

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
INFORMATION TECHNOLOGY AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 004.051



DOI: 10.21822/2073-6185-2024-51-1-40-45

Оригинальная статья /Original article

**Эвристическое принятие решений выбора моделей дронов
по заданным характеристикам**

В. В. Афонин, В.В. Никулин

Национальный исследовательский

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,

430005, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68, Россия

Резюме. Цель. Заметный интерес к таким летательным аппаратам, как дроны различного назначения, выдвигает определенные требования к их характеристикам. Характеристики могут быть разделены на информационно-технические и потребительские с финансовой точки зрения. При этом они имеют свои единицы измерения. В связи с этим возникает задача отбора и ранжирования дронов по какому-либо критерию или числовой метрике. **Метод.** В данной работе рассматривается определенный эвристический подход к сортировке выборки дронов по ключу предлагаемой метрики. В эвристическом подходе есть определенная вариативность установки привлекательности того или иного дрона на взгляд лица, принимающего решение о приобретении или конкретного выбора из существующей линейки дронов, доступных для обозрения по своим характеристикам. **Результат.** Предлагается в имеющихся характеристиках выделить несколько групп, разнородных по своим свойствам, как очевидным, так и интуитивно созданным: «хорошие», «очень хорошие», «менее привлекательные», «наименее привлекательные». Считая, что рассматривается несколько моделей дронов с одинаковыми характеристиками, разделенных на указанные группы, вводятся числовые коэффициенты для формирования метрики, по которой будет осуществляться ранжирование данной линейки или выборки дронов по рассчитанным метрикам. **Вывод.** В основе предлагаемого эвристического алгоритма лежит переход к приведенным значениям числовых характеристик относительно максимального каждой группы характеристик с вычислением среднего арифметического приведенных значений. В зависимости от типа указанных групп введенные в рассмотрение коэффициенты прибавляются или вычитаются от разницы текущей характеристики и ее среднего или разницы среднего и текущей характеристики. На этой основе вычисляются метрики, по которым производится ранжирование данной выборки моделей дронов.

Ключевые слова: модели дронов, приведенные значения характеристик, ранжирование, средние значения приведенных характеристик, матрица характеристик, числовые метрики

Для цитирования: В.В. Афонин, В.В. Никулин. Эвристическое принятие решений выбора моделей дронов по заданным характеристикам. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024;51(1):40-45. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-40-45

Heuristic decision making selection of drone models according to specified characteristics

V. V. Afonin, V.V. Nikulin

N.P. Ogarev National Research Mordovia State University,

68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russia

Abstract. Objective. The noticeable interest in aircraft such as drones for various purposes puts forward certain requirements for their characteristics. Characteristics can be divided into information technology and consumer characteristics from a financial point of view. At the same time, they have their own units of measurement. In this regard, the task of selecting and ranking

drones according to some criterion or numerical metric arises. Considering that this problem is quite relevant, this paper considers a certain heuristic approach to sorting a sample of drones by the key of the proposed metric. **Method.** In the heuristic approach, there is a certain variability in determining the attractiveness of a particular drone in the opinion of the person making the decision to purchase or a specific choice from the existing line of drones available for review based on their characteristics. **Result.** It is proposed to identify several groups in the existing characteristics, heterogeneous in their properties, both obvious and intuitively created: “good”, “very good”, “less attractive”, “least attractive”. Assuming that several models of drones with the same characteristics are being considered, divided into the specified groups, numerical coefficients are introduced to form a metric by which a given line or selection of drones will be ranked according to the calculated metrics. **Conclusion.** The proposed heuristic algorithm is based on the transition to the reduced values of numerical characteristics relative to the maximum of each group of characteristics with the calculation of the arithmetic mean of the given values. Depending on the type of specified groups, the coefficients entered into consideration are added or subtracted from the difference between the current characteristic and its average or the difference between the average and the current characteristic. On this basis, metrics are calculated by which the given sample of drone models is ranked.

Keywords: drone models, reduced values of characteristics, ranking, average values of given characteristics, matrix of characteristics, numerical metrics.

For citation: V. V. Afonin, V.V. Nikulin. Heuristic decision making selection of drone models according to specified characteristics. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2024; 51(1):40-45. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-40-45

Введение. Развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или кратко дронов представлено во многих сферах [1–7]. С развитием электронной, микропроцессорной, вычислительной техники и в целом информационных технологий появляется возможность применить имеющиеся методы и алгоритмы для выбора типовых БПЛА (дронов) с заданными характеристиками или свойствами. Подобные задачи оценки качества существующих объектов со многими характеристиками привлекают внимание исследователей [8–15] в различной прикладной деятельности. Подходы в решении таких задач могут быть математически или эвристически обоснованными. Эвристические оценки во многом дают достаточно статистически обоснованные результаты. Определенные наработки имеются в оценке качества и контроля услуг мобильной связи [8, 12, 16]. В связи с этим становится очевидным разработка цифровых алгоритмов и приемов для оценки качества линейки типовых объектов с разнородными свойствами, характеризующие как технические, так и потребительские свойства.

Постановка задачи. Выбор объекта из заданной совокупности для пользователя может быть нетривиальной. Поэтому следует предложить инженерно-информационную методику, по которой может быть осуществлен выбор более предпочтительных объектов из их совокупности на основе каких-либо показателей или метрик. При этом в маркировке характеристик объектов остается за лицом, принимающим решение. Именно данному вопросу и посвящена данная работа. в которой на примере линейки условных моделей дронов с действительными характеристиками предлагается способ, позволяющий сделать требуемый выбор.

Методы исследования. Для проведения оценки дронов были использованы общепринятые характеристики с условным обозначением моделей БПЛА – дронов: Дрон №1, Дрон №2, Дрон №3, Дрон №4, Дрон №5, Дрон №6, Дрон №7, Дрон №8. Общая схема исследования приведена на рис. 1.

Типовые характеристики, принятые для дальнейшего рассмотрения, следующие:

1. Разрешение камеры наблюдения, (Мп) (№1)
2. Частота кадров в режиме 4К, (кадр в сек.) (№2)

3. Время полёта, (мин) (№3)
4. Дальность полёта, (м) (№4)
5. Максимальная скорость (м/сек) (№5)
6. Облёт препятствий (№6)
7. Высота полёта над уровнем моря (м) (№7)
8. Общий размер (см) (№8)
9. Вес (г) (№9)
10. Цена, от (руб) (№10)

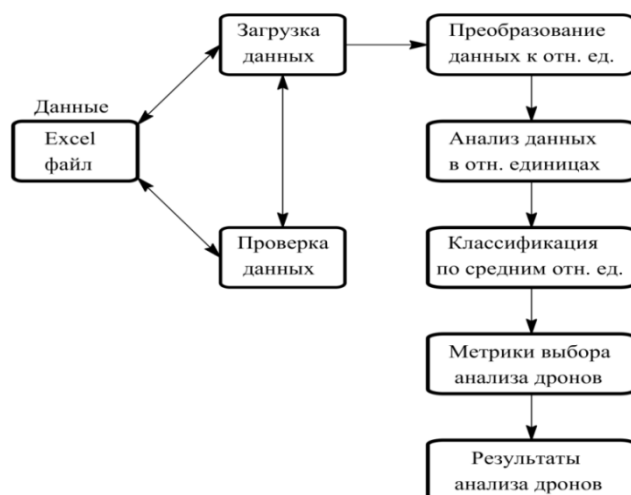


Рис. 1. Схема исследования совокупности дронов

Fig. 1. Scheme of studying a set of drones

Данные с условными наименованиями моделей дронов с их характеристиками представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики дронов

Table 1. Drone characteristics

Модель дронов Model drones	Характеристики дронов Drone characteristics									
	№1 (+)	№2 (+)	№3 (++)	№4 (++)	№5 (++)	№6 (+)	№7 (+)	№8 (–)	№9 (–)	№10 (– –)
Дрон №1	9	30	23	2000	18	0	3500	691929,36	700	36 000
Дрон №2	12	30	35	5000	18	1	5000	157855,2	765	38 000
Дрон №3	9	30	25	4000	13	1	5000	106262	400	74 000
Дрон №4	9	60	30	6000	17	0	4000	3840480	826	94 000
Дрон №5	20	60	31	18500	19	1	5000	356502,3	595	110 000
Дрон №6	9	20	20	10000	20	1	6000	1010412	795	170 000
Дрон №7	48	60	40	9000	20	1	7000	1034825	1100	200 000
Дрон №8	20	50	46	15000	21	1	6000	869,59	895	270 000

В табл. 1 введены условные показатели (+), (++), (–), (– –), которые

+ соответствует «хорошей» характеристике,

++ соответствует «очень хорошей» характеристике,

– соответствует «менее привлекательной» характеристики,

– – соответствует «наименее привлекательной» характеристики.

Для последующих расчетов по табл. 1 сформирован кодированный массив РМ вида

$PM = [1, 1, 2, 2, 2, 1, 1, 0, 0, -1]$;

По массиву РМ сначала подсчитываются количество (n) положительных значений и количество (m) неположительных значений: $n = 7$, $m = 3$. Соответственно, число «хороших» характеристик равно 4, «очень хороших» равно 3. Для менее привлекательных характеристик и наименее привлекательных принимаются числа 2 и 1. Общий предлагаемый алгоритм оценки качества, привлекательности дронов для потребителя приведен на рис. 2.

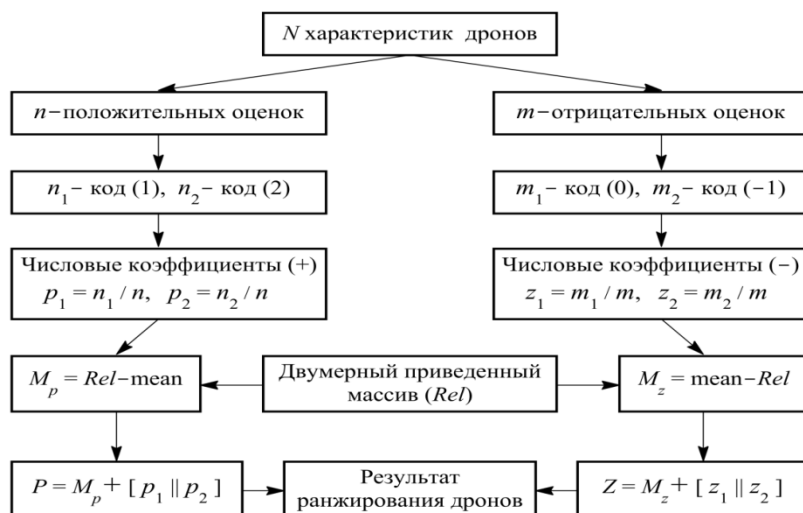


Рис. 2. Общий предлагаемый алгоритм оценки дронов

Fig. 2. General proposed drone evaluation algorithm

В соответствии с рис. 1 и табл.1 приведенные значения характеристик исследуемых дронов в виде обыкновенных дробей сведены в табл. 2.

Таблица 2. Приведенные значения характеристик дронов

Table 2. Given values of drone characteristics

Модель дронов Model drones	Приведенные характеристики дронов Drone characteristics									
	№1 (+)	№2 (+)	№3 (++)	№4 (++)	№5 (++)	№6 (+)	№7 (+)	№8 (-)	№9 (-)	№10 (--)
Дрон №1	3/16	1/2	1/2	4/37	6/7	0	1/2	1399/7765	7/11	2/15
Дрон № 2	1/4	1/2	35/46	10/37	6/7	1	5/7	79/1922	153/220	19/135
Дрон №3	3/16	1/2	25/46	8/37	13/21	1	5/7	113/4084	4/11	37/135
Дрон №4	3/16	1	15/23	12/37	17/21	0	4/7	1	413/550	47/135
Дрон №5	5/12	1	31/46	1	19/21	1	5/7	739/7961	119/220	11/27
Дрон №6	3/16	1/3	10/23	20/37	20/21	1	6/7	221/840	159/220	17/27
Дрон №7	1	1	20/23	18/37	20/21	1	1	890/3303	1	20/27
Дрон №8	5/12	5/6	1	30/37	1	1	6/7	7/30915	179/220	1

Обсуждение результатов. Уточним этапы алгоритма, приведенного на рис. 2. Коэффициенты, отличные от единицы будут соответствовать только характеристикам, которые кодированы ++ и -- в соответствии с характеристиками табл. 2.

Соответственно, для «очень хороших» характеристик равен 3/7, а для «наименее привлекательной» характеристики 1/3. Реализация предлагаемого алгоритма может быть выполнена практически на любом языке программирования. Задача состоит в ранжировании заданных условных моделей дронов. Проведенные вычисления заключены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты ранжирования дронов по числовым метрикам

Table 3. Results of ranking drones by numerical metrics

№ п/п	Результаты ранжирования дронов по числовым метрикам		
	Модель дронов Model drones		Метрика Metrics
1	Дрон №4	→	-0,789256
2	Дрон №1	→	-0,532263
3	Дрон №6	→	0,455079
4	Дрон №3	→	0,879999
5	Дрон №2	→	1,240121
6	Дрон №8	→	1,868942
7	Дрон №7	→	2,063091
8	Дрон №5	→	2,433334

В соответствии с результатами, приведенные в табл. 3, наиболее предпочтительной моделью дрона является Дрон №5. Соответственно, наименее предпочтительная модель

дрона будет Дрон №4. В целом, модели дронов под номерами 4 и 1 следует считать «подозрительными» в плане их привлекательности для какой-либо цели использования.

Вывод. В статье рассмотрен и приведен эвристический метод оценки качества/привлекательности моделей дронов. Алгоритм с введением коэффициентов для расчета метрик в значительной степени отличается от алгоритмов рассмотренных и реализованных в [16, 17]. Авторы отдают себе отчет, что назначение числовых коэффициентов может вызывать вопросы у исследователей, занимающихся аналогичными задачами. В тоже время полученные результаты вполне адекватны данным, приведенным в табл. 1. Но алгоритм может работать для значительного количества моделей. Ограничение будет связано с возможностями компьютеров, на которых выполняются вычисления.

Библиографический список:

1. Салаев Б. К., Серёгин А. А., Эвиев В. А., Мучаев А. Б., Глечикова Н. А., Юдаев И. В. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник аграрной науки Дона. 2022. Т. 15. № 4 (60). С. 29–44.
2. Villa-Henriksen A., Edwards G. T., Pesonen L. A., Green O., Sorensen C. A. G. Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential//Biosyst. Eng.2020. Vol.191. P. 60–84.
3. Растопчин В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния // АвиаПанорама. – 2019. – №12.
4. Леонков А.П. Дроны начинают и выигрывают // Арсенал отечества. 2019. № 1. С. 30–35.
5. Селин А. И., Туркин И. К. Обзор целевых объектов применения беспилотных летательных аппаратов, работающих в составе группы. Научный вестник МГТУ ГА. 2023;26(2):91-105. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2023-26-2-91-105>
6. Klapa P., Božek P., Piech I. Charting topographic maps based on UAV data using the image classification method // Geomatics, Landmanagement and Landscape. 2019. № 2. P. 77–85. URL: <https://doi.org/10.15576/GLL/2019.2.77>.
7. Варламова, Л. (2019). Применение беспилотных летательных аппаратов в обеспечении технологической безопасности. Journal of Technical and Natural Sciences, 5(14), 54-90. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3519853>.
8. Макаров В. В., Протасов С. Н., Стародубов Д. О. Использование совокупности методов контроля для объективной оценки качества услуг мобильной связи // Проблемы современной экономики. 2017. № 2 (62). С. 202–204.
9. Макаров В. В., Гусев В. И., Сеница С. А. Методический подход к оценке информационных ресурсов // Информационные технологии и телекоммуникации. СПбГУТ. 2013. №3(3). С. 72–78.
10. Слуцкий М.Г., Макаров В.В., Посадский Д.А. Оценка эффективности СМК и ее взаимосвязь с концепцией TQM // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 6-2 (88). С. 168–171.
11. Афонин В. В., Савкина А. В., Никулин В. В. Алгоритм и методика ранжирования группы растровых изображений // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 4. С. 58–67. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-4-58-67.
12. Гладкова М. А., Зенкевич Н. А., Сорокина А. А. Методика интегральной оценки и выбора качества услуг и ее реализация на примере рынка мобильной связи Санкт-Петербурга // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. Менеджмент. 2011. Вып. 3. С. 60–95.
13. Асанова Н. В., Калинин Я. В., Сагателова Л. С., Тарасова И. А. Интегральная оценка качества транспортного обслуживания крупных городов и городских агломераций // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2018 : тр. одиннадцатой Междунар. конф. в 3 т. 2018. С. 118–124.
14. Ancuti C. O., Ancuti C., De Vleeschouwer C., Sbert M. Color channel compensation (3C): A fundamental pre-processing step for image enhancement // IEEE Transactions On Image Processing. 2020, 29, pp. 2653–2665.
15. Семейных Н. С., Сопегин Г. В., Федосеев А. В. Оценка физико-механических свойств пористых заполнителей для легких бетонов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 2 (113). С. 203–212. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.2.203-212.
16. Никулин В. В., Афонин В. В. Эвристическая оценка качества услуг на примере операторов мобильной связи // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 2. С. 101-107. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2023-2-101-107>. EDN PFVOCR.
17. Афонин В.В. Программа оценки качества группы объектов с разнородными свойствами. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022669744, 25.10.2022. Заявка № 2022668900 от 17.10.2022.

References

1. Salaev B.K., Seregin A.A., Eviev V.A., Muchaev A.B., Glechikova N.A., Yudaev I.V. Analysis of the use of unmanned aerial vehicles in agriculture. *Vestnik agrarian science of the Don*. 2022;15(4) (60):29–44. (In Russ)
2. Villa-Henriksen A., Edwards G. T., Pesonen L. A., Green O., Sorensen C. A. G. Internet of Things in sustainable farming: Implementation, applications, challenges and potential. *Biosyst. Eng.* 2020; 191: 60–84.
3. Rastopchin V.V. Strike unmanned aerial vehicles and air defense - problems and prospects of confrontation. *AviaPanorama*. 2019; 12. (In Russ)
4. Leonkov A.P. Drones start and win. *Arsenal of the Fatherland*. 2019; 1:30–35. (In Russ)
5. Selin A. I., Turkin I. K. Review of target objects for the use of unmanned aerial vehicles operating as part of a group. *Scientific bulletin of MSTU GA*. 2023;26(2):91-105. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2023-26-2-91-105> (In Russ)
6. Klapa P., Božek P., Piech I. Charting topographic maps based on UAV data using the image classification method. *Geomatics, Landman agement and Landscape*. 2019; 2:77–85. URL: <https://doi.org/10.15576/GLL/2019.2.77>.
7. Varlamova, L. (2019). The use of unmanned aerial vehicles in ensuring technological safety. *Journal of Technical and Natural Sciences*, 5(14), 54-90. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3519853>.
8. Makarov V.V., Protasov S.N., Starodubov D.O. Using a set of control methods for objective assessment of the quality of mobile communication services. *Problems of modern economics*. 2017; 2 (62): 202–204. (In Russ)
9. Makarov V.V., Gusev V.I., Sinitsa S.A. Methodological approach to assessing information resources. *Information technologies and telecommunications*. SPbSUT. 2013; 3(3): 72–78. (In Russ)
10. Slutsky M.G., Makarov V.V., Posadsky D.A. Assessing the effectiveness of the QMS and its relationship with the TQM concept. *Economics and business: theory and practice*. 2022; 6-2 (88):168–171. (In Russ)
11. Afonin V.V., Savkina A.V., Nikulin V.V. Algorithm and methodology for ranking a group of raster images. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer technology and information science*. 2021; 4:58–67. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-4-58-67. (In Russ)
12. Gladkova M. A., Zenkevich N. A., Sorokina A. A. Methodology for integral assessment and selection of service quality and its implementation on the example of the mobile communications market of St. Petersburg // *Bulletin of St. Petersburg University. Ser. Management*. 2011; 3: 60–95. (In Russ)
13. Asanova N.V., Kalinin Ya.V., Sagatolova L.S., Tarasova I.A. Integral assessment of the quality of transport services in large cities and urban agglomerations. *Management of the development of large-scale systems MLSD '2018*: tr. Eleventh Int. conf. 2018; 3:118–124. (In Russ)
14. Ancuti C.O., Ancuti C., De Vleeschouwer C., Sbert M. Color channel compensation (3C): A fundamental pre-processing step for image enhancement. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2020; 29: 2653–2665.
15. Semeykh N.S., Sopegin G.V., Fedoseev A.V. Assessment of physical and mechanical properties of porous aggregates for lightweight concrete. *Bulletin of MGSU*. 2018;13:2 (113):203–212. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.2.203-212. (In Russ)
16. Nikulin V.V., Afonin V.V. Heuristic assessment of service quality using the example of mobile communication operators. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer technology and information science*. 2023; 2:101-107. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2023-2-101-107>. EDN PFVOCR. (In Russ)
17. Afonin V.V. A program for assessing the quality of a group of objects with heterogeneous properties. Certificate of registration of the computer program RU 2022669744, 10/25/2022. Application No. 2022668900 dated 10/17/2022. (In Russ)

Сведения об авторах:

Афонин Виктор Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления; vafonin53@yandex.ru

Никulin Владимир Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инфокоммуникационных технологий и систем связи; nikulinvv@mail.ru

Information about authors:

Viktor V. Afonin, Cand. Sci. (Eng.), Assoc.Prof., Assoc. Prof., Department of Automated Information Processing and Control Systems; vafonin53@yandex.ru

Vladimir V. Nikulin, Cand. Sci. (Eng.), Assoc.Prof., Head of the Department of Infocommunication Technologies and Communication Systems; nikulinvv@mail.ru

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 14.12.2023.

Одобрена после рецензирования / Revised 15.01.2024.

Принята в печать /Accepted for publication 15.01.2024.