

**ОТ ПИЛОТИРУЕМОГО ВОЗДУШНОГО  
СУДНА К БЕСПИЛОТНОМУ – ИЛИ ЧЕМ  
ЛУЧШЕ ВЫПОЛНЯТЬ АЭРОСЪЁМКУ**

В последние годы для аэрофотосъёмки начали повсеместно использовать БПЛА. За счёт доступности БПЛА, их применение произвело, своего рода, революцию. Некоторым начало даже касаться, что используя БПЛА, можно полностью отказаться от пилотируемых ВС.

В тоже время, пилотируемая аэросъёмочная авиация тоже развивается!

Развивается также и съёмка из космоса!

В результате:

1. **Съёмка с БПЛА** – заняла новую нишу услуг, для которых пилотируемые ВС использовать не эффективно.

2. **Съёмка с пилотируемых ВС** – развивается в сторону съёмки огромных территорий с большой точностью, с высокой производительностью и, соответственно, низкой себестоимостью.

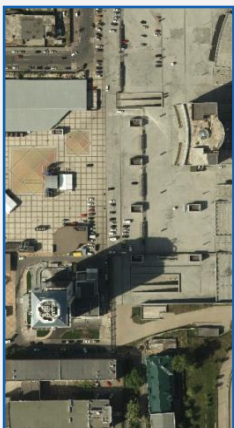
При правильном применении, эти методы являются не конкурентами, а выгодным дополнением друг друга.

В этом докладе, два украинских лидера, один – по использованию пилотируемых ВС: ООО «АРЦ» , другой – по использованию БПЛА: Drone UA, поделятся своим опытом и расскажут: Чем лучше выполнять аэросъёмку? Что надо учитывать и почему?

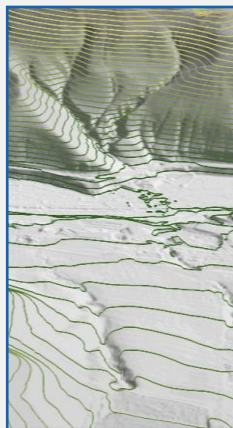
## Топографическая съемка

Съемка топографических объектов для изготовления высокоточной топографо-геодезической и картографической продукции.

### Топографическая основа



Ортофото



ЦМР



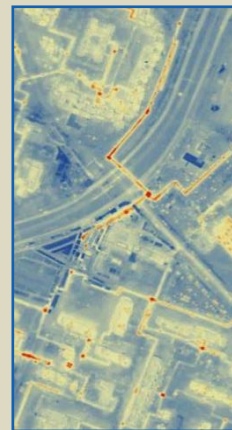
Векторные карты

## Специальная (инженерная) съемка

Съемка инженерных объектов при которой выявляются их специфические свойства.



3D модели



Спектральные изображения

## Мониторинг территории

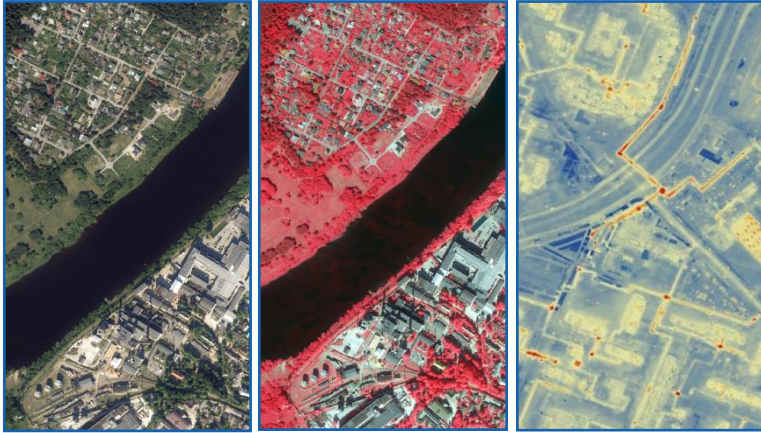
Периодическое наблюдение за объектами и явлениями с целью определения их количественных и качественных изменений.



Выявление изменений

# ПРОДУКЦИЯ ПОЛУЧАЕМАЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ АС

## Снимки

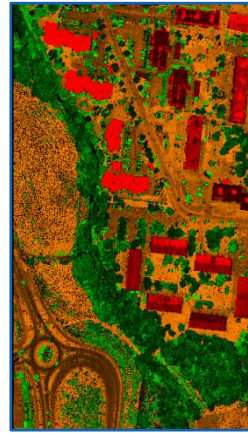


RGB

CIR

Termo

## Лидарные данные



Классифицированные  
ТЛО

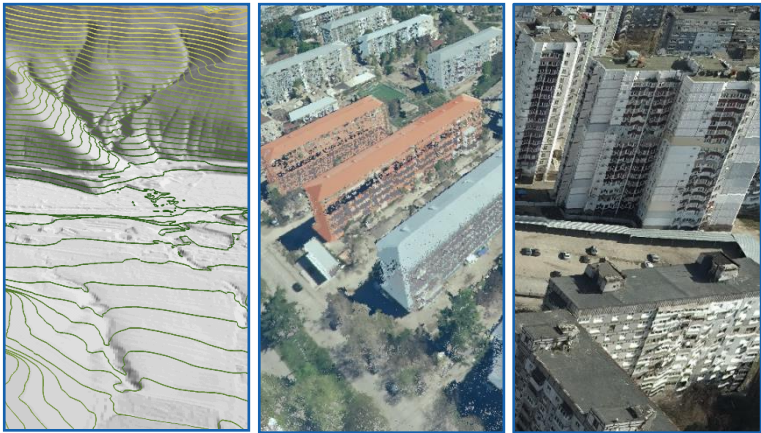
## Ортофото



Классический

Истинный

## Цифровая модель рельефа и местности



ЦМР

3D (вектор)

3D (растр)

## Векторные планы и карты



Линейная карта

Топографический  
план

WEB карта



# ВИДЫ АЭРОСЪЁМКИ

## Аэросъемка



### Аэрофотосъемка



### Аэрофотоснимки

### Авиационное лазерное сканирование

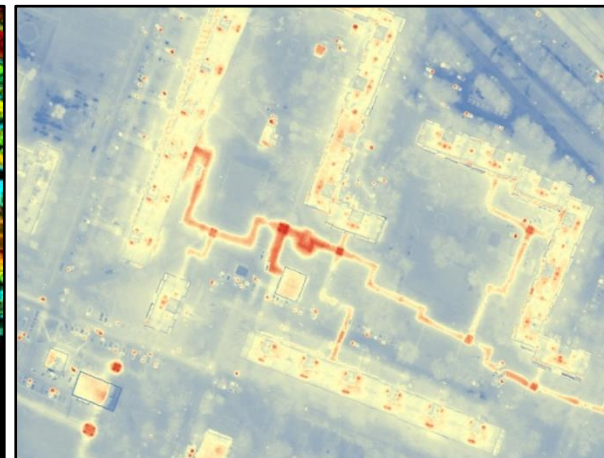
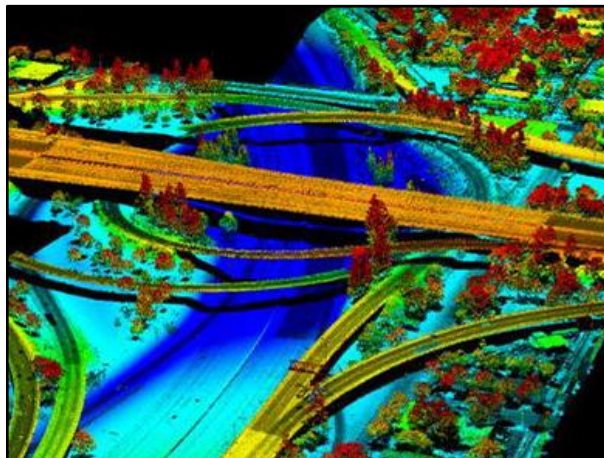
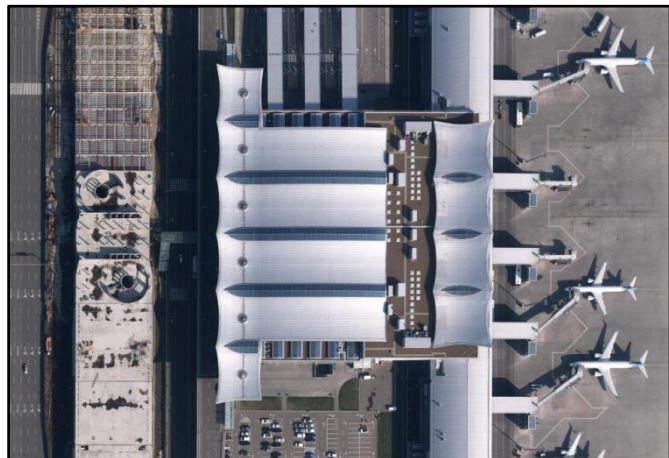


### Точки лазерного отражения

### Тепловизионная аэросъемка



### Тепловизионные изображения



### Назначение

изготовление ортофотопланов, ЦМР и составление векторных карт

изготовление ЦММ/ЦМР путем классификации облака точек и построение на их основании 3D моделей объектов

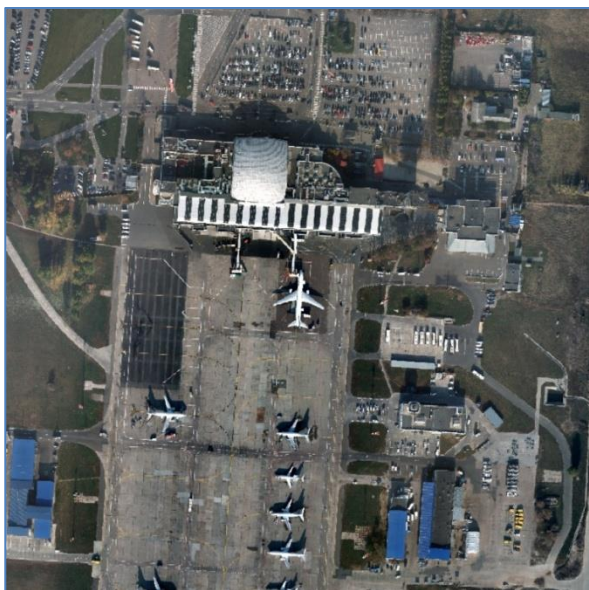
выявление с помощью съемки в инфракрасном диапазоне объектов и инженерных коммуникаций по разнице температур и определение их состояния по температурным аномалиям

# АЭРОФОТОСЪЁМКА: КРИТЕРИИ ВЫБОРА GSD

## Распознаются:

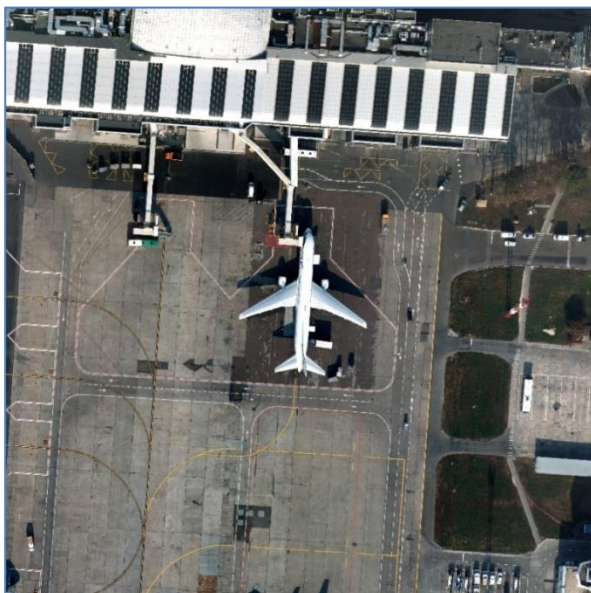
- здания
- дороги
- надземные трубопроводы
- опоры линий электропередач
- границы полей
- объекты высотой от 1 м

**GSD 40 см / М 1:5 000**



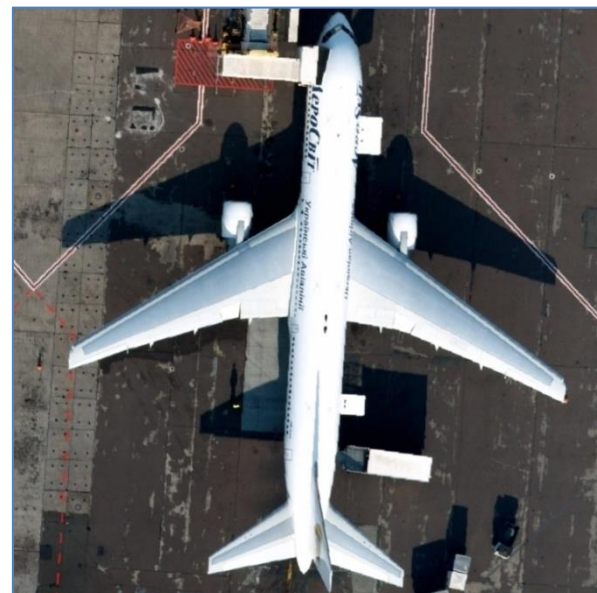
- мелкие строения
- заборы
- столбы
- дорожки, тротуары
- дорожная разметка
- объекты высотой от 30 см

**GSD 15 см / М 1:2 000**



- канализационные люки
- швы тротуарной плитки
- коммуникации на крышах зданий
- типы опор уличного освещения
- состояние дорожного полотна
- объекты высотой от 10 см

**GSD 5 см / М 1:500**



**Производительность аэрофотосъемки**

1 700 км<sup>2</sup>/час

260 км<sup>2</sup>/час

75 км<sup>2</sup>/час

*Расчитано для АФК Vexcel UltraCam Eagle Prime*

**Производительность создания ортофотопланов**

20 км<sup>2</sup>/час

1,5 км<sup>2</sup>/час

0,2 км<sup>2</sup>/час

*Расчитано на 1 оператора*

**Стоимость**

1

15

22

*Относительная*

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

## ТИП УПРАВЛЕНИЯ

- Безпилотный
- Пилотируемый



## ТИП ВЗЛЕТА-ПОСАДКИ

- Вертолет (коптер) - вертикальный
- Самолет (крыло) - горизонтальный



## ВЗЛЕТНАЯ МАССА

- до 2 кг
- от 2 кг до 25 кг
- от 25 кг до 150 кг
- от 150 кг до 450 кг
- от 450 кг до 1200 кг
- **от 1200 кг до 7000 кг**
- от 7000 кг до 136000 кг
- более 136000 кг



## ТИП ДВИГАТЕЛЕЙ

- электрические (Electric motor)
- поршневые (Piston engine)
- **турбовинтовые (Turboprop engine)**
- турбовентиляторные (Turbofan engine)
- реактивные (Jet engine)



## КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ПОСАДОЧНОЙ СКОРОСТИ

(скорость, в 1,3 раза превышающая скорость сваливания)

- < 169 км/ч
- **169—223 км/ч**
- 224—260 км/ч
- 261—306 км/ч
- 307—390 км/ч



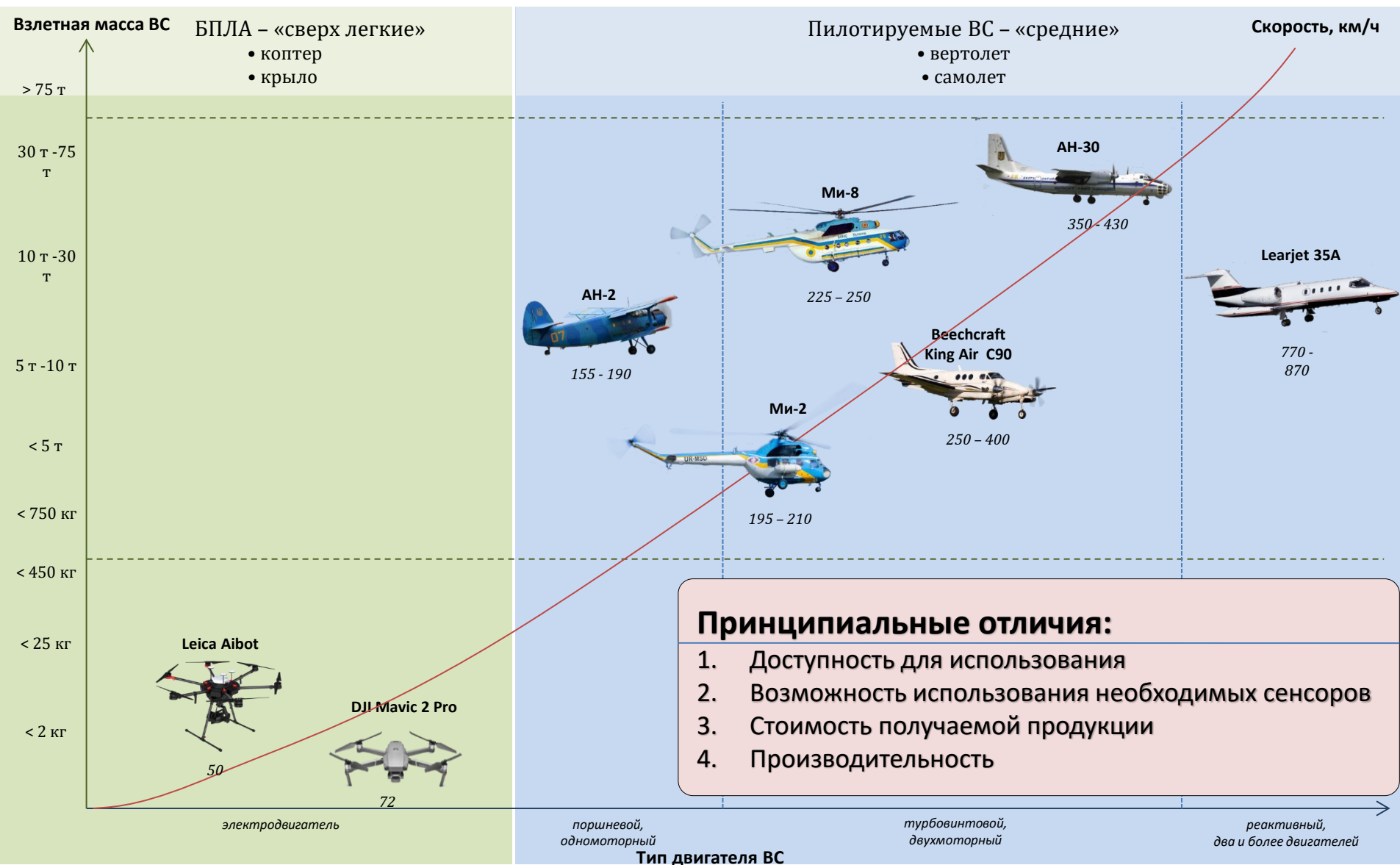
## КОЛИЧЕСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ

- 0
- 1
- **2**
- более 2





# УСЛОВНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВС ДЛЯ АС





# КЛАССИФИКАЦИЯ АЭРОФОТОКАМЕР

Класс АФК	Характеристики					
	Средний размер матрицы	Средний количество пикселей	Фокусные расстояния объективов	Средний вес	Эффективная площадь съёмки	Применяемые типы носителей
Широкоформатные	105,85 x 68,03 мм	140 – 450 мегапикселей	80 – 300 мм	60 кг	>25 кв.км.	Пилотируемые ВС
Среднеформатные	53,66 x 40,31 мм	80 -150 мегапикселей	32 – 250 мм	5-10 кг	25 – 1000 кв.км	Пилотируемые ВС БПЛА
Мелкие (не метрические)	22,8 x 15,2 мм	24 мегапикселя	18,5 мм	<2 кг	<25 кв.км.	БПЛА

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИДАРОВ

Класс Лидара	Характеристики					
	Максимальная высота полета	Частота импульсов	Класс лазера (влияние на зрение человека)	Средний вес	Эффективная площадь съёмки	Применяемые типы носителей
«Большие»	<6000 м	<2 МГц	Не безопасный	<60 кг	> 100 кв. км.	Пилотируемые ВС
«Средние»	<1400 м	<1,5 МГц	Безопасный	<5-10 кг	50 – 1000 кв.км.	Пилотируемые ВС БПЛА
«Мелкие»	<200 м	<600 кГц	Безопасный	<2 кг	<50 кв.км.	БПЛА

# ВЫВОДЫ ДЛЯ КЛИЕНТОВ – ЧТО ПОЛЕЗНО ЗНАТЬ ЗАКАЗЧИКУ УСЛУГ

1. Для выполнения аэросъёмки необходимо:

- Иметь все разрешения для её выполнения на всей необходимой территории
- Максимально использовать дни с погодными условиями пригодными для аэросъёмки
- Использовать сертифицированные технологии, которые обеспечивают безопасность выполнения работ и позволяют обеспечить заданную точность и информативность продукции.
- Исполнять все необходимые процедурные и технологические процессы

2. Эффективность аэросъёмки зависит от правильно применённых методов и технологий.

3. Для небольших объёмов работ – достаточно «дешёвые» и, соответственно, низкопроизводительные технологии. А для больших объёмов работы – необходимы высокопроизводительные и, соответственно, «дорогие» технологии.

4. Для топографической съёмки – БПЛА можно применять только с метрическими аэрофотокамерами.

5. В большинстве случаев, для получения качественной продукции необходимо – правильно определять требования к самой продукции. И необязательно – определять методы её изготовления.



## Воздушные суда

### Тенденции:

1. Автоматизация управления ВС за счёт использования цифровой авионики существенно упрощающей управление ВС.
2. Улучшение характеристики ВС за счёт
  - Изготовление фюзеляжа из современных композитных материалов, что делает ВС легче и долговечней.
  - Применение авиадвигателей более мощных и с меньшим расходом топлива, что позволяет ВС выполнять полёты более длительное время.
3. Повышение надёжности и безопасности ВС.

### Стоимость ВС:

- Герметичный самолёт от 600 тыс. €
- Не герметичный самолёт от 300 тыс. €
- Вертолёт от 1,2 млн. €

## Съёмочные сенсоры:

### Тенденции:

1. Постоянное повышение производительности «широкоформатных» сенсоров (весом более 50 кг) за счёт
  - Увеличения угла обзора
  - Возможности выполнять съёмку на большей высоте
  - Возможности выполнять съёмку на больших скоростях
  - Применения различных дополнительных сервисов
  - Уменьшение веса и размеров сенсоров
2. Создание «среднеформатных» сенсоров весом (5-10 кг) и приближение их характеристик к «широкоформатным»
3. Постоянная автоматизация управления сенсорами и обработки данных

### Стоимость сенсоров:

- Широкоформатные 250 тыс. – 1,5 млн. €
- Среднеформатные 75 тыс. – 350 тыс. €

## Широкоформатные аэрофотокамеры

Vexcel, Австрия  
UltraCam Eagle Prime



Тип - кадровая  
Размер матрицы – 23010\*14790 пикс.  
Фокусное расстояние – 80, 100, 120, 210 мм  
Цена € ~ 650 тыс.

Leica, Швейцария  
DMC III



Тип - кадровая  
Размер матрицы – 25728\*14592 пикс.  
Фокусное расстояние – 92мм  
Цена € ~ 1 млн.

Leica, Швейцария  
ADS 100



Тип - сканирующая  
Ширина матрицы – 20000 пикс.  
Фокусное расстояние – 62.5, 120мм  
Цена € ~ 0,9 млн.

## Среднеформатные аэрофотокамеры

PhaseOne, Дания  
iXM-RS150F



Тип - кадровая  
Размер матрицы – 14204\*10652 пикс.  
Фокусное расстояние – 32, 40, 50, 70, 90, 110, 150 мм  
Цена € ~ 75 – 145 тыс.

VisionMap, Израиль  
A3 Edge



Тип - кадровая  
Размер матрицы – 87000\*9600 пикс.  
Фокусное расстояние – 300мм  
Цена € ~ 1,15 – 1,5 млн.

НПП "Геосистема", Украина  
3-DAS-1



Тип - сканирующая  
Ширина матрицы – 8000 пикс.  
Фокусное расстояние – 110мм  
Цена € ~ 65 – 250 тыс.

Leica, Швейцария  
RCD 30 CH82

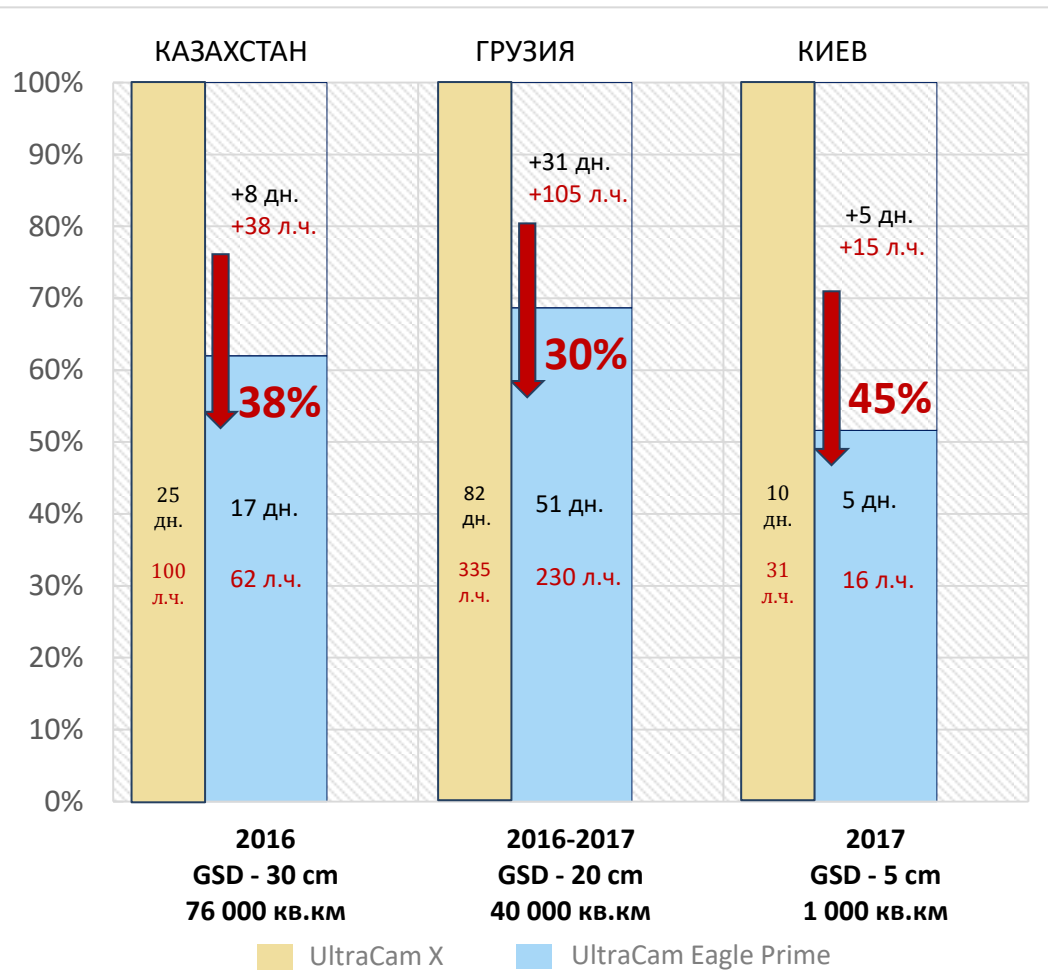


Тип - кадровая  
Размер матрицы – 14204\*10652 пикс.  
Фокусное расстояние – 50, 80 мм  
Цена € ~ 350 тыс.

# СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АФК: УСЕР ПО СРАВНЕНИЮ С УСХ

## КОЛИЧЕСТВО СЪЕМОЧНЫХ ПОЛЕТОВ (ЧАСОВ)

## ПРИМЕРЫ ВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ



### Украина (2011 г.)

- выполнена аэрофотосъемка в течении 1 года 116,54 тыс. км<sup>2</sup> с GSD-40 см и 8.62 тыс. км<sup>2</sup> с GSD- 15 см (4 области Украины)

### Литва (2012-2013 гг.)

- выполнена аэрофотосъемка территории всего государства, при этом не было пропущено ни одного съёмочного дня, которых на этой территории бывает не более 26 дней в году.

### Венгрия (2015 г.)

- работая в группе с еще 3 самолётами (Cessna 402 и Cessna 404), наш один самолет выполнил аэрофотосъемку около 54% территории государства (за 16 вылетов за 13 съёмочных дней), за этот же период времени наши коллеги при одновременной работе смогли выполнить аэрофотосъемку тремя самолетами только 46% территории.

### Казахстан (2016 г.)

- выполнена съемка территории площадью около 76,00 тыс. км<sup>2</sup> за 3 недели, при наличии всего 13 съёмочных дней, в календарный период, когда съёмочная погода обычно отсутствует.

при использовании ВС KingAir C-90



## Лидары

Teledyne Optech, Австрия  
Galaxy Prime



Частота импульсов – 1000kHz  
Угол захвата – 0-60°  
Цена € ~ 1,07 млн.

Riegl, Австрия  
VQ-1560i



Частота импульсов – 2000kHz  
Угол захвата – 58°  
Цена € ~ 1,15 млн.

Leica, Швейцария  
Terrain Mapper



Частота импульсов – 2000kHz  
Угол захвата – 20-40°  
Цена € ~ 1,25 млн.

## Тепловизоры

ITRES, Канада  
TABI 1800



Тип - сканирующая  
Ширина матрицы – 1800 пикс.  
Угол захвата – 40°  
Цена € ~ 460 тыс.

ITRES, Канада  
microTABI 640



Тип - сканирующая  
Ширина матрицы – 640 пикс.  
Угол захвата – 40°  
Цена € ~ 110,5 тыс.

# СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ МОДЕЛЕЙ ЛИДАРОВ

## Лидары

Teledyne Optech Galaxy Prime



1000кГц

Riegl VQ-1560i



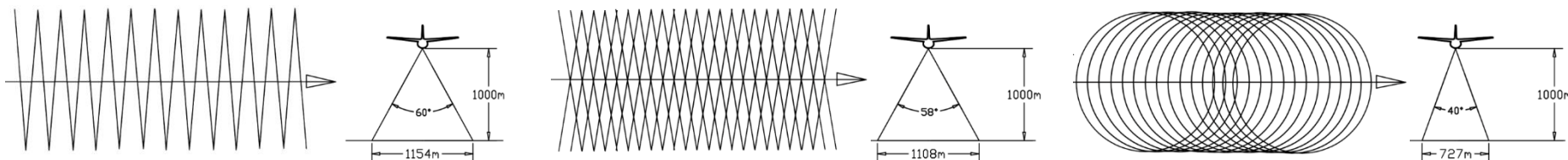
2000кГц (1300кГц)

Leica Terrain Mapper



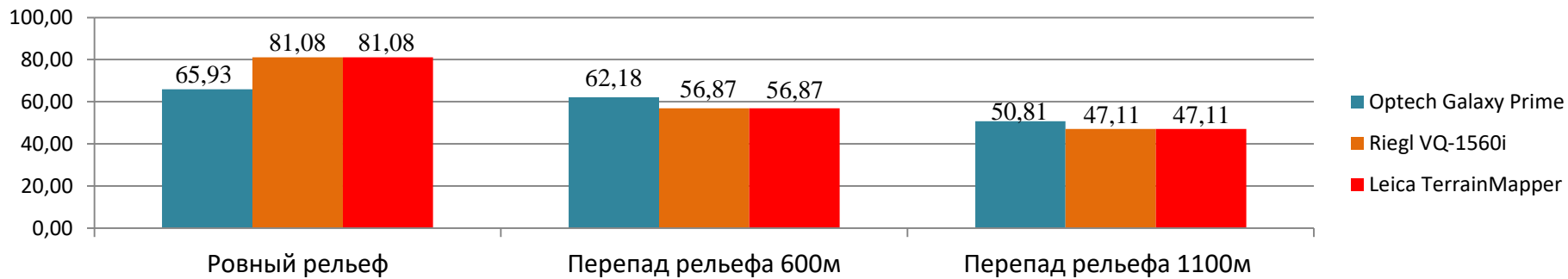
2000кГц (1300кГц)

## Рисунок сканирования и угол обзора



## Сравнение производительностей для получения 10 т./м.кв при сканировании местности с разным перепадом рельефа

км.кв/л.час



# ВОЗДУШНЫЕ СУДА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ АЭРОСЪЕМКИ

## В Украине

**King Air C-90A**



Герметичный  
Диапазон рабочих скоростей: 184-420км/ч  
Время съемки : до 5,5 ч  
Средний расход топлива: 210 кг/ч, керосин

**Ан-30**



Герметичный  
Диапазон рабочих скоростей: 300-450км/ч  
Время съемки : до 5,5 ч  
Средний расход топлива: 900 кг/ч, керосин

**Ан-2**



Негерметичный  
Диапазон рабочих скоростей: 80-250км/ч  
Время съемки : до 7ч  
Средний расход топлива: 140кг/ч, бензин

**Ми-8**



Диапазон рабочих скоростей: 120-230км/ч  
Время съемки : до 6ч  
Средний расход топлива: 620кг/ч, керосин

**Ми-2**



Диапазон рабочих скоростей: 120-195км/ч  
Время съемки : до 3,5ч  
Средний расход топлива: 240кг/ч, керосин

## В мире

**King Air  
B200**



Герметичный  
Диапазон рабочих скоростей: 167-523 км/ч  
Время съемки : до 6,5 ч  
Средний расход топлива: 290 кг/ч, керосин

**Diamond Da-42 MPP**



Негерметичный  
Диапазон рабочих скоростей: 125-315 км/ч  
Время съемки : до 5,5 ч  
Средний расход топлива: 50 кг/ч, керосин

**Vulcan Air P68C**



Негерметичный  
Диапазон рабочих скоростей: 120-305км/ч  
Время съемки : до 7 ч  
Средний расход топлива: 90 кг/ч, бензин

**Vulcan Air P68  
Observer**

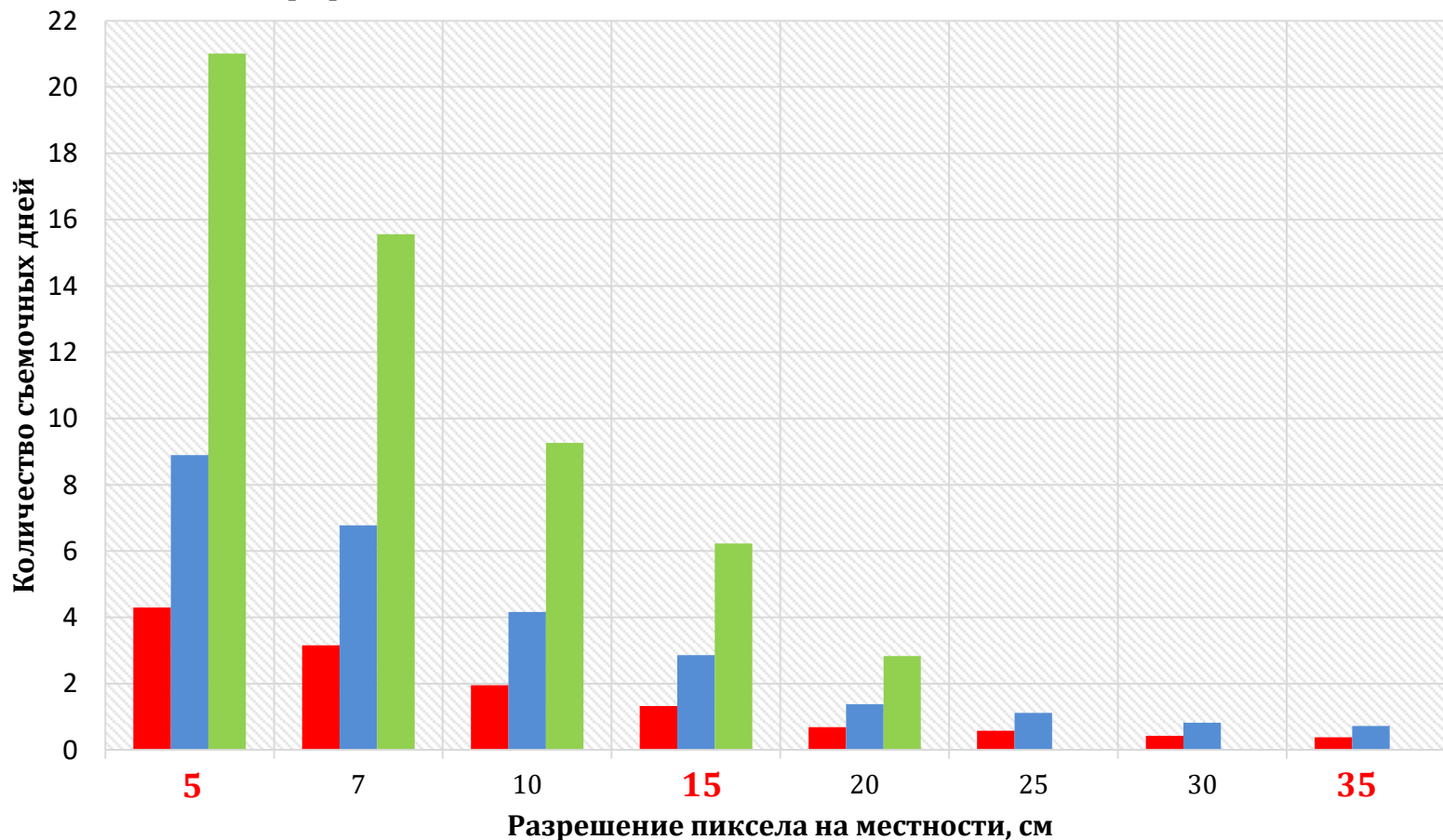


Негерметичный  
Диапазон рабочих скоростей: 120-300км/ч  
Время съемки : до 7,5 ч  
Средний расход топлива: 80 кг/ч, бензин



# ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЭРОСЪЕМКИ ЗАВИСИТ ОТ ПРАВИЛЬНО ПРИМЕНЕННЫХ МЕТОДОВ

График необходимого количества съемочных дней для АФС 1000 кв.км.



Тип самолета и аэрофотокамеры:

- King Air C-90A с Vexcel UltraCam Eagle Prime (Mark II)
- King Air C-90A с Leica RCD 30 CH 82
- An-2 с 3-DAS-1

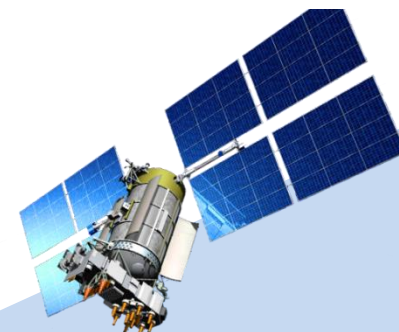
## 1. Оптимальные характеристики ВС для АС

- 2 турбовинтовых двигателя
- герметичный
- диапазон скоростей: 160÷450 км/час
- продолжительность полёта не менее 5 часов
- наличие современного автопилота
- однопилотное ВС

## 2. Целесообразно – под необходимые (или имеющиеся) съёмочные сенсоры подбирать тип ВС с оптимальными характеристиками

- При АЛС, для получения большого количества «точек» на 1 м<sup>2</sup> целесообразно применять низкоскоростное ВС, например – вертолёт.
- Для АФС больших территорий необходимо высокоскоростное и высотное герметичное ВС.
- Использование высокопроизводительных сенсоров на устаревших типах ВС не эффективно.
- Ручное пилотирование (без автопилота) зачастую приводит к ухудшению качества съёмки и низкой производительности.

# ОТЛИЧИЯ В ПРИМЕНЕНИИ ПИЛОТИРУЕМЫХ ВС И БПЛА ДЛЯ АЭРОСЪЁМКИ



<b>Топографическая съёмка</b>	GSD	1-5 см	5-35 см	От 35 см
	Оптимальная площадь	до 25 км <sup>2</sup> (2500 га)	25 – 100 000 км <sup>2</sup> и более	от 25 км <sup>2</sup>
	Особенности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применяются только с метрическими сенсорами</li> <li>• Эффективно в дополнение к наземной съёмке</li> </ul>	Самый оптимальный метод	Как правило используется для актуализации имеющихся карт М 1:10 000 и крупнее
<b>Специальная (инженерная) съёмка</b>	Линейные объекты	до 15 км	от 15 км	Не применяется
	Спектральная съёмка	В зависимости от назначения	В зависимости от назначения	
	3-D модели	В зависимости от площади	В зависимости от площади	
<b>Мониторинг территории</b>	Все отрасли гражданского хозяйства	Для площадей до 10 км <sup>2</sup>	Как правило, не применяется	Для площадей от 100 км <sup>2</sup>
	Оборона, безопасность, чрезвычайные ситуации	Для оперативных задач на территории площадью до 5 км <sup>2</sup>		Для плановых задач на больших территориях



## Использование БПЛА для АС

**Fevzi Ametov**  
**Co-Founder**  
**DroneUA**

**Kyiv**  
**Ukraine**  
**2019**

## Типы дронов:

- Мультироторный



## Назначение:

Скаутинг ( мониторинг ) посевов

Картографирование малых площадей (RGB) (50-60га за вылет)





### Типы дронов:

- Мультироторный
- Самолетный



### Назначение:

Картографирование больших площадей (RGB, NIR) (500-600га за вылет)  
Картографирование и осмотр линейных объектов (5-15км)

### Типы дронов:

- Мультироторный
- Самолетный
- Гибридный, самолет с вертикальным взлетом



### Области применения:

- Картографирование больших площадей (500-600га за вылет)
- Картографирование линейных объектов (5-10км)



### Типы дронов:

- Мультироторный
- Самолетный
- Гибридный, самолет с вертикальным взлетом
- Вертолетный



### Области применения:

- Инспектирование линейных объектов
- Безопасность и поисково-спасательные операции
- Морское патрулирование



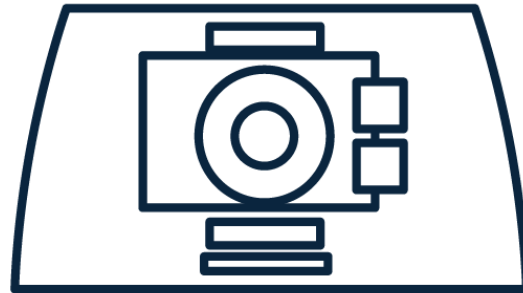
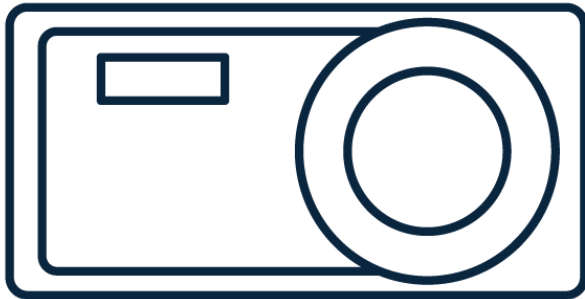
### Направления развития:

- Продолжительность полета
- Полная автономность
- Универсальность
- Простота эксплуатации
- Специализация



## Сенсоры для дронов:

- RGB
- Мультиспектральные и гиперспектральные
- Термальные
- Лидары
- Газоанализаторы
- Мультисенсорные решения

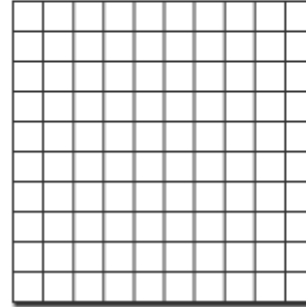




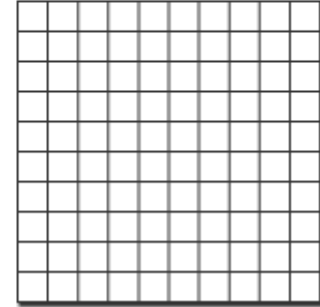
## Направления развития:

- Качество съемки (размер сенсора, разрешение)
- Механика съемки
- Унификация
- Мультисенсорность
- Скорость съемки
- Интеграция RTK

Строковый  
фотозатвор



Кадровый  
фотозатвор

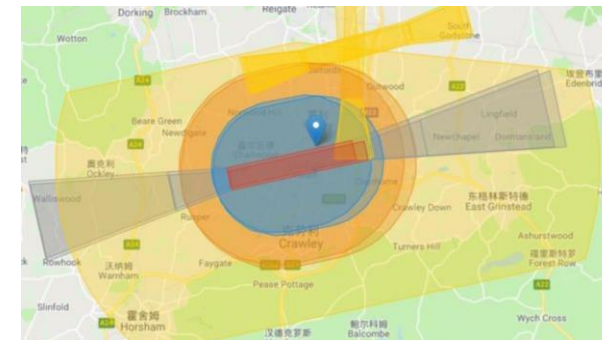


## Почему в одном случае покупают оборудование, а в другом заказывают услуги:

- Распространенный миф «все само летает и в автомате обрабатывает»
- Уменьшение стоимости дронов
- Отсутствие контроля качества конечного продукта
- Регуляция дронов на минимальном уровне

## Что необходимо принимать во внимание **покупая дрон**:

- Моральное устаревание оборудования и необходимость периодического обновления
- Текучка кадров
- Материальную ответственность сотрудников
- Усложнение регуляторной политики в отношении дронов
- **Необходимость профессионального учета и контроля**



## Объем продаж дронов в Украине:

- Потребительские решения (для личного пользования) - 27 тыс. грн..шт.среднем
- Профессиональные (для коммерческого использования) - 73 тыс. грн.шт.в среднем

**70%**



**29%**

Parrot  
senseFly

SwellPro  
PIONEERS OF THE WATERPROOF DRONE

YUNEEK

ZEROTECH

UBSAN

**1%**

**8.8 млн  
долларов  
2018г**

- Оборона и безопасность

информация по объемам в основном закрыта

Виробничо-Інноваційна компанія  
**Deviro**

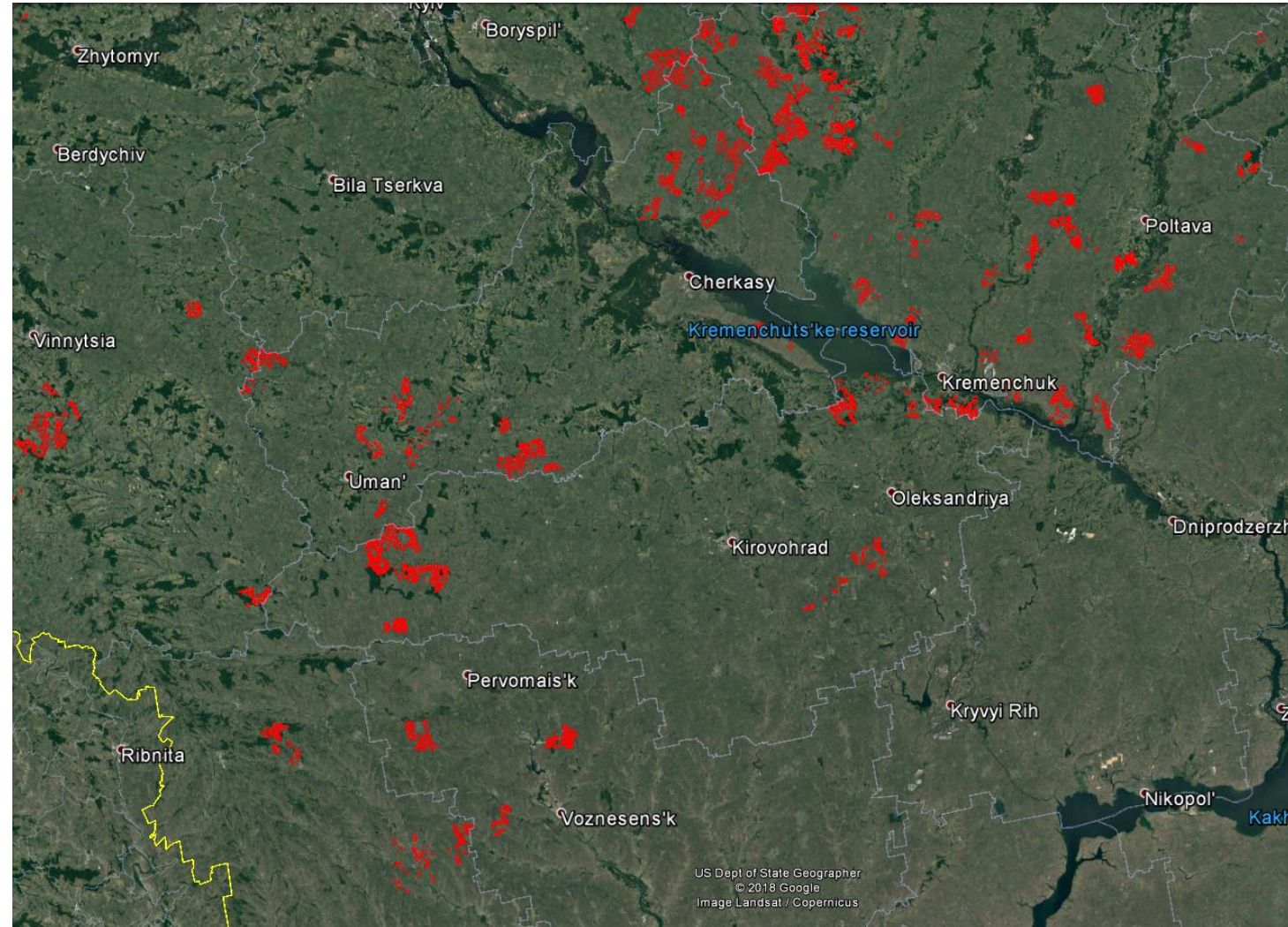
 **Skyeton**  
AIRCRAFT INDUSTRIAL COMPANY

UKR  
SPEC\_**systems**



## Пример проекта реализованного с помощью дронов

- Получение данных о площади объектов (объем 115.000га, 6 областей)
- Пространственное разрешение 10см/пиксел
- Точность привязки до 30см
- Сроки выполнения 2 мес.





DroneUA

вул. Залізничне шосе, 2А

Україна, Київ, 01103

Tel.:+38 095 287 55 26

Email: [f.ametov@drone.ua](mailto:f.ametov@drone.ua)