

В. И. Борисов, В. М. Зинчук, О. А. Крынина (Воронеж, ОАО Концерн «Созвездие»). Совместное обнаружение и фильтрация сигналов при неизвестных вероятностях их появления и случайных пропаданиях.

В реальных системах радиолокации, навигации, связи и др. чаще всего оцениваемый параметр изменяется в течение времени наблюдения; например, при обнаружении и оценивании параметров маневрирующих летательных аппаратов и др [1–4]. В этих случаях, как известно, оптимальной является фильтрация (оценивание) Калмана–Бьюси, однако, фильтр Калмана оптимален только тогда, когда наблюдаемый сигнал, хоть и изменяется в течение времени, но всегда (с вероятностью единица) содержится в наблюдении.

Существует широкий класс задач в радиотехнических системах, когда фильтрацию изменяющегося во времени случайного сигнала (оценивание параметра сигнала) приходится осуществлять в условиях его *случайного пропадания* в наблюдаемых реализациях, т. е. возникают ситуации, когда имеют место две гипотезы: H_1 — сигнал присутствует в наблюдаемой реализации, и имеют место стохастические пропадания и H_0 — сигнал отсутствует в наблюдении.

В данной работе рассматривается задача синтеза рекуррентного оптимального алгоритма совместного обнаружения и обобщенной калмановской фильтрации сигналов на фоне помех для случая неизвестных вероятностей гипотез H_1 и H_0 , при этом используется подход, развитый в работах [5–7].

Принципиальное отличие предполагаемого подхода состоит в том, что при гипотезе H_1 в каждом k -м интервале возможно случайное пропадание сигнала в наблюдении, т. е. гипотеза H_1 является сложной и состоит из 2^k частных гипотез.

Требуется по наблюдаемым реализациям случайного процесса за k интервалов времени одновременно с обнаружением сигнала оценить и вектор его параметров. В общем случае значения оцениваемого параметра на разных интервалах могут быть различными.

Структура искомой системы совместного обнаружения и оценивания (фильтрации) на k -м шаге заданы решающими правилами обнаружения и оценки. Рассматривается случай *сильной* связи между процедурами обнаружения и фильтрации, когда оценка принимается при условии вынесения решения о наличии сигнала и отвергается в случае принятия решения об его отсутствии в течение времени наблюдения. Критерий оптимальности сформулирован в виде задачи на условный экстремум.

Приведен конкретный пример синтеза системы совместного обнаружения и фильтрации для случая, когда возможны пропадания сигнала в наблюдении при гипотезе H_1 .

Отличие данной модели от имеющихся ранее состоит в том, что при гипотезе H_1 в каждом k -м интервале возможно случайное пропадание сигнала в наблюдении ($\alpha_k = 0$) или его наличие ($\alpha_k = 1$). Рассмотрен случай, когда последовательность $\{\alpha_k\}$ является марковской.

Задача состоит в оценке (выделении) на k -м шаге (после наблюдения случайного процесса) сигнала одновременно с обнаружением факта его наличия в интервале из k шагов.

В данной работе показано, что алгоритм получения оценки имеет форму, аналогичную калмановскому фильтру (при $\alpha \equiv 1$ получается классический вариант фильтра Калмана).

Достоинством синтезированного алгоритма является то, что оптимальная в условиях неопределенности система обнаружения-фильтрации использует весовую комбинацию классических операций вычисления отношений правдоподобия и калмановских оценок, модифицированных для случая стохастического пропадания сигнала в процессе наблюдения.

Приведена структурная схема оптимального алгоритма совместного обнаружения-фильтрации с использованием в блоке оценивания обобщенного фильтра Калмана.

Проведен численный анализ эффективности синтезированного алгоритма и приведены результаты его моделирования на ЭВМ [8, 9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузырев В. А., Гостютина М. А. Алгоритмы оценивания параметров движения летательных аппаратов. — Заруб. радиоэлектроника, 1981, № 4, с. 3–25.
2. Гриценко Н. С., Кириченко А. А., Коломейцева Т. А., Логинов В. П., Тихомирова И. Г. Оценивание параметров движения маневрирующих объектов: Обзор. — Заруб. радиоэлектроника, 1983, № 4, с. 3–30.
3. Пузырев В. А., Клевцов В. В. Проектирование оптимальных радиотехнических следящих систем: Обзор. — Заруб. радиоэлектроника, 1983, № 4, с. 31–46.
4. Бочкарев А. М., Юрьев А. Н., Долгов М. Н., Щербинин А. В. Цифровая обработка радиолокационной информации при сопровождении целей: Обзор. — Заруб. радиоэлектроника, 1991, № 3, с. 3–22.
5. Зинчук В. М. Синтез алгоритмов одновременного многоальтернативного обнаружения и оценки параметров сигналов в условиях априорной неопределенности. — Техника средств связи. Сер. техн. радиосвязи, 1976, в. 7(24), с. 11–21.
6. Зинчук В. М. Синтез оптимальных многоальтернативных обнаружителей в условиях априорной неопределенности относительно вероятностей появления сигналов. — Техника средств связи. Сер. техн. радиосвязи, 1979, в. 7, с. 7–2.
7. Зинчук В. М., Якименко С. Ю. Синтез оптимальных алгоритмов многоальтернативного совместного обнаружения и оценки параметров при неизвестных вероятностях появления обнаруживаемых сигналов. — Автомат. телемех., 1983, № 2, с. 102–114.
8. Зинчук В. М., Крынина О. А. Синтез и анализ оптимальных алгоритмов совместного обнаружения и фильтрации сигналов при неизвестных вероятностях их появления и случайных пропадающих в течении времени наблюдения. — Вторая международная научно-техническая конференция: Кибернетика и технологии XXI века. Россия, Воронеж, 23–24 октября 2001 г. Труды конференции, с. 407–438.
9. Зинчук В. М., Крынина О. А. Оптимальное совместное обнаружение — фильтрация сигналов при неизвестных вероятностях их появления и случайных пропадающих в течение времени наблюдения. — Восьмая международная научно-техническая конференция: Радиолокация, навигация, связь. Россия, Воронеж, 23–25 апреля 2002 г. Труды конференции, т. 3, с. 1759–1780.