

Автоматизированная система контроля окружающей среды и оценки состояния людей в условиях чрезвычайных ситуаций с использованием летающего робота

Аннотация

Рассматриваются вопросы оценки состояния окружающей среды с использованием малогабаритного летающего инсектоподобного робота, несущего на своем борту систему контроля состояния окружающей среды с низким электропотреблением. Данные с борта механизма робота передаются на интеллектуальную систему поддержки принятия решений, оценивающую и уровень экологического загрязнения, и его влияние на состояние здоровья людей, находящихся в зоне развития чрезвычайной ситуации.

Введение

Значительное число чрезвычайных ситуаций развивается в труднодоступных местах, включая закрытые разрушаемые строения, в которых могут находиться люди, подвергающиеся воздействию вредных и опасных для жизни экологических факторов.

Для доставки в труднодоступные места средств контроля экологической обстановки с целью оценки опасности для жизни и здоровья людей чрезвычайной ситуации (ЧС) и с дальнейшим планированием спасательных мероприятий целесообразно использовать малогабаритные летающие аппараты с газовым анализатором на борту (МГА), позволяющие осуществлять вертикальный взлет, зависание над объектом, горизонтальный полет и т. д.

Применение таких МГА открывает принципиально новые возможности для оперативного определения уровня вредных веществ в атмосфере, прогнозирования ситуации по влиянию вредных веществ на человека, сбора и обработки информации для реагирования и устранения возникающих нештатных ситуаций на ранних стадиях.

Однако использование для этих целей наиболее распространенных сегодня мультироторных летающих платформ оказывается нерациональным в силу того, что создаваемые винтами воздушные потоки существенно влияют на процесс конвекции и диффузии в зоне работы, что сильно искажает показания МГА датчиков. Кроме того, современные летающие мультироторные платформы отличаются недостаточно большим временем пребывания в воздухе.

Проведенные исследования показали, что определенными преимуществами перед мультироторными платформами обладает класс небольших аппаратов, имитирующих движение насекомых, использующих так называемый планирующий полет,

что открывает новые возможности для мониторинга окружающей среды, так как воздушные потоки, генерируемые машущим крылом, практически не оказывают влияния на измерительную систему, установленную на борту.

Кроме того, мобильные МГА, выполненные на базе транспортных платформ с машущим крылом, обладают рядом достоинств, таких как малая масса при существенной массе полезной нагрузки, компактность и маневренность. Они более длительное время могут находиться в полете.

С учетом сказанного рассматриваемая в данной статье система ориентирована на использование многозвенного летательного аппарата с машущим крылом.

Аппаратура и система управления малогабаритным летательным аппаратом

Конструктивно МГА в виде инсектоптера представляет собой управляемую электромеханическую систему, состоящую из основных звеньев: двух симметричных звеньев крыльев; корпуса (фюзеляжа); основного электропривода; кривошипного механизма; хвостового оперения, оснащенного рулями высоты и направления; двух приводов рулей высоты и направления. Крылья представляют собой недеформирующиеся пластины, установленные с помощью цилиндрических шарниров на корпусе и имеющие возможность поворачиваться относительно корпуса на некоторые углы, что позволяет моделировать достаточно сложный характер движения крыльев.

Подробно конструкция, математическая модель движения и алгоритм управления полетами инсектоподобного робота описаны в работах [1], [2].

Для контроля состояния окружающей среды на корпусе инсектоптера установлены две основные микросхемы. Микросхема типа Analog Front End (AFE) типа LMP901XX с набо-

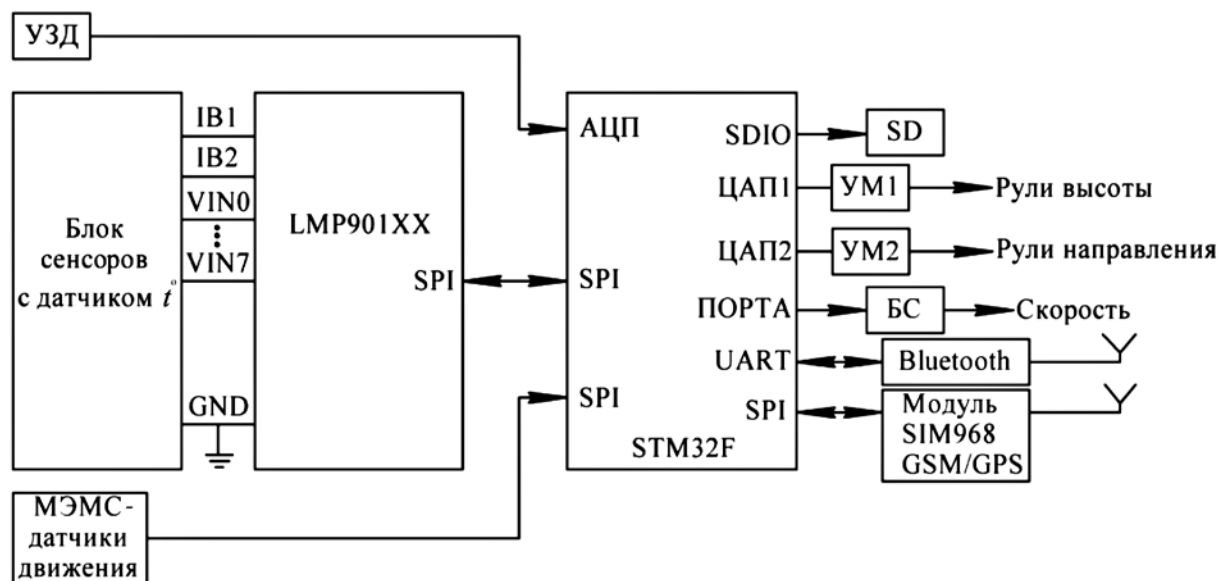


Рис. 1. Структура электронного модуля МГА (пояснения – в тексте)

ром датчиков контроля состояния окружающей среды и датчиком температуры и экономичный многофункциональный контроллер типа STM32F, решающий задачи управления полетом, обработки и передачи данных по радиоканалам типа Bluetooth (ближний радиус передачи) и GLONAS (дальняя передача данных). Структурная схема электронной части МГА представлена на рис. 1.

Измерительные сенсоры содержания и концентрации газов и датчик температуры подключены ко входам IB1, IB2, VIN0...VIN7 микрочипа LMP901XX, специально ориентированного на анализ газового состава воздушной среды. Стандартный интерфейс этого чипа типа SPI подключен к такому же интерфейсу универсального микроконтроллера серии STM32F. К выходу SDIO этого микроконтроллера подключена карта памяти SD для хранения данных о газовом состоянии в районе ЧС. Через два цифро-аналоговых преобразователя ЦАП1 и ЦАП2 и два усилителя мощности УМ1 и УМ2 организовано управление рулем высоты и направления. Скорость полета определяется кодами порта А через блок сопряжения БС. Передающие радиомодули Bluetooth и GSM/GPRS подключены к интерфейсам UART и SPI.

Для обнаружения препятствий с алгоритмическим их обходом ко входу АЦП микроконтроллера подключен ультразвуковой дальномер УЗД. Для стабилизации траектории полета и обеспечения возможности программного управления траекторией движения применяют датчики движения. Удобно для этих целей использовать микромеханические системы, выполненные по технологии МЭМС, контролируемые до шести степеней свободы. Наиболее точно траектория полета поддерживается при помощи спутниковых навигационных систем. Однако в условиях ЧС спутниковая связь может быть неустойчивой. Одним из способов повышения точности полетной траектории может служить использование радиометок типа RFT с заранее известными координатами, установленными на объектах повышенной опасности и в их окрестности. Радиометки могут устанавливаться на спасательной технике, имеющей более устойчивую спутниковую связь, чем МЛА.

Предусмотрено управление полетом: в направлении максимальной величины концентрации выбранного программным

путем вещества (например СО при обнаружении пожаров) по траекториям с примерно равной концентрацией вещества (для построения топологической картины поражения). Одновременно предусмотрен механизм облета препятствий и областей с температурой, способной вывести из строя МЛА или бортовое оборудование.

Для планирования и выбора траектории разработан алгоритм управления, основанный на симплекс-методе и методе Кифера.

Движение в пространстве к точке с максимальной концентрацией вещества начинается с двумерного симплекса, а по мере приближения к локальной точке поиск производится на основе планирования отрезков прямой с фиксацией одной из координат (метод Кифера).

Информационно-аналитическая модель базы знаний системы поддержки принятия решений

Получаемая с МЛА информация об экологической обстановке в зоне чрезвычайной ситуации (ЧС) передается на интеллектуальную систему контроля состояния окружающей среды и оценки состояния людей в зоне ЧС.

Эта система ориентирована на решение следующих основных задач: формирование топологической карты загрязнения в зоне действия ЧС по информации, получаемой с МЛА; прогнозирование развития ЧС с учетом климатических условий, топологии местности, с учетом ландшафта и искусственных сооружений; расчет уровня экологической угрозы для биообъектов; оценку состояния биообъектов на текущий момент времени; прогнозирование появления и развития заболеваний, связанных с ЧС, как для людей, оказавшихся в условиях ЧС, так и для людей, направляемых для ее ликвидации.

В работах [3]-[5] было показано, что основные модули интеллектуальных систем, решающих задачи, подобные описываемым в данной статье, должны функционировать в условиях плохой формализации с неполной и нечеткой структурой данных.

С учетом этих условий для построения базы знаний был выработан аппарат синтеза коллективов гибридных нечетких моделей, описанный в работах [4], [6], [7].

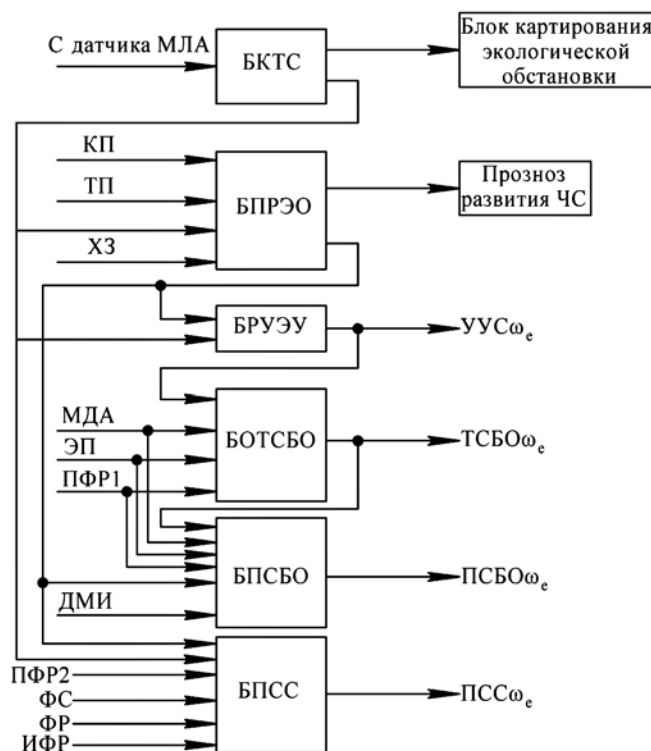


Рис. 2. Информационно-аналитическая модель принятия решений об экологической обстановке и состоянии биообъектов в зоне ЧС (пояснения – в тексте)

На рис. 2 представлена информационно-аналитическая модель принятия решений интеллектуальной системой, структура которой определяет соответствующие элементы базы знаний.

Использование информации с датчиков положения и концентрации контролируемых веществ позволяет блоку контроля текущего состояния (БКТС) формировать карту экологической обстановки в зоне работы МЛА. Дополнительно информация с этого блока используется как входная информация для блока прогноза развития экологической обстановки (БПРЭО), который на основе климатических параметров (КП) (скорость ветра и его направление, температура, влажность, давление и др.), данных о топологии (ТП) (ландшафт местности, искусственные сооружения и др.) и характера загрязняющих веществ (ХЗ) составляет прогностические карты распространения вредных веществ. Пример реализации этого блока описан в работе [8].

На основе данных о текущей и прогнозируемой экологической обстановке блок расчета уровня экологической угрозы (БРУЭУ) определяет уровень угрозы состоянию здоровья биообъектов УСС_ω для различных классов заболеваний (состояний) ω_с, характерных для наличия вредных веществ, образовавшихся в зоне ЧС.

В работах [3]-[5] приведены примеры использования для синтеза математических моделей оценки УСС_ω гибридных нечетких моделей, базовыми элементами которых являются функции уровня условия риска для здоровья с базовыми переменными по составу и концентрации вредных веществ.

Общие вопросы синтеза гибридных нечетких моделей описаны в работах [4], [6], [7].

Эти же модели целесообразно использовать и для синтеза математических моделей принятия решений блоками оценки текущего состояния биообъектов, находящихся в зоне ЧС (БОТСБО), прогноза состояния биообъектов после их вывода из зоны ЧС (БПСБО) и прогноза состояния спасателей, направляемых в зону ЧС (БПСС).

Исходными данными для блока БОТСБО являются УСС_ω; медицинские данные, имеющиеся в анамнезе МДА (например из медицинских карт); экологическая предистория ЭП (возможная экологическая нагрузка до возникновения ЧС); возможные профессиональные риски ПФР1, связанные с трудовой деятельностью.

Естественно, что синтезируемые математические модели для этого блока определяются особенностями сбора данных: параметрами экологической обстановки; индивидуальными особенностями организма и полнотой (например, историй болезни может не быть). Примеры синтеза нечетких правил для БОТСБО и для конкретной экологической обстановки приведены в работах [3]-[5], [9].

Исходными данными для БПСБО кроме тех, которые используются для БОТСБО, являются данные блока БПРЭО о развитии экологической обстановки и дополнительная медицинская информация (ДМИ), которая может быть целенаправленно получена после вывода людей из зоны ЧС. Примеры синтеза нечетких правил БПСБО приведены в работах [3]-[5].

Исходной информацией для блока БПСС является текущая и прогнозируемая экологическая обстановка в зоне ЧС, профессиональные риски (ПФР2), функциональное состояние (ФС) и функциональный резерв (спасателя) и его индивидуальные факторы риска (ИФР). Примеры синтеза нечетких правил для блока БПСС приведены в работах [4], [5], [9].

Предложенная информационно-аналитическая модель позволяет ускорить синтез базы знаний интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Список литературы:

1. Поляков Р.Ю., Ефимов С.В., Мозговой Н.В. Исследование управляемого синхронного движения летающего многозвенного робота // Электротехнические комплексы и системы управления. 2014. № 3. С. 28-38.

2. Поляков Р.Ю., Ефимов С.В., Яцун С.Ф. Проведение исследования управляемого синхронного движения летающего многозвенного робота // Вестник Воронежского института МВД России. 2015. № 1. С. 37-44.
3. Корневский Н.А., Иванков Ю.А., Яковлева Е.А., Савченко Н.Н. Синтез нечетких решающих правил для прогнозирования и ранней диагностики заболеваний, вызываемых состоянием окружающей среды, с учетом индивидуальных особенностей организма // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 2. С. 395-401.
4. Корневский Н.А., Шуткин А.Н., Горбатенко С.А., Серебровский В.И. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий. Монография. – Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2016. 472 с.
5. Корневский Н.А., Серебровский В.И., Контева Н.А., Говорухина Т.Н. Прогнозирование и диагностика заболеваний, вызываемых вредными производственными и экологическими факторами на основе гетерогенных нечетких моделей. – Курск: Изд-во Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. 231 с.
6. Корневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских систем // Медицинская техника. 2015. № 1. С. 33-35.
7. Корневский Н.А. Синтез гибридных нечетких правил для прогнозирования и управления состоянием здоровья в экологически неблагоприятных регионах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 4. С. 69-73.
8. Волков В.Ю., Башир Аббас Самаха Применение АСППИ для моделирования распространения загрязненного воздуха по территории г. Новомосковска // Известия ТулГУ. Серия: Технические науки. 2013. № 2. С. 59-64.
9. Старцев Е.А., Корневская С.Н., Хрипина И.И., Стародубцева Л.В. Прогнозирование и ранняя диагностика профессиональных заболеваний водителей, работающих в структуре МЧС // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 2 (19). С. 114-126.

Сергей Федорович Яцун,
д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой механики, мехатроники
и робототехники,
Николай Алексеевич Корневский,
д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой биомедицинской инженерии,
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск,
Сергей Венедиктович Ефимов,
канд. техн. наук, доцент,
майор внутренней службы,
Воронежский институт ГП МЧС,
Евгений Николаевич Коровин,
д-р техн. наук, профессор,
кафедра системного анализа
и управления в медицинских системах,
Воронежский государственный
технический университет,
г. Воронеж,
e-mail: teormeh@inbox.ru