

МРНТИ 73.37.11

[https://doi.org 10.53364/24138614\\_2023\\_31\\_4\\_28](https://doi.org/10.53364/24138614_2023_31_4_28)<sup>1</sup>Е.В. Пешко \*, <sup>1</sup>М.А.Кондрякова

<sup>1</sup>«Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,  
г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [zstels@rambler.ru](mailto:zstels@rambler.ru)

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Аннотация.* Целью представленного в статье исследования является выявление методов и алгоритмов машинного обучения, способных повысить безопасность, эффективность и экономичность воздушного движения.

Статья содержит результаты обзора информационных и научно-технических материалов о современных технологиях машинного обучения, разрабатываемых и применяемых в автоматизированных системах организации воздушного движения.

**Ключевые слова:** машинное обучение, нейронные сети, АС ОрВД, кластеризация, искусственный интеллект.

*Введение.* XX век, благодаря охвату всеобщим образованием широких кругов населения и привлечения их интеллектуального потенциала к творчеству в области науки и техники, стал веком невиданных ранее темпов научно-технического прогресса. Новые, прорывные технологии появлялись практически во всех областях человеческой деятельности, повышая безопасность и производительность труда, улучшая условия труда работников и делая жизнь миллионов людей на Земле комфортнее, безопаснее и интереснее, открывая новые горизонты для развития человечества.

Это положение справедливо и для развития авиации. Менее чем за 100 лет, с момента первого полёта братьев Райт на своем одноместном деревянном самолете, авиация прошла огромный путь в развитии технологий, материалов и систем управления, что позволяет современным лайнерам перевозить сотни пассажиров и сотни тонн грузов на тысячи километров с огромными скоростями.

Параллельно с развитием непосредственно самих воздушных судов (ВС) и усложнением воздушного движения (ВД) шло формирование и развитие систем управления воздушным движением (УВД), систем организации воздушного движения (ОрВД). Причем системы УВД (ОрВД) впитывали в себя лучшие разработки из смежных отраслей. Первые системы УВД представляли собой

системы костров, расположенных вдоль взлетно-посадочной полосы (ВПП) и людей с флажками. Появление и развитие технологии передачи электричества на расстояние по проводам позволило заменить костры прожекторами. С появлением радиосвязи стало возможным управлять ВД на большем удалении от диспетчера. Появление технологий радиолокации позволило диспетчеру видеть ВС за пределами видимости биноклей и в плохую погоду. Появление вычислительной техники и первых систем автоматизации на её основе открыло новую страницу в УВД (OpВД), сняв с диспетчера ряд функций и рутинных операций. Дальнейшее развитие технологий и алгоритмов, объединение отдельных средств автоматизации в некие совокупности привело к появлению комплексов (КСА УВД) и систем (АС УВД и АС OpВД), помогающих диспетчеру принимать решения в сложных ситуациях. В основе первых систем Поддержки принятия решений лежали формализованные алгоритмы, просчитывавшие поведение ВС в воздушном пространстве (ВП) и выдававшие сообщения и рекомендации диспетчеру по УВД. Со временем, эти алгоритмы становились всё более интеллектуальными, но ввиду огромного разнообразия факторов давления среды и многообразия всевозможных ситуаций и сценариев, слабо поддающихся формализации, применение таких систем, в настоящее время, ограничено. Хотя люди, стоявшие в истоках автоматизации УВД, уже 1980-х года были уверены, что к рубежу тысячелетия, автоматизированные системы эволюционируют до автоматических.

Появление и развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ, AI) и методов машинного обучения (ML) открывает новые горизонты для решения задач в области OpВД. Но, как и любой инструмент, данные технологии могут быть использованы как во благо, так и во вред, либо по незнанию и неумению, либо по злонаравии их владельца. Поэтому огромная ответственность лежит на научных работниках, на разработчиках АС OpВД, а также их учителях и наставниках, внедряющих эти технологии в нашу жизнь.

## **1. Машинное обучение**

Термин искусственный интеллект (ИИ) описывает способность машины выполнять операции, которые обычно требуют человеческого интеллекта, такие как распознавание речи, понимание естественного языка и принятие решений. Компьютер может взаимодействовать с окружающей средой, выносить суждения и выполнять сложные задачи с помощью искусственного интеллекта. Ветвь искусственного интеллекта, известная как «машинное обучение», использует алгоритмы, которые дают компьютеру возможность учиться на данных и со временем совершенствоваться. Его можно запрограммировать для выполнения определенных задач, таких как захват, идентификация объектов, планирование пути и т.д.

Машинное обучение обладает обширным перечнем методов, позволяющим решать многие слабо-формализованные задачи в системах поддержки принятия решения [1]. Основные методы машинного обучения представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Методы машинного обучения**

Виды	Задачи	Методы и алгоритмы	
С учителем	Классификация	<ul style="list-style-type: none"> <li>- с применением искусственных нейронных сетей</li> <li>- главных компонент</li> <li>- опорных векторов</li> <li>- деревья решений</li> <li>- случайный лес</li> <li>- логистическая регрессия</li> <li>- линейная регрессия</li> <li>- ближайших соседей</li> <li>- кросс-валидация</li> <li>- ансамбли алгоритмов</li> </ul>	
	Регрессия		
Без учителя	Кластеризация		
	Ассоциация		
	Обобщение (уменьшение размерности)		
	Анализ отклонений		
	Последовательные шаблоны		
Обучение с подкреплением			
Глубокое обучение			Свёрточные нейронные сети

Применение методов автоматизации машинного обучения [2] позволяет оптимизировать подбор моделей обучения и оценить результаты обучения.

## 2. Методы машинного обучения в АС ОрВД.

АС ОрВД являются сложными информационно-управляющими системами сетевого типа, которые строятся по принципам открытых систем. Информационное обеспечение этих систем представлено огромным количеством разнородных потоков данных, от различных по своей природе источников. АС ОрВД состоят из функционально-специализированных подсистем (таблица 2), каждая из которых вносит свой вклад в общее дело автоматизации процессов ОрВД и повышения безопасности, эффективности и экономичности полетов [3]. Более широкое применение методов машинного обучения в АС ОрВД может поспособствовать улучшению качества выполнения возложенных на данные системы функций.

**Таблица 2. Применение методов машинного обучения в подсистемах АС ОрВД**

№	Название подсистемы АС ОрВД	Название комплекса	Задачи для методов машинного обучения

Обработки и отображения информации	КСА УВД	<ul style="list-style-type: none"> <li>- траекторная обработка</li> <li>- краткосрочное прогнозирование</li> <li>- формирование сообщений CPDLC, OLDI</li> <li>- оптимизация структуры ВП</li> <li>- динамическая секторизация</li> <li>- функции поддержки принятия решения</li> <li>- AMAN/DMAN</li> <li>- MTCD</li> <li>- оптимизация маршрутов полетов</li> <li>- оптимизация курса полета на основе обработки информации от бортовых датчиков, погоды, инф. о других ВС, инф. о пассажирах</li> <li>- самоадаптирующийся человеко-машинный интерфейс</li> <li>- автоматическое управление БВС</li> </ul>
Обработки плановой и аэронавигационной информации	КСА ПИВП	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стратегическое, предтактическое и тактическое планирование</li> <li>- прогнозирование траектории с учетом личности пилота</li> <li>- поиск и исправление ошибок в телеграммах</li> </ul>
Документирования РЛ, речевой и видео информации	КДВИ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- распознавание голоса для составления текстовых отчетов</li> <li>- интеллектуальная система управления записью на накопители информации (для продления срока службы SSD)</li> </ul>
Коммутации речевой связи	СКРС	<ul style="list-style-type: none"> <li>- контроль соблюдения правил фразеологии и технологии УВД</li> <li>- распознавание голоса</li> </ul>
Обеспечения метеорологической информацией		<ul style="list-style-type: none"> <li>- прогнозирование аэронавигационной метео-среды</li> </ul>
Связи и передачи данных	КСПИ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- верификация получаемой от удаленных источников информации</li> </ul>
Отображения справочной и	КОСИ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- интеллектуальный поиск информации в БД</li> </ul>

	вспомогательной информацией		- построение виртуальной модели систем ВС на основе информации от датчиков на борту ВС
	Диагностики, технического контроля и управления	СТКУ	- прогнозирование наиболее вероятного места отказа
	Защиты информации	СЗИ	- детектор атак (распознавание аномалий) - предиктивный мониторинг - защита от подмены значений цифровых данных и команд
	Обучения и тренировки	КДТ	- распознавание речи - модуль «электронный пилот» - система оценивания обучающихся - система формирования упражнений
	Видеонаблюдения	КСА УВН	- распознавание образов - технологии дополненной реальности при отображении - прогноз аварийных ситуаций на аэродроме

### **1. Подсистема обработки и отображения информации**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Обработка данных, полученных от различных датчиков и систем, АС ОрВД.

- Идентификация и классификация ВС.

- Анализ данных и прогнозирование параметров для обеспечения безопасности и эффективности воздушного движения.

- Визуализация воздушного пространства и отображение информации о воздушном движении в реальном времени.

Применение машинного обучения в траекторной обработке [4] позволяет повысить точность определения координат ВС за счет улучшенного обнаружения в РЛС [5], фильтрации треков и краткосрочного прогнозирования [6], распознавания ложных меток и валидации сообщений АЗН–В и МПСН [7], а также использования интеллектуальных средств оценки качества траекторной обработки в РЛС [8].

### **2. Подсистема обработки плановой и аэронавигационной информации**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Обработка и анализ планов полета, предоставленных операторами ВС.

- Расчет оптимальных маршрутов на основе планов полета и текущих условий воздушного пространства.

- Взаимодействие с другими системами управления воздушным движением.

- Обработка данных о планах полета и текущем состоянии воздушного движения для расчета точного времени прибытия и вылета ВС.

- Отслеживание полетных данных ВС в реальном времени.

Применение машинного обучения в долгосрочном планировании позволяет более точно предсказывать траектории движения ВС, на основе обработки больших объемов слабо формализованных данных. Так, например, изучение особенностей пилотирования ВС конкретным пилотом позволяет более точно предсказать траекторию полета самолета и спрогнозировать время выполнения им различных этапов полета [9].

### **3. Подсистема видеонаблюдения**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Обнаружение и отслеживание объектов в воздушном пространстве.

- Мониторинг воздушного пространства.

- Контроль за движением ВС по площади маневрирования аэродрома и предотвращение инцидентов и аварий.

- Контроль за соблюдением правил и норм воздушного движения.

Применение методов машинного обучения для распознавания образов позволит реализовать функции предупреждения о столкновении ВС с объектами на площади маневрирования аэродрома в КСА УВН и КСА УНД, а также реализовать некоторые функции дополненной реальности в системе [10].

### **4. Подсистема коммутации речевой связи**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Установление и поддержание связи между участниками воздушного движения.

- Маршрутизация и коммутация вызовов.

- Управление многоканальной связью.

- Кодирование и декодирование речи для передачи голосовой информации по сети.

- Обработка сигналов и устранение помех и шумов.

Применение методов машинного обучения для распознавания голоса позволят контролировать качество фразеологии у диспетчера как при занятиях на тренажере, так и в время непосредственного УВД в СКРС.

### **5. Подсистема обеспечения метеорологической информацией**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Сбор и анализ метеоданных из различных источников.

- Обработка метеоданных и дальнейшее прогнозирование погоды.

- Визуализация и отображение метеоинформации.

- Расчет и предоставление метеорологических условий на маршруте полета.

Хотя большинство АС ОрВД и получает метеоинформацию в готовом виде от метеослужб, предсказание метеообстановки, с использованием методов искусственного интеллекта внутри системы, могло бы повысить качество аэронавигационного обеспечения.

#### **6. Подсистема документирования РЛ, речевой и видео информации**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Запись радиолокационной информации, полученной от радаров или других систем.

- Запись речевой информации, передаваемой через средства связи АС ОрВД.

- Запись видеоинформации с видеокамер или других источников наблюдения АС ОрВД.

- Архивирование и сохранение записанной информации в доступной форме.

Управление записью на накопители с применением методов машинного обучения, при документировании информации в КДВИ, позволит продлить срок службы накопителей и более эффективно использовать память устройства [11]. Кроме того, сохраненные в подсистеме документирования разнородные данные – это кладезь для исследования и выявления закономерностей, с целью прогнозирования и планирования воздушного движения. В виду своей разнородности и больших объемов, обработка этих данных находится в компетенции интеллектуальных методов обработки BigData.

#### **7. Подсистема диагностики, технического контроля и управления**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Мониторинг состояния и работоспособности оборудования и компонентов АС ОрВД.

- Сбор, анализ и обработка информации об ошибках.

- Планирование операций и ресурсов в АС ОрВД и отчетность.

В управлении любой системой, в том числе и технической, огромную роль играет возможность спрогнозировать, предсказать её поведение на как можно более длительный срок. Предикция, на основе диагностических данных [12], в отношении отказов элементов системы позволит более качественно осуществлять техническое обслуживание АС ОрВД, сэкономит ресурсы и повысит безопасность функционирования системы ОрВД в целом.

#### **8. Подсистема обучения и тренировки**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Обучение персонала правилам и процедурам УВД, использованию системы и обработке информации.

- Практические тренировки и симуляции ситуаций.

- Оценка компетентности персонала и сертификация.

- Обновление материалов и учебных программ.

В данной подсистеме, элементы искусственного интеллекта и методы машинного обучения могли бы, отчасти заменить рутину Пилота-оператора, а

также более качественно формировать упражнения под конкретного обучаемого диспетчера.

### **9. Подсистема отображения справочной и вспомогательной информацией**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Обеспечивает доступ к справочным материалам
- Предупреждает об опасностях и выводит сообщения о неблагоприятных ситуациях.
- Визуализация данных, полученных от подсистем и датчиков.
- Предоставление карт для навигации и маршрутизации.

В данной подсистеме, элементы искусственного интеллекта могли бы, наподобие поисковых сервисов современных поисковиков (Yandex, Google и т.д.) формировать подсказки, а также, в совокупности с распознанными голосовыми командами диспетчера и складывающейся воздушной обстановкой предугадывать запросы диспетчера к системе.

### **10. Подсистема защиты информации**

Основными задачами этой подсистемы являются:

- Аутентификация пользователей и оборудования.
- Шифрование данных.
- Управление доступом для пользователей.
- Непрерывный мониторинг и анализ системы для предотвращения инцидентов.
- Архивация и восстановление данных.

В настоящее время, АСОрВД, все больше связывается с внешним миром общедоступными каналами связи, что открывает окно возможностей для злоумышленников разных мастей. Установка межсетевых экранов, антивирусного программного обеспечения и современных систем аутентификации сужает это окно до минимума. Тем не менее, в вопросах безопасности и защиты информации в АСОрВД, есть куда совершенствоваться. Методы машинного обучения применимы в идентификации атак, распознавании аномалий, предиктивном мониторинге [13].

*Заключение.* Применение искусственного интеллекта, машинного обучения и глубокого обучения в АСОрВД может изменить эту область, позволяя системам УВД стать более интеллектуальными, автономными и эффективными.

AI, ML и DL можно использовать для повышения точности систем АСОрВД, обеспечивая большую безопасность и эффективность.

В передовых роботизированных системах искусственный интеллект используется для создания роботов, которые могут воспринимать, рассуждать и действовать автономно в сложных средах. Машинное обучение используется для того, чтобы они могли учиться на своем опыте и со временем улучшать свою производительность. Глубокое обучение используется для решения конкретных задач, которые трудно решить с помощью традиционных методов машинного



обучения, такие как распознавание изображений и речи. Объединив эти технологии, можно создать передовые робототехнические системы для выполнения сложных задач в автоматизированных системах организации воздушного движения.

Е.В. Пешко, М.А. Кондрякова

### ӘУЕ ҚОЗҒАЛЫСЫН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

*Аңдатпа.* Мақалада келтірілген зерттеудің мақсаты-әуе қозғалысының қауіпсіздігін, тиімділігі мен тиімділігін арттыруға қабілетті Машиналық оқыту әдістері мен алгоритмдерін анықтау.

Мақалада әуе қозғалысын ұйымдастырудың автоматтандырылған жүйелерінде әзірленетін және қолданылатын машиналық оқытудың заманауи технологиялары туралы ақпараттық және ғылыми-техникалық материалдарға шолу нәтижелері қамтылған.

**Түйін сөздер:** машиналық оқыту, нейрондық желілер, ӘҚҰАЖ, кластерлеу, жасанды интеллект.

E.V. Peshko, M.A. Kondryakova

### APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS IN AUTOMATED AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS

*Abstract.* The purpose of the research presented in the article is to identify machine learning methods and algorithms that can improve the safety, efficiency and economy of air traffic.

The article contains the results of a review of information and scientific and technical materials on modern machine learning technologies developed and used in automated air traffic management systems.

**Key words:** machine learning, neural networks, ATM systems, clustering, artificial intelligence.

#### Список использованных источников.

1. Савенков П.А. Использование методов и алгоритмов машинного обучения в системах поддержки принятия управленческих решений // Вестник науки и образования. 2019. №1-2 (55) С. 213-217.
2. Баймуратов И.Р. Методы автоматизации машинного обучения // Учебное пособие / Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2020. — 40 с.
3. Ахмедов Р. М. и др. Автоматизированные системы управления воздушным движением: АС УВД: новые информационные технологии в

авиации: //Учеб. пособие /под ред. С. Г. Пятко, А. И. Красова. - СПб.: Политехника, 2004. – 445 с.

4. Земсков Ю. В., Кости Г. А., Пешко Е. В. Универсальный алгоритм прогнозирования в задаче сопровождения маневрирующего беспилотного воздушного судна // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2023г. - № 2 (39). С 112-120.

5. Журавлёв А. В. Возможность применения искусственного интеллекта при ведении радиолокационной разведки. // Военная мысль. 2021. №5. С.82-87.

6. Гуторов А. С., Кукин А. Е. Алгоритм оценки данных траектории цели с применением сглаживающего сплайна // Вестник науки и образования. 2018. №7 (43). С. 11-14.

7. Машошин А. О. Определение истинности сообщений системы автоматического зависимого наблюдения в условиях несанкционированного вмешательства на управление воздушным движением за счет метода монолатерации // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2021. Т. 37. С. 136—145.

8. Киселев В.Ю. Оценка качества траекторной обработки в радиолокационных системах управления воздушным движением. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/otsenka-kachestva-traektornoi-obrabotki-v-radiolokatsionnykh-sistemakh-upravleniya-vozdushnyu>, свободный.

9. Рыжкин, Н. И. Реализация концепции объекта полета с использованием методов машинного обучения / Н. И. Рыжкин // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Материалы Международной молодёжной научной конференции. В 6-ти томах, Казань, 07–08 ноября 2019 года. Том IV. – Казань: ИП Сагиева А.Р., 2019. – С. 129-131.

10. Ломакин А.Ю Перспективы применения технологий дополненной реальности при обслуживании воздушного движения. //Сборник: XXIV Туполевские чтения. Материалы Международной молодёжной научной конференции. В 6-ти томах. 2019. С. 344-347.

11. Технология RAIDIX QoSmic. Машинное обучение для балансировки производительности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.raidix.ru/blog/tekhnologiya-raidix-qosmic-mashinnoe-obuchenie>, свободный.

12. Шубинский И.Б., Замышляев А.М., Проневич О.Б., Игнатов А.Н., Платонов Е.Н. Применение методов машинного обучения для прогнозирования опасных отказов объектов железнодорожного пути. // Надежность, том 20, №2, 2020 С. 43-53.

13. Как машинное обучение помогает защитить АСУ ТП. Андрей Лаврентьев. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.itsec.ru/articles/kak-mashinnoye-obucheniye-pomogayet-zashchitit-asu-tp>, свободный.

## References

1. Savenkov P.A. Ispolzovanie metodov i algoritmov mashinnogo obýcheniia v sistemah podderjki priimatiia úpravlencheskikh reshenii // Vestnik naýki i obrazovaniia. 2019. №1-2 (55) S. 213-217.
2. Baimýratov I.R. Metody avtomatizatsii mashinnogo obýcheniia // Ýchebnoe posobie / Sankt-Peterbýrg: NIÝ ITMO, 2020. — 40 s.
3. Ahmedov R. M. i dr. Avtomatizirovannye sistemy úpravleniia vozdyshnym dvizheniem: AS ÝVD: novye informatsionnye tehnologii v aviatsii: //Ýcheb. posobie /pod red. S. G. Piatko, A. I. Krasova. - SPb.: Politehnika, 2004. – 445 s.
4. Zemskov Iý. V., Kostí G. A., Peshko E. V. Ýniversalnyi algoritm prognozirovaniia v zadache soprovojdenniia manevrirýiyego bespilotnogo vozdyshnogo sýdna // Vestnik Sankt-Peterbýrgskogo gosýdarstvennogo ýniversiteta grajdanskoi aviatsii. 2023g. - № 2 (39). S 112-120.
5. Jýravlëv A. V. Vozmojnost primeneniia iskýsstvennogo intellekta pri vedenii radiolokatsionnoi razvedki. // Voennaiia mysl. 2021. №5. S.82-87.
6. Gýtorov A. S., Kýkin A. E. Algoritm otsenki dannyh traektorii tseli s primeneniem sglajivaiýego splaina // Vestnik naýki i obrazovaniia. 2018. №7 (43). S. 11-14.
7. Mashoshin A. O. Opredelenie istinnosti soobeniia sistemy avtomaticheskogo zavisimogo nablýdenniia v ýsloviiah nesanktsionirovannogo vmeshatelstva na úpravlenie vozdyshnym dvizheniem za schet metoda monolate-ratsii // Naýchnyi vestnik GosNII GA. 2021. T. 37. S. 136—145.
8. Kiselev V.Iý. Otsenka kachestva traektornoi obrabotki v radiolokatsionnykh sistemah úpravleniia vozdyshnym dvizheniem. [Elektronnyi resýrs] – Rejim dostýpa: <https://www.dissercat.com/content/otsenka-kachestva-traektornoi-obrabotki-v-radiolokatsionnykh-sistemakh-upravleniya-vozdushny,svobodny>.
9. Ryjkin, N. I. Realizatsiia kontseptsii obekta poleta s ispolzovaniem metodov mashinnogo obýcheniia / N. I. Ryjkin // XXIV Týpolevskie chteniia (shkola molodyh ýchenyh): Materialy Mejdýnarodnoi molodëjnoi naýchnoi konferentsii. V 6-ti tomah, Kazan, 07–08 noiabria 2019 goda. Tom IV. – Kazan: IP Sagieva A.R., 2019. – S. 129-131.
10. Lomakin A. Iý Perspektivy primeneniia tehnologii dopolnennoi realnosti pri obslýjvanií vozdyshnogo dvizheniia. //Sbornik: XXIV Týpolevskie chteniia. Materialy Mejdýnarodnoi molodëjnoi naýchnoi konferentsii. V 6-ti tomah. 2019. S. 344-347.
11. Tehnologii RAIDIX QoSmic. Mashinnoe obýchenie dlia balansirovki proizvoditelnosti. [Elektronnyi resýrs] – Rejim dostýpa: <https://www.raidix.ru/blog/tekhnologiya-raidix-qosmic-mashinnoe-obuchenie,svobodny>.
12. Shýbinskii I.B., Zamyshliaev A.M., Pronevich O.B., Ignatov A.N., Platonov E.N. Primenenie metodov mashinnogo obýcheniia dlia prognozirovaniia opasnykh otkazov obektov jeleznodorojnogo pýti. // Nadejnost, tom 20, №2, 2020 C. 43-53.

13. Как машинное обучение помогает зайти ASU TP. Andrei Lavrentev. [Elektronnyy resúrs] – Rejim dostúpa: <https://www.itsec.ru/articles/kak-mashinnoye-obucheniye-pomogayet-zashchitit-asu-tp,svobodny1>.

<b>Пешко Евгений Викторович</b>	старший преподаватель, «Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А.Новикова, г. Санкт-Петербург, Россия, E-mail: zstels@rambler.r
<b>Пешко Евгений Викторович</b>	"Авиацияның бас маршалы А. А. Новиков атындағы Санкт-Петербург мемлекеттік азаматтық авиация университетінің аға оқытушысы, Санкт-Петербург қ., Ресей, E-mail: zstels@rambler.ru
<b>Peshko Evgeny Viktorovich</b>	Senior Lecturer, "St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A.Novikov, St. Petersburg, Russia, E-mail: zstels@rambler.ru

<b>Кондрякова Маргарита Алексеевна</b>	старший преподаватель, «Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А.Новикова, г. Санкт-Петербург, Россия, E-mail: ritakondr1@gmail.com.
<b>Кондрякова Маргарита Алексеевна</b>	Авиацияның бас маршалы А. А. Новиков атындағы Санкт-Петербург мемлекеттік азаматтық авиация университетінің аға оқытушысы, Санкт-Петербург қ., Ресей, E-mail: ritakondr1@gmail.com.
<b>Kondryakova Margarita Alekseevna</b>	Senior Lecturer, "St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov, St. Petersburg, Russia, E-mail: ritakondr1@gmail.com.