

Научная статья  
УДК 629.7.05  
DOI: [10.34759/trd-2022-127-20](https://doi.org/10.34759/trd-2022-127-20)

## **ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНИМОСТИ ЗАДАЧ, ПОСТАВЛЕННЫХ ПЕРЕД БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**

**Джавадов Натиг Гаджи оглы<sup>1</sup>, Агаев Фахраддин Гюльали оглы<sup>2</sup>,  
Гусейнов Гасан Ахмед оглы<sup>3</sup>, Зульфугарлы Пери Расим гызы<sup>4</sup>✉**

<sup>1,2</sup>Национальное аэрокосмическое агентство,  
Баку, Азербайджанская Республика

<sup>3,4</sup>Азербайджанский технический университет,  
Баку, Азербайджанская Республика

<sup>4</sup>[Peri.rzayeva30@gmail.com](mailto:Peri.rzayeva30@gmail.com) ✉

***Аннотация.*** Статья посвящена оценке выполнимости задач поставленных перед беспилотными летательными аппаратами. метод оценки качества разработки БПЛА военного назначения. В результате такой оценки формируется заключение с учетом потребностей и предпочтений беспилотной техники. Известны критерии, включающие также показатели как соответствие, способность, операционная безопасность, выживаемость и готовность к решению задач, поставленных перед БПЛА. В этом плане особо актуально решение вопросов соответствия возможностей используемых сенсоров для решения задач, поставленных перед БПЛА. Указанная

задача обычно решается методом моделирования. Также применяется дескриптивная структура специальной метрики для выработки критерия оценки выполнимости задач БПЛА. Например, вопрос о выполнимости БПЛА задач по поиску некоторых объектов в зависимости от реального ландшафта местности должна быть решена путем создания особой методологии по оценке визуализации местности в зависимости от состояния рельефа исследуемой поверхности. Решение вопроса о выполнимости задач тесно связано с вопросом достижения рационального компромисса между общей нагрузкой БПЛА, различными сенсорами и выполнимостью миссии БПЛА. В статье исследован вопрос оценки выполнимости задач поставленных перед беспилотными летательными аппаратами путем решения задачи разработки нового критерия выполнения беспилотным летательным аппаратом функции обнаружения объектов на поверхности искомого участка. На основе известного эмпирического критерия выполнимости указанной задачи сформирован новый показатель в виде логарифма отношения вероятностей выполнения и невыполнения задачи. На основе предлагаемого показателя сформирован инвариант связывающий этот показатель с количеством циклов работы, обеспечивающих соответствующие вероятности выполнения поставленной задачи.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, обнаружение объектов, вероятность выполнения миссии, визуальная обстановка, критерий

**Для цитирования:** Джавадов Н.Г., Агаев Ф.Г., Гусейнов Г.А., Зульфугарлы П.Р.

Вопросы оценки выполнимости задач, поставленных перед беспилотными

Original article

## **ISSUES OF ASSESSING THE FEASIBILITY OF TASKS ASSIGNED TO UNMANNED AERIAL VEHICLES**

**Javadov Natig Haji oglu<sup>1</sup>, Agayev Fakhraddin Gulali oglu<sup>2</sup>,**

**Huseynov Hasan Ahmed oglu<sup>3</sup>, Zulfugarly Peri Rasim gizi<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>National Aerospace Agency,

Baku, Azerbaijan

<sup>3,4</sup> Azerbaijan Technical University,

Baku, Azerbaijan

<sup>4</sup>[Peri.rzayeva30@gmail.com](mailto:Peri.rzayeva30@gmail.com)✉

**Abstract.** The article deals with the feasibility assessing of the tasks assigned to unmanned aerial vehicles (UAV), and presents a method for the quality assessment of the military purpose UAV. As the result of the said assessment, the resulting inference with account for the unmanned engineering requirements and preferences is being formed. Criteria, which include indicators such as conformity, capability, operational security, sustainability and readiness for solving the tasks assigned to the UAV are known as well. In this regard, it is especially important to address the issues of the used sensors capabilities matching to solve the tasks assigned to the UAV. This task is usually being solved by modeling. Besides, the descriptive structure of a special metric is employed as well to develop a criterion for the UAV tasks feasibility assessing. For example, the issue of the of UAV

tasks feasibility while searching for some objects depending on the terrain real landscape should be solved by creating a special methodology for the terrain visualization assessing depending on the state of the surface relief under study. Solving the issue of tasks feasibility is closely associated with the issue of a rational compromise achieving between the UAV total load, various sensors and the UAV mission feasibility. The article studied the issue on the tasks feasibility assigned to the UAV by solving the problem of developing the new criterion of executing functions of objects detection on the surface of the sought-for site by the UAV. Based on the well-known empirical criterion of the said task feasibility, a new indicator has been formed as a logarithm of the ratio of the task fulfillment and nonfulfillment probabilities. Based on the proposed indicator, the invariant linking this indicator with the number of work cycles, which ensure the corresponding probabilities of the task fulfillment, has been formed.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, object detection, mission probability, visual environment, criterion

**For citation:** Javadov N.H., Agayev F.G., Huseynov H.A., Zulfugarly P.R. Issues of assessing the feasibility of tasks assigned to. *Trudy MAI*, 2022, no. 127. DOI: [10.34759/trd-2022-127-20](https://doi.org/10.34759/trd-2022-127-20)

## Введение

Эффективность работы беспилотных летательных аппаратов в некотором смысле может быть спрогнозирована заранее, используя методологии, развитые в различных работах. Например, в работе [1] предложен метод оценки качества разработки БПЛА военного назначения. В этой работе предложен критерий,

включающий также показатели как соответствие, способность, операционная безопасность, выживаемость и готовность к решению задач. В результате такой оценки формируется заключение с учетом потребностей и предпочтений заказчика.

В работах [2 – 4] рассмотрены вопросы соответствия возможностей используемых сенсоров для решения задач, поставленных перед БПЛА. Аналогичная задача также решалась методом моделирования в [5]. В работе [6] разработана дескриптивная структура специальной метрики для выработки критерия оценки выполнимости задач БПЛА.

В работе [7] был предложен метод оценки показателей живучести бортовых систем летательных аппаратов в условиях изменяющихся режимов функционирования и деструктивных воздействий. Важность применения математического моделирования для обеспечения успешного функционирования авиационных систем отмечено в работах [8,9]. В работе [10] была разработана методика вычисления оптимальных режимных параметров, обеспечивающих энергоинформационно-эффективный режим функционирования БПЛА. В работе [11] была решена задача обеспечения успешного функционирования многофункциональных БПЛА с учетом воздействия шумов в радиометрическом канале. Новая методика формирования способов управления БПЛА и оценки эффективности применения БПЛА была изложена в работе [12]. Оценка выполнимости задач, поставленных перед БПЛА, косвенно зависит от эффективности аппаратов. В работе [13] изложена система критериев для оценки эффективности таких мер. Вопросы оценки помехоустойчивости электронных

средств БПЛА путем проведения физического моделирования были проанализированы в работе [14].

Вопрос о выполнимости задач, поставленных перед БПЛА, рассматривался также в ряде работ группы авторов [15 – 18]. Например, в работе [15] рассматривается вопрос о выполнимости БПЛА задач по поиску некоторых объектов в зависимости от реального ландшафта местности. Разработана методология по оценке визуализации местности в зависимости от состояния рельефа исследуемой поверхности.

В работе [16], рассматривается вопрос достижения рационального компромисса между общей нагрузкой БПЛА, различными сенсорами и выполнимостью миссии БПЛА. Предложен специальный показатель "Индекс выполнимости Миссии" (MPI), который будучи скалярной величиной используется в качестве целевой функции при проведении оптимизационных процедур [18]. В работе [19] отмечается, что индекс MPI позволяет оптимизировать путем изменения геометрии БПЛА и соответствующего выбора показателей сенсоров. Индекс MPI определяется как

$$\text{MPI} = \alpha \cdot \frac{ACR}{ACR_{ref}} \cdot f_{deg}(CSD) + \beta \cdot \frac{E_{ref}}{E} + \gamma \cdot \frac{P_{det}}{P_{det.ref}} + \delta \cdot \frac{T_m}{T_{m.ref}} + \varepsilon \cdot \frac{CA}{CA_{ref}} + \zeta \cdot \frac{UQI}{UOI_{ref}} \quad (1)$$

где: ACR - степень охвата исследуемого участка, определяется как

$$ACR = \frac{1}{T} \int_0^T W_{swath} \cdot V \cdot dt \quad (2)$$

где:  $T$  - время выполнения миссии БПЛА по поиску объектов при проведении поисковых операций.

$W_{swath}$  - ширина охвата сенсора на поверхности исследуемого участка;  $V$  - скорость передвижения.

$f_{deg}(CSD)$  - фактор деградации, определяющий возможности по пространственной дискретизации исследуемого участка.

Показатель  $E$  характеризует количество энергии, необходимое для выполнения миссии БПЛА.

$CA$  - показатель возможности создания коммуникации;  $UOI$  - показатель, зависящий от технологических вопросов полета, управления и хранения БПЛА.

$P_{det}$  - вероятность обнаружения объекта на поверхности участка, вычисляется по критерию Джонсона [20], определяемого как

$$P(N) = \frac{\left(\frac{N}{N_{50}}\right)^{2,7+0,7\left(\frac{N}{N_{50}}\right)}}{1+\left(\frac{N}{N_{50}}\right)^{2,7+0,7\left(\frac{N}{N_{50}}\right)}} \quad (3)$$

Критерий Джонсона (3) является вероятностью выполнения миссии путем выполнил  $N$  количества циклов работы сенсора, где  $N_{50}$  - количество циклов работы сенсора, которое обеспечивает выполнение миссии с вероятностью 50%.

При этом опорная величина  $N_{50}$  принимает разные значения при выполнении различных по качеству операции: для операции обнаружения  $N_{50} = 0,75$ ; для операции распознавания  $N_{50} = 3,0$ ; для операции идентификации  $N_{50} = 6,0$ . Согласно [10], вероятность обнаружения объекта зависит от времени обнаружения. Это связано с тем, что оператор-человек реагирует на изменение

визуальной обстановки за время 0,25 сек, а для обнаружения искомого объекта операторами требуется около 2 секунды. При этом вероятность обнаружения достигает 70%.

Целью настоящего исследования является дальнейшее развитие вышерассмотренных представлений о выполнимости БПЛА задач поиска объектов на поверхности исследуемого участка путем перехода на предлагаемый новый показатель - вероятность невыполнения миссии и исследования условий минимизации вновь введенного показателя.

### Предлагаемый метод

Для дальнейшего упрощения математических обозначений примем следующее обозначение

$$\varphi(N, N_{50}) = \left(\frac{N}{N_{50}}\right)^{2,7+0,7\left(\frac{N}{N_{50}}\right)} \quad (4)$$

С учетом (4) формулу (3) запишем как

$$P(N) = \frac{\varphi(N, N_{50})}{1 + \varphi(N, N_{50})} \quad (5)$$

или

$$P(N) + P(N) \cdot \varphi(N, N_{50}) = \varphi(N, N_{50}) \quad (6)$$

Из (6) получаем

$$\varphi(N, N_{50})(1 - P(N)) = P(N) \quad (7)$$

Введем на рассмотрение новый показатель - вероятность невыполнения миссии

$P_n(N)$ , определяемую как

$$P_n(N) = 1 - P(N) \quad (8)$$

С учетом (8), выражение (7) перепишем как

$$\varphi(N, N_{50}) \cdot P_n(N) = P(N) \quad (9)$$

или

$$\varphi(N, N_{50}) \cdot P_n(N) + P_n(N) = P(N) + P_n(N) \quad (10)$$

Так  $P(N) + P_n(N) = 1$ , выражение (10) перепишем как

$$P_n(N)[\varphi(N, N_{50}) + 1] = 1 \quad (11)$$

или

$$\varphi(N, N_{50}) = \frac{1}{P_n(N)} - 1 \quad (12)$$

Умножив левую и правую стороны на  $P_n(N)$  получим

$$\varphi(N, N_{50}) \cdot P_n(N) = P(N) \quad (13)$$

или

$$\varphi(N, N_{50}) = \frac{P(N)}{P_n(N)} \quad (14)$$

Логарифмируя (14) и вводя новый показатель  $\eta$  получим

$$\eta = \ln \frac{P(N)}{P_n(N)} = \left( 2,7 + 0,7 \frac{N}{N_{50}} \right) \cdot \ln \frac{N}{N_{50}} \quad (15)$$

Вводимый новый показатель  $\eta$  определяется согласно (15) в качестве логарифма отношения вероятностей выполнения миссии к вероятности невыполнения.

Из (15) следует два вывода:

1. Существует инвариант в виде

$$\frac{\eta}{\ln x} - 0,7x = 2,7$$

где:

$$x = \frac{N}{N_{50}}$$

2. Задаваясь исходно требуемой величиной  $\eta = \eta_0$ , значение  $N$  можно вычислить решив уравнение

$$\eta_0 = \left(2,7 + 0,7 \frac{N}{N_{50}}\right) \cdot \ln \frac{N}{N_{50}}$$

Что касается вышеупомянутого индекс MPI, то здесь, с учетом (14) взамен  $P_{det}$  можно использовать показатель  $P(N) = P_n(N) \cdot \varphi(N, N_{50})$

### **Заключение**

Рассмотрена и решена задача формирования нового критерия выполнения беспилотным летательным аппаратом задачи обнаружения объектов на поверхности искомого участка. На основе известного эмпирического критерия выполнимости задачи обнаружения искомым объектам сформирован новый показатель

выполняемости задачи обнаружения в виде логарифма отношения вероятностей выполнения и невыполнения задачи. На основе предлагаемого показателя сформирован инвариант, связывающий этот показатель с количеством циклов работы, обеспечивающих соответствующие вероятности выполнения поставленной задачи.

### **Список источников**

1. Mavris D.N., DeLaurentis D.A. An integrated approach to military aircraft selection and concept evaluation // 1st AIAA Aircraft Engineering, Technology and Operations Congress, Los Angeles, CA, USA, 1995 URL: <https://www.researchgate.net/publication/27523135>. DOI:[10.2514/6.1995-3921](https://doi.org/10.2514/6.1995-3921)
2. Preece A., Gomez M., de Mel G., Vasconcelos W., Sleeman D., Colley S., Pearson G., Pham T. and Porta T. Matching sensors to missions using a knowledge-based approach // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, May 2008. URL:[https://www.researchgate.net/publication/228459757\\_Matching\\_sensors\\_to\\_missions\\_using\\_a\\_knowledge-based\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/228459757_Matching_sensors_to_missions_using_a_knowledge-based_approach). DOI:[10.1117/12.782648](https://doi.org/10.1117/12.782648)
3. Preece A., Gomez M., de Mel G., Colley S., La Porta T. An ontology-based approach to sensor-mission assignment // First Conference of the International Technology Alliance on Networks and Information Processing (ACITA), Baltimore, Maryland, USA. Alliance, 2007. URL: <https://www.researchgate.net/publication/252452097>
4. Gomez M., Preece A., Johnson M., de Mel G., Vasconcelos W., Gibson C., Bar-Noy A., Borowiecki K., Porta T. and Pizzocaro D. An ontology-centric approach to sensor-

mission assignment // 16th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, EKAW-2008, 2008, pp. 347–363. URL:

[https://doi.org/10.1007/978-3-540-87696-0\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-540-87696-0_30)

5. Göktogan A.H. et al. Airborne vision sensor detection performance simulation // Simulation Conference and Exhibition (SimTecT'05), Sydney, Australia, 2005. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/228994396\\_Airborne\\_vision\\_sensor\\_detection\\_performance\\_simulation](https://www.researchgate.net/publication/228994396_Airborne_vision_sensor_detection_performance_simulation)

6. Morawietz S., Strohal M., Stürz P. Consideration of surveillance sensor capabilities within the holistic evaluation of aerial platforms // Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, Conference Paper, 2016.

7. Павлов А.Н., Павлов Д.А., Умаров А.Б. Метод оценивания показателей живучести бортовых систем малых космических аппаратов в условиях изменяющихся режимов функционирования и деструктивных воздействий // Труды МАИ. 2021. № 120. URL:

<https://trudymai.ru/published.php?ID=161425>.

DOI:[10.34759/trd-2021-120-11](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-11)

8. Попов Е.П., Вережкин А.А., Насонов Ф.А. Исследование физических особенностей авиационных систем с применением математического моделирования на примере системы воздушного охлаждения // Труды МАИ. 2021. № 120. URL:

<https://trudymai.ru/published.php?ID=161429>. DOI:[10.34759/trd-2021-120-15](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-15)

9. Калягин М.Ю., Волошин Д.А., Мазаев А.С. Моделирование системы управления полетом квадрокоптера в среде Simulink и Simscape Multibody // Труды МАИ. 2020. № 112. URL:

<https://trudymai.ru/published.php?ID=116625>.

DOI:[10.34759/trd-2020-112-20](https://doi.org/10.34759/trd-2020-112-20)

10. Зульфугарлы П.Р. Методика вычисления показателей энергоинформационно-эффективного режима функционирования беспилотных летательных аппаратов дистанционного зондирования // Труды МАИ. 2021. № 117. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=156319>. DOI:[10.34759/trd-2021-117-17](https://doi.org/10.34759/trd-2021-117-17)
11. Агаев Ф.Г., Асадов Х.Г., Асланова А.Б. Много функциональные беспилотные летательные аппараты. Оптимизация и синтез с учетом воздействия шумов // Труды МАИ. 2021. № 117. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=156313>. DOI: [10.34759/trd-2021-117-16](https://doi.org/10.34759/trd-2021-117-16)
12. Дмитриев В.И., Звонарев В.В., Лисицын Ю.Е. Методика обоснования рациональных способов управления беспилотным летательным аппаратом // Труды МАИ. 2020. № 112. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=116566>. DOI:[10.34759/trd-2020-112-16](https://doi.org/10.34759/trd-2020-112-16)
13. Подстригаев А.С., Слободян М.Г., Можаяева Е.И. Система критериев для оценки эффективности способов противодействия беспилотным летательным аппаратам // Труды МАИ. 2019. № 106. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=105716>
14. Нуриев М.Г. Физическое моделирование помехоустойчивости электронных средств беспилотного летательного аппарата // Труды МАИ. 2018. № 102. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=99074>
15. Fokina E., Feger J., Hornung M. Application of a visualization environment for the mission performance evaluation of civilian UAS // CEAS Aeronautical Journal, 2019, vol. 10, pp. 817–825. DOI:[10.1007/s13272-018-0350-z](https://doi.org/10.1007/s13272-018-0350-z)

16. Stecz W., Gromada K. UAV Mission Planning with SAR Application // Sensors, 2020, vol. 20(4), pp. 1080. DOI:[10.3390/s20041080](https://doi.org/10.3390/s20041080)
17. Fokina E., Feger J., Hornung M. An integrated UAS design optimization based on mission assessment and evaluation // Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, 2018. DocumentID: 480148.
18. Langer H. Extended Evolutionary Algorithms for Multiobjective and Discrete Design Optimization of Structures, Dissertation, Technical University of Munich, Munich, Germany, 2005.
19. Ekaterina Fokina, Jens Feger, Mirko Hornung. A Missions Performance Evaluation Approach for Civil UAS Applications // MATEC Web of Conferences, 2018, vol. 221. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822105006>
20. Johnson J. Analysis of image forming systems // Proceedings of Image Intensifier Symposium, Ft. Belvoir, Virginia, 1958, pp. 249-273.

## References

1. Mavris D.N., DeLaurentis D.A. An integrated approach to military aircraft selection and concept evaluation, *1st AIAA Aircraft Engineering, Technology and Operations Congress*, Los Angeles, CA, USA, 1995 URL: <https://www.researchgate.net/publication/27523135>. DOI: [10.2514/6.1995-3921](https://doi.org/10.2514/6.1995-3921)
2. Preece A., Gomez M., de Mel G., Vasconcelos W., Sleeman D., Colley S., Pearson G., Pham T. and Porta T. Matching sensors to missions using a knowledge-based approach, *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, May 2008. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/228459757\\_Matching\\_sensors\\_to\\_missions\\_using\\_a\\_knowledge-based\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/228459757_Matching_sensors_to_missions_using_a_knowledge-based_approach). DOI:[10.1117/12.782648](https://doi.org/10.1117/12.782648)

3. Preece A., Gomez M., de Mel G., Colley S., La Porta T. An ontology-based approach to sensor-mission assignment, *First Conference of the International Technology Alliance on Networks and Information Processing (ACITA)*, Baltimore, Maryland, USA. Alliance, 2007. URL: <https://www.researchgate.net/publication/252452097>

4. Gomez M., Preece A., Johnson M., de Mel G., Vasconcelos W., Gibson C., Bar-Noy A., Borowiecki K., Porta T. and Pizzocaro D. An ontology-centric approach to sensor-mission assignment, *16th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*, EKAW-2008, 2008, pp. 347–363. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-87696-0\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-540-87696-0_30)

5. Göktogan A.H. et al. Airborne vision sensor detection performance simulation, *Simulation Conference and Exhibition (SimTecT'05)*, Sydney, Australia, 2005. URL: [https://www.researchgate.net/publication/228994396\\_Airborne\\_vision\\_sensor\\_detection\\_performance\\_simulation](https://www.researchgate.net/publication/228994396_Airborne_vision_sensor_detection_performance_simulation)

6. Morawietz S., Strohal M., Stürz P. Consideration of surveillance sensor capabilities within the holistic evaluation of aerial platforms, *Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, Conference Paper*, 2016.

7. Pavlov A.N., Pavlov D.A., Umarov A.B. *Trudy MAI*, 2021, no. 120. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=161425>. DOI: [10.34759/trd-2021-120-11](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-11)

8. Popov E.P., Vereikin A.A., Nasonov F.A. *Trudy MAI*, 2021, no. 120. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=161429>. DOI:[10.34759/trd-2021-120-15](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-15)

9. Kalyagin M.Yu., Voloshin D.A., Mazaev A.S. *Trudy MAI*, 2020, no. 112. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=116625>. DOI:[10.34759/trd-2020-112-20](https://doi.org/10.34759/trd-2020-112-20)
10. Zul'fugaply P.R. *Trudy MAI*, 2021, no. 117. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=156319>. DOI:[10.34759/trd-2021-117-17](https://doi.org/10.34759/trd-2021-117-17)
11. Agaev F.G., Asadov Kh.G., Aslanova A.B. *Trudy MAI*, 2021, no. 117. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=156313>. DOI: [10.34759/trd-2021-117-16](https://doi.org/10.34759/trd-2021-117-16)
12. Dmitriev V.I., Zvonarev V.V., Lisitsyn Yu.E. *Trudy MAI*, 2020, no. 112. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=116566>. DOI:[10.34759/trd-2020-112-16](https://doi.org/10.34759/trd-2020-112-16)
13. Podstrigaev A.S., Slobodyan M.G., Mozhaeva E.I. *Trudy MAI*, 2019, no. 106. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=105716>
14. Nuriev M.G. *Trudy MAI*, 2018, no. 102. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=99074>
15. Fokina E., Feger J., Hornung M. Application of a visualization environment for the mission performance evaluation of civilian UAS, *CEAS Aeronautical Journal*, 2019, vol. 10, pp. 817–825. DOI:[10.1007/s13272-018-0350-z](https://doi.org/10.1007/s13272-018-0350-z)
16. Stecz W., Gromada K. UAV Mission Planning with SAR Application, *Sensors*, 2020, vol. 20(4), pp. 1080. DOI:[10.3390/s20041080](https://doi.org/10.3390/s20041080)
17. Fokina E., Feger J., Hornung M. An integrated UAS design optimization based on mission assessment and evaluation, *Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress*, 2018. DocumentID: 480148.
18. Langer H. *Extended Evolutionary Algorithms for Multiobjective and Discrete Design Optimization of Structures*, Dissertation, Technical University of Munich, Munich, Germany, 2005.

19. Ekaterina Fokina, Jens Feger, Mirko Hornung. A Missions Performance Evaluation Approach for Civil UAS Applications, *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 221. URL: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822105006>
20. Johnson J. Analysis of image forming systems, *Proceedings of Image Intensifier Symposium*, Ft. Belvoir, Virginia, 1958, pp. 249-273.

Статья поступила в редакцию 12.09.2022

Статья после доработки 14.09.2022

Одобрена после рецензирования 24.09.2022

Принята к публикации 26.12.2022

The article was submitted on 12.09.2022; approved after reviewing on 24.09.2022; accepted for publication on 26.12.2022