

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

Обнаружение дронов над складом

Оптико-электронная система на методе ЗОНА-ПАРА · engiAI Ethernet System

Небо делится на зоны. Кадр камеры разбивается на сетку участков неба, и по каждому нейросеть отвечает отдельно: чисто или посторонний объект. Зона знает своё небо — с облаками, солнцем, краем крыши и мачтой.

Точка в небе — это уже обнаружение. Решает контраст, а не форма. Тёмный объект на ровном небе виден с двух пикселей, а на такой сетке два пикселя — это два километра.

Переход между зонами даёт трек. Номер зоны — направление, порядок и время переходов — угловая скорость, рост объекта в кадре — сближается он или проходит мимо.

Птицу от дрона отличает поведение. У дрона курс ровный, у птицы рыскает. Решение принимается не по одному кадру.

Одна камера, один сервер, никакого облака. Система обнаруживает и оповещает, ничего не глушит и не сбивает — разрешений не требует.

1. Зачем это складу

Распределительный центр — это десятки тысяч квадратных метров кровли, открытая площадка с техникой, зона погрузки, где всегда люди, и товар, который весь застрахован. Всё это лежит под открытым небом и никем не наблюдается выше уровня забора.

Периметр закрыт: заборы, камеры, охрана, контроль доступа. Воздух не закрыт ничем. Между тем именно оттуда приходят события, которые дороже всего обходятся: разведывательный облёт перед кражей, съёмка внутренней логистики, сброс груза на территорию, прямое повреждение кровли или техники.

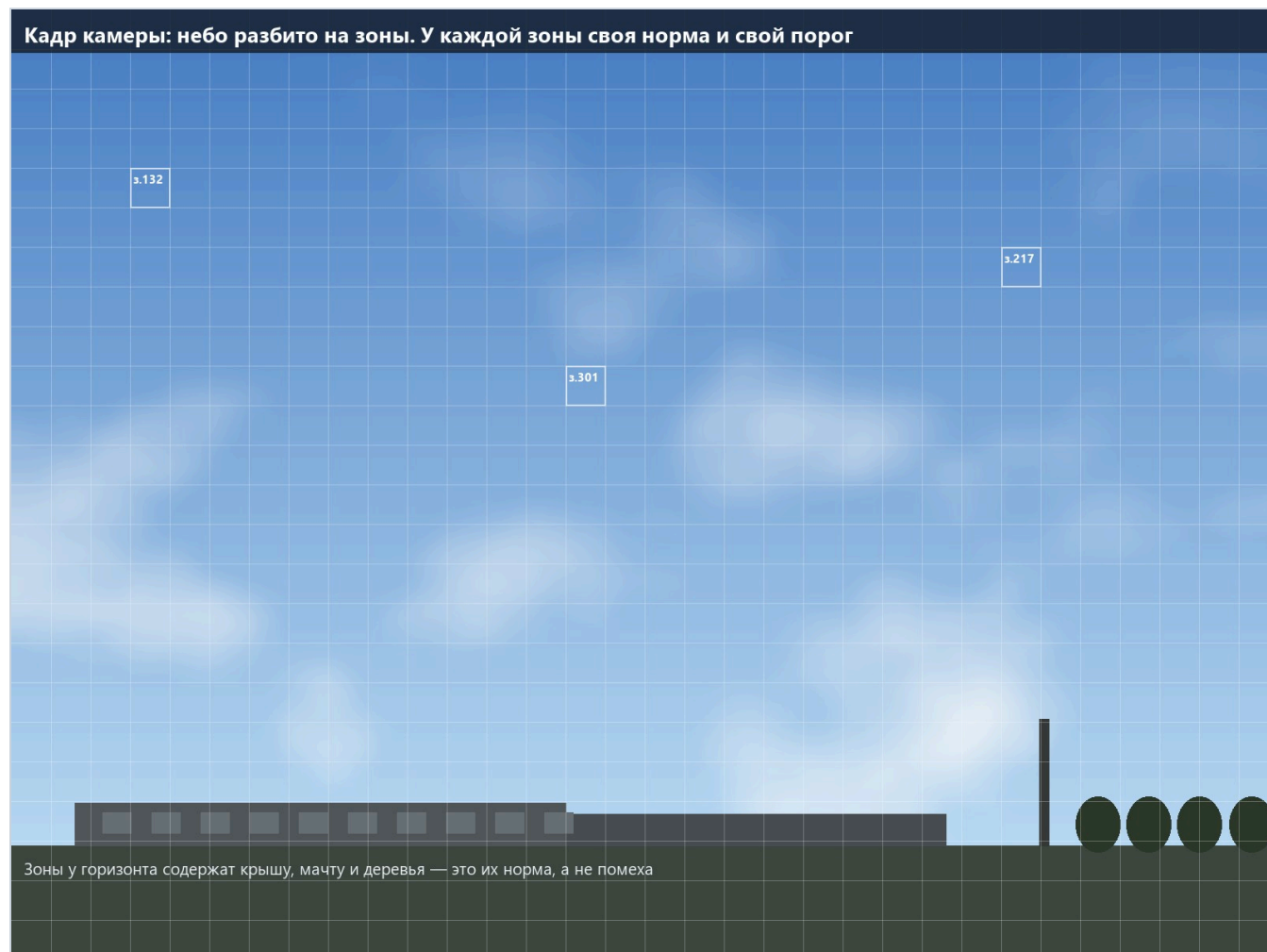
Радиодетекторы, которые обычно предлагают для защиты от дронов, ловят связь дрона с пультом. Дрон, идущий по заранее записанному маршруту с выключенным передатчиком, для них не существует. **Камера видит его независимо от того, включено у него радио или нет.**

Предлагаемая система решает одну задачу и решает её честно: **увидеть, что в небе над объектом появился посторонний, определить, откуда он идёт и сближается ли, и поднять тревогу за десятки секунд до подлёта.** Она не глушит, не перехватывает и не применяет никаких средств воздействия — поэтому не требует специальных разрешений и может стоять на любом коммерческом объекте.

2. Идея: небо делится на зоны

Обычный подход к поиску объектов — детектор, который ищет в кадре предметы известной формы и обводит их рамкой. На небе он работает плохо, и вот почему: у дрона на дистанции полтора километра нет формы. Это две-три точки. Детектору нечего обводить.

Метод ЗОНА-ПАРА заходит с другой стороны. Кадр заранее размечается сеткой зон — фиксированных участков неба. Для каждой зоны обучается своя пара ответов: **норма** (так эта зона выглядит, когда всё спокойно) и **объект** (в зоне появилось постороннее). Вопрос к нейросети формулируется не «что это за предмет», а «этот кусок неба сейчас такой же, как обычно, или нет». На такой вопрос ответить можно даже по двум пикселям.



Кадр камеры с наложенной сеткой зон. Каждая зона — отдельный участок неба со своей нормой и своим порогом чувствительности.

Почему зона знает больше, чем общий детектор

Небо только кажется однородным. На одном кадре одновременно есть: яркая дымка у горизонта и густая синева в зените, кучевые облака, засветка от солнца в одном углу, край кровли и мачта внизу, деревья и провода у линии горизонта.

Общая модель «найди объект в небе» вынуждена справляться со всем этим сразу — и на краях кадра ошибается. Зона решает более узкую задачу: она сравнивает то, что видит, только с тем, как выглядит эта же самая зона в норме. Зона над кровлей знает, что край кровли в ней есть всегда. Зона с мачтой

знает про мачту. Зона в зените не видела в своей жизни ничего, кроме неба и облаков, и поэтому у неё самый чувствительный порог.

Что даёт разбиение на зоны	Почему это важно на небе
Своя норма у каждой зоны	Кровля, мачта, деревья, провода на границе кадра перестают быть помехой — они часть нормы своей зоны
Свой порог у каждой зоны	У горизонта, где ветки и марево, порог выше; в зените, где чисто, чувствительность максимальная
Локализация без рамок	Сработавшая зона — это готовое направление: азимут и угол места, посчитанные один раз при установке
Постоянная вычислительная нагрузка	Число зон известно заранее. Нет ситуации «детектор нашёл четыреста объектов и всё встало»
Точечная доводка	Появился новый источник ложных срабатываний в одной зоне — переучивается одна зона, остальные не трогаются
Объяснимость	Оператору и в отчёте видно, какая зона сработала и что в ней было. Для службы безопасности это важнее, чем один общий ответ

3. Почему точка в небе — это уже обнаружение

Главный вопрос, который задаёт любой технический специалист: как можно поймать объект размером в пару пикселей. Ответ в том, что обнаружение — это про контраст, а не про форму.

Небо — самый удобный фон, который вообще бывает

В наземном видеонаблюдении объект прячется в деталях: кусты, машины, тени, люди. На небе нет ничего. В пределах одной зоны яркость меняется на единицы уровней, и эта картина повторяется из кадра в кадр. Любое тёмное пятно на таком фоне — событие, которое видно статистически, даже если глазом его не разглядеть.

Считаем в единицах яркости

Дневное небо в кадре — около 180 уровней из 255. Собственный шум современного промышленного сенсора при таком сигнале — порядка двух-трёх уровней. Корпус дрона тёмный, отражает заметно меньше неба.

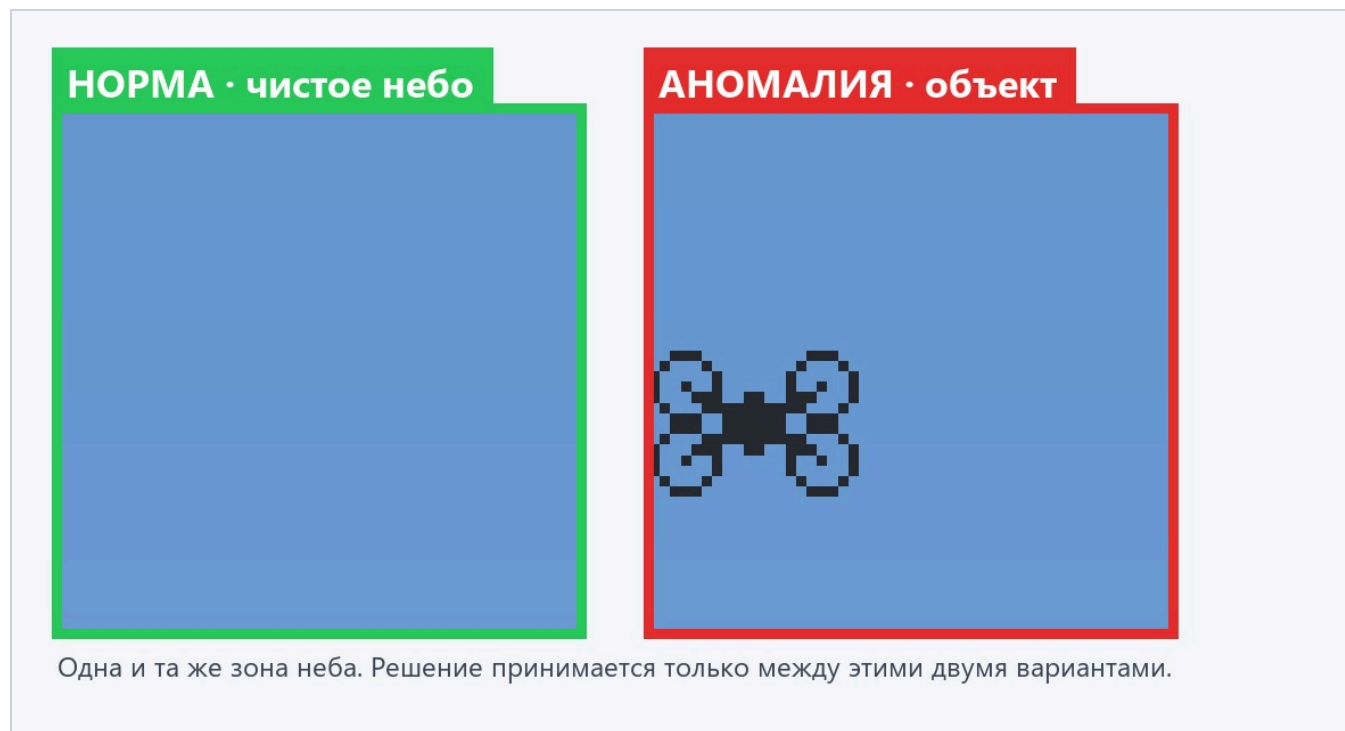
Что происходит	Величина
Яркость неба в зоне	около 180 уровней
Шум сенсора при такой яркости	2–3 уровня
Дрон закрывает четверть площади пикселя	пиксель темнеет примерно на 30 уровней
Отношение сигнала к шуму	порядка десяти

Десятикратное превышение над шумом — это не «на грани», это уверенный сигнал. Причём объект, который **меньше одного пикселя**, всё равно затемняет этот пиксель пропорционально закрытой площади. Поэтому нижняя граница обнаружения лежит не там, где объект занимает четыре пикселя, а существенно дальше.

Два пикселя вместо четырёх

В классических методиках наблюдения принято считать, что для обнаружения нужно около четырёх пикселей на цель. Эта цифра выведена для замаскированной техники на пёстром фоне. Для тёмного объекта на ровном небе она избыточна: уверенное обнаружение начинается с двух пикселей, а с трёх-четырёх появляется устойчивый трек.

Распознавание — другое дело. Чтобы отличить квадрокоптер от птицы **по картинке**, нужно уже 15–20 пикселей. Но в этой системе такая задача на картинку и не возлагается: птицу от дрона отделяет поведение, о чём дальше.



Одна и та же зона неба в двух состояниях. Именно между этими двумя вариантами нейросеть и выбирает — больше ей ничего решать не нужно.

Подтверждение по кадрам

Одиночный выброс шума может дать ложное срабатывание в одном кадре. Но он не повторится в той же зоне в следующем кадре и тем более не сместится в соседнюю зону в правильную сторону. Реальный объект делает именно это. Требование «объект должен подтвердиться в трёх-четырёх кадрах подряд с последовательным смещением» убирает случайные срабатывания практически полностью, стоя при этом доли секунды.

4. Дальность обнаружения: расчёт

Дальность определяется одной величиной — угловым размером пикселя. Он равен размеру пикселя сенсора, делённому на фокусное расстояние объектива. Всё остальное арифметика.

пикселей на цели = размер цели × фокусное расстояние ÷ (размер пикселя × дальность)

Ниже расчёт для камеры 20 Мп с пикселем 2,4 мкм и матрицей один дюйм. Цель — типовой квадрокоптер размахом 0,4 метра.

Объектив	Поле зрения	Размер зоны 128 рх	Обнаружение, 2 рх	Уверенно, 4 рх	Распознавание, 16 рх
25 мм	29,4° × 19,9°	0,70°	2 100 м	1 040 м	260 м
35 мм	21,3° × 14,3°	0,50°	2 900 м	1 460 м	365 м
50 мм	15,0° × 10,0°	0,35°	4 200 м	2 080 м	520 м
75 мм	10,0° × 6,7°	0,23°	6 250 м	3 120 м	780 м
100 мм	7,5° × 5,0°	0,18°	8 300 м	4 170 м	1 040 м

Для более крупной цели дальность растёт пропорционально. Аппарат самолётного типа размахом 1,2 метра объектив 50 мм уверенно обнаруживает на шести километрах.

Где на самом деле заканчивается дальность

Начиная примерно с двух километров, ограничением становится не камера, а воздух. Дымка снижает контраст объекта тем сильнее, чем больше дистанция.

Метеорологическая видимость	Остаток контраста на 1 км	на 2 км	на 3 км
30 км, ясно	88 %	77 %	68 %
20 км, обычный день	82 %	68 %	56 %
10 км, лёгкая дымка	68 %	46 %	31 %
4 км, мгла	38 %	14 %	5 %

Отсюда практический вывод: гнаться за объективом длиннее 75 мм ради дальности смысла нет — в обычную погоду воздух отдаст не больше двух-трёх километров. Разумный рабочий диапазон системы — от 300 метров до 2 километров, и это ровно тот диапазон, который нужен складу.

Что значат эти километры на практике.

Дрон идёт со скоростью 20 метров в секунду. Обнаружение на 1 500 метрах даёт 75 секунд. За это время можно вывести людей из зоны погрузки, остановить разгрузку, закрыть ворота и вызвать охрану. Обнаружение на 700 метрах даёт 35 секунд — этого хватает на людей и на сигнал.

5. Камера и оптика

Почему именно такая камера

Требование	Значение	Зачем
Разрешение	20 Мп, 5472 × 3648	чем мельче пиксель по углу, тем дальше видно точку
Размер пикселя	2,4 мкм	прямо определяет дальность: вдвое меньше пиксель — вдвое дальше обнаружение
Матрица	1 дюйм	при мелком пикселе сохраняет широкое поле зрения
Исполнение	монохромное	цветной сенсор теряет половину разрешения на мелкой тёмной точке; цвет для задачи не нужен
Затвор	глобальный или медленный роллинг	далёкий объект смещается медленно, жёстких требований нет
Интерфейс	GigE, при 20 Мп — до 6 кадров в секунду	около 960 Мбит/с; для неба этого темпа достаточно
Крепление	C-mount	любая стандартная промышленная оптика

Конкретная модель, от которой считались все цифры выше, — **HIKROBOT MV-CS200-10GM** в монохромном исполнении. Это серийная промышленная камера, а не специализированное изделие: она есть в наличии, стоит предсказуемо и имеет открытый заводской интерфейс, с которым программа уже умеет работать напрямую.

Оптика

Объектив подбирается под сектор, который нужно закрыть, и под требуемую дальность — это одна и та же величина, выраженная по-разному. Требования к объективу:

- формат не меньше 1 дюйма — иначе углы кадра будут тёмными;
- разрешающая способность под пиксель 2,4 мкм — в описании обычно пишут «под 20 Мп» или «под матрицу 1 дюйм»;
- светосила F2.8 и лучше — днём света в избытке, но запас нужен для сумерек;
- фиксированное фокусное расстояние, без зума — зум уводит резкость и калибровку;
- жёсткая фиксация фокуса и диафрагмы винтами — камера стоит на улице и вибрирует.

Подходят линейки Kowa, Computar, Fujinon и собственная оптика Hikrobot. Если в проекте рассматривается конкретный поставщик, подобрать объектив можно прямо по формуле из раздела 4 — она не зависит от производителя, в неё входят только фокусное расстояние и размер пикселя.

Практический совет по выбору фокусного расстояния.

Не берите максимально длинный объектив. Узкое поле зрения означает больше камер на тот же сектор и больше шансов, что объект пройдёт между ними. Для кругового наблюдения оптимум — 25 мм: двенадцать камер закрывают все 360° с перекрытием, а обнаружение уверенно работает до километра.

Тепловизионная камера: круглосуточная работа

Обычная камера видит, пока есть свет. Для работы ночью, в сумерках и против солнца в систему добавляется **тепловизионная камера**. Она работает не как отдельная система, а как ещё один канал того же метода: её кадр делится **на ту же сетку зон**, у каждой зоны своя пара «норма / аномалия» и своя модель ИИ, решение принимается внутри пары, а срабатывания собираются в **тот же трек** с тем же направлением, угловой скоростью и признаком сближения.

Для тепловизора задача даже проще, чем для обычной камеры. Ночное небо в инфракрасном диапазоне холодное и ровное, а у дрона греются моторы, аккумулятор и регуляторы. Он выглядит тёплой точкой на холодном фоне — днём и ночью одинаково, без зависимости от освещения.

Параметр	Значение
Сенсор	неохлаждаемый, 640 × 512, пиксель 12 мкм
Объектив	50 мм, поле зрения около 9° × 7°
Обнаружение дрона 0,4 м, 2 рх	около 830 м
Уверенно, 4 рх	около 420 м
Размер зоны	64 рх, около 0,9° неба
Режим	круглосуточно, в сумерках, при засветке солнцем, в лёгкой дымке

Тепловизор устанавливается на главные направления рядом с обычными камерами и смотрит в тот же сектор. Зоны двух каналов привязаны к одним и тем же координатам неба, поэтому днём они подтверждают друг друга — объект, найденный в двух каналах сразу, почти наверняка настоящий, — а ночью тепловизор ведёт трек один. Модели зон тепловизора обучаются тем же способом, включая синтетику: тёплая точка разной яркости и размера на реальном небе этой зоны при разной температуре воздуха и облачности.

Что это меняет для заказчика.

Одна логика, один экран, один журнал. Оператор видит единый трек, а не две системы: днём его ведут обе камеры, ночью — тепловизор, и переключения режимов нет.

6. Перехват обнаружения по зонам: трек

Одиночное срабатывание зоны — это ещё не событие. Событием оно становится, когда объект переходит из зоны в зону. Именно переходы дают всё, что нужно знать службе безопасности.

Как из перехода между зонами получается скорость

Зона — фиксированный участок неба. После установки камеры каждая зона имеет свой азимут и угол места

зона = 0,7° неба · темп анализа 10 кадров в секунду · точка — положение объекта в момент кадра

Пройдено зон 12 за 2,4 секунды	Угловая скорость 3,5°/с 12 зон × 0,7° ÷ 2,4 с	Азимут 47° → 53° откуда именно летит	Размер в кадре 9 → 11 px растёт — значит приближается	Курс ровный это не птица	Вывод тревога идёт на объект
---	--	---	--	---	---

Всё перечисленное измеряется одной камерой. Номер зоны даёт направление, переходы между зонами — угловую скорость, а рост размера в кадре — приближается объект или проходит мимо.

У дрона азимут меняется ровно, у птицы рыскает — тот же трек отсеивает ложные срабатывания.

Один и тот же объект в последовательных кадрах. Зная номер зоны и время, система считает направление и угловую скорость.

Что измеряется напрямую

После установки камера жёстко закреплена, и каждая зона получает постоянные координаты на небе — азимут и угол места. Их считают один раз при пусконаладке по известным ориентирам. Дальше номер сработавшей зоны — это уже направление в градусах, а не абстрактный номер.

Величина	Откуда берётся	Точность
Направление на объект	координаты сработавшей зоны	половина зоны, при уточнении по положению внутри зоны — заметно лучше
Угловая скорость	число пройденных зон, делённое на время	ограничена только темпом съёмки
Курс	как меняется азимут от кадра к кадру	видно сразу, идёт объект прямо или петляет
Сближение	растёт или не растёт размер объекта в кадре	уверенно на длинном участке трека

Как это считается

Зона при выбранной конфигурации — это 0,7 градуса неба. Объект прошёл двенадцать зон за 2,4 секунды, значит угловая скорость 3,5 градуса в секунду. Дальше сравниваем с тем, что физически возможно: у птицы на близкой дистанции угловая скорость скачет, у самолёта на большой высоте она мала и постоянна, у дрона, идущего на объект, — растёт плавно по мере сближения.

Темп анализа шесть-десять кадров в секунду даёт три-пять измерений на каждую пройденную зону. Этого достаточно, чтобы трек был гладким, а не рваным.

Передача между камерами

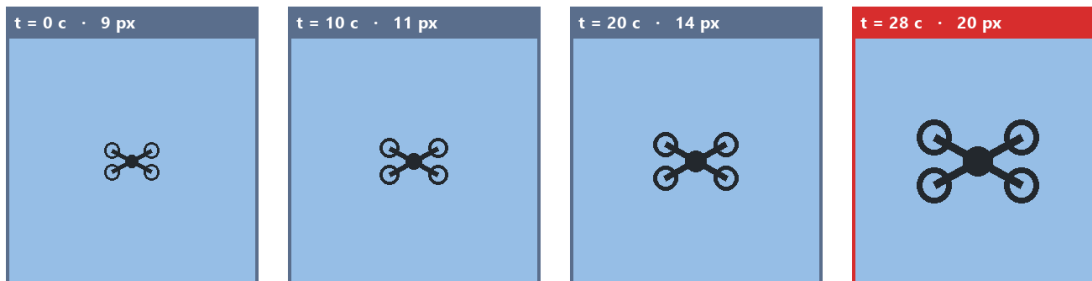
Соседние камеры смотрят с перекрытием секторов. Поскольку зоны у всех камер выражены в одних и тех же координатах неба, объект, уходящий из кадра одной камеры, подхватывается следующей как **тот же самый трек**, а не как новое событие. Для оператора это выглядит как непрерывное сопровождение по кругу.

7. Сближается или проходит мимо

Это главный вопрос после обнаружения, и отвечает на него не дальность, а изменение размера объекта в кадре.

Идёт на объект или проходит мимо

Одна и та же зона в разные секунды. Объект растёт в кадре — значит, сближается. Дальность для этого не нужна



растёт вдвое за полминуты — сближение

Растёт — идёт на нас. Не растёт — проходит стороной. Уменьшается — уходит.

Этого достаточно, чтобы решить, поднимать тревогу или просто записать в журнал.

Точная дальность одной камерой не измеряется и для тревоги не требуется: важны направление и сближение.

Одна и та же зона в разные моменты. Объект растёт — значит сближается. Никакого измерения расстояния для этого вывода не требуется.

Логика простая и не требует ни дальномера, ни второй камеры. Растёт размер — объект идёт на нас. Размер держится, а азимут ползёт ровно — проходит стороной. Размер уменьшается — уходит. Три состояния, три разных реакции: тревога, наблюдение, запись в журнал.

Про измерение дальности.

Точную дальность одной камерой получить нельзя, и для задачи она не нужна. Тревогу поднимает не расстояние в метрах, а сочетание «посторонний объект, ровный курс, сближается». Оценить дистанцию можно по угловому размеру, если предположить типовой размер аппарата, но это именно оценка, и выдавать её за измерение было бы нечестно.

8. Птица или дрон

Ложные срабатывания от птиц — главная практическая проблема любой оптической системы наблюдения за небом. Решается она не разглядыванием картинки, а анализом поведения.

Зона говорит «объект». Птицу от дрона отличает трек

Птица



скорость скачет, курс рыскает, высота гуляет

Дрон



скорость ровная, курс прямой, идёт на объект

Ложные срабатывания от птиц отсекаются по поведению, а не по одному кадру.

Два трека через одну и ту же сетку зон. Различие видно без всякого распознавания формы.

Признак	Птица	Дрон
Курс	рыскает, часто меняется	ровный, выдержанный
Угловая скорость	скачет, есть паузы и зависания	плавная, монотонно меняется
Высота	гуляет вверх-вниз	выдерживается
Траектория относительно объекта	случайная, обычно вдоль	чаще прямо на объект или по кругу над ним
Групповое поведение	часто стая, много отметок сразу	одиночная отметка

Синтетика: обучение под любое небо

Модель ЗОНА-ПАРА обучается для **одной зоны**: ей нужно выбрать между «чистое небо этой зоны» и «в этой зоне объект». Реальных кадров с дроном в каждой из сотен зон собрать невозможно, и не нужно — их дополняет синтетика: на настоящие снимки неба именно этой зоны программно накладывается объект с разным размером, положением, поворотом и контрастом.

Главное достоинство синтетики — она закрывает условия, которые на пилоте могут просто не встретиться за месяц:

- **утро и вечер** — низкое солнце, тёплый оттенок, небо у горизонта ярче зенита, дрон виден силуэтом или, наоборот, подсвечен сбоку;
- **сумерки** — мало света, больше шума сенсора, объект теряет контраст;
- **дымка, мгла, облачность** — контраст падает с дистанцией, фон неоднородный, по зоне идут края облаков;
- **погрешности камеры** — шум, лёгкая расфокусировка, смаз при ветре и вибрации мачты, блики и засветка от солнца;

- **сам объект** — от долей пикселя до десятков, любой угол поворота, светлый и тёмный корпус, смещение к краю зоны.

Важно, что одинаковый разброс освещения и помех применяется и к **норме**, и к **аномалии**. Тогда модель не может научиться отличать их «по времени суток»: единственное, что остаётся различием внутри пары, — сам объект. Именно поэтому вечернее небо не вызывает ложных тревог.

А зон на небе много — и это работает на точность. Каждая зона своя: у горизонта, у кровли, в зените, на фоне солнца. Модель каждой зоны учится на своём фоне и решает простую задачу, поэтому ей хватает небольшого числа примеров. Объект, пересекающий небо, проходит через десятки зон, и каждая независимо подтверждает его — ошибка одной зоны тонет в согласии соседних.

Синтетика не заменяет реальные кадры.

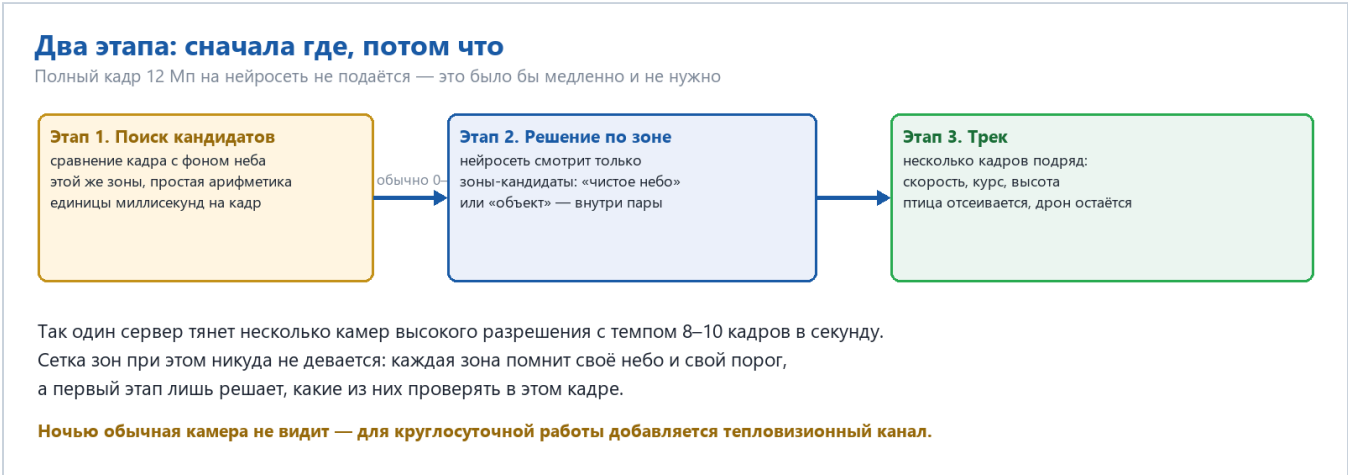
Основа обучения — настоящее небо каждой зоны, снятое на объекте. Синтетика расширяет его на редкие условия и на объект, которого в реальных кадрах нет. После пилота в обучение добавляются реальные пролёты, если они были.

Решение принимается по треку длиной в несколько секунд, а не по одному кадру. Практический эффект: ворона в полусотне метров от камеры даёт крупную яркую отметку и в детекторе формы выглядела бы убедительнее настоящего дрона за километр — а по треку она отсеивается за две секунды.

Дополнительно у каждой зоны накапливается собственная статистика ложных срабатываний. Если над определённым углом кровли птицы летают каждое утро, порог этой зоны поднимается автоматически, и остальное небо от этого не страдает.

9. Как это считается: производительность

Кадр 20 Мп содержит 1 176 зон при размере зоны 128 пикселей. Подавать все зоны в нейросеть каждый кадр не нужно и не рационально — поэтому работа разбита на этапы.



Три этапа. Тяжёлая нейросеть работает только там, где есть что смотреть.

Этап	Что делает	Цена
1. Поиск кандидатов	сравнение кадра с накопленной моделью неба этой зоны, простая арифметика на видеокarte	1–2 мс на кадр целиком
2. Решение по зоне	нейросеть смотрит только зоны-кандидаты, обычно от нуля до пяти на кадр	3–5 мс на зону (RTX 50-й серии)
3. Трек	сопоставление отметок между кадрами, курс, скорость, сближение	микросекунды

Система работает на видеокартах **NVIDIA RTX 50-й серии**. Анализ одной зоны нейросетью занимает **3–5 мс**. Поскольку за кадр проверяются лишь зоны-кандидаты, обычно от нуля до пяти, на одну камеру при шести кадрах в секунду уходит в среднем несколько десятков миллисекунд видеокарты в секунду. **Одна видеокарта RTX 50-й серии обслуживает до двенадцати камер с запасом**. Ограничением становится не счёт, а сеть: 20 Мп при шести кадрах в секунду — это около 960 Мбит/с с камеры, то есть по гигабитному порту на камеру и десятигигабитный канал от коммутатора к серверу на каждые шесть камер.

Сколько занимает проверка всего неба за раз

Режим	Зон на проверку	Время при 3–5 мс на зону
Все зоны одной камеры подряд	1 176	3,5–5,9 с
Всё небо, 12 камер подряд	14 112	42–71 с
Кандидаты, одна камера (этап 1 + до 5 зон)	0–5	2–27 мс на кадр
Кандидаты, 12 камер	0–60	до 0,3 с на круг

Проверять нейросетью всё небо подряд в каждом кадре — это почти минута на круг, и за это время дрон пролетает километр. Поэтому полный проход по всем зонам делается только как фоновая сверка, а в реальном времени работает двухэтапная схема: быстрый поиск кандидатов по всему кадру за 1–2 мс

и нейросеть только на тех зонах, где что-то изменилось. Так круговой обзор обновляется несколько раз в секунду.

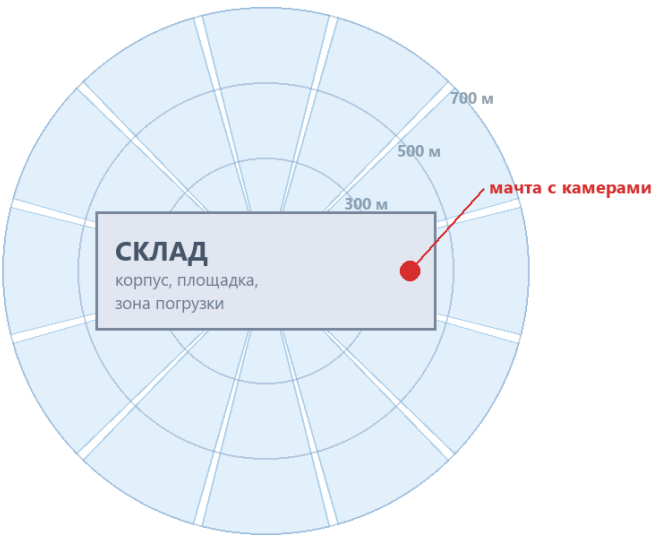
Сетка зон при этом никуда не девается.

Первый этап не заменяет зоны, он лишь решает, какие из них проверять в этом кадре. Каждая зона по-прежнему помнит своё небо, свою норму и свой порог. Именно поэтому система не захлёбывается на восходе, когда меняется вся картина сразу: меняется она в каждой зоне по-своему, и каждая зона это про себя знает.

10. Состав системы и покрытие

Зона наблюдения вокруг склада

Вид сверху. Одна мачта, двенадцать камер по 25 мм — круговой обзор без слепых секторов



Дрон на скорости 20 м/с проходит 700 метров за 35 секунд — этого хватает, чтобы увести людей из зоны погрузки и остановить работы.

Секторы перекрываются: объект не теряется на границе между камерами.

Круговой вариант: одна мачта, двенадцать камер по 25 мм, перекрывающиеся секторы.

Система модульная. Минимальная поставка — одна камера на угрожаемое направление; она уже работает и уже даёт тревогу. Дальше добавляются секторы.

Вариант	Камеры	Что закрывает
Пилот	1 камера, 50 мм	один сектор 15°, обнаружение до 2 км. Проверка метода на реальном небе объекта
Направление	3–4 камеры, 35 мм	сектор 60–85°, сторона склада с подъездом и зоной погрузки
Круговой	12 камер, 25 мм	все 360° с перекрытием, обнаружение до 1 км
Круговой усиленный	12 камер 25 мм + 4 камеры 75 мм	круговое наблюдение плюс дальние подступы на главных направлениях
Круглосуточный	любой вариант + тепловизоры 640 × 512 на главные направления	ночь, сумерки, засветка солнцем; та же сетка зон и тот же трек

Состав системы

Всё считается на площадке: ни интернета, ни облака, ни абонентской платы



Система обнаруживает и оповещает. Она не глушит связь и не применяет никаких средств воздействия — это законно и не требует специальных разрешений.

Радиодетекторы не видят дрон, летящий по программе с выключенной связью. Камера видит.

Камеры, коммутатор, сервер на площадке и выходы наружу.

Что выдаётся наружу

- Экран охраны — сектор, азимут, угол места, трек на сетке, кадр объекта крупно;
- Сирена и проблесковый маяк в зоне погрузки — людям, а не только на пульт;
- Сухой контакт в автоматику склада — остановить погрузку, закрыть ворота;
- Сообщение в существующую систему безопасности по сети;
- Журнал и архив кадров — доказательная база для страховой и правоохранительных органов.

11. Робот и стереокамера: точное сопровождение

Обзорные камеры отвечают на вопрос «где». Следующий шаг — «что это и как быстро летит». Для этого к системе добавляется промышленный робот BORUNTE со стереоголовой — двумя камерами с длиннофокусной оптикой на жёсткой штанге.



Ограничения работа

У робота задаются программные пределы по каждой оси. Голова не опускается ниже заданного угла возвышения, не разворачивается на жилые дома, дороги и соседние территории. Это защищает и от ошибок наведения, и от претензий соседей по поводу съёмки.

Звуковой канал: услышать и подтвердить

Винты дрона звучат характерно: ровный гул с основной частотой 150–400 Гц и чёткими гармониками, который птица не издаёт никогда. Поэтому звук — хорошее подтверждение: если в направлении, куда смотрит оптика, есть этот тон, это почти наверняка аппарат, а не птица.

Реализуется двумя способами, их можно совмещать:

- **Направленный микрофон на работе.** Микрофон-«пушка» с усилителем ставится на стереоголову и смотрит туда же, куда и камеры. Робот навёл голову — микрофон слушает именно это направление, шум с других сторон подавлен.
- **Микрофонная решётка на мачте.** Шесть–восемь микрофонов по кругу. По разнице времени прихода звука на разные микрофоны считается направление на источник. Это отдельный датчик, который сам может дать роботу команду повернуться — даже если оптика объект ещё не увидела, например в дымке.

Условия	Дальность обнаружения звуком	Точность направления
Тихая ночь, пустая площадка	300–500 м	2–3°
Обычный день	150–300 м	3–5°
Работает погрузка, фуры, вентиляция	50–150 м	5–10°

Цифры для типового квадрокоптера. Точные значения зависят от шума конкретного объекта и замеряются на пилоте.

Честная оценка: звук слышит гораздо ближе, чем видит оптика, и направление даёт грубее. Поэтому он не заменяет камеры, а делает три полезные вещи: подтверждает, что точка на небе — аппарат, а не птица; работает ночью и в тумане, когда оптика слепнет; ведёт робота на источник, когда объекта ещё не видно. Дальность звуком не измеряется — это остаётся за стереопарой.

Что можно поставить на робота: пневматическая сетка

Помимо камер, на робота можно установить пневматический сеткомёт — устройство, которое сжатым воздухом выбрасывает сеть. Сеть опутывает винты, аппарат теряет тягу. У промышленных сеткомётов есть вариант с парашютом, чтобы захваченный дрон опускался медленно и не падал на людей.

Параметр	Значение
Принцип	сжатый воздух, без пороха и без поражающих элементов
Дальность	обычно 20–100 м — только ближняя зона над самим объектом
Выстрелов	один на заряд, перезарядка вручную или магазином на 2–4 сети
Наведение	по данным стереопары: дальность и скорость дают упреждение
Спуск	только по подтверждению оператора на экране

Правовая сторона.

Перехват беспилотника, даже сетью, — это вмешательство в полёт воздушного судна. Право на такие действия в России закреплено за уполномоченными ведомствами, у коммерческого склада его по умолчанию нет. Поэтому модуль перехвата предлагается как опция: он ставится там, где у заказчика или у работающей с ним службы есть такое право, и работает только с подтверждения человека. Обнаружение, сопровождение и измерение законны везде и работают без него.

12. Что система делает и чего не делает

Делает

- обнаруживает посторонний объект в небе над объектом и вокруг него;
- показывает направление, курс и угловую скорость, отвечает на вопрос «идёт на нас или мимо»;
- отличает дрон от птицы по поведению;
- поднимает тревогу за десятки секунд до подлёта;
- ведёт журнал с кадрами и треками по каждому событию;
- работает автономно на площадке, без интернета и без абонентской платы.

Не делает

- **не воздействует на дрон в базовой поставке** — не глушит и не сбивает. Перехват пневматической сетью — отдельная опция для тех, у кого есть на это право, и только с подтверждения человека;
- **обычная камера ночью не видит** — поэтому в состав входит тепловизионная камера, работающая в той же сетке зон ЗОНА-ПАРА с ИИ и в том же треке (раздел 5);
- **не видит сквозь туман и плотный снег** — в мглу дальность падает, и система честно сообщает о снижении видимости;
- **не заменяет радиодетектор, а дополняет его** — радио видит дрон на связи, камера видит дрон без связи. Вместе они закрывают оба случая.

13. Порядок внедрения

Этап	Содержание
1. Обследование	выезд на объект, выбор мачты и направлений, оценка фона неба и засветок, согласование секторов
2. Пилот	одна камера на главном направлении, две недели работы в реальных условиях объекта
3. Набор и обучение	съёмка неба во всех состояниях — ясно, облачно, дымка, рассвет, закат; обучение моделей по зонам
4. Настройка порогов	контрольные пролёты дроном заказчика на разных дальностях и высотах, подбор порога по зонам
5. Приёмка	серия контрольных пролётов, замер вероятности обнаружения по дальностям и числа ложных за сутки
6. Развёртывание	остальные секторы, вывод сигналов в охрану и в автоматику склада
7. Сопровождение	наблюдение первых недель, дообучение по накопленным ложным срабатываниям

Что проверяется на приёмке.

Вероятность обнаружения на заданных дальностях при контрольных пролётах, время от входа в сектор до тревоги, число ложных срабатываний за сутки и корректность направления. Все величины измеряются, а не декларируются: контрольный дрон летает по согласованной программе, система пишет журнал, журнал сверяется с программой полётов.

Что важно понимать про сроки

Самая длинная часть — не монтаж и не настройка, а набор неба. Модель должна увидеть все состояния фона: ясное небо, сплошную облачность, разорванную облачность, дымку, низкое солнце в кадре, дождь. Часть этих состояний приходит по погоде, а не по расписанию. Поэтому пилот на одной камере запускается рано и работает параллельно с монтажом остальных — к моменту, когда встанут все камеры, набор уже собран и модели обучены.