РАБОТОСПОСОБНОСТЬ АЛГОРИТМОВ ПРЕДСКАЗАНИЯ КАЛМАНОВСКОГО ТИПА И ВОЗМОЖНОСТИ РАНДОМИЗАЦИИ ПРИ НЕИЗВЕСТНЫХ, НО ОГРАНИЧЕННЫХ ПОМЕХАХ В НАБЛЮДЕНИИ

К. С. Амелин, О. Н. Граничин

Санкт-Петербургский государственный университет, С.-Петербург

Задача о предсказании значений случайного процесса, порождаемого белым шумом, пропущенным через линейный фильтр, является наиболее типичной для калмановской фильтрации. Изучение случая наблюдений со статистическими погрешностями восходит к пионерским работам Калмана и Бьюси и к настоящему времени представляется вполне законченным. Наряду со статистическими развиваются и минимаксные постановки задач, в которых о неопределенностях предполагается только ограниченность в каком-либо смысле, а в остальном они могут быть произвольными. В таких постановках обычно удовлетворяются получением предсказаний в виде множеств, у которых размеры стабилизируются с течением времени. При этом практически не рассматриваются возможности получения обоснованных точечных оценок. Дальнейшее практическое использование оценок-множеств ведет к сложным задачам робастной устойчивости.

В докладе рассматривается смешанная постановка задачи, при которой предполагается, что порождающие исследуемый процесс неопределенности имеют статистическую природу, а наблюдения производятся с неизвестными, но ограниченными помехами. Практическим примером является навигационная система легкого беспилотного летательного аппарата, разработанного авторами при поддержке корпорации ИНТЕЛ и лаборатории СПРИНТ математико-механического факультета СПбГУ. Обычно динамика движения летательного аппарата в воздухе возмущается горизонтальными и вертикальными порывами воздушных масс, которые обоснованно можно считать случайными. В разработанной авторами модели позиционирование осуществляется с помощью GPS датчика, который на практике часто выдает смещенные координаты. Если коэффициенты преобразования сигнала в канале наблюдения являются известными случайными независимыми величинами, то теоретически оказывается возможным построение и хороших точечных прогнозов.

Основная идея оригинального нового способа базируется на преобразовании уравнения модели наблюдений. Если формально левую и правую части соответствующего уравнения домножить на рандомизированный центрированный вектор коэффициентов преобразования сигнала в канале наблюдения, то для «новой» последовательности наблюдений получается модель с центрированной статистической неопределенностью. Применение к этой модели традиционных калмановских подходов к прогнозированию позволяет сформулировать и обосновать новые алгоритмы прогнозирования. Серия проведенных авторами имитационных экспериментов показывает, что рандомизированный фильтр дает при определенных условиях лучшее качество фильтрации по сравнению с минимаксными алгоритмами. Практическая апробация нового рандомизированного алгоритма в системе навигации легкого беспилотного летательного аппарата пока сдерживается трудностями в понимании способов реализации рандомизации процессов наблюдений, которые, как мы надеемся, будут преодолены в ближайшее время.

Доклад представлен на тематическую секцию "Методы калмановской фильтрации в задачах навигации".