

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ СООТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.И. Марченко*, канд. техн. наук, Д.А. Коваленко*, Е.П. Шапошникова**, канд. техн. наук

*Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба

**Харьковский национальный автомобильный университет

Рассмотрена задача анализа временных соотношений в подсистеме обнаружения летательных аппаратов на основе построения блочной модели ее функционирования.

* * *

Розглянута задача аналізу часових співвідношень у підсистемі виявлення літальних апаратів на підставі побудови блокової моделі її функціонування.

* * *

The task of the analysis of temporary parities in a subsystem of detection of flying devices is considered on the basis of construction of a block model it of operation.

Постановка проблемы

Системы управления боевыми действиями сил и средств в воздушном пространстве представляют собой традиционный объект моделирования не только в силу своей сложности, но и в силу опасности натурных экспериментов. В таких автоматизированных системах управления специального назначения важнейшее место занимает подсистема обнаружения летательных аппаратов (ПОЛА), которая является источником радиолокационной информации для лиц боевых расчетов на пунктах управления. В качестве основного критерия оценки эффективности ПОЛА можно принять время t , необходимое для формирования данных о положении и скорости летательных аппаратов с заданной точностью. Вероятностные характеристики времени t могут быть точно исследованы только при полном моделировании всей, многократно замкнутой, системы управления, что является сложной задачей.

Анализ последних достижений

Имеется достаточно много работ посвященных вопросам моделирования [1,2] и оценки временных задержек в информационных системах [3]. Однако большей частью в них рассматриваются процессы передачи данных в сетях и не учитываются специ-

фические особенности ПОЛА.

Выделение нерешенной проблемы

На ранних этапах проектирования для построения полной модели нет необходимых данных. Поэтому при компоновке системы из известных и хорошо изученных порознь подсистем целесообразным будет применение метода блочного моделирования, когда подсистемы заменяются простыми эквивалентными операторами. При этом отработку отдельных компонентов (алгоритмов, устройств) удобнее проводить с использованием частичного моделирования, то есть рассматривать их как бы «вырезанными» из общей структуры системы.

Целью работы является разработка блочной математической модели для исследования временных соотношений в ПОЛА.

Представим исследуемую систему блочной моделью, в которой время $t = t_a + t_{ож}$, где t_a - собственно необходимое время, затрачиваемое при последовательных этапах обработки в аппаратурных устройствах ПОЛА, $t_{ож}$ - время ожидания, которое расходуется перед началом обработки информации в последующих аппаратурных устройствах. Пусть

$t_a = t_{a1} + t_{a2} + t_{a3}$, где t_{a1} - время, затраченное на обнаружение летательного аппарата (ЛА), t_{a2} - время, требуемое на сглаживание (сбор и обработку) данных о ЛА, t_{a3} - время, затраченное на формирование информации о ЛА для операторов (потребителей). Время $t_{ожс} = t_{ожс1} + t_{ожс2}$, где $t_{ожс1}$ - время ожидания перед сглаживанием, $t_{ожс2}$ - время ожидания перед формированием информации. Приближенно считаем, что времена t_{ai} , $i = 1, 2, 3$ определяются свойствами аппаратных компонентов системы (устройства обнаружения, сглаживающего фильтра, буферных устройств формирования информации), а времена $t_{ожсj}$, $j = 1, 2$ - взаимодействием этих устройств при обработке потока входных данных.

На основании изложенного процесс исследования разбиваем на два этапа. Первый характеризуется автономным исследованием элементов системы на частичных моделях. По его результатам строятся распределения вероятностей соответствующих временных составляющих. На втором этапе проводится анализ взаимодействия элементов блочной модели, которые заменяются упрощенными операторами, полученными на основании результатов первого этапа.

Модель ПОЛА представим графически (рис.1), на котором блок 1 обеспечивает имитацию информационного потока о ЛА, блок 2 воспроизводит процесс обнаружения, блок 3 имитирует процесс сбора и сглаживания новых данных об обнаруженном ЛА, блок 4 совместно с узлами Р (распределитель) и Н (накопитель) моделируют работу программ формирования и выдачи информации потребителю.

Имитация потока ЛА, поступающих в зону обнаружения радиолокационных средств в моменты времени t_1, t_2, t_3, \dots , задается векторами и для i -го

ЛА имеем:

$$\Psi_i = \|\|t_i, \kappa_i, \gamma_i\|\|, \quad (1)$$

где κ_i - признак, характеризующий пространственные (траекторные) параметры ЛА, γ_i - параметр, определяющий его отражающую поверхность.

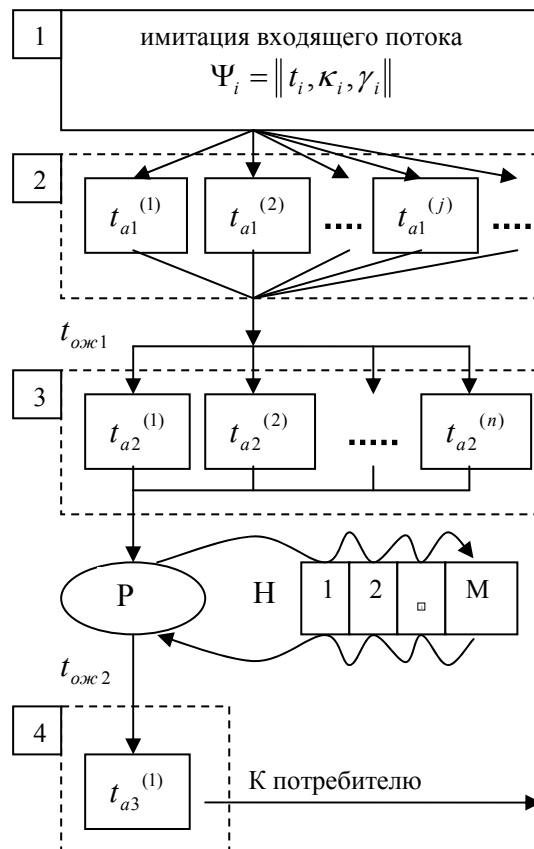


Рис.1. Модель ПОЛА

Полагаем, что составляющие вектора Ψ_i являются случайными величинами. Дискретизируем признак κ_i , задав его возможные значения $\kappa^{(1)}, \dots, \kappa^{(n_1)}$ и связав с ним типовые детерминированные траектории. При анализе ситуации со слабоманеврирующими ЛА представляет интерес применение теории нечеткого управления [4]. Для очередного ЛА значения $\kappa^{(r)}$ выбираются по жребию в соответствии с заданными вероятностями $p_r, r = 1, 2, \dots, n_1$. Признак γ_i дискретизируется

аналогично.

Рассматривая процесс обнаружения, предполагаем, что радиолокационное средство с накопителем и пороговой схемой, имеет период обзора $T_{обз}$ много больший, чем интервал T между зондирующими импульсами. Аналитический расчет характеристик обнаружения здесь весьма затруднителен, в то время как частичное моделирование представляется совершенно естественным. Изменение дальности ЛА и его отражающей поверхности при движении по траектории вызывает медленное (по сравнению с периодом T) изменение мощности сигнала $\alpha^2(t)/2$. Тогда вероятность обнаружения ЛА на одном обзоре может быть определена для заданной зависимости сигнала ($\alpha^2(t)/2$) и шума σ^2 от времени, то есть для каждой возможной траектории Ψ_i . Выполнив частичное моделирование для нескольких последовательных обзоров, можно построить распределение времени обнаружения t_{a1} для любого заданного критерия обнаружения. Так, например, считая ЛА обнаруженным при первом превышении порога в накопителе и полагая вероятности обнаружения (для простоты дальнейшего анализа) на всех обзорах одинаковыми и равными $p = p_i(\Psi_i)$, получим геометрическое распределение

$$P(t_{a1} = iT_{обз}) = (1 - p)^{i-1} p. \quad (2)$$

Такое распределение позволяет представить процесс обнаружения в блочной модели множеством параллельно соединенных блоков $t_{a1}^{(j)}$, $j = 1, 2, \dots$, вырабатывающих реализации случайных задержек t_{a1} с учетом признаков Ψ_i (см. рис.1). Полученная схема соответствует тому, что накопление сигналов в устройстве обнаружения происходит одновременно при любом количестве ЛА, находящихся в зоне обзора.

Алгоритмы сглаживания в рассматриваемой

системе реального времени используются для построения траекторий движения ЛА по результатам радиолокационных измерений их координат. При этом появляется возможность экстраполяции на некоторый интервал времени, что дает компенсацию запаздывания. Считаем, для простоты, что машинное время, затраченное на сглаживание невелико и не служит ограничением. В течение времени t_{a2} (один или несколько периодов обзоров $T_{обз}$) все сглаживаемые измерения или промежуточные результаты сглаживания хранятся в памяти вычислителя, размеры которой ограничивают максимальное число n одновременно сглаживаемых траекторий. Поэтому в модели (см. рис.1) имеют место n параллельно включенных блоков – каналов сглаживания $t_{a2}^{(l)}$, $l = 1, 2, \dots, n$. При поступлении данных об очередном обнаруженном ЛА занимается один из свободных каналов $t_{a2}^{(l)}$. Если все они заняты, то в течение $t_{ожс1}$ данные ожидают освобождения канала, постоянно обновляясь от источника. Размер очереди в этом случае не ограничен. По мере освобождения каналов поступление данных из очереди на сглаживание происходит в случайном порядке.

Рассмотрим процесс формирования и выдачи информации для оператора. Узел Р производит передачу информации, поступившей из каналов $t_{a2}^{(l)}$ в блок 4, или, в случае его занятости, - в накопитель Н, в котором может разместиться не более М сообщений. При освобождении блока $t_{a3}^{(1)}$ узел Р передает на формирование информацию из массива М в порядке ее поступления. Время ожидания информации в массиве и есть время $t_{ожс2}$. Время формирования и выдачи данных t_{a3} считается случайным и имитируется в блоке $t_{a3}^{(1)}$ в соответствии с заданным распределением (зачастую t_{a3} - постоянно). Тогда общее время сбора и обработки

данных по рассмотренной модели ПОЛА по i -му ЛА составит:

$$t_0(i) = \sum_{q=1}^3 t_{aq}(i) + \sum_{s=1}^2 t_{ожс}(i), \quad (3)$$

где $t_{aq}(i)$ - значение времени фактически полученное при обработке информации в q -м аппаратурном блоке по i -му ЛА, $t_{ожс}(i)$ - значение s -ой задержки (ожидания) перед обработкой в аппаратурном блоке фактически полученное по i -му ЛА.

В процессе моделирования необходимо фиксировать и статистически обрабатывать не только времена $t_0(i)$, но и времена запаздывания на отдельных этапах обработки $t_{ожс}(i)$ и фактическую загрузку массива N (длину очереди). При этом следует учитывать корреляцию между последовательными значениями длины очереди. Это, в свою очередь, позволяет найти проблемные места разрабатываемой системы и принять соответствующие проектные решения.

Выводы

Представленная в статье методика построения блочной модели специфической системы является удобным аппаратом, позволяющим уже на первичном этапе проектирования принять правильные решения. Несмотря на принятые упрощения, она приемлема для приближенного исследования и анализа в тех случаях, когда не представляется возможным,

ввиду отсутствия необходимых данных, полное и детальное моделирование.

Литература

1. Шарейко Л.А. Комплексный анализ сетей передачи данных. – Винница: Універсум-Вінниця, 1998. – 183с.
2. Кулик Ю.А., Рева А.А., Момот М.А. Информационная модель структуры сети связи и передачи данных// Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 1'2003. – Харків: "ХАІ", 2003. – С.61-66.
3. Кучук Г.А., Пашнев А.А., Калашник Д.Н. Аналитическая оценка средней задержки информационного пакета// Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Вип. 2.- Харків: ХВУ, 2003. – С. 104-108.
4. Хачатуров В.Р., Руккас К.М., Просов А.В. Оценивание параметров траектории маневрирующей цели при использовании нечеткого управления коэффициентами усиления α и β фильтра// Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Вип. 1. – Харків: ХВУ, 2003. – С. 47-53.
5. Павлов В.М. Системный анализ сложных систем. – М.: МО РФ, 1999.
6. Справочник по вероятностным расчетам . – М.: Воениздат МО, 1986. – 400 с.

Поступила в редакцию 30.09.03

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Лосев Ю.И., Харьковский военный университет, г. Харьков