

Подход к построению комплексного алгоритма навигации, основанный на лидарном зондировании препятствий

В. П. Семенова

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
vsvally@mail.ru

Аннотация. В работе предлагается направление совершенствования системы управления движением сервисных транспортных средств и воздушных судов на территории аэродрома за счет разработки и использования системы предотвращения столкновений при движении сервисных транспортных средств, основанной на лидарном зондировании препятствий. Рассмотрена схема комплексирования датчиков поступающей информации о параметрах внешней среды, с помощью которой возможно классифицировать типы препятствий и формировать рекомендации по маневру транспортным средством или его остановке.

Ключевые слова: транспортное средство, лидар, автоматизация движения, воздушное судно

I. ВВЕДЕНИЕ

Процесс руления для любого воздушного судна (ВС) является сложным маневром, сопровождающимся повышенным риском столкновения с различными препятствиями на взлетно-посадочной полосе: сервисная техника (СТ), другие воздушные судна. Повышение безопасности данного процесса необходимо не только во время высокой загруженности аэропортов, но и в период плохих метеоусловий. В качестве решения данной проблемы предлагается объединить различные типы датчиков в системе, транслирующей обстановку за ВС и выдающей предупредительные команды экипажу в случае риска столкновения.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

A. Основные предпосылки к разработке

Целесообразность гиперавтоматизации процессов движения ВС и сервисной техники на территории аэродрома объясняется следующим. Проведенный анализ состояния безопасности полетов по информационным бюллетеням показал, что отсутствие полной информации о внешней обстановке за бортом ВС и СТ при их рулении на аэродроме в неблагоприятных погодных условиях ежегодно приводит к 20 % от всех инцидентов, происходящих с ВС на земле в процессе их обслуживания.

Причиной неполной информации об обстановке на маршруте движения является ряд факторов:

- человеческий фактор, сопровождающийся низким «ситуационным пониманием» [1] экипажа обстановки за бортом и недостаточное быстрое принятие решение в нештатных ситуациях;
- фактор окружающей среды, объясняемый отсутствием системы, работающей при любых погодных условиях и выдающей информацию с высокой точностью в условиях низкой видимости;
- проблема цифровизации, заключающаяся в отсутствии внедрения технологий, применяемых в автопилотах автомобилей и поездов;
- технологический фактор, заключающийся в отсутствии элементной базы, технологических разработок отечественного производства для создания ассистирующей системы.

Также, существующие системы введения запретных зон на основе спутниковой навигации имеют ограниченный функционал, который не позволяет действовать на самой взлетно-посадочной полосе. Перечисленные проблемы приводят к временному выходу ВС из эксплуатации и повышению загруженности в аэропортах. Проводимые в работе исследования направлены на повышение безопасности полетов, оптимизацию загруженности трафика аэродрома, совершенствование логистики грузовых авиаперевозок за счет совместного использования в структуре усовершенствованной системы визуального управления воздушным судном и сервисной техникой оптических и радиолокационных датчиков.

B. Анализ типовых опасностей и аварийных ситуаций

При рассмотрении типовых опасностей и аварийных ситуаций во время руления ВС, было выделено два полярных варианта движения: первый, когда оба участника движутся прямолинейно и второй: их криволинейное движение (рис. 1). Эти ситуации являются полярными: самой простой и самой сложной для движущихся средств, остальные будут промежуточными комбинациями.

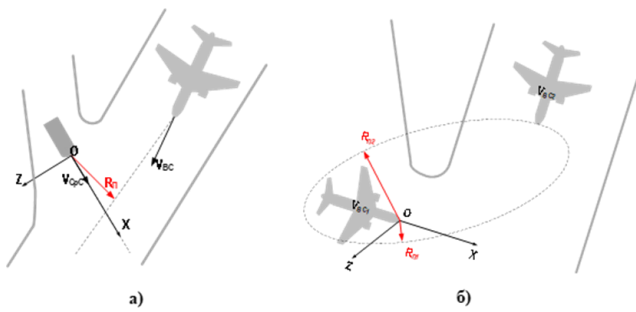


Рис. 1. Варианты движения двух воздушных судов на аэродроме: а) вид сверху основных соотношений при встречном прямолинейном движении ВС и сервисного средства; б) вид сверху основных соотношений при встречном прямолинейном движении ВС и сервисного средства

Для этих крайних ситуаций были определены [2] условия сближения по изменению приращения координат:

$$\sqrt{(x_{i+1})^2 + (z_{i+1})^2} < \sqrt{(x_i)^2 + (z_i)^2} \quad (1)$$

и предельный радиус обгнания препятствия:

$$R_0 > R_{mc} + R_n, \quad (2)$$

где R_{mc} – характерный радиус транспортного средства, R_n – характерный радиус препятствия.

На основе оценивания предложенных параметров в контролируемой зоне движения будет приниматься решение о наличии опасной ситуации и далее – меры к её парированию. Таким образом, предлагаемый принцип автономного управления ВС или сервисным средством на территории аэродрома характеризуется как рефлекторно-агрегированный, т. е. с заданной частотой дискретизации осуществляется измерение параметров, оценивание ситуации в контролируемой зоне движения и выдача (или невыдача) управляющих команд на исполнительные органы движения/остановки.

Операция распознавания опасной ситуации осуществляется с частотой поступления данных от внешних датчиков. Исходными данными для данной операции являются:

- результаты одномоментных измерений координатной информации от навигационной аппаратуры потребителя (НАП) ГЛОНАСС;
- массива наблюдений от лидара и видеокamеры/стереокамеры на текущий момент;
- результатов срабатывания датчиков, означающих обнаружение препятствий, однозначно влекущих ту или иную исполнительную команду управления.

Введение в схему предварительной обработки по видам датчиков обусловлено двумя причинами:

1) сокращением и распараллеливанием вычислений по данным множества сенсоров;

2) наличием достоверного встроенного программного обеспечения производителя, настроенного на классификацию ряда объектов, которые подходят к решению нашей задачи.

Основная операция принятия решения функционирующей ассистирующей системы автономной навигации (АСАН) – это автоматическая классификация, а основная задача при макетировании: синтез системы автоматической классификации в доступных программно-аппаратных средах.

Организация функциональных связей внутри АСАН представлена на рис. 2 [3].

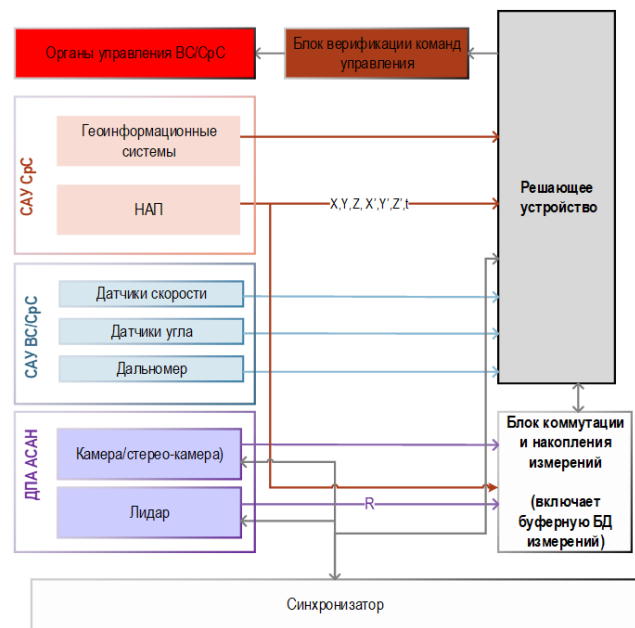


Рис. 2. Схема функциональных связей датчиков, систем, решающего устройства и органов управления воздушным средством или транспортным средством

Цветом на представленной схеме показаны три типа источников информации: данные о характеристике движения, поступающие от датчика скорости, угла и дальномера. Данные о фоноцелевой обстановке, которые поступают от геоинформационных систем (цифровая карта аэропорта) и от навигационной аппаратуры потребителя, независимо формирующая данные о траектории движения ВС и его местоположении. Датчики контролируемой зоны, представляемые пассивным типом устройства: стерео-камерой и активным лидаром.

Измерения поступают в блок коммутации и накопления измерений и далее в блок принятия решений, где происходит классификация опасных ситуаций. Далее по результатам классификации происходит выработка управляющих команд и через блок верификации (для обеспечения кибербезопасности и НСД) поступает на органы управления, изменяющие параметры работы двигательной установки или параметры руления.

Проработка предложенного алгоритма частично была начата на базе самоходной робототехнической

платформы (рис. 3), структура которой схематично представлена на рис. 4.

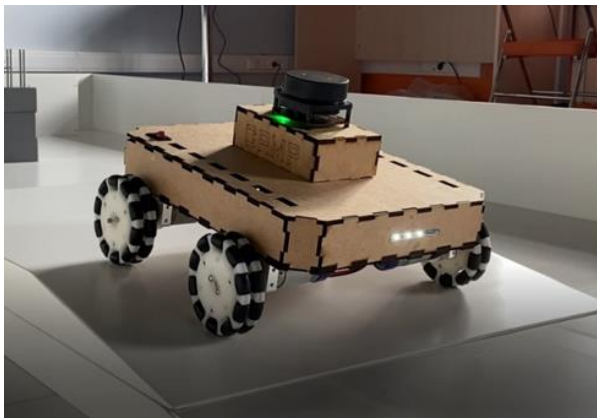


Рис. 3. Общий вид конструкции макета сервисного средства с установленным блоком лидара

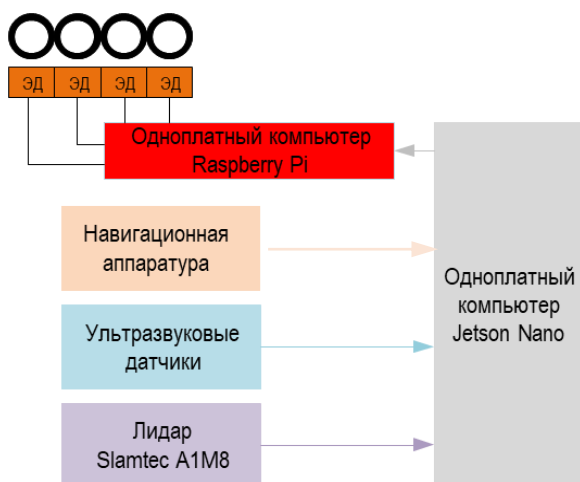


Рис. 4. Схема функциональных связей датчиков в макете сервисного транспортного средства на базе транспортной платформы под управлением микрокомпьютера *Raspberry Pi*

На схеме аналогичными цветом выделены схожие классы оборудования, представленные на рис. 2. Основным активным элементом платформы является лидар, формирующий ситуации (сцены). Обработкой данных, поступающих с лидара, занимается компактный одноплатный компьютер *Jetson Nano* [4]. Ультразвуковые датчики представляют собой навигационный комплекс самого транспортного средства. Устройство принятия решений содержит в себе еще один одноплатный компьютер *Raspberry Pi*, который занимается управлением четырьмя редукторными коллекторными двигателями, приводящими платформу в движение, и также участвующий в обработке данных. На данный момент платформа может осуществлять прямолинейное движение и останавливаться перед препятствием.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход к цифровой экономике ведет к высокой степени автоматизации управления, в том числе и в

системе авиаперевозок. Предлагаемая структурная схема ассистирующей системы автономной навигации позволяет повысить их безопасность при любых погодных условиях. Разрабатываемая технология имеет перспективы реализации, в том числе, на большом рынке военной авиации, как потенциально имеющая высокую степень резервирования и безопасности персонала.

IV. ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ вопросов о степени внедрения систем автоматизации движения в смежных транспортных отраслях в России отечественными предприятиями показал следующие результаты. Российские железные дороги ведут разработки по созданию беспилотного локомотива и электропоезда для достижения 4 уровня автономности [5]. Компания Яндекс прорабатывает 5 уровень автономности для своего парка беспилотных автомобилей [6]. Компания КАМАЗ разрабатывает автономный тягач «Континент» для дальнемагистральных грузоперевозок, который на выставке 2021 году показал 3 уровень автономности [7]. Не только в России, но и за рубежом активно ведутся подобные разработки. Ярким примером по тематике исследования может быть проект авиакомпании *KLM TractEasy*, который обеспечивает беспилотную подачу багажа для загрузки на борт воздушного судна и разгрузки [8]. Готовые решения из области наземного транспорта, позволяют говорить об успешном внедрении подобных технологий в не менее сложной и ответственной сфере – авиации.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаю благодарность своему научному руководителю Кошкаррову А.С. за ценные советы при планировании исследования и рекомендации по оформлению статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бачкало Б.И., Ирмалиев Р.Э. О новом подходе к созданию системы управления безопасностью полетов в государственной авиации Российской Федерации // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. №218. с. 39.
- [2] Грачев В.В., Кейн В.М. Радиотехнические средства управления воздушным движением. Москва: Транспорт, 1975. 343 с.
- [3] Анодина Т.Г., Кузнецов А.А., Маркович Е.Д. Автоматизация управления воздушным движением: учебник для вузов гражданской авиации. Москва: Транспорт, 1992. 279 с.
- [4] Jetson Nano: одноплатник для машинного обучения от Nvidia [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/444442> (дата обращения: 20.01.2023)
- [5] Развитие беспилотных технологий на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/502202/> (дата обращения: 01.02.2022).
- [6] Беспилотный автомобиль Яндекс [Электронный ресурс] URL: <https://bespilot.com/news/366-yandex-bespilot> (дата обращения: 27.12.2022)
- [7] Продажа тягачей нового поколения КАМАЗ [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/44097/> (дата обращения: 27.12.2022)
- [8] TractEasy [Электронный ресурс] Smart Airport Systems (SAS); URL: <https://www.smart-airport-systems.com/solutions/tracteasy/> (дата обращения: 28.12.2022)