
Алгоритм REACTIV

Швидке та легке виявлення змін у ряді даних за допомогою коефіцієнта варіації

Томас Дюмартіно¹, Еліз Колін-Кенгер², Ренс
Guinvarc'h¹, Летиція Трон-Лефевр¹

¹ Лабораторія SONDRRA, CentraleSupélec

² DTIS, ONERA, Université Paris Saclay

Подання спеціального сценарію браузера EO

Проект, представлений у контексті EO Browser

[конкурс сценаріїв на замовлення](#)

19 вересня 2020 р



З м і с т	
1 Вступ до сценарію	2
2 Наміри та мотивація	2
3 Опис даних	3
4 Опис сценарію	3
4.1 Компонент Hue: часовий вимір	4
4.2 Компонент насиченості: зміна інтенсивності	5
4.3 Компонент значення: звичайна інтенсивність радара.	6
5 Застосовність сценарію	6
6 Типові випадки 6.1 Морські шляхи: Шанхайський порт	8
6.2 Моніторинг рослинності: Шанхайський водно-болотний угіддя.	8
6.3 Розростання міст: місто Ухань.	10
7 Посилання та кредити	11

REACTIV

1 Вступ до сценарію

Цей код був розроблений в Опера в рамках проекту MEDUSA. Це візуалізація стеку зображень SAR, що висвітлює виявлення змін. Використовуючи HSV, він зосереджується на часовому вимірі для обчислень, не покладається на жодне просторове обчислення. Для цього проекту використовувалися зображення Sentinel-1 IW VV-VH з використанням двох поляризацій. Під час маневрування часовими рядами орбіта також була виправлена на висхідну чи спадну.

Його кінцева мета — синтезувати інформацію про динаміку, вбудовану в профіль тимчасових даних, у межах одного кольорового зображення, підкреслюючи наявність або відсутність значних змін у яскравих кольорах.

2 Наміри та мотивація

Зображення SAR, як важко інтерпретувати через свою геометрію та шпекл-шум, однак дуже корисна та ефективна для виявлення змін. До появи даних Sentinel-1 з програми Copernicus доступ до тимчасових стеків даних був обмеженим, більш ніж алгоритм зосереджувався на просторових складових зображень.

Нещодавній контекст великих даних відкриває багато можливостей для обробки зображень SAR, одна з найвидатніших — це доступ до часових рядів в їх аналізі. Використання розмірності часу може бути корисним для фільтрації шпекл-шуму. Дійсно, за відсутності змін ми маємо доступ в одному пікселі до N реалізацій випадкового сигналу.

У запропонованому тут алгоритмі ми хочемо не тільки покращити співвідношення сигнал/шум, але й виявити всі пікселі, для яких відбулася зміна між першою та останньою датами спостереження. Ці загальні зміни можуть бути або короткими змінами в часі (наприклад, човни), або більш тривалими/постійними змінами (наприклад, будівельний майданчик, новобудівля).

Алгоритм REACTIV може вдобавити інформацію за різних обставин бути корисним у багатьох географічних контекстах, наприклад, моніторинг:

- портів зони, для виділення морських шляхів в судноплавстві;
- меж території, для спостереження за розростанням міста;
- навколишнє середовище, щоб швидко картографувати зміни лісового покриву;
- агротехніка, контроль за зайнятістю оброблюваних ділянок та вдосконалення методів обробки.

Отже, враховуючи ці дії, інструмент візуалізації REACTIV потребує розглянути кілька аспектів даних:

- найбільш очевидний, зміна. Змінити має бути легко ідентифікувати, локалізувати та інтерпретувати. Це означає, що візуалізація також повинна бачити об'єкти

як не зазнають модифікації. В сбудувалопотрбно буде побачити, щоб швидко розташувати т, що з'явилися;

- час: Виявлення змін є важливим, але також корисно знати, коли вона відбулася. Неможливо представити всю інформацію в унікальному зображенні, тому ми вирішили, коли це тривало змін, позначити дату найбільш інтенсивної активності кольором серед усіх можливих дат.

3 Опис даних

Щоб краще зрозуміти решту наших результатів, ми детально визначимо наш даний, а також їх параметри.

Враховуючи тензор P форми (w, h, d, T) , ми маємо:

- w елемент в на ос абсцис;
- h елемент в на ос ординат;
- d елемент в на ос z ;
- T -елементи на 4-й ос (тобто скронева в сь);

В сь x ує просторовими осями. В сь z в дпов дає поляриметричний ос. Для Sentinel-1 два поляриметричні канали доступні на більшості длянок, тоді $d = 2$. Ми розглядаємо поляризацію VV як індекс 1, а VH як індекс 2.

Отже, ми можемо визначити цей тензор P як ансамбль w на h на 2 часових пікселів в розмірності T , записаних як p_{ijl} , де (i, j) — координати (t) пікселя на x у-в сь P , l — вибрана поляризація, а p — значення пікселя ijl на кроці часу t . В дпов дню до цього визначення ми можемо розглянути наступне:

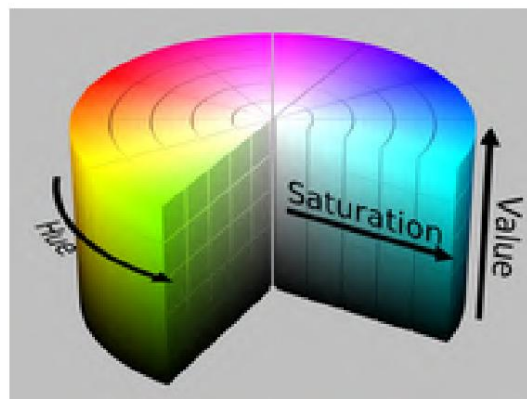
$$i = 1..w, j = 1..h, l \in \{1; 2\} \text{ маємо } p_{ijl} = \{p_{ijl}^{(1)}, p_{ijl}^{(2)}, \dots, p_{ijl}^{(T)}\} \quad (1) \quad (2) \quad (T)$$

Крім того, припускається, що часовий розмір кожного пікселя має однаковий розмір має часові позначки, визначені таким чином: $\{t^{(1)}, t^{(2)}, \dots, t^{(T)}\}$

4 Опис сценарію

Простір HSV складається з 3 компонентів: відтінку, насиченість, значення.

Нижче ми детально описуємо, як ці три компоненти використовуються в представленні.



Малюнок 1: Циліндр HSV

4.1 Компонент Hue: часовий вимір

Компонент Hue визначає, який колір колірного кола використовується. Компонент Hue кодує інформацію про датування події. Таким чином, коли зміна в події відбувається, ми можемо приблизно знати, коли вона відбувається протягом періоду спостереження.

Розрахунок компонента в даті наступний: задано значення в даті п'єселя

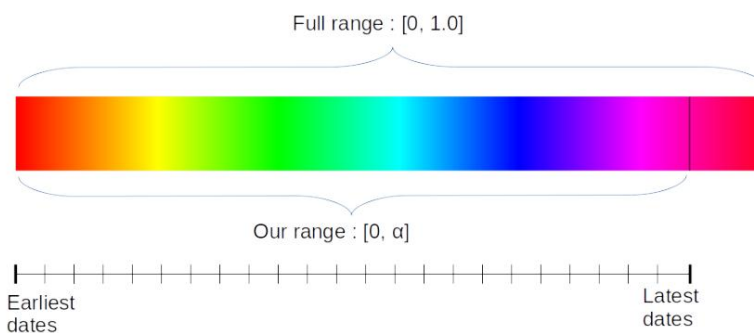


Рисунок 2: Користувачський діапазон в даті п'єселя

ху-координат (i, j) , ми визначаємо значення Hue як:

$$\text{в даті п'єселя } (i, j) = \frac{\tau(m) - \tau(\text{argmax}_t(p_{ij}))}{\tau(m) - \tau(1)}$$

Іншими словами, ми вибираємо часовий індекс максимального значення сигналу для п'єзодатчика по всій поляризації. Потім ми обчислюємо різницю в час між максимальним індексом часу та цим індексом часу, яку потім ділимо на різницю між максимальним і мінімальним індексом часу. Щоб спростити, ми масштабуємо в даний момент часу поділом, щоб вона була між 0 і 1.

Крім того, вихідний діапазон кольорів Hue визначається як число від 0 до 360 (або, як використовується в нашій реалізації, число від 0 до 1). Однак, як показано на малюнку 2 на попередній сторінці, ми помножимо величину подібності між крайнім початковим кольором спектру та його крайнім кінцем (обидва різні в дельта червоного). З цього приводу ми вирішили зафіксувати, використовуючи мультиплікативну константу, максимальне значення інтервалу до α , де α тут дорівнює 0,9. Ми робимо це, просто помноживши кінцеве значення Hue на 0,9, щоб зменшити початковий діапазон [0,1] до простішого діапазону [0, 0,9].

4.2 Компонент насиченості: зміна інтенсивності

Компонент «Насиченість», в дельта дальній за тем, наскільки інтенсивним буде колір, обраний значенням в дельта, пов'язаний з інтенсивністю зміни: чим більше зміна, тим більше насиченням буде колір. Це означає, що більшими на карті представляють місця з незначними змінами з часом. Як показано на малюнку 3,

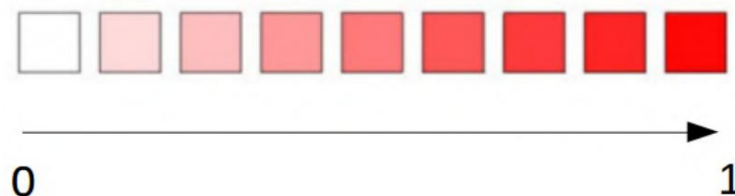


Рисунок 3: Шкала насиченості кольорів

значення насиченості знаходиться між 0 і 1. Чим ближче до 1, тим яскравіший колір; навпаки, чим ближче до 0, тим темніший колір. Розрахунок насичення передбачає певну кількість параметрів:

- $L = 4,9$: кількість переглядів, встановлена як вдома константа для даних Sentinel-1;
- $\mu = 0,2286$: виведено з L , в дельта дає коефіцієнт варіації для спекл-дан;
- $\alpha = 0,1616$, стандартне відхилення спекл-даних.

Потім, щоб обчислити значення насичення, ми виконуємо наступний алгоритм:

1. Розрахунок коефіцієнта варіації для кожної поляризації (VV і VH) шляхом обчислення частки їх часового стандартного відхилення на їх $\text{std}V$ і $\text{std}H$; тимчасове середнє, отримуючи γV і γH = $\frac{\text{std}V}{\text{avg}B}$ і γH = $\frac{\text{std}H}{\text{avg}B}$

2. Вибір максимуму між двома коефіцієнтами варіації: $y_{\max} = \max(y_{V V}, y_{V H})$;

3. Підставляючи цей максимум у формулу: $R = + 0,25; 10 \cdot \alpha \cdot \frac{y_{\max} \cdot \mu}{10 \cdot \alpha}$

4. Фіксація значення R між 0 і 1.

Формально кажучи, значення насиченості пікселя (i, j) визначається як:

$$\text{насичення}(i, j) = \frac{\max\left(\frac{\sigma_{ij1}}{\mu_{ij1}}, \frac{\sigma_{ij2}}{\mu_{ij2}}\right) \cdot \mu}{10 \cdot \alpha} + 0,25$$

4.3 Компонент значення: звичайна інтенсивність радару

Нарешті, щоб зберегти звичайний вигляд зображення SAR, компонент значення в діапазоні від темного до яскравого по відношенню до кольору, вибраного значенням в даний момент, представляє максимальне значення вхідного сигналу для обох поляризацій. Ми емпірично виявили, що це налаштування не дає дуже приємне зображення: якщо на те пішло, інтенсивність усереднено з середнім максимальним сигналом пікселя на кожному кроці часу. Це надає достатньо деталей для того, щоб змалювати можна було локалізувати, а також контекстуалізувати, тобто щоб оточення було впізнаваним.

Формально кажучи, ми визначаємо компонент значення для пікселя з координатами $xu(i, j)$ як:

$$\text{значення}(i, j) = \frac{I_{\max} + \bar{I}_{\max}}{2}$$

де ми маємо:

- $I_{\max} = \lambda \cdot \max(l, t)(p_{ij})$ максимальне значення сигналу для даного пікселя через кожну поляризацію та часовий крок;

$\lambda = \frac{\sum_{n=1}^T \max(p_{ij}) \cdot I_{\max}^{(n)}}{T \cdot I_{\max}}$ — середнє з кожним максимальним часовим кроком та значення сигналу між обома поляризаціями;

- $\lambda = 0,8$ — це скалярний коефіцієнт, який використовується для зменшення насиченості, яка може статися пером, отримання приємного зображення. Він був обраний чисто емпіричним шляхом.

5.3 Адаптивна інтенсивність сценарію

Цей сценарій було розроблено за допомогою браузера Sentinel Hub EO та досліджено потенціал аналізу часових рядів за допомогою параметра проміжку часу платформи.

Сценарій має адаптивний логічний діапазон виявлення змін, який виражається у відносних значеннях, тобто між 0 і 1 (0 означає ближче до початку часової



Рисунок 4: Шкала значень кольорів

стек 1 ближче до кінця). Це дає змогу нашому алгоритму працювати протягом різних періодів, різного розміру та отримувати частково порівнювані результати. Крім того, він не страждає від проблем з роздільною здатністю, оскільки не виконується просторове обчислення: це повністю часовий алгоритм аналізу, отже, він не піддається жодним проблемам, які можуть виникнути під час обробки просторової інформації SAR.

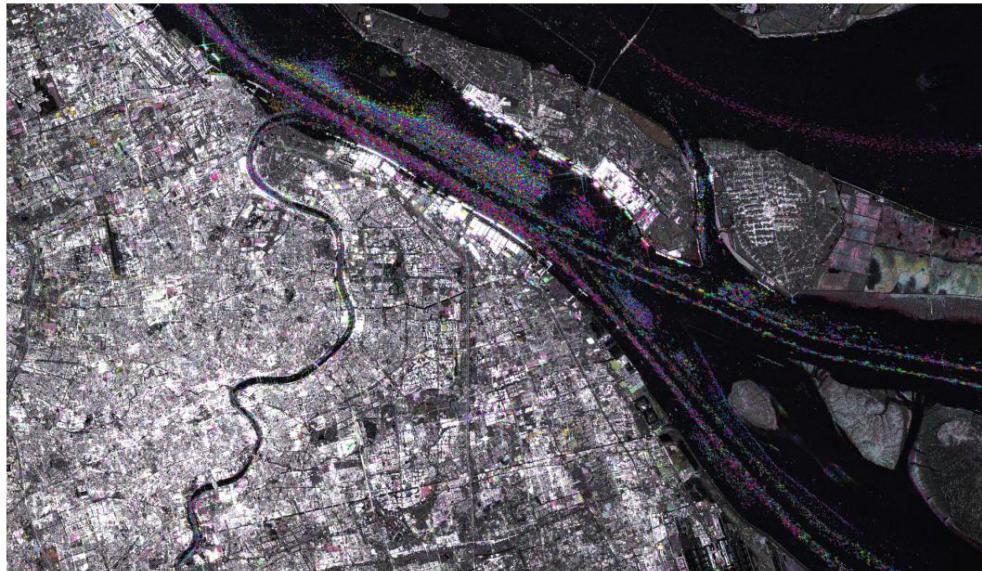
Крім того, аспект PolSAR алгоритму не має вирішального значення для його функціонування: він також був перевірений на даних однієї поляризації шляхом зняття каналів в даних VV та VV для зображень Sentinel-1.

6 Репрезентативні справи

Скрипт доступний за посиланням: <https://sentinelshare.page.link/raR1>.

Щоб проілюструвати переваги нашого методу, ми вибрали наступні приклади як вображення потенціалу REACTIV для зображень PolSAR:

6.1 Морські шляхи: Шанхайський порт



Малюнок 5: Порт Шанхая з REACTIV з 01.01.2018 по 11.09.2020

Завдяки методу REACTIV морські маршрути дуже чіткі. Крім того, часовий вимір, представлений вибраним кольором, здається, вказує на те, що певний шлях входу до порту вкритий лише в певні частини року, оскільки там присутні лише червоні та заштриховані сині човни.

6.2 Моніторинг рослинності: Шанхайські водно-болотні угіддя

Шанхайські водно-болотні угіддя, розташовані неподалік від національного природного заповідника Чунмін Дунтан у Шанхаї, являють собою дуже особливу екосистему, яка зазвичай сезонно заливається водою, що спричиняє величезну мінливість середовища та його фізичних властивостей, що має вирішальне значення для зміни в SAR. Очікується, що ця мінливість буде знайдено та локалізовано. Як ми можемо бачити на малюнку 6 на наступній сторінці, у нас є змни, які виявляються узгоджено на різних поверхнях водно-болотних угідь. Це проявляється тим, що для одних областей зображені зеленими, а для інших – рожевими. Під час перевірки даних на малюнку 2

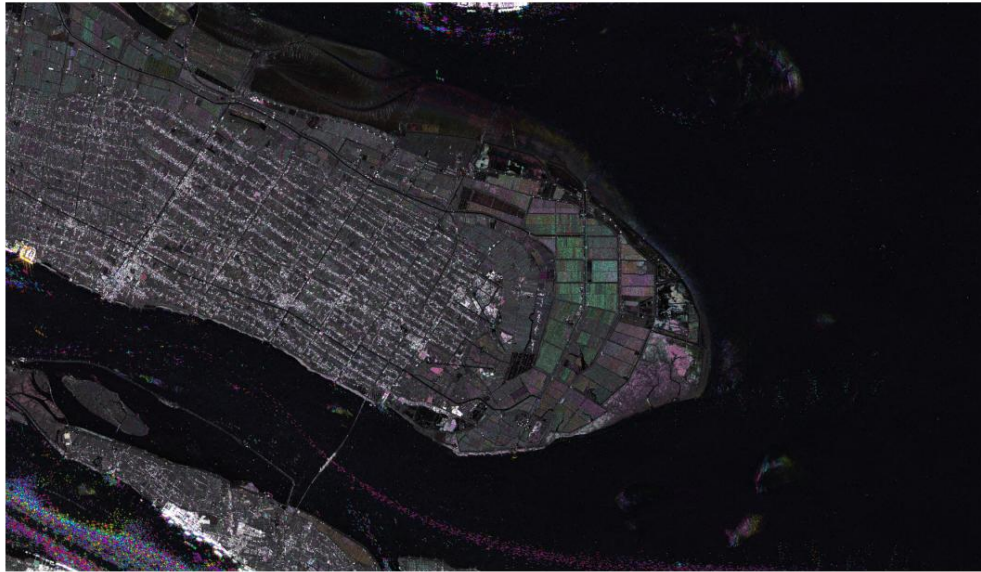


Рисунок 6: Shanghai Wetland з REACTIV з 01.01.2018 по 11.09.2020

на сторінці 4 ми помітили, що зелений колір розташований приблизно в першій третині часового інтервалу, тобто приблизно в кінці 2018 року, а рожеве значення розташоване в кінці інтервалу, що означає кінець 2020 року. Ці подібні речі пероди показують, як Метод REACTIV успішно зафіксував сезонні та перодичні події на водно-болотних угіддях Шанхая.

6.3 Розростання м. ст: м. сто Ухань

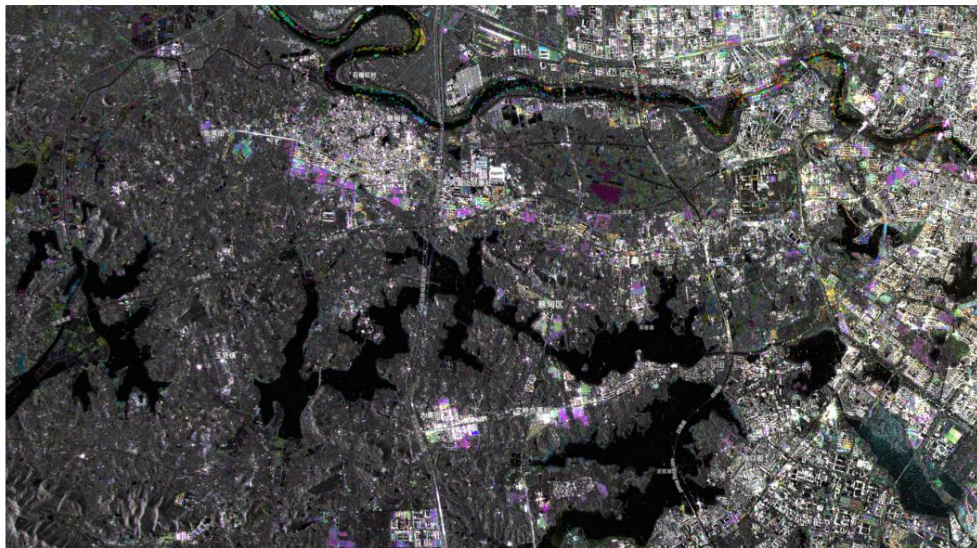
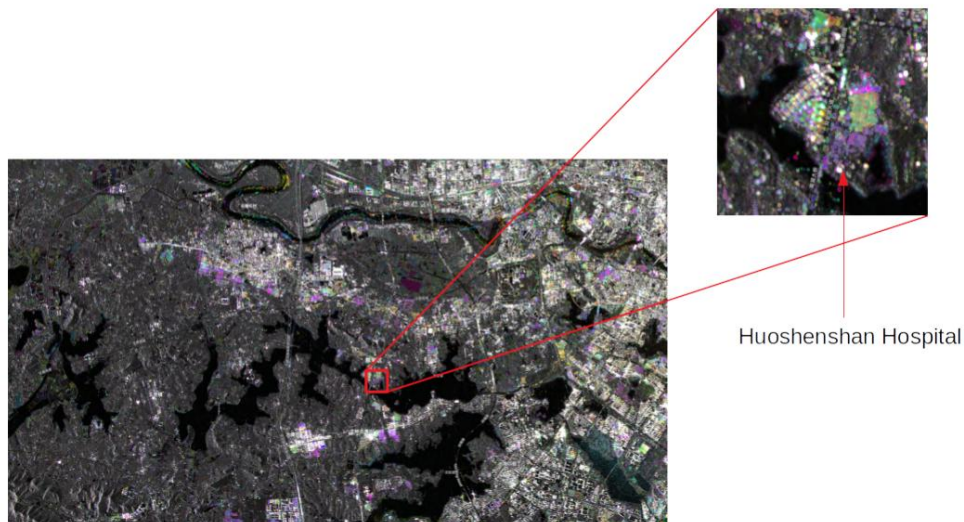


Рисунок 7: М. сто Ухань з REACTIV з 01.01.2018 по 11.09.2020

Враховуючи останні події та зусилля китайського уряду щодо будівництва лікарень швидкої допомоги, м. сто Ухань показало цікаві результати щодо завдань виявлення змін. Найновіші будівлі, даний з кольорами кінця спектру в даних (тобто в даних рожевого) помітні на цій карті. Одним з конкретних прикладів є лікарня Хуошеншань, розташована на бульварі Чжуньху. Як показано на малюнку 8 на наступній сторінці, ми помічаємо фолетовий (заштрихований темно-рожевий), який представляє високий сплеск активності в останній місяць запису, що корелює з планами міста побудувати лікарні швидкої допомоги. Інші місяці в місті мають подібні кольорові плями, як і швидше за все, також є спорудами, побудованими в контексті COVID-19.



Малюнок 8: Лікарня Ухань у збільшеному масштабі

7 Посилання та кредити

Метод REACTIV розроблено та представлено в [1]. Крім того, французька стаття також була впроваджена: [2] яка отримала першу цінну французького конгресу CFPT. Нарешті, снуочий код, що реалізує цей метод, можна знайти за наступним посиланням з реалізаціями Python GEE.

Список літератури

- [1] Еліз Колін Кенгер, Олександр Булч, Полін Трув-Пелу та Фаб Райс Янез. Кольорова візуалізація багаторазових даних для виявлення змін: проблеми та методи. EUSAR, 2018.
- [2] Еліз Колін Кенгер, Жан-Марк Ніколя, Беатріс Понель-Пюссегюр, Ж.-М. Лагранж Фабріс Янез. Візуалізація змін у тимчасовому радарі серії: метод REACTIV оцінює `echelle mondiale` через Google Earth Engine. (франц.) РФПТ, № 217-218, 2018