

нетривіальні завдання (інтелектуальні задачі). Порівняння показало наскільки насправді агент наблизився до людської продуктивності, тобто по даному критерію результати можна вважати кращими ніж при абсолютній оцінці, адже продуктивність агента склала приблизно 50% від продуктивності людини.

SIMA — проєкт, спрямований на створення агента, здатного пов'язувати мовні інструкції з поведінкою у насичених 3D-середовищах. Хоча агент демонструє перенесення навичок між середовищами, включаючи zero-shot навчання, але багато завдань залишаються недосяжними. Майбутні дослідження зосереджені на масштабуванні до нових середовищ, підвищенні стійкості агентів, використанні якісніших моделей та розробці точних методів оцінювання, що зробить SIMA важливою платформою для дослідження AGI.

SIMA демонструє значний прогрес у перенесенні навичок між середовищами та виконанні базових дій у нових умовах без попереднього навчання (zero-shot). Водночас багато завдань залишаються недосяжними, що вказує на необхідність подальших досліджень. Цей проєкт відкриває перспективи для створення універсального ШІ, здатного розв'язувати складні завдання в симульованих середовищах.

Список літератури

1. Berner, C., Brockman [та ін.] (2019). Dota 2 with Large Scale Deep Reinforcement Learning. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.06680>.
2. Mathieu, M., Ozair, S. [та ін.] (2023). AlphaStar Unplugged: Large-Scale Offline Reinforcement Learning. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.03526>.
3. Team, S., Raad [та ін.] (2024). Scaling Instructable Agents Across Many Simulated Worlds. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.10179>.

МЕТОДИ ШВИДКОГО ВИЯВЛЕННЯ ПОДІБНОСТЕЙ НА ЗОБРАЖЕННЯХ З БПЛА **Божок А.И., Панченко Т.В..**

METHODS FOR FAST DETECTION OF SIMILARITIES IN IMAGES FROM UAV

Bozhok A.V., Panchenko T.V.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка / Taras Shevchenko National University of Kyiv

01601, Київ, вул. Володимирська, 64/13, тел. (044) 239-33-33, E-mail: artembozh@gmail.com

This research focuses on developing rapid methods for detecting similarities between images captured by Unmanned Aerial Vehicles and sections of orthophoto plans. The primary objective is to determine the degree of similarity to facilitate the localization of drones in the absence of GPS signals.

The proposed approach integrates similarity measurement using a neural network, DCT hash difference, histogram difference, and aggregation of similarity metrics using XGBoost. Preliminary results show high similarity detection accuracy of 93%, while maintaining high processing speed. Additionally, emerging techniques based on keypoint detection, such as the neural network-based SuperPoint and SuperGlue matcher, are being explored to enhance robustness against rotation, scaling, and varying environmental conditions. These findings contribute to the advancement of real-time UAV image analysis, providing a robust framework for efficient data interpretation in dynamic scenarios.

У сучасних умовах безпілотні літальні апарати (БПЛА) відіграють важливу роль у зборі геопросторових даних для різноманітних застосувань, таких як спостереження, розвідка, екологічний моніторинг, аграрні дослідження та управління надзвичайними ситуаціями. Використання БПЛА дозволяє отримувати високоточні та актуальні дані з важкодоступних або небезпечних для людини зон, що значно підвищує ефективність проведення операцій та досліджень. Ефективний аналіз цих даних вимагає швидких і точних методів обробки зображень, що дозволяють аналізувати великі обсяги інформації в реальному часі. Однією з ключових задач є визначення місцезнаходження БПЛА у випадках, коли GPS сигнал недоступний або ненадійний через технічні несправності, перешкоди або навмисні втручання з боку злоумисників. Порівняння зображень дозволяє визначити положення БПЛА шляхом пошуку відповідних ділянок на ортофотопланах, що є критично важливим для забезпечення безпеки та ефективності операцій. Така технологія особливо актуальна у випадках, коли традиційні методи навігації не можуть бути використані через відсутність сигналу або його послаблення.

Метою даного дослідження є розробка та впровадження методів швидкого виявлення подібностей між зображеннями з БПЛА та ортофотопланами. Ці методи повинні забезпечувати високу точність порівняння та знижувати обчислювальні витрати, що дозволить використовувати їх у системах реального часу для визначення місцезнаходження дронів у різних умовах експлуатації. Крім того, дослідження спрямоване на підвищення стійкості методів до змінних умов освітлення, погодних умов, обертання та масштабування зображень, що є поширеними проблемами у реальних застосуваннях. Це включає розробку алгоритмів, які можуть адаптуватися до різних типів середовища, забезпечуючи надійність та точність визначення місцезнаходження БПЛА незалежно від зовнішніх факторів.

Для досягнення поставленої мети було запропоновано інтегровану методологію, що дозволяє оцінити різносторонні характеристики зображень і отримати комбіновану оцінку подібності для пари зображень. Першою складовою є вимірювання схожості на основі нейронної мережі, де використовується попередньо навчена модель ResNet50 разом з повнозв'язним перцептроном для обчислення оцінки схожості в діапазоні від 0 до 1. Цей підхід дозволяє порівнювати ознаки на різних рівнях абстракції - від низькорівневих до високорівневих, що підвищує точність результатів. Другою складовою є DCT хеш-різниця, яка застосовує дискретне косинусне перетворення (DCT) для обчислення хешів зображень та розрахунку відстані між ними. Цей метод ефективний для швидкого порівняння зображень за їх частотними характеристиками і дозволяє швидко відсіювати занадто різні зображення. Третньою складовою є різниця гістограм, де використовуються метрики порівняння, такі як кореляція, перетин і відстань Бхаттачар'ї, для оцінки подібності. Гістограми кольорів дозволяють враховувати глобальні зміни в освітленні та кольорових характеристиках зображень, що робить цей метод стійким до змін навколишніх умов. Четвертою складовою є агрегація метрик подібності за допомогою моделі XGBoost, яка об'єднує метрики схожості з попередніх кроків і надає остаточну оцінку схожості. Використання ансамблевих методів дозволяє підвищити загальну точність оцінки за рахунок комбінації різних характеристик зображень. Додатково досліджується використання новітніх підходів на основі ключових точок, таких як детектор SuperPoint та матчер SuperGlue, в імплементації якого закладена нейромережа, для покращення інваріантності до обертання, масштабування та змін умов освітлення і погоди. Ці методи дозволяють більш точно визначати відповідність окремих точок між зображеннями, що підвищує надійність порівняння в складних умовах, а також точніше локалізувати місцезнаходження об'єктів, що є важливим при визначенні відповідності з ортофотопланами. Інтеграція цих підходів з основною методологією сприяє створенню більш гнучкої та адаптивної системи порівняння зображень.

Попередні результати показали, що запропонований підхід дозволяє досягти високої точності виявлення схожості між зображеннями на рівні 93%, зберігаючи при цьому високу швидкість обробки, порівняно з традиційними методами. Тестування проведено на наборі даних, що містить зображення з різних типів місцевості та умов освітлення, що підтвердило

ефективність методу в різних сценаріях застосування. Використання сучасних підходів на основі ключових точок також демонструє потенціал для подальшого покращення інваріантності та точності, особливо у випадку зміни погодних умов та різних кутів зйомки. Ці результати свідчать про високу адаптивність запропонованого підходу до різноманітних умов експлуатації БПЛА та можливість його використання в реальних операційних середовищах. Крім того, аналіз отриманих даних показав, що агрегація метрик за допомогою моделі XGBoost значно покращує загальну точність порівняння зображень, забезпечуючи більш надійні результати у складних умовах. Це свідчить про ефективність використання ансамблевих методів у задачах порівняння зображень, де необхідно поєднати різні аспекти схожості для досягнення оптимальних результатів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію алгоритмів для підвищення швидкості та точності методів порівняння зображень шляхом вдосконалення архітектури нейронних мереж та алгоритмів агрегації метрик. Планується розширення набору даних шляхом збору та обробки більшого обсягу зображень з різних типів місцевості та умов зйомки, що підвищить універсальність та надійність методів. Разом з цим буде розглядатися можливість використання підходів на основі ключових точок, замість функцій нейронних мереж. Зокрема, розглядатиметься SuperPoint - самонавчальний фреймворк для тренування детекторів точок інтересу та дескрипторів, які підходять для вирішення широкого спектру завдань багаторівневої геометрії у комп'ютерному зорі та алгоритм SuperGlue, який є графовою нейронною мережею, інтегрованою із шаром оптимального узгодження, навченою виявляти відповідність між двома наборами розріджених ознак зображень. Це дозволить вирішити найбільш поширені проблеми адаптації до змінних умов освітлення, погодних умов, обертання, масштабування та інших факторів, що впливають на якість зображень. Також буде здійснена оптимізація методів для забезпечення їх роботи в режимі реального часу з мінімальними затримками, що є критично важливим для оперативних застосувань. Планується проведення порівняльного аналізу ефективності з поточними методами, що дозволить визначити переваги та недоліки запропонованих підходів та їхню придатність для різних сценаріїв використання.

Отримані результати свідчать про можливість використання розроблених методів для реального часу аналізу зображень з БПЛА. Це відкриває нові перспективи для застосування в системах спостереження, розвідки, моніторингу навколишнього середовища та управління надзвичайними ситуаціями. Інтеграція нейронних мереж та інших сучасних методів порівняння зображень дозволяє досягти високої точності та швидкості обробки, що є критично важливим для оперативних застосувань. Крім того, дослідження новітніх підходів на основі ключових точок обіцяє подальше підвищення надійності та адаптивності методів до складних умов експлуатації, забезпечуючи більш точну та стійку роботу систем порівняння зображень у різноманітних сценаріях.

Використані джерела:

1. He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition.
2. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing.
3. DeTone, D., Malisiewicz, T., Rabinovich, A. (2018). SuperPoint: Self-Supervised Interest Point Detection and Description.