

УДК 621.396.96

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ СТАТИСТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ПАССИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

*О.С. Кравцова<sup>1)</sup>, В.А. Симаков<sup>1\*)</sup>, Г.А. Травин<sup>1)</sup>*

*<sup>1)</sup>Белгородский государственный университет*

*В.М. Терешко<sup>2)</sup>*

*<sup>2)</sup>ЗАО «Транском»*

Рассмотрена необходимость создания адаптивных систем пассивной радиолокации. Предложен подход и декомпозиция решения задачи синтеза таких систем.

По результатам проведенного патентного исследования [1] установлено, что как в нашей стране, так и за рубежом вопросу создания средств пассивной радиолокации уделяется самое пристальное внимание. В последнее десятилетие прошлого века были разработаны и приняты на вооружение различные системы и комплексы пассивной локации: в США – комплекс пассивной локации «Тимпэк», в Германии – «Хелас», в Израиле – CR-2740А, во Франции – DR-3000, DR-4000, «Алтесс», «Саламандрэ», в Украине – «Кольчуга», в Чехии – «Рамона», «Тамара».

В бывшем Советском Союзе и в России большие теоретические исследования в области пассивной радиолокации были проведены Аверьяновым В.Я. [2], Ширманом Я.Д. [3], Черняком В.С. [4], Перетягиным И.В. [5], Седышевым Ю.Н. [6], Скосыревым В.Н. [7] и другими. На основе проведенных исследований и полученных научных результатов в России были разработаны и созданы станции и системы радио- и радиотехнической разведки (Р и РТР) типа «Автобаза», «Охота» и «Вега». Созданная на предприятии «Спец-Радио» система радиотехнической разведки «Вега» поставлена инозаказчику.

Однако практически все перечисленные средства и системы пассивной радиолокации (СПРЛ) создавались для решения своих специфических задач и не в полной мере удовлетворяют высоким требованиям информационного обеспечения современных потребителей. Поэтому важным этапом дальнейшего развития СПРЛ является построение таких систем, которые используют все известные методы пассивной радиолокации и аккумулируют новые технологии и результаты всей истории развития этих средств.

Системы пассивной многопозиционной радиолокации, построенные на принципах средств Р и РТР высокой точности, становятся важным компонентом скрытного радиолокационного наблюдения. Такие системы, в отличие от традиционных станций Р и РТР, должны обеспечивать с высокой вероятностью не только перехват сигналов и пеленгование их излучения в зонах разведывательной доступности, но и определение пространственных координат источников радиоизлучения (ИРИ), сопровождение, селекцию и распознавание их носителей.

---

\* E-mail: simakov.100@mail.ru



Проведенный анализ показывает, что сложность радиоэлектронной обстановки, широкий диапазон и неопределенность структуры и характеристик излучения ИРИ вызывает необходимость адаптации СПРЛ как с точки зрения обработки потока сигналов произвольного вида для извлечения координатной и признаковой информации об ИРИ, так и структуры и параметров такой системы в зависимости от требований потребителя.

Математически поставленная задача формулируется в виде известной оптимизационной задачи: определить рациональный технический облик  $w'_\mu$  СПРЛ на множестве возможных технических решений  $W\{w'_j\}$ , обеспечивающий технические характеристики  $\Phi'_\mu = \{\phi'_{\mu j}\}$  и эффективность выполнения задачи  $\mathcal{E}'_{3\mu}$  не хуже заданных  $\Phi^0 = \{\phi^0_j\}, \mathcal{E}^0$ , и минимальные затраты  $C'_{p\mu}$  на его разработку

$$w'_\mu = \arg \left\{ \min_{w'_j \in W} \frac{C_{p_j} [w'_j, \phi_j]}{\mathcal{E}_{3j}} \right\}, \quad (1)$$

при выполнении ограничений:  $\Phi'_\mu \in \Phi^0$ ;  $\mathcal{E}'_{3\mu} \in \mathcal{E}^0$ ;  $C'_{p\mu} \in C^0_p$ .

В связи со сложностью общей формализации и большой размерностью задачи синтеза адаптивных СПРЛ целесообразным является осуществление декомпозиции общей задачи синтеза на последовательность следующих взаимосвязанных этапов ее решения:

*1 этап:* анализ возможных условий функционирования МСПРЛ  $V\{s, t_j\}$  и формирование множества типовых условий  $V_0\{s_0, t_0\}$ ;

*2 этап:* формирование технических требований  $\Phi^0 = \{\phi^0_j\}$  к МСПРЛ на основе общесистемных требований  $X^0 = \{x^0_j\}$ , предъявляемых к информационной подсистеме, и с учётом полученного выше множества условий функционирования;

*3 этап:* генерация на основе использования достижений мирового научно-технического прогресса и анализа известных принципов пассивной координатометрии множества возможных конкурирующих альтернатив построения многопозиционных систем пассивной радиолокации (МСПРЛ)  $W\{w'_j\}$ ;

*4 этап.* отбор конкурентоспособных альтернатив построения каждого из вариантов  $w_j$ , удовлетворяющих заданным требованиям  $\Phi^0 = \{\phi^0_j\}$ , т.е. формирование подмножества  $W' \subset W$ , для элементов  $w'_j$  которого выполняются условия  $\Phi_j \in \Phi^0$ ,  $j = 1..n$ , т.е. решение задачи

$$W\{w'_j\}: [(\Phi_j \in \Phi^0) \wedge (C_j \in C^0)], j=1..m; \quad (2)$$

*5 этап:* определить рациональный технический облик  $w'_\mu$  МСПРЛ в соответствии с формулой (1), где в качестве показателя эффективности выполнения задачи  $\mu$ -тым вариантом МСПРЛ целесообразно принять усреднённую по возможным вариантам массивованного применения ИРИ вероятность выполнения задачи по относительному количеству обнаруженных данным  $w'_\mu$  – вариантом СПРЛ на заданных рубежах и проведенных объектов, по которым выдано точное и своевременное целеуказание.

Окончательные оценки делаются по интегральному показателю  $Q = \frac{C}{P_3}$  качества вариантов реализации МСПРЛ, который характеризует обобщённую удельную стоимость обеспечения вероятности выполнения задачи МСПРЛ (т.е. эффективность функционирования МСПРЛ).

Рассмотрим некоторые результаты решения задачи синтеза адаптивных МСПРЛ. Так, например, в соответствии с первым этапом принятой методики проведено исследование возможных условий функционирования МСПРЛ  $V\{s, t_j\}$ , под которыми



понимается множество возможных типов радиоизлучений и их частотно-временных параметров, а также множество возможных помеховых ситуаций. На основе полученного множества возможных условий сформулировано упорядоченное множество типовых условий функционирования МСПРЛ  $V_0\{s_0, t_0\}$  в составе информационных подсистем. Это позволило предъявить требования к базе данных для решения задачи распознавания ИРИ и их носителей.

Проведенные исследования показали, что в случае распознавания классов (типов) РЛС достаточный формат априорного описания ансамбля (множества) сигналов должен включать пять основных параметров излучения, а именно: несущую частоту (или диапазон рабочих частот), амплитуду, ширину спектра, а также длительность и частоту следования импульсов (для импульсных РЛС) или вид и параметры модуляции (для РЛС с непрерывным излучением).

В интересах оценки возможностей создания МСПРЛ с заданными характеристиками проведены исследования известных классических методов определения координат ИРИ МСПРЛ произвольной конфигурации [8, 9]. По полученным результатам можно сделать вывод о необходимости создания адаптивных угломерно-разностно-дальномерных систем.

Опуская промежуточные выкладки, приведем окончательный результат решения задачи синтеза МСПРЛ и оценки их качества по интегральному критерию (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Наименование интегральных показателей качества МСПРЛ	МУС+СУС	МРДС+МУС+СУС
1	Относительная стоимость С	1	1,6
2	Вероятность выполнения задачи в сложных помеховых условиях $P_3$	0,31	0,2
Значение интегрального показателя $Q = \frac{C}{P_3}$ :		3,3	1,7

Условные обозначения: МУС – малобазовая угломерная система, СУС – среднебазовая угломерная система, МРДС – малобазовая разностно-дальномерная система. Как следует из данных табл. 1, по интегральному показателю наиболее предпочтителен вариант, представляющий собой адаптивную комбинацию малобазовых УС и РДС и среднебазовой УС. Сочетание в нижнем звене угломерных и разностно-дальномерных принципов координатометрии и придают синтезированной структуре МСПРЛ свойство адаптивности по отношению к спектрально-временным характеристикам принимаемых сигналов ИРИ, а также видам воздействующих активных помех прикрития. В синтезированной МСПРЛ применен многоуровневый принцип уточнения координат ИРИ при комбинации известных методов пассивной радиолокации.

Исходным является универсальный метод параметрической триангуляции, который позволяет реализовать получение информации об ИРИ с точностями их пеленгования, не зависящими от частотно-временных характеристик излучения и достаточными для осуществления параметрической триангуляции (порядка 12...15 угл. мин.).

Для повышения точности измерения угловых и пространственных координат, выбранных угломерным методом наиболее важных целей, используется угломерно-разностно-дальномерный корреляционный метод, реализуемый на малобазовых корреляционных модулях (БКМ). Этот метод является универсальным по отношению к виду широкополосной модуляции и числу измерительных баз и обеспечивает высокую точность измерения дальности на заданном рубеже и высокоточное (порядка 3...6 угл. мин.) измерение угловых координат во всей зоне обзора.



Использование данных БКМ в качестве пеленгационных пунктов в триангуляционной системе обеспечивает высокоточную (1...2 мин. по угловым координатам и 1...2% от дальности) оценку координат на больших дальностях (не менее 400 км). При этом информация о дальности, полученная от БКМ, используется при параметрическом координатном отождествлении отметок от целей по «кусочным» пеленгам на этапе их трассовой обработки в УС, что фактически исключает ложные цели.

При таком построении все компоненты МСПРЛ обладают свойством деградации. При этом выход из строя одного или нескольких приемных пунктов не разрушает систему, а лишь снижает ее возможности. Такая объединенная система обладает свойствами устойчивости и живучести. При этом МСПРЛ является адаптивной к различным видам сигналов и решаемым задачам за счет комплексирования угломерного и разностно-дальномерного методов.

Приведенный методический подход к решению задачи синтеза адаптивных МСПРЛ может быть использован аспирантами и научными сотрудниками, выполняющими исследования в области многопозиционной пассивной радиолокации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ технического уровня и тенденций развития средств радио- и радиотехнической разведки за рубежом: Отчет по НИР. Разд. 2. – Белгород: ЗАО «НПП "Спец-Радио"», 2001.
2. Аверьянов, В.Я. Разнесенные радиолокационные станции и системы / В.Я. Аверьянов. Минск: Наука и техника, 1978.
3. Радиоэлектронные системы: Справочник / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО «Маквис», 1998.
4. Черняк, В.С. Многопозиционная радиолокация / В.С. Черняк. М.: Радио и связь, 1993.
5. Перетягин, И.В. Обнаружение и измерение параметров сложномодулированных сигналов в интересах радиотехнической разведки: Дис. ... д-ра техн. наук / И.В. Перетягин. Харьков: ВИРТА, 1988.
6. Седышев, Ю.Н. Методический подход к оценке эффективности функционирования трехкоординатного базово-корреляционного комплекса радиотехнической разведки / Ю.Н. Седышев // Вопросы специальной радиоэлектроники. Вып. 2. М.; Таганрог: ТНИИС, 2001.
7. Скосырев, В.Н. Моноимпульсная амплитудная корреляционная пеленгация целей радиолокаторами ЗРК / В.Н. Скосырев // Вопросы радиоэлектроники. 1990. Серия РЛТ. Вып. 13,
8. Симаков, В.А. Построение адаптивных систем пассивной радиолокации на принципах разностно-дальномерной координатометрии / В.А. Симаков. – В данном сборнике.
9. Давлеткалиев, Р.К. Построение адаптивных систем пассивной радиолокации на принципах угломерной координатометрии / Р.К. Давлеткалиев. – В данном сборнике.

#### TECHNICAL APPROACH TO THE STATISTICAL SYNTHESIS OF PASSIVE LOCATION ADAPTIVE SYSTEMS

*O.S. Kravtsova, V.A. Simakov, G.A. Travin*

*Belgorod State University*

**V.M. Tereshko**

*Transcom CJSC*

A necessity for development of adaptive passive location systems is considered. The problem of synthesis of such systems is decomposed and an approach to its solution is presented.