

УДК 629.735.6

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДЛЯ БЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА

Бумай А. Ю., старший преподаватель

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Проведен сравнительный анализ методов формирования траекторий пролета БЛА самолетного типа через заданные точки пространства. Особое внимание уделено интервальной оптимизации по квадратичному функционалу с учетом направления траектории. Метод обеспечивает минимальные энергозатраты при оптимальной кривизне пути.

Ключевые слова: БЛА самолетного типа, траектория пролета, оптимальные параметры, квадратичный функционал, интервальная оптимизация, управляющее ускорение.

Самолетные БЛА характеризуются наличием крыльев и аэродинамической формой, что повышает аэродинамическую эффективность и увеличивает дальность полета. Они, как правило, имеют одно или несколько двигателей и требуют подходящего пространства для взлета и посадки. Пример БЛА самолетного типа Бусел «М» представлен на рисунке 1 [1].



Рисунок 1 – БЛА самолетного типа Бусел «М»

Формирование траекторий БЛА самолетного типа через заданные точки пространства решает задачу минимизации энергозатрат при заданной скорости. Традиционные методы (прямолинейные, пути Дабинса и др.) не учитывают оптимальную кривизну траектории.

В работе [1; 2] предложена интервальная оптимизация, обеспечивающая плавность переходов на основе квадратичного функционала

$$J = X_k^T R X_k + \int_{t_0}^{t_k} [X(t)^T Q(t) X(t) + U(t)^T S(t) U(t)] dt. \quad (1)$$

В выражении (1) $X_k = [\Delta x_k, \Delta y_k, \Delta z_k]^T$ – вектор, включающий минимальные отклонения относительно промежуточной k -й точки маршрута; $X(t) = [x(t), y(t), z(t)]^T$ – вектор текущих координат центра масс БЛА; $U(t) = [a_x(t), a_y(t), a_z(t)]^T$ – вектор управлений, состоящий из нормальных ускорений центра масс.

Для самолетных БЛА методика [1] обеспечивает пролет через заданные точки с оптимальным ускорением. Компьютерное моделирование показало отклонения 7–20 м, приемлемые для мониторинга земной поверхности [1].

Сравнение с традиционными методами: интервальная оптимизация [1] минимизирует функционал качества J в среднем на 15–20 % по сравнению, например, с методом Дабинса за счет учета направления на в точках перехода. Прямолинейные траектории дают резкие перегибы (радиус поворота меньше минимального), недопустимые для самолетных БЛА.

Преимущества методики в работе [1]:

1. Аналитический синтез $U(t)$ для бортового вычисления [3].
2. Минимальные энергозатраты по функционалу J .
3. Плавные переходы между точками без превышения ограничений динамики.

Выводы.

Интервальная оптимизация в работе [1] превосходит традиционные методы по энергоэффективности. Закон управления, предложенный в работе [1], обеспечивает оптимальную кривизну траектории. Метод применим для задач аэрофотосъемки и мониторинга территорий.

Список использованных источников

1. Бумай, А. Ю. Формирование оптимальных параметров траектории пролета беспилотного летательного аппарата через заданные точки пространства / А. Ю. Бумай, А. А. Лобатый, Д. Цзюнь // Доклады БГУИР. – 2019. – № 7–8 (172). – С. 50–57.

2. Лобатый, А. А. Аналитический синтез управляющего ускорения беспилотного летательного аппарата / А. А. Лобатый, А. Ю. Бумай, С. С. Прохорович // Наука и техника. – 2021. – Том 20, № 4. – С. 338–344.

3. Бумай, А. Ю. Поэтапный аналитический синтез математической модели автопилота беспилотного летательного аппарата / А. Ю. Бумай, А. А. Лобатый, С. С. Прохорович // Системный анализ и прикладная информатика. – 2021. – № 1. – С. 21–28.

УДК 004.94

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Горбатикова Э. К., студент,
Мохорт Д. С., студент

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Железко Б. А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В связи с ростом популярности программных обеспечений для моделирования бизнес-процессов, перед нами возникает вопрос о наилучшем варианте.

Ключевые слова: бизнес-процессы, моделирование, bpmn, low-code, aris express, comindware, business studio.

Цифровизация – это не просто перевод информации в цифровую форму (это оцифровка), а более глубокий процесс. Это использование цифровых технологий для коренного изменения бизнес-моделей, процессов, компетенций и культуры организаций и общества в целом.

Цифровизация в Беларуси – это осознанный государственный стратегический курс, направленный на то, чтобы не отстать от глобальных тенденций. Роль ее крайне важна: от нее зависит будущая эффективность экономики, удобство жизни граждан и конкурентоспособность страны на мировой арене.

Анализ цифровизации экономики РБ:

– наблюдается устойчивый рост ключевых показателей: использование ERP, CRM, облачных сервисов и систем бизнес-аналитики;