

ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА ОПТИКО-ЛОКАЦИОННОГО КООРДИНАТОРА ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Цуприк С.В., Солонар А.С.

адъюнкт, докторант УО «ВА РБ», г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Солонар А.С., канд. техн. наук, доцент

Оптико-локационные системы (ОЛС) находят все более широкое применение в бортовых системах обнаружения и сопровождения неподвижных и движущихся объектов. Эти системы предназначены для установки на автономных носителях, таких как самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), автомобили. Наибольшую популярность, как автономные носители, приобрели БПЛА благодаря возможности в реальном масштабе времени получать радиотехническую информацию с труднодоступной для оператора местности. При разработке ОЛС возникает ряд существенных проблем. Одной из таких проблем является сложность проверки работоспособности и отладки алгоритмов их работы в различных условиях. Как правило, данные проблемы решают путем проведения полевых испытаний, либо в ходе полунатурного моделирования в лаборатории, где в качестве входного сигнала используется видеосъемка. При этом отладку алгоритмов необходимо производить как по неподвижным, так и по движущимся объектам [1].

Целью работы является рассмотрение обобщенной структуры оптико-локационного координатора (ОЛК) для БПЛА, позволяющего решать задачи однократного (поиска, обнаружения, распознавания) и последовательного межкадрового автоматического сопровождения неподвижных и движущихся одиночных и групповых наземных объектов на фоне поверхности земли в лабораторных условиях.

Материал и методы. Проведенные исследования позволили сформулировать методику пересчет совокупности N оценок значений векторов наблюдения $\theta_k(i)$ из системы координат (СК) дискретизированного изображения в нормальную СК. Данная методика позволяет получить прямоугольные координаты объекта по данным координат на изображении. Необходимость пересчета в прямоугольные координаты вызвана низким качеством работы алгоритмов фильтрации траекторий по угловым координатам. Данный недостаток обусловлен появлением эффекта «кажущихся ускорений», что вызывает необходимость компенсации собственного движения носителя.

Для осуществления внутрикадровой обработки входного воздействия использовалась библиотека компьютерного зрения OpenCV [3]. На базе данной библиотеки были разработаны контурный и корреляционный алгоритмы поиска и детектирования объекта на целевом изображении.

Межкадровая обработка оптико-локационной информации осуществлялась последовательно во времени (от кадра к кадру ОЛС) по мере поступления новых разовых отметок от устройства внутрикадровой обработки. С учетом возможных моделей движения наблюдаемых объектов рассматривались фильтры Калмана 0-го, 1-го, 2-го порядков; фильтра Сингера 0-го и 1-го порядка; IMM фильтра, включающего в себя все перечисленные выше фильтры.

Результаты и их обсуждение. Сформированное входное воздействие подавалось на вход различных фильтров координат и параметров межкадровых траекторий наблюдаемых объектов и их размеров [2]. Было установлено, что неадаптивные алгоритмы фильтрации позволяют снизить значение суммарной ошибки измерения местоположения только в случае наблюдения маневрирующего объекта и при соответствии моделей задающего и возмущающего воздействия моделям, положенным в основу синтеза фильтра. Однако, в процессе при фильтрации координат и параметров маневрирующей цели либо в том случае, когда порядок полинома регулярной части модели задающего воздействия выше порядка полинома, заложенного в алгоритм экстраполяции фильтра, возникает динамическая ошибка, которая существенно снижает качество фильтрации, а в некоторых случаях может привести к срыву сопровождения. Использование IMM фильтра позволило снизить значение суммарной ошибки измерения в 3-5 раз для всех условий моделирования и скомпенсировать возникающие динамические ошибки. Введение в IMM фильтров с моделями движения по Сингеру 0-го и 1-го порядков обеспечило минимизацию дисперсии ошибок фильтрации при смене модели движения наблюдаемого объекта цели и во время его маневра совместно с фильтром Калмана второго порядка.

Заключение. Таким образом, обобщенная структура оптико-локационного координатора для БПЛА позволяет решать задачи однократного (поиска, обнаружения, распознавания) и последовательного межкадрового автоматического сопровождения неподвижных и движущихся одиночных и групповых наземных объектов на фоне поверхности земли в лабораторных условиях.

1. Цуприк С.В., Солонар, А.С., Гуцев, Р.А. Аппаратно-программный имитатор воздушной обстановки для оптико-локационной системы с подвижной оптической системой.
2. Солонар А.С., Гуцев, Р.А., Цуприк, С.В., Бабарека, А.С. Особенности реализации имитатора воздушной обстановки с помощью графических интерфейсов OpenGL и Unity3D.
3. Солонар А.С., Цуприк, С.В. Модель входного воздействия для оптико-локационной системы зенитного ракетного комплекса с подвижной оптической системой.

МЕТОД МАЖОРАНТНЫХ УРАВНЕНИЙ Л.В. КАНТОРОВИЧА ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАТРИЧНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

Чернявский М.М.

*магистрант ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь
Научный руководитель – Трубников Ю.В., доктор физ.-мат. наук, профессор*

Существующие в настоящее время численные алгоритмы решения матричных нелинейных уравнений, как правило, применимы к ограниченным классам уравнений, являются времязатратными и неудобными в программировании. Поэтому разработка новых более удобных методов решения матричных нелинейных уравнений и их модификаций является актуальной. В связи с этим, в настоящей работе была поставлена цель – адаптировать метод мажорантных уравнений решения операторных уравнений в банаховом пространстве на случай матричных нелинейных уравнений.

Материал и методы. Материалом исследования являются нелинейные матричные уравнения и метод мажорантных уравнений Л.В. Канторовича решения операторных уравнений в банаховом пространстве. Методы исследования: аналитические и численные с использованием пакета компьютерной математики Maple 2015.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим скалярное уравнение (1):

$$f(x) = 0, \quad (1)$$

где $f(x)$ – выпуклая функция действительного аргумента, то есть имеющая на области определения возрастающую производную.

Часто на практике бывает удобно решать уравнение (1) методом простой итерации [1, с. 70], то есть путем приведения данного уравнения к виду (2):

$$x = \varphi(x). \quad (2)$$

Таким образом, получаем последовательные приближения (3):

$$x_{n+1} = \varphi(x_n). \quad (3)$$

Несложно убедиться в том, что если графики функций $y_1 = x$ и $y_2 = \varphi(x)$ пересекаются в двух точках с абсциссами, например, x_* и x_{**} ($x_* < x_{**}$), то есть, если уравнение (2) имеет два различных решения, то последовательность приближений (3) сходится к решению x_* .

Рассмотрим матричное нелинейное уравнение вида (4) с заданными комплексными матрицами A_k и B_k размера $[m \times m]$.

$$X = \sum_{k=0}^n A_k X^k B_k \quad (4)$$

Обозначим

$$F(X) = \sum_{k=0}^n A_k X^k B_k. \quad (5)$$

Суть метода мажорантных уравнений для решения уравнения (5) заключается в следующем. Для начала необходимо оценить норму $\|F(X)\|$:

$$\|F(X)\| \leq \sum_{k=0}^n \|A_k\| \cdot \|B_k\| \cdot \|X\|^k = \sum_{k=0}^n p_k t^k, \quad (6)$$

где $p_k = \|A_k\| \cdot \|B_k\|$, $t = \|X\|$.