

УДК 629.735:004.942

doi: 10.15622/rcai.2025.064

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ
САМОЛЕТА**

Э.О. Адигвэ (*elpromzeegm@gmail.com*)

Н.М. Боргест (*mail@borgest.ru*)

Самарский национальный исследовательский университет
им. С.П. Королёва, Самара

Рассматривается применение искусственного интеллекта (ИИ) в области проектирования летательных аппаратов, а в частности, использование машинного обучения (МО) для создания концепции самолета на основе данных прежних проектов. В исследовании использована аналогия эволюции живой материи и артефакта, в частности на примере формирования начального концепта самолетов гражданского и военного назначения. Проведен анализ исследований в области автоматизированного проектирования и производства самолета с целью выявления тенденции в построении их концепт-проектов. Инструменты МО и ИИ рассматриваются в качестве помощника при проектировании летательных аппаратов, которые могут позволить ускорить процесс принятия проектных решений.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, летательный аппарат, эволюция, концепт-проект.

Введение

Ускоренная, за счет накопленных знаний о природе вещей, эволюция артефактов во многом схожа с относительно медленной эволюцией живой материи. Менее чем за полтора столетия авиационная отрасль подобно метаморфозе бабочки преобразовалась из достаточно простых на сегодняшний взгляд первых прототипов летательных аппаратов до современных воздушных судов. Основным принципом эволюции является принцип естественного отбора, предполагающий, что благоприятные черты помогают выжить и размножиться [Darwin, 1859].

В статье рассматривается развитие артефактов, в частности, пассажирских и военных самолетов – как результат прогресса транспортных средств, движимый насущной человеческой потребностью и теми добытыми знаниями, которые позволили ускорить эволюцию артефактов. В табл. 1 и 2 приведены фрагменты баз данных (БД) самолетов, которые использовались в работе [Засыпкин и др., 2011]. Общее количество реализованных проектов артефактов значительно меньше, чем это было и есть в арсенале природы. В данном исследовании оно составило не многим более 100 самолетов, созданных за 100 лет.

Таблица 1

Характеристики пассажирских самолетов (фрагмент базы данных)

Год и модель	Тип двигателя	Размах крыла, м	Макс. взлет. вес, кг	Скорость, км/ч	Материал	Кол-во пассажиров
1903 Флайер -1	Поршневой	12	340	14	Дерево	1
1929 К-4	Поршневой	16.8	2420	145	Метал, Дерево, полотно	3
1934 ХАИ-1	Поршневой	14.9	2600	258	Фанера	6
1946 Ил-12	Поршневой	31.7	17500	344	Метал	32
1971 Ту-144	Турбореактивный	28	195000	2200	Метал	150
2016 МС-21	Турбовентиляторный	35.9	85000	870	Метал, композит	211

Таблица 2

Характеристики истребителей (фрагмент базы данных)

Год и модель	Тип двигателя	Размах крыла, м	Макс. взлет. вес, кг	Скорость, км/ч	Материал
1914 С-16	Поршневой	8.8	676	125	Дерево и полотно
1926 И-1	Поршневой	10.8	1510	264	Дерево с фанерой
1936 И-14	Поршневой	11.3	1540	449	Метал
1940 Як-1	Поршневой	10	2884	592	Метал
1966 МиГ-25	Турбореактивный	14	34920	3000	Сталь, титан, дюра-люминиевый сплав
2008 МиГ-29К	Турбореактивный	12	17770	2300	Метал

Используемые в таблицах атрибуты и их значения косвенно характеризуют причину существенного изменения внешнего вида воздушных судов. Эволюция воздушных судов вызвана развитием технологий, а также внедрением новых идей и концепций в стремлении достичь совершенства.

1. Краткий обзор работ

ИИ находит применение в различных сферах, в том числе в решении инженерных задач, включая проектирование летательных аппаратов. Исследование использования больших языковых моделей (БЯМ) в автоматизации проектирования показало их перспективы [Pan et al, 2025].

ИИ может выступать как вспомогательный элемент в коллективных средах систем автоматизированного проектирования (САПР) [Hasby et al, 2024], которые фокусируются на детализации, но слабо поддерживают концептуальное проектирование. МО эффективно применяется для прогнозирования технического обслуживания, контроля качества и планирования производства [Manta-Costa et al, 2024]. Есть основание полагать, что применение МО может помочь в когнитивном, совместном, концептуальном проектировании [Goel et al, 2012]. Совмещение экспертных знаний и МО, в так называемый «гибридный интеллект», помогает провести анализ отказов в индустрии 4.0 [Mokhtarzadeh et al, 2024]. Автоматизированный контроль сборки на основе генерированных данных обеспечивает точность и экономию времени [Zhu et al, 2024], а генерация сценариев с помощью ИИ используется для стратегического планирования [Ferrer et al, 2025].

ИИ способствует повышению автономности и эффективности производственных систем, снижению затрат, что ускоряет переход к Индустрии 4.0 и далее к Индустрии 5.0 [Lin et al, 2024], [Gallab et al, 2024]. Различные подходы к проектированию, такие как технологический, социально-культурный и социально-экономический эволюционируют [Figoli et al, 2022], [Brand et al, 2011], при этом по-прежнему отмечается важная роль человека в проектировании [Rampino, 2018]. ИИ на разных этапах проектирования помогает с генерацией идей, расширением творческого спектра и устранением стереотипов путем предложения новых методов решения проблем [Figoli et al, 2022]. Практический результат перехода от текстового описания к физическому объекту был получен с использованием глубокого обучения (ГО) [Dosovitskiy et al, 2021]. ИИ способен сгенерировать желаемый прототип сложных объектов на основе текстовых описаний изображения с использованием модели генеративных состязательных сетей [Ramesh et al, 2021].

В авиационном производстве БЯМ продемонстрировали точность в технических задачах процесса проектирования, выборе материалов, поиске информации об инструментах, и при этом выявлены риски дезинформации [Liu et al, 2025].

Таким образом, ИИ и МО могут эффективно интегрироваться в работу инженеров-конструкторов, способствуя созданию инновационных и эффективных решений.

2. Искусственный интеллект и машинное обучение в проектировании летательных аппаратов

Анализ данных – это процесс сбора, изучения, и оценки информации с целью выявления закономерностей и ускорения принятия решений [Kinza, 2024]. Эффективность алгоритмов МО для выполнения специализированных задач возрастает с увеличением объема входных данных [Gerschütz et al, 2023]. МО, как и анализ, основанный на статистике, способно извлечь тренды из данных [L'Heureux et al, 2017]. ГО способно решить более сложные задачи, обрабатывая большое количество данных [Rafiei et al, 2023].

На основе оцифрованной БД изображений пассажирских самолетов, произведенных за последние сто лет, и с помощью нейросети GPT-4, сгенерированы прототипы концептов будущих моделей самолета. Для генерирования прототипов анализируются данные с целью извлечения признаков конструкции, далее анализируются эволюционные тренды и генерируются текстовые описания концептов, а затем создаются визуальные прототипы будущих самолетов (рис. 1 и 2).

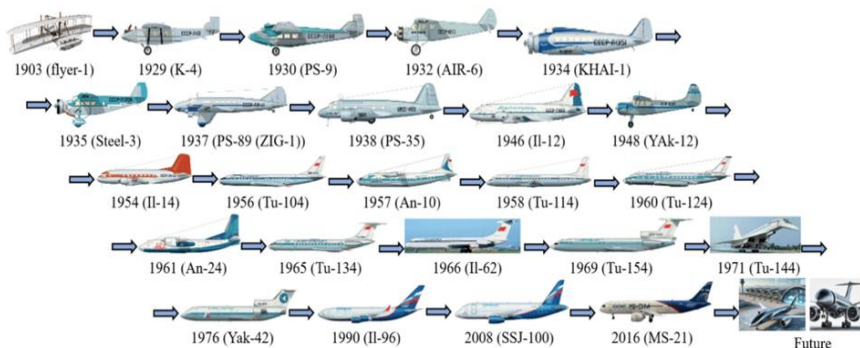


Рис. 1. Ретроспектива пассажирских самолетов и прототипы сгенерированных ИИ концептов

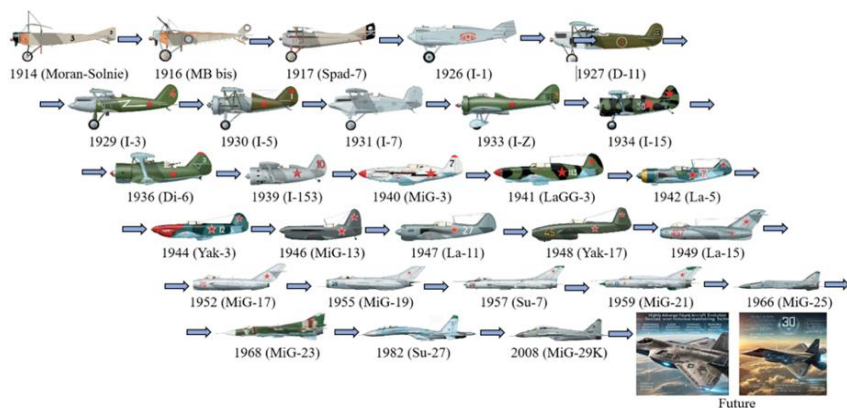


Рис. 2. Ретроспектива истребителей и прототипы сгенерированных ИИ концептов

Для сравнительного анализа, помимо изображений самолетов, было добавлено текстовое описание и информация о летно-технической характеристике каждой модели самолета, включенной в базу (см. фрагменты в табл. 1). На основании обновленной БД сгенерированы прототипы пассажирских самолетов (рис. 3). Эти результаты свидетельствуют о способности МО анализировать и извлекать данные с целью достижения желаемых результатов.

Улучшенные прототипы отличаются новыми инновациями при соблюдении аэродинамических требований. ИИ прогнозирует конструкции из композитных материалов, водородные двигатели и аэродинамическую форму в виде летающего крыла.



Рис. 3. Прототипы сгенерированных ИИ будущих концептов пассажирских самолетов

Аэродинамическая конфигурация и концепция самолета может быть выбрана с помощью так называемого «робота-проектанта» [Боргест и др., 2015], который помогает при обосновании выбора параметров самолета на этапе предварительного проектирования. Робот-проектант также используется в качестве инструмента для комплексного отслеживания процесса проектирования элементов самолета с выполнением расчетов и контролем принимаемых решений на всех этапах проектирования [Боргест и др., 2021].

Рассмотрены концепты интерьера будущего самолета на основе БД предыдущих проектов (рис. 4). Эти концепты представляют собой эргономичные кресла, панорамные и умные окна, интеллектуальные дисплеи и освещение. ИИ предсказывает возможность создания беспилотных пассажирских самолетов.



Рис. 4. Сгенерированные ИИ концепты интерьера салона и кабины пилотов пассажирских самолетов

В БД истребителей, помимо изображений, аналогично добавлено текстовое описание и информация, включающая типы и количество оружия. На основании этой дополненной БД, сгенерированы прототипы истребителей с адаптивными крыльями и покрытием с низкой радиолокационной заметностью. Это улучшает аэродинамику, повышает маневренность и топливную эффективность, снижает вероятность обнаружения радиолокационных систем. В конструкции предусмотрены автономные дроны и лазерное вооружение (рис. 5).



Рис. 5. Прототипы сгенерированных ИИ истребителей

Заключение

Сравнительный анализ изменений природных объектов и артефактов показал схожесть процессов эволюции как совершенствование функционала и адаптации к условиям среды. Использование МО для создания концептов летательных аппаратов на основе оцифрованных данных прошлого опыта позволяет рассмотреть новые идеи проектных решений. Интеграция ИИ и МО в проектирование авиационной техники может существенно изменить темпы развития в данной отрасли. Очевидно, что ИИ может быть использован лишь в качестве помощника с целью поиска новых идей. Результаты, полученные ИИ, требуют дополнительной верификации с помощью физических моделей, учитывающих аэродинамику, массу, прочность и другие параметры.

Список литературы

- [Боргест и др., 2015] Боргест Н.М., Власов С.А., Громов А.А., Коровина М.Д., Шустов Д.В. Робот-конструктор: на пути к реальности // Онтология проектирования. – 2015. – № 4(18). – С. 429-449. – doi: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-429-449.
- [Боргест и др., 2021] Боргест Н.М., Григорьев В.А., Кузьмичёв В.С. Искусственный интеллект в проектировании авиационной техники и роль школы профессора В.Г. Маслова в процессе его развития // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 171-190. – DOI: 10.18287/2541-7533-2021-20-3-171-190.
- [Засыпкин и др., 2011] Засыпкин Ю.В., Костырченко Г.В., Кузьмин Ю.В., Остапенко Ю.А., Симонов А.Д., Соболев Д.А. История российской авиационной промышленности. Серийное производство самолетов, 1910-2010 гг. / под общей ред. Д.А. Соболева. – М.: Российское авиационное общество (РУСАВИА), 2011. – 432 с.
- [Brand et al, 2011] Brand R., & Rocchi S. Rethinking value in a changing landscape and business transformation. In Philips Design. – 2011.
- [Darwin, 1859] Charles Darwin, On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life, London, 1859.

- [**Dosovitskiy et al, 2021**] Dosovitskiy A., Springenberg J.T., Tatarchenko M., & Brox T. Learning to Generate Chairs, Tables and Cars with Convolutional Networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2017. – 39(4). – P. 692-705.
- [**Ferrer et al, 2025**] Ferrer i Picó J., Catta-Preta M., Trejo Omeñaca A., Vidal M., Monguet i Fierro J.M. The Time Machine: Future Scenario Generation Through Generative AI Tools // Future Internet. – 2025. – 17, 48.
- [**Figoli et al, 2022**] Fabio Antonio Figoli, Francesca Mattioli, Lucia Rampino. Artificial intelligence in the design process // The Impact on Creativity and Team Collaboration. Serie di architettura e design FrancoAngeli. – 2022.
- [**Gallab et al, 2024**] Gallab M., Di Nardo M. & Naciri L. Navigating contemporary challenges and future prospects industry evolution // Discover Applied Sciences. – 2024. – 6, 259. – doi.org/10.1007/s42452-024-05913-2.
- [**Gerschütz et al, 2023**] Gerschütz B., Goetz S., Wartzack S. AI4PD—Towards a Standardized Interconnection of Artificial Intelligence Methods with Product Development Processes // Applied Science. – 2023. – 13. – doi.org/10.3390/app13053002.
- [**Goel et al, 2012**] Goel A.K., Vattam S., Wiltgen B., Helms M. Cognitive, collaborative, conceptual and creative—Four characteristics of the next generation of knowledge-based CAD systems: A study in biologically inspired design // Computer Aided Design. – 2012. – 44. – P. 879-900.
- [**Hasby et al, 2024**] Fariz Muharram Hasby, Dradjad Irianto, Lucia Diawati. Novel Computer-Aided Design-Based Collaboration Framework for the Conceptual–Embodiment Design Phase // Designs. – 2024. – 8, 107.
- [**Howell, 1965**] Francis Clark Howell. Early man. Time-life books. – New York, 1965.
- [**Kinza, 2024**] Kinza Y. Data Analytics (DA). – 2024, [online]. Available: <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/data-analytics>.
- [**Lin et al, 2024**] Lin C.-T. and Lu H.-J. An Intelligent Product-Driven Manufacturing System Using Data Distribution Service // in IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 16447-16461. – doi: 10.1109/ACCESS.2024.3359228.
- [**Liu et al, 2025**] Beiming Liu, Zhizhuo Cui, Siteng Hu, Xiaohua Li, Haifeng Lin, Zhengxin Zhang. LLM Evaluation Based on Aerospace Manufacturing Expertise: Automated Generation and Multi-Model Question Answering // arXiv. – 2025. – doi.org/10.48550/arXiv.2501.17183.
- [**L'Heureux et al, 2017**] L'Heureux A., Grolinger K., Elyamany H.F. and Capretz M.A.M. Machine Learning with Big Data: Challenges and Approaches // in IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 7776-7797. – doi: 10.1109/ACCESS.2017.2696365.
- [**Manta-Costa et al, 2024**] Manta-Costa A., Araújo S.O., Peres R.S. and Barata J. Machine Learning Applications in Manufacturing—Challenges, Trends, and Future Directions // in IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society. – 2024. – Vol. 5. – P. 1085-1103. – doi: 10.1109/OJIES.2024.3431240.
- [**Mokhtarzadeh et al, 2024**] Mokhtarzadeh M., Rodríguez-Echeverría J., Semanjski I., Gautama S. Hybrid intelligence failure analysis for industry 4.0: a literature review and future prospective // Journal of intelligent manufacturing. – 2024. – doi: 10.1007/s10845-024-02376-5.

- [Pan et al, 2025] Jingyu Pan, Guanglei Zhou, Chen-Chia Chang, Isaac Jacobson, Jiang Hu, and Yiran Chen. A Survey of Research in Large Language Models for Electronic Design Automation. – 2025. – <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.09655>.
- [Rafiei et al, 2023] Rafiei M., Raitoharju J. and Iosifidis A. Computer Vision on X-Ray Data in Industrial Production and Security Applications: A Comprehensive Survey // in IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – P. 2445-2477. – doi: 10.1109/ACCESS.2023.3234187.
- [Ramesh et al, 2021] Ramesh A., Pavlov M., Goh G., & Gray S. DALL·E: Creating Images from Text. – <https://openai.com/blog/dall-e/>. 2021.
- [Rampino, 2018] Rampino L. Evolving Perspectives in Product Design: From Mass Production to Social Awareness. – FrancoAngeli, 2018.
- [Zhu et al, 2024] Zhu X., Mårtensson P., Hanson L. et al. Automated assembly quality inspection by deep learning with 2D and 3D synthetic CAD data // Journal of intelligent manufacturing. – 2024. – doi.org/10.1007/s10845-024-02375-6.