

6. Русіло П.О. Методика оцінювання рівня технічної досконалості однотипних зразків озброєння та військової техніки (на прикладі броньованих ремонтно-евакуаційних машин) / П.О. Русіло // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – № 2(30). – С. 82–85.

7. Русіло П.О. Проблемні питання щодо стану та перспектив розвитку навчально-тренажерних засобів для механізованих і танкових підрозділів / П.О. Русіло // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 2 (22). – С. 61–64.

8. <http://www.mil.gov.ua/news/2014/01/16/kursantiv-ta-oficeriv-vijskovoї-akademii-navchayut-osnovam-bezavarijnoї-ekspluataczii-transportnih-zasobiv-u-zimovih-umovah/>

9. http://simulator.ua/ru/simulators/driving_simulators/trucks.html

Рецензент: д.т.н., проф. Ю.В. Шабатура, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

Применение метода прогрессирующего эталона в системах с неполной информацией

Р.В. Кузьменко, О.М. Зеленюх

В статье проведен анализ метода прогрессирующего эталона на примере учебно-тренажерных комплексов подготовки и переподготовки водителей, с определением как его преимуществ, так и недостатков. А также предложено его модификацию в случае применения к системам с разнородной и неполной информацией.

Ключевые слова: уровень технического совершенства, метод прогрессирующего эталона, оценка по неполной информации, функция полезности.

Application of progressive benchmark systems with incomplete information

R. Kuz'menko, O. Zelenyuch

This paper analyzes the method of progressive reference to the example of teaching and training simulators training and retraining of drivers, the definition of its advantages as well as disadvantages. And it proposed a modification in the case of the systems of heterogeneous and incomplete information.

Key words: level of technical excellence, progressive standard method, estimation with incomplete information, the utility function.

Н.И. Матюхин, А.М. Набока

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЛИК РАДИОГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЛОКАТОРОВ, СОЗДАВАЕМЫХ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ПОТОКА ОБЪЕКТОВ В СИТУАЦИЯХ КОНФЛИКТА, И ПОСТРОЕНИЕ НА ИХ ПРИМЕРЕ СИСТЕМНОЙ ТЕОРИИ РАДИОЛОКАЦИИ

В кратком виде изложено содержание разработанной системной теории радиолокации. Главной идеей построенной теории является определение понятия „состояние системы”, которая должна объединять все системные параметры системы и внешней среды, определять концепцию системы и служить главным системным показателем качества. Ведущими идеями теории являются: описание динамики функционирования системы и динамики конфликтного взаимодействия системы с внешней средой. Этот процесс описывается в форме дифференциальной игры "наблюдение-противодействие". Определяются границы системотехники радиолокации и уточняются понятия системного военно-технического проектирования. Сформулированы задачи синтеза, управления и двустороннего конфликтного управления состоянием системы. Расширяются на системном уровне вопросы, связанные с радиоголографией. Предлагаются на уровне устройств методы линейной и нелинейной голографической обработки волнового поля, предназначенные для сокращения числа антенных позиций. Приводятся модельные примеры построения радиоголограмм – графических локаторов различной степени сложности. На системном уровне рассматриваются вопросы синхронизации антенных позиций, автофокусировки и юстировки обшей антенны с помощью навигационной системы. Разрабатываются методы отыскания уравнений состояния, динамики и конфликта однофункциональных, многофункциональных и многолинейных подсистем.

Ключевые слова: системная теория радиолокации, динамическая радиоголографическая информационная система дальнего обнаружения, системотехника радиолокации, двустороннее конфликтное управление, дифференциальная игра "наблюдение-противодействие".

Продолжение статьи, напечатанной в ВТЗ-11.

3. Системная теория радиолокации. Разработка системной теории нацелена на определение закономерностей создания и поведения системы, создание собственного системного математического и методического аппарата для полного и строгого описания ее состояния и поведения [1-5]. Основу теории составляют задачи синтеза, анализа, управления и взаимодействия. Описание строится на отношении системы с внешней средой в форме конфликта и взаимной адаптации. Количественное отношение системы и внешней среды описывается функционалом близости, который представляет собой интегральное отношение невязки их состояний к арендной стоимости системы. В двумерном случае для пояснения сущности и геометрической интерпретации конфликта функционал близости представим в виде разности квадратов системных параметров системы ($u^2(t)$) и внешней среды ($v^2(t)$). Тогда отношение системы и внешней среды будет описываться двумерной поверхностью второго порядка в форме седла. Если отображающая точка совпадает с седловой точкой, то это соответствует случаю, когда ресурсы и системные параметры взаимодействующих систем равны и они не заинтересованы в выходе из этого равновесного состояния. Взаимодействующие системы после оптимизации своих параметров вышли из состояния конфликта. Если отображающая точка находится в какой-то плоскости ($v = const$) и движется по какой-то кривой ($u = var$), то это соответствует случаю, когда решается задача оптимизации или управления состоянием системы. Наконец, если отображающая точка находится на поверхности и движется по произвольной кривой, то это соответствует случаю взаимной адаптации систем и внешней среды.

Таким образом, системное, полное и многомерное описание состояния и поведения системы сводится к решению задач синтеза, управления и адаптации. Они определяют возможности создания системной теории и основные идеи ее построения. Задача анализа является производной от основных или определяющих задач. Она включает определение общесистемных характеристик и оценку текущих ТТХ. Основными идеями построения системной теории являются: 1) объединение системных параметров системы и внешней среды (описание в статике) – главная идея; 2) управление состоянием (описание в динамике) – первая ведущая идея; игровое двустороннее конфликтное управление состоянием системы (взаимная адаптация) – вторая ведущая идея. Три основные идеи создания теории отражают три класса ситуаций, которые возникают при реальном функционировании системы:

1) равновесная (состояние покоя); 2) динамическая (состояние развития поведения); 3) адаптивная (состояние взаимного развития поведения). Трех

ситуациям функционирования соответствуют три класса состояния системы и внешней среды: согласование или оптимизация (статика); отслеживание внешней среды (динамика системы, управление); взаимное отслеживание (взаимная адаптация системы и внешней среды). Им соответствуют три класса стратегий системы и внешней среды: равновесия, отслеживания и взаимного отслеживания ресурсов взаимодействующих сторон. Им также соответствует три тактики сторон, которые включают те же действия, но только по отношению к системным параметрам. Им соответствуют три идеализированных системных математических модели: многомерная системная математическая модель в статике; многомерная системная математическая модель в динамике; многомерная системная математическая модель игрового взаимодействия (в состоянии конфликта). Им также соответствуют три функциональных уравнения: состояния, динамики и конфликта. Наконец, им соответствуют три класса радиолокационных систем: статические, динамические и адаптивные.

Для описания состояния системы предлагается новое определение состояния системы, которое объединяет системные параметры самой системы и внешней среды. Для описания динамики функционирования отыскивается уравнение динамики и решается задача многомерного отслеживания входного воздействия как задача оптимального управления. Для описания динамики конфликтного взаимодействия отыскивается уравнение конфликта и решается задача двустороннего оптимального управления состоянием одного объекта – информационной системы – в форме дифференциальной игры «наблюдение-противодействие».

В работе впервые вводится понятие состояния системы, под которым понимается абстрактный термин (слово), который обозначает факт существования системы и ее элементов, готовность и способность выполнять свои функции и удовлетворять требованиям системности – является общесистемной характеристикой, объединяет все устройства и все системные параметры самой системы и внешней среды, включая и время действия, определяет концепцию (цель) системы, является главным системным показателем качества. В работе предлагается время выполнения радиолокационных операций и полной совокупности операций в многофункциональных локаторах принимать за состояние системы, которое объединяет все системные параметры самой системы и внешней среды замкнутом виде. Таким образом, в отличие от байесовского подхода, в котором состояние отдельных устройств описывается на языке вероятностей, в работе предлагается состояние системы описывать на языке времени. Величина, обратная времени выполнения радиолокационных операций, есть плотность потока обслуженных объектов (частота обслуживания), а

интеграл от нее – сам поток или число обслуженных объектов в системе к текущему моменту времени.

Далее разработанная системная теория описывается в кратком виде по разделам.

3.1. Методологические основы построения динамических и адаптивных радиолокационных систем. В разделе приводится понятие системного военно-технического проектирования. Разрабатываются методологические аксиомы построения систем и системной теории. Определяются этапы развития (поколения) локаторов, включая перспективные информационные системы. Определяются проблемные задачи современной и перспективной радиолокации и предлагаются пути ее развития. Формулируется научная проблема и определяется схема исследований. Научными положениями являются: аксиоматический принцип системного военно-технического проектирования, методологические аксиомы построения системы и системной теории, концепция теории, главная и ведущие идеи, классификация систем по поведению.

3.2. Методы конфликтного управления состоянием информационной системы. Рассматриваются методы управления состоянием системы. Научными положениями являются методы: прямого управления системными параметрами; формирования типовых подсистем и элементарных локаторов; двустороннего конфликтного управления состоянием системы; двусторонней взаимной адаптации; силового преодоления активных и пассивных помех; управлением структурой и распределением единого ресурса. Задача управления ставится как задача на отыскание экстремума с ограничениями на движение системы. В теории оптимального управления такая задача в общем плане решена. Однако, при математической постановке задачи необходимо задать уравнение движения системы. Для радиолокационной системы отыскание уравнения состояния и динамики является непростым делом. Поэтому задача управления состоянием локатора ставится и решается как самостоятельная сложная научная проблема, которая входит в состав системной теории. В работе вначале решается задача синтеза, находится уравнение состояния, а затем находится уравнение динамики как производная по времени от уравнения состояния. Методом решения задачи управления является метод прямого управления системными параметрами, которое осуществляется в форме многомерного отслеживания входного и выходного воздействия. В результате решения экстремальной задачи вариационного исчисления определяются оптимальные значения всех системных параметров самой системы и внешней среды. В процессе проведения сеанса дифференциальной игры определяются характеристики динамики конфликта, которые включают (рис. 1): траектории изменения состояния системы, определяемые соотношением системных параметров системы ($u(t)$) и внешней

среды ($u(t)$); кривые, определяющие число объектов, входящих в зону обнаружения $N_{\text{вх}}(t)$ и выходящих из неё $N_{\text{вых}}(t)$. Эти кривые являются фазовыми ограничениями и определяют область существования игры. Конфликт состоит в том, что внешняя среда стремится как можно раньше вывести траекторию изменения состояния системы из области существования игры, а информационная система, наоборот, стремится не допустить этого, вводя дополнительный ресурс.

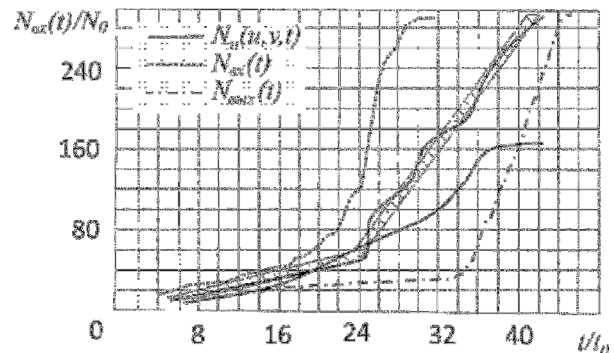


Рис. 1. Результаты моделирования характеристик динамики конфликта

3.3. Методы голографической обработки волнового поля в информационных системах, создаваемых на основе применения сферических, сплошных и кольцевых крупноапертурных антенн. Рассматриваются методы голографической обработки волнового поля. Научные положения составляют новые методы голографической обработки поля: 1) «пьедестала» (рис. 2, 3) (При когерентном объединении локаторов диаграммы направленности их антенн складываются таким образом, что более узкий лепесток располагается на более широком лепестке как на пьедестале.); 2) «вложенных» диаграмм направленностей антенн (В кольцевых антеннах с малым числом элементов в радиусе 5 калибров от главного лепестка создается приемлемый уровень боковых лепестков (рис. 4). Это позволяет выделить главный лепесток с помощью пространственного строба. При создании кольцевых антенн, у которых размеры смежных апертур отличаются на порядок, создается набор вложенных диаграмм направленностей, которые рассматриваются как пространственные стробы.); 3) «математических модулей» (рис. 5) (После определения параметров главного лепестка вводятся в обработку реально несуществующие антенные модули, которые участвуют в формировании диаграммы направленности антенны наравне с реальными);

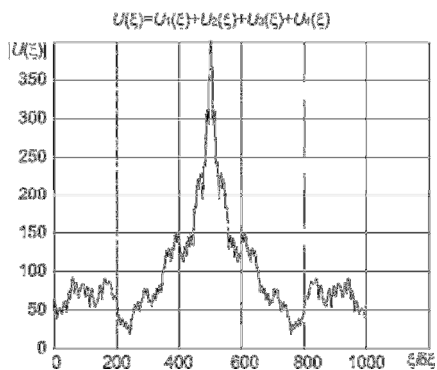


Рис. 2. Диаграмма направленности общей антенны когерентно-объединённой системы с четырьмя разночастотными локаторами, размещёнными на разных позициях

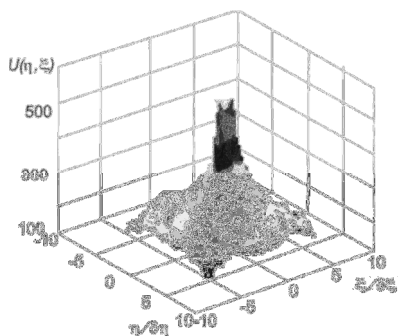


Рис. 3. Парциальные диаграммы направленности общей антенны когерентно-объединённой системы с 4-мя разночастотными локаторами, размещёнными на разных позициях для случая двух объектов наблюдения (метод “пьедестала”)

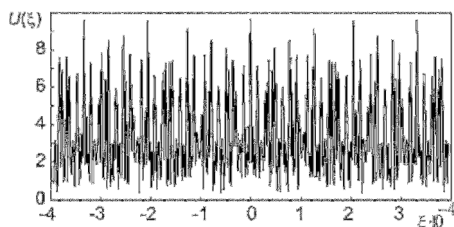


Рис. 4. Метод вложенных диаграмм направленностей антенн

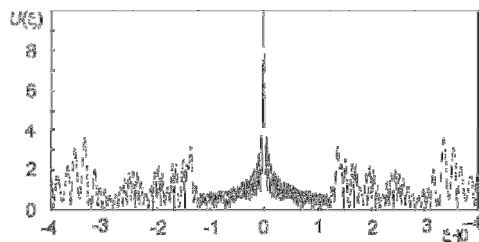


Рис. 5. Метод “математических модулей”

4) синфазное сложение пространственных и временных гармоник для получения изображения объекта с разрешением порядка длины волны (рис. 6); 5) перемножение пространственных гармоник с целью уменьшения уровня боковых лепестков; 6) получение изображения объекта при регистрации радиолограммы на поверхности произвольной

формы; формирование обзорного луча в сферической антенне; 7) обработка поля в сферической антенне. Исследовано влияние эффекта Доплера на структуру поля.

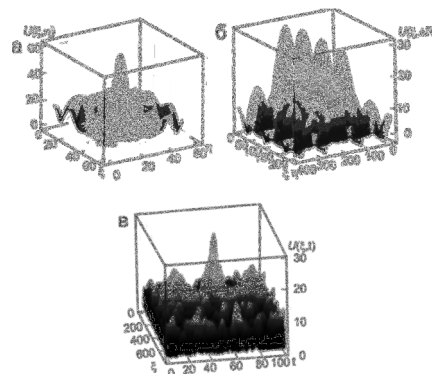


Рис. 6. Характеристики радиолографического локатора: а – диаграмма направленности антенны;

б – функция неопределенности измерения пространственной координаты и дальности фокусировки;

в – функция неопределенности измерения пространственной координаты и времени прихода отраженного сигнала

3.4. Методы построения и технический облик перспективных многопозиционных когерентных (радиолографических), многофункциональных, многочастотных, многолинейных информационных систем. Предлагаются методы построения перспективных многопозиционных пространственно-когерентных радиолокационных или радиолографических информационных систем (МППК РЛ или РГ ИС) и определяется их технический облик. Научные положения составляют методы построения и модельные примеры РГ ИС. Ниже приведены модельные примеры построения таких систем.

I. Системы, которые создаются на основе применения СА сферических антенн: 1) бортовая – для защиты летательного аппарата от внезапно появляющихся объектов (часть I, рис. 8–10); 2) аэродромная – для посадки самолета в условиях плохой видимости (часть I, рис. 12); 3) аэродромная – для предупреждения столкновения самолетов в аэропорту (рис. 11); 4) аэродромная – для создания зоны обнаружения в верхней полусфере без провалов; 5) бортовая – для широкомасштабного зондирования поверхности Земли; 6) бортовая – обзорная со сферической антенной дальнего действия (часть I, рис. 13).

II. Системы, которые создаются на основе применения КА антенн: 7) наземно-космического базирования (рис. 2); 8) бортовая кооперативная, создаваемая путем когерентного объединения антенных модулей, расположенных на отдельных самолетах, которые входят в состав группы (рис. 5);

III. Системы, которые создаются на основе применения СКА антенн: 9) межведомственная для наблюдения аэрокосмических объектов, которые

находятся над территорией небольшой страны и управления их движением, включая задачи радиоастрономии (рис. 3); 10) объединяющая существующие локаторы различного диапазона волн (рис. 6); 11) метрового диапазона волн, способная наблюдать объекты-невидимки и решать задачи наведения (рис. 7); 12) измерительная система с нелинейной голографической обработкой поля для снижения числа антенных позиций (до 10).

3.5. Методы синхронизации (фазировки), юстировки и автофокусировки среднеапертурных, крупноапертурных и сверхкрупноапертурных антенн. Рассматриваются методы синхронизации, юстировки и автофокусировки КА и СКА антенн. Научные положения включают: новые методы системной синхронизации, юстировки автофокусировки антенн. В основу методов синхронизации и юстировки положена идея выравнивания линий синхронизации и определения местоположения антенных позиций с точностью до $1/6$ длины волны. Первые два метода автофокусировки основаны на выделении объекта в пространстве и по времени прихода отраженного сигнала. Третий и пятый методы автофокусировки на передачу и прием распространяют метод Уотерса для случая равных эффективных поверхностей рассеивания объектов (элементов). Четвертый метод автофокусировки антенны на прием базируется на сглаживании радиоголограммы по пространству антенных позиций. Юстировка СКА антенны осуществляется с помощью системы GPS.

3.6. Основы системной теории оптимальных динамических радиолокационных систем. На основе нового понятия состояния системы, как на новой идейной основе, объединяются несколько самостоятельных разделов математики и строится собственный системный математический и методический аппарат для создания системного формального языка описания системы (СФМ) и отыскания уравнения состояния и динамики типовых подсистем. Понятие состояния системы поясняется на рис. 7.

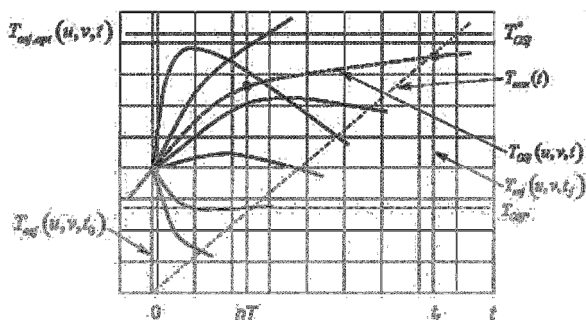


Рис. 7. Пояснение понятия состояния системы

По оси абсцисс откладывается текущее время и строится график самого текущего времени $T_{мех}(t) = 1 \cdot (t - t_0)$ и времени выполнения операции $T_{осл}(u, v, t)$. Пересечение этих графиков определяет финальное время выполнения операций. Разница между

финальным и начальным временем определяет время выполнения операции, которое характеризует состояние системы при выполнении операции. Предложено три новых метода синтеза, которые рассматриваются как главные научные положения работы. Содержательная сущность метода синтеза операционной системы сводится к следующему: 1) задается логический критерий выполнения операции; 2) с приходом отраженного сигнала формируется два дискретных состояния – одно с вероятностью правильного обнаружения $D(u, v, t)$, другое с вероятностью пропуска сигнала $1 - D(u, v, t)$; 3) через характеристики обнаружения эта вероятность связана с отношением сигнал/помеха и со всеми системными параметрами; 4) создается сеть дискретных состояний и строится размеченный граф дискретных состояний; 5) время блуждания отображающей точки от момента приема сигнала в первом периоде локации до момента попадания ее в поглощающее состояние принимается за время выполнения операции; 6) используется аппарат цепей Маркова с поглощающим состоянием и находится в аналитическом виде выражение для среднего значения и дисперсии времени выполнения операции; 7) определяется квантиль вероятности; 8) применяется правило « 3σ »; 9) составляется выражение для времени выполнения операции, которое принимается за уравнение состояния системы (синтез); 10) производная по времени от него определяет уравнение динамики. Например, для операции обнаружения траекторий при использовании логического критерия «2:3+2:4» размеченный граф дискретных состояний имеет вид, показанный на рис. 8, где $p_k = D(u, v, t)$ – вероятность перехода; функции, объединяющие параметры ИС и внешней среды; t – текущее время.

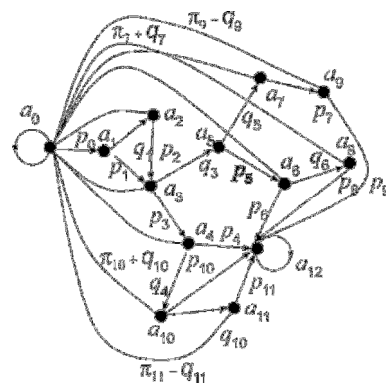


Рис. 8. Размеченный граф состояний операционной системы определения траектории объекта

Размеченному графу состояний соответствует матрица переходных вероятностей и фундаментальная матрица, где \mathbf{I} – единичная матрица, матрица, полученная после вычёркивания рядов и столбцов, которые содержат поглощающие состояния. Прону-

меруем все дискретные состояния от 1 до n так, чтобы последнее состояние было поглощающим. Вектор-столбец средних значений времени перехода из всех дискретных состояний в поглощающее состояние имеет вид:

$$\tau(u, v, t) = \begin{pmatrix} \tau_{1,n}(u, v, t) \\ \dots \\ \tau_{n-1,n}(u, v, t) \end{pmatrix} = [\mathbf{I} - \mathbf{Q}(u, v, t)]^{-1} \begin{pmatrix} 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix} T_0, \quad (1)$$

где T_0 – период локации; $T_{osj.cp}(u, v, t) = \tau_{1n}(u, v, t)$ – средние значения времени выполнения j операции. После преобразований получим:

$$T_{osj.cp}(u, v, t) = \phi_{T,j} D(u, v, t),$$

$$D(u, v, t) = \exp\left(-\left(\frac{C}{\Pi}\right)_F \left[2 + \left(\frac{C}{\Pi}\right)_{D,F} W_j(u, v, t)\right]^{-1}\right);$$

$$\left(\frac{C}{\Pi}\right)_F = \sqrt{2 \ln(1/F)}; \phi_{T,j} - \text{постоянная величина};$$

$$\frac{C(t)}{\Pi(t)} = \frac{P_c(t)}{P_u + P_{an} + P_{nn}(t)} = \left(\frac{C(t)}{\Pi(t)}\right)_{DF} W_j(u, v, t)$$

$$W_j(u, v, t) = \left(\frac{1}{^{(w)}W_j(u, v, t)} + \frac{1}{^{(an)}W_j(u, v, t)} + \frac{1}{^{(nn)}W_j(u, v, t)}\right)^{-1};$$

$$^{(w)}W_j(u, v, t) = \frac{u_{\Pi_{au}}(t) u_{L_{no}}^2(t) u_{L_{np}}(t) v_{\sigma_y}(t)}{u_{\Delta F_c}(t) u_{\lambda}^2(t) v_{R_q}^4(t)};$$

$$^{(nn)}W_j(u, v, t) = \frac{u_{\Delta F_c}(t) u_{L_{np,ppp}}^2(t) v_{\lambda}^3(t) v_{\sigma_y}(t)}{u_{\lambda}^4(t) v_{N_{oo}}(t) v_{R_q}^2(t)};$$

$$^{(an)}W_j(u, v, t) = \frac{u_{\Pi_{au}}(t) u_{L_{no}}^4(t) u_{L_{np}}^2(t) v_{\sigma_y}(t)}{u_{\lambda}^2(t) v_{N_{caп.сц}} v_{L_{no,n}}^2(t) v_{P_{un}}(t) v_{R_q}^4(t) v_{N_{caп}} \sum_{\tau=1}^{N_{caп} v_{N_{caп}}} (1/v_{R_\tau}^2(t))}$$

$P_c(t), P_u, P_{an}, P_{nn}(t)$ – мощность сигнала, собственного шума, активной и пассивной помехи $u_{L_{no}}, u_{\Pi_{au}}, u_{L_{np}}, u_{\Delta F_{0,j}}, u_{\lambda,j}$ и $v_{\sigma_y}, v_{R_q}, v_{N_{до}}, v_{N_{0,an,j}}, v_{\Delta F_{n,j}}, v_{L_{no,j}}, v_{P_{un,j}}, v_{N_{caп.сц}}$ – нормированные параметры системы и внешней среды; вероятность ложного (F) обнаружения; $(\frac{C}{\Pi})$ – отношение сигнал/помеха; $(\frac{C}{\Pi})_F$ – отношение C/Π, соответствующее вероятности ложной тревоги F.

Вектор-столбец дисперсий времени перехода из всех возможных состояний в поглощающие определяется выражением:

$$\sigma_{\tau}^2(u, v, t) = \begin{pmatrix} \tau_{1,n}^2(u, v, t) \\ \dots \\ \tau_{n-1,n}^2(u, v, t) \end{pmatrix} = \left\{ [2\mathbf{N}(u, v, t) - \mathbf{I}] \tau(u, v, t) - \tau(u, v, t) \otimes \tau(u, v, t) \right\} T_0^2, \quad (2)$$

где символ \otimes обозначает перемножение одноименных элементов матриц, которые стоят слева и справа; $\sigma_{T_{osj}}^2(u, v, t) = \sigma_{1,n}^2(u, v, t)$. $\sigma_{T_{osj}}(u, v, t) = \phi_{\sigma,j} D, \phi_{\sigma,j}$ – постоянная величина; $(\frac{C}{\Pi})_{DF}$ – отношение сигнал/помеха C/Π, соответствующее пороговому сигналу. При составлении выражения для случайной величин по заданным выражениям ее среднего значения и дисперсии используется правило «3σ»; зададим вероятность выполнения РЛ операции в пределах $P_{OSj}^* = 0,5 \dots 0,99$, тогда квантиль вероятности изменяется в пределах $\gamma(P_{OSj}^*) = 0 \dots 3$.

Графики изменения среднего значения и дисперсии времени выполнения операции обнаружения траектории приведены на рис. 9. Общий вид уравнения состояния для всех операций определяется выражением:

$$T_{OSj}(u, v, t) = T_{OSj.cp}(u, v, t) + \gamma(P_{OSj}^*) \sigma_{T,j} = (\phi_{T,j} + \gamma(P_{OSj}^*) \phi_{\sigma,j}) \times \exp\left\{\left(\frac{C}{\Pi}\right)_F \left[2 + \left(\frac{C}{\Pi}\right)_{D,F} W_j(u, v, t)\right]^{-1}\right\};$$

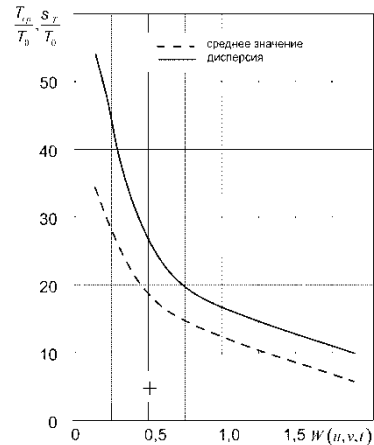


Рис. 9. Зависимость среднего значения (и дисперсии) времени выполнения операции определения траектории от нормированного отношения сигнал/помеха

Уравнения динамики определяются как производные по времени от уравнений состояния $\dot{T}_{OSj}(u, v, t) = \frac{d}{dt} T_{OSj}(u, v, t)$ и для всех операционных систем OS_j имеют общий вид:

$$\dot{T}_{OSj}(u, v, t) = -T_{OSj}(u, v, t) \left(\frac{C}{\Pi}\right)_F \left(\frac{C}{\Pi}\right)_{D,F} (\phi_{T,j} + \gamma(P_{OSj}^*) \phi_{\sigma,j}) \times \left[2 + \left(\frac{C}{\Pi}\right)_{D,F} W_j(u, v, t)\right]^{-2} (Ш_{1,j} + Ш_{2,j} + \dots + Ш_{6,j}),$$

$$Ш_{1,j} = (dW_j / d^{(an)}W_j) (d^{(an)}W_j / d^{(an)}u_j) (d^{(an)}u_j) \dot{u}_j(t);$$

$$Ш_{6,j} = (dW_j / d^{(w)}W_j) (d^{(w)}W_j / d^{(w)}v_j) (d^{(w)}v_j) \dot{v}_j(t).$$

Для радиолокационных операций, которые требуют для их выполнения большого числа периодов локации ($n \geq 10$), обращение матрицы в аналитическом виде приводит к громоздким выражениям. Поэтому общей системный подход остается тем же самым, а метод отыскания выражений для времени выполнения операций может изменяться. Например, для операции пролонгации траектории анализируются значения элементов корреляционной матрицы ошибок измерения координат и скорости объекта и оставляются лишь те, которые не равны нулю при больших значениях периодов локации ($n \geq 30$). Они затем используются для дальнейших преобразований. Уравнение состояния для операционной системы пролонгации траектории по угловым координатам ($j=5$) имеет вид:

$$T_{Osj=5}(u, v, t) = T_0 \left[\phi_{T,j=5}^1 + \phi_{T,j=5}^2 (t_{над} - t_{ex}) \right] \times \left[\left(\frac{c}{\pi} \right)_{D,F} \pi \sigma_s^2 L_{np,0} \lambda_0^{-2} R_0^2 W_{j=5}(u, v, t) u_\lambda^{-2} v_R^{-2} u_{L_{np}}^2 + 2T_0 \phi_{T,j=5}^2 \right],$$

где $u_\lambda, v_R, u_{L_{np}}$ – нормированные системные параметры: длина волны, дальность до объекта, размер апертуры на прием.

График изменения времени выполнения операции пролонгации траектории показаний на рис. 10.

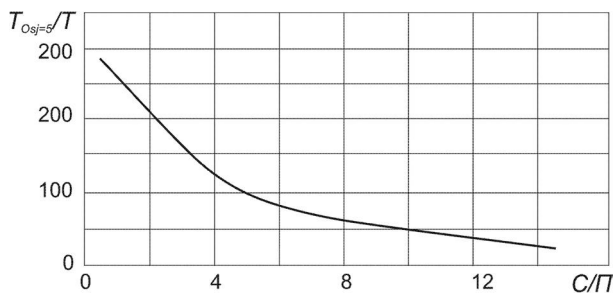


Рис. 10. Зависимость времени выполнения операции пролонгации траектории от отношения сигнал/помеха

Содержательная сущность и новизна метода синтеза полиоперационной подсистемы POS сводится к следующему: 1) составляется последовательность операций; 2) в каждый текущий момент выполняется только одна операция; 3) состояние системы при выполнении одной операции называется дискретным; 4) составляется размеченный граф дискретных состояний; 5) время блуждания отображающей точки до момента попадания в поглощающее состояние принимается за состояние подсистемы; 6) для каждой операции задается интегральный и дифференциальный законы распределения времени ее выполнения; 7) находятся законы распределения времени выполнения всех операций; 8) применяется аппарат полумарковских процессов; 9) используется выражение для интервально-переходной вероятности; 10) от него берется производная по времени и определяется плотность вероятности времени выполнения операций; 11) по ней определяется среднее значение и дисперсия времени выполнения всех операций; 12) определяется

квантиль вероятности; 13) используется правило « 3σ »; 14) составляется выражение для времени выполнения операций, которое принимается за состояние системы; 15) производная от него по времени определяет уравнение динамики. Размеченный граф дискретных состояний подсистемы показан на рис. 11. Для описания системы задаются матрица переходных вероятностей $P = \|p_{ik}\|$, матрица плотностей вероятностей пребывания подсистемы в дискретном состоянии $F = \|f_{ik}\|$, которые зависят от системных параметров.

Требуется найти зависимость вероятности выполнения всех операций $P_{POS}(u, v, t)$ и плотность вероятности

$f_{POS}(u, v, t) = \frac{d}{dt} P_{POS}(u, v, t)$. По ним определяются средние значения $T_{pos.cp}(u, v, t)$ и дисперсии $\sigma_{Tpos}^2(u, v, t)$ времени выполнения всех операций $T_{pos}(u, v, t)$, которое принимается за состояние подсистемы в целом. Задаваясь квантилью вероятностей $\gamma(P_{POS})$, определяем уравнения состояния и динамики полиоперационной подсистемы:

$$T_{pos}(u, v, t) = T_{pos.cp}(u, v, t) + \gamma(P_{POS}) \sigma_{Tpos}(u, v, t), \quad (3)$$

$$\dot{T}_{pos}(u, v, t) = \dot{T}_{pos.cp}(u, v, t) + \gamma(P_{POS}) \dot{\sigma}_{Tpos}(u, v, t). \quad (4)$$

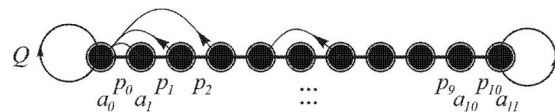


Рис. 11. Размеченный граф дискретных состояний полиоперационной (многофункциональной) системы, выполняющей десять радиолокационных операций

Далее находится выражение для интервально-переходной вероятности $\Phi_{ij}(u, v, t) = P_{pos}(u, v, t)$, которая обозначает вероятность того, что система находилась в начальный момент времени $t = 0$ в i -ом состоянии и к текущему моменту времени t перейдет в конечное состояние j .

$$\Phi_{ij}(u, v, t) = \delta_{ij}^{cc} \omega_i(t) + \sum_{k=1}^{j_{max}} p_{ik} \int_0^t f_{ik}(u, v, \tau) \Phi_{kj}(u, v, t-\tau) d\tau, \quad (5)$$

$$\omega_i(t) = \sum_{j=1}^{j_{max}} p_{ij} f_{ij}(u, v, t);$$

$${}^{cc} \omega_i(t) = \int_t^\infty \omega_i(\tau) d\tau = 1 - \int_0^t \omega_i(\tau) d\tau = 1 - {}^c \omega_i(t);$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j; \\ 0, & i \neq j; \end{cases}$$

Интегральные уравнения (5) решаются методом преобразования Лапласа. Тогда

$$\Phi_{ij}^e(s) = \delta_{ij}^{cc} \omega_i^e(s) + \sum_{k=1}^{j_{max}} p_{ik} f_{ik}^e(s) \Phi_{kj}^e(s), \quad (6)$$

где $f_{ik}^e(s) = \int_0^\infty f_{ik}(t) e^{-st} dt$; ${}^{cc}\omega_i^e(s) = \frac{1}{s} [1 - \omega_i^e(s)]$.

Представим это выражение в матричном виде:

$$\Phi^e(s) = {}^{cc}\omega(s) + [P \otimes F^e(s)] \Phi^e(s),$$

где $P = \|p_{ik}\|$; $F^e(s) = \|f_{ik}^e(s)\|$; ${}^{cc}\omega^e(s) = \frac{1}{s} \|1 - \omega_{i9}^e(s)\|$.

Рабочая формула принимает вид:

$$\Phi^e(s) = \frac{\|(-1)^{i+j} A_{ij} [I - P \otimes F^e(s)]\|}{\det [I - P \otimes F^e(s)]} \times \frac{1}{s} \left\| \begin{matrix} 1 - \omega_1(s) & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 1 - \omega_{j_{max}}(s) \end{matrix} \right\|$$

где $A_{ij}[\dots]$ – алгебраическое дополнение ij -го элемента матрицы.

$$\begin{aligned} \Phi^e(u, v, s) &\xrightarrow{L^{-1}} \Phi(u, v, t), \\ f_{ij}^e(u, v, s) &\xrightarrow{L^{-1}} f_{ij}(u, v, t). \end{aligned}$$

Например, уравнение состояния двухфункциональной подсистемы с разными дисперсиями времени пребывания системы в дискретных состояниях имеет вид:

$$\begin{aligned} \sigma_1^2(u, v, t) &\neq \sigma_2^2(u, v, t) \alpha_2; \\ \alpha_1 &= 1 / \sigma_1^2(u, v, t) \\ \alpha_2 &= 1 / \sigma_2^2(u, v, t) \\ T_{POS}(u, v, t) &= \frac{1}{\det A} \left(\prod_{j=1}^2 p_j \alpha_j \right) [2(\alpha_1 - \alpha_2) \left(\frac{1}{\alpha_1^2} - \frac{1}{\alpha_2^2} \right) + \\ &+ (\alpha_1 - \alpha_2)^2 \left(\frac{1}{\alpha_1^3} - \frac{1}{\alpha_2^3} \right)] + \gamma (P_{POS}^*) \times \\ &\times \left\langle \frac{1}{\det A} \left(\prod_{j=1}^2 p_j \alpha_j^2 \right) \{ 2(\alpha_1 - \alpha_2) \times \right. \\ &\times \left[2 \left(\frac{1}{\alpha_1^3} - \frac{1}{\alpha_2^3} \right) - 2 \left(\frac{1}{\alpha_1^2} - \frac{1}{\alpha_2^2} \right) T_{POS, cp, j=2}(u, v, t) + \right. \right. \\ &\left. \left. + \left(\frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_2} \right) T_{POS, cp, j=2}^2(u, v, t) \right] + \right. \\ &\left. + (\alpha_1 - \alpha_2)^2 \left[3 \left(\frac{1}{\alpha_1^4} - \frac{1}{\alpha_2^4} \right) - 4 \left(\frac{1}{\alpha_1^3} - \frac{1}{\alpha_2^3} \right) \times \right. \right. \\ &\left. \left. \times T_{POS, cp, j=2}(u, v, t) + \left(\frac{1}{\alpha_1^2} - \frac{1}{\alpha_2^2} \right) T_{POS, cp, j=2}^2(u, v, t) \right] \right\rangle^{1/2}. \end{aligned}$$

Содержательная сущность и новизна метода синтеза полилинейной системы PLS сводится к следующему: 1) среднее время обслуживания одного объекта равно времени обслуживания в POS, деленному на число линий, введенных в процесс

обслуживания; 2) уравнение Колмогорова-Чепмена связывает число линий, плотность входящего потока и время обслуживания одного объекта в одной линии; 3) решение этого уравнения (задача Коши) затруднено; 4) используют это уравнение и переходят к дифференциальным уравнениям относительно среднего значения и дисперсии числа линий; 5) они решаются в аналитическом виде; 6) задается квантиль вероятности; 7) используется правило «3σ»; 8) составляется уравнение для числа линий, которое принимается за уравнение состояния; 9) уравнения динамики определяется как производная по времени от него.

Размеченный граф дискретных состояний системы при согласовании плотности потока обслуживания с плотностью входящего потока путем создания набора параллельных каналов с изменяющимся числом показан на рис. 12.

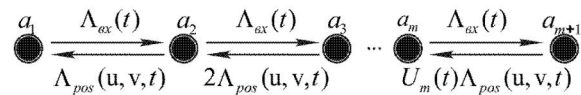


Рис. 12. Размеченный граф состояний многолинейной системы

Будем описывать процесс адаптации в терминах теории процессов гибели и размножения. Состояние системы будем характеризовать числом линий $m = m(t)$. Составим известную систему дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена:

$$\begin{aligned} \dot{P}(t) &= A(t)P(t), \quad P(t_0) = P_0, \\ P(t) &= \|P_0(t) \dots P_m(t)\|; \end{aligned} \tag{7}$$

$$A(t) = \begin{pmatrix} -[\Lambda_\alpha + 0] & \Lambda_{pos} & \Lambda_{ex} & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \Lambda_\alpha & -[\Lambda_\alpha + \Lambda_{pos}] & 2\Lambda_{pos} & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \Lambda_\alpha & -[\Lambda_\alpha + m\Lambda_{pos}] & (m+1)\Lambda_{pos} & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix};$$

где $P_0 = \|1 \ 0 \ \dots \ 0\|$; $\dot{P}(t) = \|\dot{P}_0(t) \dots \dot{P}_m(t)\|^T$;

$\|\dot{P}_0(t) \dots \dot{P}_m(t)\|^T$; $\Lambda_{ex} = \Lambda_{ex}(t)$ – плотность входящего потока; $\Lambda_{pos} = \Lambda_{pos}(u, v, t)$ – плотность потока обслуженных объектов.

После преобразований получим дифференциальное уравнение для среднего значения и дисперсии числа линий:

$$\dot{m}_p(t) = \Lambda_{ex}(t) - \Lambda_{pos}(u, v, t) m_p(t); \tag{8}$$

$$\dot{\sigma}_m^2(t) = \Lambda_{ex}(t) - 2\Lambda_{pos}(u, v, t) m_p(t) \sigma_m^2(t). \tag{8.a}$$

Решениями (8) и (8.a) являются:

$$m_{cp}(t) = e^{-N_{POS}(u,v,t)} \left(\int_{t_0}^t \Lambda_{ax}(t) e^{-F(t)} dt + C_1 \right);$$

$$C_1 = m_{cp}(t_0);$$

$$\sigma_m^2(t) = e^{-2N_{POS}(u,v,t)} \times$$

$$\times \int_{t_0}^t \left[\Lambda_{ax}(t) + \Lambda_{pos}(u,v,t) m_{cp}(t) \right] e^{-2N_{POS}(u,v,t)} dt + C_2;$$

где $C_2 = \sigma_m^2(t_0)$.

Уравнения состояния и динамики полилинейной системы принимает вид:

$$m(t) = \dot{m}_{cp}(t) + \gamma(P_{PLS}) \sigma_m(t); \tag{9}$$

$$\dot{m}(t) = \dot{m}_{cp}(t) + \gamma(P_{PLS}) \dot{\sigma}_m(t).$$

В частном случае, $\Lambda_{ax}(t), \Lambda_{pos}(u,v,t) = const$, получим

$$m(t) = \frac{\Lambda_{ax}(t)}{\Lambda_{pos}(u,v,t)} (1 - e^{-\Lambda_{pos}(u,v,t)t}) +$$

$$+ \gamma(P_{PLS}) \left[\frac{\Lambda_{ax}(t)}{\Lambda_{pos}(u,v,t)} (1 - e^{-\Lambda_{pos}(u,v,t)t}) \right]^{\frac{1}{2}}; \tag{10}$$

$$\dot{m}(t) = \Lambda_{ax}(t) e^{-\Lambda_{pos}(u,v,t)t} \times$$

$$\left\langle 1 + \frac{\gamma(P_{PLS})}{2} \left[\frac{\Lambda_{ax}(t)}{\Lambda_{pos}(u,v,t)} \right]^{1/2} \right\rangle. \tag{11}$$

Оптимизация системных параметров и состояния системы осуществляется методами решения экстремальных задач вариационного исчисления с ограничениями в форме равенств и неравенств. Правый конец траекторий двигается по прямой, которая определяет закон изменения текущего времени. Левый конец траектории фиксирован. Определение целевого функционала проводится при ограничениях на движение системы, ее состояние и конфликтно-управляемые параметры.

$$\dot{T}_{osj}(u,v,t) = f_j(T_{osj}, u,v,t),$$

$$T_{osj}(u,v,t) = T_{mek}(t); t = t_{fji},$$

Ограничения в форме равенств для левого и правого концов траекторий вводятся в целевой функционал с помощью множителей Лагранжа (μ_{ji}, ξ_{ji}). Ограничения на движение системы в форме равенств вводятся в целевой функционал с помощью функций Понтрягина ($\lambda_{ji}(t)$), которые изменяются во времени. Ограничения в форме неравенств вводятся в целевой функционал с помощью штрафных функций.

Критерий оптимизации (минимакс целевого функционала) системы определяется выражением

$$\Omega(\mathbf{U}_{opt}, \mathbf{V}_{opt}, T_{osjopt}) = \sum_{i=1}^{i_{max}} \sum_{j=1}^{j_{max}} \min_{\mathbf{U}(t) \in \mathbf{U}_p(t)} \max_{\mathbf{V}(t) \in \mathbf{V}_p(t)} \{ \mu_{ji} N_{ji}[T_{osji}, t_{fji}] +$$

$$+ \xi_{ji} M_{ji}[T_{osji}, t_{0ji}] + \int_{t_{0i}}^{t_{fi}} \left\{ 1 - \frac{T_{osji}(u,v,t) - T_{osji}(u^\#, v^\#, t)}{T_{osji}(u^\#, v^\#, t)} \right\} m(t)$$

$$+ \frac{[C_0 + C_{ji}(u,v,t)m(t)] T_{osji}(u,v,t)}{[C_0 + C_{ji}(u,v,t)m(t)] T_{osji}(u,v,t)} +$$

$$+ {}^{(1)}h_{ji}^2 [T_{osji}, t] H_v^{(1)}(h) + {}^{(2)}h_{ji}^2 [T_{osji}, t] H_v^{(2)}(h) +$$

$$+ \left\| \mathbf{q}[\mathbf{V}, t] \right\|_{\mathbf{H}_v^{(1)q}}^2 + \left\| \mathbf{q}[\mathbf{V}, t] \right\|_{\mathbf{H}_v^{(2)q}}^2 +$$

$$+ {}^{(1)}\eta^2 [W_{ji}, t] H_v^{(1)}(\eta) + {}^{(2)}\eta^2 [W_{ji}, t] H_v^{(2)}(\eta) +$$

$$+ \left\| \mathbf{g}[\mathbf{U}_{ji}(t), t] \right\|_{H_v^{(1)g}}^2 + \left\| \mathbf{g}[\mathbf{U}_{ji}(t), t] \right\|_{H_v^{(2)g}}^2 +$$

$$\lambda(t) [f_{ji}(T_{osji}(u,v,t) - \dot{T}_{osji}(u,v,t))] \} dt \}, \tag{12}$$

где

$$\left\| \mathbf{g}[\mathbf{U}_{ji}(t), t] \right\|_{H_v^{(1)g}}^2 = {}^{(1)}\mathbf{g}^T[\mathbf{U}_{ji}(t), t] \mathbf{H}_v^{(1)g} {}^{(1)}\mathbf{g}[\mathbf{U}_{ji}(t), t] -$$

квадратичная форма; $H_v^{(1)h}$ – модифицированная ступенчатая функция Хэвисайда,

$$H_v^{(1)h} = \begin{cases} 0, & {}^{(1)}h[T_{osji}, t] \geq 0, \\ K, & {}^{(1)}h[T_{osji}, t] < 0, K > 0; \end{cases}$$

K – коэффициент штрафа; $\mathbf{H}_v^{(1)g}$ – диагональная матрица Хэвисайда.

В результате отыскания экстремума целевого функционала определяются оптимальные текущие значения векторов основных параметров системы $\mathbf{U}_{opt}(t)$ и средств создания помех $\mathbf{V}_{opt}(t)$; число обслуженных к текущем к моменту времени объектов $N_z(u,v,t)$.

3.7. Основы системной теории оптимальных адаптивных радиолокационных систем.

Разрабатываются основы системной теории адаптивных радиолокационных систем. Научные положения включают: расширенное и уточненное понятие системной адаптации, новый метод двусторонней взаимной адаптации (дифференциальная игра с полностью неинформированными игроками). В литературе под адаптацией понимают способность системы расширять число априори неизвестных параметров обстановки и производить их оценку. Теория адаптации входит в теорию статистических решений. В работе под адаптацией понимается способность системы анализировать состояние внешней среды и изменять свое состояние. Поэтому теорию адаптации целесообразно отнести к теории математических игр. Метод решения проблемы взаимодействия системы с внешней средой

базирується на описании этого процесса в форме дифференциальной игры «наблюдение-противодействие». По результатам игры строится траектория изменения состояния системы, которая определяет текущее число обслуженных объектов и называется характеристикой динамики конфликта.

Приводится порядка 20 новых примеров применения системной теории адаптации в перспективных радиолокационных информационных системах. Подробно рассматривается задача адаптивного траекторного разрешения объектов, согласования потоков обслуженных объектов с входящим, контроля факта воздействия энергии на объект. Задача траекторного разрешения иллюстрируется на примере одномерного разрешения двух объектов. Она рассматривается как задача обнаружения одного сигнала на фоне второго сигнала и шума. Сведения о характере флуктуаций сигналов и их взаимном расположении, полученные на предшествующих интервалах наблюдения, используются в области неопределенности как статистически обоснованный прогноз. Систему можно построить на корреляторах. При траекторном разрешении обеспечивается выигрыш на один-два порядка.

Выводы

1. Впервые разработан метод синтеза однофункциональных локаторов. Для описания процессов, протекающих при выполнении отдельных РЛ операций, применяется аппарат конечных цепей Маркова. Впервые разработан метод синтеза многофункциональных локаторов. Для описания процессов, протекающих в таких системах, применяется аппарат вложенных цепей Маркова.

Впервые разработан метод синтеза многолинейной системы параллельного обслуживания потока с переменным числом линий обслуживания. Для этого применяется аппарат процессов гибели и размножения.

2. Исследованы и математически описаны динамические системы, способные в каждом периоде локации изменять свои системные параметры.

3. Исследованы и математически описаны адаптивные системы, способные оценивать состояние внешней среды и изменять свое состояние.

4. Впервые в радиолокации решена задача управления состоянием сложной системы.

5. Впервые поставлена и решена задача описания динамики конфликтного взаимодействия системы с внешней средой в форме дифференциальной игры «наблюдение-противодействие».

Список литературы

1. Кемени Д. Конечные цепи Маркова / Д. Кемени, Д. Снелл. – М.: Наука, 1970. – 270 с.

3. Тихонов В.И. Марковские процессы / В.И. Тихонов, М.Н. Миронов. – М.: Сов. радио, 1977. – 400 с.

4. Матюхин Н.И. Системная теория динамических радиолокационных информационных систем наблюдения потока объектов в ситуациях конфликта / Н.И. Матюхин. – Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2007. – 417 с.

5. Howard R.A. System Analysis Semi-Markov Processes / R.A. Howard // IEEE Transaction on military electronics. - 1964/, – Volume MIL-8, № 2.

Рецензент: д. ф.-м. н., проф. В.О. Катрич, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

Технічний вигляд радіолокаційних локаторів, що створюються для спостереження потоку об'єктів у ситуаціях конфлікті, та побудова на їх прикладі системної теорії радіолокації

Матюхін М.І., Набока А.М.

У короткому вигляді викладено зміст розробленої системної теорії радіолокації. Головною ідеєю побудованої теорії є визначення поняття стану системи, який повинен об'єднувати усі системні параметри системи м зовнішнього середовища, визначати концепцію системи і служити головним системним показником якості. Провідними ідеями теорії є: опис динаміки функціонування системи та динаміки конфліктної взаємодії системи із зовнішнім середовищем. Цей процес описується у формі диференціальної гри "спостереження-протидія". Визначаються границі системотехніки радіолокації й уточнюються поняття системного військово-технічного проектування. Сформульована задача синтезу, управління і двостороннього конфліктного управління станом системи. Розширюються на системному рівні питання, що пов'язані з радіолокацією. Пропонуються на рівні пристрою методи лінійної та нелінійної голографічної обробки хвильового поля, що призначена для скорочення числа антенних позицій. Наводяться модельні приклади побудови радіолокаційних локаторів різної відомчої приналежності. На системному рівні розглядаються питання синхронізації антенних позицій, автофокусування та юстирування загальної антени за допомогою навігаційної системи. Розробляються методи відикування рівнянь стану, динаміки і конфлікту однофункціональних, багатфункціональних та багатолінійних підсистем.

Ключові слова: системна теорія радіолокації, динамічна радіолокаційна інформаційна система далекого виявлення, системотехніка радіолокації, двостороннє конфліктне управління, диференціальна гра "спостереження-протидія".

Matukhin, A. Naboka

A content of radar system theory is presented in a concise form. The main idea of the theory is definition of a system state notion which should be combined all the system parameters and the external environment. It should define the system concept and serve as the main indicator of the system quality. Leading ideas of the theory are the dynamics of system functioning and the dynamics of conflict interaction between the system and the environment. The process is described in the form of differential action and counteraction game. The boundaries of radar systems engineering concepts are defined. A notion of military and technical system design is defined more precisely. The problems of synthesis, control and bilateral conflict control of the system state. The issues related to radio holography are expanded at the system level. New methods of linear and nonlinear wave field holographic processing for reducing of antenna positions number are suggested. Some model examples holographic radar development are given. Issues concerning synchronization, autofocusing and alignment of antenna positions antenna are considered at the system level. Determination of state, dynamics and conflict equations for single-function, multi-function and multi-line subsystems is suggested.

Key words: radar systems theory, dynamical radio holographic information early warning system, radar systems engineering, bilateral conflicting control, differential game of action and counteraction.

УДК 004.89

П.П. Ткачук¹, В.Л. Живчук¹, В.В. Литвин¹, О.В. Оборська²

¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

²Національний університет „Львівська політехніка”, Львів

ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ОБРОБКИ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ДАНИХ В АСУ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ

У статті розглядається побудова системи збору та обробки розвідувальних даних як складової автоматизованої системи управління Сухопутних військ Збройних Сил України. Описано функціональне наповнення системи та структуру її бази даних. Наведено приклади функціонування системи.

Ключові слова: військова розвідка, розвідка поля бою, формула Байєса.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Ефективність застосування військ (сил) сучасних збройних сил значною мірою залежить від рівня розвитку системи управління, тобто її автоматизації. Автоматизація управління може суттєво підвищити бойової можливості військ (сил) і одночасно в декілька разів скоротити час, який витрачають органи управління на оперативне планування і доведення завдань до підлеглих. Ефективне управління з'єднаннями, частинами, підрозділами безпосередньо залежить від розвідки та засобів зв'язку, за допомогою яких передаються розвідувальні дані.

Військова розвідка організується командирами та штабами в інтересах загальновійськових з'єднань, частин та підрозділів з метою отримання відомостей про противника [1, 2]. Основними вимогами до військової розвідки є цілеспрямованість, безперервність, активність, оперативність (своєчасність), скритність, достовірність, точність визначення координат об'єктів розвідки (цілей).

Розвідка поля бою – це найважливіший елемент, що забезпечує перевагу сил в бою. Тактична розвідка

спрямована на створення сприятливих умов для організованого і своєчасного вступу в бій та успішного його проведення. У зв'язку із зазначеним виникає необхідність розробити програмне забезпечення для швидкої та ефективної передачі розвідувальних даних у штаб, а також для узагальнення відомостей про бойовий склад, положення, стан угруповань військ наземного противника, характер його дій і намірів, сильних та слабких сторін, а також ступінь та характер інженерного обладнання.

Постановка задачі. Мета статті – розроблення методу збору та опрацювання розвідувальних даних для прийняття ефективних рішень щодо управління підрозділами Сухопутних військ та шляхів створення відповідного програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу

Розвідка території. Нехай існує територія D , в межах якої може перебувати той чи інший об'єкт та сили противника. Розвідник перетинає цей район по деякій траєкторії T . Задача розвідника полягає в тому, щоб дізнатись якомога більше даних про противника в даному районі, провести розвідку на максимально можливій території.