

РАЗРАБОТКА РОБАСТНОГО АЛГОРИТМА ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЛИПСОИДАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ

Аннотация. Разработан метод оценивания линейных многомерных динамических управляемых систем, возмущаемых только по одной фазовой координате. В системе также доступна измерению только одна фазовая координата, по которой не действует возмущение. Создан робастный алгоритм эллипсоидального оценивания, минимизирующий след матрицы эллипсоида, который аппроксимирует допустимое множество точечных оценок. Применение метода и работоспособность алгоритма показаны на примере оценивания курсового угла искусственного спутника Земли в процессе его движения по орбите. Для оценивания используются показания бортовых построителя местной вертикали и датчиков угловой скорости.

Ключевые слова: робастный алгоритм гарантированного эллипсоидального оценивания, ориентация искусственного спутника Земли, гироскопический датчик угловой скорости, инфракрасный построитель местной вертикали.

ВВЕДЕНИЕ

В статье приводится алгоритм гарантированного эллипсоидального оценивания состояний линейной динамической системы и показана его работа при оценивании ориентации искусственного спутника Земли. Условия, на основании которых применяется алгоритм: внешнее возмущение действует на систему по всем фазовым координатам либо только по одной из них; измерение, содержащее помеху, проводится только по одной фазовой координате; возмущаемая и измеряемая координаты в общем случае не совпадают. О возмущении и помехе известны только их граничные значения, а их статистические и динамические характеристики неизвестны. Система считается полностью управляемой и наблюдаемой. Разомкнутая система может быть неустойчивой, но в замкнутом состоянии становится устойчивой. Необходимо оценить возможное фазовое состояние системы. Для этого сначала строится множество достижимости возможных состояний системы [1], представляющее эллипсоидальную аппроксимацию суммы эллипсоида начального состояния системы (или очередной оценки) и эллипсоида помехи (либо в частном случае отрезка). Решение для частного случая, полученное в работе [2], оптимально по критерию минимума объема аппроксимирующего эллипсоида. Для невырожденного случая, когда оба множества являются эллипсоидами, решение приведено в [1]. В работе [3] получено решение по критерию суммы четвертых степеней полуосей результирующего эллипсоида.

Удобным критерием является минимизация следа матрицы результирующего эллипсоида, поскольку предложенный в данной работе алгоритм имеет прямую аналогию со статистическим оцениванием и, как будет показано далее, не требует сложных вычислений. Если это не приведет к большой потере точности оценки, то целесообразны некоторые упрощения алгоритма. В работе [4], например, был предложен упрощенный способ получения эллипсоида без трудоемкой процедуры обращения матрицы исходного эллипсоида. Это позволило упростить вычисления за счет незначительного отступления от оптимальности и использовать вырожденную матрицу.

Поскольку система наблюдаема, то возможно уточнение множества ее состояний по результатам измерений. Это уточнение представляет собой эллипсоидаль-