УДК 621.396.96

DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-5-94-104

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ПОРТРЕТОВ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ

Р.Н. АКИНШИН¹, А.В. ПЕТЕШОВ²

¹ Секция прикладных проблем при Президиуме Российской академии наук, г. Москва, Россия

² Череповецкое высшее военное инженерное училище радиоэлектроники, г. Череповец, Россия

Для повышения качества распознавания воздушных объектов предложено использование априорной информации, содержащейся в эталонных портретах, которые формируются адаптивно к условиям наблюдения. Сформулировано решающее правило об отнесении наблюдаемой цели к k -й группе в предположении, что сигнал и фон являются нормальными стационарными случайными процессами с нулевыми средними значениями и известны ковариационные матрицы портретов. Предложен критерий качества распознавания, итогом выполнения которого является принятие решения с вероятностью не ниже требуемой P_{tr} . Платой за выполнение этого критерия является изменение содержания решения. Для реализации системы радиолокационного распознавания (РЛР) со структурно-параметрической адаптацией РЛС предложено ввести в данную систему устройство прогноза качества и управления, которое проводит оценку (прогноз) количества информации и изменение решающего правила системы РЛР в соответствии с полученной оценкой. Введен показатель количества информации, извлекаемой системой распознавания из радиолокационного портрета (РЛП), под которым понимается мера снижения неопределенности в процессе принятия решения о группе цели с помощью системы РЛР. Показано, что количество извлекаемой информации зависит не только от параметров РЛП, но и от алгоритма его обработки. Определено потенциальное количество информации о цели k -й информационной группы, содержащейся в РЛП, введено понятие достаточно информативного портрета при распознавании целей всех групп. Формализованы понятия дифференциальной и интегральной контрастности в случае произвольно коррелированного РЛП. Введенные понятия дифференциальной и интегральной контрастностей для частного случая некоррелированного РЛП распространены на общий случай произвольно коррелированного РЛП.

Ключевые слова: радиолокационный портрет, априорная информация, решающее правило.

ВВЕДЕНИЕ

Качество работы системы распознавания может повышаться в результате изменения содержания (состава) принимаемого системой решения на основе оперативного анализа количества априорной информации, которая может содержаться в радиолокационном портрете (РЛП) при действующих условиях наблюдения, с учетом способностей системы радиолокационного распознавания (РЛР) по извлечению этой информации. При использовании анализа, производимого в реальном времени, принимаемое системой решение может содержать конкретный класс (группу целей в классе) или объединять несколько классов (групп), к которым наиболее вероятно принадлежит наблюдаемая цель.

Априорной информацией, которая может содержаться в портрете, является информация, заключенная в эталонных портретах, сформированных адаптивно к условиям наблюдения – помеховым условиям (отношению сигнал/помеха), а также ориентации цели относительно РЛС, координатам и параметрам движения цели. Так как в системе РЛР осуществляется последовательное сопоставление выходных сигналов каналов обработки между собой, то в первую очередь интерес представляет априорная информация, характеризующая отличия целей одного класса (группы) относительно целей другого класса (группы). Априорная информация о целях конкретного класса (группы) количественно характеризует степень отличия эталонного портрета целей одного класса от эталонного портрета целей другого класса (группы).

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ РЛС

Рассмотрим понятие информационной адаптации структуры решающего правила [1, 2] системы при решении задачи распознавания. Исходя из назначения конкретного радиолокатора, цели многочисленных типов объединяются в функциональные классы, например, «тяжелый реактивный самолет», «легкий реактивный самолет», «легкий винтовой самолет», «тяжелый винтовой самолет», «вертолет», «имитирующая помеха» и другие. Априорной статистикой для системы радиолокационного распознавания являются эталоны групп типов распознаваемых воздушных объектов (ВО), имеющих схожие радиолокационные портреты. Соответственно, каждый функциональный класс разбивается на такие группы, которые назовем информативными группами.

Идеальным результатом распознавания цели является определение информативной группы, к которой принадлежит обнаруженная цель.

Для распознавания ВО по их РЛП может быть использовано большое разнообразие систем [1–5]. Принцип работы этих систем преимущественно основан на формировании и сравнении квадратичных функционалов от поступающего на вход РЛП (координатной информации) в виде матрицы-строки дискретной выборки комплексных амплитуд $\xi_{g+f} = (\xi_{1(g+f)} \dots \xi_{N(g)})$, полученных в N элементах разрешения и представляющих собой аддитивную смесь сигнала, отраженного от цели g -й группы $\xi_g = (\xi_{1(g)} \dots \xi_{N(g)})$, $g = \overline{1, M_l}$ и фона $\xi_f = (\xi_{1(f)} \dots \xi_{N(f)})$, $g = \overline{1, M_f}$, где M_l – общее число информативных групп для данного типа и параметров РЛП. Полагаем, что сигнал и фон являются нормальными стационарными случайными процессами с нулевыми средними значениями. Известны ковариационные матрицы портретов $R_{g+f} = (R_g + R_f)$, состоящие из ковариационных матриц сигнала $R_g = \overline{\xi_g \xi_g^*}$, $g = \overline{1, M_l}$ (* – комплексное сопряжение и транспонирование) и фона $R_f = \xi_f^* \xi_f$. Обработка РЛП ξ_{g+f} осуществляется в M_l каналах с формированием смещенных квадратичных функционалов

$$z_k = \xi_{g+f} R^{ko} \xi_{g+f}^* + L_k, k = \overline{1, M_l}. \quad (1)$$

Простейшее решающее правило имеет вид: «если $z_{kl} = (z_k - z_l) \geq 0$ для всех $l \neq k = \overline{1, M_l}$, то A_k^* », где A_k , A_k^* – условие и решение системы о наличии цели k -й группы, а z_{kl} является межканальной разностью.

При синтезе адаптивных решающих правил распознавания, основанных на анализе информационных показателей, должны быть использованы критерии качества распознавания. Примером такого критерия может быть следующее требование – «вероятность принятия правильного решения должна быть не ниже требуемой P_{tr} ». Для выполнения этого критерия в зависимости от помеховой обстановки и условий наблюдения цели, а также вида и алгоритма обработки РЛП в перечень из M_l типовых решений системы РЛР могут вноситься изменения, зависящие от прогнозируемых вероятностей правильного распознавания целей всех M_l групп. При этом возможны следующие варианты решения системы РЛР: вариант 1 – ВО принадлежит к одной информативной группе; вариант 2 – ВО принадлежит к совокупности информативных групп, относящихся к одному функциональному классу; вариант 3 – ВО принадлежит к совокупности информативных групп, относящихся к разным функциональным классам.

Итогом выполнения критерия качества является принятие решения с вероятностью правильного решения не ниже требуемой P_{tr} . Платой за выполнение этого критерия является изменение содержания решения.

Решение в варианте 3 является наименее приемлемым и фактически представляет собой сигнал управления радиолокатором вида:

- повторное распознавание без изменения вида портрета, выполняемое до момента выполнения критерия;
- повторное распознавание с изменением вида и параметров портрета, формирование которого возможно при других параметрах зондирующего сигнала, и, возможно, параметров обзора радиолокатора.

Последний вариант управления соответствует структурно-параметрической адаптации радиолокатора и предполагает прогноз качества распознавания для всех вариантов формирования РЛП (вариантов зондирующих сигналов), доступных конкретной РЛС. Причем прогноз качества на этапе управления и распознавание выполняются именно для целей тех конкретных классов, по которым было принято конкретное решение в варианте 3.

Для реализации системы РЛР со структурно-параметрической адаптацией РЛС необходимо, как показано на рис. 1, ввести в данную систему устройство прогноза качества и управления. Это устройство (структура представлена на рис. 2 применительно к задаче распознавания) должно обеспечивать:

- оценку (прогноз) количества информации, которая может быть извлечена системой РЛР из РЛП в данных условиях наблюдения при распознавании целей каждой группы;
- изменение решающего правила системы РЛР в соответствии с полученной оценкой количества информации, то есть структурно-параметрическую адаптацию системы РЛР.

Рис. 1. Обобщенная схема РЛС со структурно-параметрической адаптацией основных систем и устройств при решении задач обнаружения, измерения координат и распознавания

Fig. 1. The generalized scheme of radar station with structural and parametrical adaptation of the main systems and devices in solving the problems of detection, measurement of coordinates and recognition

Важно отметить, что информационные показатели определяются критерием качества, предъявляемого к системе распознавания. Методы повышения качества распознавания, основанные на анализе априорной информации, должны использовать количественно определенные информационные показатели. При радиолокационном распознавании информация о цели извлекается

из отраженного сигнала, а также координат и параметров движения цели. Объем информации определяется потенциальными способностями используемого РЛП и возможностями системы распознавания по извлечению информации (используемыми алгоритмами обработки портрета и адаптации к малоинформативным параметрам). Для наглядности рассмотрим информационные показатели на примере обработки радиолокационного портрета. Эти результаты также легко обобщаются на обработку и анализ информационных показателей координатного портрета.

Рис. 2. Структурная схема устройства прогноза качества и управления
Fig. 2. Block diagram of the device for forecasting quality and control

КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ, ИЗВЛЕКАЕМОЙ ИЗ ПОРТРЕТА СИСТЕМОЙ РАСПОЗНАВАНИЯ

Для решения задачи синтеза решающего правила со структурно-параметрической адаптацией необходимо ввести показатели количества информации, извлекаемой системой распознавания из РЛП [3, 6]. Предположим, что на вход системы поступает РЛП цели. Принадлежность ее к информационной группе может быть определена двумя путями:

- угадыванием группы, при котором неопределенность в принятии решения наибольшая;
- принятием решения посредством системы РЛР на основании информации, извлекаемой ею из РЛП.

Вероятность правильного угадывания принадлежности цели к k -й группе определяется выражением $P_{уг}(A_k^* / A_k) = P_k P_{уг}(A_k^* | A_k)$, где A_k – событие, заключающееся в принадлежности

цели к k -й группе; A_k^* – событие, заключающееся в принятии решения о принадлежности цели к k -й группе; $P_{ug}(A_k^* / A_k)$ – условная вероятность правильного угадывания; P_k – вероятность появления цели k -й группы в пространстве распознавания.

Условная вероятность правильного угадывания при отсутствии предпочтительного отношения к какой-либо группе одинакова, то есть равна

$$P_{ug}(A_k^* / A_k) = 1 / M_l, k = \overline{1, M_l}.$$

Вероятность правильного распознавания цели k -й группы системой определяется [3] как $P_{sr}(A_k A_k^*) = P_k P_{sr}(A_k^* / A_k)$, где $P_{sr}(A_k^* / A_k) = D_k$ – условная вероятность правильного распознавания цели k -й группы.

В соответствии с [6] под количеством информации, извлекаемой системой из РЛП при решении задачи распознавания, будем понимать меру снижения неопределенности в процессе принятия решения о группе цели с помощью системы РЛР. Тогда количество информации, извлекаемой системой из РЛП при распознавании цели k -й группы, определяется [7] выражением

$$I_k^{zv} = \log \frac{P_{sr}(A_k A_k^*)}{P_{ug}(A_k A_k^*)} = \log \frac{D_k}{P_{ug}(A_k^* | A_k)} = \log D_k + \log M_l. \quad (2)$$

Соответственно, общее количество информации, извлекаемой системой из РЛП при распознавании целей всех M_l групп, определяется как

$$I_{\Sigma}^{zv} = \sum_{k=1}^M I_k^{zv} = \sum_{k=1}^M \log D_k + M_l \log M_l = \log \prod_{k=1}^{M_l} D_k + M_l \log M_l. \quad (3)$$

Количество извлекаемой информации зависит не только от параметров РЛП, но и от алгоритма его обработки [8, 9]. Поэтому под потенциальным количеством информации о цели k -й информационной группы, содержащейся в РЛП, будем понимать меру снятой неопределенности в процессе принятия решения о принадлежности цели к k -й группе с использованием системы РЛР, реализующей байесовский критерий. Потенциальное количество информации определяется как $I_k^{pot} = (\log D_k^{opt} + \log M_l)$, где D_k^{opt} – условная вероятность правильного распознавания цели k -й группы системой с байесовским критерием распознавания. Объем информации, содержащейся в РЛП, определяется объемом знаний о РЛП и возможностью их учета в эталонах [10].

Соответственно, общее, потенциально извлекаемое из РЛП количество информации о целях всех M групп, определяется выражением

$$I_{\Sigma}^{pot} = \sum_{k=1}^{M_l} I_k^{pot} = \sum_{k=1}^{M_l} \log D_k^{pot} + M_l \log M_l = \log \prod_{k=1}^{M_l} D_k^{pot} + M_l \log M_l.$$

Условная вероятность правильного распознавания цели k -й группы M_l -канальной системой РЛР в предположении о некоррелированности выходных сигналов каналов обработки определяется выражением

$$D_k = \prod_{l \neq k=1}^{M_l} D_{kl}, \quad (4)$$

где D_{kl} – условная вероятность того, что выходной сигнал z_k k -го канала обработки, согласованного с РЛП цели k -й группы, больше либо равен сигналу z_l , l -го канала обработки при наличии портрета цели k -й группы.

С учетом (4), выражения (2) и (3) преобразуются к виду

$$I_k^{izv} = \sum_{l \neq k=1}^{M_l} \log D_{kl} + \log M_l,$$

$$I_{\Sigma}^{izv} = \sum_{k=1}^{M_l} \sum_{l \neq k=1}^{M_l} \log D_{kl} + M_l \log M_l.$$

Портрет полагается достаточно информативным для системы при распознавании цели k -й группы относительно целей остальных $(M_l - 1)$ групп, если $I_k^{izv} \geq I_{dos}$, или недостаточно информативным, если $I_k^{izv} < I_{dos}$, где I_{dos} – достаточное количество информации, извлекаемой системой из РЛП, для принятия решения A_k^* при условии A_k с вероятностью $D_k = P_{lr}$, то есть $I_{dos} = (\log P_{lr} + \log M_l)$. Соответственно портрет называется достаточно информативным для системы РЛП при распознавании целей всех M_l групп, если

$$I_k^{izv} \geq I_{dos}, k = \overline{1, M}.$$

ИНФОРМАТИВНОСТЬ, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ И ИНТЕГРАЛЬНАЯ КОНТРАСТНОСТЬ В СЛУЧАЕ ПРОИЗВОЛЬНО КОРРЕЛИРОВАННОГО РЛП

Условие достаточной информативности РЛП можно записать в виде неравенства $\sum_{l \neq k=1}^{M_l} \log D_{kl} \geq \log P_{lr}, k = \overline{1, M_1}$, достаточным условием выполнения которого является

$$\log D_{kl} \geq (M_1 - 1)^{-1} \log P_{lr}, k = \overline{1, M_1}, l \neq k = \overline{1, M_1} \text{ или } D_{kl} \geq {}^{M_1-1}\sqrt{P_{lr}}, k = \overline{1, M_1}, l \neq k = \overline{1, M_1}. \quad (5)$$

В общем случае вероятность D_{kl} определяется выражением

$$D_{kl} = \int_0^{\infty} P_k(z_{kl}) dz_{kl}, \quad (6)$$

где $\rho_k(z_{kl})$ – условная плотность вероятности межканальной разности z_{kl} при наличии на входе системы РЛП портрета цели k -й группы¹.

При достаточно большом числе элементов произвольно коррелированного РЛП плотность $\rho_k(z_{kl})$ можно аппроксимировать нормальным законом

$$P_k(z_{kl}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\lambda_l^{k/k}}} \exp \left\{ -\frac{(z_{kl} - \overline{z_{kl/k}})^2}{2\lambda_l^{k/k}} \right\},$$

¹ Special: Striving to Protect America, Technology Innovation [Электронный ресурс] // NASA's magazine for business and technology. 2004. Vol. 11, № 4. Режим доступа: <http://nctn.hq.nasa.gov> (дата обращения 08.06.2018).

где $\lambda_l^{k/k}$ – собственные значения ковариационной матрицы $M_{k/k}$ межканальных разностей при наличии цели k -й группы; $\overline{z_{kl/k}}$ – среднее значение случайной величины z_{kl} при наличии цели k -й группы [12].

Если межканальные разности $z_{kl}, l \neq k = \overline{1, M_1}$ некоррелированы, то $z_{kl/k} = L_{kl} + trX^{kl/k}$, $\lambda_l^{k/k} = \sigma_{kl/k}^2 = tr(X^{kl/k})^2$, где $L_{kl} = (a_k - a_l)$ – межканальное смещение; $trX^{kl/k}$, $tr(X^{kl/k})^2$ – след определяющей матрицы и след определяющей матрицы, возведенной во вторую степень. Причем

$$L_{kl} = \ln \frac{\det R_{l+}}{\det R_{k+}} + 2 \ln \frac{c_k}{c_l}, \quad X^{kl/k} = (R_{k+} Q_{l+} - E),$$

где c_k, c_l – коэффициенты байесовского риска [3, 4], полагаемые для простоты равными ($c_k = c_l$); E – единичная матрица.

С учетом этих ограничений выражение (6) преобразуется к виду

$$D_{kl} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi \left(\frac{\overline{z_{kl/k}}}{\sqrt{\lambda_l^{k/k}}} \right), \quad (7)$$

где $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp(-t^2/2) dt$ – интеграл вероятности.

Соответственно, условие достаточной информативности РЛП (5) можно записать в виде [3]

$$\frac{\overline{z_{kl/k}}}{\sqrt{\lambda_l^{k/k}}} \geq \arg \Phi(2^{M_l-1} \sqrt{P_{tr}} - 1), k = \overline{1, M_l}, l \neq k = \overline{1, M_l} \quad \text{или} \quad G_{kl/k} \geq G_0, k = \overline{1, M_l}, l \neq k = \overline{1, M_l}, \quad (8)$$

где $\arg \Phi(y)$ – аргумент интеграла вероятности $\Phi(x) = y$; $G_{kl/k} = \frac{\overline{z_{kl/k}}}{\sqrt{\lambda_l^{k/k}}}$ – информативность

РЛП цели k -й группы относительно РЛП цели l -й группы;

$G_0 = \arg \Phi(2^{M_l-1} \sqrt{P_{tr}} - 1)$ – достаточная информативность РЛП для распознавания цели любой группы.

Распространим введенные в [3] понятия дифференциальной и интегральной контрастностей для частного случая некоррелированного РЛП на общий случай произвольно коррелированного РЛП [4]. Учтем, что определяющая матрица для цели k -й группы $X^{kl/k} = (R_{k+} Q_{l+} - E)$, а ее собственные значения определяются выражением

$$\mu_n^{kl/k} = (\mu_n^{kl} - 1), n = \overline{1, N},$$

где $\mu_n^{kl}, n = \overline{1, N}$ – собственные значения произведения матриц $(R_{k+} Q_{l+})$.

Под *дифференциальной контрастностью* Δ_n^{kl} n -го элемента РЛП цели k -й группы относительно n -го элемента РЛП цели l -й группы с учетом помехового фона будем понимать [4] n -е собственное значение определяющей матрицы $X^{kl/k} = (R_{k+f} Q_{l+f} - E)$, то есть

$$\Delta_n^{kl} = \mu_n^{kl/k} = (\mu_n^{kl} - 1). \quad (9)$$

При условии $c_k = c_l$ выражения для смещения a_{kl} и среднего значения $\overline{z_{kl/l}}$ межканальной разности имеют вид

$$L_{kl} = -\ln \frac{\det R_{k+f}}{\det R_{l+f}} = -\sum_{n=1}^N \ln \mu_n^{kl} = -\sum_{n=1}^N \ln(1 + \mu_n^{kl/k}),$$

$$\overline{z_{kl}} = L_{kl} + \sum_{n=1}^N \ln \mu_n^{kl/k} = \sum_{n=1}^N [\mu_n^{kl/k} - \ln(1 + \mu_n^{kl/k})].$$

Если собственные значения определяющей матрицы удовлетворяют неравенству $(-1 < \mu_n^{kl/k} \leq 1)$, то логарифм $\ln(1 + \mu_n^{kl/k})$ можно разложить в степенной ряд и, ограничившись двумя его членами, получить

$$\ln(1 + \mu_n^{kl/k}) \cong \left[\mu_n^{kl/k} - \frac{1}{2} (\mu_n^{kl/k})^2 \right].$$

С учетом этого в случае независимости межканальных разностей выражение для информативности РЛП цели k -й группы на фоне РЛП цели l -й группы приводится к приближенному упрощенному виду

$$G_{kl/k} \cong \frac{1}{2} g_{kl/k},$$

где $g_{kl/k} = \sqrt{\sum_{n=1}^N (\mu_n^{kl/k})^2} = \sqrt{\text{tr}(X^{kl/k})^2}$ – интегральная контрастность РЛП цели k -й группы по отношению к РЛП цели l -й группы.

Таким образом, предложено для повышения качества распознавания воздушных объектов использование априорной информации, содержащейся в эталонных портретах, формируемых адаптивно к условиям наблюдения. Введены понятия дифференциальной и интегральной контрастности в случае произвольно коррелированного РЛП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ширман Я.Д.** Методы радиолокационного распознавания и их моделирование / С.А. Горшков, С.П. Лещенко, Г.Д. Братченко, В.М. Орленко // Радиолокация и радиометрия. 2000. № 2. С. 5–65.
2. **Васильев О.В.** Особенности распознавания воздушных целей в бортовой РЛС при длительной когерентной обработке сигналов / В.А. Абатуров, Р.А. Потапов, А.Г. Ситников, С.С. Коротков // Радиотехника. 2011. № 2. С. 43–51.
3. **Абатуров В.А.** Математические модели радиолокационных сигналов, отраженных от воздушных целей разных классов / О.В. Васильев, В.А. Ефимов, В.Е. Макаев // Радиотехника. 2006. № 7. С. 28–33.

4. Цивлин И.П. Автоматическое распознавание радиолокационных изображений в бортовой РЛС // Радиотехника. 2002. № 9. С. 43–50.
5. Jacobs S.P., O'Sullivan J.A. Automatic target recognition using sequences of high resolution radar range-profiles // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. 2000. Vol. 36, № 2. Pp. 364–382.
6. Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. М.: Радио и связь, 1986. 264 с.
7. Акиншин Н.С. Радиосистемы передачи информации / В.Ф. Авилушкин, В.Д. Дудка, В.А. Николаев. Тула: ТАИИ, 2003. С. 475–480.
8. Затучный Д.А. Уменьшение погрешностей при передаче данных с борта воздушного судна в горных районах для ОБЧ-диапазона путем совершенствования выбора места передачи // Научный Вестник МГТУ ГА. 2012. № 176. С. 150–152.
9. Брайткрайц С.Г. Методический подход к определению места нетрадиционных методов радиолокации в перспективном радиолокационном применении / Е.М. Ильин, А.И. Полубехин, Д.А. Затучный // Вестник СПбГУ ГА. 2017. № 3(16). С. 72–84.
10. Козлов А.И. Поляризационно-доплеровская функция отклика составного радиолокационного объекта в задаче обнаружения / В.Н. Татаринцов, С.В. Татаринцов, Н.Н. Кривин // Научный Вестник МГТУ ГА. 2013. № 193(7). С. 26–28.
11. Козлов А.И. «Поляризационный след» при рассеянии электромагнитных волн составными объектами / В.Н. Татаринцов, С.В. Татаринцов, Н.Н. Кривин // Научный Вестник МГТУ ГА. 2013. № 189(3). С. 66–73.
12. Троицкий В.И. Разработка методов математического моделирования радиотепловых КЭСН летательных аппаратов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2016. Т. 19, № 5. С. 97–103.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Акиншин Руслан Николаевич, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Секции прикладных проблем при Президиуме Российской академии наук, rakinshin@yandex.ru.

Петешов Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры ЧВВИУРЭ, D-john_post@mail.ru.

INFORMATION INDICATORS OF RADAR PORTRAITS OF AIR OBJECTS AND GENERALIZED INDICATORS OF THE ABILITY OF RECOGNITION SYSTEMS TO EXTRACT INFORMATION

Ruslan N. Akinshin¹, Andrey V. Peteshov²

¹ Section of Applied Problems at the Presidium of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Cherepovets Higher Military Engineering School of Radio Electronics, Cherepovets, Russia

ABSTRACT

To improve the quality of recognition of air objects, it is proposed to use a priori information contained in reference portraits, which are formed adaptively to the conditions of observation. A decisive rule is formulated on the assignment of the observed target to the k-th group under the assumption that the signal and background are normal stationary random processes with zero mean values and the covariance matrices of portraits are known. The quality criterion of recognition is proposed, the result of which implementation is a decision with a probability not below the required P_{tr} . The price for the implementation of this criterion is the decision content change. For the implementation of the radar recognition system (HRD) with structural-parametric adaptation of the radar it is

proposed to introduce into the system a device of the quality and control forecast, which conducts the assessment (forecast) of the amount of information and change the decisive rule of the HRD system in accordance with the received assessment. An indicator of the amount of information extracted by the recognition system from the radar portrait (RLP) is introduced, which is thought as a measure of reducing uncertainty in the decision-making process on the target group with the help of the RLR system. It is shown that the amount of extracted information depends not only on the parameters of the RLP, but also on the algorithm of its processing. The potential amount of information about the goal of the k -th information group contained in the RLP is determined, the concept of a sufficiently informative portrait with the recognition of the goals of all groups is introduced. The concepts of differential and integral contrast are formalized in the case of arbitrarily correlated RLP. The introduced concepts of differential and integral contrasts for the special case of uncorrelated RLP are extended to the General case of arbitrarily correlated RLP.

Key words: radar portrait, a priori information, decisive rule.

REFERENCES

1. Shirman, Y.D., Gorshkov, C.A., Leshenko, S.P. Bratchenko, G.D. and Orlenko, V.M. (2000). *Metody radiolokatsionnogo raspoznavaniya i ikh modelirovanie* [Methods of radar recognition and modeling]. *Radiolokatsiya i radiometriya* [Radar and radiometry], no. 2, pp. 5–65. (in Russian)
2. Vasiliev, O.V., Abaturov, V.A., Potapov, R.A., Sitnikov, A.G. and Korotkov, S.S. (2011). *Osobennosti raspoznavaniya vozdukhnykh tseley v bortovoy RLS pri dlitelnoy kogerentnoy obrabotke signalov* [The features of identification of air targets in radar with long-term coherent signal processing]. *Radiotekhnika* [Radio engineering], no. 2, pp. 43–51. (in Russian)
3. Abaturov, V.A., Vasiliev, O.V., Efimov, V.A. and Makaev, V.E. (2006). *Matematicheskie modeli radiolokatsionnykh signalov, otrazhennykh ot vozdukhnykh tseley raznykh klassov* [Mathematical models of radar signals reflected from air targets of different classes]. *Radiotekhnika* [Radio engineering], no. 7, pp. 28–33. (in Russian)
4. Tsvilin, I.P. (2002). *Avtomaticheskoe raspoznavanie radiolokatsionnykh izobrazheniy v bortovoy RLS* [Automatic recognition of radar images in the onboard RLS]. *Radiotekhnika* [Radio engineering], no. 9, pp. 43–50. (in Russian)
5. Jacobs, S.P. and O'Sullivan, J.A. (2000). *Automatic target recognition using sequences of high resolution radar range-profiles*. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 36, no. 2, pp. 364–382.
6. Fomin, Y.A. and Tarlovskiy, G.R. (1986). *Statisticheskaya teoriya raspoznavaniya obrazov* [Statistical theory of pattern recognition]. Moscow: Radio i svyaz, 264 p. (in Russian)
7. Akinshin, N., Avilushkin, V.F., Dudka, V.D. and Nikolaev, V.A. (2003). *Radiosistemy peredachi informatsii* [Radio systems of information transfer]. Tula: TAI, pp. 475–480. (in Russian)
8. Zatuchniy, D.A. (2012). *Umenshenie pogreshnostey pri peredache dannykh s borta vozduhnogo sudna v gornykh rayonakh dlya ovch-diapazona putem sovershenstvovaniya vybora mesta peredachi* [Reducing errors in the transmission of data from aircraft in mountain areas for the VHF band by improving the choice of the transmission place]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 176, pp. 150–152. (in Russian)
9. Braytkrayc, S.G., Ilin, E.M., Polubekhin, A.I. and Zatuchniy, D.A. (2017). *Metodicheskij podkhod k opredeleniyu mesta netraditsionnykh metodov radiolokatsii v perspektivnom radiolokatsionnom primenenii* [A methodical approach to determining the location of non-traditional methods of radar in a prospective radar application]. *Vestnik SPbGU GA* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation], vol. 3, no. 16, pp. 72–84. (in Russian)
10. Kozlov, A.I., Tatarinov, V.N., Tatarinov, S.V. and Krivin, N.N. (2013). *Polyarizacionno-dopplerovskaya funktsiya otklika sostavnogo radiolokatsionnogo obekta v zadache obnaruzheniya* [Polarization-Doppler response function of a composite radar object in the detection problem]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, vol. 7, no. 193, pp. 26–28. (in Russian)

11. Kozlov, A.I., Tatarinov, V.N., Tatarinov, S.V. and Krivin, N.N. (2013). «*Polyarizatsionnyy sled*» pri rasseyanii elektromagnitnykh voln sostavnymi obektami [“Polarization trace” in the scattering of electromagnetic waves by composite objects]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, vol. 3, no. 189, pp. 66–73. (in Russian)

12. Troickiy, V.I. (2016). *Razrabotka metodov matematicheskogo modelirovaniya radio-teplovyykh KESN letatelnykh apparatov* [Development of methods for mathematical modeling of radio thermal CERN aircraft]. Civil Aviation High Technologies, vol. 19, no. 5, pp. 97–103. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ruslan N. Akinshin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Section of Applied Problems at the Presidium of the Russian Academy of Sciences, rakinshin@yandex.ru.

Andrey V. Peteshov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the CWWIURE Chair, D-john_post@mail.ru.

Поступила в редакцию 11.05.2018
Принята в печать 18.09.2018

Received 11.05.2018
Accepted for publication 18.09.2018