

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТНОГО ЗАДАНИЯ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

С. В. Иванов<sup>1</sup>, О. А. Петрова<sup>2</sup>, М. Р. Запороженко<sup>3</sup>, Д. Р. Карипов<sup>4</sup>, М. А. Ковешников<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Краснодарское высшее военное училище им. С. М. Штеменко, Краснодар, Россия  
<sup>1</sup>sta399@yandex.ru, <sup>2</sup>Odi16.na@gmail.com, <sup>3</sup>luigamarina@hotmail.com,  
<sup>4</sup>karpovdaniel@yandex.ru, <sup>5</sup>Koveshnikov.mihail@yandex.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Современные условия ведения боевых действий ужесточили требования к полноте информационного обеспечения процессов управления боевыми действиями и, как следствие, расширились временные требования к авиационным системам как поставщикам информации о противнике в информационные сети систем управления войсками. В целях минимизации потерь личного состава в боевых действиях, а также автоматизации процессов выполнения задач используются беспилотные летательные аппараты (БЛА), объединенные в группы БЛА для успешной реализации полетного задания в условиях дифференциации каждого летательного аппарата по его ведущей функции. Применение такой группы БЛА в ходе выполнения разнородных задач по предназначению требует оценки оперативности и качества в условиях информационно-технического воздействия, учета времени, затрачиваемого на прогнозирование исхода событий, сформированных в результате протекания всех этапов процесса функционирования группой БЛА, позволяющей получить статистические данные о времени его протекания. Такой процесс включает в себя: анализ, обобщение и принятие решения при требуемой точности измерений и минимально необходимом количестве опытов с сохранением статистической достоверности результатов эксперимента. Целью научной статьи является разработка методики оценки оперативности работы системы поддержки принятия решения (СППР), размещаемой одновременно на борту ведущего БЛА-лидера и на наземном пункте управления полетами с целью синхронизации действий оператора с автономным поведением группировки в воздухе. Введение в общий цикл управления такой системы обуславливает повышение эффективности работы системы «БЛА-лидер – оператор» и позволяет сократить время, затрачиваемое на выполнение задачи по предназначению за счет распараллеливания процессов сбора и обработки информации, протекающих в контуре системы. Использование высокоскоростного спецвычислителя в системе управления БЛА позволяет оптимизировать вычислительные затраты и реализовать высокоэффективные алгоритмы, заложенные на борт. *Материалы и методы.* Исходя из физической интерпретации рассматриваемой задачи сокращения временного показателя при учете различных факторов, влияющих на результат общего решения, используется метод долевого участия, устанавливающий долю влияния различных факторов на эффективность предлагаемой методики. Критерием оценки эффективности рассматриваемой методики является оперативность, а показателем – время, затрачиваемое на выполнение полетного задания. *Результаты.* В статье представлены результаты систематизации и анализа информации, обрабатываемой СППР на борту ведущего БЛА, а также проведены расчеты показателя эффективности предлагаемой методики и сравнение их с существующими. *Выводы.* Исходя из физической интерпретации рассматриваемой задачи сокращения временных показателей при учете различных факторов, влияющих на результат общего решения (на основе изучения метода долевого участия), установлена доля влияния каждого показателя на эффективность предлагаемой методики.

**Ключевые слова:** эксперимент, статистика, оценка оперативности, беспилотный летательный аппарат, система поддержки принятия решений

**Для цитирования:** Иванов С. В., Петрова О. А., Запороженко М. Р., Карипов Д. Р., Ковешников М. А. Методика оценки оперативности процесса сбора и обработки информации в ходе выполнения полетного задания группой беспилотных летательных аппаратов // Надежность и качество сложных систем. 2021. № 4. С. 64–73. doi:10.21685/2307-4205-2021-4-8

## METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF COLLECTING AND PROCESSING INFORMATION DURING THE EXECUTION OF A FLIGHT TASK BY A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

**S.V. Ivanov<sup>1</sup>, O.A. Petrova<sup>2</sup>, M.R. Zaporozhchenko<sup>3</sup>, D.R. Karipov<sup>4</sup>, M.A. Koveshnikov<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Krasnodar Higher Military School named after S. M. Shtemenko, Krasnodar, Russia  
<sup>1</sup> sta399@yandex.ru, <sup>2</sup> Odi16.na@gmail.com, <sup>3</sup> luigamarina@hotmail.com,  
<sup>4</sup> karipovdaniel@yandex.ru, <sup>5</sup> Koveshnikov.mihail@yandex.ru

**Abstract.** *Background.* Modern conditions of warfare have tightened the requirements for the completeness of information support for the management of combat operations and, as a result, the time requirements for aviation systems as suppliers of information about the enemy in the information networks of the command and control systems have expanded. In order to minimize the losses of personnel in combat operations, as well as to automate the processes of performing tasks, unmanned aerial vehicles (UAVs) are used, combined into groups of UAVs for the successful implementation of a flight task in conditions of differentiation of each aircraft according to its leading function. The use of such a group of UAVs in the course of performing heterogeneous tasks for their intended purpose requires an assessment of efficiency and quality in the conditions of information technology impact, taking into account the time spent on predicting the outcome of events formed as a result of the course of all stages of the process of functioning by a group of UAVs, which allows to obtain statistical data on the time of its course. Such a process includes: analysis, generalization and decision-making with the required measurement accuracy and the minimum required number of experiments while maintaining the statistical reliability of the experimental results. The purpose of the scientific article is to develop a methodology for assessing the efficiency of the decision support system (DSS), which is placed simultaneously on board the leading UAV leader and at the ground flight control station in order to synchronize the operator's actions with the autonomous behavior of the grouping in the air. The introduction of such a system into the general control cycle leads to an increase in the efficiency of the "UAV-leader – operator" system and reduces the time spent on completing the task for its intended purpose by parallelizing the processes of collecting and processing information flowing in the system circuit. The use of a high-speed special calculator in the UAV control system makes it possible to optimize computational costs and implement highly efficient algorithms embedded on board. *Materials and methods.* Based on the physical interpretation of the considered task of reducing the time indicator, taking into account various factors affecting the result of the overall solution, the equity method is used, which establishes the share of the influence of various factors on the effectiveness of the proposed methodology. The criterion for evaluating the effectiveness of the technique under consideration is efficiency, and the indicator is the time spent on completing the flight task. *Results.* The article presents the results of systematization and analysis of the information processed by the DSS on board the leading UAV, as well as calculations of the efficiency indicator of the proposed methodology and their comparison with existing ones. *Conclusions.* Based on the physical interpretation of the considered task of reducing time indicators, taking into account various factors affecting the result of the overall solution (based on the study of the equity method), the share of influence of each indicator on the effectiveness of the proposed methodology is established.

**Keywords:** experiment, statistics, efficiency assessment, unmanned aerial vehicle, decision support system

**For citation:** Ivanov S.V., Petrova O.A., Zaporozhchenko M.R., Karipov D.R., Koveshnikov M.A. Methodology for assessing the efficiency of the process of collecting and processing information during the execution of a flight task by a group of unmanned aerial vehicles. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems.* 2021;(4):64–73. (In Russ.). doi:10.21685/2307-4205-2021-4-8

### Введение

В качестве исследовательской авторами была поставлена задача по разработке методики оценки оперативности функционирования системы поддержки принятия решения (СППР) с целью сокращения времени, затрачиваемого на выполнение задач и оптимизации вычислительных возможностей на борту БЛА. Основным содержанием исследования явился анализ отдельно взятых временных промежутков процесса сбора и обработки информации в ходе решения задачи.

Для проведения оценки оперативности процесса сбора и обработки информации учитывается время с момента подготовки и развертывания до выполнения полетного задания.

Для проведения оценки оперативности процесса принятия решения учитывается время, затрачиваемое на прогнозирование исхода событий, сформированных в результате протекания всех этапов процесса функционирования группы БЛА.

В работе предложена количественная и качественная оценка оперативности процесса сбора и обработки информации за счет включения в контур управления системы поддержки принятия решения на борту БЛА. Такая система может быть размещена в бортовой системе управления БЛА в виде программно-алгоритмического комплекса.

1. Постановка задачи. По двум независимым малым выборкам, объемы которых соответственно равны  $n$  и  $m$ , извлеченным из нормальных генеральных совокупностей  $X$  и  $Y$ , найдены выборочные средние  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  и исправленные дисперсии  $S_X^2$  и  $S_Y^2$ .

Требуется найти: при уровне значимости  $\alpha$  проверить нулевую гипотезу  $H_0 : T_{\Sigma_1}(X) = T_{\Sigma_2}(Y)$ , при конкурирующей гипотезе  $H_1 : T_{\Sigma_1}(X) \neq T_{\Sigma_2}(Y)$ .

Ограничения и допущения:

– в процессе выполнения эксперимента используются легкие БЛА с малой и средней продолжительностью полета;

– для выполнения эксперимента привлекаются эксперты, имеющие опыт в области разработки и эксплуатации систем управления БЛА;

– при проведении моделирования принято, что направление ветра устойчивой направленности совпадает с направлением полета БЛА.

На основе проведенного анализа процесса функционирования БЛА, способных функционировать в составе группы, в ходе решения разведывательных задач определяются основные этапы процесса, состоящие из: анализа, обобщения информации и принятия решения. За принятие решения на борту БЛА отвечает система поддержки принятия решения (СППР), рассмотренная в работе [1].

Показатели и критерии. Показателем в данной методике будет являться время, затрачиваемое на обработку информации с применением системы поддержки принятия решения оператором, а критерием выступает оперативность процесса принятия решения, описываемая соответствующим уравнением:

$$T_{\text{СППР}} = T_{\text{ан2}} + T_{\text{пр.реш}} + T_{\text{обобщ}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $T_{\text{СППР}}$  – время, затрачиваемое на обработку информации с применением системы поддержки принятия решения оператором.

Для определения оперативности обработки данных с использованием существующей методики [2] модель можно представить в следующем виде:

$$T_{\text{ВЗ}} = T_{\text{разв.}} + T_{\text{выдв.}} + T_{\text{впз}} + T_{\text{ан1}} + T_{\text{корр.ог.}} + T_{\text{возвр.}} + T_{\text{ан2}} + T_{\text{пр.реш.}} + T_{\text{обобщ.}}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{ВЗ}}$  – время, отведенное на выполнение задания в условиях реального времени;  $T_{\text{разв.}}$  – время, затрачиваемое на развертывание БЛА;  $T_{\text{выдв.}}$  – время, затрачиваемое на поднятие БЛА в воздух;  $T_{\text{впз}}$  – время, отведенное на выполнение полетной задачи;  $T_{\text{ан1}}$  – время, затрачиваемое на проведение дополнительных расчетов и подготовку решения по направлению дальнейших действий;  $T_{\text{корр.ог.}}$  – время, затрачиваемое на пересчет координат точки прицеливания и наведение оружия на цель;  $T_{\text{возвр.}}$  – время, затрачиваемое на возвращение группы БЛА после выполнения поставленной задачи;  $T_{\text{ан2}}$  – время, затрачиваемое на проведение дополнительных расчетов после выполнения основной части поставленной задачи;  $T_{\text{пр.реш.}}$  – время, затрачиваемое на принятие решения по дальнейшим действиям;  $T_{\text{обобщ.}}$  – время, затрачиваемое на подведение итогов проведенной операции, составление необходимой документации и доклад командиру (начальнику).

Для определения времени, затрачиваемого на обработку данных с использованием разработанной методики модель можно представить в следующем виде:

$$T_{\text{ВЗ}} = T_{\text{разв.}} + T_{\text{выдв.}} + T_{\text{впз}} + T_{\text{корр.ог.}} + T_{\text{возвр.}} + T_{\text{СППР}}. \quad (3)$$

В такой модели исключаются три составляющие  $T_{\text{ВЗ}}$  в соответствии с формулой (1).

2. Выдвижение гипотезы. В рамках проведенных исследований выдвигается следующая гипотеза: «Повышение оперативности управления смешанной группировкой БЛА возможно осуще-

ствить за счет распараллеливания процессов выполнения полетного задания, автоматизации процесса принятия решений и уменьшения количества опытов проведения эксперимента».

Выдвинутую гипотезу необходимо доказать, для этого перейдем к математической интерпретации сформулированной гипотезы и построим ее на основе теории математической статистики.

В работе рассматриваются две методики расчета времени, затрачиваемого на выполнение полетного задания группой БЛА. Первая методика предусматривает существующий подход, реализующий алгоритм работы расчета БЛА, в состав которого входит начальник расчета, оператор и командир подразделения, который реализует управляющую функцию.

Идея рассматриваемой работы заключается в исключении человеческого фактора из процесса сбора, обработки и обобщения информации и его автоматизация за счет распараллеливания процессов и построения автоматизированных алгоритмов, входящих в состав СППР.

Сформулируем гипотезу на языке математической статистики применительно к нашей задаче.

Гипотеза  $H_0$  : среднее время  $T_{\Sigma_1}(X)$ , рассчитанное в соответствии с 1-й методикой, затрачиваемое на процесс выполнения полетного задания группировкой БЛА, значительно отличается от среднего времени  $T_{\Sigma_2}(Y)$ , рассчитанного по 2-й методике при использовании в расчете двух независимых выборок, сформированных в процессе реализации методики:

$$T_{\Sigma_1}(X) \neq T_{\Sigma_2}(Y). \tag{4}$$

3. Доказательство выдвинутой гипотезы. Проведем проверку выдвинутой статистической гипотезы на конкретном примере.

Иллюстрация процесса оптимизации временных ресурсов на основе предлагаемой методики представлена на рис. 1.

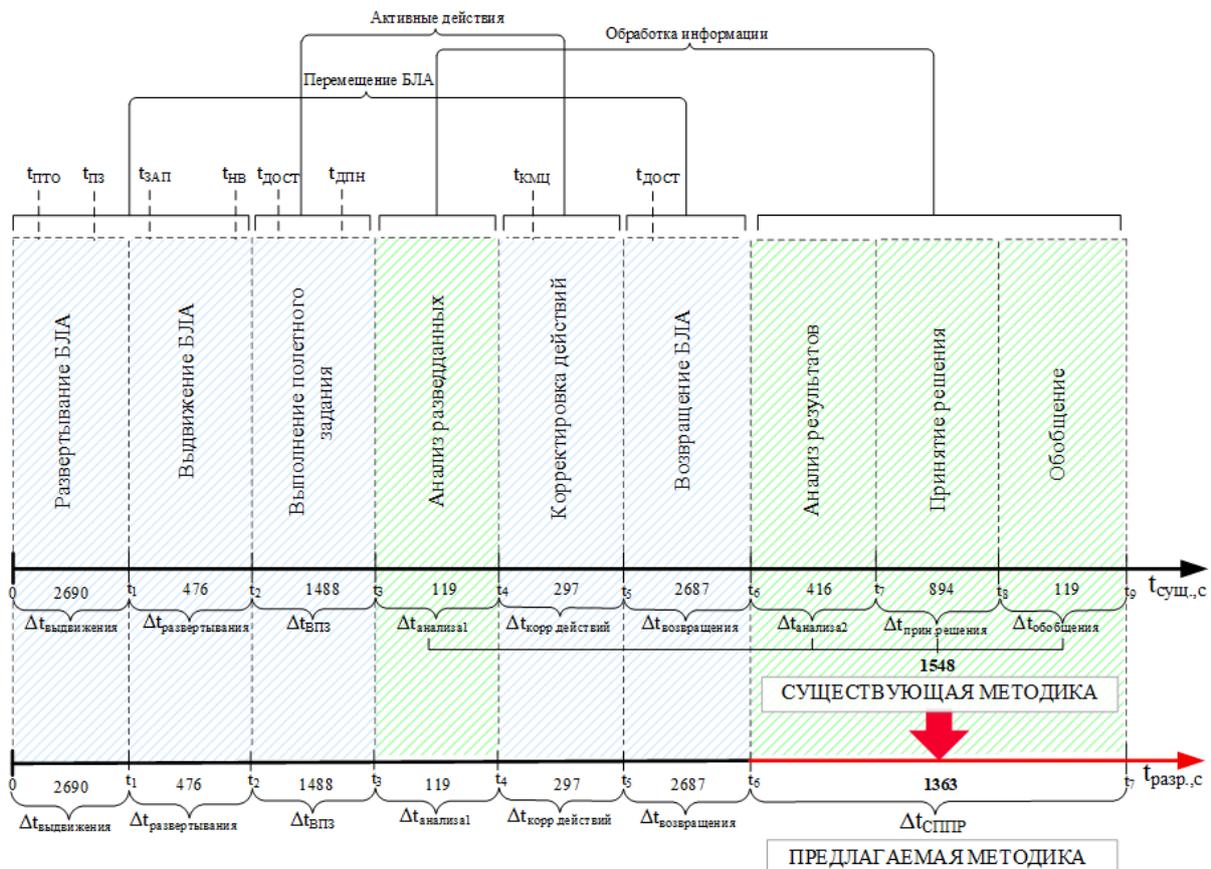


Рис. 1. Графическая иллюстрация процесса оптимизации временных ресурсов на выполнение полетного задания

Зададим точность, равную  $\delta_1 = 14$ , которая является абсолютной величиной отклонения выборочной средней от гипотетической генеральной средней совокупности, т.е. величину, в рамках ко-

второй среднее значение, рассчитанное с помощью методик, имеет право отклоняться от неизвестной средней генеральной совокупности, из которой была представлена выборочная совокупность для оценки методик. Считая, что выборочные совокупности можно аппроксимировать нормальным распределением, найдем число испытаний, необходимых для достижения заданной точности в условиях расчета выборочной совокупности по первой и второй методике.

Для расчета необходимого количества опытов ( $n, m$ ) и точности ( $\delta$ ) воспользуемся формулой (1) и получим

$$n = t_{\text{двуст.кр.}}^2(a; k) S_{\text{Тб31}}^2 / \delta_1^2 = 11;$$

$$m = t_{\text{двуст.кр.}}^2(a; k) S_{\text{Тб32}}^2 / \delta_2^2 = 9.$$

Вычисления показали, что для достижения наперед заданной точности по первой методике требуется меньшее количество испытаний, чем по второй, следовательно, при одинаковом числе испытаний точность расчетов с помощью первой методики более высокая.

По уровню значимости  $\alpha = 0,05$  определяется число степеней свободы  $k = n + m - 2$  [2] (так как критическая область двусторонняя) следующим образом:  $k = 11 + 9 = 18$ .

Критическая область  $t_{\text{двуст.кр.}}(\alpha; k)$  находится по таблице критических значений критерия:  $t_{\text{двуст.кр.}}(0,05; 18) = 2,1$  [3].

Для нахождения исправленной дисперсии  $S_{\text{Тб31}}^2$  воспользуемся следующей формулой:

$$S_{\text{Тб31}}^2 = \frac{D \cdot n}{n - 1}, \quad (5)$$

где  $D = \overline{T_{\Sigma}^2} - (\overline{T_{\Sigma}})^2$ .

Рассчитаем значение  $S_{\text{Тб31}}^2$  для каждой методики в отдельности:

$$S_{\text{Тб31}} = \overline{X} = \left( \frac{D_1 n}{n - 1} \right) = 233,56 \text{ c}; \quad S_{\text{Тб32}} = \overline{Y} = \left( \frac{D_2 m}{m - 1} \right) = 119,69 \text{ c}.$$

Вычислим значения  $D_1, D_2$  и получим:  $D_1 = 212,33$  и  $D_2 = 106,40$ .

Для нахождения наблюдаемого значения критерия Стьюдента  $T_{\text{набл}}$  воспользуемся формулой

$$T_{\text{набл}} = \frac{\overline{x} - \overline{y}}{\sqrt{(ns_X^2 + ms_Y^2)}} \sqrt{\frac{nm(n+m-2)}{n+m}} = 2,1182; \quad (6)$$

$$2,1182 > 2,1;$$

$$T_{\text{набл}} > t_{\text{двуст.кр.}}$$

Так как  $T_{\text{набл}} > t_{\text{двуст.кр.}}$ , нулевую гипотезу о равенстве генеральных средних отвергаем. Другими словами, выборочные средние различаются значительно, это в свою очередь означает, что разработанная методика учитывает факторы, влияющие на среднее значение случайной величины, следовательно, не является аналогом предшествующей методики.

4. Сравнительная оценка результатов, полученных на основе известной и разработанной методики оценки оперативности процесса поддержки принятия решения. Так как было выяснено ранее, что методики в среднем различны, необходимо изучить факторы, заложенные в обе методики и их влияние на показатели исследуемого критерия [4].

В ряде случаев для определения величины влияния факторов на отклонение результирующего показателя может быть использован метод долевого участия.

Суть метода долевого участия заключается в определении доли каждого фактора в общей сумме их приростов, которая затем умножается на общий прирост совокупного показателя.

В случае одноуровневой модели типа ( $Y = a + b + c$ ) расчет производится по следующим формулам:

$$\Delta y_i = \frac{\Delta x_i}{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n} \Delta y_{\text{общ}}, \quad (7)$$

где  $\Delta y_i$  – доля влияния каждого фактора;

$$\Delta y_{\text{общ}} = \frac{y_1 - y_0}{y_0} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где  $\Delta y_{\text{общ}}$  – общий прирост совокупного показателя.

Выражения (7), (8) могут выполняться только при условии существования следующего соотношения:

$$\Delta y_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n \Delta y_i, \quad (9)$$

где  $n$  – количество выбранных факторов.

Исходя из физической интерпретации рассматриваемой задачи сокращения временных показателей при учете различных факторов, влияющих на результат общего решения, проведем расчет доли влияния каждого показателя на эффективность предлагаемой методики [5].

Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная оценка влияния различных показателей на общий результат решения задачи

Показатель, фактор	Сущ. методика, с	Разработанная методика, с	Абсолютное отклонение, с	$\frac{\Delta x_i}{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n}$	Доля влияния на результат предл. методики, %
$T_{\text{ан}_1}$	135	105	-30	-0,077	-0,163
$T_{\text{ан}_2}$	425	375	-50	-0,275	-0,582
$T_{\text{пр.реш}}$	905	820	-85	-0,601	-1,273
$T_{\text{обобщ}}$	120,5	64	-56,5	-0,047	-0,099

Среднее время всего процесса обработки информации, рассчитанное в соответствии с существующей методикой, составило 10685,5 с, а разработанной – 10464 с, на основе проведенных расчетов определяется общий прирост совокупного показателя:

$$\Delta y_{\text{общ}} = \frac{y_1 - y_0}{y_0} \cdot 100\% = -2,117,$$

где  $\Delta y_i$  – значение абсолютного отклонения одного из показателей (факторов).

Для проведения сравнительной оценки эффективности двух рассматриваемых методик расчета времени, затрачиваемого на выполнение полетного задания группой БЛА, необходимо провести анализ результатов, полученных при их тестировании. Наиболее часто используемым подходом при оценке двух методик является метод расчета коэффициентов, показывающих, на сколько одна методика является преимущественней другой по какому-либо критерию [6].

В качестве такого критерия, оценивающего эффективность рассматриваемого процесса, в работе используется оперативность процесса принятия решения на осуществление действий группой БЛА.

Рассмотрим частный показатель – коэффициент оперативности  $K_{\text{опер.}}$  в виде

$$K_{\text{опер.}} = \frac{T_{\text{сущ.}} - T_{\text{предл.}}}{T_{\text{сущ.}}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где  $T_{\text{предл.}}$  – время, затрачиваемое на частную обработку с применением разработанной методики;  $T_{\text{сущ.}}$  – время, затрачиваемое на частную обработку при использовании существующих методик.

Имея исходные данные для условия процесса обработки информации о функционировании группы БЛА, производятся вычисления частных показателей коэффициентов оперативности процесса принятия решения по разработанной методике [7]:

$$K_{\text{опер. анализа}} = \frac{T_{\text{анализа сущ.}} - T_{\text{анализа предл.}}}{T_{\text{анализа сущ.}}} \cdot 100 \% = 20 \% ; \quad (11)$$

$$K_{\text{опер. обобщ.}} = \frac{T_{\text{обобщ. сущ.}} - T_{\text{обобщ. предл.}}}{T_{\text{обобщ. сущ.}}} \cdot 100 \% = 9 \% ; \quad (12)$$

$$K_{\text{опер. прин. реш.}} = \frac{T_{\text{прин. реш. сущ.}} - T_{\text{прин. реш. предл.}}}{T_{\text{прин. реш. сущ.}}} \cdot 100 \% = 10 \% . \quad (13)$$

Оценка оперативности полученных результатов характеризуется значением комплексного показателя оперативности процесса принятия решения, представляющего собой комбинацию частных показателей оперативности. Для вычисления значения комплексного показателя оперативности используется следующая формула [8]:

$$K_{\text{компл. обр. инф.}} = \frac{K_{\text{опер. анализа}} + K_{\text{опер. обобщ.}} + K_{\text{опер. прин. реш.}}}{N} = \frac{20 \% + 9 \% + 10 \%}{3} = 13 \% . \quad (14)$$

Следовательно, комплексный показатель оперативности процесса принятия решения о функционировании группы БЛА при использовании разработанной методике повышается на 13 % в отличие от существующих за счет распараллеливания процессов принятия решения и уменьшения объема выборки по сравнению с существующей методикой оценки оперативности процесса сбора и обработки информации группировкой БЛА.

Результатом расчета коэффициентов оперативности для двух сравниваемых методик с учетом информационно-технических воздействий (ИТВ) и без учета ИТВ является построение зависимостей коэффициентов оперативности от времени (рис. 2, 3).



Рис. 2. Зависимость между коэффициентом оперативности и временем выполнения полетного задания без влияния ИТВ

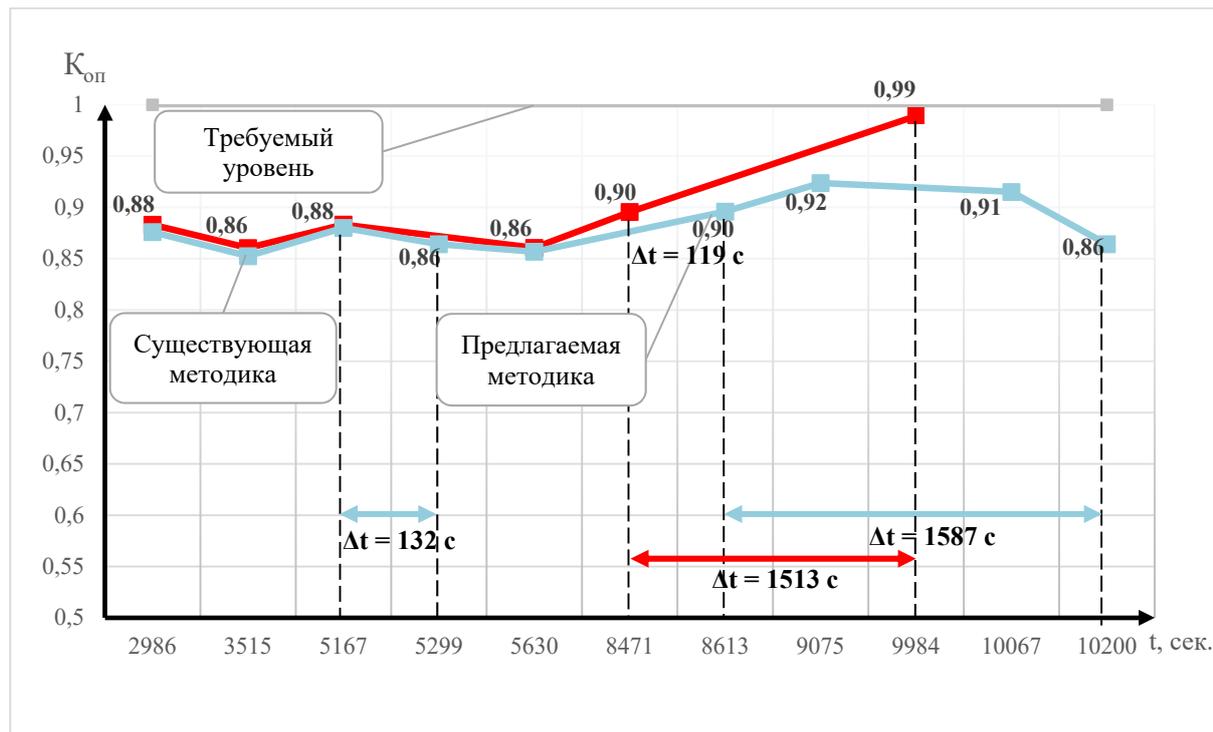


Рис. 3. Зависимость между коэффициентом оперативности и временем выполнения полетного задания с влиянием ИТВ

### Заключение

Таким образом, время выполнения задачи в рамках предлагаемой методики по сравнению с существующей уменьшилось на 185 с, т.е. уменьшилось на 11,95 % относительно существующей, что даже при влиянии информационно-технических воздействий на процесс выполнения полетного задания (уменьшилось на 11,98 %) построенная система поддержки принятия решения оказалась устойчивой к этим воздействиям и предлагаемая методика привела к уменьшению времени на 206 с.

Сократилось время, затрачиваемое на проведение дополнительных расчетов и подготовку решения по направлению дальнейших действий, принятие решения и обобщение на 0,312 и 1,87 %; 3,335 и 0,369 % соответственно. В совокупности уменьшение времени отдельных этапов процесса выполнения полетного задания привело к общему сокращению времени выполнения задачи без влияния ИТВ – 11,95 %, а при воздействии РЭБ и ПВО – на 11,98 %.

Полученные результаты анализа эффективности предлагаемой методики позволяют утверждать, что разработанная система поддержки принятия решения (СППР) позволила сократить время выполнения полетного задания и исключить влияние человеческого фактора на достижение цели при решении задачи за счет автоматизации процесса принятия решения.

### Список литературы

1. Иванов С. В., Белоножко Д. Г., Стадник А. П. [и др.]. Разработка автоматизированной информационной системы поддержки принятия решения группой БЛА на основе самообучающейся нейронной сети // Стратегическая стабильность. 2020. № 3. С. 53–60.
2. Тимочко А. И. Оценка оперативности принятия решений при назначении воздействий по объектам противника // Сборник научных трудов Харьковского университета Воздушных сил. 2013. Вып. 3. С. 126–129.
3. Халимов Н. Р., Мефедов А. В. Распределенная сетцентрическая система управления группой ударных беспилотных летательных аппаратов // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 3. С. 1–13.
4. Резун А. А. Факторный анализ эффективности использования основных средств в сельскохозяйственных организациях // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 75. С. 1–16.
5. Шкляр В. Н. Планирование эксперимента и обработка результатов. Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2010. С. 6–12.
6. Павлов А. Н., Соколов Б. В. Методы обработки экспертной информации. СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2005. С. 5–15.

7. Математическая статистика / С. Е. Демин, Е. Л. Демина. Нижний Тагил : Нижнетагильский технологический институт, 2016. С. 7–18.
8. Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика. М. : Высш. шк., 2019. С. 305–314.

### References

1. Ivanov S.V., Belonozhko D.G., Stadnik A.P. [et al.]. Development of an automated information system for decision support by a group of UAVs based on a self-learning neural network. *Strategicheskaya stabil'nost' = Strategic stability*. 2020;(3):53–60. (In Russ.)
2. Timochko A.I. Assessment of the efficiency of decision-making when assigning impacts on enemy objects. *Sbornik nauchnykh trudov Khar'kovskogo universiteta Vozdushnykh sil = Collection of scientific papers of the Kharkiv Air Force University*. 2013;3:126–129. (In Russ.)
3. Khalimov N.R., Mefedov A.V. Distributed network-centric control system for a group of attack unmanned aerial vehicles. *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti = Control, communication and security systems*. 2019;(3): 1–13. (In Russ.)
4. Rezun A.A. Factor analysis of the efficiency of the use of fixed assets in agricultural organizations. *Nauchnyy zhurnal KubGAU = KubGAU Scientific Journal*. 2012;(75):1–16. (In Russ.)
5. Shklyar V.N. *Planirovanie eksperimenta i obrabotka rezul'tatov = Experiment planning and results processing*. Tomsk: Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy politekhnicheskii universitet, 2010:6–12. (In Russ.)
6. Pavlov A.N., Sokolov B.V. *Metody obrabotki ekspertnoy informatsii = Methods of processing expert information*. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet aerokosmicheskogo priborostroeniya, 2005: 5–15. (In Russ.)
7. Demin S.E., Demina E.L. *Matematicheskaya statistika = Mathematical statistics*. Nizhniy Tagil: Nizhnetagil'skiy tekhnologicheskii institut, 2016:7–18. (In Russ.)
8. Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika = Probability theory and mathematical statistics*. Moscow: Vyssh. shk., 2019:305–314. (In Russ.)

### Информация об авторах / Information about the authors

#### Станислав Валерьевич Иванов

кандидат технических наук, доцент,  
старший преподаватель,  
Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С. М. Штеменко  
(Россия, г. Краснодар, ул. Красина, 4)  
E-mail: sta399@yandex.ru

#### Ольга Александровна Петрова

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С. М. Штеменко  
(Россия, г. Краснодар, ул. Красина, 4)  
E-mail: Odi16.na@gmail.com

#### Максим Русланович Запорожченко

курсант,  
Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С. М. Штеменко  
(Россия, г. Краснодар, ул. Красина, 4)  
E-mail: luigamarina@hotmail.com

#### Даниэль Расулович Карипов

курсант,  
Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С. М. Штеменко  
(Россия, г. Краснодар, ул. Красина, 4)  
E-mail: karipovdaniel@yandex.ru

#### Stanislav V. Ivanov

Candidate of technical sciences,  
associate professor, senior lecturer,  
Krasnodar Higher Military School  
named after Army General S. M. Shtemenko  
(4 Krasina street, Krasnodar, Russia)

#### Olga A. Petrova

Candidate of technical sciences, associate professor,  
Krasnodar Higher Military School  
named after Army General S. M. Shtemenko  
(4 Krasina street, Krasnodar, Russia)

#### Maksim R. Zaporozhchenko

Cadet,  
Krasnodar Higher Military School  
named after Army General S. M. Shtemenko  
(4 Krasina street, Krasnodar, Russia)

#### Daniel' R. Karipov

Cadet,  
Krasnodar Higher Military School  
named after Army General S. M. Shtemenko  
(4 Krasina street, Krasnodar, Russia)

**Михаил Андреевич Ковешников**

курсант,

Краснодарское высшее военное училище

имени генерала армии С. М. Штеменко

(Россия, г. Краснодар, ул. Красина, 4)

E-mail: Koveshnikov.mihail@yandex.ru

**Mikhail A. Koveshnikov**

Cadet,

Krasnodar Higher Military School

named after Army General S. M. Shtemenko

(4 Krasina street, Krasnodar, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию/Received 09.09.2021**

**Поступила после рецензирования/Revised 15.10.2021**

**Принята к публикации/Accepted 16.11.2021**