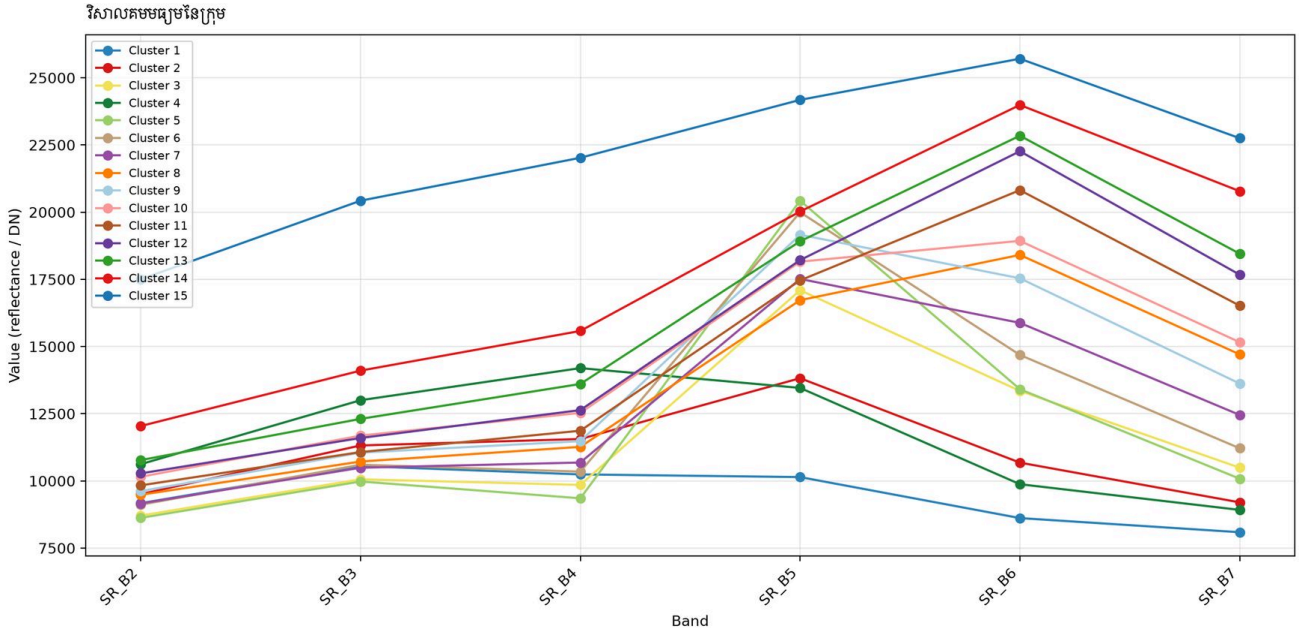
រូបទី 27 — ការកំណត់ K-means លើរូបភាព Landsat (15 ក្រុម)

តារាងក្រុមបង្ហាញ ផ្ទៃក្រឡា (ហិកតា) % **ការណែនាំ** (ការស្មានពីតម្លៃមធ្យម) ប្រអប់ → **ថ្នាក់** និងវិសាលគមមធ្យម។ ក្នុងរូបទី 28 ក្រុម 1 (1,881.5 ហិកតា) និងក្រុម 4 (441.0 ហិកតា) ទាំងពីរត្រូវបានណែនាំថា «ទឹក (បើកចំហ ពេញឆ្នាំ)» — ទឹកជ្រៅ និងទឹកល្អក់អាចបែកជាក្រុមពីរ។



រូបទី 28 — លទ្ធផល K-means 15 ក្រុមលើ Landsat ជាមួយជួរឈរការណែនាំ

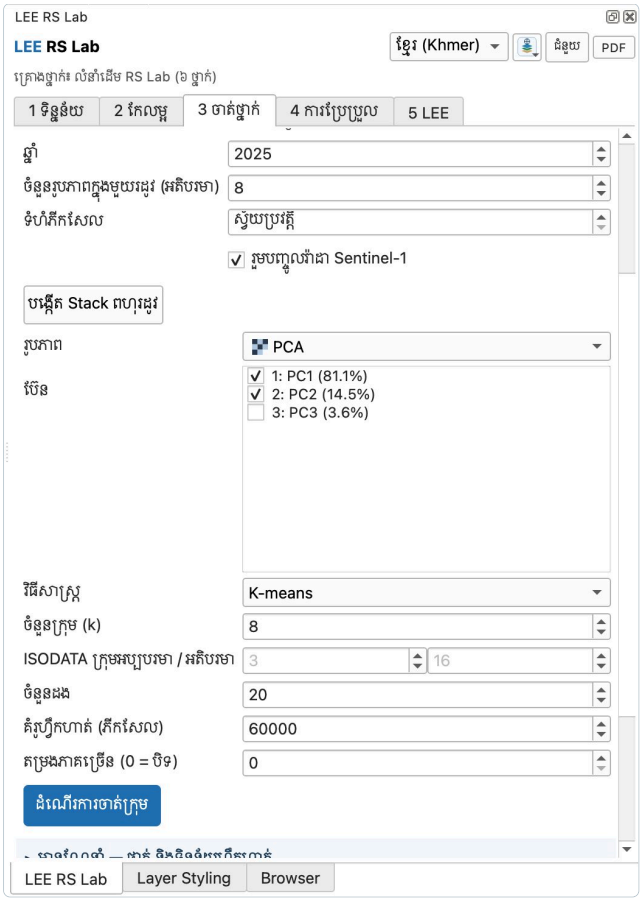
ចុច **តួសរវិសាលគមក្រុម** ដើម្បីមើលខ្សែកោងមធ្យមនៃក្រុមនីមួយៗ។ គន្លឹះអាន៖ **ទឹក** — ខ្សែទាប ហើយធ្លាក់ចុះនៅ NIR និង SWIR · **រុក្ខជាតិ** — កំពូលនៅ SR_B5 (NIR) · **ស្រែស្ងួត ដីទទេ ឬសំណង់** — SWIR (SR_B6) ខ្ពស់ជាង NIR · ខ្សែដែលភ្លឺខ្ពស់គ្រប់បែន = ខ្សាច់ ឬដំបូល។



រូបទី 29 — វិសាលគមមធ្យមនៃក្រុមទាំង 15 (Landsat, DN)

ជំហានទី 3 — K-means លើ PCA

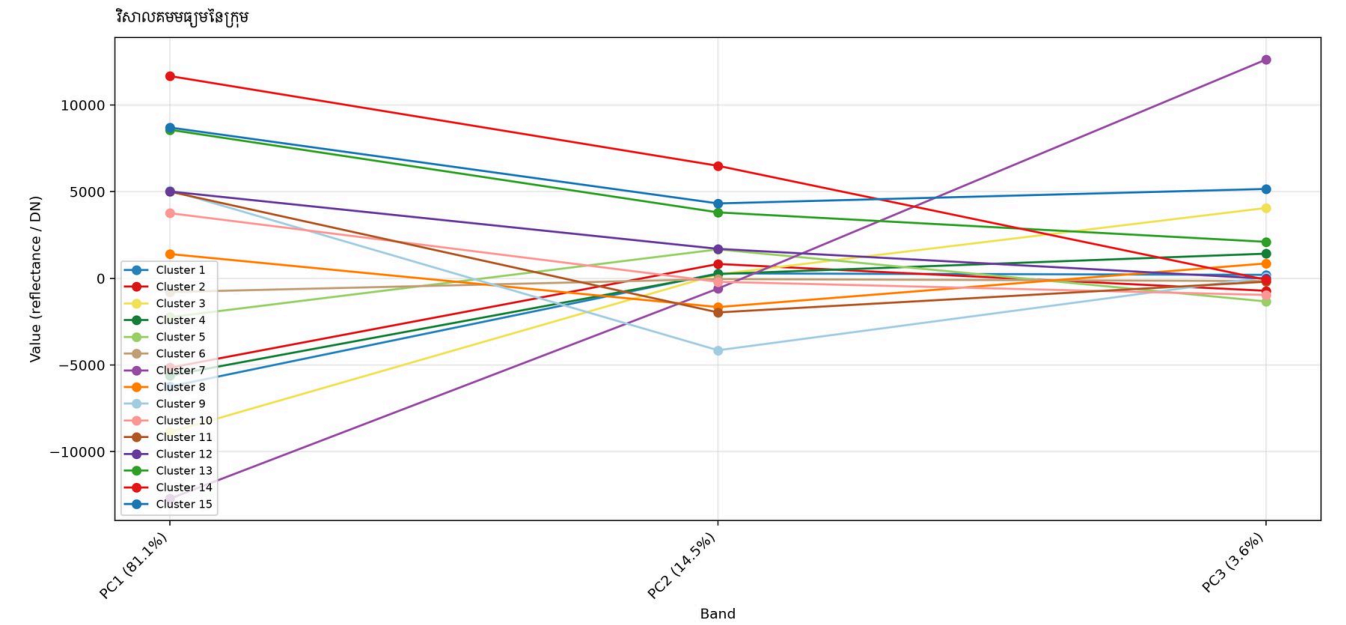
ប្តូរ **រូបភាព** ទៅ **PCA** (មេរៀនទី 7) ជ្រើស PC1–PC3 ហើយដំណើរការម្តងទៀត។ ផ្ទៃក្រឡាក្រុមខុសគ្នាច្រើនពី Landsat (ឧ. ក្រុម 2 = 7,154.3 ហិកតា 15.3%)។ ជួរ **ការណែនាំ** ទទេ ព្រោះ PC មិនមែនជាបែនដែលមានអត្ថន័យផ្ទាល់ (មិនអាចដឹងថាជា NDVI ឬទឹក)។ អ្នកត្រូវដាក់ឈ្មោះដោយមើលផែនទីផ្ទាល់។



រូបទី 30 — ការជ្រើស PCA ជាការបញ្ចូល (ក្នុងរូបនេះ៖ PC3 មិនទាន់ធីក — សូមធីក PC1–PC3)



រូបទី 31 — លទ្ធផល K-means លើ PC1–PC3 (គ្មានការណែនាំ)



រូបទី 32 — តម្លៃមធ្យមនៃក្រុមលើ PC1–PC3

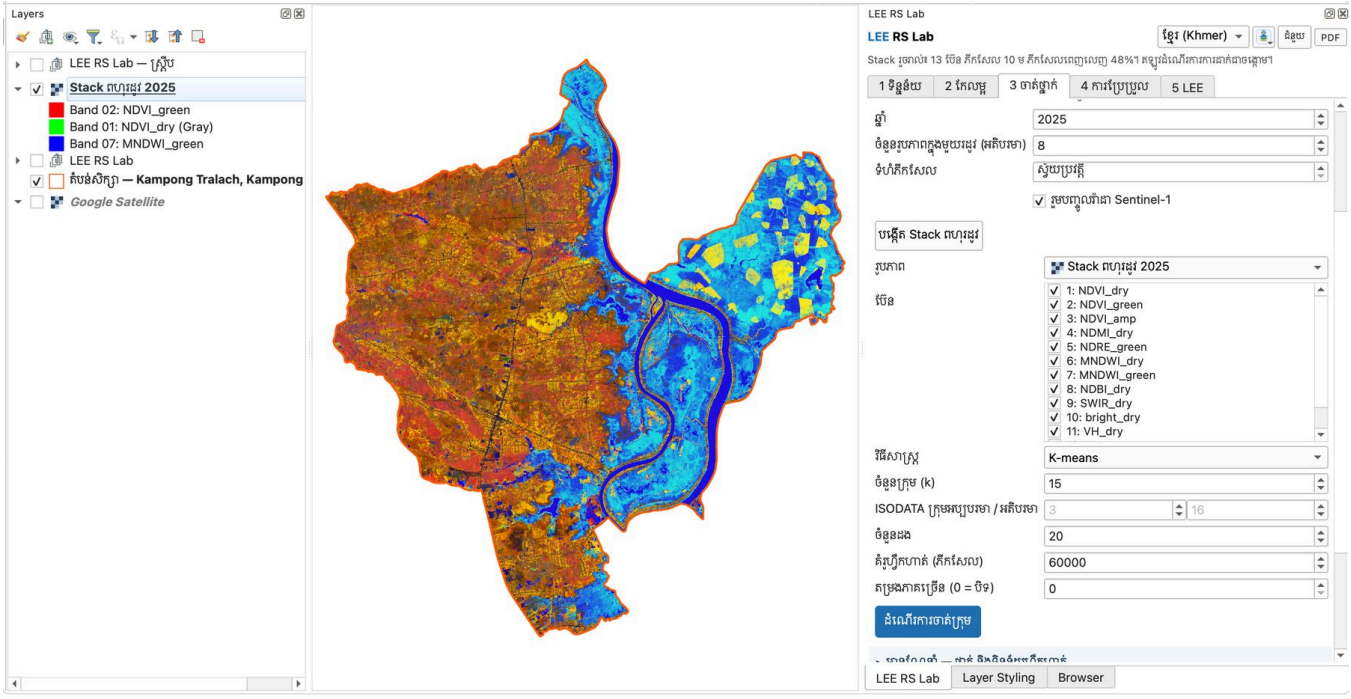
ជំហានទី 4 — Stack ពហុរដូវ (ថ្មីក្នុងកំណែ 2.3.0)

រូបភាពតែមួយ (ឧ. Landsat រដូវប្រាំង) ពិបាកបែងចែក ព្រៃស្រោង ពីចម្ការដើមឈើ ឬស្រែ ពីដំណាំចម្ការ ព្រោះវិសាលគមស្រដៀងគ្នានៅថ្ងៃតែមួយ។ ប៉ុន្តែ **ប្រតិទិនជីវិត** របស់វាខុសគ្នា៖ ព្រៃរបោះជ្រុះស្លឹកក្នុងរដូវប្រាំង ស្រែទទេក្នុងរដូវប្រាំង ហើយលិចទឹកក្នុងរដូវវស្សា ចំណែកព្រៃស្រោងបៃតងពេញឆ្នាំ។

1. នៅខាងលើផ្នែក **មិនណែនាំ** ក្នុងប្រអប់ **Stack ពហុរដូវ** ជ្រើស **ឆ្នាំ** 2025 · **ចំនួនរូបភាពក្នុងមួយរដូវ (អតិបរមា)** 8 · **ទំហំភីកសែលស្វ័យប្រវត្តិ** · ធីក **រួមបញ្ចូលរ៉ាដា Sentinel-1**។
2. ចុច **បង្កើត Stack ពហុរដូវ**។ LEE ទាញយកតែតំបន់សិក្សា (Sentinel-2 រដូវប្រាំង កុម្ភៈ–មេសា និងរដូវបៃតង កញ្ញា–វិច្ឆិកា ព្រមទាំង Sentinel-1) ហើយបង្កើតរូបភាព 13 ប៊ែន៖

ប៊ែន	អត្ថន័យ
NDVI_dry · NDVI_green · NDVI_amp	ភាពបៃតង កុម្ភៈ–មេសា · កញ្ញា–វិច្ឆិកា · ការប្រែប្រួលតាមរដូវ
NDMI_dry · NDRE_green	សំណើមស្លឹករដូវប្រាំង · Red-edge (ក្លរ៉ូភីល)
MNDWI_dry · MNDWI_green	ទឹករដូវប្រាំង · ទឹកក្រោយរដូវភ្លៀង (ទឹកជំនន់តាមរដូវ)
NDBI_dry · SWIR_dry · bright_dry	តំបន់សំណង់ · ដីទទេ · ពន្លឺ (ខ្សាច់ ដំបូល)
VH_dry · VH_wet · VV_dry	រ៉ាដា Sentinel-1៖ រចនាសម្ព័ន្ធដើមឈើ ទឹកលិចស្រែ អគារ

3. សារស្ថានភាពបង្ហាញ «Stack រួចរាល់៖ 13 ប៊ែន ភីកសែល 10 ម ភីកសែលពេញលេញ 48%»។ ស្រទាប់ **Stack ពហុរដូវ 2025** បង្ហាញជាពណ៌ក្លែងតាមរដូវ (ក្រហម = NDVI_green បៃតង = NDVI_dry ខៀវ = MNDWI_green)៖ ដីលិចទឹកក្រោយភ្លៀងខាងកើតពណ៌ខៀវ ស្រែខាងលិចពណ៌ក្រហម/ទឹកក្រូច។
4. Stack ត្រូវបានជ្រើសសម្រាប់ចាត់ក្រុមដោយស្វ័យប្រវត្តិ ហើយ **k** ប្តូរទៅ 15។ ចុច **ដំណើរការចាត់ក្រុម**។

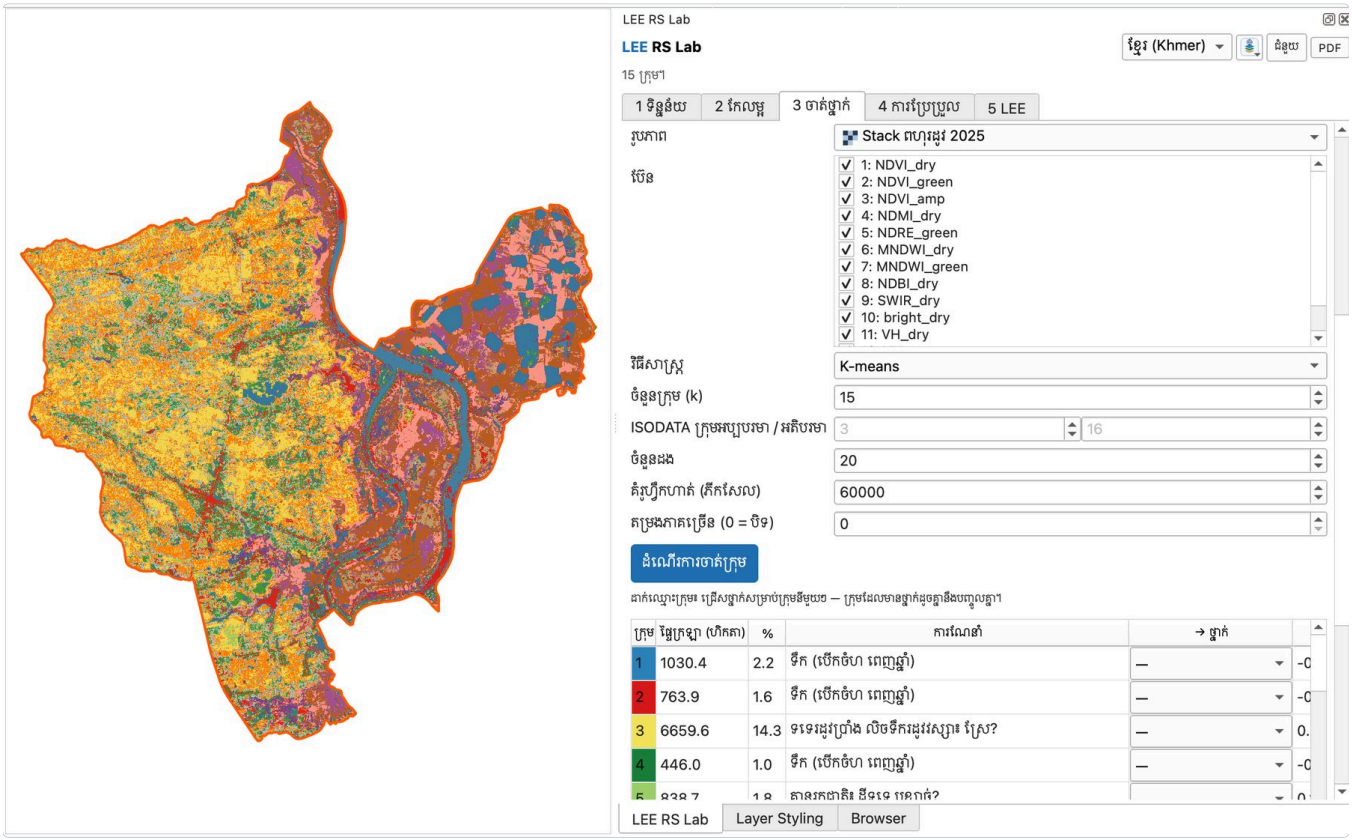


រូបទី 33 — Stack ពហុរដូវ 2025 (13 ប៊ែន) ជាពណ៌ក្លែងតាមរដូវ

គីកសែលពេញលេញ 48% មានន័យអ្វី?

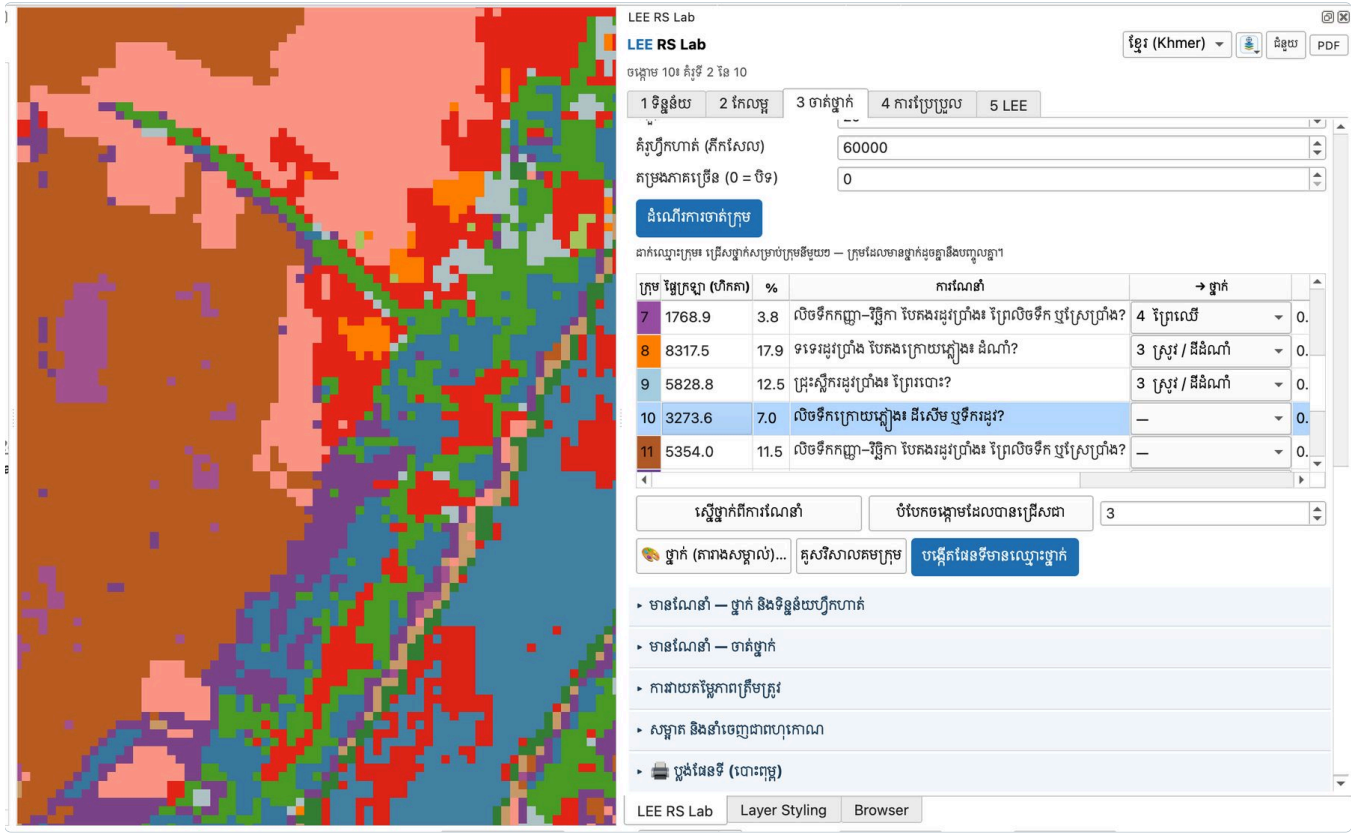
គីកសែលមួយ «ពេញលេញ» ពេលប៊ែនទាំង 13 មានតម្លៃ។ ក្នុងរដូវភ្លៀង (កញ្ញា–វិច្ឆិកា) ពពកច្រើន ដូច្នេះគីកសែលខ្លះគ្មានរូបភាព Sentinel-2 ស្រឡះ។ K-means ប្រើតែគីកសែលពេញលេញ។ ដើម្បីបង្កើនភាគរយ៖ ដំឡើង **ចំនួនរូបភាពក្នុងមួយរដូវ** ទៅ 12–15 ឬប្តូរឆ្នាំ។

តារាងក្រុមពី Stack មានការណែនាំលម្អិតជាង ព្រោះវាដឹងពីរដូវ៖ ក្រុម 3 (6,659.6 ហិកតា 14.3%) = «ទទេរដូវប្រាំង លិចទឹករដូវវស្សា៖ ស្រែ?» ហើយក្រុម 1, 2, 4 = ទឹក។



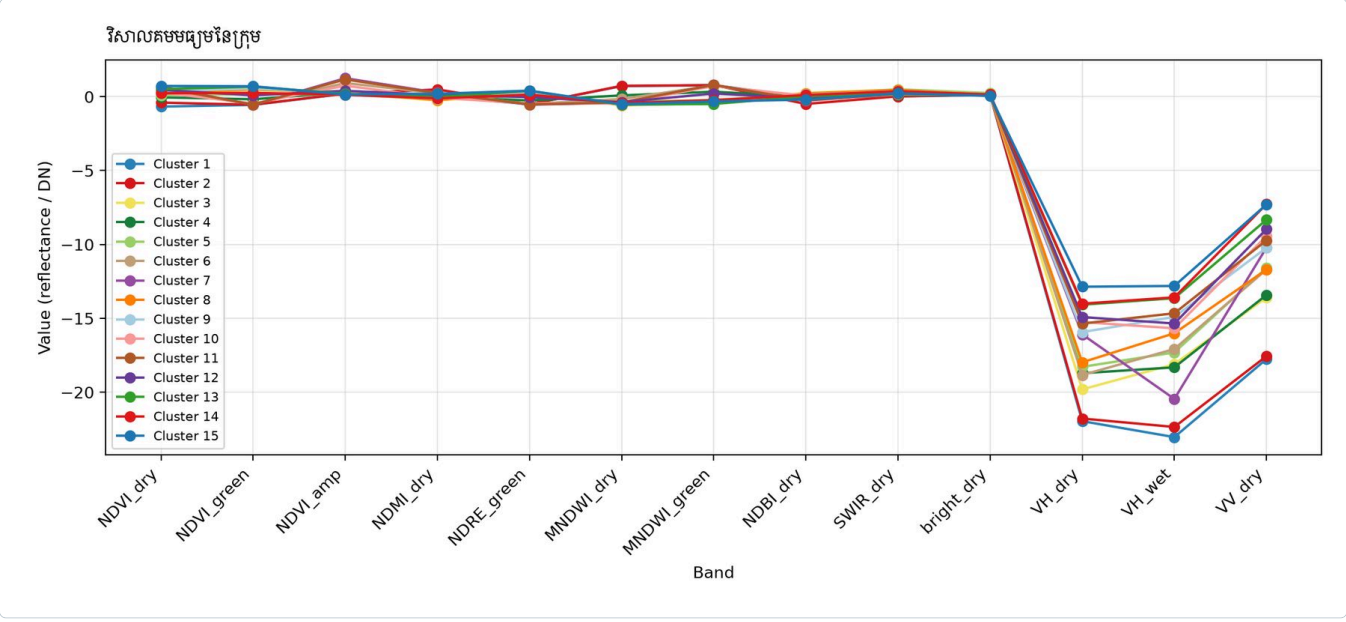
ជំហានទី 5 — មើលគំរូ ស្នើថ្នាក់ និងដាក់ឈ្មោះក្រុម

- **ចុចលើជួរក្រុម** ដើម្បីទៅកាន់កីកសែលគំរូមួយនៃក្រុមនោះ (ចំណុចភ្លឺបំភ្លែតៗ)។ ចុចម្តងទៀតសម្រាប់គំរូបន្ទាប់ — ស្ថានភាពបង្ហាញ «ចង្កោម 10៖ គំរូទី 2 នៃ 10»។ បើក Google Satellite ឬ Esri World Imagery ដើម្បីមើលឲ្យច្បាស់។
- **ស្នើថ្នាក់ពីការណែនាំ** បំពេញប្រអប់ → **ថ្នាក់** ដែលនៅទំនេរ តាមគ្រោងថ្នាក់ដែលកំពុងប្រើ។ សូមពិនិត្យគ្រប់ជួរ — ឧ. ក្នុងរូបទី 35 ក្រុម 9 «ជ្រុះស្លឹករដូវប្រាំង៖ ព្រៃរបោះ?» ត្រូវបានដាក់ជា **ស្រូវ / ដីដំណាំ** ព្រោះគំរូលើផែនទីបង្ហាញស្រែ។
- ក្រុមណាដែលចម្រុះ ជ្រើសជួរនោះ រួចចុច **បំបែកចង្កោមដែលបានជ្រើសជា** 2–6 ក្រុមវេង។
- ក្រុមដែលមានថ្នាក់ដូចគ្នានឹងបញ្ចូលគ្នា (ឧ. ក្រុម 1 និង 2 → ទឹក)។



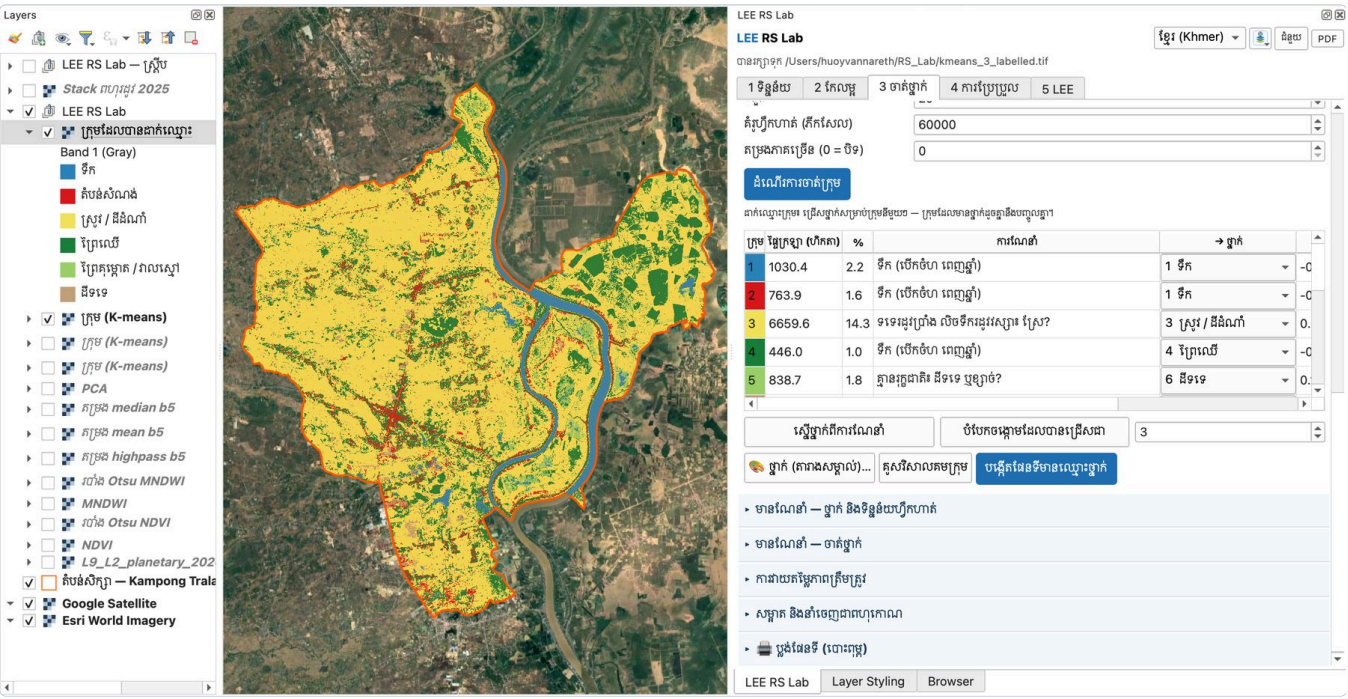
រូបទី 35 — ចុចលើក្រុម 10 ដើម្បីមើលគំរូ៖ ប៊ូតុងស្នើថ្នាក់ បំបែកក្រុម គូសវិសាលគម និងបង្កើតផែនទី

គូសវិសាលគមក្រុម សម្រាប់ Stack បង្ហាញបែនទាំង 13។ បែនរ៉ាដាជា dB (ប្រហែល −25 ដល់ −7) ចំណែកសន្ទស្សន៍នៅចន្លោះ −1 ដល់ 1 ដូច្នេះក្នុងរូបទី 36 (កំណែ 2.3.0) ខ្សែសន្ទស្សន៍មើលទៅរាបស្មើ។ ចាប់ពីកំណែ **2.3.1** បែនរ៉ាដាត្រូវបានគូសក្នុងផ្ទាំងទីពីរ ដែលមានអ័ក្ស dB ផ្ទាល់ខ្លួន។ មើលផ្នែករ៉ាដា៖ VH ទាបខ្លាំង (−22 dB) = ទឹករលោង VH ខ្ពស់ (−13 dB) = ដើមឈើ (ការខ្ចាត់ខ្ចាយក្នុងមកុដ)។ សម្រាប់សន្ទស្សន៍ សូមដាក់កណ្តុរលើជួរការណែនាំ ដើម្បីមើលតម្លៃធ្យម។



រូបទី 36 — តម្លៃមធ្យមនៃក្រុមលើ Stack ពហុរដូវ (13 ប៊ែន)

បុប **បង្កើតផែនទីមានឈ្មោះថ្នាក់** ។ ស្រទាប់ **ក្រុមដែលបានដាក់ឈ្មោះ** លេចឡើងជាមួយតារាងសម្គាល់ ហើយក្បាទុកជា `kmeans_3_labelled.tif` ។



រូបទី 37 — ផែនទីក្រុមដែលបានដាក់ឈ្មោះថ្នាក់ (ពី Stack ពហុរដូវ) លើ Google Satellite

ប្រៀបធៀបការបញ្ចូលទាំងបី

ការបញ្ចូល	ចំនួនប៊ែន	ការណែនាំ	ចំណុចខ្លាំង	ចំណុចខ្សោយ
Landsat រដូវប្រាំង	6	មាន (ពី NDVI, MNDWI, NDBI)	សាមញ្ញ គឺកសែលពេញ 100%	មើលឃើញតែថ្ងៃតែមួយ
PCA	3	គ្មាន	បង្រួមព័ត៌មាន លឿន	PC គ្មានអត្ថន័យរូបវន្ត
Stack ពហុរដូវ	13	មាន (តាមរដូវ)	បែងចែកស្រែ ដីលិចទឹក ព្រៃ របោះ	គឺកសែលពេញតែ 48% (ពពករដូវភ្លៀង)

> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ មើលផែនទីលទ្ធផល — តើមានតំបន់សំណង់ទេ? ហេតុអ្វីបានជាកូមិតាមផ្លូវជាតិងាយច្រឡំជាមួយដីទេ ឬស្រែស្ងួត? នេះជាមូលហេតុដែលយើងត្រូវការចំណាត់ថ្នាក់មានណែនាំ (មេរៀនទី 9–10)។

មេរៀនទី 9 — ចំណាត់ថ្នាក់មានណែនាំ៖ បង្កើតទិន្នន័យហ្វឹកហាត់

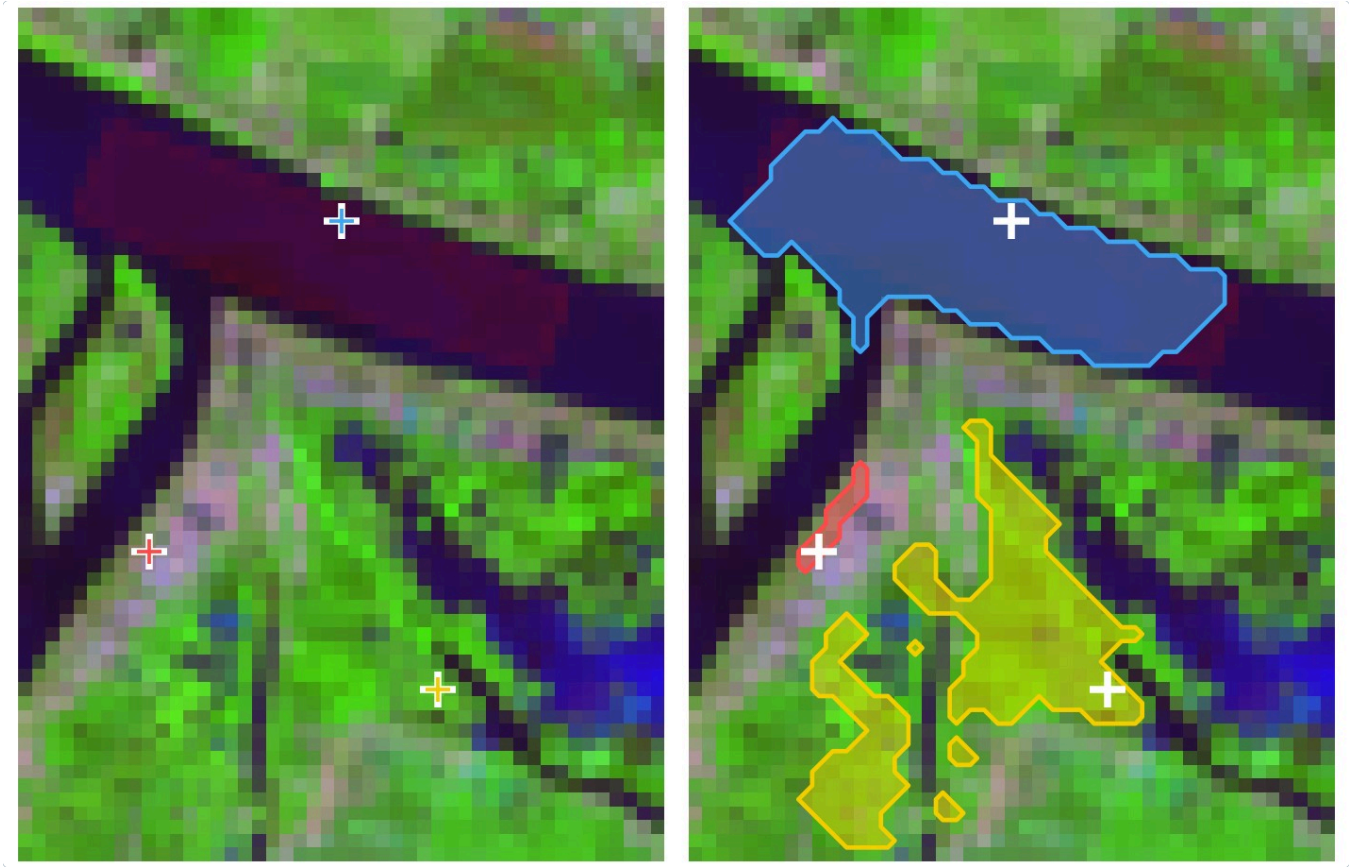
ចំណាត់ថ្នាក់មានណែនាំរៀនពីទីតាំងដែលអ្នកស្គាល់ថ្នាក់ច្បាស់ (តំបន់ហ្វឹកហាត់)។ ចាប់ពីកំណែ **2.4.0** មានវិធីពីរ៖ ✨ **ដំបងវេទមន្ត** (ចុចតែម្តង កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) បង្កើតពហុកោណឲ្យ) ឬ **គូសពហុកោណដោយដៃ**។ ប្រើបន្សំបែន ឬផែនទីមូលដ្ឋាន Google Satellite ដើម្បីសម្រេចចិត្តថាកន្លែងណាជាថ្នាក់អ្វី។

វិធីទី 1 — ដំបងវេទមន្ត (ចុចឲ្យរីក) · ណែនាំ

ដំបងវេទមន្តចាប់ផ្តើមពីកីកសែលដែលអ្នកចុច ហើយរីកទៅកីកសែលជិតខាងដែល **ស្រដៀងគ្នាលើបែនទាំងអស់ដែលបានពីក** និង **នៅជាប់គ្នា**។ កីកសែលដែលខុសគ្នា (ផ្លូវ ទំនប់ ដើមឈើ) បញ្ឈប់ការរីក ដូច្នេះពហុកោណស្ថិតនៅខាងក្នុងស្រែ ស្រះ ឬព្រៃតែមួយ។ ជួរកីកសែលនៅតែមត្រូវបានកាត់ចេញ ព្រោះកីកសែលតែមច្រើនតែលាយ (ពាក់កណ្តាលស្រែ ពាក់កណ្តាលផ្លូវ)។

1. បើកផ្ទៃក **មានណែនាំ — ថ្នាក់ និងទិន្នន័យហ្វឹកហាត់**។ ជ្រើស **រូបភាព** រូបភាពផ្សំ Landsat 9 និង **បែន** SR_B2–SR_B7។ ប្តូរបន្សំបែនទៅ 7-5-4 (មេរៀនទី 5) ដើម្បីមើលថ្នាក់ឲ្យច្បាស់។
2. ក្នុងប្រអប់ ✨ **ដំបងវេទមន្ត (ចុចឲ្យរីក)** ចុចបិតុងពណ៌នៃថ្នាក់ ឧ. **1 ទឹក**។ ដំបងវេទមន្តបើកដោយស្វ័យប្រវត្តិ (បិតុង **ឈប់ចុច** ប្តូរជាពណ៌ក្រហម)។
3. ចុចនៅកណ្តាលទន្លេសាប។ ពហុកោណពណ៌ទឹកលេចឡើង ហើយរបាស្ថានភាពបង្ហាញចំនួនកីកសែល និងផ្ទៃក្រឡា («ទឹក៖ … កីកសែល (… ha)»)។ ប្រសិនបើឃើញ «ដល់ផ្ទៃអតិបរមា» មានន័យថាតំបន់ធំជាង **ផ្ទៃអតិបរមាក្នុងមួយចុច** ហើយត្រូវបានកាត់ត្រឹមកីកសែលដែលស្រដៀងបំផុត។ ប្រសិនបើមិនទាន់មានស្រទាប់ហ្វឹកហាត់ទេ កម្មវិធីជំនួយបង្កើត `training.gpkg` ក្នុងថតលទ្ធផលដោយស្វ័យប្រវត្តិ ហើយជ្រើសវាជា **ស្រទាប់ហ្វឹកហាត់** និង **class_id** ជា **វាលលេខថ្នាក់** — មិនចាំបាច់វាយលេខថ្នាក់ទេ។
4. ចុចថ្នាក់បន្ទាប់ (ឧ. **3 ស្រូវ / ដីដំណាំ**) ហើយចុចនៅក្នុងស្រែច្រើនកន្លែង។ ធ្វើសម្រាប់ **ថ្នាក់ទាំង 6** ចែកចាយពេញស្រុក។ បន្ទាត់ **ចំនួនពហុកោណតាមថ្នាក់** រាប់ឲ្យអ្នក ដើម្បីដឹងថាថ្នាក់ណានៅខ្វះ (យ៉ាងតិច 5–10 ពហុកោណក្នុងមួយថ្នាក់)។
5. ចុចខុស? ចុច **មិនធ្វើវិញ (ចុងក្រោយ)**។ ចុច **ឈប់ចុច** ពេលបញ្ចប់ — ពហុកោណត្រូវបានរក្សាទុករួចហើយ។

ការកំណត់	លំនាំដើម	ពេលណាត្រូវប្តូរ
កម្រិតភាពស្រដៀង	1.0	ពហុកោណរីកចូលថ្នាក់ផ្សេង → បន្ថយ (0.6–0.8)។ បានតែកីកសែលពីរបី → បង្កើន (1.2–1.5)។
ផ្ទៃអតិបរមាក្នុងមួយចុច	5 ha	ពហុកោណតូចៗច្រើនកន្លែងល្អជាងពហុកោណធំមួយ — ទុក 2–5 ha សម្រាប់ Landsat។



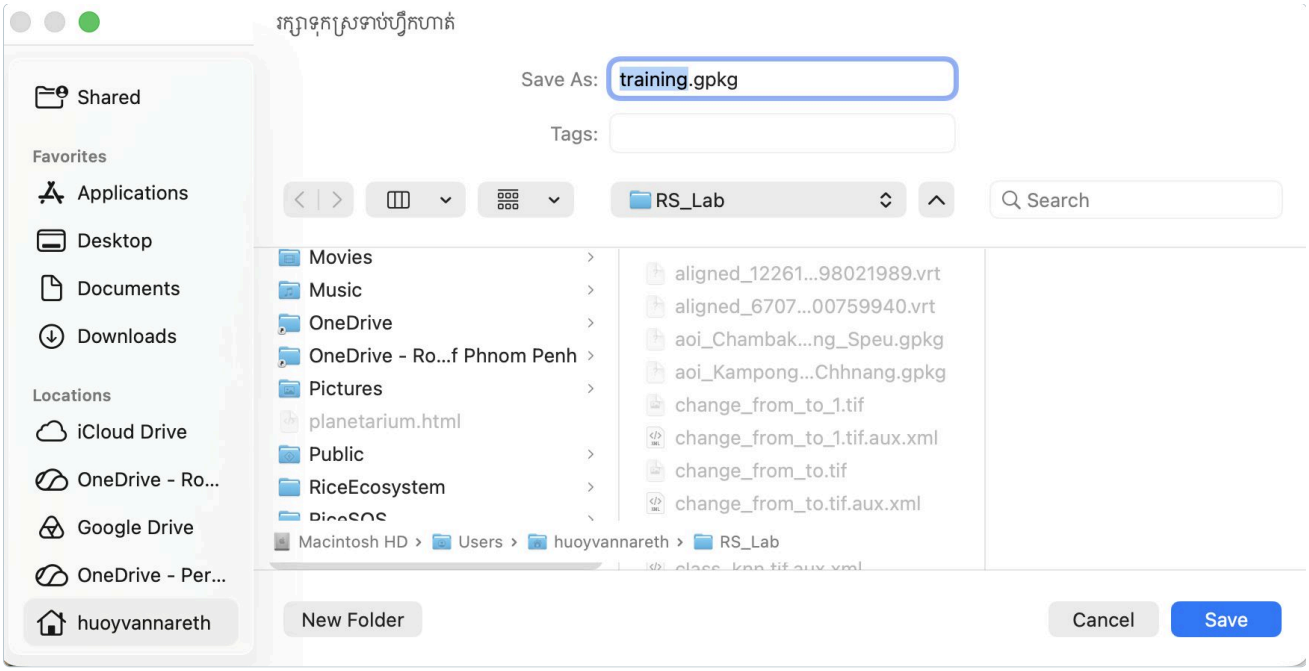
រូបទី 38 — គោលការណ៍ដំបងវេទមន្ត៖ ចុចមួយ (ឆ្វេង) → ពហុកោណនៃភីកសែលស្រដៀងគ្នាដែលនៅជាប់គ្នា (ស្តាំ)៖ ទឹកទន្លេសាប (ខៀវ) ស្រែ (លឿង) និងដីទទេ (ក្រហម) លើបន្ទំ 7-5-4 ស្រុកកំពង់ត្រឡាច (រូបពន្យល់ ដែលគណនាដោយក្បួនដោះស្រាយដូចគ្នាលើរូបភាពក្នុងរូបទី 40)

ដំបងវេទមន្ត ឬគូសដោយដៃ?

ដំបងវេទមន្តលឿន ហើយពហុកោណមិនដែលឆ្លងគែមស្រែ ឬទន្លេ។ ប៉ុន្តែវាមិនដឹងថាថ្នាក់ពិតជាអ្វីទេ — **អ្នក** ជាអ្នកសម្រេចតាមរយៈបិតុងថ្នាក់។ សម្រាប់ថ្នាក់ដែលចម្រុះ (ភូមិ = ផ្ទះ + ដើមឈើ + ផ្លូវ) ការរើកឈប់លឿន ឬរើកចូលថ្នាក់ផ្សេង — គូសដោយដៃ (វិធីទី 2) ល្អជាង។ ពហុកោណទាំងពីរវិធីអាចនៅក្នុងស្រទាប់ហ្វឹកហាត់តែមួយ។

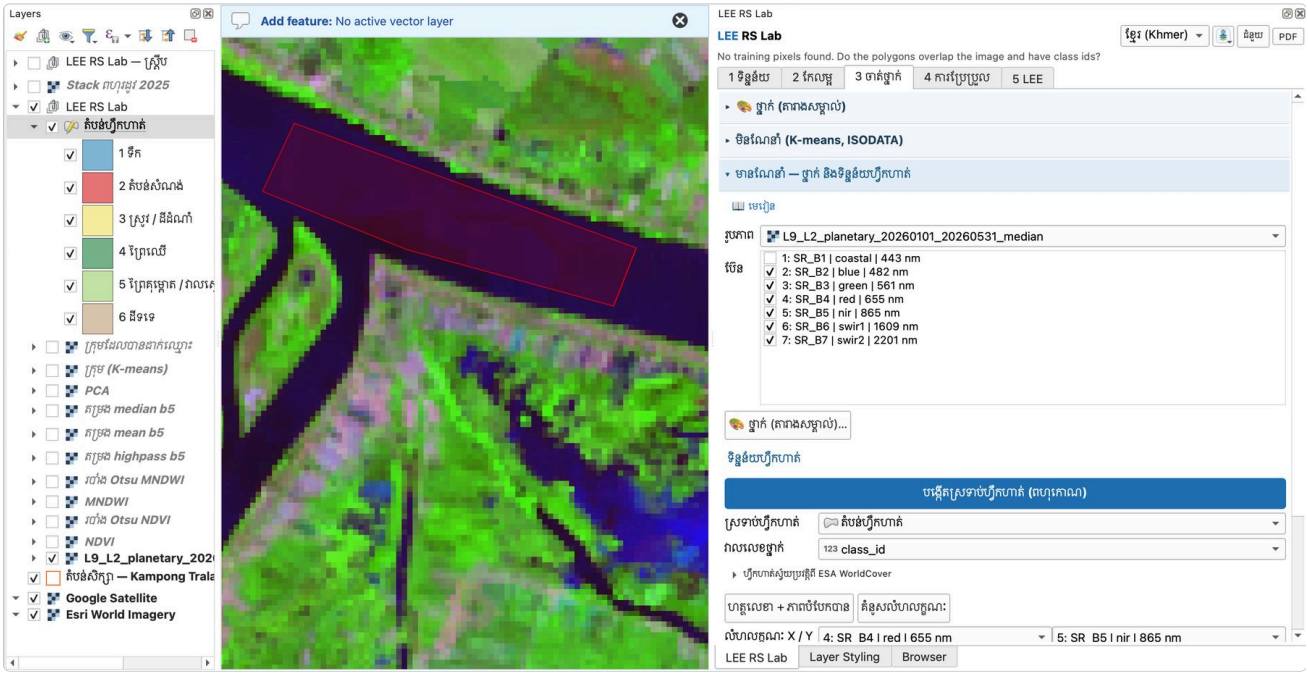
វិធីទី 2 — គូសពហុកោណដោយដៃ

1. បើកផ្ទែក **មានណែនាំ — ថ្នាក់ និងទិន្នន័យហ្វឹកហាត់**។ ជ្រើស **រូបភាព** រូបភាពផ្សំ Landsat 9 និង **ចែន** SR_B2–SR_B7។
2. ចុច **បង្កើតស្រទាប់ហ្វឹកហាត់ (ពហុកោណ)** ហើយក្បាទុកជា `training.gpkg` ក្នុងថត `RS_Lab`។



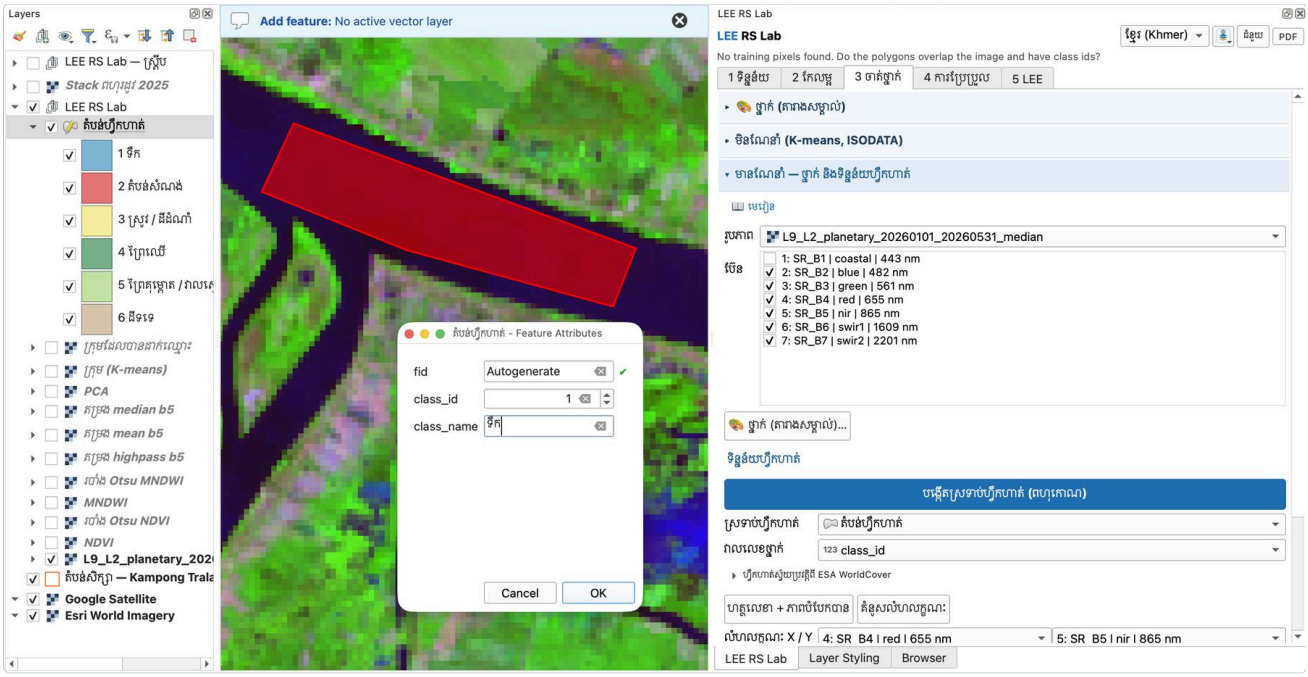
រូបទី 39 — រក្សាទុកស្រទាប់ហ្វឹកហាត់ជា training.gpkg

3. ស្រទាប់ **តំបន់ហ្វឹកហាត់** លេចឡើងក្នុងបញ្ជីស្រទាប់ ជាមួយពណ៌នៃថ្នាក់ទាំង 6 ហើយចូលរបៀបកែសម្រួលដោយស្វ័យប្រវត្តិ។ **ស្រទាប់ហ្វឹកហាត់** = តំបន់ហ្វឹកហាត់ និង **វាលលេខថ្នាក់** = class_id បំពេញស្វ័យប្រវត្តិ។
4. ប្តូរបន្សំបែនទៅ 7-5-4 (មេរៀនទី 5) ដើម្បីឲ្យទឹក រុក្ខជាតិ និងដីស្ងួតខុសពណ៌គ្នាច្បាស់។ គូសពហុកោណលើផែនទី (ចុចឆ្វេងដើម្បីដាក់ចំណុច ចុចស្តាំដើម្បីបញ្ចប់) — ឧ. នៅកណ្តាលទន្លេសាប។



រូបទី 40 — គូសពហុកោណហ្វឹកហាត់ទីមួយលើទន្លេសាប (បន្សំ 7-5-4)

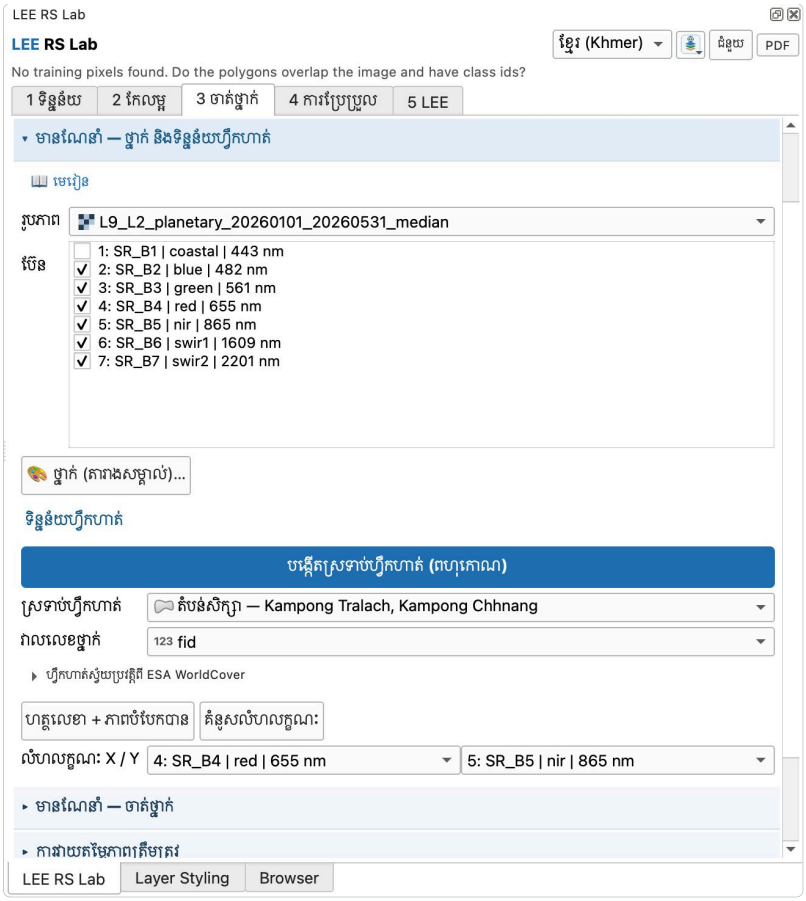
5. នៅប្រអប់ **Feature Attributes** វាយ **class_id** = 1 និង **class_name** = ទឹក រួចចុច **OK**។ (**fid** ទុក Autogenerate)



រូបទី 41 — វាយ class_id 1 និង class_name ទឹក

6. ធ្វើម្តងទៀតសម្រាប់ **ថ្នាក់ទាំង 6**។ គូសពហុកោណ 5–10 ក្នុងមួយថ្នាក់ ចែកចាយពេញស្រុក (ខាងលិច និងខាងកើតទន្លេ)។
7. រក្សាទុកការកែប្រែ (Save Layer Edits) ពេលបញ្ចប់។

> **កំហុសញឹកញាប់៖ «No training pixels found»**
>
> ប្រសិនបើ **ស្រទាប់ហ្វឹកហាត់** ជាស្រទាប់តំបន់សិក្សា ហើយ **វាលលេខថ្នាក់** ជា `fid` (រូបទី 42) កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) មិនរកឃើញភីកសែលហ្វឹកហាត់ទេ ព្រោះតំបន់សិក្សាមិនមែនជាតំបន់ហ្វឹកហាត់ ហើយ fid មិនមែនជាលេខថ្នាក់។ ជ្រើស **តំបន់ហ្វឹកហាត់** និង **class_id** វិញ។ ពិនិត្យផងដែរថាពហុកោណស្ថិតនៅលើរូបភាព ហើយមាន class_id ពី 1 ដល់ 6។



រូបទី 42 — កំហុស៖ ជ្រើសស្រទាប់តំបន់សិក្សា និង fid ជាទិន្នន័យហ្វឹកហាត់

គន្លឹះគូសតំបន់ហ្វឹកហាត់

- គូសនៅកណ្តាលផ្ទៃដីដូចគ្នា ជៀសវាងគែម និងពីកសែលលាយ។
- ប្រើបន្សំបែនកសិកម្ម 6-5-2 ឬ 7-5-4 ដើម្បីបំបែកស្រូវ ព្រៃ និងដីទទេងាយស្រួល។
- កុំគូសតែនៅកន្លែងតែមួយ — ស្រែខាងលិចទន្លេ និងដីលិចទឹកខាងកើតមើលទៅខុសគ្នាខ្លាំង។
- ថ្នាក់តូច (តំបន់សំណង់ ដីទទេ) ត្រូវការពហុកោណច្រើនកន្លែង — កូមិតាមផ្លូវជាតិលេខ 5 និងទីប្រជុំជន។
- ជម្រើសផ្សេង (របៀប **កម្រិតខ្ពស់**)៖ **ហ្វឹកហាត់ស្វ័យប្រវត្តិពី ESA WorldCover** បង្កើតចំណុចហ្វឹកហាត់ដោយមិនចាំបាច់គូស (គ្រោង Auto 7)។

មេរៀនទី 10 — ហត្ថលេខាវិសាលគម និងចំណាត់ថ្នាក់ Random Forest

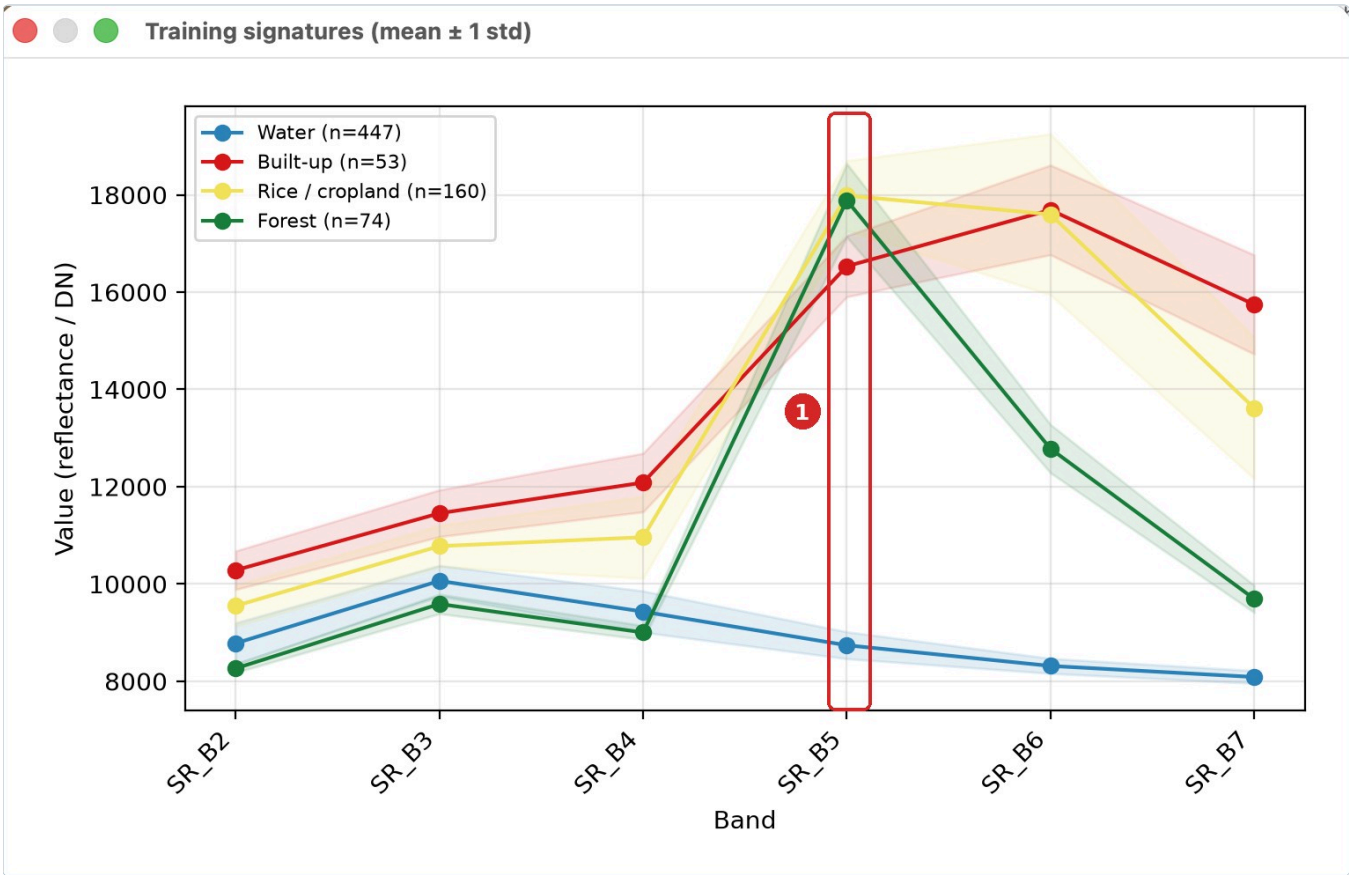
Random Forest ចាត់ថ្នាក់ស្រុកកំពង់ត្រឡាចជា **ស្រូវ / ដីដំណាំ 64.9%** ព្រៃឈើ 23.0% ទឹក 6.7% តំបន់សំណង់ 2.6% ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ 1.9% និងដីទទេ 0.9%។ ភាពត្រឹមត្រូវហ្វឹកហាត់គឺ 100% ប៉ុន្តែមេរៀនទី 11 នឹងបង្ហាញថាផែនទីពិតត្រឹមត្រូវតិចជាងនេះច្រើន។

> **របៀបកម្រិតខ្ពស់ (កំណែ 2.4.0)**
> ជំហានទី 1 (ហត្ថលេខា ភាពបំបែក J–M និងប្លង់លំហលក្ខណៈ) និងប្រអប់ **ក្បួនដោះស្រាយ** ជាផ្នែកកម្រិតខ្ពស់។ ក្នុងរបៀប **មូលដ្ឋាន** កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) ប្រើ Random Forest ដោយស្វ័យប្រវត្តិ (ឬ Maximum Likelihood ប្រសិនបើមិនទាន់ដំឡើង scikit-learn) ហើយអ្នកគ្រាន់តែចុច **ចាត់ថ្នាក់**។ ចាប់ពីកំណែ 2.4.0 ឧបករណ៍ទាំងនេះបង្ហាញតែក្នុងរបៀប **កម្រិតខ្ពស់**៖ ប្តូរប្រអប់ **មូលដ្ឋាន** នៅផ្នែកខាងលើផ្ទាំងទៅ **កម្រិតខ្ពស់** (មើលមេរៀនទី 1)។

ជំហានទី 1 — ពិនិត្យហត្ថលេខាវិសាលគម

នៅផ្នែក **មានណែនាំ — ថ្នាក់ និងទិន្នន័យហ្វឹកហាត់** ចុច **ហត្ថលេខា + ភាពបំបែកបាន**។ ក្រាហ្វបង្ហាញតម្លៃមធ្យម ± 1 គម្លាតស្តង់ដារនៃថ្នាក់នីមួយៗ និងចំនួនភីកសែលហ្វឹកហាត់ (n)។ តារាង Jeffries–Matusita (J–M) បង្ហាញភាពបំបែកបាន៖ ជិត 2 = បំបែកបានល្អតិចជាង 1.8 = ងាយច្រឡំ។

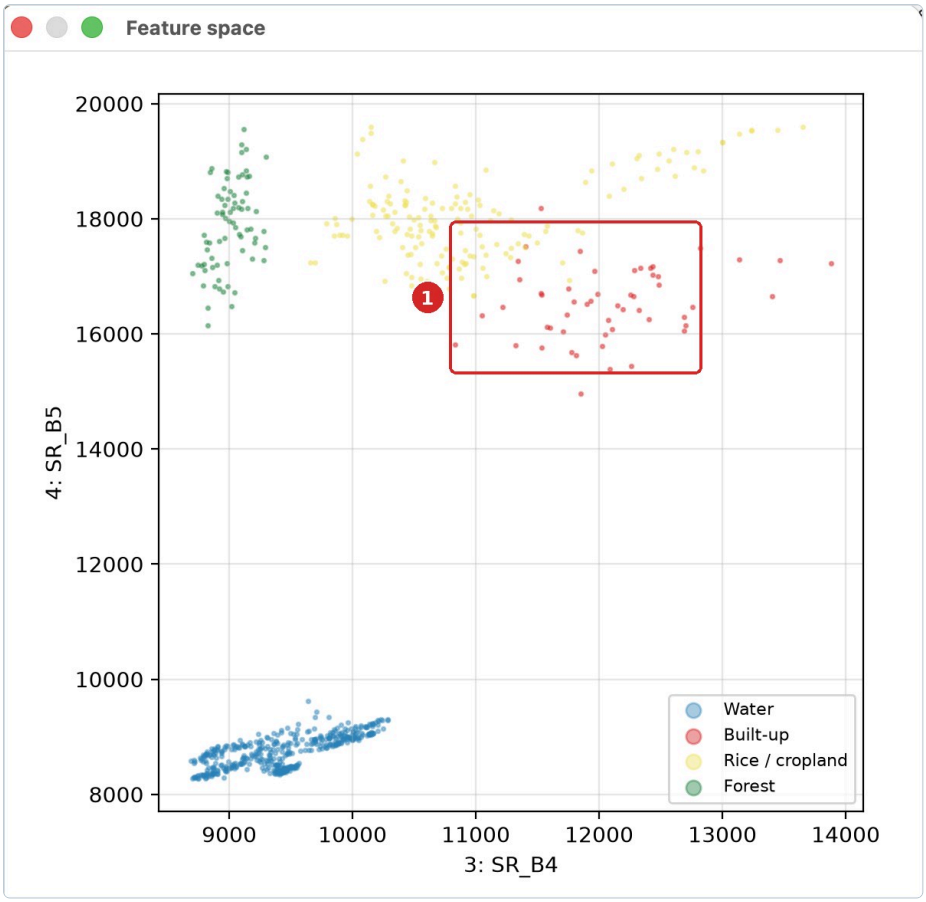
គន្លឹះអាន៖ នៅ SR_B5 (NIR) ព្រៃឈើ និងស្រូវខ្ពស់ (រុក្ខជាតិ) ទឹកទាប។ នៅ SWIR (SR_B6, SR_B7) ព្រៃឈើធ្លាក់ចុះ ប៉ុន្តែស្រែស្ងួត និងតំបន់សំណង់នៅខ្ពស់ — បែន SWIR ជួយបំបែកព្រៃពីស្រូវ។



រូបទី 43 — ឧទាហរណ៍ហត្ថលេខាហ្វឹកហាត់ (មធ្យម ± 1 std) — រូបពីឧទាហរណ៍ឃុំមហាខ្ទុងក្នុងកំណែមុន

ជំហានទី 2 — លំហលក្ខណៈ (Feature space)

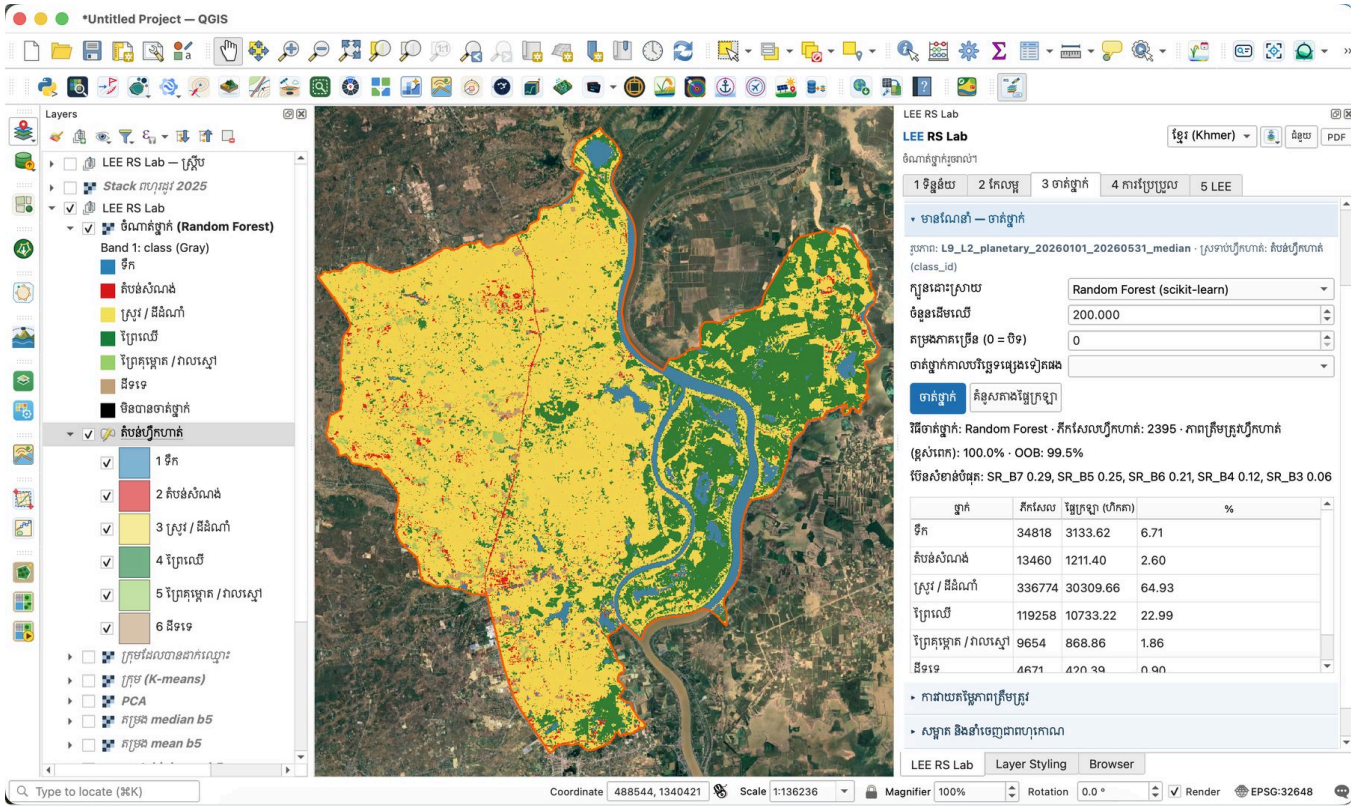
ជ្រើស **លំហលក្ខណៈ X / Y** = 4: SR_B4 (red) / 5: SR_B5 (nir) រួចចុច **គំនូសលំហលក្ខណៈ**។ ចំណុចនីមួយៗគឺកីកសែលហ្វឹកហាត់មួយ។ ទឹក (ខាងក្រោម) និងព្រៃឈើ (ខាងឆ្វេងលើ) ច្រើនតែនៅដាច់ដោយឡែក ចំណែកស្រូវ តំបន់សំណង់ និងដីទទេច្រើនតែជាន់គ្នា — រំពឹងថានឹងមានការច្រឡំរវាងថ្នាក់ទាំងនេះ។



រូបទី 44 — ឧទាហរណ៍លំហលក្ខណៈ: Red × NIR — រូបពីឧទាហរណ៍ឃុំមហាខ្ទួងក្នុងកំណែមុន

ជំហានទី 3 — ចាត់ថ្នាក់

1. បើកផ្ទៃក **មានណែនាំ — ចាត់ថ្នាក់**។ បន្ទាត់ខាងលើបង្ហាញរូបភាព និងស្រទាប់ហ្វឹកហាត់ដែលនឹងប្រើ (តំបន់ហ្វឹកហាត់ class_id)។
2. **ក្បួនដោះស្រាយ**៖ Random Forest (scikit-learn) · **ចំនួនដើមឈើ** 200 · **តម្រងភាគច្រើន** 0។
3. **ចាត់ថ្នាក់កាលបរិច្ឆេទផ្សេងទៀតផង** — ទុកទទេឥឡូវនេះ (ប្រើក្នុងមេរៀនទី 13)។
4. ចុច **ចាត់ថ្នាក់**។ ស្រទាប់ **ចំណាត់ថ្នាក់ (Random Forest)** លេចឡើង។
5. អានលទ្ធផល៖ កីកសែលហ្វឹកហាត់ **2,395** · ភាពត្រឹមត្រូវហ្វឹកហាត់ (ខ្ពស់ពេក) **100.0%** · OOB **99.5%** · ប៊ែនសំខាន់បំផុត SR_B7 (0.29) SR_B5 (0.25) SR_B6 (0.21) SR_B4 (0.12) SR_B3 (0.06)។
6. ចុច **គំនូសតាងផ្ទៃក្រឡា** ដើម្បីមើលក្រាហ្វរបារ។



រូបទី 45 — លទ្ធផលចំណាត់ថ្នាក់ Random Forest ស្រុកកំពង់ត្រឡាច លើ Google Satellite

ថ្នាក់	គីកសែល	ផ្ទៃក្រឡា (ហិកតា)	%
ស្រូវ / ដីដំណាំ	336,774	30,309.66	64.93
ព្រៃឈើ	119,258	10,733.22	22.99
ទឹក	34,818	3,133.62	6.71
តំបន់សំណង់	13,460	1,211.40	2.60
ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ	9,654	868.86	1.86
ដីទទេ	4,671	420.39	0.90

ផ្ទៃក្រឡា = គីកសែល × 0.09 ហិកតា (គីកសែល 30 × 30 ម៉ែត្រ)។ ប៊ែនសំខាន់បំផុតគឺ SWIR2 និង NIR — ស្របនឹងការអានហត្ថលេខាខាងលើ។ មើលផែនទី៖ ផ្លូវជាតិលេខ 5 លេចឡើងជាខ្សែក្រហម (តំបន់សំណង់) ហើយដីលិចទឹកខាងកើតភាគច្រើនជា «ព្រៃឈើ» — តើពិតឬ? មេរៀនទី 11 នឹងឆ្លើយ។

> ភាពត្រឹមត្រូវហ្វឹកហាត់ 100% មិនមែនមានន័យថាផែនទីត្រឹមត្រូវ 100% ទេ។ វាគ្រាន់តែប្រាប់ថាម៉ូដែលចាំគីកសែលដែលវាបានរៀន។ OOB (out-of-bag) ក៏ខ្ពស់ពេកដែរ ព្រោះគីកសែលក្នុងពហុកោណតែមួយស្រដៀងគ្នាខ្លាំង។ ត្រូវវាយតម្លៃដោយចំណុចឯករាជ្យ (មេរៀនទី 11)។

ក្បួនដោះស្រាយផ្សេងទៀត

ក្បួនដោះស្រាយ	ចំណាំ
Maximum Likelihood	ប្រើមធ្យម និង covariance នៃថ្នាក់នីមួយៗ — បុរាណ ហើយល្អបើទិន្នន័យហ្វឹកហាត់គ្រប់គ្រាន់
Minimum Distance	ជិតមធ្យមណា ជាថ្នាក់នោះ — សាមញ្ញ លឿន
Spectral Angle Mapper	ប្រៀបធៀបរាងវិសាលគម មិនអាស្រ័យពន្លឺ
Parallelepiped	ប្រអប់ ± n std — កីកសែលក្រៅប្រអប់មិនត្រូវបានចាត់ថ្នាក់
Random Forest, SVM, kNN	រៀនម៉ាស៊ីន (ត្រូវការ scikit-learn)

សាកល្បងក្បួនផ្សេងៗជាមួយតំបន់ហ្វឹកហាត់ដដែល ហើយប្រៀបធៀបផ្ទៃក្រឡា។ ក្នុងឧទាហរណ៍ឃុំមហាខ្ទុង (កំណែមុន) SVM និង kNN យល់ស្របជាមួយ Random Forest លើស 90% ប៉ុន្តែក្បួនបុរាណ (Minimum Distance, Maximum Likelihood) ខុសគ្នា 25–30% ហើយ Parallelepiped ទុកកីកសែលច្រើនមិនបានចាត់ថ្នាក់។ ការយល់ស្របគ្នាមិនមែនជាភាពត្រឹមត្រូវទេ — វាគ្រាន់តែប្រាប់ថាផែនទីពីរដូចគ្នាប៉ុណ្ណា។ ប្រើចំណុចផ្ទៀងផ្ទាត់ដដែល (មេរៀនទី 11) ដើម្បីវាយតម្លៃក្បួននីមួយៗ។

មេរៀនទី 11 — ការវាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ

ភាពត្រឹមត្រូវរួមមានតែ **48.1% (kappa 0.222)** ហើយភាពត្រឹមត្រូវថ្លឹងតាមផ្ទៃក្រឡា **53.6% ± 9.0%** — ធ្លាយពី OOB 99.5% ក្នុងមេរៀនទី 10។ មូលហេតុចម្បង៖ ផែនទីហៅស្រែជាច្រើនថា «ព្រៃឈើ» ហើយព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ ស្ទើរតែមិនត្រូវបានរកឃើញ។ នេះជាមេរៀនល្អបំផុត៖ ផែនទីដែលមើលទៅស្អាត អាចខុសច្រើន។

ជំហានទី 1 — បង្កើតចំណុចផ្ទៀងផ្ទាត់

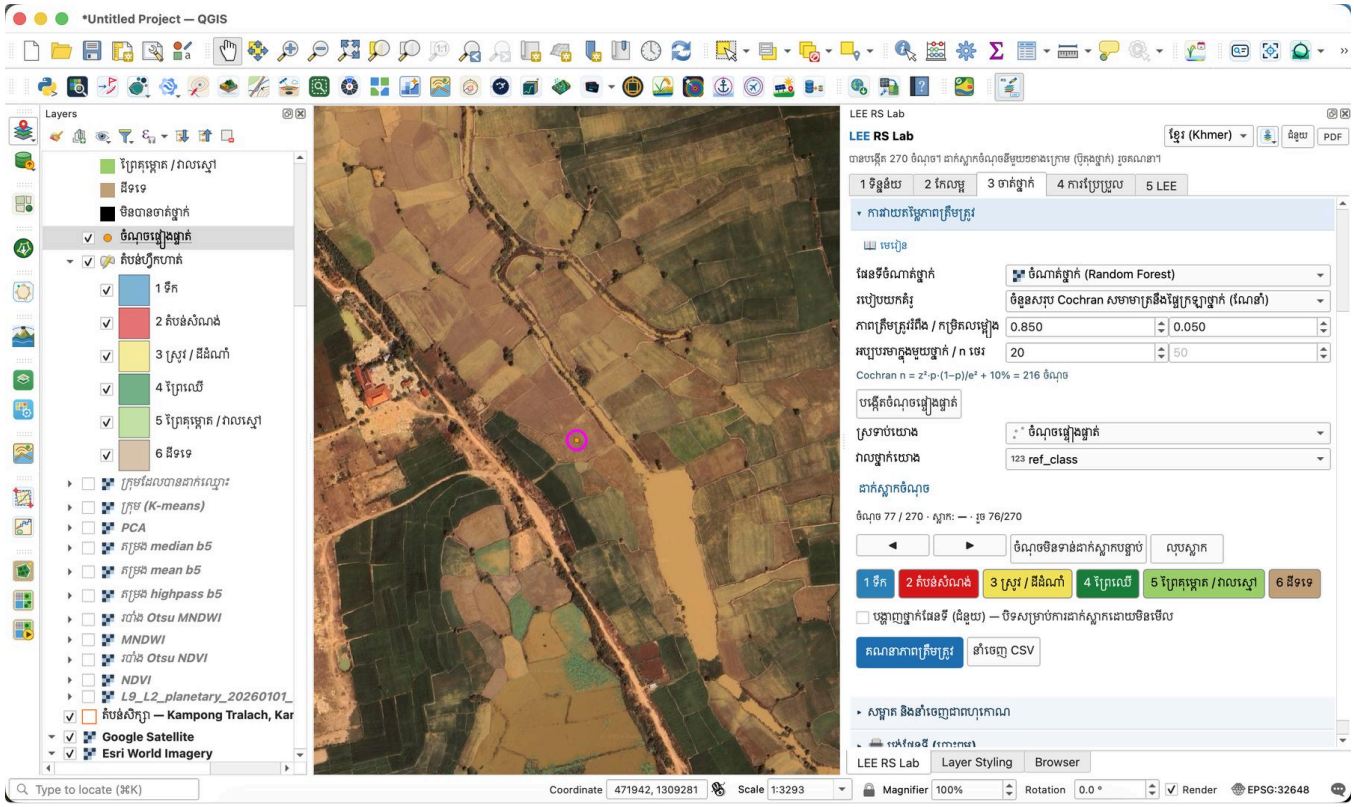
1. បើកផ្ទៃក **ការវាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ**។
2. **ផែនទីចំណាត់ថ្នាក់៖** ចំណាត់ថ្នាក់ (Random Forest)។
3. **របៀបយកគំរូ៖** ចំនួនសរុប Cochran សមាមាត្រនឹងផ្ទៃក្រឡាថ្នាក់ (ណែនាំ)។
4. **ភាពត្រឹមត្រូវរំពឹង / កម្រិតលម្អៀង** 0.850 / 0.050 · **អប្បបរមាក្នុងមួយថ្នាក់** 20។
5. កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) គណនា n = z²·p·(1−p)/e² + 10% = **216 ចំណុច**។
6. ចុច **បង្កើតចំណុចផ្ទៀងផ្ទាត់**។ បាន **270 ចំណុច** — ច្រើនជាង 216 ព្រោះថ្នាក់តូចៗ (តំបន់សំណង់ ព្រៃគុម្ពោត ដីទទេ) ត្រូវបានដំឡើងដល់ 20 ចំណុចក្នុងមួយថ្នាក់។

$$n = z^2 \cdot p \cdot (1 - p) / e^2 = 1.96^2 \times 0.85 \times 0.15 / 0.05^2 \approx 196 \ \ (+10\ \% = 216)$$

ជំហានទី 2 — ដាក់ស្លាកចំណុច

បន្ទាប់ពីបង្កើតចំណុច ផែនទីពង្រីកទៅចំណុចទី 1 ដោយស្វ័យប្រវត្តិ (រង្វង់ពណ៌ស្វាយ)។ បិទស្រទាប់ចំណាត់ថ្នាក់ ហើយមើលផែនទីមូលដ្ឋាន Google Satellite ឬ Esri World Imagery។

1. **ស្រទាប់យោង** = ចំណុចផ្ទៀងផ្ទាត់ · **វាលថ្នាក់យោង** = ref_class (បំពេញស្វ័យប្រវត្តិ)។
2. បន្ទាត់ស្ថានភាពបង្ហាញឧ. «ចំណុច 77 / 270 · ស្លាក៖ — · រួច 76/270»។
3. ចុចប៊ូតុងថ្នាក់ (**1 ទឹក** … **6 ដីទទេ**) ដែលត្រូវនឹងអ្វីដែលអ្នកឃើញលើរូបភាព។ កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) រក្សាទុក **ref_class** ហើយលោតទៅចំណុចមិនទាន់ដាក់ស្លាកបន្ទាប់។
4. ប៊ូតុង ◂ ▸ ផ្លាស់ទីមុខ/ក្រោយ · **ចំណុចមិនទាន់ដាក់ស្លាកបន្ទាប់** · **លុបស្លាក** កែកំហុស។
5. ទុក **បង្ហាញថ្នាក់ផែនទី (ជំនួយ)** ឲ្យនៅបិទ ដើម្បីដាក់ស្លាកដោយមិនមើល (blind) — ចៀសវាងការចម្លងផែនទី។



រូបទី 46 — ដាក់ស្លាកចំណុចទី 77៖ ចំណុចនៅលើស្រែលើ Google Satellite (មាត្រដ្ឋាន 1:3,293)

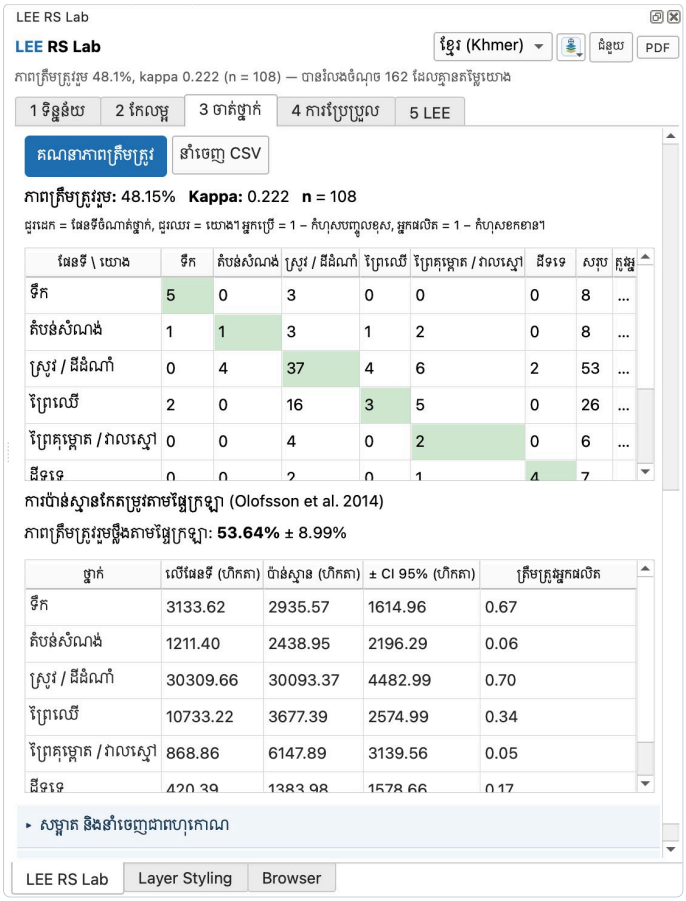
ជំហានទី 3 — គណនាភាពត្រឹមត្រូវ

ចុច **គណនាភាពត្រឹមត្រូវ**។ ក្នុងឧទាហរណ៍នេះ បានដាក់ស្លាក **108 ចំណុច** ហើយកម្មវិធីជំនួយ (Plugin) រំលង 162 ចំណុចដែលគ្មានតម្លៃយោង។ ចុច **នាំចេញ CSV** ដើម្បីរក្សាទុកតារាងទាំងអស់។

ភាពត្រឹមត្រូវរួម 48.15% · Kappa 0.222 · n = 108។ ជួរដេក = ផែនទី ជួរឈរ = យោង។ ក្រឡាអង្កត់ទ្រូង = ត្រឹមត្រូវ។ អ្នកប្រើ = 1 − កំហុសបញ្ចូលខុស (ផែនទីនិយាយត្រូវប៉ុណ្ណា) អ្នកផលិត = 1 − កំហុសខកខាន (ថ្នាក់ពិតត្រូវបានរកឃើញប៉ុណ្ណា)។

ផែនទី \ យោង	ទឹក	តំបន់សំណង់	ស្រូវ / ដីដំណាំ	ព្រៃឈើ	ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ	ដីទទេ	សរុប	អ្នកប្រើ
ទឹក	**5**	0	3	0	0	0	8	0.63
តំបន់សំណង់	1	**1**	3	1	2	0	8	0.13
ស្រូវ / ដីដំណាំ	0	4	**37**	4	6	2	53	0.70
ព្រៃឈើ	2	0	16	**3**	5	0	26	0.12
ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ	0	0	4	0	**2**	0	6	0.33
ដីទទេ	0	0	2	0	1	**4**	7	0.57
អ្នកផលិត	0.63	0.20	0.57	0.38	0.13	0.67		

អានជួរ **ព្រៃឈើ**៖ ក្នុង 26 ចំណុចដែលផែនទីហៅថាព្រៃឈើ មាន 16 ជាស្រូវ 5 ជាព្រៃគុម្ពោត ហើយមានតែ 3 ជាព្រៃពិតប្រាកដ → ត្រឹមត្រូវអ្នកប្រើ 0.12។ អានជួរឈរ **ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ**៖ ក្នុង 16 ចំណុចយោង ផែនទីរកឃើញតែ 2 → អ្នកផលិត 0.13។ ស្រូវជាថ្នាក់ល្អបំផុត (អ្នកប្រើ 0.70)។



រូបទី 47 — ម៉ាទ្រីសកំហុស និងការប៉ាន់ស្មានកែតម្រូវតាមផ្ទៃក្រឡា

ជំហានទី 4 — ផ្ទៃក្រឡាកែតម្រូវ (Olofsson et al. 2014)

ផ្ទៃក្រឡាដែលរាប់ពីផែនទីមានកំហុស។ វិធីសាស្ត្រ Olofsson ប្រើចំណុចយោងដើម្បីប៉ាន់ស្មានផ្ទៃក្រឡាពិត ជាមួយចន្លោះជឿជាក់ 95%។ **ភាពត្រឹមត្រូវរួមថ្លឹងតាមផ្ទៃក្រឡា 53.64% ± 8.99%**។

ថ្នាក់	លើផែនទី (ហិកតា)	ប៉ាន់ស្មាន (ហិកតា)	± CI 95% (ហិកតា)	អ្នកផលិតកែតម្រូវ
ទឹក	3,133.62	2,935.57	1,614.96	0.67
តំបន់សំណង់	1,211.40	2,438.95	2,196.29	0.06
ស្រូវ / ដីដំណាំ	30,309.66	30,093.37	4,482.99	0.70
ព្រៃឈើ	10,733.22	3,677.39	2,574.99	0.34
ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ	868.86	6,147.89	3,139.56	0.05
ដីទទេ	420.39	1,383.98	1,578.66	0.17

ព្រៃឈើនៅលើផែនទី 10,733 ហិកតា ប៉ុន្តែប៉ាន់ស្មានតែ **3,677 ± 2,575 ហិកតា**។ ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅនៅលើផែនទី 869 ហិកតា ប៉ុន្តែប៉ាន់ស្មាន **6,148 ± 3,140 ហិកតា**។ ចន្លោះជឿជាក់ធំខ្លាំង (ឧ. ដីទទេ ± 1,579 ធំជាងផ្ទៃប៉ាន់ស្មាន) ព្រោះដាក់ស្លាកតែ 108 ក្នុង 270 ចំណុច។

ធ្វើឲ្យប្រសើរឡើង

- [ ] គូសតំបន់ហ្វឹកហាត់ **ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ** បន្ថែមនៅដីលិចទឹកខាងកើត និងបំបែកវាពីព្រៃឈើពិត (មេរៀនទី 9)។
- [ ] បន្ថែមតំបន់ហ្វឹកហាត់ **ស្រូវ** នៅក្នុងតំបន់ដែលផែនទីហៅថាព្រៃឈើ ប៉ុន្តែរូបភាពបង្ហាញស្រែ។
- [ ] ប្រើ **Stack ពហុរដូវ** (មេរៀនទី 8) ជារូបភាពចាត់ថ្នាក់ — ស្រែ និងរុក្ខជាតិលិចទឹកខុសគ្នាខ្លាំងតាមរដូវ។

- [ ] ដាក់ស្លាកចំណុចទាំង 270 — ចំណុចកាន់តែច្រើន ចន្លោះជឿជាក់កាន់តែតូច។

> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ ហេតុអ្វីបានជា OOB 99.5% (មេរៀនទី 10) ខុសឆ្ងាយពីភាពត្រឹមត្រូវ 48.1% នៅទីនេះ? តើលេខមួយណាដែលត្រូវរាយការណ៍ក្នុងរបាយការណ៍?

មេរៀនទី 12 — សម្អាតផែនទី នាំចេញពហុកោណ និងប្លង់ផែនទី

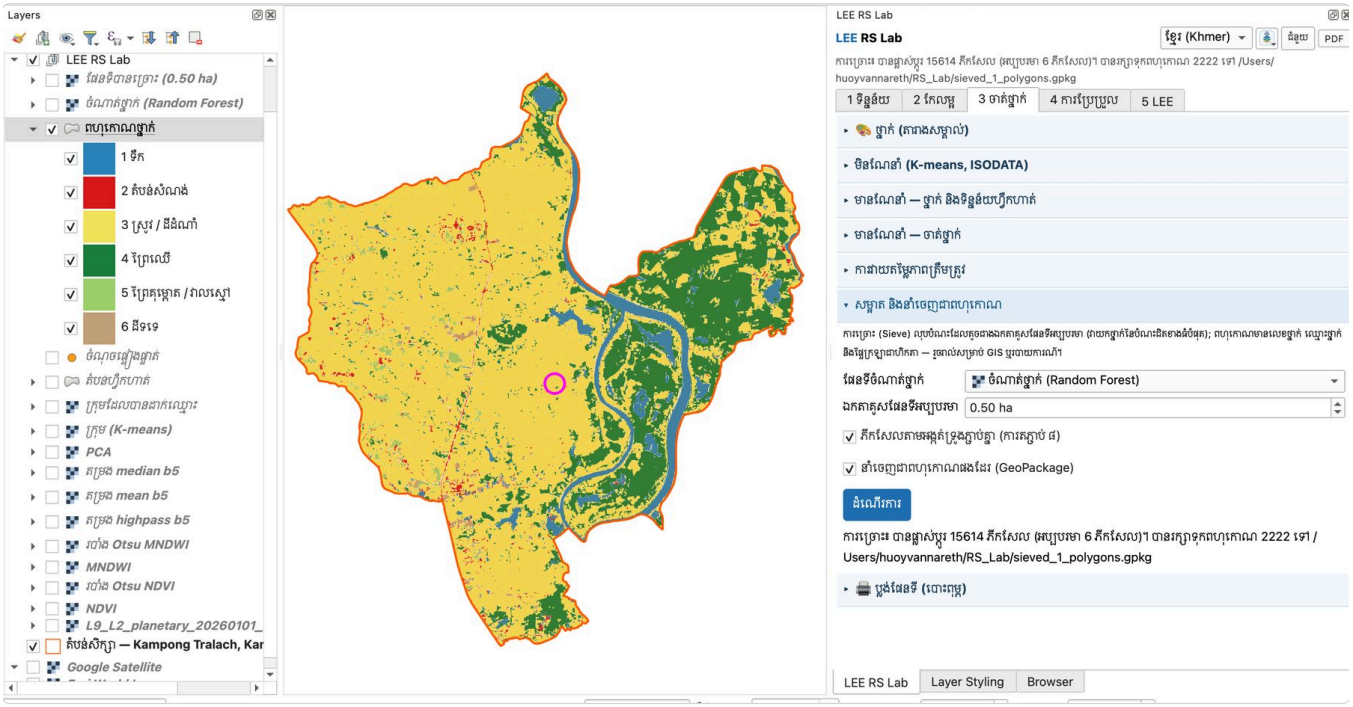
ការច្រោះ (sieve) លុបបំណះតូចជាង **0.5 ហិកតា** (6 ភីកសែល Landsat) — ក្នុងស្រុកកំពង់ត្រឡាច **15,614 ភីកសែល** ត្រូវបានប្តូរ ហើយបានពហុកោណ **2,222** សម្រាប់ GIS។ បន្ទាប់មកបង្កើតផែនទី A4 សម្រាប់បោះពុម្ពដោយចុចតែម្តង។

> **របៀបកម្រិតខ្ពស់ (កំណែ 2.4.0)**
>
> ជំហានទី 1 (ច្រោះ និងនាំចេញជាពហុកោណ) ជាផ្នែកកម្រិតខ្ពស់។ ជំហានទី 2 (ប្លង់ផែនទី) មានក្នុងរបៀបមូលដ្ឋានដែរ — ជ្រើស **ចំណាត់ថ្នាក់ (Random Forest)** ជាស្រទាប់ចម្បង។ ចាប់ពីកំណែ 2.4.0 ឧបករណ៍ទាំងនេះបង្ហាញតែក្នុងរបៀប **កម្រិតខ្ពស់**៖ ប្តូរប្រអប់ **មូលដ្ឋាន** នៅផ្នែកខាងលើផ្ទាំងទៅ **កម្រិតខ្ពស់** (មើលមេរៀនទី 1)។

ជំហានទី 1 — ច្រោះ និងនាំចេញជាពហុកោណ

1. បើកផ្នែក **សម្អាត និងនាំចេញជាពហុកោណ**។ **ផែនទីចំណាត់ថ្នាក់**៖ ចំណាត់ថ្នាក់ (Random Forest)។
2. **ឯកតាគូសផែនទីអប្បបរមា** 0.50 ha។ ទុកជីក **ភីកសែលតាមអង្កត់ទ្រូងភ្ជាប់គ្នា (ការតភ្ជាប់ 8)** និង **នាំចេញជាពហុកោណផងដែរ (GeoPackage)**។
3. ចុច **ដំណើរការ**។
4. លទ្ធផល៖ «ការច្រោះ៖ បានផ្លាស់ប្តូរ 15614 ភីកសែល (អប្បបរមា 6 ភីកសែល)។ បានរក្សាទុកពហុកោណ 2222 ទៅ `sieved_1_polygons.gpkg`»។ ស្រទាប់ពីរលេចឡើង៖ **ផែនទីបានច្រោះ (0.50 ha)** និង **ពហុកោណថ្នាក់**។
5. ស្រទាប់ **ពហុកោណថ្នាក់** មានវាល class_id, class_name និង area_ha — បើកតារាងលក្ខណៈដើម្បីមើលផ្ទៃក្រឡានៃពហុកោណនីមួយៗ។

MMU (ភីកសែល) = 0.5 ha × 10 000 m² / (30 m × 30 m) = 5.6 ≈ 6

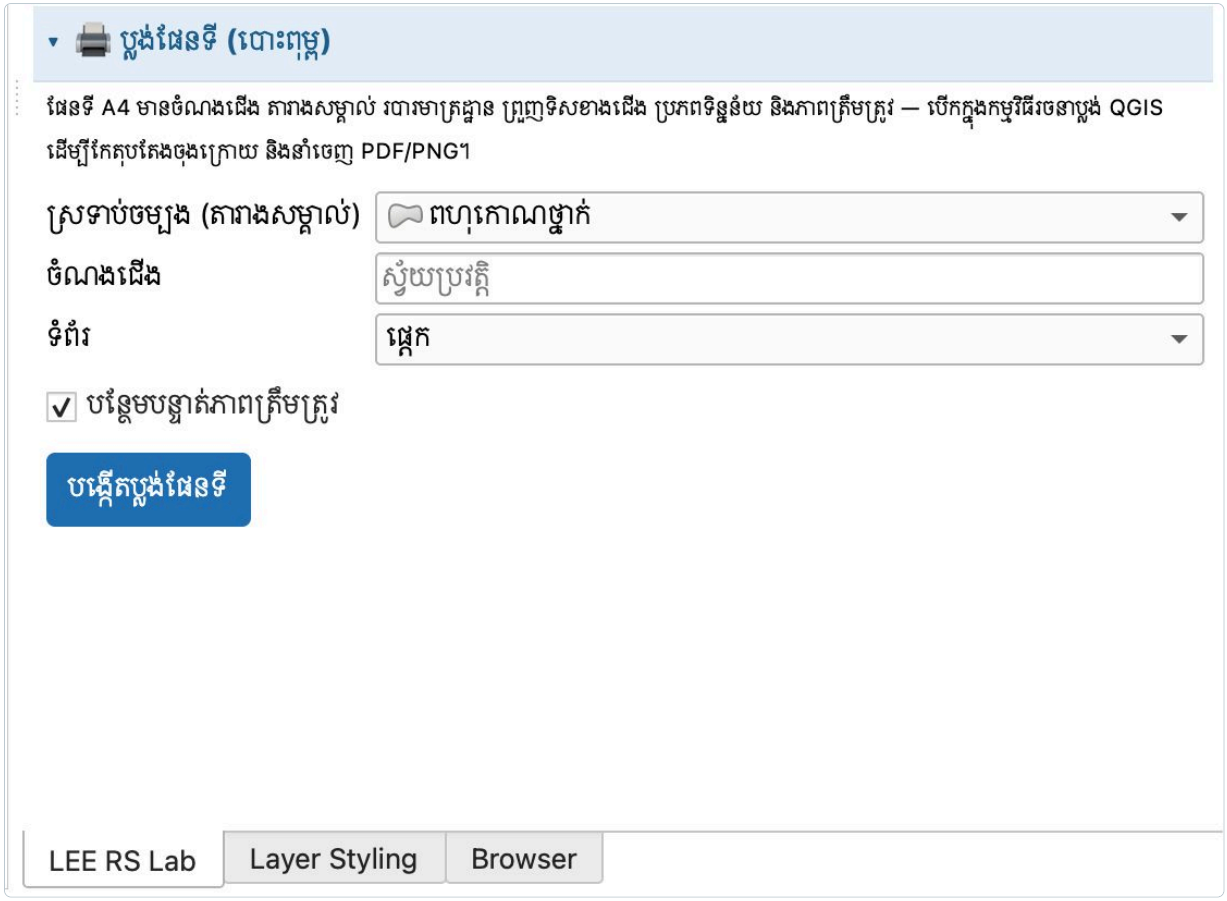


រូបទី 48 — ការច្រោះ 0.5 ហិកតា និងពហុកោណថ្នាក់ 2,222

ជំហានទី 2 — ប្លង់ផែនទី (បោះពុម្ព)

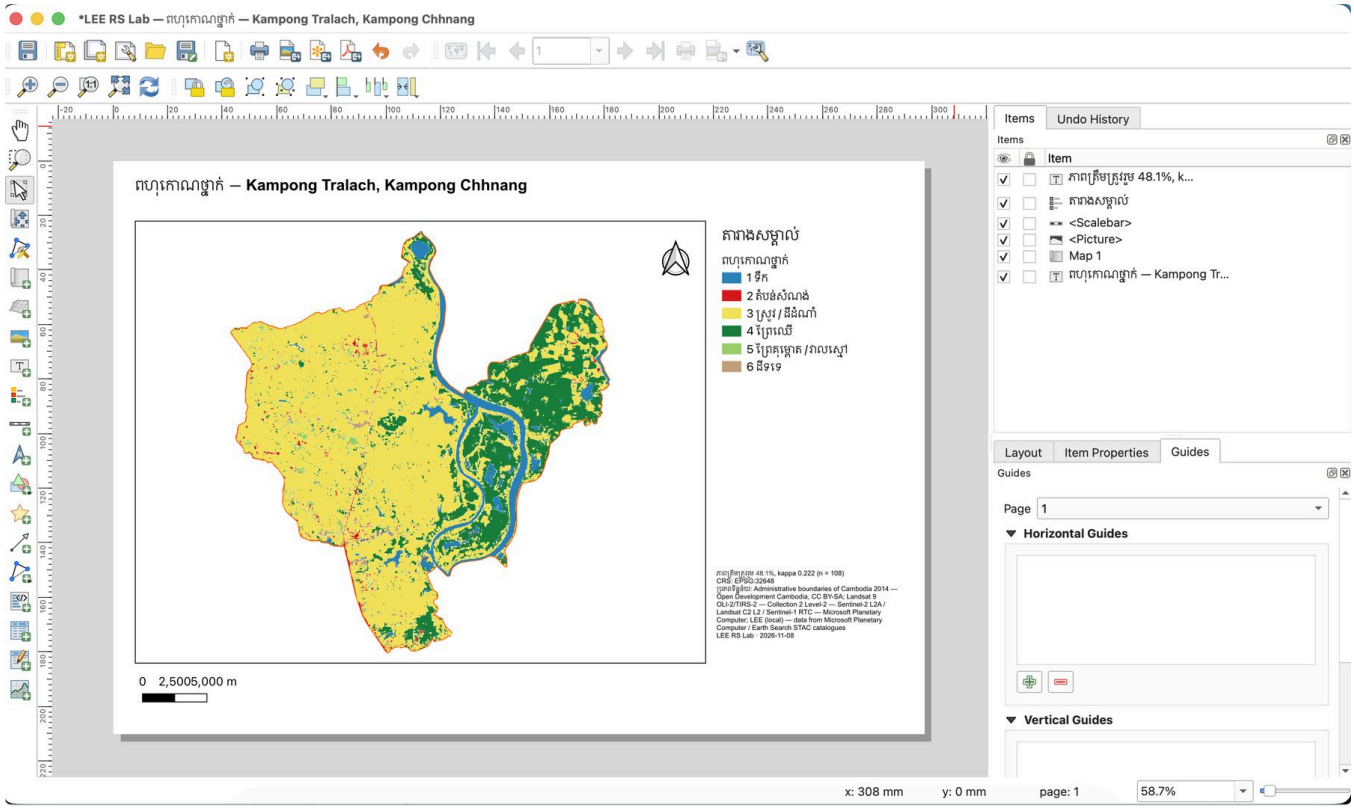
1. បើកផ្នែក 🖨 **ប្លង់ផែនទី (បោះពុម្ព)**។

2. **ស្រទាប់ចម្បង (តារាងសម្គាល់)**៖ ពហុកោណថ្នាក់។ **ចំណងជើង** ទុកទទេ = ស្វ័យប្រវត្តិ (ឈ្មោះស្រទាប់ + តំបន់សិក្សា)។ **ទំព័រ**៖ ផ្តេក ឬបញ្ឈរ។ ទុកធីក **បន្ថែមបន្ទាត់ភាពត្រឹមត្រូវ**។
3. ចុច **បង្កើតប្លង់ផែនទី**។ កម្មវិធីរចនាប្លង់ QGIS បើកឡើង។



រូបទី 49 — ផ្ទៃកប្លង់ផែនទី

ប្លង់ A4 មាន៖ ចំណងជើង «ពហុកោណថ្នាក់ — Kampong Tralach, Kampong Chhnang» · ផែនទី · តារាងសម្គាល់ · ព្រួញទិសខាងជើង · របារមាត្រដ្ឋាន · កំណត់ចំណាំ (ភាពត្រឹមត្រូវ 48.1% kappa 0.222 n = 108 · CRS EPSG:32648 · ប្រភពទិន្នន័យ · កាលបរិច្ឆេទ)។ អ្នកអាចអូសធាតុផ្សេងៗ កែអក្សរ រួចនាំចេញតាម **Layout › Export as PDF…** ឬ **Export as Image…**។



រូបទី 50 — ប្លង់ផែនទីស្រុកកំពង់ត្រឡាចក្នុងកម្មវិធីរចនាប្លង់ QGIS

អក្សរបាមាត្រដ្ឋានជាន់គ្នា

ក្នុងរូបទី 50 (កំណែ 2.3.0) លេខលើរបាមាត្រដ្ឋានជាន់គ្នា («2,5005,000 m») ។ ចាប់ពីកំណែ **2.3.1** របាមាត្រដ្ឋានប្រើគីឡូម៉ែត្រ 2 ផ្នែក ដែលមានប្រវែងគត់ (1, 2, 5, 10 គ.ម…) ប្រហែលមួយភាគបួននៃទទឹងផែនទី ។ ប្រសិនបើអ្នកនៅប្រើកំណែចាស់ ជ្រើសរបាមាត្រដ្ឋាន → **Item Properties** → ប្តូរ **Units** ទៅ Kilometers ហើយបន្តយ **Segments** ទៅ 2 ។

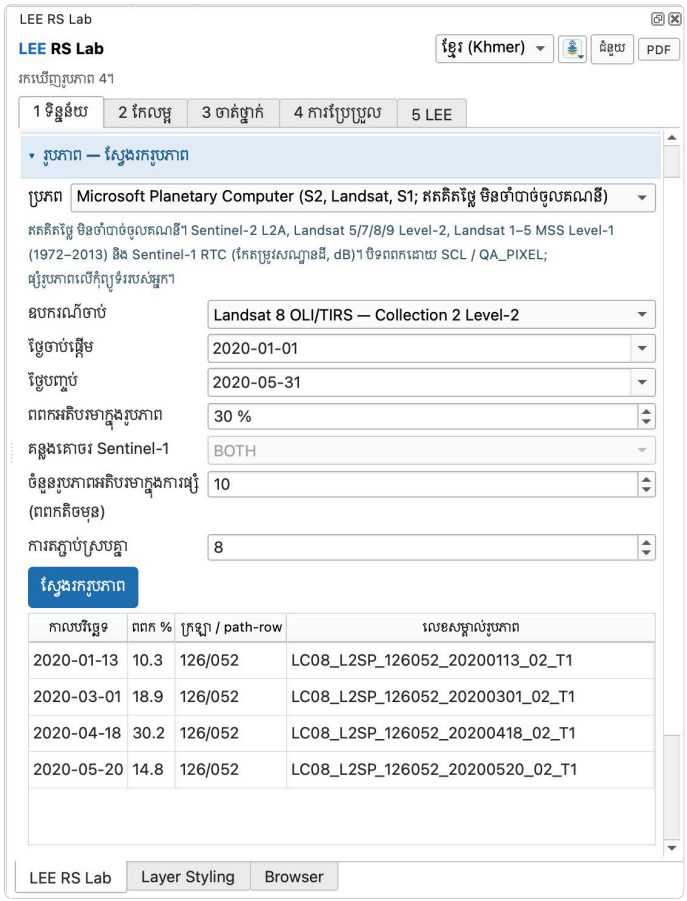
ចំណាំ៖ ផែនទីនេះមានភាពត្រឹមត្រូវតែ 48% (មេរៀនទី 11) ។ ធ្វើឲ្យប្រសើរឡើងជាមុនសិនមុនបោះពុម្ពផ្សាយការ ហើយរាយការណ៍ភាពត្រឹមត្រូវនៅលើផែនទីជានិច្ច — ប្លង់នេះធ្វើវាដោយស្វ័យប្រវត្តិ ។

មេរៀនទី 13 — ការប្រៀបធៀប ពី → ទៅ (2020 → 2026) និងដ្យាក្រាម Sankey

ការរកមើលការប្រែប្រួលក្រោយចំណាត់ថ្នាក់ (post-classification) ប្រៀបធៀបផែនទីចាត់ថ្នាក់ពីរ កីកសែលម្តងៗ ហើយប្រាប់ថាថ្នាក់ណាប្តូរទៅថ្នាក់ណា។ ក្នុងស្រុកកំពង់ត្រឡាច ពីឆ្នាំ 2020 ដល់ 2026 ផ្ទៃសរុប **46,677 ហិកតា** មាន **25,597 ហិកតា (54.8%)** ត្រូវបានចាត់ថ្នាក់ខុសគ្នា។ ប៉ុន្តែការប្រែប្រួលភាគច្រើននេះមិនពិតទេ — មេរៀននេះបង្ហាញពីរបៀបធ្វើ និង **របៀបរកឃើញការប្រែប្រួលក្លែងក្លាយ**។

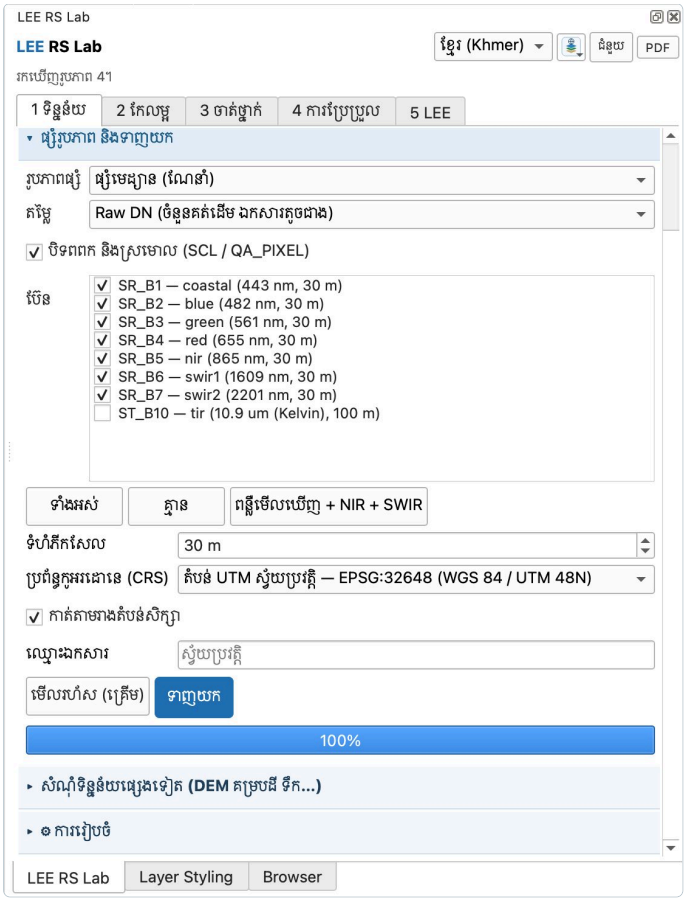
ជំហានទី 1 — ទាញយករូបភាពឆ្នាំ 2020

1. ក្នុង **1 ទិន្នន័យ › រូបភាព — ស្វែងរករូបភាព** ជ្រើស **Landsat 8 OLI/TIRS — Collection 2 Level-2** (Landsat 9 មិនទាន់មានឆ្នាំ 2020 ទេ)។
2. **ថ្ងៃចាប់ផ្តើម** 2020-01-01 · **ថ្ងៃបញ្ចប់** 2020-05-31 — **ខែដូចគ្នា** នឹងរូបភាព 2026។ រដូវខុសគ្នា (ឧ. ប្រាំង និងវស្សា) នឹងបង្កើត «ការប្រែប្រួល» ក្លែងក្លាយ។
3. ចុច **ស្វែងរករូបភាព៖** បាន **4 រូបភាព** (path/row 126/052)។



រូបទី 51 — Landsat 8 ខែមករា–ឧសភា 2020៖ 4 រូបភាព

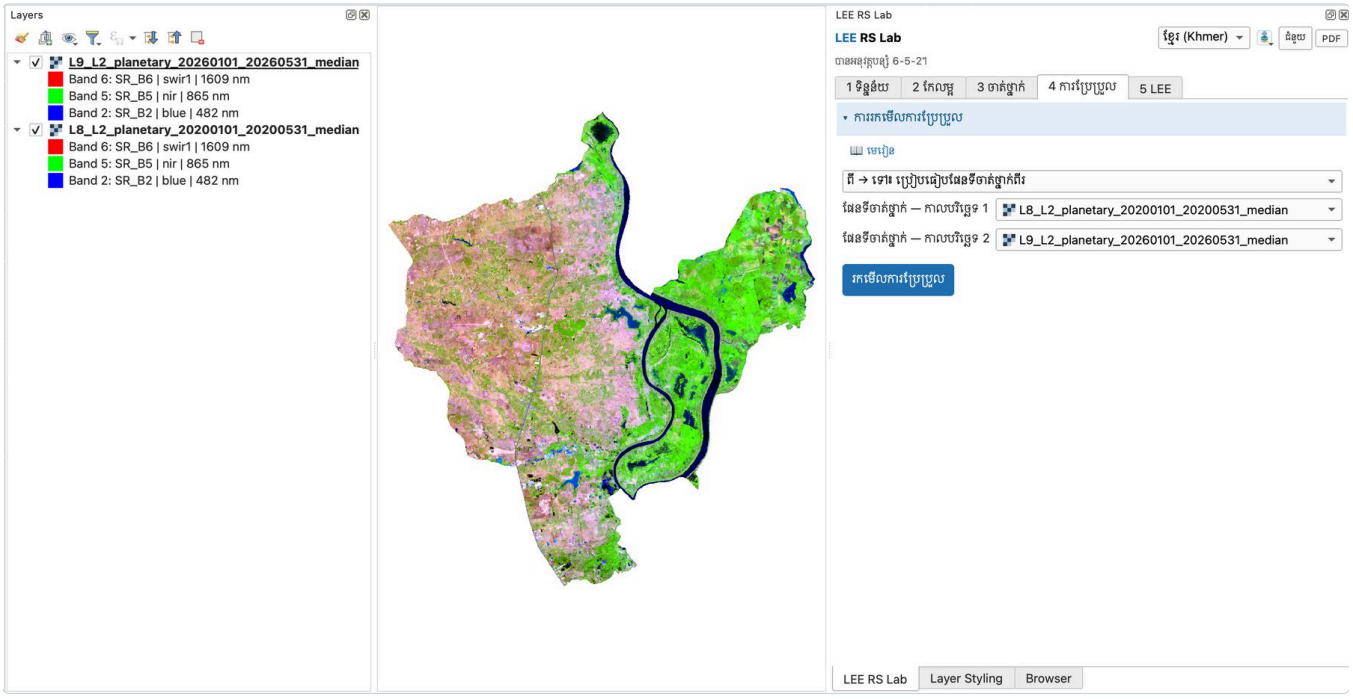
4. **ធ្យូរូបភាព និងទាញយក** ដោយការកំណត់ដូចមេរៀនទី 3 (មេដ្យាន Raw DN បិទពពក SR_B1–SR_B7 30 m EPSG:32648)។ Landsat 8 និង 9 មានបែនដូចគ្នា ដូច្នេះម៉ូដែលដដែលអាចប្រើបាន។



រូបទី 52 — ការកំណត់ផ្សំរូបភាព Landsat 8 ឆ្នាំ 2020

កុំប្រើរូបភាពដើមក្នុងរបៀប ពី → ទៅ

រូបទី 53 បង្ហាញកំហុសញឹកញាប់៖ ជ្រើសរូបភាពផ្សំ `L8_..._2020...` និង `L9_..._2026...` ដោយផ្ទាល់។ រូបភាពមានតម្លៃការចាំងផ្លាតរាប់ពាន់ មិនមែនលេខថ្នាក់ទេ ដូច្នេះលទ្ធផលគ្មានន័យ — កម្មវិធីជំនួយ (Plugin) បដិសេធ ហើយប្រាប់ឲ្យចាត់ថ្នាក់ជាមុនសិន។

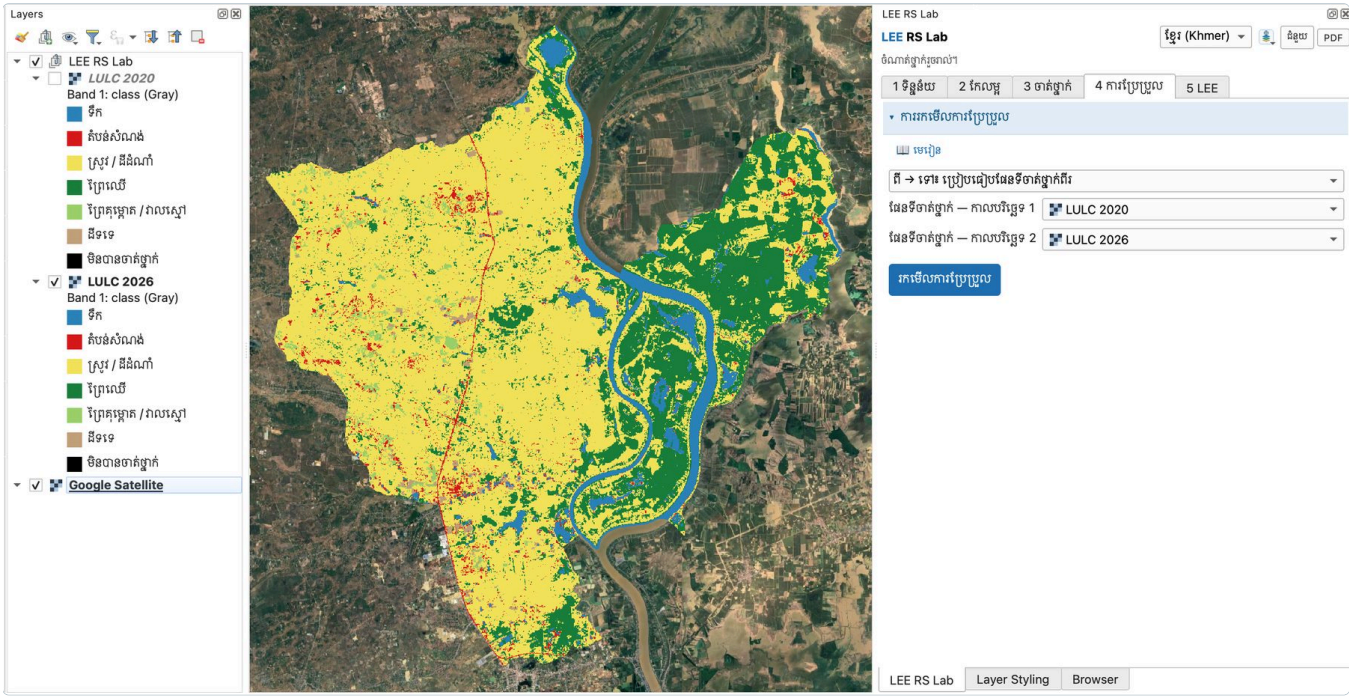


រូបទី 53 — កំហុស៖ រូបភាពដើមពីរ (មិនទាន់ចាត់ថ្នាក់) ក្នុងប្រអប់ការប្រៀបធៀប

ជំហានទី 2 — ចាត់ថ្នាក់កាលបរិច្ឆេទទាំងពីរដោយម៉ូដែលដដែល

1. ក្នុង **3 ចាត់ថ្នាក់ › មានណែនាំ — ចាត់ថ្នាក់** រូបភាពចម្បង = រូបភាព 2026 ហើយជ្រើសរូបភាព 2020 ក្នុង **ចាត់ថ្នាក់កាលបរិច្ឆេទផ្សេងទៀតផង** ។
2. ជ្រើស Random Forest ហើយចុច **ចាត់ថ្នាក់** ។ ស្រទាប់ពីរលេចឡើង ។ ប្តូរឈ្មោះជា **LULC 2020** និង **LULC 2026** ដើម្បីងាយស្រួល ។

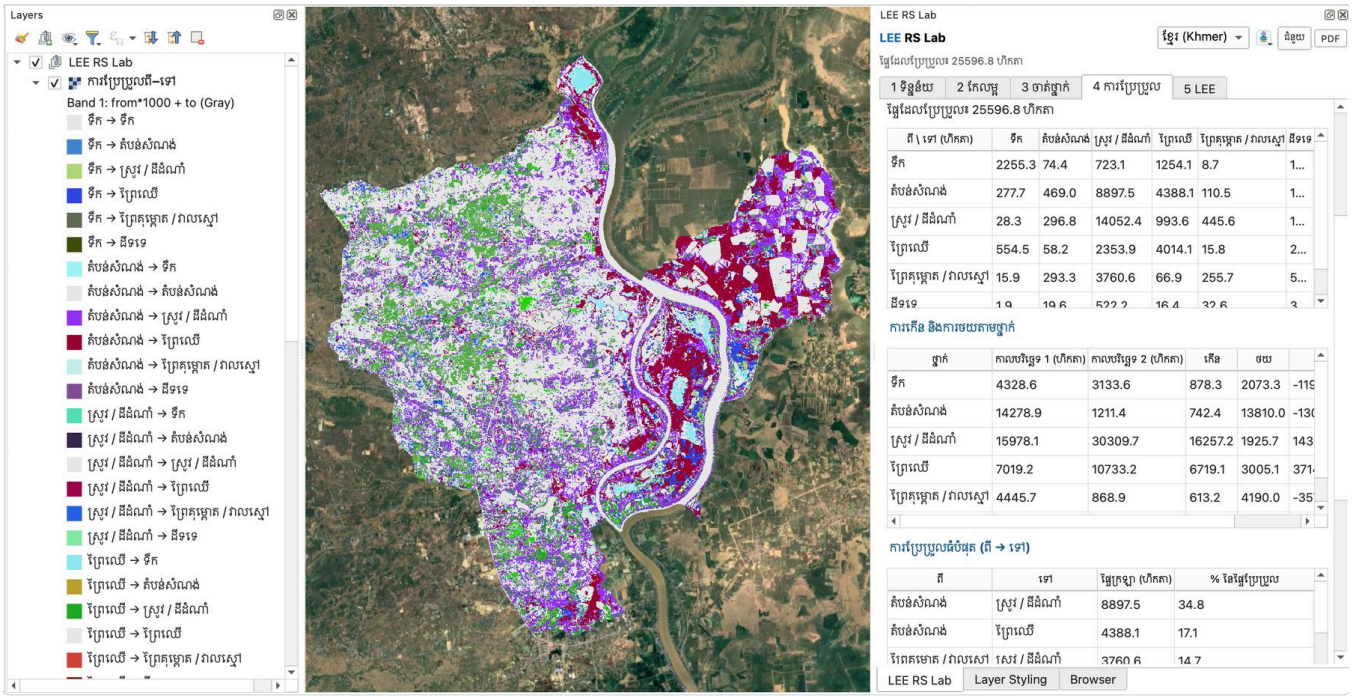
ហេតុអ្វីម៉ូដែលដដែល ? ប្រសិនបើយើងបង្វឹកម៉ូដែលពីរផ្សេងគ្នា ភាពខុសគ្នារវាងផែនទីអាចមកពីម៉ូដែល មិនមែនពីដីទេ ។ ប៉ុន្តែម៉ូដែលដែលរៀនពីរូបភាព 2026 អាចខុសលើរូបភាព 2020 ដែរ — យើងនឹងឃើញខាងក្រោម ។



រូបទី 54 — ផែនទី LULC 2020 និង LULC 2026 ត្រៀមសម្រាប់ការប្រៀបធៀប

ជំហានទី 3 — រកមើលការប្រែប្រួល

1. បើក **4 ការប្រែប្រួល** ហើយជ្រើស **ពី → ទៅ៖ ប្រៀបធៀបផែនទីចាត់ថ្នាក់ពីរ** ។
2. **ផែនទីចាត់ថ្នាក់ — កាលបរិច្ឆេទ 1** = LULC 2020 និង **កាលបរិច្ឆេទ 2** = LULC 2026 ។
3. ចុច **រកមើលការប្រែប្រួល** ។ ស្ថានភាព៖ «ផ្ទៃដែលប្រែប្រួល៖ 25596.8 ហិកតា» ។
4. តារាង **ពី → ទៅ៖** ជួរដេក = ថ្នាក់ឆ្នាំ 2020 ជួរឈរ = ថ្នាក់ឆ្នាំ 2026 (ហិកតា) ។ **អង្កត់ទ្រូង = មិនប្រែប្រួល** ។
5. តារាង **ការកើន និងការថយតាមថ្នាក់** និង **ការប្រែប្រួលធំបំផុត (ពី → ទៅ)** ។
6. ស្រទាប់ **ការប្រែប្រួលពី–ទៅ** ក្នុងបញ្ជីស្រទាប់ ។ លេខកូដនីមួយៗ = ពី × 1000 + ទៅ ឧ. 2003 = តំបន់សំណង់ → ស្រូវ ។ ផ្ទៃមិនប្រែប្រួលមានពណ៌ប្រផេះស្រាល ដើម្បីឲ្យការប្រែប្រួលលេចធ្លោ ។



រូបទី 55 — លទ្ធផលការប្រែប្រួល ពី → ទៅ 2020 → 2026

ការអានតារាង ពី → ទៅ

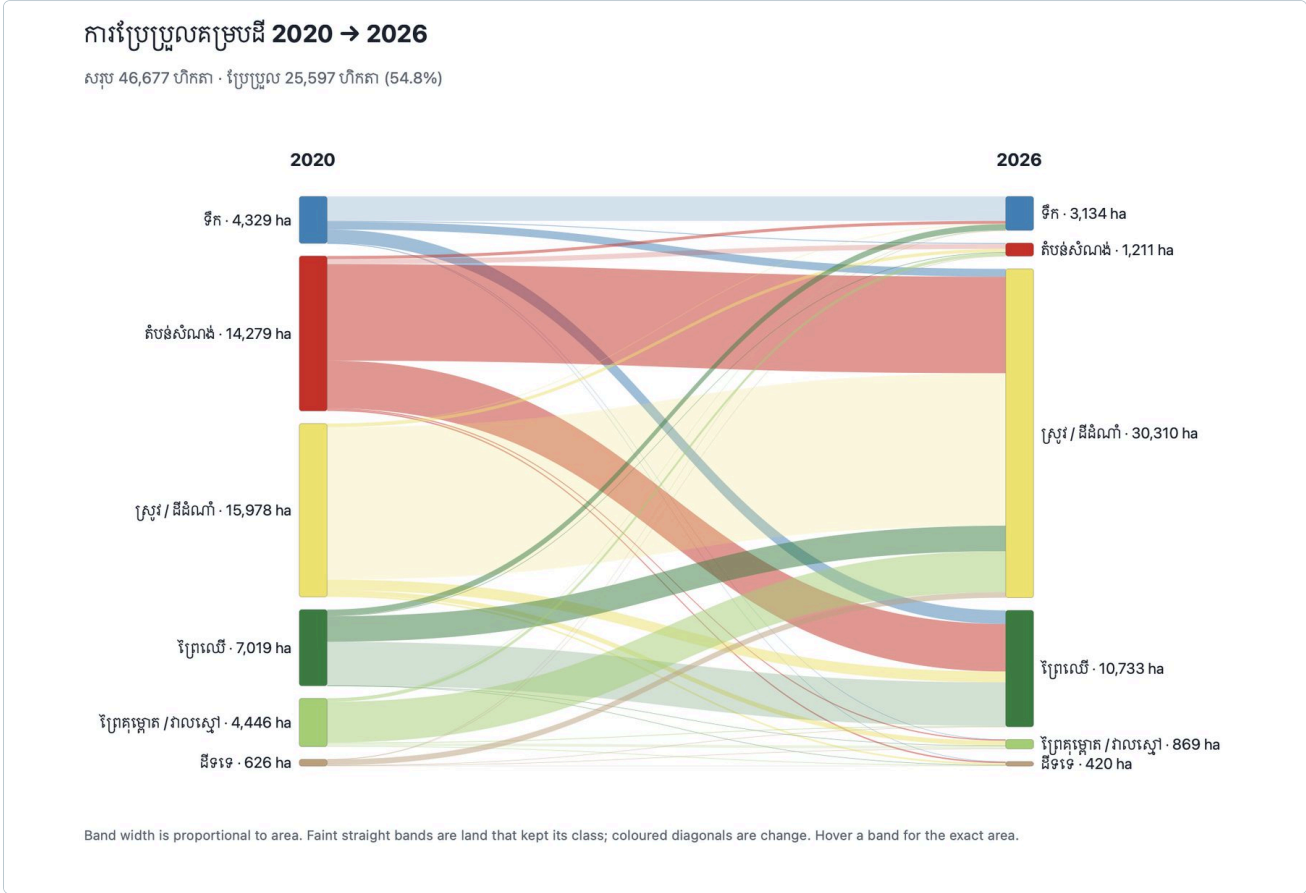
ពី \ ទៅ (ហិកតា)	ទឹក	តំបន់សំណង់	ស្រូវ / ដីដំណាំ	ព្រៃឈើ	ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ	ដីទទេ	សរុប 2020
ទឹក	**2,255.3**	74.4	723.2	1,254.2	8.7	12.9	4,328.6
តំបន់សំណង់	277.7	**469.0**	8,897.5	4,388.1	110.5	136.1	14,279.0
ស្រូវ / ដីដំណាំ	28.3	296.8	**14,052.4**	993.6	445.6	161.5	15,978.2
ព្រៃឈើ	554.5	58.2	2,353.9	**4,014.1**	15.8	22.8	7,019.2
ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ	15.9	293.3	3,760.6	66.9	**255.7**	53.4	4,445.7
ដីទទេ	1.9	19.6	522.2	16.4	32.6	**33.8**	626.5
សរុប 2026	3,133.6	1,211.4	30,309.7	10,733.2	868.9	420.4	46,677.2

ថ្នាក់	2020 (ហិកតា)	2026 (ហិកតា)	កើន	ថយ	សុទ្ធ
ទឹក	4,328.6	3,133.6	878.3	2,073.3	−1,195.0
តំបន់សំណង់	14,279.0	1,211.4	742.4	13,810.0	−13,067.6
ស្រូវ / ដីដំណាំ	15,978.2	30,309.7	16,257.2	1,925.7	+14,331.5
ព្រៃឈើ	7,019.2	10,733.2	6,719.1	3,005.1	+3,714.0
ព្រៃគុម្ពោត / វាលស្មៅ	4,445.7	868.9	613.2	4,190.0	−3,576.9
ដីទទេ	626.5	420.4	386.6	592.7	−206.1

ការប្តូរធំបំផុត៖ តំបន់សំណង់ → ស្រូវ **8,897.5 ហិកតា (34.8% នៃផ្ទៃប្រែប្រួល)** · តំបន់សំណង់ → ព្រៃឈើ 4,388.1 (17.1%) · ព្រៃគុម្ពោត → ស្រូវ 3,760.6 (14.7%) · ព្រៃឈើ → ស្រូវ 2,353.9 (9.2%) · ទឹក → ព្រៃឈើ 1,254.1 (4.9%)។

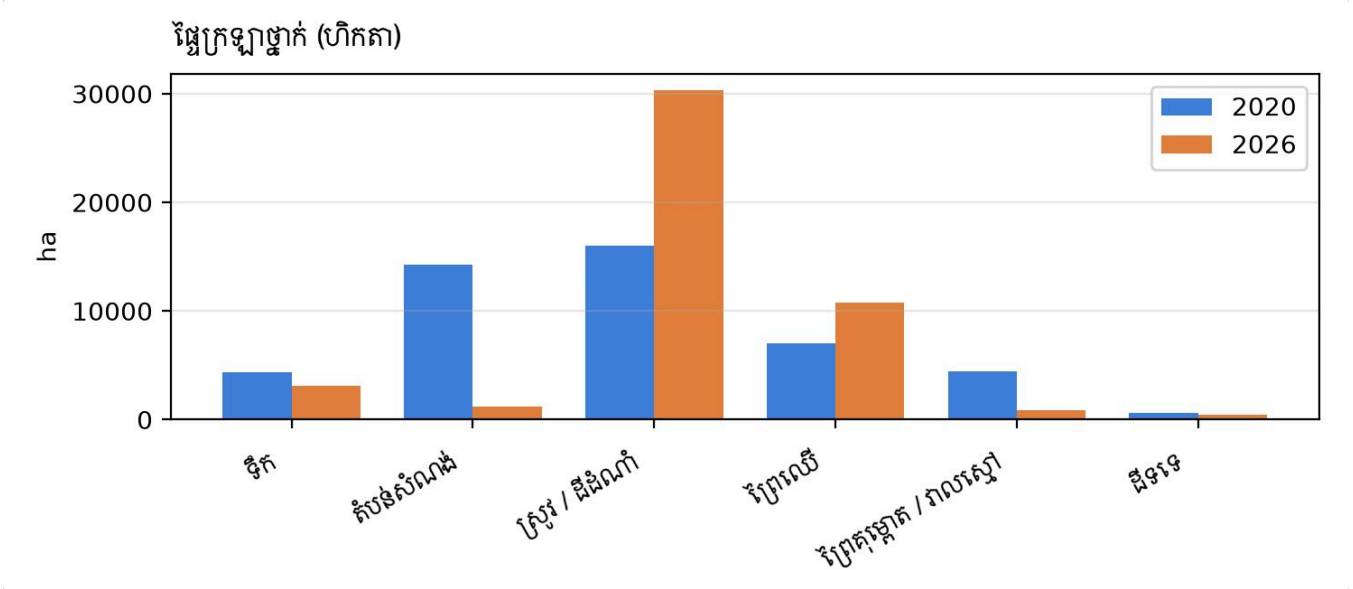
ជំហានទី 4 — ដ្យាក្រាម Sankey និងក្រាហ្វ

បុច 🌊 **ដ្យាក្រាម Sankey**។ ឯកសារ HTML បើកក្នុងកម្មវិធីរុករក (ដំណើរការដោយគ្មានអ៊ីនធឺណិត)។ ជួរខាងឆ្វេង = ឆ្នាំ 2020 ជួរខាងស្តាំ = ឆ្នាំ 2026។ ទទឹងខ្សែនីមួយៗសមាមាត្រនឹងផ្ទៃក្រឡា។ ខ្សែត្រង់ស្រាល = ដីដែលរក្សាថ្នាក់ដដែល ខ្សែកោងពណ៌ = ការប្រែប្រួល។ ដាក់កណ្តុរលើខ្សែដើម្បីមើលហិកតាពិតប្រាកដ។ ជីក **Sankey៖ តែផ្ទៃដែលប្រែប្រួល** ដើម្បីលាក់ខ្សែ «មិនប្រែប្រួល»។

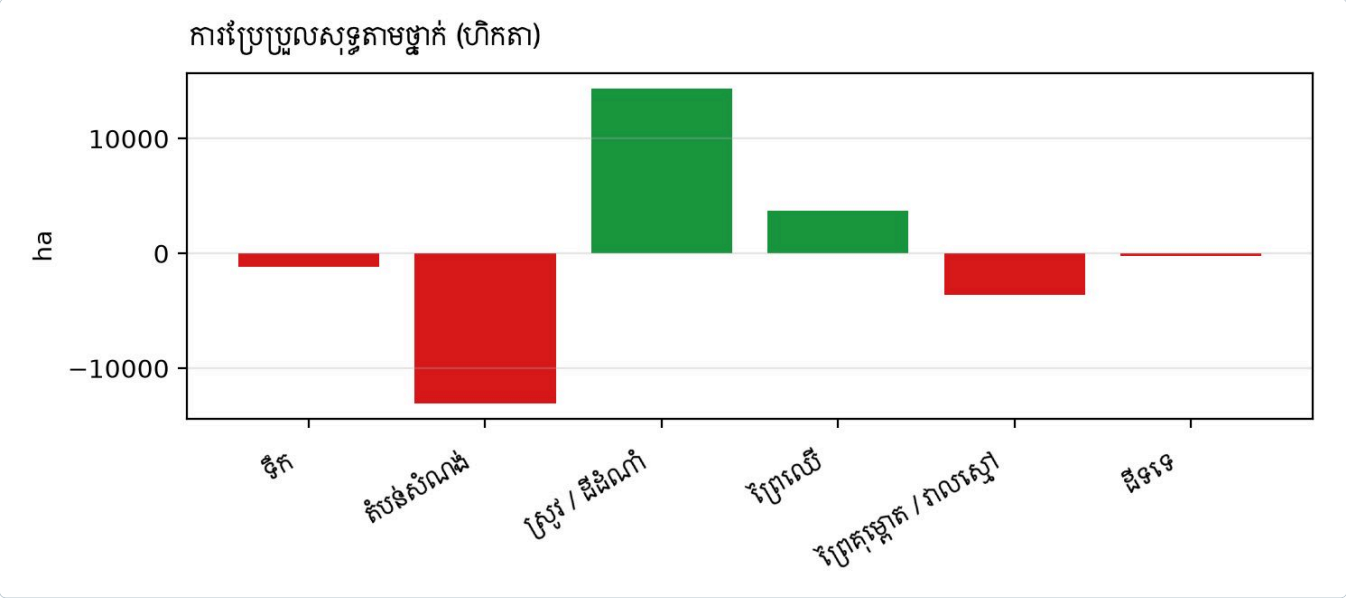


រូបទី 56 — ដ្យាក្រាម Sankey៖ សរុប 46,677 ហិកតា · ប្រែប្រួល 25,597 ហិកតា (54.8%)

- **ផ្ទៃក្រឡា៖ កាលបរិច្ឆេទ 1 និង 2** — ក្រាហ្វរបារពីរសម្រាប់ថ្នាក់នីមួយៗ។
- **ក្រាហ្វកើន / ថយ** — ការប្រែប្រួលសុទ្ធ៖ បៃតង = កើន ក្រហម = ថយ។
- **នាំចេញ CSV** — រក្សាទុកតារាង ពី → ទៅ និង កើន/ថយ សម្រាប់ Excel។



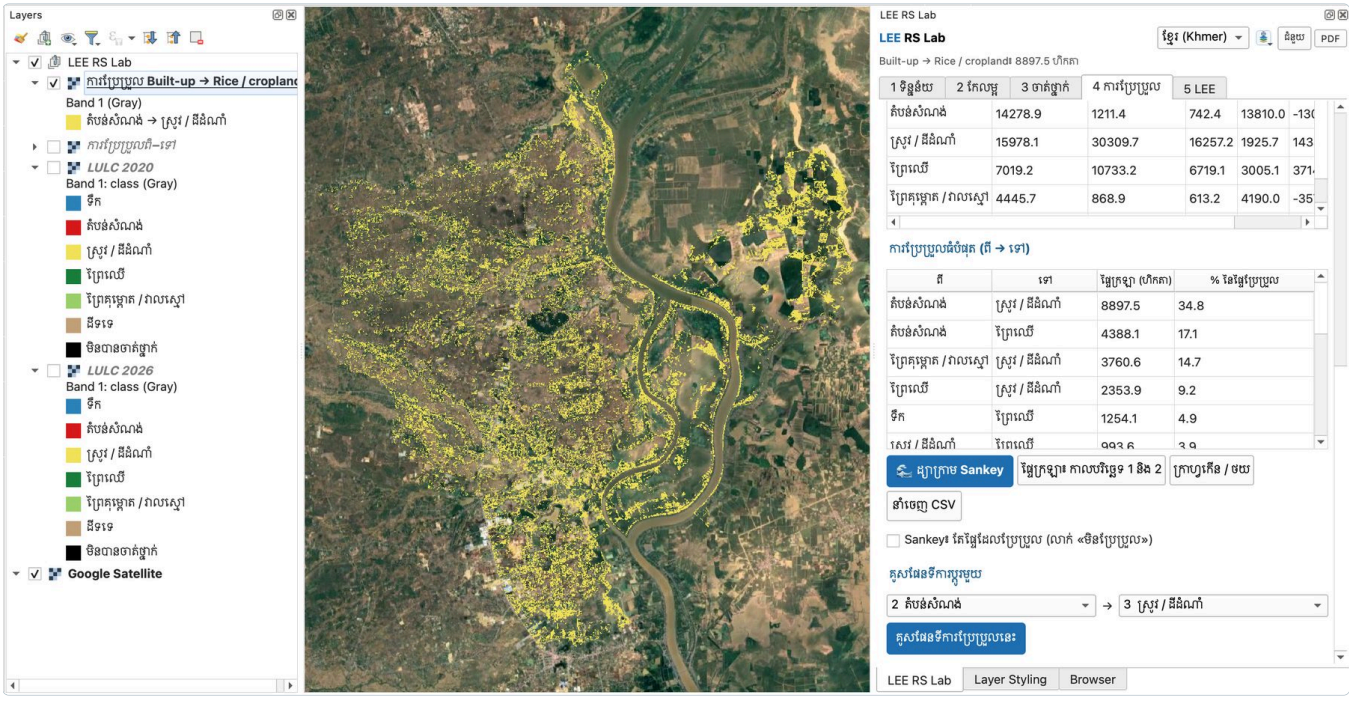
រូបទី 57 — ផ្ទៃក្រឡាថ្នាក់ឆ្នាំ 2020 (ខៀវ) និង 2026 (ទឹកក្រូច)



រូបទី 58 — ការប្រែប្រួលសុទ្ធតាមថ្នាក់ (ហិកតា)

ជំហានទី 5 — គូសផែនទីការប្តូរមួយ

នៅ **គូសផែនទីការប្តូរមួយ** ជ្រើស **2 តំបន់សំណង់ → 3 ស្រូវ / ដីដំណាំ** រួចចុច **គូសផែនទីការប្រែប្រួលនេះ**។ ស្រទាប់ថ្មីបង្ហាញតែការប្តូរនោះ (ពណ៌លឿង) ជាមួយផ្ទៃក្រឡា 8,897.5 ហិកតា។



រូបទី 59 — ផែនទីការប្តូរ តំបន់សំណង់ → ស្រូវ (8,897.5 ហិកតា) លើ Google Satellite

តើការប្រែប្រួលនេះពិតឬ?

មើលរូបទី 59៖ ផ្ទៃពណ៌លឿងរាយប៉ាយពេញស្រែទាំងអស់ — មិនមែនកូមិដែលប្រែជាស្រែទេ។ **តំបន់សំណង់ 14,279 ហិកតា (31% នៃស្រុក) ក្នុងឆ្នាំ 2020 គឺមិនអាចទៅរួចទេ** សម្រាប់ស្រុកជនបទនេះ។ ផែនទី LULC 2020 ខុស៖ ទំនងជាម៉ូដែលដែលរៀនពីរូបភាព 2026 បានចាត់ស្រែស្ងួតទំនេរក្នុងរូបភាព 2020 (ភ្លឺ SWIR ខ្ពស់) ទៅជា «តំបន់សំណង់» និង «ព្រៃគុម្ពោត»។

កំហុសនៃផែនទីទាំងពីរបូកចូលគ្នា៖ ប្រសិនបើផែនទីនីមួយៗត្រឹមត្រូវ 85% ផែនទីការប្រែប្រួលអាចត្រឹមត្រូវត្រឹមប្រហែល 0.85 × 0.85 ≈ 72% ប៉ុណ្ណោះ។ ក្នុងឧទាហរណ៍នេះ ផែនទី 2026 ត្រឹមត្រូវតែ 48% (មេរៀនទី 11) ហើយផែនទី 2020 មិនទាន់វាយតម្លៃនៅឡើយ។ ដូច្នេះការប្រែប្រួល 54.8% ភាគច្រើនគឺជា **កំហុសចំណាត់ថ្នាក់** មិនមែនការប្រែប្រួលនៅលើដីទេ។

- **តំបន់សំណង់ → ស្រូវ / ព្រៃឈើ** — កូមិកម្រត្រឡប់ទៅជាស្រែ ឬព្រៃវិញណាស់។ នេះជាសញ្ញាច្បាស់នៃកំហុសផែនទី 2020។
- **ទឹក → ព្រៃឈើ (1,254 ហិកតា)** — ភាគច្រើននៅជិតលិចទឹកខាងកើត៖ កម្រិតទឹកទន្លេសាបខុសគ្នារវាងឆ្នាំ។ ពិនិត្យជាមួយ JRC (មេរៀនទី 4)។
- **ស្រូវ ↔ ព្រៃឈើ** — ផែនទី 2026 ហៅស្រែជាច្រើនថាព្រៃឈើ (មេរៀនទី 11) ដូច្នេះការ «កើន» ព្រៃឈើ 3,714 ហិកតា មិនគួរឲ្យទុកចិត្តទេ។

របៀបធ្វើឲ្យប្រសើរ៖

1. វាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ **ផែនទី 2020** ផងដែរ (មេរៀនទី 11 ជាមួយ Google Earth Historical Imagery ឆ្នាំ 2020)។
2. បន្ថែមតំបន់ហ្វឹកហាត់ដែលត្រឹមត្រូវ **ក្នុងឆ្នាំទាំងពីរ** (ដីដែលមិនបានប្តូរ ឧ. ទន្លេ កូមិចាស់ ព្រៃចាស់) ឬបង្វឹកម៉ូដែលដាច់ដោយឡែកសម្រាប់ឆ្នាំនីមួយៗ ដោយតំបន់ហ្វឹកហាត់ពីរូបភាពឆ្នាំនោះ។
3. ប្រើបន្សំបែនដូចគ្នា (6-5-2) ដើម្បីពិនិត្យរូបភាព 2020 និង 2026 ក្បែរគ្នា មុនជឿលើការប្តូរណាមួយ។
4. ប្រើ **គូសផែនទីការប្តូរមួយ** សម្រាប់ការប្តូរនីមួយៗ ហើយប្រៀបធៀបជាមួយ Google Satellite។

> សរុប៖ ផែនទីការប្រែប្រួលល្អ ចាប់ផ្តើមពីផែនទីចាត់ថ្នាក់ល្អទាំងពីរ។ ធ្វើឲ្យភាពត្រឹមត្រូវនៃផែនទីនីមួយៗលើសពី 85% ជាមុនសិនទើបរាយការណ៍ការប្រែប្រួលជាហិកតា។ ក្នុងថ្នាក់រៀន ឧទាហរណ៍នេះល្អណាស់ ដើម្បីបង្រៀនឲ្យនិស្សិតសួរថា «តើនេះពិតឬ?»
>
> សំណួរសម្រាប់និស្សិត៖ ក្រៅពីកំហុសផែនទី តើមានហេតុផលអ្វីខ្លះទៀតដែលធ្វើឲ្យរូបភាព Landsat 8 ឆ្នាំ 2020 និង Landsat 9 ឆ្នាំ 2026 ខុសគ្នា ទោះបីជាដីមិនប្តូរក៏ដោយ? (គិតពីភ្លៀង ការច្រូតកាត់ និងកម្រិតទឹកទន្លេសាប)

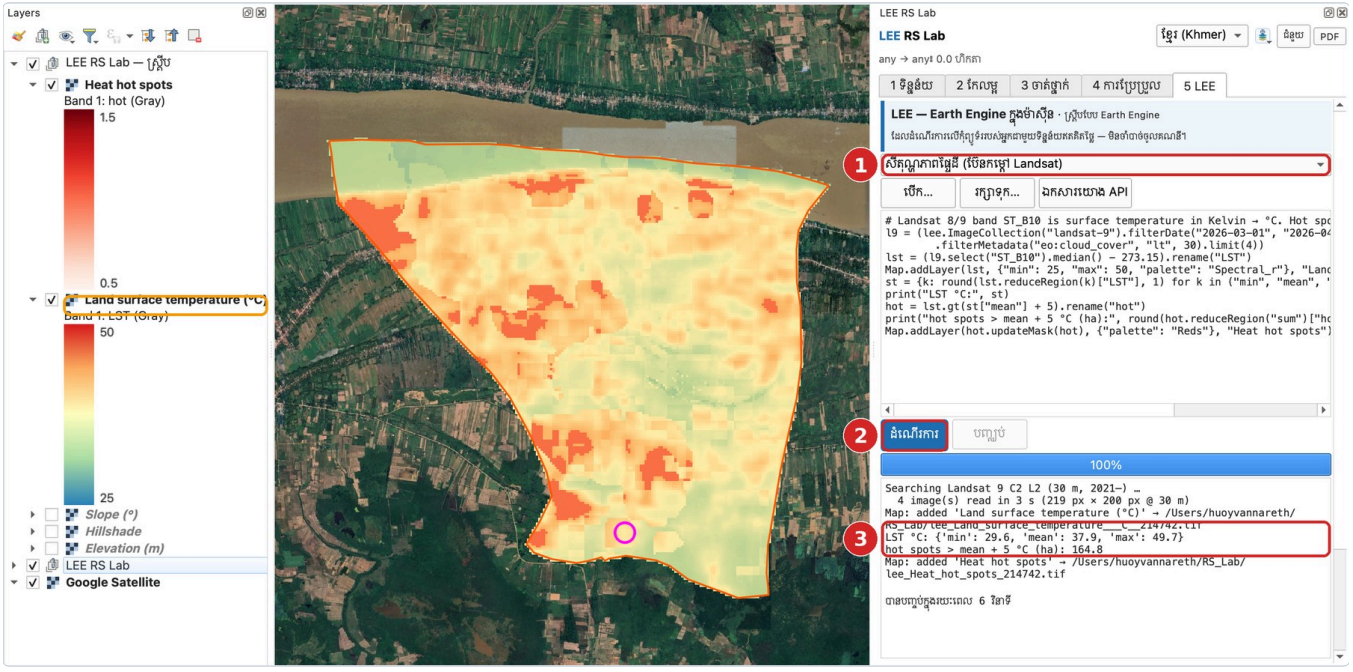
មេរៀនទី 14 — ស្ត្រីប LEE (Local Earth Engine)

ផ្ទាំង **5 LEE** ដំណើរការស្ត្រីបបែប Google Earth Engine នៅលើកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក ដោយមិនចាំបាច់មានគណនី។ មានឧទាហរណ៍ 32 ដែលរួចរាល់។ សីតុណ្ហភាពផ្ទៃដីនៃឃុំមហាខ្ទុងគណនារួចក្នុង **6 វិនាទី**៖ ទាបបំផុត 29.6 °C មធ្យម 37.9 °C ខ្ពស់បំផុត 49.7 °C។

> **របៀបកម្រិតខ្ពស់ (កំណែ 2.4.0)**
>
> ផ្ទាំង **5 LEE** និងប៊ូតុង **បើកជាស្ត្រីប** (មេរៀនទី 4)។ ចាប់ពីកំណែ 2.4.0 ឧបករណ៍ទាំងនេះបង្ហាញតែក្នុងរបៀប **កម្រិតខ្ពស់**៖ ប្តូរប្រអប់ **មូលដ្ឋាន** នៅផ្នែកខាងលើផ្ទាំងទៅ **កម្រិតខ្ពស់** (មើលមេរៀនទី 1)។

ឧទាហរណ៍ទី 1 — សីតុណ្ហភាពផ្ទៃដី (Landsat thermal)

1. ① ជ្រើសឧទាហរណ៍ **សីតុណ្ហភាពផ្ទៃដី (ប៊ែនកម្តៅ Landsat)**។ កូដលេចឡើងក្នុងប្រអប់កែ។ អ្នកអាចប្តូរថ្ងៃ ឬពពកដោយផ្ទាល់។
2. ② ចុច **ដំណើរការ**។
3. ③ អានលទ្ធផលក្នុងប្រអប់ខាងក្រោម៖ ស្ថិតិ LST និងផ្ទៃក្រឡា «ចំណុចក្តៅ» (ក្តៅជាងមធ្យម 5 °C) = **164.8 ហិកតា**។
4. ស្រទាប់ពីរបន្ថែមក្នុងក្រុម **LEE RS Lab — ស្ត្រីប**៖ Land surface temperature (°C) និង Heat hot spots។



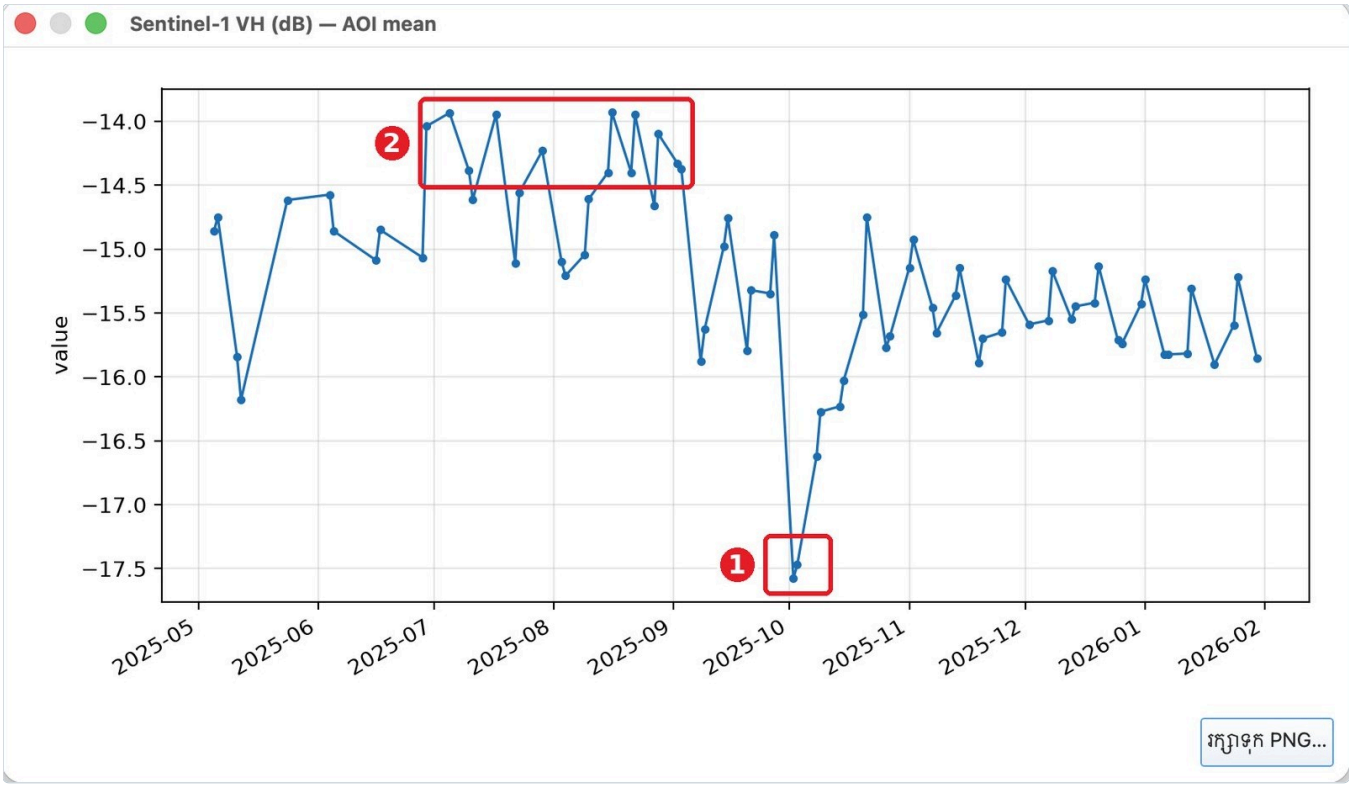
រូបទី 60 — ស្ត្រីបសីតុណ្ហភាពផ្ទៃដី

អានផែនទី៖ ពណ៌ក្រហមជាដីទទេ ឬស្រែស្ងួតបន្ទាប់ពីច្រូត (កម្តៅខ្ពស់ក្នុងខែមីនា–មេសា)។ ពណ៌បៃតង/ខៀវជាព្រៃ ទឹក និងកូមិមានដើមឈើ (ត្រជាក់ជាង)។ ជួរកូមិតាមមាត់ទន្លេត្រជាក់ជាងស្រែ។

ឧទាហរណ៍ទី 2 — ប្រតិទិនស្រូវពី Sentinel-1 VH

រ៉ាដារ Sentinel-1 មើលឃើញឆ្លងកាត់ពពក ដូច្នេះអាចតាមដានរដូវវស្សាបាន។ ក្រាបបង្ហាញ VH (dB) មធ្យមនៃតំបន់សិក្សា ពីខែឧសភា 2025 ដល់ខែមករា 2026៖

- ① **ចុងខែកញ្ញា–ដើមខែតុលា 2025** VH ធ្លាក់ដល់ **−17.6 dB** — ទឹកជំនន់ ឬស្រែលិចទឹក (ទឹករលោងចាំងផ្លាតរ៉ាដាចេញ)។
- ② **ខែកក្កដា–សីហា** VH ខ្ពស់ (−14 dB) — ដំណាំលូតលាស់ពេញ (ស្លឹក និងដើមចាំងផ្លាតខ្លាំង)។
- ពីខែវិច្ឆិកា VH ស្ថិតនៅប្រហែល −15.5 dB — ក្រោយច្រូត។



រូបទី 61 — ពេលវេលាស៊េរី Sentinel-1 VH៖ ① ទឹកជំនន់ ② ដំណាំលូតលាស់

> គន្លឹះ៖ គូសតំបន់សិក្សាតូចលើស្រែតែមួយ (មេរៀនទី 1 › គូសចតុកោណ) ដើម្បីទទួលបានខ្សែកោងស្អាតជាង។ តំបន់ធំលាយទឹក កូមិ និងស្រែ។

ប្រើលទ្ធផល LEE ក្នុងផ្ទាំងផ្សេងទៀត

បន្ទាប់ពីស្ត្រីបដំណើរការរួច ជួរ **ប្រើលទ្ធផលក្នុងផ្ទាំងផ្សេងទៀត** លេចឡើង៖ ធ្វើស្រទាប់ទៅ 2 កែលម្អ 3 ចាត់ថ្នាក់ ភាពត្រឹមត្រូវ ឬការប្រៃប្រួល (កាលបរិច្ឆេទ 1/2)។ ផ្ទុយមកវិញ `lee.Image.open("ឈ្មោះ.tif")` អានស្រទាប់ណាមួយពីគម្រោងចូលក្នុងស្ត្រីប។

មេរៀនទី 15 — របាយការណ៍ PDF

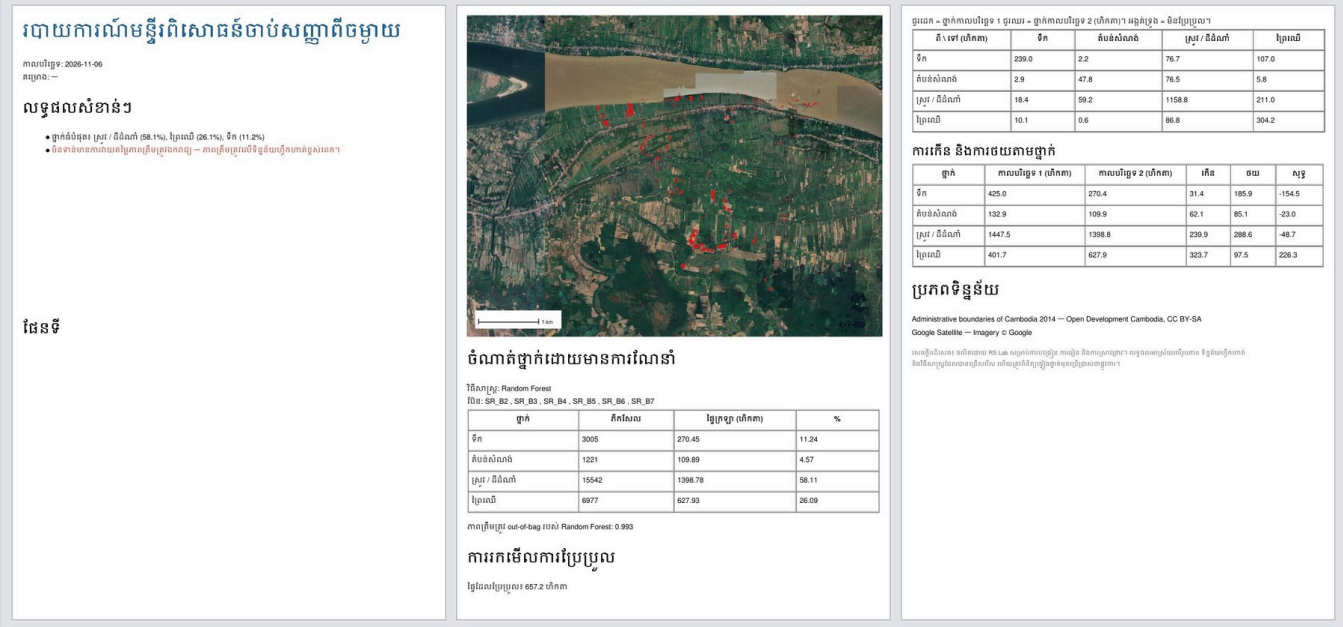
ប៊ូតុង **PDF** នៅខាងលើផ្ទាំង (ក្បែរ **ជំនួយ**) បង្កើតរបាយការណ៍ A4 ពីការងារទាំងអស់ដែលបានធ្វើក្នុងវគ្គនេះ។ ភាសារបាយការណ៍តាមភាសាផ្ទាំង៖ ជ្រើស **ខ្មែរ (Khmer)** ដើម្បីទទួលបានរបាយការណ៍ខ្មែរ ឬ **English** ដើម្បីទទួលបានរបាយការណ៍អង់គ្លេស។

ជំហាន

1. រៀបចំផ្ទាំងផែនទីឲ្យបង្ហាញស្រទាប់ដែលចង់ដាក់ក្នុងរបាយការណ៍ (ឧ. ចំណាត់ថ្នាក់ 2026 លើ Google Satellite)។ របាយការណ៍ថតរូបផែនទីដែលកំពុងបង្ហាញ ហើយបន្ថែមព្រួញខាងជើង និងរង្វាស់ដោយស្វ័យប្រវត្តិ។
2. ធ្វើការវាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ (មេរៀនទី 11) ក្នុងវគ្គដដែល បើចង់ឲ្យរបាយការណ៍មានតារាងភាពច្រឡំ និងផ្ទៃក្រឡាកែសម្រួល (Olofsson)។
3. ជ្រើសភាសា រួចចុច **PDF** ហើយរក្សាទុក ឧ. RS_lab_report_km.pdf។

មាតិការបាយការណ៍

ផ្នែក	អ្វីដែលមាន (ឧទាហរណ៍ឃុំមហាខ្ជួង កំណែមុន)
លទ្ធផលសំខាន់ៗ	ថ្នាក់ធំបំផុត៖ ស្រូវ / ដីដំណាំ 58.1% ព្រៃឈើ 26.1% ទឹក 11.2% និងការព្រមានពណ៌ក្រហម បើមិនទាន់វាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ
ផែនទី	រូបផ្ទាំងផែនទី + ព្រួញខាងជើង + រង្វាស់
ចំណាត់ថ្នាក់ដោយមានការណែនាំ	វិធីសាស្ត្រ Random Forest ប៉ែន SR_B2–SR_B7 តារាងផ្ទៃក្រឡាតាមថ្នាក់ និង out-of-bag 0.993
ភាពត្រឹមត្រូវ	តារាងភាពច្រឡំ Kappa និងផ្ទៃក្រឡាកែសម្រួល (បើបានធ្វើមេរៀនទី 11)
ការរកមើលការប្រែប្រួល	ផ្ទៃដែលប្រែប្រួល 657.2 ហិកតា តារាង ពី → ទៅ និងការកើន / ថយ
ប្រភពទិន្នន័យ	ព្រំដែនរដ្ឋបាល ODC រូបភាព Google Satellite និងសេចក្តីបដិសេធ



រូបទី 62 — របាយការណ៍ PDF ភាសាខ្មែរ (3 ទំព័រ)

> ចំណាំ៖ out-of-bag 0.993 ខ្ពស់ពេក ព្រោះវាប្រើគំរូសែលពីពហុកោណហ្វឹកហាត់ដដែល (គំរូសែលជិតគ្នាស្រដៀងគ្នា)។ ភាពត្រឹមត្រូវពិតគឺ 52.8% ពីចំណុចឯករាជ្យ (មេរៀនទី 11)។ ក្នុងកំណែថ្មីនៃកម្មវិធី ផែនទីនៅលើទំព័រទី 1 ជាមួយលទ្ធផលសំខាន់ៗ

(កំណែចាស់ទុកទំព័រទី 1 ស្មើរតែទទេ)។

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

មេរៀនទាំង 15 នេះនាំអ្នកឆ្លងកាត់លំហូរការងារយកព័ត៌មានពីចម្ងាយពេញលេញ៖ កំណត់តំបន់ → ទាញយករូបភាព → កែលម្អ និងសន្ទស្សន៍ → ចាត់ថ្នាក់ → វាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវ → ផែនទី → ការប្រៃប្រួល → របាយការណ៍ ដោយមិនចាំបាច់មានគណនី ឬកម្មវិធីបង់ថ្លៃ។ ជំហានបន្ទាប់ល្អបំផុតសម្រាប់និស្សិត៖ បន្ថែមទិន្នន័យហ្វឹកហាត់សម្រាប់ថ្នាក់ដែលខ្វះ រួចធ្វើមេរៀនទី 10, 11 និង 13 ម្តងទៀត ហើយប្រៀបធៀបភាពត្រឹមត្រូវ និងការប្រៃប្រួលមុន និងក្រោយ។