

Прогнозирование рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение беспилотных авиационных систем

А.А. Русина

Балтийский государственный технический университет

«ВОЕНМЕХ им. Д.Ф. Устинова»

Аннотация: В статье рассматриваются варианты визуального программирования средств информационного обеспечения программно-информационных комплексов подготовки операторов беспилотных авиационных систем (БАС). Выявлены основные критериальные показатели для системного упорядочивания совокупности компонент повторного использования программного кода. Приведен пример варианта беспилотного носителя полезной нагрузки в различных репрезентативных формах визуализации. Показано сравнение трудоемкости разработки указанных программно-информационных реализаций по одному и тому же объекту беспилотной авиаробототехники с их нормативной оценкой трудоемкости. Рассматриваются варианты контент-наполнения при освоении одной и той же материальной части рассматриваемых аппаратов для различных аспектов подготовки специалистов по управлению и эксплуатации БАС. Показан принцип систематизации компонент посредством упорядочивания сложности представления и программной реализации.

Ключевые слова: прогнозирование рисков, информационное обеспечение, подготовка операторов беспилотных авиационных систем, оценка трудоемкости.

Введение

Сверхинтенсивный рост применения беспилотных авиационных систем (БАС), вызвавший взрывной характер потребности в квалифицированных кадрах в областях непосредственного управления и технического обслуживания этих аппаратов, объективно подтолкнул массовую разработку самых различных программных компонент, промежуточно-технических баз данных, подключаемых функций и процедур, используемых для быстрого синтеза средств информационного обеспечения (ИО) соответствующих мероприятий подготовки операторов [1].

Острота вышеуказанной потребности определила факт одновременного появления различных стандартов, форматов и протоколов, системных решений по интеграции данных и формализации данных в составе программно-информационных комплексов подготовки операторов [2,3].

Очевидно, что указанные совокупности программных компонент, после их полноценного внедрения в ИО подготовки операторов БАС, в том числе, всего цикла верификации, валидации и испытаний, представляют собой базы отлаженных компонент программного (исходного и исполняемого) кода, который может быть повторно использован при разработке новых средств указанного информационного обеспечения.

Обоснование критериальных показателей

Результаты анализа задела ряда научно-исследовательских лабораторий и внедренческих центров - разработчиков в части создания и накопления различных компонент повторного использования программного кода позволили выявить следующие основные критериальные показатели для системного упорядочивания всей совокупности указанных компонент по:

- видам представления и демонстрации контента об осваиваемой предметной области, т.е. по видам представляемого контента;
- типам программных и программно-информационных решений, технологий исполнения и интеграции в более сложные программные системы, т.е. по программным технологиям реализации;
- тематическим направлениям подготовки, освоения соответствующих предметных областей устройства, применения и эксплуатации БАС, т.е. по предметным областям [3].

Указанное системное упорядочивание с математической точки зрения сводится к установлению отношений частичного порядка Q на множестве X рассматриваемых компонент [3]. Применительно к каждому из обозначенных показателей установление отношений частичного порядка Q есть задание бинарных отношений, обладающих свойствами:

- Рефлексивности:

$$\forall x \in X: xQx ; \quad (1)$$

- Антисимметричности:

$$\forall x_1, x_2 \in X: \text{если } x_1Qx_2 \text{ и } x_2Qx_1, \text{ то } x_1 = x_2 ; \quad (2)$$

-Транзитивности:

$$\forall x_1, x_2, x_3 \in X: \text{если } x_1Qx_2 \text{ и } x_2Qx_3, \text{ то } x_1Qx_3 ; \quad (3)$$

В свою очередь, учет факта невозможности логического пересечения подмножеств множества рассматриваемых логических компонент позволяет говорить о задании строгих отношений частичного порядка [4], т.е. бинарных отношений, для которых не выполняется свойство рефлексивности (1), но выполняются свойства антисимметричности (2) и транзитивности (3).

На практике задание указанных строгих отношений частичного порядка на множестве рассматриваемых компонент сводится к заданию некоторой «меры» для каждого из указанных показателей и градуированию этих показателей с учётом такой меры.

Существо логического градуирования каждого из указанных выше критериальных показателей необходимо обосновать отдельно. В частности, градуирование, иными словами, определение некоторого шага для установления отношений порядка, по видам представляемого контента исходит из того, что один и тот же объект из предметной области объекта в процессе его освоения, получения знаний о его устройстве и особенностях применения, обслуживания может требовать самых различных репрезентативных форм визуализации и наглядности, точности представления и глубины детализации.

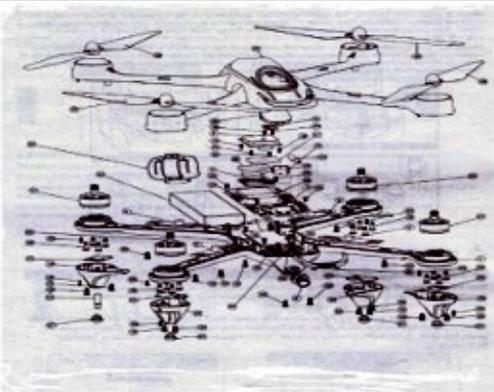
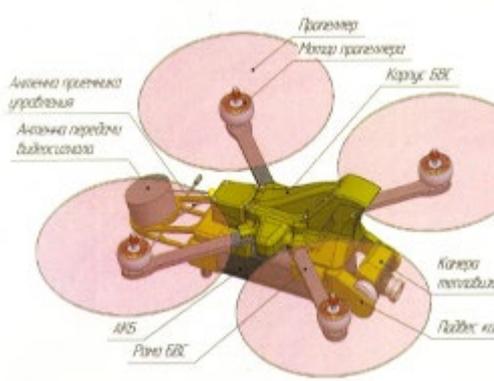
Примеры форм визуализации

Наглядный поясняющий пример представлен в табл. 1, где представлен один и тот же конкретизированный вариант беспилотного носителя полезной нагрузки (например, аэрогеофизической приборной продукции) в различных репрезентативных формах визуализации.

Таблица №1.

Пример установления градаций по видам представляемого контента предметной области

№	Объект предметной области носителя АПП в различных формах представления контента	Наименование форм представления	Норм. Трудности (чел/час)
	2	3	4
1.		1.1. Текстовое описание;	0,5 за авт.л.
		1.2. Простой рисунок общего вида, схема.	1-2
2.		2.1. Высокоточная фотография в различных ракурсах;	1-2
		2.2. Видеоряд по последовательной демонстрации ракурсов и манипуляций с объектом;	2-3
		2.3. Видеоряд с озвучиванием по последовательной демонстрации манипуляций с объектом;	5-7

	2	3	4
3.		3.1. Высокоточный чертеж с детализацией (статичное изображение);	30-40
		3.2. Высокоточный чертеж с детализацией, связанной со спецификацией изделия;	45-50
		3.3. Высокоточный чертеж с последовательной детализацией, раскрывающей последовательность сборки, устройства и функционирования изделия	75-85
4.		4.1. Калоризированное изометрическое изображение чертежной точности, с гипертекстовыми пояснениями;	120-150
		4.2. Анимированное высокоточное изображение с возможностью интерактивного взаимодействия при отображении	200-240

При этом каждая из указанных репрезентативных форм систематизирована в порядке возрастания трудоемкости (соответственно, стоимости исполнения) их практической реализации. Очевидно, что простое графически-сканированное изображение обобщенного, двумерного вида того или иного конкретного прибора из состава АПП для беспилотного

авиационного комплекса по трудоемкости своей реализации в составе средств ИО подготовки соответствующих операторов значительно проще, экономичнее, чем изображение изометрического вида того же прибора, снабженное совокупностью гипертекстовых ссылок, адресующих к текстовым массивам технического описания. Пример сравнения трудоемкости разработки указанных программно-информационных реализаций по одному и тому же объекту беспилотной авиаробототехники с их нормативной оценкой трудоемкости, согласно методикам типа КАЕЛОС из [5], показан на рис. 1, что наглядно демонстрирует основание для выбора меры для градуирования по видам представляемого контента.

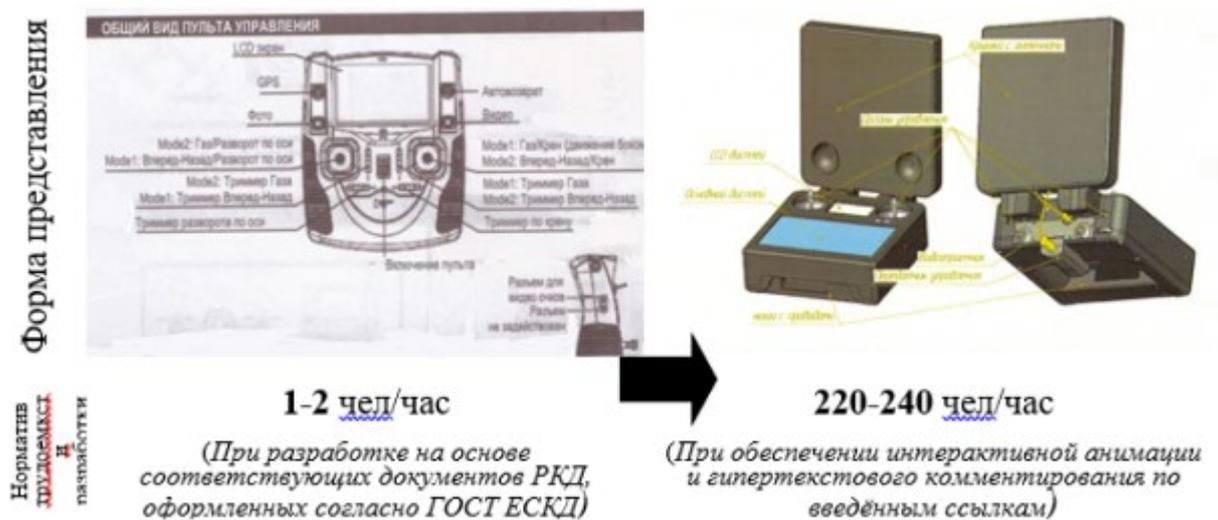


Рис. 1. - Пример сравнения трудоемкости разработки различных программно-информационных реализаций однотипного предметного контента

Градуирование в рамках исследования потребовалось и по такому показателю, как типы программных и программно-информационных решений, технологий исполнения и интеграции в более сложные программные системы, т.е. по программным технологиям реализации.

Основанием такого градуирования выступили качественные возможности соответствующих базовых технологий т.н. «визуального» программирования, которое в своей основе широко опирается на применение баз компонент повторно используемого программного кода (возобновляемого кода) и нашло самое широкое применение при быстрой и технологичной разработке средств ИО подготовки операторов БАС, оснащенных АПП.

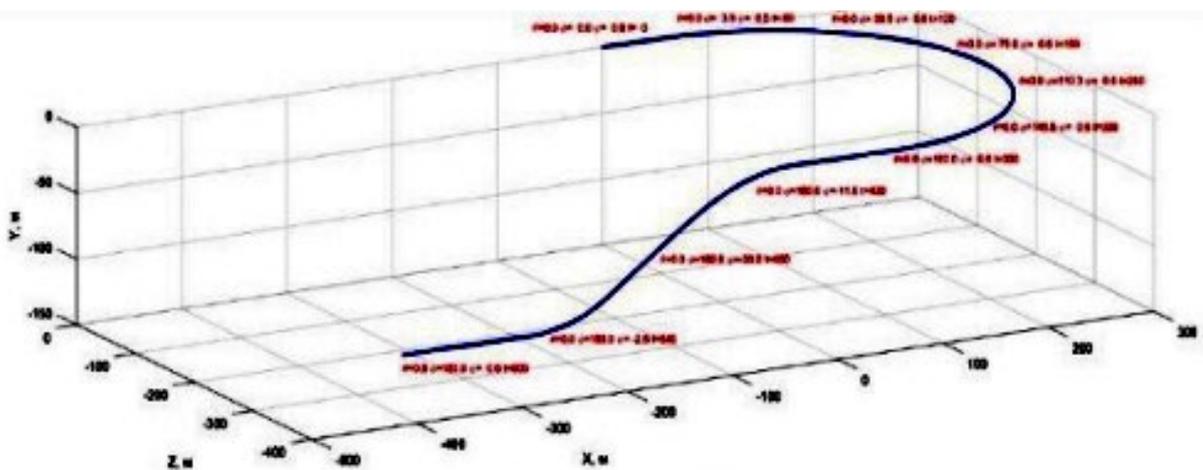
Именно сущностные возможности программных и программно-информационных решений, технологий исполнения средств ИО подготовки операторов БАС определяют качество и оперативность проектов по созданию последних (а, соответственно, и их стоимость и практическую эффективность при подготовке операторов). Для градуирования по данному показателю более детально можно обосновать на поясняющем примере имитации в средствах подготовки операторов БАС сложных траекторий полёта указанных летательных аппаратов. На рис. 2 и 3 показаны траектория захода и глиссада посадки БАС, которую необходимо моделировать по управляющим воздействиям подготавливаемого оператора с учетом аэродинамических характеристик фактического аппарата [5].

Из приведенных ниже графиков видно, что для адекватного моделирования полета БАС по траектории определяемой управлением подготавливаемого оператора программный комплекс моделирования полета должен по отдельным функциональным зависимостям (т.е. с использованием различных программных процедур-компонент) осуществлять учёт и расчет 8 пространственных, угловых и 4 скоростных параметров полёта [5, 6].

Очевидно, что реализовывать такие комплексы моделирования значительно проще и быстрее с использованием уже отлаженных, верифицированных и валидированных компонент программного кода, ранее применявшихся в аналогичных комплексах [4].

Указанные компоненты повторно используемого программного кода позволяют, в конечном итоге, реализовать принцип т.н. «быстрой крупноблочной» разработки программных систем, широко применяемых в парадигме визуального программирования.

а)



б)

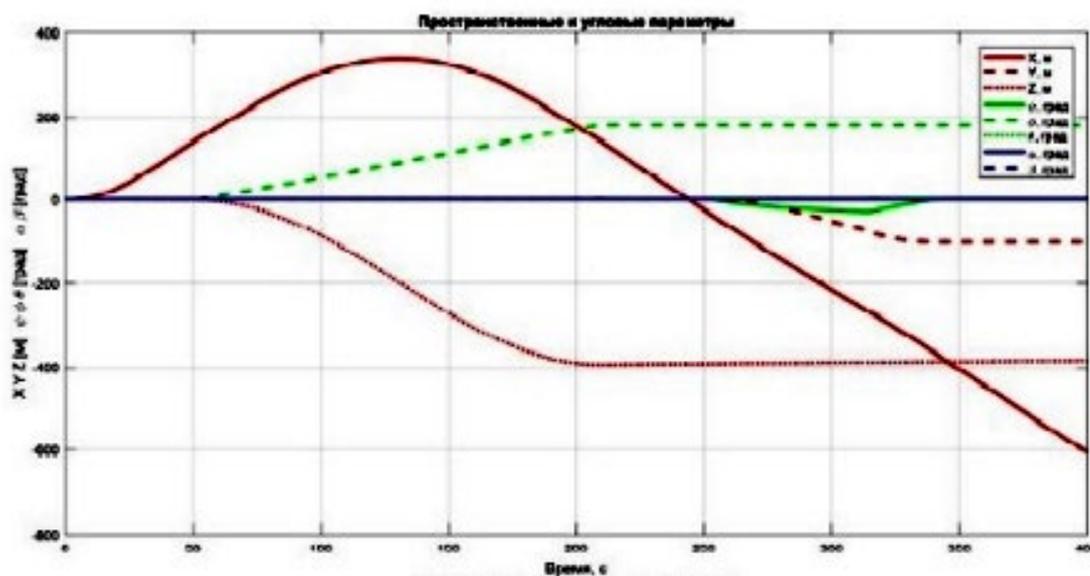


Рис. 2. - Соответствие траектории БАС совокупности составляющих её параметров моделирования: а) вид участка траектории; б) графики пространственных и угловых параметров.

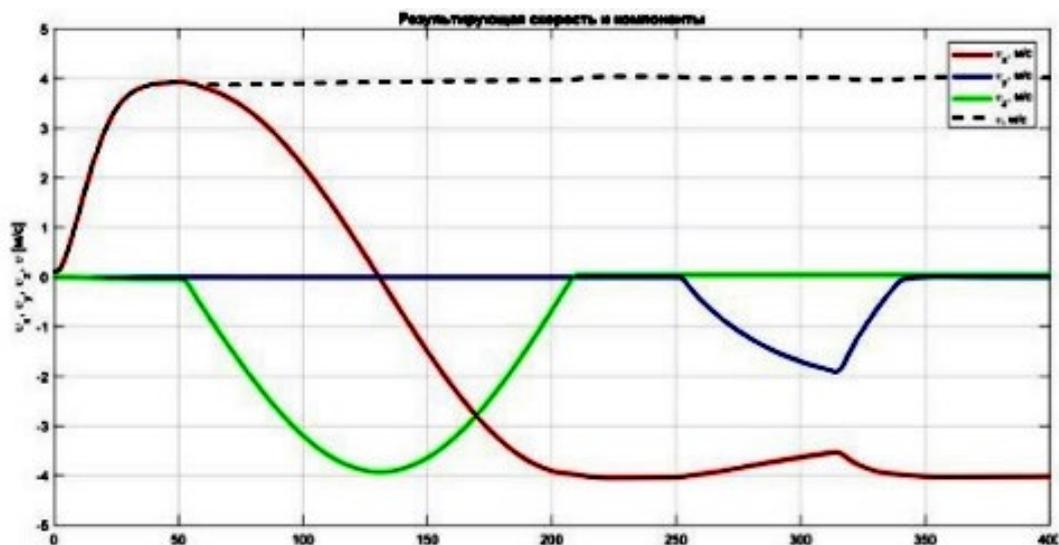


Рис. 3. - Соответствие траектории БАС совокупности составляющих её параметров моделирования: графики скоростных параметров

При этом под визуальным программированием понимается такой способ создания компьютерной программы, который представляет собой её синтез путем манипулирования графическими объектами в специализированной среде разработки, вместо написания её текста [7].

На базе специальных программных платформ для визуального программирования разработчик фактически «составляет, строит из готовых компонент» архитектуру создаваемого приложения, при этом он использует графические схемы для фиксации того, что будет происходить с данными на каждом шаге функционирования; далее программная платформа преобразует «сформированный графический образ» в готовый проект. Возможности визуального программирования определяются функционалом соответствующих программных платформ и не являются универсальными [8].

Отечественными примерами специальных программных платформ для визуального программирования средств ИО подготовки различных категорий

специалистов могут служить программные продукты «Медиатор» - разработчик АО «Центрпрограммсистем» (г. Тверь); «Сиаматика» - разработчик АО «Си-проект» (г. Санкт-Петербург) и другие [9].

Различные аспекты подготовки специалистов по управлению и эксплуатации БАС требуют различного контент-наполнения при освоении одной и той же материальной части рассматриваемых аппаратов. Существование этого различия проиллюстрировано на примере элемента контента: «Блок натяжения строп катапульты БАС» применительно к различным тематическим направлениям его изучения: «Устройство (Необходимо представить состав элементов и структуру из компоновки в блоке)» и «Эксплуатация (Необходимо представить вариант правильного крепления блока на катапульте)», на рис. 4.

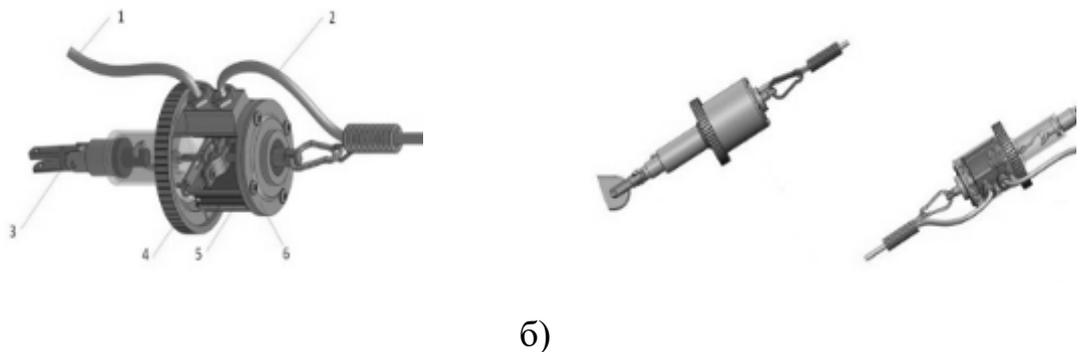


Рис. 4. - Пример в представлении единого контента по различным тематическим направлениям: а – «Устройство»; б – «Эксплуатация, применение»

Все множество компонент повторно применяемого кода, которые разрабатываются (в т.ч. отлаживаются и верифицируются) в интересах создания средств ИО подготовки операторов БАС с АПП, и могут выступить мощным средством локализации и практического снижения рисков интеграции электронного контента в состав указанных средств, не упорядочено и развивается не системно.

Эмпирический характер формирования указанного множества компонент повторно применяемого кода не в полной мере обеспечивает быстрый поиск нужных элементов для вновь создаваемых средств ИО подготовки операторов БАС и технологичность интеграции таких компонент в новый программный код.

При соблюдении общетехнологических основ объектно-ориентированной разработки исследуемых средств современную картину накопления и использования баз компонент повторно применяемого кода (визуальных программных компонент) в интересах локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение систем подготовки операторов БАС представим в виде схемы, приведенной на рис. 5 [10].

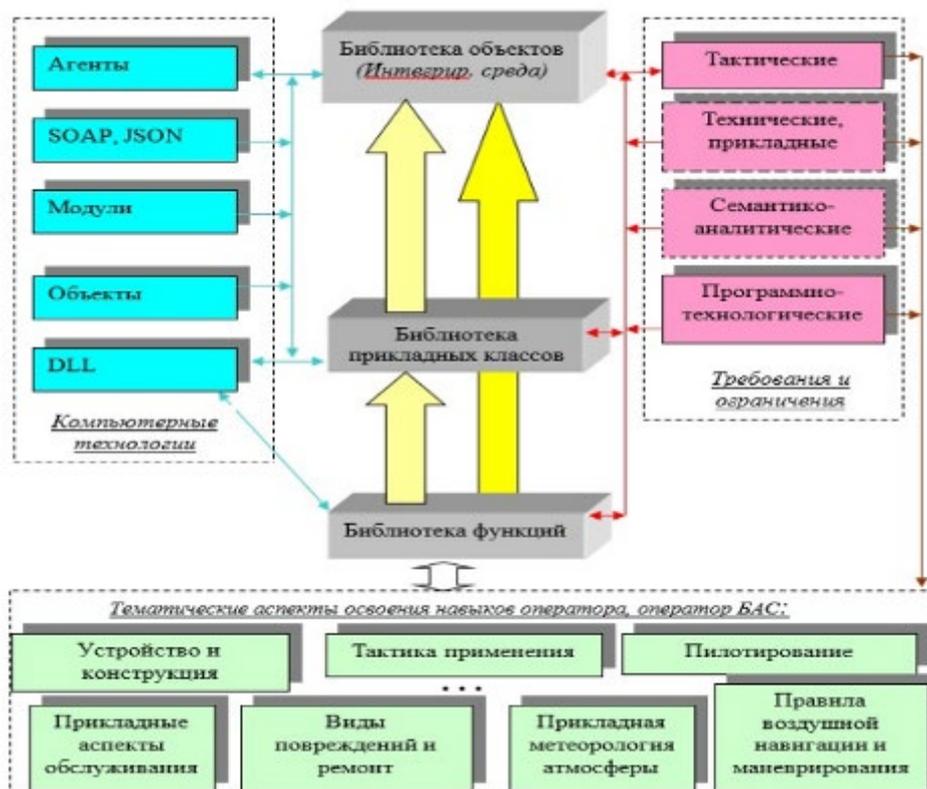


Рис. 5. Схема текущего формирования баз визуальных компонент

Выводы

Упорядочивание, т.е. введение в рамках имеемых и создаваемых баз визуальных программных компонент отношения порядка, согласно (1) – (3), позволит добиться поступательной систематизации указанных компонент по принципу: «от простого к сложному», что даст возможность значительно упростить и интенсифицировать применение указанных компонент для локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение систем подготовки операторов БАС.

Литература

1. Коротков В.В., Глинский Н.А., Кирсанов В.Н. и др. Съёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов - новый этап развития отечественной аэрогеофизики. Российский геофизический журнал. 2021, № 53-54, С. 122-125.
2. Костюк А.С. Расчет параметров и оценка качества аэрофотосъемки с БПЛА. Западно-Сибирский филиал «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ, Омск, 2010, 6 с.
3. Лукьянов О.Е., Золотов Д.В. Методологическое обеспечение подготовки проектантов и операторов беспилотных летательных аппаратов. – Самара, Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение, Т.20, №2, 2022. – С. 14-29.
4. Бычков С.Г., Симонов А.А. Эволюция программно-алгоритмического обеспечения обработки и интерпретации гравиметрических материалов // Горное эхо. Вестник Горного института. №2(28). Пермь, 2007. С. 38-42.
5. Асламов Ю.В., Бабаянц П.С., Глинский Н.А., Зубов Е.И., Мельников П.В., Методические рекомендации по проведению комплексных

- аэрогеофизических съёмок // Картографическая фабрика ФГБУ ВСЕГЕИ, СПб. 2021. 42 с.
6. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++: Издание третье. – М., Издательство BHV, 2008г. – 628 с., ил.
 7. Goodfellow I., Bengia Y., Courville A. Deep Learning. London; Cambridge: MIT Press, 2016. 787 p.
 8. Козлов В.Д. Визуально-блочное программирование, как основа изучения языков программирования. Изд. Института РОПКиП. 2024. С. 2.
 9. Фомкина Е.С. Кукарцев В.В. Виртуальный язык программирования Google Blockly. Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2013, № 9, 439 с.
 10. Seamatica. Программный комплекс для разработки ИЭТР и другой интерактивной электронной документации. URL: seamatica.seaproject.ru/.
 11. Boureau Y.-L., PonceJ.y LeCun Y. A Theoretical Analysis of Feature Pooling in Visual Recognition // Proc. 27th ICML, Omnipress, 2010. - pp. 111-118.

References

1. Korotkov V.V., Glinskij N.A., Kirsanov V.N. i dr. Rossijskij geofizicheskij zhurnal. 2021, № 53-54, pp. 122-125.
 2. Kostpok A.S. Raschet parametrov i ocenka kachestva aerofotos"emki s BPLA [Calculation of parameters and estimation of aerial photography made from UAV]. Zapadno-Sibirskij filial «Goszemkadastrs"emka» VISHAGI, Omsk, 2010, 6 p.
-

3. Luk'yanov O.E., Zolotov D.V. Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie, T.20, №2, 2022. pp.14-29.
4. Bychkov S.G., Simonov A.A. Gornoe ekho. Vestnik Gornogo instituta. №2 (28). Perm', 2007. pp. 38-42.
5. Aslamov Yu.V., Babayanc P.S., Glinskij N.A., Zubov E.I., Mel'nikov P.V., Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu kompleksnyh aerogeofizicheskikh s"yomok [Methodological recommendations for carrying out of complex aerogeophysical photography]. Kartograficheskaya fabrika FGBU VSEGEI, SPb. 2021. 42 p.
6. Buch G. Ob"ektno-orientirovannyj analiz i proektirovanie s primerami prilozhenij na S++: Izdanie tret'e. [Object-Oriented Analysis and Design with Example Applications C++: Third Edition]. M., Izdatel'stvo VNV, 2008. 628 p., il.
7. Goodfellow I., Bengia Y., Courville A. Deep Learning. London; Cambridge: MIT Press, 2016. 787 p.
8. Kozlov V.D. Vizual'no-blochnoe programmirovaniye, kak osnova izucheniya yazykov programmirovaniya [Visual-block programming as a basis for learning programming languages]. Izd. Instituta ROPKIP.2024. 2 p.
9. Fomkina E.S. Kukarcev V.V. Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki, 2013, № 9, 439 p.
10. Seamatica. Programmnyj kompleks dlya razrabotki PETR i drugoj interaktivnoj elektronnoj dokumentacii. [Seamatica. Program complex for development of IETR and other interactive electronic documentation]. URL: seamatica.seaproject.ru/.
11. Boureau Y.-L., Ponce J., LeCun Y. A. Proc. 27th ICML, Omnipress, 2010. pp. 111-118.

Дата поступления: 10.12.2024 Дата публикации: 13.01.25
