

Системный анализ



ЗАДАЧА ВЫБОРА СТРУКТУРЫ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Снигирева
Лочман
Мельничук

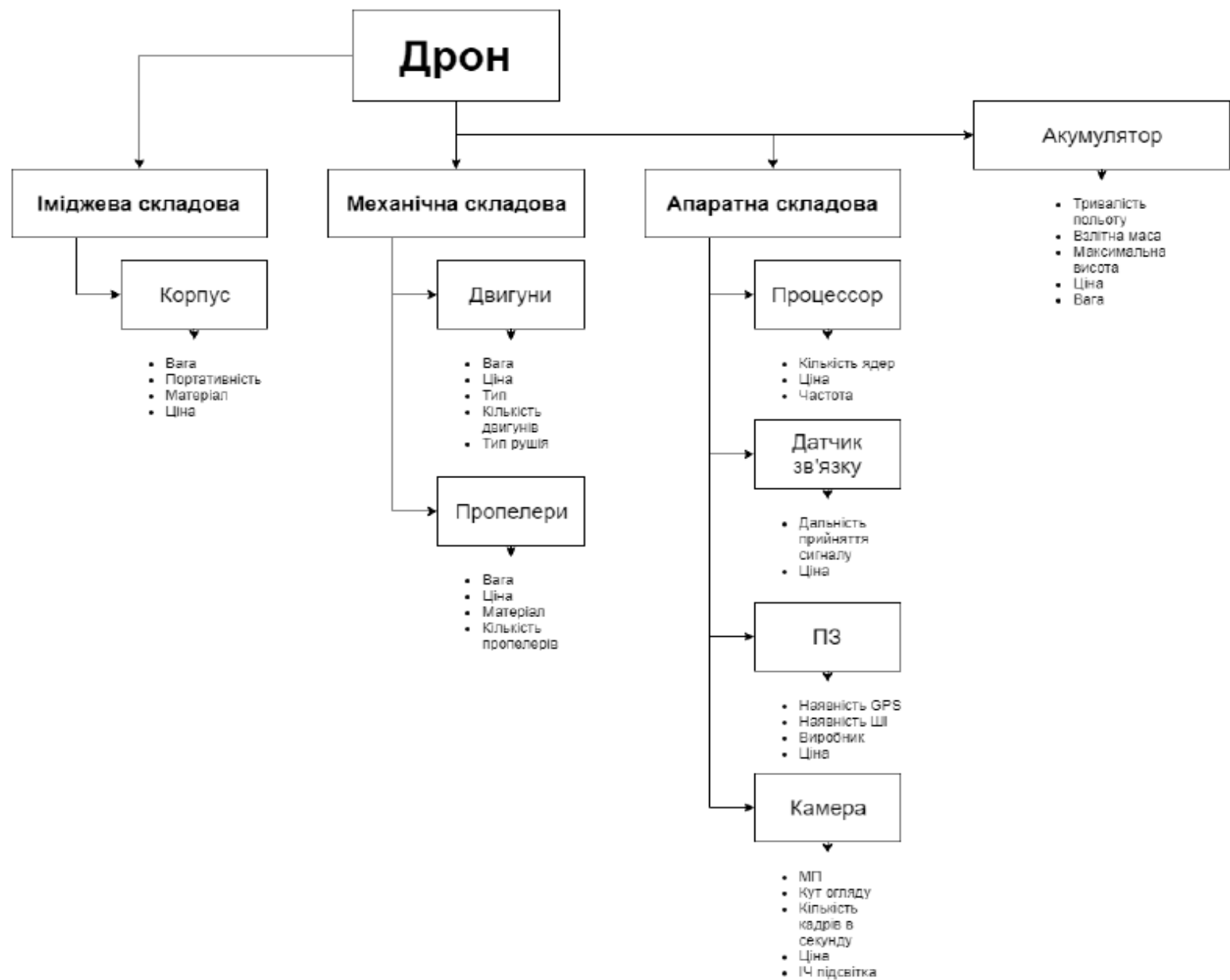
Задание

- Построить иерархическую структуру сложной системы (СС) любой природы с альтернативными вариантами каждого типа ФЭ на каждом иерархическом уровне;
- Построить множество Парето структур для СС;
- Предложить структуру на основании приоритетных требований, предъявляемых заказчиком к СС в целом.



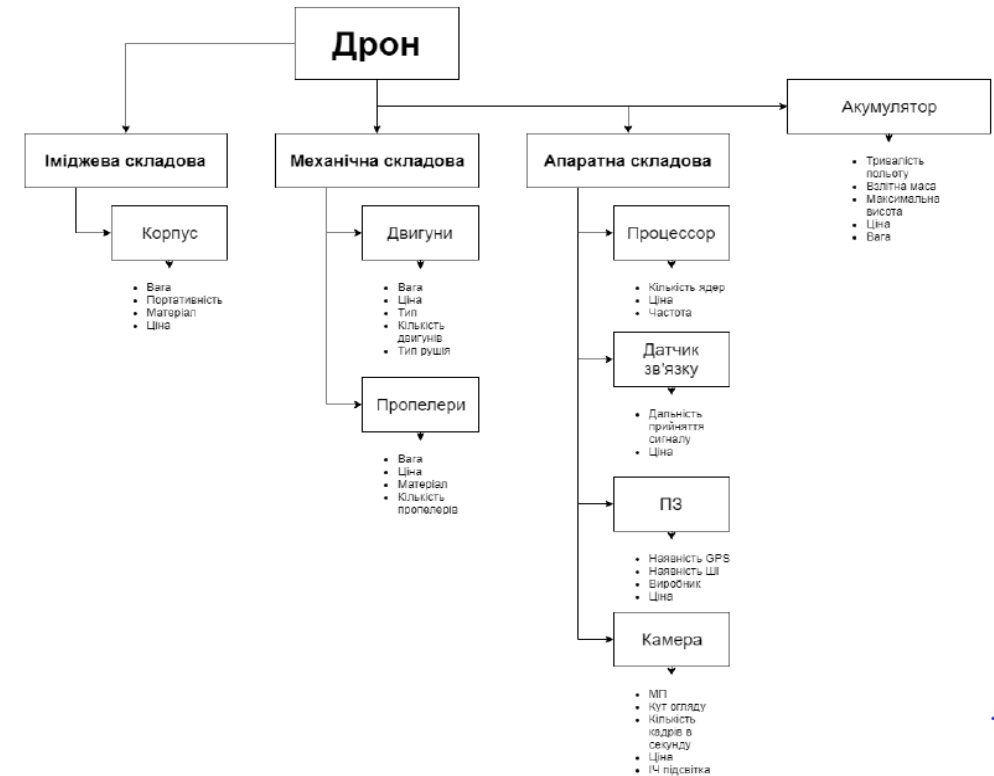
Дрон





Структура данного проектируемого объекта состоит из $m = 4$ иерархических уровней:

1. Имиджевая составляющая, состоит из 1 типа функционального элемента (ФЭ) – корпус [4 параметра]
2. Механика, представляет собой 2 типа ФЭ: двигатели [5 параметров] и пропеллеры [4 параметра].
3. Аппаратная составляющая, представляет собой 3 типа ФЭ: процессор [3 параметра], датчик связи [2 параметра], программное обеспечение [4 параметра], камера [5 параметров].
4. Аккумулятор (он же является типом функционального элемента с 5 параметрами)



Альтернативные варианты ФЭ

ИМИДЖЕВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ				
1. Корпус				
Название	Цена	Вес	Портативность	Материал
AgDrone	15000	180	TRUE	волоконный композит
Hubsan H501S	10500	230	TRUE	экструдированный пенополистирол
Raytheon	7000	300	FALSE	кевлар
Тахион	8000	450	FALSE	углепластика

MF_{1j}

Альтернативные варианты ФЭ

МЕХАНИКА					
1. Двигатели					
Название	Цена	Вес	Тип	Число двигателей	Тип движителя
DJI SPARK	10000	160	Бесколлекторный электродвигатель	6	реактивная тяга
WL Toys WLFalserQ282Jw	8000	200	Коллекторный электродвигатель	4	реактивная тяга
Syma X5SW	5000	320	Электродвигатель	4	винт
Syma X8HW	1000	130	Электродвигатель	2	винт
2. Пропеллеры					
Название	Цена	Вес	Материал	Число	
Phantom 3	200	30	волоконный композит	2	
DJI Inspire 2	150	50	карбон	2	
DJI 9450 CW	240	130	карбон	6	
AEE Propeller	245	75	карбон	4	

MF_{2j}

Альтернативные варианты ФЭ

АППАРАТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ				
1. Программное обеспечение				
Название	Цена	Наличие GPS	Наличие ИИ	Производитель
ENVI OneButton	750	TRUE	TRUE	Harris Geospatial Solutions
UASMaster	640	TRUE	TRUE	Trimble
Agisoft Photoscan	360	TRUE	FALSE	Agisoft
PHOTOMOD UAS	260	FALSE	FALSE	Trimble
2. Процессор				
Название	Цена	Частота	Кількість ядер	
TMS320C6678	460	1.8	6	
• • •				
4. Камера				
Название	Цена	Мп	Угол обзора	ИК подсветка
AVT 6600AUXSDWF	1750	2.4	180	35
AVT AHDCH 108	1200	2	180	18
JIMI JH012	980	2.4	105	15
AVT 3300AUXSD	330	1.5	90	10

MF_{3j}

Альтернативные варианты ФЭ

АККУМУЛЯТОР				
1. Аккумулятор				
Название	Цена	Продолжительность полета	Взлетная масса	Висота полета
Luftera	1400	360	5	150
Aladin	800	60	4	300
LiPo	600	120	10	400
Skywalker X8	2100	240	8	1200

MF_{4j}

Алгоритм

$Q_0 = \{K_r^0 \mid K_r^- \leq K_r^0 \leq K_r^+; r = \overline{1, R_0}\},$ - Множество требований к объекту в целом

Необходимо выбрать по одному функциональному элементу каждого j-го типа на каждом i-м иерархическом уровне согласно требованиям. Далее строится множество Паретто.

Известно $M\Phi_{ij}$ - множество альтернатив. Оно раскладывается на подмножества:

$$M\Phi_{ij}^+ = \{\Phi_{ij\beta}^+ \Leftrightarrow k_{ij\beta} \mid k_{ij\beta} \in \hat{K}_{ij}; \beta = \overline{1, n_{ij}^+}\};$$

$$M\Phi_{ij}^- = \{\Phi_{ij\beta}^- \Leftrightarrow k_{ij\beta} \mid k_{ij\beta} \notin \hat{K}_{ij}; \beta = \overline{1, n_{ij}^-}\}.$$

Попытки

$n_{ij}^- > 0; n_{ij}^+ > 0$, - количество элементов в множествах $M\Phi_{ij}^-$ чи $M\Phi_{ij}^+$ соответственно.

Можем рассчитать вероятность выбора функционального элемента $\Phi_{ij} \in M\Phi_{ij}^+$ с k -й попытки:

$$P_k(\Phi_{ij} \in M\Phi_{ij}^+) = 1 - \left(1 - n_{ij}^+ / (n_{ij} - (k-1))\right)^{(n_{ij} - (k-1))},$$

для $k = n_{ij}^- + 1$:

$$P_k(\Phi_{ij} \in M\Phi_{ij}^+) = 1 - \left(1 - n_{ij}^+ / n_{ij}^+\right)^{n_{ij}^+} = 1.$$

Следовательно, можем вывести, что $k_{ij}^+ = n_{ij}^- + 1$.

Попытки

Для каждого функционального элемента количество попыток выбора независимо. Получаем:

$$k_i^+ = \sum_{j=1}^{n_i} (n_{ij}^- + 1),$$

На каждом иерархическом уровне количество попыток взаимно независимо. Получаем:

$$k^+ = \sum_{i=1}^{\hat{m}} k_i^+.$$

Пример

Начало работы программы — имеем возможность описать требования к внешним показателям для каждого типа функциональных элементов в виде таких показателей качества.

Требования

Множество структу

Приоритетная стру

Lab 5

Дрон. Требования к функциональным элементам

Внешний вид

Материал корпуса Волоконный композит

☐ Портативность

Механика

Тип двигателя Бесколлекторный электродвигатель

Число двигателей 2 – 6

Тип движителя Винт

Материал пропеллера Волоконный композит

Число пропеллеров 2 – 6

Стоимость, грн 15000 – 30000

Общий вес, г 800 – 1000

Анализ

Аппаратная составляющая

☐ Наличие GPS

☐ Наличие ИИ

Производитель Agisoft

Частота процессора, Гц 1.6 – 3.0

Количество ядер процессора 4 – 8

Дальность приема сигнала, м 0.5 – 3.0

Разрешение матрицы, Мп 1.5 – 2.4

Угол обзора 90 – 180

Дальность ИК подсветки, м 10 – 35

Аккумулятор

Продолжительность полета, мин 60 – 360

Взлетная масса, кг 4 – 10

Высота полета, м 150 – 1200

Пример

Допустим, имеем такие требования.
Также, пусть заказчику в приоритете общая стоимость конечного продукта.
Необходимо выбрать по одному ФЭ каждого типа на каждом иерархическом уровне.

Требования

Множество структу

Приоритетная стру

Lab 5

Дрон. Требования к функциональным элементам

Внешний вид

Материал корпуса Волоконный композит

☒ Портативность

Механика

Тип двигателя Бесколлекторный электродвигатель

Число двигателей 2 – 6

Тип движителя Винт

Материал пропеллера Волоконный композит

Число пропеллеров 3 – 6

Стоимость, грн 15000 – 25021

Общий вес, г 882 – 995

Анализ

Аппаратная составляющая

☐ Наличие GPS

☐ Наличие ИИ

Производитель Agisoft

Частота процессора, Гц 2.1 – 3.0

Количество ядер процессора 5 – 8

Дальность приема сигнала, м 0.5 – 3.0

Разрешение матрицы, Мп 1.9 – 2.4

Угол обзора 90 – 180

Дальность ИК подсветки, м 10 – 31

Аккумулятор

Продолжительность полета, мин 60 – 290

Взлетная масса, кг 7 – 9

Высота полета, м 645 – 1200

Пример

В таком случае имеем множество структур Паретто мощности 32. В данной вкладке имеем возможность просмотреть все структуры из множества.

Требования

Множество структу

Приоритетная стру

Lab 5

Дрон. Множество структур Паретто (мощность множества: 32)

Внешний вид

Корпус AgDrone

Аппаратная составляющая

Процессор DSP C66x

Датчик связи Namur

Программное обеспечение Agisoft Photoscan

Камера AVT AHDCH 108

Механика

Двигатели Syma NHYDXS

Пропеллеры Phantom 5

Аккумулятор

Аккумулятор Skywalker X8

Общая стоимость: 21485 грн

Общий вес: 960 г

Структура

1

Пример

Также можно просмотреть все множество структур Паретто в одной таблице. Вспомним, что всего имеет 8 типов функциональных элементов, каждый содержит по 4 альтернативы. При использовании метода целенаправленного выбора ФЭ потребовалось 16 попыток. В то время как при полном переборе нужно было выполнить $4*4*4*4*4*4*4*4 = 65536$ попыток

	Accumulator	Body	CPU	Camera	Engine	Propeller	Sensor	Software
0	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP C66x', 'price': 980, 'weight': 0...	{'name': 'AVT AHDCH 108', 'price': 1200, 'weig...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'Phantom 5', 'price': 245, 'weight': ...	{'name': 'Namur', 'price': 0, 'weight': 0, 'si...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
1	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP C66x', 'price': 980, 'weight': 0...	{'name': 'JIMI JH012', 'price': 980, 'weight':...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'Phantom 5', 'price': 245, 'weight': ...	{'name': 'Namur', 'price': 0, 'weight': 0, 'si...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
2	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP C66x', 'price': 980, 'weight': 0...	{'name': 'AVT AHDCH 108', 'price': 1200, 'weig...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'AEE N7638', 'price': 240, 'weight': ...	{'name': 'Namur', 'price': 0, 'weight': 0, 'si...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
3	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP C66x', 'price': 980, 'weight': 0...	{'name': 'JIMI JH012', 'price': 980, 'weight':...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'AEE N7638', 'price': 240, 'weight': ...	{'name': 'Namur', 'price': 0, 'weight': 0, 'si...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
4	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP A871', 'price': 750, 'weight': 0...	{'name': 'AVT AHDCH 108', 'price': 1200, 'weig...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'Phantom 5', 'price': 245, 'weight': ...	{'name': 'Namur', 'price': 0, 'weight': 0, 'si...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
● ● ●								
27	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP C66x', 'price': 980, 'weight': 0...	{'name': 'JIMI JH012', 'price': 980, 'weight':...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'AEE N7638', 'price': 240, 'weight': ...	{'name': 'ATEX', 'price': 0, 'weight': 0, 'sig...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
28	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP A871', 'price': 750, 'weight': 0...	{'name': 'AVT AHDCH 108', 'price': 1200, 'weig...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'Phantom 5', 'price': 245, 'weight': ...	{'name': 'ATEX', 'price': 0, 'weight': 0, 'sig...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
29	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP A871', 'price': 750, 'weight': 0...	{'name': 'JIMI JH012', 'price': 980, 'weight':...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'Phantom 5', 'price': 245, 'weight': ...	{'name': 'ATEX', 'price': 0, 'weight': 0, 'sig...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
30	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP A871', 'price': 750, 'weight': 0...	{'name': 'AVT AHDCH 108', 'price': 1200, 'weig...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'AEE N7638', 'price': 240, 'weight': ...	{'name': 'ATEX', 'price': 0, 'weight': 0, 'sig...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...
31	{'name': 'Skywalker X8', 'price': 2100, 'weigh...	{'name': 'AgDrone', 'price': 15000, 'weight': ...	{'name': 'DSP A871', 'price': 750, 'weight': 0...	{'name': 'JIMI JH012', 'price': 980, 'weight':...	{'name': 'Syma NHYDXS', 'price': 1600, 'weight...	{'name': 'AEE N7638', 'price': 240, 'weight': ...	{'name': 'ATEX', 'price': 0, 'weight': 0, 'sig...	{'name': 'Agisoft Photoscan', 'price': 360, 'w...

Пример

Первый элемент множества в табличном виде

Внешний вид

Материал корпусаВолоконный композит

☒ Портативность

Механика

Тип двигателяБесколлекторный электродвигатель

Число двигателей2 – 6

Тип движителяВинт

Материал пропеллераВолоконный композит

Число пропеллеров3 – 6

Стоимость, грн15000 – 25021

Общий вес, г882 – 995

	Accumulator	Body	CPU	Camera	Engine	Propeller	Sensor	Software
AI	-	-	-	-	-	-	-	False
GPS	-	-	-	-	-	-	-	True
IR_illumination	-	-	-	18	-	-	-	-
angle	-	-	-	180	-	-	-	-
duration	240	-	-	-	-	-	-	-
engine_type	-	-	-	-	Бесколлекторный электродвигатель	-	-	-
frequency	-	-	2.7	-	-	-	-	-
height	1200	-	-	-	-	-	-	-
manufacturer	-	-	-	-	-	-	-	Agisoft
material	-	Волоконный композит	-	-	-	Волоконный композит	-	-
name	Skywalker X8	AgDrone	DSP C66x	AVT AHDCH 108	Syma NHYDXS	Phantom 5	Namur	Agisoft Photoscan
num_cores	-	-	8	-	-	-	-	-
number	-	-	-	-	2	4	-	-
portability	-	True	-	-	-	-	-	-
price	2100	15000	980	1200	1600	245	0	360
propulsion_type	-	-	-	-	Винт	-	-	-
resolution	-	-	-	2	-	-	-	-
signal_acceptance_distance	-	-	-	-	-	-	1	-
take_off_weight	8	-	-	-	-	-	-	-
weight	200	180	0	200	330	50	0	0

Пример

Как уже говорилось ранее, заказчику нужен наиболее дешевый вариант.

Выбираем это требование из списка и получаем приоритетную структуру проектируемого объекта.

Требования

Множество структу

Приоритетная стру

Lab 5

Дрон. Приоритетная структура

Внешний вид

Корпус

AgDrone

Механика

Двигатели

Syma NHYDXS

Пропеллеры

AEE N7638

Общая стоимость: 21030 грн

Общий вес: 985 г

Аппаратная составляющая

Процессор

DSP A871

Датчик связи

Namur

Программное обеспечение

Agisoft Photoscan

Камера

JIMI JH012

Аккумулятор

Аккумулятор

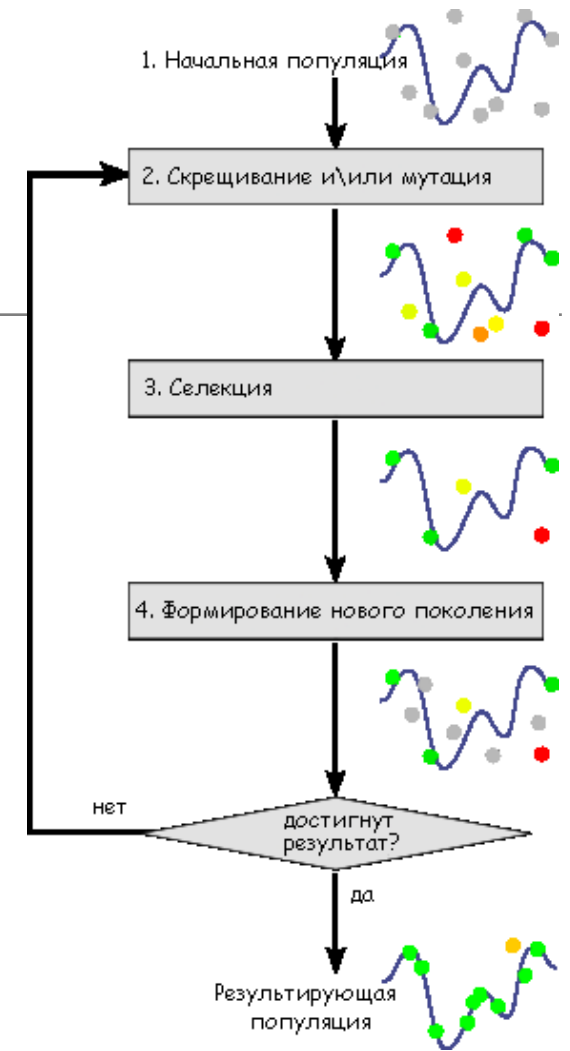
Skywalker X8

CHOOSING BY

The cheapest

Идеи

- Генетический алгоритм: приоритетность выбора рациональной структуры задается в начале и представляет собой фитнес-функцию (количественная характеристика, например, цена)



Литература

1. <https://geektimes.ru/company/dronk/blog/269722/> - Классы квадрокоптеров – какие бывают и для чего используются
2. <http://robotrends.ru/robopedia/osnovye-konstrukcii-bespilotnikov> - Основные конструкции беспилотников
3. <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/what-is-drone-technology-or-how-does-drone-technology-work/> - How Do Drones Work And What Is Drone Technology