

Вся картина

Безкоштовна дорожня карта з Python-бекенду в комп’ютерний зір для оборонних технологій

Модель бачить пляму пікселів. Інженер має бачити все, що цю пляму створило, і все, що буде далі.

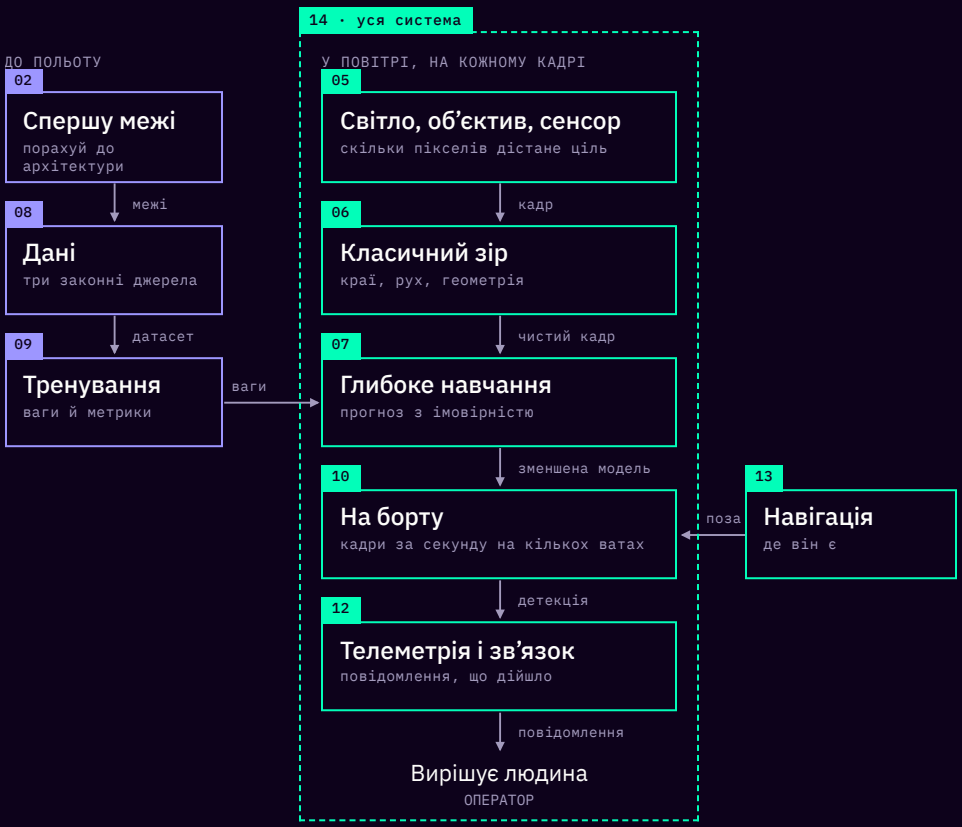
Дарія Чупріна
Computer Vision Engineer

Версія 2 · 23 листопада 2026

In English ↗

Карта

Око малого дрона працює як ланцюг. Якщо одна ланка слабка, модель у кінці не бачить нічого. Кожен блок веде у свій розділ: натисни.



00 ЯК ЦИМ КОРИСТУВАТИСЬ

Як я вчилась і як читати цю карту

У комп'ютерний зір я прийшла з Python-бекенду. Уміла паяти, збирала LLM-агентів, а математики не мала. Жодного курсу я не пройшла від першої лекції до останньої. Спрацювало простіше.

01 Візьми задачу, трохи заважку для тебе.

02 Прочитай документацію і статті, потрібні саме для неї. Поки що, більше нічого.

03 Попроси LLM пояснити незрозуміле. Потім перевір відповідь заміром: це терплячий репетитор, який часом впевнено помиляється.

04 Запиши, що не вийшло і чому. Ця сторінка і стане твоїм портфоліо.

Тому, це не навчальна програма. Це карта однієї системи, ока малого дрона. Для кожної її частини тут чотири речі: навіщо вона, де читати, що зібрати вдома і як зрозуміти, що готово. Починай з будь-якого блока, який зачіпає задачу, що вже є в тебе. Якщо задачі немає, починай із шести домашніх проєктів.

ЩО ТУТ ОЗНАЧАЄ «БЕЗКОШТОВНО»

БЕЗКОШТОВНО Безкоштовно і без обмеження в часі. Так більша частина карти.

З ЛІМІТОМ Безкоштовний план з обмеженнями: квота GPU або проєкти, які бачать усі.

АУДИТ Можна дивитися безкоштовно обмежений час, без перевірки завдань.

Coursera тут немає навмисно. Із серпня 2025 в її курсах безкоштовний лише перший модуль. Де курс Coursera важливий, карта веде на ті самі лекції на сайті автора. Години вказано приблизно. Майже все тут англійською.

02 ДО ПОЛЬОТУ

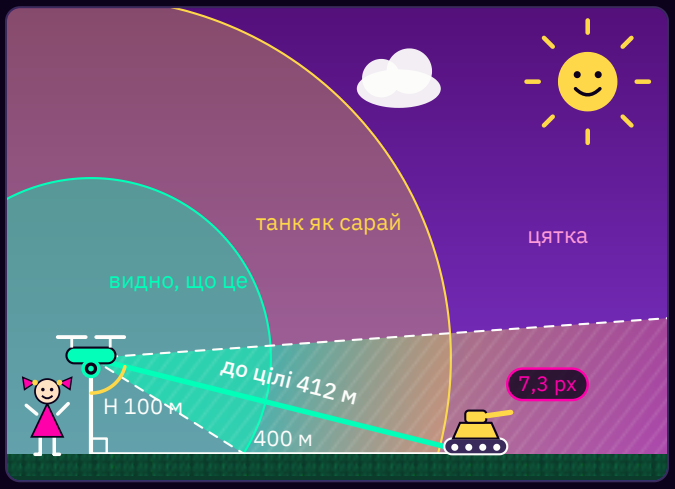
Дивись як Воловіц, а не як Шелдон

ВХІД
камера, борт, погода, карта

ВИХІД
→ межі, в яких модель має шанс

Шелдон виводить теорію всього на дошці. Воловіц рахує, чи витримає кріплення старт, і тому в космос літає саме його залізо. У зорі з дрона перемагає Воловіц: архітектуру моделі обирають останньою. Спершу фізика, оптика й географія кажуть, що взагалі можна побачити.

Нижче питання, які варто порахувати до першого рядка коду. Усі приклади на одній камері: кадр 1280 px завширшки, об’єктив 60°, висота 100 м, камера дивиться вниз. Один піксель покриває 9 см землі.



Сцена з головної сторінки карти. Кола навколо камери показують, скільки пікселів лишається на цілі: у зеленому 16 і більше, у жовтому від 8, у рожевому від 2. Числа в сцені грубі, це порядок величини.

СКІЛЬКИ ПІКСЕЛІВ

01 **Скільки пікселів треба, щоб побачити, розпізнати й назвати?**
Критерії Джонсона, 1958 рік: людині треба близько 2 px упоперек цілі, щоб її помітити, 8 px, щоб відрізнити машину від людини, і 13 px, щоб назвати тип. Це пороги з імовірністю 50% на чистій картинці. Для мережі на розмитому кадрі закладай запас.

помітити 2 px · розпізнати 8 px · назвати 13 px

02 Об’єкт менший за 6 пікселів. Що з ним узагалі можна зробити?

Класу там немає, є лише «щось є». Рамка теж не працює: зсув на один піксель по обох осях лишає від IoU 0,53, і метрика це бачить. Допомагає час: середнє з N кадрів зменшує шум у √N разів, а рух відрізняє ціль від каменя. Шукай трек до детекції і маску, а не рамку.

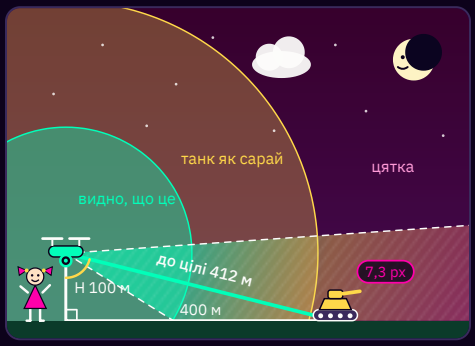
IoU(6 px, зсув 1 px) = 25 / 47 = 0,53 · шум / √N

03 Чи врятує камера з більшою кількістю мегапікселів?

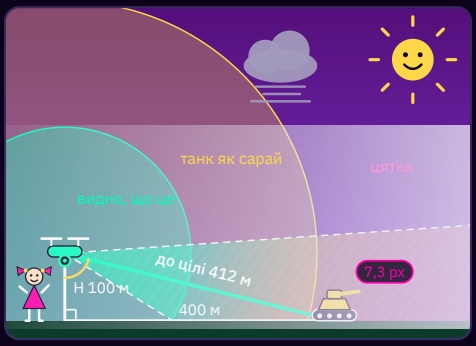
Не завжди. Об’єктив малює точку плямою, і піксель, менший за неї, нічого не додає. У видимому світлі при діафрагмі f/2,8 пляма має 3,8 мкм. У тепловізорі при f/1,0 вона 24 мкм, удвічі більша за піксель 12 мкм: теплова матриця бачить менше, ніж обіцяє її роздільність. І рахуй пікселі на вході мережі, а не на сенсорі.

d = 2,44 · λ · N

СВІТЛО Й ПОВІТРЯ



Уночі ця камера сліпа. Візьми тепловізор.



Туман з’їв ціль. Підійди ближче.

Та сама сцена вночі й у тумані. Кола не зрушили: пікселі ті самі, зник контраст.

04 Темно. Що ламається першим?

Від полудня до безмісячної ночі світла стає менше у сто мільйонів разів: 100 000 лк проти 0,001. Камера відповідає довшою витримкою або підсиленням. Перше дає змаз, друге шум: сигнал до шуму росте лише як корінь із кількості фотонів. Тепловізору темрява байдужа, зате буває, що вранці й увечері ціль зрівнюється з тлом за температурою і зникає.

SNR = √фотони: 10 000 → 100, 100 → 10

05 Що розмазує кадр: швидкість чи поворот?

Частіше поворот. Політ 20 м/с за витримку 1/100 с розмазує кадр на 2 px. Крен зі швидкістю 30° за секунду за ту саму витримку розмазує на 6 px, і висота тут не рятує. Тому підвіс і коротка витримка важать більше за модель.

змаз = v · t / GSD **змаз = ω · t · f**

06 Туман та імла: на якій відстані ціль зникає?

Повітря з'їдає контраст за експонентою. Метеорологічна видимість V це відстань, на якій від контрасту лишається 2%. На половині цієї відстані лишається 14%: за видимості 1 км ціль за 500 м уже сіра на сірому. Імла з видимістю 10 км забирає третину контрасту за кілометр.

C = C0 · exp(−3,912 · d / V)

ПЛАТФОРМА





Ліворуч камера летить на 100 м, праворуч стоїть на вишці 30 м. З вишки кут до тієї самої цілі майже горизонт.

07 Крило чи коптер: що це міняє для зору?

Час на цілі. Камера, що дивиться вниз зі 100 м, бачить уздовж польоту смугу 65 м. Крило на 20 м/с проходить її за 3 секунди: це 97 кадрів на все. Коптер може зависнути. Крило ще й кренить у повороті: коло радіусом 100 м на 20 м/с це 22° крену, і вісь камери без підвісу їде по землі на 40 м убік.

t = слід / v **tan(крен) = v² / (g · R)**

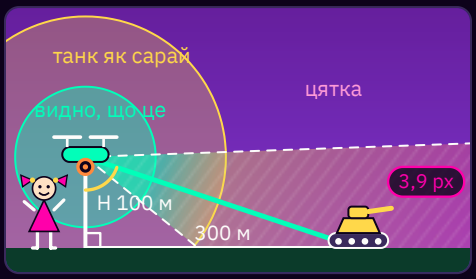
08 Дрон нахилився. Що сталося з моєю формулою пікселів?

Змінився кут від надиру, а з ним усе. Крен і тангаж із телеметрії треба додати до кута встановлення камери, інакше карта з розділу 5 показує не той кадр. Ціна помилки росте до горизонту: один градус помилки зі 100 м зсуває точку на землі на 1,7 м під дроном і на 7 м під кутом 60°.

Δ = H · Δθ / cos²θ

ОБ’ЄКТИВ





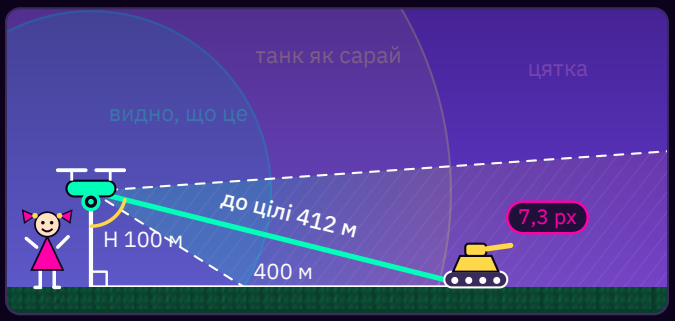
Конус це кадр: усе між двома крайніми променями. Ліворуч звичайна камера, праворуч теплова: пікселів у неї менше, тому кола тісніші.

09 **Ширококутний об’єктив. Чому на краях усе не так?**

Бо формула f · tan θ чесна лише для об’єктива без дисторсії. Ідеальний об’єктив 120° дає на краю вчетверо більше пікселів на градус, ніж у центрі, а «риб’яче око» тримає їх рівними і гне прямі. Відкалібруй камеру й рахуй після виправлення: воно розтягує краї, але нових пікселів не створює.

r = f · tan θ проти r = f · θ

ЗЕМЛЯ, КАРТА І 3D



Трикутник із питання 10: висота H, дальність по землі, похила дальність і кут від вертикалі.

10 **Де на землі те, що я бачу в пікселі?**

Точка на землі це положення дрона плюс висота на тангенс кута променя. «Висот» тут три: над точкою зльоту, над рівнем моря і над еліпсоїдом GPS, і між двома останніми в Європі десятки метрів. Потрібна четверта, над землею під ціллю, для неї є карти рельєфу. Помилка висоти 10 м під кутом 60° дає 17 м на землі. А компас показує на магнітну північ, не на справжню.

GR = H · tan θ

11 Чому відстані на вебкарті брешуть?

Проєкція Меркатора розтягує карту тим сильніше, чим далі від екватора. На широті 50° метр на карті в 1,56 раза довший за справжній, а площі більші в 2,4 раза. Градус довготи там має 71,6 км замість 111,3. Міряй у метрах на місцевості, а не в пікселях карти.

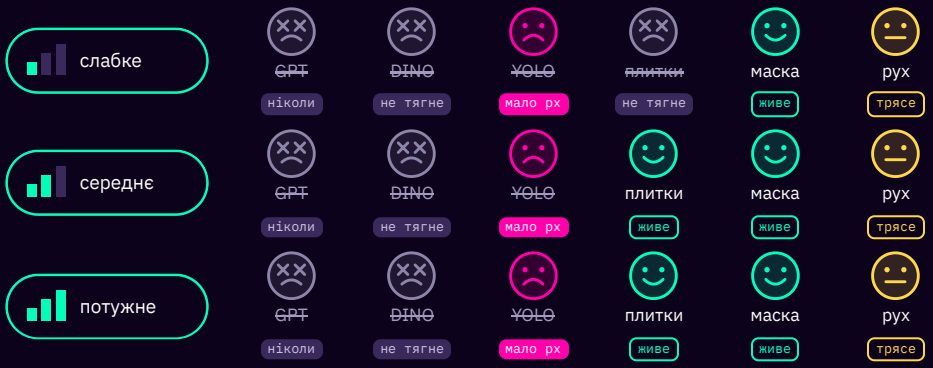
масштаб = 1 / cos(широта) **м/px = 156 543 · cos(широта) / 2^z**

12 3D-модель для синтетики: звідки викривлення поверхні й розрив текстури?

З тієї самої математики, що й Меркатор: криву поверхню не можна розгорнути на площину без розтягу, це довів Гаусс. Розгортка UV розтягує текстуру там, де поверхня крива, і рве її на швах. Став шви там, куди камера не дивиться, і перевір щільність: текстура 2048 px на семиметровій моделі дає 293 текселі на метр, а камера зі 100 м бачить 11 px на метр. Рендер пропускай крізь ту саму камеру, яку порахувала: розмір, змаз, шум.

текселі на метр = розмір текстури / розмір моделі

БОРТ



Та сама сцена на трьох класах заліза. Слабкому плитки вже заважкі.

13 Скільки кадрів за секунду потрібно борту?

Стільки, щоб ціль між кадрами не втекла від трекера. Земля під камерою на 20 м/с зі 100 м їде на 7 px за кадр при 30 кадрах за секунду і на 44 px при п’яти. Шість плиток по 40 мс це 4 кадри за секунду. Затримка 200 мс на цій швидкості це 4 м, на які дрон уже полетів далі. Мікроконтролер рахує фільтри й телеметрію, мережа для нього завелика: про плати йдеться в розділі 10.

зсув = v / (кадри/с · GSD) **кадри/с = 1 / (плитки · час мережі)**

02 Дивись як Воловіц, а не як Шелдон · продовження

КАРТКА МЕЖ: ЗАПОВНИ ДО ВИБОРУ АРХІТЕКТУРИ

ЩО ПОРАХУВАЛА	ЩО ЦЕ ВИРІШУЄ
Пікселі на цілі	Метод: трек і маска, плитки чи звичайний детектор.
Змаз і шум	Витримку, потребу в підвісі й те, які аугментації чесні.
Контраст у тумані й темряві	Видима камера чи теплова, і які умови мають бути в датасеті.
Час на цілі, кадри за секунду	Розмір входу, кількість плиток і плату.
Помилка точки на землі	Що можна обіцяти операторові.
Проєкція й висоти	Як зшивати детекції з картою.
Розгортка й щільність текстури	Чи годиться 3D-модель для синтетики з цієї висоти.

порядок

Спершу межі, потім дані, потім модель. Якщо ціль має 5 px, найкращий детектор не допоможе. Якщо 40, вистачить простого.

ЩЕ Коли сонце низько й тіні довгі: калькулятор NOAA · Blender

вдома

Візьми свій калькулятор із розділу 5 і додай чотири рядки: змаз від швидкості, змаз від повороту, контраст за видимістю, час на цілі. Заповни картку меж для однієї камери й двох профілів польоту: крило на 100 м і коптер на 30 м. Потім покрути межі на головній сторінці карти.

☐ готово, коли Маєш одну сторінку з числами, з якої видно, який метод має сенс, ще до першого розміченого кадру.

03 ПІД УСІМ

Математика, яка справді потрібна

ВХІД
шкільна математика, напівзабута

ВИХІД
→ прочитати оцінку, матрицю, криву втрат

Детектор не каже «танк». Він каже 0,88. Щоб прочитати це число, криву втрат чи матрицю камери, досить шкільної теорії ймовірностей і трохи лінійної алгебри. Диплом не потрібен.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО **Essence of Linear Algebra** ↗
3BLUE1BROWN · 4 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Вектори, матриці й перетворення рухомими картинками. Подивися його ще до того, як зустрінеш першу формулу.

БЕЗКОШТОВНО **Seeing Theory** ↗
BROWN UNIVERSITY · 3–5 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Імовірність і теорема Баєса, які можна тягати мишкою.

БЕЗКОШТОВНО **Think Stats, 3rd edition** ↗
ALLEN DOWNEY · 20 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Статистика через код на Python, для тих, хто думає кодом.

БЕЗКОШТОВНО **Essence of Calculus** ↗
3BLUE1BROWN · 3 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Похідні й ланцюгове правило: усе, що треба для тренування мережі.

БЕЗКОШТОВНО **18.06SC Linear Algebra** ↗
MIT OPENCOURSEWARE · 40+ ГОД · СЕРЕДНІЙ
Строгий курс на день, коли захочеш доведень і задач.

ЩЕ Mathematics for Machine Learning (книжка) · Khan Academy, закрити прогалини

вдома

Візьми вихід будь-якого детектора з оцінками. Побудуй гістограми оцінок для правильних і для хибних детекцій. Посунь поріг і порахуй, що втрачаєш і що пропускаєш.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Можеш пояснити подрузі, чому поріг 0,5 обирають, а не отримують готовим.

04 ПІД УСІМ

З бекенду в масиви

ВХІД
списки, цикли, JSON

ВИХІД
→ зображення як масив, який можна різати

Бекенд рухає записи. Зір рухає масиви. Зображення зберігається блоком чисел: висота на ширину на три. Більшість помилок першого місяця тут: не та вісь, не той тип, не той порядок кольорів.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО **NumPy: the absolute basics for beginners** ↗
NUMPY · 3 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Масиви, зрізи, broadcasting. Три години, які окупаються щодня.

БЕЗКОШТОВНО **A crash course on NumPy for images** ↗
SCIKIT-IMAGE · 1 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Рядки й стовпці, канали, маски: домовленості, які кусаються.

БЕЗКОШТОВНО **Python / NumPy tutorial** ↗
STANFORD CS231N · 2 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Швидкий місток для тих, хто вже програмує.

БЕЗКОШТОВНО **Python Data Science Handbook** ↗
JAKE VANDERPLAS · 8 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Розділи про NumPy і Matplotlib, коли захочеш глибше.

вдома

Завантаж фото як масив. Без бібліотек для зображень: обріж його, віддзеркаль, поміняй місцями червоний і синій, зроби сірим і намалюй прямокутник, присвоївши значення зрізу.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Читаєш `img[y1:y2, x1:x2, ::-1]` без зупинки.

05 У ПОВІТРІ, НА КОЖНОМУ КАДРІ

Світло, об’єктив, сенсор

ВХІД
світло зі сцени

ВИХІД
→ кадр і кількість пікселів на цілі

Ще до будь-якої мережі, оптика вже вирішила, що можна побачити. Машина завдовжки чотири метри, знята зі ста метрів ширококутним об’єктивом, може зайняти 30 px. Не з тим об’єктивом їх 8, і жодна модель цього не поверне.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО **First Principles of Computer Vision** ↗
SHREE NAYAR, COLUMBIA UNIVERSITY · 40+ ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Для початку два модулі: Image Formation та Image Sensing.

БЕЗКОШТОВНО **Understanding focal length and field of view** ↗
EDMUND OPTICS · 30 ХВ · ПОЧАТКОВИЙ
Фокусна відстань, розмір сенсора й кут огляду на двох сторінках.

БЕЗКОШТОВНО **Скільки землі покриває один піксель?**
КАЛЬКУЛЯТОРИ
Два калькулятори, щоб перевірити власну арифметику:
розмір пікселя на землі · кут огляду

БЕЗКОШТОВНО **CMOS rolling shutter cameras** ↗
BASLER · 30 ХВ · ПОЧАТКОВИЙ
Рухомий і глобальний затвор, і що рух робить з кожним.

БЕЗКОШТОВНО **Thermal cameras (white paper)** ↗
AXIS · 1 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Теплові камери: чутливість, дальність і що треба, щоб виявити чи розпізнати.

ЩЕ Характеристики камер Pi · Довідник Edmund · Калібрування в OpenCV

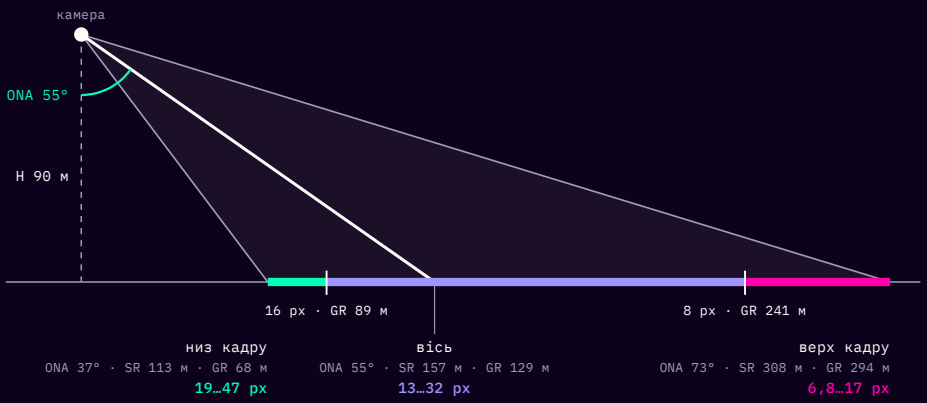
вдома

Сфотографуй метровий предмет із 2, 5 і 10 метрів. Порахуй його висоту в пікселях. Порівняй із тим, що передбачають числа об’єктива й сенсора.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Знаючи камеру, висоту й розмір цілі, скажеш, скільки пікселів вона займе.

ПІКСЕЛІ НА ЦІЛІ: ПОРАХУЙ ДО ТОГО, ЯК ТРЕНУВАТИ

Модель ніколи не бачить машину. Вона бачить кількість пікселів, а цю кількість ще до зльоту визначають чотири речі: висота над землею, кут камери, об’єктив і розмір цілі. Зведи їх в один рядок арифметики, і знатимеш, що можна знайти і в якій частині кадру, ще до першого розміченого зображення.



Висота 90 м, вісь камери 55° від надиру, об’єктив 60°, кадр 1280 px завширшки. Ціль: машина 4,5 × 1,8 м. Перше число носом до камери, друге боком.

`f = (W / 2) / tan(HFOV / 2)`	фокус у пікселях: із ширини кадру W і горизонтального кута огляду
`SR = H / cos(ONA)`	похила дальність, тобто відстань уздовж променя. ONA: кут від надиру, від напрямку прямо вниз
`px = f · L / SR`	пікселів на цілі розміром L посередині кадру

Зі 100 м під кутом 60° від надиру до машини 200 м уздовж променя: носом до камери вона має 10 px, боком 25. Опусти ту саму камеру до 30°, і ті самі 1,8 метра стають 17 пікселями. У моделі при цьому не змінилось нічого.

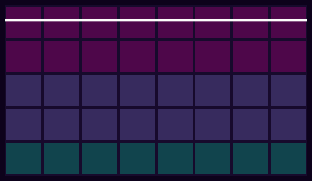
05 Світло, об’єктив, сенсор · продовження

КАДР НЕ МАЄ ОДНОГО ЧИСЛА

Верх кадру дивиться далеко, низ близько, тож та сама ціль в одному місці пляма, а в іншому об’єкт. Поріж кадр на цеглинки, порахуй формулу для центру кожної й пофарбуй за найгіршим ракурсом цілі. Цю карту малюють до вибору моделі.



Висота 50 м, вісь 70° від надиру, крен 15°. У кожній цеглинці: пікселі носом … боком і похила дальність до землі в цій точці.



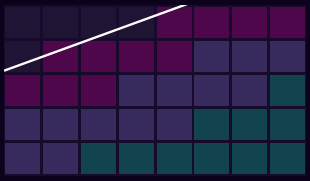
РІВНО, ДИВИМОСЬ ДАЛЕКО · ONA 75°

Пляму видно до 245 м, малий об’єкт до 116 м. Більша частина кадру надто далеко.



КАМЕРУ ОПУЩЕНО · ONA 45°

У кожній цеглинці 16 px і більше. Але кадр закінчується за 98 м.



КРЕН 20°, БЕЗ ПІДВІСУ

Добрі цеглинки з’їжджають в один нижній кут. Стабілізована камера повертає смугу.

Читай карту як дві зони. Далека, під горизонтом: пляма, яка каже лише «тут щось є». Ближня, біля нижнього краю: досить пікселів, щоб сказати, що це. Ціль, яка підійшла досить близько для класу, уже з’їжджає за нижній край кадру. Ці зони рухають висота, нахил камери й підвіс. Модель їх не рухає.

05 Світло, об’єктив, сенсор · продовження

ЗВІДКИ БЕРУТЬСЯ ЧОТИРИ ЧИСЛА

ЧИСЛО	ЗВІДКИ	ОБЕРЕЖНО
H, висота над землею	Барометр, GNSS або далекомір. У MAVLink: поле `relative_alt` у `GLOBAL_POSITION_INT`.	Це висота над точкою зльоту. Над пагорбом чи яром земля деінде.
ONA, кут від надиру	Тангаж і крен з `ATTITUDE` плюс кут кріплення камери. З підвісом: його повідомлення про стан.	Без підвісу камера нахиляється з бортом на кожному розвороті.
f, фокус у пікселях	Кут огляду й ширина кадру або калібрування.	Рахуй пікселі на вході детектора, а не на сенсорі.
L, розмір цілі	Таблиця розмірів.	Бери вузький бік: носом до камери ціль і стане.

ПІКСЕЛІ ОБИРАЮТЬ МЕТОД

ВУЗЬКИЙ БІК	ЩО ТАМ Є	ЩО ПРАЦЮЄ
менше 4 px	Шум. В одному кадрі ціль не відрізнити від каменя.	Лише рух: різниця між кадрами, трек до детекції.
4–8 px	Пляма: «тут щось є», без класу.	Мережа, яка малює маску чи теплову карту замість рамки, на повній роздільності.
8–16 px	Малий об’єкт, клас щонайбільше грубий.	Детектор на плитках (SAHI) з головою для дрібних масштабів.
16–32 px	Об’єкт із класом.	Звичайний детектор і рамка, яку можна вести.
32 px і більше	Деталі: тип, частини, напрямок.	Будь-що, класичні методи теж.

Межі взято не зі стелі. Людині треба близько 2 px на вузькому боці, щоб помітити ціль, 8 px, щоб розпізнати, і 13 px, щоб ідентифікувати: критерії Джонсона. Бенчмарк AI-TOD називає 2–8 px дуже крихітними, 8–16 px крихітними, 16–32 px малими.

`SR_max = f · L / px_min`	Кожен піксель порогу коштує дальності. Для боку 1,8 м: 8 px дістають на 249 м, 16 px на 125 м, 32 px на 62 м.

05 Світло, об’єктив, сенсор · продовження

ЧОГО ФОРМУЛА НЕ БАЧИТЬ

- **Змаз.** Камера рухається, поки затвор відкритий. Змаз у пікселях: швидкість на витримку, поділені на метри в пікселі. 20 м/с за 1/100 с при 10 см на піксель розмазують кожен край на 2 px.
- **Об’єктив і повітря.** Формула вважає оптику ідеальною. Справжній об’єктив, імла й стиснення відео розчиняють малу ціль у тлі першою.
- **Рельєф.** Висоту міряють від точки зльоту, а земля не пласка. На схилі вся карта зсувається.
- **Розмір входу.** Рахуй на вході детектора. Кадр 1920 px, стиснутий до 640, лишає третину кожного числа вище.
- **Сама ціль.** Дерева, тінь, маскування, розвернутий корпус. Порахуй вузький бік і чекай меншого.

БЕЗКОШТОВНО **MAVLink common messages** ↗

MAVLINK · ДОВІДНИК · СЕРЕДНІЙ

Повідомлення, що несуть висоту й орієнтацію: GLOBAL_POSITION_INT, ATTITUDE, стан підвісу.

БЕЗКОШТОВНО **Dissecting the camera matrix: the intrinsic matrix** ↗

KYLE SIMEK · 30 ХВ · СЕРЕДНІЙ

Що таке фокус у пікселях і де він стоїть у матриці камери.

БЕЗКОШТОВНО **AI-TOD: tiny objects in aerial images** ↗

WANG ET AL. · ДАТАСЕТ · СЕРЕДНІЙ

Бенчмарк, де середній об’єкт має 12,8 px: що «крихітне» робить із детектором. Лише для досліджень.

ЩЕ Метри на піксель · Похила дальність · Тангаж, крен і фокус з одного кадру: GeoCalib · Чому IoU ламається на 8 px · Малі цілі як маски: BasicIRSTD · Підвіси · Політ за рельєфом

вдома

Напиши калькулятор: тридцять рядків на Python. На вході висота, кут, кут огляду, розмір кадру й розмір цілі; на виході пікселі носом і боком. Поріг кадр на цеглинки й пофарбуй карту. Потім звір одну цеглинку з фото, знятим із балкона чи пагорба.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Для будь-якої камери й будь-якого профілю польоту намалюєш карту кадру й назвеш метод для кожної зони.

06 У ПОВІТРІ, НА КОЖНОМУ КАДРІ

Класичний зір: Python, потім C++

ВХІД
кадр

→

ВИХІД
краї, форми, рух, геометрія

Мережа потрібна не всюди. Пороги, краї, оптичний потік і геометрія працюють на крихітному процесорі й ніколи не вигадують. Ними досі стабілізують відео, калібрують камеру й перевіряють те, що стверджує мережа. На борту цей код часто пишуть на C++.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО

First Principles of Computer Vision ↗

SHREE NAYAR, COLUMBIA UNIVERSITY · 40+ ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Увесь курс про те, чому кожен метод працює: фільтри, краї, ознаки, гомографія, оптичний потік.

БЕЗКОШТОВНО

OpenCV-Python tutorials ↗

OPENCV · 15 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Ті самі алгоритми руками, на Python.

БЕЗКОШТОВНО

OpenCV Bootcamp ↗

OPENCV UNIVERSITY · 3 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Тригодинний огляд, якщо ще не відкривала OpenCV.

БЕЗКОШТОВНО

Modern C++ for Computer Vision (2020)

ВІЦЦО І СТАХНІСС, БОННСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ · 20 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Сучасний C++ для тих, хто займається зором, з інструментами збирання й уроком з OpenCV: сторінка курсу · лекції

БЕЗКОШТОВНО

CMake Tutorial ↗

KITWARE · 4–6 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Як збирається проєкт на C++, крок за кроком.

ЩЕ Уроки OpenCV для C++ · learncpp.com, як довідник

вдома

Відстеж яскравий предмет у відео з вебкамери на Python: поріг, контури, центр. Потім напиши те саме на C++ з CMake і заміряй час обох.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Версія на C++ збирається з чистої копії однією командою.

07 У ПОВІТРІ, НА КОЖНОМУ КАДРІ

Глибоке навчання для зору

ВХІД
пікселі

→

ВИХІД
прогноз з імовірністю

Мережа працює як функція з мільйонами ручок, які крутять дані. Теорії треба стільки, щоб вибрати мережу, натренувати її та помітити, коли вона бреше. Спершу один практичний курс, пізніше один строгий.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО

Practical Deep Learning for Coders ↗

FAST.AI · 9 УРОКІВ · СЕРЕДНІЙ

Згори вниз: робоча модель на першому уроці, теорія потім.

БЕЗКОШТОВНО

CS231n: Deep Learning for Computer Vision, 2025 ↗

STANFORD · 30–60 ГОД · ПРОСУНУТИЙ

Строгий: згортки, детекція, трансформери.

БЕЗКОШТОВНО

Dive into Deep Learning ↗

D2L.AI · ДОВІДНИК · СЕРЕДНІЙ

Підручник, де кожна формула запускається. У розділі 14 збирають детектор.

БЕЗКОШТОВНО

Computer Vision Course ↗

HUGGING FACE · У СВОЄМУ ТЕМПІ · СЕРЕДНІЙ

Безкоштовний курс, який доходить до сучасних архітектур.

ЩЕ Конспекти CS231n

вдома

Донавчи малий класифікатор на двох класах власних фото. Потім знайди двадцять зображень, де він помиляється, і по кожному скажи, чому.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Можеш намалювати, що відбувається із зображенням 640 на 640 між входом і відповіддю.

08 ДО ПОЛЬОТУ

Дані

ВХІД
публічні набори, рендери, відкритий веб

ВИХІД
→ перевірений, розмічений датасет

В оборонці датасет ніхто не дасть. Тут більша частина роботи і більша частина помилок. Законних джерел три: публічні датасети, синтетичні рендери і зображення з відкритих джерел, які переглянула людина.

ПУБЛІЧНІ ДАТАСЕТИ, ВИД ЗГОРИ

почни тут

БЕЗКОШТОВНО

VisDrone ↗

TIANJIN UNIVERSITY · ДАТАСЕТ

Відео й фото з дронів із рамками. З нього починають вид згори. Ліцензію не вказано: вважай, що лише для досліджень.

БЕЗКОШТОВНО

DOTA ↗

WUHAN UNIVERSITY · ДАТАСЕТ

Аерознімки з повернутими рамками. Лише для академічного використання.

БЕЗКОШТОВНО

xView ↗

DIUX / NGA · ДАТАСЕТ

Супутникові знімки, 0,3 метра на піксель, 60 класів.

БЕЗКОШТОВНО

DroneVehicle (RGB + infrared) ↗

VISDRONE TEAM · ДАТАСЕТ

Пари кольорових та інфрачервоних кадрів із дрона, день і ніч.

ЩЕ COCO · Open Images · Roboflow Universe (читай кожну ліцензію) · Anti-UAV, теплове відео

08 Дані · продовження

СИНТЕТИКА І ЗІБРАНЕ

БЕЗКОШТОВНО

Blender ↗

BLENDER FOUNDATION · ІНСТРУМЕНТ

Рендер того, чого нема. Урок, який коштував мені найдорожче: об’єкт має бути точним, усе інше випадковим. Гонитва за реалізмом тягне не за той важіль.

БЕЗКОШТОВНО

Poly Haven ↗

POLY HAVEN · ТЕКСТУРИ, НЕБО

Текстури й небо під CC0, для випадкової частини.

БЕЗКОШТОВНО

CVAT ↗

CVAT.AI · ІНСТРУМЕНТ · ПОЧАТКОВИЙ

Безкоштовна розмітка: рамки, полігони, відео, з підказками моделі.

ЩЕ Label Studio

П’ЯТЬ ПАСТОК

- **Дисбаланс класів.** Десять тисяч танків, двісті радарів: модель знає лише танки.
- **Витік між train і val.** Сусідні кадри одного відео з обох боків: 0,95 на папері, 0,4 в полі. Діли за відео, а не за кадрами.
- **Розрив доменів.** Модель навчена на рендерах чи фото з землі, а літає на дроні.
- **Малі об’єкти.** Ціль завширшки п’ятнадцять пікселів. Ріж кадр на плитки, піднімай роздільність або міняй об’єктив.
- **Залізо диктує модель.** На борту кілька ватів. Модель обирають під чип, а не під таблицю лідерів.

вдома

Завантаж валідаційну частину VisDrone. Порахуй об’єкти кожного класу й розміри їхніх рамок у пікселях. Побудуй обидві гістограми.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Можеш сказати, чого у твоєму датасеті нема.

09 ДО ПОЛЬОТУ

Тренування і читання метрик

ВХІД
датасет

ВИХІД
→ ваги й числа, які можна захистити

Тренування тут найлегше: одна команда. Вміння в тому, щоб прочитати результат і знати ліцензію того, що натренувала.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО **Ultralytics documentation** ↗
ULTRALYTICS · 10 ГОД · СЕРЕДНІЙ
Тренування, перевірка й експорт у кілька рядків. VisDrone завантажується сам.

БЕЗКОШТОВНО **Performance metrics, explained** ↗
ULTRALYTICS · 1 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Precision, recall, mAP і матриця помилок простими словами.

БЕЗКОШТОВНО **SAHI: sliced inference for small objects** ↗
OBSS · 2 ГОД · СЕРЕДНІЙ
Ріже кадр на плитки, щоб малі об’єкти вижили.

БЕЗКОШТОВНО **Детектори під Apache-2.0**
КОД І ВАГИ, ЯКІ МОЖНА ПОСТАВЛЯТИ
Три сучасні детектори з вільною ліцензією: RF-DETR · D-FINE · RT-DETR

З ЛІМІТОМ **Безкоштовний GPU**
Є ТИЖНЕВІ КВОТИ Й ЛІМІТИ
Вистачить на кожну вправу цієї карти: Kaggle Notebooks · Google Colab

читай ліцензію

Код і ваги Ultralytics під AGPL-3.0: для пристрою чи комерційного продукту потрібна платна ліцензія. Щоб постачати, починай з детектора під Apache-2.0.

вдома

Натренуй nano-детектор на VisDrone кілька епох на безкоштовному GPU. Знайди клас і розмір рамки, де recall обвалюється.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Можеш назвати найслабше місце своєї моделі числом.

10 У ПОВІТРІ, НА КОЖНОМУ КАДРІ

На борту

ВХІД
натреновані ваги

ВИХІД
→ кадри за секунду на кількох ватах

Модель тренують на великому GPU, але з ним вона не літає. На борту малий комп'ютер і прискорювач на кілька ватів, тому модель експортують, квантують до 8-бітних цілих і компілюють під цей чип.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО **Raspberry Pi AI documentation** ↗
RASPBERRY PI · 3 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Raspberry Pi 5 з прискорювачем Hailo: встановити й запустити детектор.

БЕЗКОШТОВНО **hailo-apps** ↗
HAILO · 5 ГОД · СЕРЕДНІЙ
Тридцять готових конвеєрів: детекція, поза, сегментація.

БЕЗКОШТОВНО **Quantize ONNX models** ↗
ONNX RUNTIME · 2 ГОД · СЕРЕДНІЙ
Що квантування робить із моделлю і як його налагоджувати.

БЕЗКОШТОВНО **TinyML courseware** ↗
HARVARD TINYMLX · У СВОЄМУ ТЕМПІ · СЕРЕДНІЙ
Матеріали гарвардського TinyML: слайди й ноутбуки без обмеження доступу.

АУДИТ **Tiny Machine Learning** ↗
HARVARDX ON EDX · 3 КУРСИ · СЕРЕДНІЙ
Той самий курс із відео й розкладом. Доступ аудиту закінчується за кілька тижнів.

ЩЕ Hailo Model Zoo: компіляція власної моделі (гілка v2 для Hailo-8) · Експорт в ONNX · Edge Impulse, безкоштовний план

вдома

Експортуй детектор в ONNX і запусти на процесорі ноутбука через ONNX Runtime. Проквантуй. Заміряй швидкість і точність до та після. Є плата? Повтори на ній.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Маєш одну таблицю: модель, мегабайти, кадри за секунду, точність.

10 На борту · продовження

ТРИ РОДИНИ ПЛАТ

Чип вирішує, який інструмент перетворить твій ONNX на те, що він уміє запускати, а інструмент вирішує, які шари виживуть. Плату обирають спершу за ланцюжком інструментів, потім за ватами, і лише наостанок за числом на коробці.

ПЛАТА	ПРИСКОРЮВАЧ	ВІД ONNX ДО ЧИПА	ЦІНА ПИТАННЯ
Raspberry Pi 5 з Hailo	Окремий чип на PCIe: Hailo-8L, 13 TOPS, або Hailo-8, 26 TOPS.	Hailo Dataflow Compiler на ПК з Linux. Лише цілі числа, з калібруванням.	Кілька ватів. Компілятор суворий до незвичних шарів.
NVIDIA Jetson Orin Nano	GPU з CUDA, до 67 TOPS.	TensorRT збирає рушій на самій платі. Для 16 біт калібрування не треба.	7–25 Вт, тепло і ціна. Запускає майже будь-яку модель.
Orange Pi 5 та інші плати на RK3588	NPU всередині процесора, до 6 TOPS.	RKNN-Toolkit2 на ПК з x86 і Linux. 16 біт або 8-бітні цілі з калібруванням.	Зазвичай найдешевша. Документація бідніша.

БЕЗКОШТОВНО

Hello AI World ↗

NVIDIA · 6–10 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Класифікація, детекція й сегментація на Jetson через TensorRT, крок за кроком.

БЕЗКОШТОВНО

NVIDIA Jetson: setup and benchmarks ↗

ULTRALYTICS · 2 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Як налаштувати Jetson і що дає кожна точність: 32, 16 і 8 біт.

БЕЗКОШТОВНО

RKNN-Toolkit2 ↗

ROCKCHIP · 3 ГОД · СЕРЕДНІЙ

Конвертер для NPU від Rockchip зі списками підтримуваних чипів і шарів.

ЩЕ Jetson Orin Nano: перший запуск · TensorRT: швидкий старт · Jetson AI Lab · Готові моделі для RK3588 · Експорт в RKNN · Raspberry Pi: заміри · AI HAT+

перед покупкою

Експортуй власну модель в ONNX і прочитай список шарів, які чип підтримує. Один непідтримуваний шар посеред мережі коштує більше, ніж дає будь-який бенчмарк.

11 ПІД УСІМ

Електроніка і Pi вдома

ВХІД
живлення 5 В і кілька пінів

ВИХІД
→ плата, що бачить і говорить

Інженерка із зору, яка не читає розпіновку, цілий день чекає на когось іншого. Напруга, струм і три послідовні шини покривають більшість того, що треба бортовому комп'ютеру. Вивчити їх можна в браузері, ще не купивши плати.

почни тут

З ЛІМІТОМ **Wokwi simulator** ↗
WOKWI · 2–10 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
ESP32, Arduino й Pi Pico в браузері, з логічним аналізатором. Безкоштовні проєкти публічні.

БЕЗКОШТОВНО **Чотири короткі уроки**
SPARKFUN · ПО 1 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Найясніші пояснення основ: закон Ома · UART · I2C · SPI

БЕЗКОШТОВНО **Camera software** ↗
RASPBERRY PI · 3–5 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Камерний стек Pi: інструменти rpicam і Picamera2.

БЕЗКОШТОВНО **The Picamera2 Library** ↗
RASPBERRY PI · 4–8 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Бібліотека камери для Python, з прикладами для OpenCV і Hailo.

БЕЗКОШТОВНО **Getting started with the Camera Module** ↗
RASPBERRY PI FOUNDATION · 1 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Перший проєкт із камерою за годину.

ЩЕ All About Circuits, безкоштовний підручник

вдома

У Wokwi збери проєкт на ESP32 з MicroPython: блимни світлодіодом через резистор, прочитай датчик по I2C, наприклад MPU6050, виведи покази по UART і подивись на шину логічним аналізатором.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Можеш сказати, що несе кожен дріт у твоєму проєкті.

12 У ПОВІТРІ, НА КОЖНОМУ КАДРІ

Телеметрія і канал зв’язку

ВХІД
детекція

ВИХІД
→ повідомлення, що дійшло вчасно

Детекція, що лишилась на дроні, нічого не варта. Вона має стати повідомленням, пройти радіоканал, слабший, ніж хотілося б, і прийти вчасно. Усе це відпрацьовують на симуляторі.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО

ArduPilot SITL simulator ↗

ARDUPILOT · 3–4 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Повний автопілот на твоєму ноутбуці. Дрон не потрібен.

БЕЗКОШТОВНО

MAVLink

MAVLINK · 3 ГОД · СЕРЕДНІЙ

Протокол повідомлень, яким говорять малі дрони, і його бібліотека для Python: опис протоколу · pymavlink

БЕЗКОШТОВНО

QGroundControl user guide ↗

DRONECODE · 1–2 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Безкоштовна наземна станція, щоб стежити за симульованим дроном.

БЕЗКОШТОВНО

ExpressLRS: signal health ↗

EXPRESSLRS · 1 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ

Якість каналу, чутливість і дальність, пояснені відкритим радіопроєктом.

БЕЗКОШТОВНО

PySDR: a guide to SDR and DSP using Python ↗

MARC LICHTMAN · 3–10 ГОД · СЕРЕДНІЙ

Бюджет каналу на Python: втрати на трасі, антена, сигнал до шуму.

ЩЕ 3D-симулятори: ArduPilot з Gazebo · PX4 · MAVSDK · Бортові комп’ютери · CRSF

вдома

Запусти ArduPilot SITL і підключи QGroundControl. Напиши тридцять рядків на pymavlink, які пишуть HEARTBEAT, ATTITUDE і GLOBAL_POSITION_INT у CSV, потім вмикають мотори і злітають на десять метрів.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Твій скрипт і наземна станція показують ту саму висоту.

13 У ПОВІТРІ, НА КОЖНОМУ КАДРІ

Оцінювання стану й навігація

ВХІД
шумні датчики

ВИХІД
→ де дрон і де ціль

Кожен датчик трохи бреше. Фільтр зводить їх в одну оцінку того, де дрон, а геометрія перетворює піксель на місце на землі. Без цього детекція не має координат.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО **Kalman and Bayesian Filters in Python** ↗
ROGER LABBE · 20–40 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Фільтри Калмана крок за кроком у ноутбуках Python, просто в браузері.

БЕЗКОШТОВНО **kalmanfilter.net tutorial** ↗
ALEX BECKER · 3–5 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Та сама ідея на простих числах, по одному кроку.

БЕЗКОШТОВНО **REP 103: units and coordinate conventions** ↗
ROS · 30 ХВ · ПОЧАТКОВИЙ
Системи координат і одиниці на одній сторінці.

БЕЗКОШТОВНО **Inertial Navigation Primer** ↗
VECTORNAV · 4–6 ГОД · СЕРЕДНІЙ
Інерційні датчики, орієнтація, бюджет похибок.

БЕЗКОШТОВНО **An Introduction to GNSS** ↗
NOVATEL · 3–4 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Як працює супутникова навігація і де відмовляє.

БЕЗКОШТОВНО **Small Unmanned Aircraft: book draft and simulator** ↗
BEARD AND MCLAIN, BYU · 30+ ГОД · СЕРЕДНІЙ
Чернетка підручника із симулятором на Python: динаміка, автопілот.

вдома

Візьми CSV з проєкту про телеметрію. Зашум висоту і віднови її одновимірним фільтром Калмана. Намалюй три лінії: справжню, зашумлену, відфільтровану.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Можеш пояснити, чому фільтр менше довіряє шумнішому датчику.

14 У ПОВІТРІ, НА КОЖНОМУ КАДРІ

Уся система

ВХІД
усе, що вище

ВИХІД
→ одне рішення, вчасно

Найкраща модель за не тим об’єктивом, із запізнілим пакетом телеметрії, на платі, що перегрівається, дає систему, яка не працює. Хтось має тримати в голові весь ланцюг, записати, що має віддати кожна частина, і перевірити стики. Рідко це та людина, яка лише тренує моделі.

почни тут

БЕЗКОШТОВНО
NASA Systems Engineering Handbook ↗
NASA · 3 ГОД НА РОЗДІЛ 2 · ПОЧАТКОВИЙ
Читай розділ 2: вимоги, компроміси, життєвий цикл. Писали для ракет, для дрона так само правда.

БЕЗКОШТОВНО
GStreamer tools ↗
GSTREAMER · 2 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Як відео рухається малим комп’ютером: збери конвеєр із командного рядка.

БЕЗКОШТОВНО
ROS 2: first steps ↗
OPEN ROBOTICS · 4–6 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ
Як роботи ділять софт на частини, що розмовляють між собою.

БЕЗКОШТОВНО
16.842 Fundamentals of Systems Engineering ↗
MIT OPENCOURSEWARE · 10–30 ГОД · ПРОСУНУТИЙ
Повний магістерський курс на день, коли захочеш метод.

вдома

Намалюй власну версію карти для одного зі своїх проєктів. На кожній стрілці напиши, що нею йде, як часто і що буде, коли вона відмовить.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Можеш назвати найслабшу ланку свого проєкту й довести це заміром.

15 ТИ

Шість домашніх проєктів

Одна драбина через усю карту. Кожен щабель займає вечір або вихідні й закінчується тим, що можна показати.

1 Плата в браузері

ТРЕБА Браузер.

ЗРОБИ ESP32 у Wokwi: світлодіод, датчик на I2C, покази по UART.

ДОКАЗ Логічний аналізатор показує адресу твого датчика.

ЧИТАЙ 11

2 Класичний зір, двічі

ТРЕБА Ноутбук із вебкамерою.

ЗРОБИ Трекер яскравого предмета на Python. Потім те саме на C++ з CMake.

ДОКАЗ Обидва друкують ті самі координати, і ти знаєш, який швидший.

ЧИТАЙ 04 06

3 Скільки пікселів

ТРЕБА Raspberry Pi з камерою або будь-яка камера з таблицею характеристик.

ЗРОБИ Зніми кадри, виміряй кут огляду, передбач пікселі на цілі з 2, 5 і 10 метрів. Потім намалюй карту з цеглинок із розділу 5 для виду зі свого вікна.

ДОКАЗ Прогноз розходиться з виміром менш ніж на десять відсотків.

ЧИТАЙ 05 11

15 Шість домашніх проєктів · продовження

4 Власний детектор

ТРЕБА Безкоштовний GPU на Kaggle чи Colab.

ЗРОБИ Nano-детектор, натренований на VisDrone. Прочитай метрики, збери помилки.

ДОКАЗ Одна сторінка: матриця помилок і двадцять кадрів, де модель схибила.

ЧИТАЙ 07 08 09

5 Щоб влізло

ТРЕБА Ноутбук. Raspberry Pi, якщо є.

ЗРОБИ Експорт в ONNX, квантування, заміри до та після.

ДОКАЗ Таблиця: мегабайти, кадри за секунду, точність.

ЧИТАЙ 10

6 Замкнути коло

ТРЕБА Ноутбук з Linux або WSL на Windows.

ЗРОБИ Симульований дрон. Читай його телеметрію, малюй висоту й орієнтацію поверх відео, кожну детекцію надсилай повідомленням до наземної станції.

ДОКАЗ Детекція з’являється на наземній станції поруч із положенням дрона.

ЧИТАЙ 12 13 14

далі

Виклади кожен проєкт на GitHub з README, коротким відео й чесними числами, разом із місцем, де він не працює. Саме про це місце запитають на співбесіді.

16 ТИ

Як зайти в галузь

Поріг входу нижчий, ніж здається, і галузі потрібно нас більше. Команди беруть людей, які зібрали щось мале, що працює, і можуть сказати, де воно ламається.

ДЕ РОБОТА

почни тут

БЕЗКОШТОВНО

DOU DefTech jobs ↗

DOU · ВАКАНСІЇ · УКРАЇНСЬКОЮ

Найбільша дошка вакансій defence tech в Україні. Постав фільтр AI / ML і прочитай, що шукають команди.

БЕЗКОШТОВНО

Who defence tech hires: the numbers ↗

DOU · 20 ХВ · УКРАЇНСЬКОЮ

Дослідження на даних: кого наймають і навіщо.

БЕЗКОШТОВНО

Brave1 ↗

UKRAINE'S DEFENCE-TECH CLUSTER · КЛАСТЕР · УКРАЇНСЬКОЮ

Державний кластер оборонних технологій: що будують і фінансують.

ЩЕ Вакансії DOU з фільтром AI / ML

ЗБИРАЙ З ІНШИМИ

БЕЗКОШТОВНО

European Defense Tech Hub

EDTH · ХАКАТОНИ ПО ЄВРОПІ

Хакатони на вихідні з напрямом «комп'ютерний зір і edge AI». Заявки відбирають: про них · календар

БЕЗКОШТОВНО

CASSINI Hackathons ↗

EUROPEAN UNION · ХАКАТОН

Хакатон ЄС на космічних даних, з майданчиками в Польщі й Україні. Космічний досвід не потрібен.

ЩЕ EUDIS Defence Hackathon: чекай наступного набору

16 Як зайти в галузь · продовження

ВИВЧИ САМ АПАРАТ

БЕЗКОШТОВНО

Інженер БПЛА. Базовий курс ↗

PROMETHEUS, VICTORY DRONES, NAU · 6 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ · УКРАЇНСЬКОЮ

Базовий курс інженерії БПЛА: аеродинаміка, бортова електроніка, навігація, відмови в полі.

БЕЗКОШТОВНО

Народний FPV ↗

PROMETHEUS, VICTORY DRONES · 8 ГОД · ПОЧАТКОВИЙ · УКРАЇНСЬКОЮ

Збери FPV-дрон власноруч. Курс безкоштовний, деталі — ні.

ЩЕ Як стати інженером БПЛА (DOU)

ЧИМ ОБОРОНКА ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ

БЕЗКОШТОВНО

Exporting dual-use items ↗

EUROPEAN COMMISSION · 20 ХВ

Софт і знання теж вважаються товарами подвійного призначення. Прочитай, перш ніж публікувати роботу чи їхати з нею за кордон.

БЕЗКОШТОВНО

Brave1 Dataroom announcement ↗

MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE · 5 ХВ

Чому робочі датасети й ваги лишаються закритими.

БЕЗКОШТОВНО

Think before you share ↗

UK MINISTRY OF DEFENCE · 10 ХВ

Старе, коротке і ясне: фото, геомітки, подробиці роботи.

ДЛЯ ЖІНОК

ЩЕ Perspektywy Women in Tech (Польща): менторство, стипендії · Women in Defense Tech · Менторство Women4Cyber

портфоліо

Оголошення повторюють той самий список: Python і C++, OpenCV, PyTorch, ONNX, інференс на малій платі, тести на справжньому пристрої. Два-три проєкти з чесними числами кажуть більше за сертифікат. Розмітка, перевірка датасетів і польові тести теж відчиняють двері в команди із зору.

☐ ГОТОВО, КОЛИ Ти надіслала одну заявку або записалась на один хакатон.

— ДРІБНИЙ ШРИФТ

Подяки й умови

Текст і верстка © 2026 Дарія Чупріна. Цю карту можна поширювати й переробляти за ліцензією Creative Commons Attribution 4.0.

Фігура на обкладинці показує маску однієї машини в синтетичному кадрі, 415 на 222 пікселі в оригіналі. 3D-модель: Abrams M1A1 [Free], автор DerpDude, CC BY 4.0. Шрифт: IBM Plex, SIL Open Font Licence.

Знайшла мертве посилання чи кращий ресурс? Напиши мені: linkedin.com/in/dchuprina.

Найновіша версія і вихідні файли: chuprinadaria.github.io/wawtech-2026-roadmap.

ДЯКУЮ

Анару Лавреньову за науку. Окремо відділу CV + ML у BBTech і керівникам департаментів. Усій опенсорс-спільноті й кожному, хто робить у неї свій внесок, навіть дрібний. І всім людям із невимовними прізвищами, чиї дисертації й статті я читала довгими ночами.

ЧОГО ТУТ НЕМА

Платних курсів, програм лише для компаній і всього, що я не змогла відкрити. Робочих датасетів, робочих моделей і робочих відео тут теж нема і не буде. Це MilTech, крихітко 😉