

Имамутдинов Роман Арсенович, студент,
Южно-Уральский государственный университет в г. Челябинске.

Сохбатов Вадим Рахибович, студент,
Южно-Уральский государственный университет в г. Челябинске.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы внедрения искусственного интеллекта в радиолокационные системы посадки, улучшение и последующая модернизация управления воздушным движением.

Ключевые слова: Радиолокационные системы посадки, посадочный радиолокатор, обзорный радиолокатор, диспетчерский радиолокатор, командно-диспетчерский пункт, взлетно-посадочная полоса, управление, машинное обучение, метеорологические условия, система.

Современная авиационная индустрия и системы обеспечения безопасности полётов требуют постоянного повышения точности, надёжности и автоматизации в процессе посадки воздушных судов. Особенно актуальна проблема обеспечения безопасных посадок в сложных условиях - при плохой видимости, неблагоприятных погодных условиях или в условиях ограниченных аэродромных возможностей. В этом контексте внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в радиолокационные системы становится важным направлением, обещающим существенные улучшения. Искусственный интеллект обеспечивает обработку больших объёмов данных в реальном времени, повышение точности идентификации и оценки целей, а также автоматизацию иных процессов, что способствует минимизации человеческого фактора и повышению общей безопасности полётов. На сегодняшний день развивается концепция интеллектуальных радиолокационных систем, способных адаптироваться к различным условиям работы, принимать оптимальные решения и поддерживать пилотов в сложнейших ситуациях. Внедрение искусственного интеллекта в системы посадки - важный шаг к созданию полностью автоматизированных и безопасных авиационных решений будущего.

Радиолокационные системы посадки (РСП) ЛА предназначены для обеспечения посадки в простых и сложных метеоусловиях ЛА, не имеющих специального посадочного оборудования, а снабженных только обычными пилотажно-навигационными приборами и связными радиостанциями. При использовании таких систем положение самолета относительно ВПП и линии планирования определяется с помощью специального наземного посадочного радиолокатора (ПРЛ). Посадка самолета осуществляется по командам с земли, передаваемым экипажу по радиотелефонному каналу. В радиолокационные системы посадки ЛА, помимо средств, входящих в состав упрощенной системы посадки, включено радиолокационное оборудование, предназначенное для определения операторами линии планирования при производстве самой посадки. В состав радиолокационного оборудования входят: обзорный, диспетчерский и посадочный радиолокаторы (ОРЛ, ДРЛ и ПРЛ). С помощью этого оборудования группа руководства полетами, находящаяся на КДП, осуществляет наблюдение за воздушной обстановкой и управление движением ЛА в районе аэродрома и непосредственно при посадке.

Обзорный радиолокатор работает в метровом диапазоне волн (эффективен в любых метеоусловиях). Он используется для непрерывного наблюдения за общей воздушной обстановкой в районе аэродрома в радиусе до 70...80 км, управления движением ЛА на подходах к аэродрому и в процессе их захода в зоны ожидания. Его выносной индикатор кругового обзора устанавливается на КП полка или КДП.



Диспетчерский радиолокатор работает в сантиметровом диапазоне волн. Поэтому разрешающая способность у него значительно выше, чем у обзорного радиолокатора. Среднее квадратическое значение ошибок по азимуту у диспетчерского радиолокатора обычно составляет $0,5...1^\circ$, а по дальности – несколько сотен метров.

Диспетчерский радиолокатор используется для наблюдения за воздушной обстановкой в радиусе 30...50 км от аэродрома и для контроля за летным полем. С его помощью осуществляется оперативное управление движением ЛА, находящихся в зонах ожидания, осуществляющих заход на посадку и снижение по линии планирования, совершающих приземление и передвигающихся по взлетно-посадочной полосе (ВПП) и рулежным дорожкам. Обычно несколько его выносных индикаторов кругового обзора с различными масштабами разверток устанавливаются на командно-диспетчерский пункт (КДП).

Посадочный радиолокатор представляет собой радиолокационную станцию сантиметрового диапазона, позволяющую с высокой точностью одновременно определять азимут, угол места и дальность самолета по отношению к ВПП после его выхода в плоскость посадочного курса. Азимут отсчитывается относительно продолжения оси ВПП, угол места – относительно линии горизонта, дальность – относительно оптимальной точки приземления.

Для повышения точности определения угловых координат посадочный радиолокатор имеет узкие секторы обзора в горизонтальной и в вертикальной плоскостях. Посадочный радиолокатор позволяет раздельно обнаруживать и определять координаты ЛА, отличающихся по азимуту примерно на $1...1,5^\circ$, по углу места – на $0,5...0,7^\circ$ и по дальности – на 150...170 м. Дальность действия посадочного радиолокатора составляет примерно 15...20 км.

Данные, получаемые с помощью посадочного радиолокатора, используются при посадке самолета для управления его движением по линии планирования до высоты примерно 20...30 м. Дальнейшее снижение самолета и его приземление осуществляются с помощью светотехнического оборудования упрощенной системы посадки и указания помощника руководителя полетами, находящегося на старте.

Пропускная способность радиолокационных систем посадки составляет 15...29 ЛА в час.

Далее рассмотрим перспективы внедрения искусственного интеллекта в радиолокационных системах посадки, ведь в наше время актуально усовершенствование различных систем с целью улучшения деятельности человека.

Во первых, улучшение точности и надежности: алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные радиолокационных систем для снижения ошибок измерений и повышения точности определения положения самолета. ИИ способен обрабатывать огромные объемы данных в реальном времени, что улучшает выявление и коррекцию ошибок.

Во вторых, адаптивные системы управления: адаптивные алгоритмы на основе ИИ могут изменять параметры управления в зависимости от условий окружающей среды, таких как погода или помехи. Это позволит обеспечить более безопасные и эффективные посадки в сложных условиях.

В третьих, предсказание и предотвращение аварийных ситуаций: ИИ-системы могут анализировать паттерны и предсказывать возможные нештатные ситуации, что позволит снизить риски во время посадки. Используя анализ больших данных, ИИ сможет выявлять закономерности, которые могут указывать на потенциальные проблемы.

В четвертых, интеграция с другими системами: возможности интеграции ИИ с другими навигационными и бортовыми системами создадут более комплексные и согласованные решения для при совершении посадки. Это может включать взаимодействие с системами управления движением, что обеспечит лучшую координацию и уменьшит загруженность воздушного пространства.



В пятых, обучение на основе симуляций: используя системы виртуальной реальности и симуляторы, ИИ сможет обучаться и совершенствоваться, что даст возможность тестировать новые алгоритмы в безопасной среде. Это также позволит быстро готовить персонал для работы с новыми технологиями.

В шестых, автономные посадочные системы: разработка полностью автономных систем посадки, где ИИ будет контролировать весь процесс без необходимости вмешательства пилота. Это потребует высокой степени надежности и уверенности в системе, что будет достигнуто благодаря использованию ИИ.

В седьмых, оптимизация эксплуатационных процессов: ИИ может помочь в оптимизации планирования траекторий полетов, снижении расхода топлива и повышении экономической эффективности полетов. Это будет способствовать устойчивому развитию авиации и снижению негативного влияния на окружающую среду.

В заключение хотелось бы добавить что, развитие искусственного интеллекта (ИИ) в радиолокационных системах посадки (РСП) создаст новые возможности для повышения безопасности, эффективности и устойчивости авиации. Тем не менее, для достижения этих целей необходимо учитывать как технологические, так и регуляторные аспекты.

Список литературы:

1. Платонов А. В. Машинное обучение : учебное пособие для вузов / А. В. Платонов. — 2-е изд. - Москва : Издательство Юрайт, 2025. - 89 с.;
2. Цихилов А.А. Блокчейн: принципы и основы. - Москва : Издательство Альпина Про, 2019.;
3. Кронберг Д. А. Квантовая криптография учебное пособие / Д.А. Кронберг, Ю.И. Ожигов, А.Ю. Чернявский; МГУ им. М.В. Ломоносова, Фак. вычисл. математики и кибернетики. - Москва : МАКС Пресс, 2011;
4. Баланов А.Н. IoT-решения: принципы, примеры, перспективы. - Москва : учебное пособие для СПО, 2024;
5. Богданов В.В. Защита информации : учебное пособие - Москва : ООО Издательский Дом "Афина", 2021.

