

ВИДОВЕ ДРОНОВЕ

Георги Желев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: gjelev@space.bas.bg

Ключови думи: *Дроне, Мултиротори, Класификация*

Резюме: *Направен е опит да се систематизират и класифицира разнообразието на най-широко разпространените видове дроне. Направената класификация е на основата, както на физическите параметри на дроновете, така и на тяхното приложение. Основно са разглеждани дроновете в цивилния сектор, а дроновете във военния сектор само са споменати. Направена е съпоставка на сфери на приложение на дроновете в зависимост от техния размер и обхват на летене.*

TYPES OF DRONES

Georgi Jeleu

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gjelev@space.bas.bg

Keywords: *Drones, Multicopter, Classification*

Abstract: *An attempt is made for systematization and classification of the most common types of drones. The presented classification takes into account the physical parameters of the drones and their area of application. More emphasis is given to the civil drones while these within the military domain are only mentioned. Discussed are the areas of application as a function of the size and the flight distance.*

История

Думата „дрон“ е чуждица и произлиза от старата английска дума drān, dræŋ „drone“ и има няколко различни значения, но в превод означава търтей (мъжка пчела). Когато говорим за дрон като електрическо устройство си мислим за ракета или дистанционно управляем безпилотен самолет. Така че, основното определение за дрон е „безпилотен самолет или кораб, който може да се движи автономно, без човешки контрол и без пряка видимост“ (Dictionary.com). В различните речници често срещано определение е: „Дрон е безпилотен летателен апарат (БЛА) управлявана дистанционно или от бордови компютър“ (Oxford Dict., Cambridge Dict.). Това име се дава на БЛА поради характерния „жужащ“ звук от роторните мотори.

Първоначално дроновете са разработени след края на Първата световна война, като защита от използваните по това време чепелини. В следствие са развити и използвани в американската армия за изпълнение на редица опасни за пилоти мисии. (https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles). През 2006 г. Американската федерална авиационна администрация издава първите разрешителни за използване на БЛА за търговски цели в гражданския сектор. През 2010 г. се появяват на пазара първите напълно сглобени дроне. (<https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-drones>) За последните осем години дроновете станаха атрактивни и бързо навлизат в живота и работата на хората.

Възможността за модифициране определя широкия кръг на приложения в много различни сфери. Това обуславя и тяхното разнообразие като видове. Друг фактор е възможността всеки сам да си сглоби дрон, в зависимост от това за какво иска да го използва.

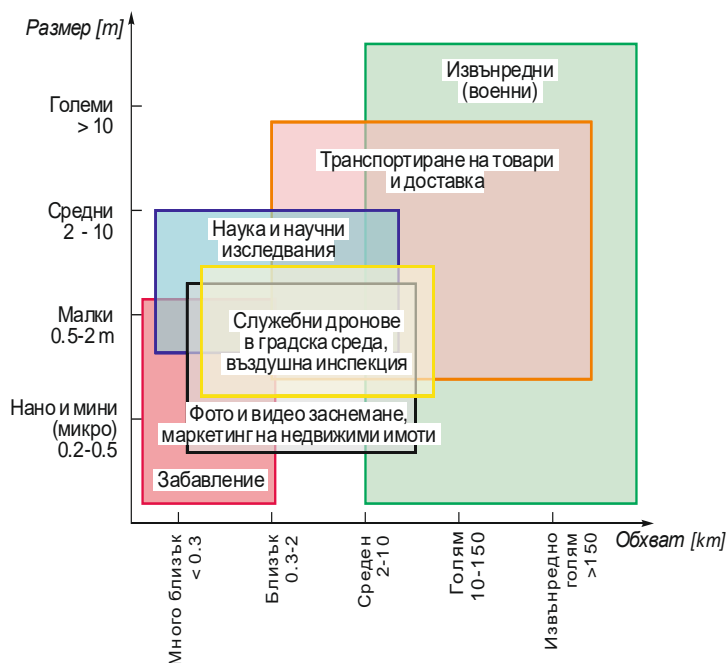
На фиг. 1. е показано основните сфери на приложение на дроновете в зависимост от размера и обхвата на летене.

Дроновете, използвани за защита или военни операции се различават много от използваните в гражданския сектор, както по отношение на способностите и качеството на хардуера така и по отношение на надеждността на системата и механизмите (Сотиров, Г.С. 2005.).

Целта на настоящата работа е да се направи единна класификационна схема на голямото разнообразие на дронове.

Като основна задача се явява обобщаването на различни класификации от различна източници – статии и книги, интернет страници, сайтове за продажба на дронове и др.

Направената класификация е на основата, както на физическите параметри на дроновете, така и на тяхното приложение.



Фиг. 1. Сфери на приложение на дроновете в зависимост от размера и обхвата на летене

Класификация

1. В зависимост от конструкцията и начина на летене

Дроновете не летят по един и същ начин. Използват се различни методи на летене и конструктивни решения в зависимост от търсения ефект. Конструкцията и начина на летене са различни, но са една от основните характеристики на всеки дрон и поради това те определят основната класификация на дроновете – роторни, с фиксирано (делтовиндо) крило и хибридни.

а. Роторни: 1, 2, 3, 4, 6, 8 и повече роторни дронове

Всички дронове, които имат един и повече двигатели (ротори) и не са с фиксирани (делтовидни) крила се класифицират под общото название – роторни дронове или мултироторни дронове. Най-разпространените дронове влизат в тази категория, което я прави най-голямата и основна категория.

Основното предимство на роторните дронове е възможността да останат в стабилна позиция на едно място във въздуха за дълго време, те са най-лесният и най-евтиният вариант за получаване на „поглед от горе“, така че те са популярен избор за въздушна фотография и видео заснемане и наблюдение. Друго важно предимство е възможността за вертикално излитане и кацане – VTOL (Vertical take off and landing).

Недостатъкът на роторните дронове е тяхната зависимост от издръжливост на батериите и малката скорост, което ги прави неподходящи за широкомащабно картографиране на въздуха, дългосрочно наблюдение и инспекция на дълги разстояния, като тръбопроводи, пътища и електропроводи.

Роторите, макар и непрекъснато да се развиват и усъвършенстват са неефективни и изискват много енергия, само за да се борят срещу гравитацията и с влиянието на вятъра. С настоящата технология на батериите (литиево-йонни) полета на тези дронове е ограничен до около 20-50 минути, когато носят лек товар като камерата. Мултироторните дронове могат да носят и по-големи тежести, но в замяна на много по-кратки полети.

Необходимостта от прецизна и бърза реакция в работата на дроселната клапа, прави непрактично използването на флуиден (газов, бензинов и др.) двигател за задвижване на роторите, така че дроновете са ограничени до използването на електродвигатели.

Появата на нов източник на енергия и развитието на батериите може в бъдеще да удължи полетното време на дроновете от тази категория.

В зависимост от броя на роторите, дроновете се разделят на:

Монокоптери, хеликоптери (дронове с единичен ротор)

Към тази категория попадат дронове с един двигател плюс по-малък ротор в близост до опашката за контролиране на посоката (Фиг. 2). Хеликоптерите са много популярни в авиацията с пилоти, но за сега запълват малка ниша в света на дроновете.



Flying Mini RC



T-Rex 550E 3G Combo

Фиг. 2. Представители на монокоптерни дронове (хеликоптери)

Голямо предимство на дроновете с един ротор е възможността да използват газ вместо електричество като източник на енергия. Те могат да летят на по-големи височини от мултироторните. Витлата (перките) на хеликоптерите могат да бъдат много по-големи и това ги прави по-ефективни поради общото правило в аеродинамиката, че колкото по-голям е диаметърът на роторното витло и колкото по-бавно се върти, толкова по-ефективно е (Аронин, Г.С. 1962). Това прави тези дронове предпочитани за по-тежък полезен товар, като LIDAR (лазерен скенер) камери.

Основните недостатъци са тяхната сложност, висока цена, силни вибрации и опасността от големите им въртящи се витла. При сблъсък, дългите остри витла на един хеликоптерите могат да причинят сериозни наранявания и щети.

Като сложност за ползване и трудност при работа, хеликоптерите са между мултироторните дронове и самолетите с фиксирано крило.

Бикоптери

Тези слабо разпространени дронове имат два двигателя които се движат в срещуположни посоки. Поради наличието само на два ротора, тези дронове имат малка товароподемност и е трудно поддържането на стабилност по време на полет (Фиг. 3).



Фиг. 3. Представител на бикоптерите

Трикоптери

Трикоптер представлява дрон за движението и контрола, на който се използват три ротора. Те са разположени в краищата на триъгълна рамка на 120° един от друг (Y образна форма). Има обаче и трикоптери с Т-образна форма (Фиг. 4). Трите ротора се въртят в една посока.

Основни предимства на трикоптерите е, че трите витла винаги са в една равнина и това ги прави много гъвкави и маневрени. Друго предимство е по-ниската консумация на енергия. Като недостатък се отчита, че при срив на един от роторите, машината ще се падне бързо, а при излитане – липсва стабилност.



Chengxing Scorpion S-Max RTF 3D

Yi Erida

Фиг. 4. Представители на дронове с три ротора (трикоптери)

Квадрокоптери, хексакоптери, октокоптери (Фиг. 5)

Квадрокоптера е дрон с четири ротори. Характерното за тях е, че те използват две двойки летателни витла, като едната двойка са върти в една посока, а другата двойка – в обратна. Имат две основни конфигурации на роторите – „X“ образна и „+“ образна. По-рядко има и „H“ образна конфигурация на роторите. Друга характерна конфигурация е разположението на двойка ротори един под друг, въртящи се в противоположни посоки, т.нар. коаксиални ротори (<https://oscarliang.com/types-of-multicopter/>).

Маневрирането става посредством различната скорост на въртене на всяко витло. Заради своята сравнително ниска цена, лесно управление и сглобяване тези дронове са най-предпочитаните от роторните и са най-разпространени. Често се прикачват камери, смартфони и други електронни устройства към тях. Заради своя стабилен полет и по голям обхват на полета те са предпочитани и от военните за транспортиране на малки доставки (Wikipedia).

Хексакоптерите, октокоптерите и дроните с повече ротори, по подобие на квадрокоптерите имат съответно шест, осем и повече ротори разположени в кръг около основното тяло.

Предимството е, че повечето ротори дава по-голяма мощност на дрона и съответна по-голяма товароподемност. Повечето ротори дават по-голяма сигурност и надеждност по време на полет. Ако има отказ на един или два ротора при хексакоптерите и три до четири при октокоптерите, дрона ще се приземи без повреди. Възможността да летят ниско над земята и да се преобръщат по време на полет също е предимство.

Като недостатък може да се изтъкне, че повечето ротори консумират повече енергия и като резултат тези дронове са силно зависими от мощността на батериите, както и по-високите цени.



Фиг. 5. Представители на квадрокоптери, хексакоптери и октокоптери

Съществуват дроне с повече от осем ротора, (Г. Мардиросян и др., 2015; P.Getsov et al, 2017).

б. Дроне с делтовидни, фиксирани крила

Другият основен дизайн на дроновете имитира стила и конструкцията на самолетите и се нарича делтовидно или фиксирано крило. Наличието на крила като при самолетите ги прави по-ефикасни от роторните дроне. Те лесно се задържат във въздуха като използват енергията само да се движат напред по зададен маршрут. Поради това те могат да покрият по-големи разстояния и имат по-дълъг полет. За подобряване на тяхната ефективност е възможно да се използват и газови двигатели, но като цяло се движат много по-бързо от роторните дроне. Най-разпространената конфигурация при тях е с един хоризонтален ротор отпред или отзад на тялото. По-рядко са тези с два и повече ротори, разположени под крилата.

Основните недостатъци на дроновете с фиксирани криле и невъзможността да се задържат на едно място по време на полет, летене само напред, както и сложността при излитане и кацане. Изстрелването изисква специфични умения и се извършва от установка или от ръка (Фиг. 6). Поради това е необходима дълга полоса и свободно пространство. Полетът им е автономен и наподобява аерофото заснемане и поради това са предпочитани за дистанционни изследвания на земната повърхност. Те могат да носят различни камери и да заснемат хиляди снимки.



Фиг. 6. Представители на дроне с делтовидни, фиксирани крила

с. Хибридни дроне (с алтернативно задвижване)

Хибридни са тези дроне, които съчетават горните две технологии или използват алтернативни източници на захранване. Това е обуславяно от идеята да се съчетаят предимствата на различните технологии. Хибридните дроне са проектирани и имат широк спектър от уникални възможности (P.Getsov et al, 2017). Те лесно се контролира от таблет, лаптоп или друго свързано с интернет устройство. Могат да излитат и да кацат почти навсякъде и да го правят напълно автономно (Фиг.7.).



Фиг. 7. Представители на хибридни дроне:

а) DeltaQuad Pro с фиксирано крило с вертикално излитане (VTOL); б) Walkera QL 1200 бензиново-електрически хибрид; в) Foxtech GAIA-160 бензиново-електрически хибрид

Основен недостатък на хибридните дроне е по-сложното управление и високата цена. На пазара има малко хибридни дроне, но можете да се очаква те да станат много по-популярен вариант през следващите години.

2. В зависимост от размера

Размерът на дроните варира значително и зависи от няколко фактора, свързани с неговото представяне (фиг.8). Ето класификацията според размера:

а. Нано и мини (микро) дроне (20–50 см)

В тази категория попадат най-малките дроне. Те са известни като нано или микро дроне и обикновено се използват за провеждане на биологична война или за шпиониране на хора. Технически те са по-маневрени, пригодени за работа в затворени пространства. Нано дроните са най-малки и обикновено имат големина на насекомо. От друга страна мини дроните могат да достигнат 20–50 см дължина и имат по-мощни мотори и по-добри характеристики от нано дроните. Като цяло, моделите от двете категории се използват от военните за шпионаж. Те са леки, имат много малък обхват на летене (50 до 1000 m) и време на полет не повече от няколко до 20 минути (Фиг. 8).

Основното предимство на тази категория дроне е тяхната цена и те са подходящи при обучение за пилотиране поради наличието на всички необходими контролни функции както при другите по-големи дроне. Поради малките размери са подходящи за използване в затворени пространства.

Основен недостатък е малката мощност и силното влияние от атмосферните условия. Малката продължителност на полета и по-слабите характеристики на хардуера (камери и др.).



Фиг. 8. Представители на нано и мини (микро) дроне а) Black Hornet - нано хеликоптер; б) HorizonFaze; в) Hubsan X4 H107L;

б. Малки дроне (50 см–2 m)

Дроните от тази категория са по-големи от микродроните, но все още са съвсем малки. Те имат размери между 20–50 см и 1–2 m. Много са популярни поради сравнително ниската си цена и много по-добрите технически характеристики. Имат обхват на летене от 500 m до 4–5 km и полетно време от 15 до 40 минути. Поради своите характеристики тези дроне се използват за професионална работа и научни изследвания (Фиг. 9).



Фиг. 9. Представители от категория малки дроне
 а) DJI Inspire 1 V2 - квадрокоптер; б) eBee Ag - с фиксирано крило

с. Средни дроне (2–10 m)

В тази категория попадат дроне с размах на крилата между 2-3 и 10 m. Обикновено те трябва да се носят от двама души и могат да тежат до 200 kg. Тези дроне могат да пренасят до 200 kg полезен товар, имат мощни двигатели и обикновено се използват за превоз на стоки на отдалечени места и при военните. Те са по-малки и по-леки от леките самолети (Фиг. 10). Имат обхват на летене до 50 km, а времето за полет може да продължи до 6 часа.



Фиг. 10. Представители от категория „средни дроне“ - Shadow RQ-7

d. Големи дроне (> 10 m)

Тези дроне са с размер на малък самолет с размах на крилата по-голям от 10 m, продължителност на полета - 10–12 часа до един ден, максимална височина - 9–10 до 20 km. Военните често използват тези дроне и ги изпращат в зони с висок риск вместо бойни самолети, управлявани от пилоти. Те се използват за разузнаване и наблюдение от въздуха на големи територии, поради наличието на мощни фотографски системи.

Повечето дроне от тази категория са оборудвани с оръжейни системи, така че те се използват при тактически атаки или когато има висок риск за пилотите (Фиг. 11.).



Фиг. 11. Представители от категория „големи дроне“ - Grey Eagle и Global Hawk на НАСА

3. В зависимост от обхвата на летене (работния диапазон)

Обхвата на летене на дроновете е от съществено значение поради факта, че това е площта която може да покрие при заснемане и далечината и височината, до която може да се достигне при изпълнение на съответните задачи.

a. Много близък обхват (< 300 m)

В тази категория попадат всички микро- и нанодронове. Те основно се използван за развлечение и фото заснемане.

b. Близък обхват (300 m – 10 km)

В тази категория попадат дроновете с малък размер. Тези дронове имат среден обхват от около 5 km и могат да останат във въздуха за 20 минути до един час.

c. Среден обхват (10 – 150 km)

Те могат да бъдат контролирани от големи разстояния от потребителя. Мощна батерия им позволява да останат във въздуха до 6 часа. Тези дронове най-често са използвани от военните.

d. Голям обхват (> 150 km)

В тази категория попадат дронове, които могат да се управляват до разстояние 650 km. Те са високоскоростни безпилотни самолети и покриват огромни площи, летят до 9 000 m надморска височина и могат да останат във въздуха за повече от 36 часа. Тези дронове основно се използват от военните, но могат да се използват и за събиране на метеорологични данни.

4. В зависимост от оборудването

Според оборудването, дроновете могат да се поделят на:

a. С камера (фотоапарат)

В тази категория попадат почти всички дронове използване за наблюдение, за да заснемат класически снимки в трудни места. Филмовата индустрия ги използва често за филмови кадри. В последно време тези дронове поевтиняха и станаха много достъпни за купувачите. Ценовия диапазон е от \$50 – \$100 до \$1000 – \$2000. Има голяма разнообразие на камери, които се произвеждат със специални възможности (множество преходници) за монтиране към различни дронове.

b. С FPV First Personing Viewing

FPV или „Поглед от първо лице“ – все по-често срещана възможност на дронове, способни да записват неща, които зрителите ги гледат в реално време. Контрола става или с помощта на портативен монитор или през специални очила. Тези дронове обикновено се използват във филмовата индустрия и за нуждите снимане лице в лице.

c. С GPS

Вече почти всички дронове са снабдени с GPS и показват своето местоположение в движение. Те изпълняват своята задача на определено фиксирано място или по зададен маршрут. Тези дронове са връщат автоматична от мястото от където са пуснати. Има три типа GPS системи, използвани за контрол на дронове:

- стандартна GPS: използва един чип GNSS приемник: с точност до 1 m или два; използвани на повечето потребители на безпилотни машини;
- дублираща GPS: използва 2 или повече допълнителни GNSS приемника, обикновено стандартен GPS плюс GLONASS приемник; това е добър избор, ако се използва за полет над населени райони или всякъде, където загубата на позициониране може да бъде катастрофална;
- паралелна GPS: два или повече GNSS приемника, работещи заедно, за постигане на висока точност (под 1 m); много е полезна, когато се изисква прецизна точност на позиционирането на дрона, като при заснемане на спортни събития на стадиони и др.

d. Със стабилизатор

В днешно време почти всички дронове имат вграден жirosкопичен стабилизатор, за подобряване на дистанционно наблюдение на земната повърхност. За стабилно видео и фото заснемане. Това улеснява многократно и възможности при навигацията.

е. С военно оборудване

Военното оборудване зависи от конкретните задачи, които те трябва да се изпълнят в конкретни военни операции. Основно, това е камери или фотоапарати с добри оптични системи за наблюдение и разузнаване, както и различни оръжейни системи.

5. В зависимост от приложението

Развитието на дроновете през последните години спомогна за навлизането им във все повече области на човешката дейност (Study Analysing the...). Спрямо приложения, дроновете се разделят на:

а. С гражданско приложение

Дронове за работа и научни изследвания

Дроновете трайно навлизат в изследователска дейност на учените, за дистанционно наблюдение на различни явления в околната среда (за документиране на археологически разкопки, при определяне на последствията от природни бедствия и катастрофи, при наблюдение на ледници, в селското и горско стопанство, в архитектурата и строителството и др.). Много сектори се възползват от използването на дронове - търговски, природозащитни или екологични и др. В много отрасли, като минното дело и кариерите, те спестяват време и още по-важно, те са по-безопасен начин за проучване на структури, сгради и др.

- За земеделски изследвания, Прецизно земеделие

Има много публикации за използването на дронове в селскостопанския и горския сектор (Сотиров, Г.С. и др. 2005, Филипов, А., 2011, Jannoura R. et al, 2015, Желев, Г. и др., 2016; Duana, T., et al 2017, Yue, J. et al, 2018 E-agriculture in Action, 2018 и др.). Тяхното използване е при картографиране с висока пространствена разделителна способност и мониторинг на земеделските култури, NDVI анализ на състоянието на растенията, въздушно проучване за проектиране на напоителни системи, хербицидно третиране, изследвания в областта на здравето на растенията чрез използващи мултиспектрални камери и топлинно заснемане, документиране за застрахователни загуби и редица др. В тази категория попадат професионални дронове снабдени с различни видове камери. Те са малки или средни по размери с близък до среден обхват на полета (Фиг. 12).



Фиг. 12. Използване на дронове в селското и горско стопанство

- За архитектура, геодезия и строителството

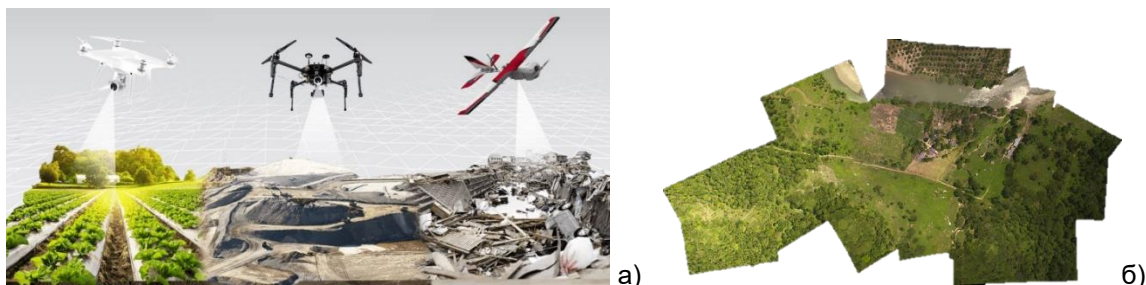
Дроновете предлагат голяма помощ при геодезични заснемания, предоставят богата визуална информация за създаване на цифрови карти и 3D модели повърхността и различни обекти и сгради (Фиг.13). Независимо, че тази технология измества някои по-стари геодезични техники, все още са необходими специалисти при обработката и анализа на данните (Ц. Атанасова, 2016).



Фиг. 13. Заснемане с дрон за а) 3D моделиране на статуята „Христос Изкупител“; б) Проследяване за напредъка в строителството на обекти

- За събиране на географски данни и картографиране

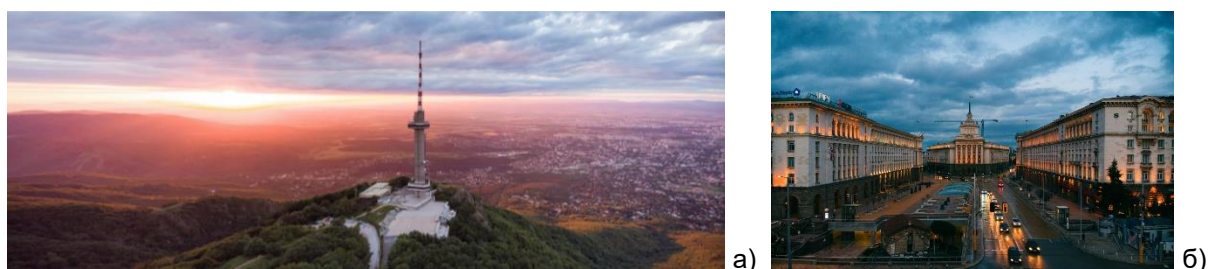
Дроновете предоставят уникалната възможност да се създават ортофото мозайки при заснемане на земната повърхност, а от там и за генериране на ортофото карти с много висока пространствена разделителна способност (около 3–5 cm). За създаване на пълни 3D модели на повърхността (DSM) и на терена (DTM) (Фиг. 14). Това дава възможност за създаване на много точни цифрови карти с възможност за пространствени изчисления и компютърно моделиране и анализ.



Фиг. 14. Използване на дроне за а) събиране на географски данни и б) картографиране

- За професионално фото и видео заснемане

Снимки и видео от „птичи поглед“ (Фиг. 15) предлагат уникална гледна точка и незабравими гледки. Добрата фотография е да покаже на хората поглед за света, който те не могат да видят. Развитието на съвременната снимачна техника (фотоапарати и видеокамери), както и възможността за пренос на HD и 4K видео чрез безжична технология към интелигентни устройства дава възможност да получат професионални въздушни снимки и видео заснемане. Днес се използват дроне за целите на висококачествената кинематография във филмовата индустрия, професионалното фото заснемане, както и за целите на маркетинг на имоти и реклама. Моделите с по-висок клас могат да заснемат 4k видео при 120 кадъра в секунда и HDR (с висок динамичен обхват) изображения.



Фиг. 15. Снимки с дрон на а) Телевизионната кула на Копитото; б) Ларгото, София, <http://fotozona.bg/drone>

- За транспортиране на товари и доставки

Използването на дроне за пренос на пратки и доставки се радва на все по-голям успех (Фиг. 16). То стартира през 2013 с вкарването на големи инвестиции от компании като Amazon, Workhorse, Google и др. Дронево транспортират лекарства и ваксини и извличат медицински проби до и от отдалечени или по друг начин недостъпни региони. Все по-често се използват дронево за доставка на храна и напитки, като например веригата пицарии Домино. Наред с доставката на медицински, пощенски и търговски пратки се използват дронево и за незаконни доставки (като наркотици и GSM-и в затворите).



Фиг. 16. Използване на дроне за доставки и транспорт на товари

- Служебни дроне в градска среда, въздушна инспекция (наблюдение на движението, комунални услуги и др.)

Дроните дават възможност да се използват за по-евтина и по-бърза инспекция на труднодостъпни съоръжения и инфраструктурни обекти, като мостове, кули, ветрогенератори, електропроводи, комини, пътната и ЖП мрежа, фотоволтаичните централи и др. (Фиг. 17). Дроните са оборудвани с професионални, както видео, така и термални и спектрални камери.



Фиг. 17. Използване на дроне за инспекция различни съоръжения

Дроне за забавление

Наред с дроните за професионална употреба, многобройни са дроните използвани за забавление. Много от тези дроне имат технологията „Следвай ме“, GPS, 4K камери и отлична стабилизация. Това позволява заснемане на висококачествени снимки видео.

- Аматорски и полупрофесионални дроне от тип „Готови за полет“ - RTF (Ready-to-Fly)

Много от дроните за забавления са точно такива – готови за ползване, слагаш батерията, свързваш ги към мобилното устройство и ги пускаш да летят и снимат. Това са предимно малки, нано и мини дроне (Фиг. 18). Подходящи са за начинаещи поради ниската си цена и малки разходи.



Фиг. 18. Дроне от тип „Готови за полет“:

а) Ултра портативен AMAFi Parrot дрон; б) DJI Mavic PRO Platinum; в) Spedix s250

- За филмиране на спортове на открито (екстремни спортове, сърф, ски, колоездене, спускане с лодки и др.)

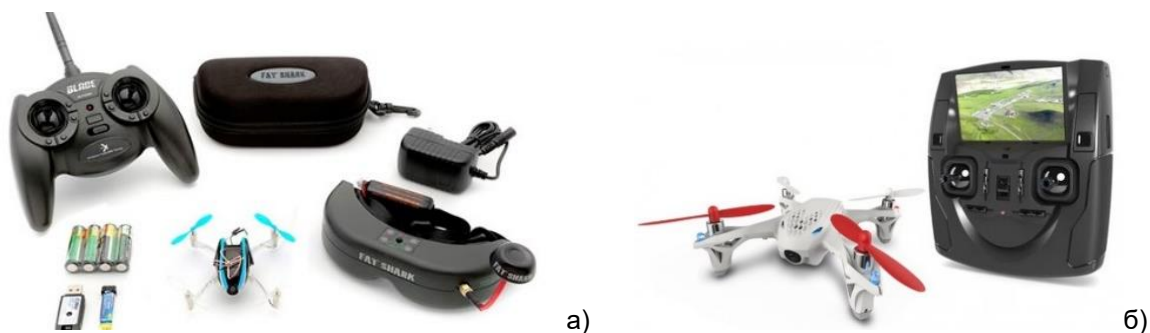
Тези дроне са най-подходящи за заснемане на спортни и други дейности на открито. Те са снабдени с модерни GPS системи, автопилоти и режими за позициониране на камерата, които я държат фокусирана върху действието (Фиг. 19). много често тези дроне имат технологията „Следвай ме“.



Фиг. 19. Дроне за забавление в режим „Следвай ме“

- Микро дронове за затворени помещения и за обучение

Микро дроните са малки, супер леки дронове, подходящи за използване на закрито и при лек вятър. Като цяло това квадрокоптери и са перфектни са за обучение, подарък или просто забавление. Често са с включени очила за FPV. Те са сравнително евтини, имат много малко полетна време 4–10 минути.



Фиг. 20. Микро дронове за затворени помещения и за обучение:
а) Flade Blade FPV Nano QX; б) Hubsan H107D X4

- За семейни снимки и видео

Тези дронове са RTF - напълно сглобени и готови за ползване. Те са лесно преносими, използват се с лекота от всички, надеждни са и професионални функции. Не на последно място те са по-евтини. Като размери, това са ноно или микро дронове. Те често имат опцията FPV и предават видео в реално време (Фиг. 21).



Фиг. 21. Дронове за забавление в режим „Следвай ме“

- Състезателни дронове

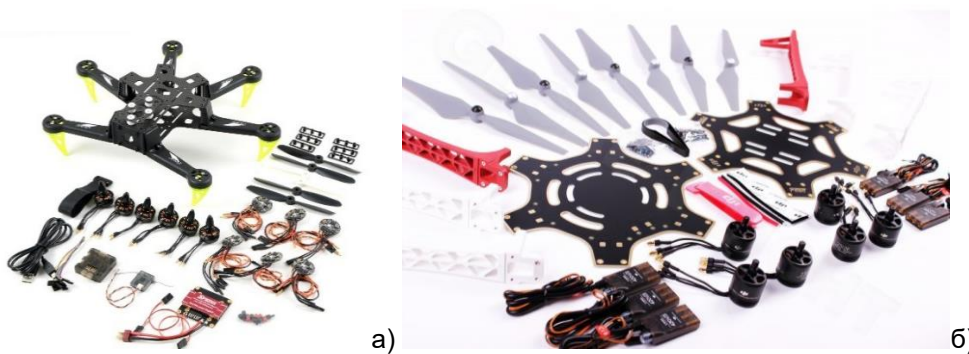
Какво е необходимо в едно състезание? – здрави, бързи и маневрени дронове. В тази категория попадат дронове с поликарбонатен щит върху корпус от фибростъкло, прости, лесни за сглобяване и заменяеми, закалени компоненти и не на последно място високонадеждни и мощни ротори за бързо ускоряване и многоклетъчни литиево-полимерни (LiPo) батерии.



Фиг. 22. Състезателен дрон DRL Racer3

- Дронове като хоби за професионалисти

В тази категория попадат различни по размер дронове, но основното е, че те са на части или „Почти готов за полет“ (ARF – Almost-Ready-to-Fly). Повечето от тези комплекти съдържат ръководства за сглобяването им стъпка по стъпка (Фиг. 23).



Фиг. 23. Комплекти на ARF дроне: а) Spedix S250 Hex FPV Racer; б) DJI F550 Hexa ARF

б. С военно приложение, военни дроне

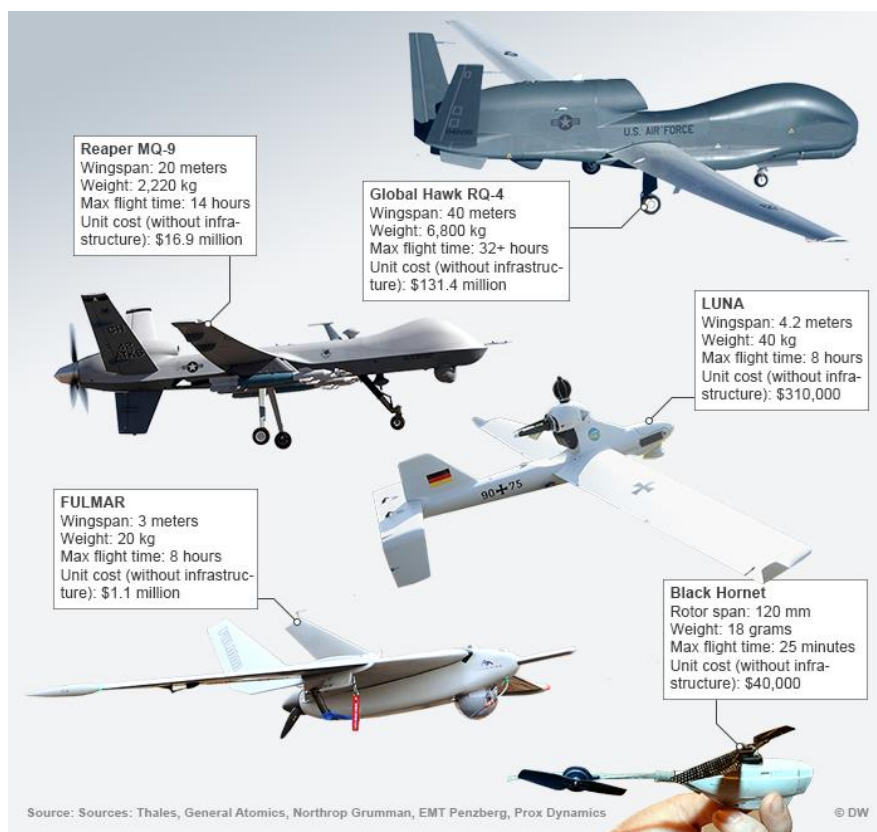
Категориите военни дронете са доста различна от тази за дронете с гражданско приложение. Те се категоризират въз основа на тяхното тегло, обхват, скорост, както и техните специфични възможности. Класификацията е използвана от групите на НАТО и е според Министерството на отбраната на САЩ (Eyes of the Army, 2010; J. Calvo, et al. 2014):

КЛАС I (< 150 kg): МАЛКИ – в този клас попадат микро, мини или малки дроне с основно предназначени разузнаване, наблюдение и прицелване. Често те са с фиксирано крило със средно тегло около 20-100 kg, максимална скорост – 100 km/h и височина на полета до 4 km. Основно приложение е за шпионаж.

КЛАС II (150–600 kg): ТАКТИЧЕСКИ – попадат дроне с размери и възможности на малки самолети. Отличават се с комбинация от гъвкавост, издръжливост и здравина и се използват за наблюдение и мониторинг при изготвяне на анализи и оценки на нанесените щети, за гранично наблюдение, разузнаване и реагиране при извънредни ситуации.

КЛАС III (> 600 kg): СТРАТЕГИЧЕСКИ – в тази категория попадат дроне с размери на самолети. Имат широк спектър от приложения, като се използват за определяне на позицията на врага или на придвижването на определени цели. Техните технически характеристики са впечатляващи.

На Фиг. 24 са показани представители на различните класове военни дроне с някои основни техни технически характеристики.



Фиг. 24. Представители на военните дроне

Въз основа на конкретната роля, които те трябва да играят в определена военна операция, военните дронове се поделят на целеви и примамващи, разузнавателни, атакуващи и за научноизследователска и развойна дейност. Те да се прилагат и ще продължават да се прилагат в различни военни операции поради голямото им удобство за намаляване на загубите и осигуряване на възможност за изпълнение на тясно профилни и рискови мисии. Дронове се използват и при осигуряване на сигурността по границите и брегова охрана. Бъдещето е във все по-пълната автономия и повечето иновации на военните безпилотни авиационни системи - военните дронове.

6. В зависимост от себестойността (цената)

Цената на дроновете зависи много от тяхното предназначение, големина и възможността на добавяне на допълнителни аксесоари. Тази класификация се отнася за дронове с гражданско приложение. Не са разгледани военните дронове, чиито цени, поради специфичния си характер, са доста по-различни.

а. Евтини дронове (€ 20 – € 150)

Това са най-евтините дронове. Те са предимно играчки, използвани за развлекателни цели като състезания и всичко останало. Няма специално оборудване и няма място за допълнителни аксесоари. Най-често са от типа RTF и FPV (Фиг. 25.).

б. Средно скъпи дронове (€ 150 – € 1000)

Това са дронове, които се използват както за развлекателни, така и за професионални цели. Те са малко по-големи по размер и имат повече аксесоари за тях. Те могат да бъдат използвани за специални задачи, като събиране на данни, инспекция на съоръжения и картографиране от въздуха. Използват се за любителско и професионално видео и фото заснемане. Те също са напълно окомплектовани и са типа RTF (Фиг. 25).

в. Скъпи дронове (€ 1000 – € 10000)

Това са дронове, които най-често се купуват за определени цели. Те имат специален дизайн и към тях могат да се добавят различни аксесоари и надстройки. Те се използват най-вече за наблюдение или други специализирани цели. Те са скъпи и тяхното закупуване е оправдано при необходимост от използването им за решаване на определени задачи. Те също са напълно готови за работа, имат възможност за смяна на камерите, добавяне на допълнителни паметни, имат няколко резервни батерии и често са окомплектовани в специални куфари или раници (Фиг. 25).

г. Много скъпи дронове (> € 10000)

Те се използват главно за заснемане на отделни сцени в филмовата индустрия. Могат да се използват и от компании или от организации, извършващи географско картографиране, принос на товари или за други специализирани цели. Те са със шест и повече ротори за по-висока мощност и стабилност, леки и здрави корпуси и специализирано оборудване (Фиг. 25).



а) Cheerwing Syma X5SW-V3 с цена \$ 35



б) DJI Phantom P3-STANDARD с цена \$ 840



в) DJI Mavic PRO с цена \$ 1300



г) Freely ALTA 8 с цена \$ 17495

Фиг. 25. Видови дронове в зависимост то себестойността (цената):
а) Евтини; б) Средно скъпи; в) Скъпи; г) Много скъпи

Заклучение

Технологията на дроновете е базирана на използване иновационно съчетаване на GPS системата, жирокопична система, бордова система (автопилот), аеродинамиката и множество различни сензори и камери (Цекова, В.Т. и др. 2005, Dobrov D., et al. 2012) . Поради това дроновете навлизат масово в дейността и живота на хората, като предлагат обещаваща алтернатива на стандартните самолети по отношение на гъвкавостта на времето и способността да летят на много ниски височини, като по този начин придобиват изображения с много висока пространствена разделителна способност. От моделирането на ледниците и мониторинг на природни бедствия до преброяването на животните и идентификацията на видовете, от професионалната употреба през забавлението и развлечението до военното приложение, списъкът на сферите на приложение, за които се използват дронове, е дълъг и продължава да расте. Някои от научните направления, където все повече се използват дронове са:

- ✓ Управление и опазване на животинските видове, където се включват: проследяване на миграцията, управление на местообитанията, идентификация на видовете, преброяване на животни, дейности срещу браконьерството и др.

- ✓ Запазване на растителните видове, където се включват: анализ на почвата и влажността, Мониторинг на растежа/покритието, анализ на състоянието на растенията / стреса, класификация на видовете, оценка на биомасата, изброяване на растения / дървета и др.

- ✓ Опазване на горите с: изготвяне на горски карти, оценка на биомасата, пожароизвестяване и проследяване, здравен анализ на растителността, оценка на щетите от природни бедствия, залесяване и планиране на кампании за залесяване, обезлесяване/незаконно изсичане и др.

- ✓ Мониторинг на изменението в околната среда – определяне на щетите от бури, пожари, наводнения и свлачища, мониторинг на крайбрежната ерозия и абразия, проследяване на деградация на горите, ледникова динамика и др.

- ✓ Теренно моделиране на: куполи на вулкани, главни характеристики на релефа, речни долини, морфоложки структури, плажове и др.

Анализ на Европейската комисия за развитие на сектора безпилотни авиационни системи и в частност дроновете до 2020 г. показва, че гражданския пазарен дял ще изпревари военния в близко бъдеще (Study Analysing the...).

Военните дронове са със специфични функции, технически характеристики и цени и трудно могат да се впишат в тази класификационна схема.

Благодарности:

Използвана е апаратурата, закупена по проекта ИКАМОС и включена в Полевия измерителен комплекс (ПИК) – Специализирана безпилотна система за въздушно картографиране senseFly eBee Ag.

Литература:

- Аронин, Г.С. 1962. Практическая аэродинамика, военное изд. М., 384 с.
Атанасова, Ц. 2016. Приложение на БЛА (безпилотни летателни апарати) в архитектурната фотограмметрия, Годишник на УАСГ, том 49, бр. 4, с. 51–60, ISSN 2534-9759, https://uacg.bg/UserFiles/File/UACEG_Annual/2016/Issue_4/22.pdf

- Желев, Г., Руменина, Е., Димитров, П., Каменова, И., Илиева, И., Найденов, Й., Нанков, М., Кръстева, В., 2016. Приложение на БЛА eVee AG за оценка състоянието на царевични посеви с различна норма на торене. Proceedings of Eleventh scientific conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" (SES 2015), SRTI-BAS, 2016, 154–166
- Мардиросян, Г., С. Забунов. 2015. Мултироторен хеликоптер, Патент № 112131/17.12.2015, Патентно Водомство на Република България.
- Сотиров, Г. С. 2005. Анализ и оценка ефективността на активни средства за радиоелектронно противодействие, използвани от безпилотни летателни апарати. Сборник от доклади на Юбилейна научна сесия – т. 2 "120 години от Съединението" 21-22 април 2005 г., Д. Митрополия, с.144–147.
- Сотиров, Г. С., В.Т. Цекова, Ф.Х. Филипов, 2005. Комплекс за екологичен мониторинг с мини безпилотни летателни апарати, Сборник доклади от Юбилейна Научна Конференция, «10-години Тракийски Университет, Стара Загора, 29.09.2005 г. ISSN 1312-1723, с.127–131.
- Филипов, А., 2011. Използване на безпилотни летателни системи (БЛС) като платформи за дистанционни изследвания, Геомедия. С. онлайн портал - <https://www.geomedia.bg/geodezia>.
- Цекова, В., Г. Сотиров. 2005. Безпилотни летателни апарати за мониторинг на земната повърхност, Scientific Conference "SPACE, ECOLOGY, SAFETY" with International Participation, 10–13 June 2005, Varna, Bulgaria. Book II, SES' 2005, Space Research Institute – BAS, pp 409–414, ISBN 954-438-485-5, <http://www.space.bas.bg/astro/Ses2005/w5.pdf>
- Цекова, В.Т., Г.С.Сотиров, Ф.Х.Филипов, 2005. Комбинирана система за управление и стабилизация на безпилотни летателни апарати. Сборник доклади от Юбилейна Научна Конференция, «10-години Тракийски Университет, Стара Загора, 29.09.2005 г. ISSN 1312–1723, с.131–135.
- Calvo, J., A. Escoda, C. Blanco, G. Serra, 2014. Military Drones, The Videogame War with Real Victims, Raport n. 23, Centre Delàs d'Estudis per la Pau · Justícia i Pau, Barcelona, pp 46, ISSN: 2013-80322, http://www.centredelas.org/images/informe23_eng_red.pdf
- Dobrov D., G. Sotirov, M. Vladov, An Autopilot to Control Unmanned Aerial Vehicles on Base Micromechanics IMEMS Sensors. Proceedings of International Conference – Hemus 2012 , Plovdiv 30 May - 02 June 2012, pp. 168–173.
- Duana, T., S. Chapman, Y. Guob, B. Zhenga, 2017. Dynamic monitoring of NDVI in wheat agronomy and breeding trials using an unmanned aerial vehicle, Field Crops Research, Volume 210, 15 August 2017, pp. 71–80 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.025>
- E-agriculture in Action: Drones for Agriculture, 2018. Edited by Gerard Sylvester, published by Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union, Bangkok, pp 126, ISBN 978-92-5-130246-0s, <http://www.fao.org/3/i8494EN/i8494en.pdf>
- Eyes of the Army U.S. Army Roadmap for UAS 2010-2035, U.S. Army UAS Center of Excellence, pp 140, <http://www.rucker.army.mil/usaace/uas/US%20Army%20UAS%20RoadMap%202010%202035.pdf>
- Getsov, P., W. Bo, S. Zabunov, G. Mardirossian, 2017. Innovations in the Area of Unmanned Aerial Vehicles. Aerospace Research in Bulgaria, SRTI, 29, pp. 111–119.
- Hoffmann, G. M., H. Huang, S. L. Waslander, C. J. Tomlin. 2011. Precision flight control for a multi-vehicle quadrotor helicopter testbed. Control Engineering Practice 19 (2011) 1023–1036, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066111000712?via%3Dihub>
- Jannoura R., K. Brinkmann, D. Uteau, Ch. Bruns, R. Joergensen, 2015. Monitoring of crop biomass using true colour aerial photographs taken from a remote controlled hexacopter, Biosystems Engineering, Volume 129, January 2015, Pages 341-351, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.11.007>
- Study Analysing the Current Activities in the Field of UAV, 2007. European Commission Enterprise and Industry Directorate-General, ENTR/2007/065, t.1-2, pp 172 https://ec.europa.eu/home-affairs/sites/homeaffairs/files/e-library/documents/policies/security/pdf/uav_study_element_1._en.pdf
- Vergouw B., H. Nagel, G. Bondt and B. Custers, 2016. Chapter 2, Drone Technology: Types, Payloads, Applications, Frequency Spectrum Issues and Future Developments in The Future of Drone Use Opportunities and Threats from Ethical and Legal Perspectives, Bart Custers Editor, Published by t.m.c. asser press, The Hague, The Netherlands, p. 394, ISBN 978-94-6265-132-6 (eBook), DOI 10.1007/978-94-6265-132-6,
- Yue, J., H. Feng, X. Jin, H. Yuan, Zh. Li, Ch. Zhou, G. Yang and Q. Tian, 2018. A Comparison of Crop Parameters Estimation Using Images from UAV-Mounted Snapshot Hyperspectral Sensor and High-Definition Digital Camera, Remote Sens, 10(7), 1138; <https://doi.org/10.3390/rs10071138>

Използвани интернет източници

- <https://en.oxforddictionaries.com/definition/uav> – Oxford English Dictionary
- <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/uav> – Cambridge English Dictionary
- <https://www.dictionary.com/> – Dictionary.com
- https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles – History of unmanned aerial vehicles, Wikipedia
- <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-drones/> - The history of drones in 10 milestones, Digital Trends Newsletter
- <https://www.atlasdynamics.eu/> – Atlas Dynamics
- <https://bg.wikipedia.org/wiki/Дрон> – Дрон, Wikipedia
- <https://bg.wikipedia.org/wiki/Квадрокоптер> – Квадрокоптер, Wikipedia
- <https://oscarliang.com/types-of-multirotor> – Types of Multirotor
- <https://www.dronezon.com/> – DroneZon
- <https://www.auav.com.au/> – Australian UAV
- <https://www.dronethusiast.com/agricultural-drones/> – Най-добрите земеделски дрони на 2017 - Рецензии и спецификации
- <http://www.walkera.com/index.php/Goods/info/id/49.html> – Walkera

<http://fotozona.bg/drone/> - Фото зона
<https://expertphotography.com/the-complete-guide-to-drone-photography-73-tips/> – The Complete Guide To Drone Photography
<https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?node=8037720011> – Home page Amazon Prime Air
https://en.wikipedia.org/wiki/Delivery_drone#cite_note-TED201311-7 – Дронове за доставка
<https://www.spatialsource.com.au/latest-news/optimised-ebee-ag-drone-for-precision-agriculture> – Optimised eBee Ag drone for precision agriculture
<http://www.metrisys.com/ebec-sq/> – Metrisys, eBee Ag
<https://www.aeryon.com/> – Aeryon
<https://leica-geosystems.com/products/uav-systems/solutions/aibot-cx> – Leica geosystems
<https://www.military.com/equipment/drones> - Military, Home page
https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2362.html - NASA
<https://bestdroneforthejob.com> – Best drone for the job, Home page
<https://www.cnydrones.org> – Cnydrones, Home page
<https://www.65drones.com/products/spedix-s250-hex-racer-fpv-racer-drone-assembled-lowest-price-almost-ready-to-fly-set-65drones>, Home page
<https://rotorbuilds.com/build/4017> – Rotorbuilds, Home page
<https://www.dronethusiast.com/drone-buying-guide> – Dronethusiast, Home page
<https://store.freelysystems.com/products/freely-alta8?variant=18143789127> – Freely ALTA 8
<https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5> – Classification of the Unmanned Aerial Systems
<http://mydronelab.com/blog/types-of-military-drones.html> - dronelab, Home page
<https://geodetics.com/product/geo-mms/> – Geodetics Incorporated, Home page