

УДК 681.518.54:623.4

И.М. Николаев, Ю.А. Попонин, С.В. Закиров

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ, СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ БАЗ ДАННЫХ О РАДИОИЗЛУЧАЮЩИХ ОБЪЕКТАХ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РЭБ

Обосновываются структура, содержание, принципы построения и использования баз данных о радиоизлучающих объектах и радиоэлектронных средствах (РЭС) наземного (морского) и воздушного базирования в интересах эффективного решения задач распознавания РЭС и объектов в перспективных многофункциональных комплексах РЭБ. Показано, что база данных должна строиться по иерархическому принципу и обеспечивать формирование оперативных каталогов для решения конкретных задач РЭБ в районе дислокации комплекса.

**Ключевые слова:** многофункциональный комплекс РЭБ, распознавание объектов, база данных, алфавит классов, словарь сигнальных признаков.

### Введение

**Постановка проблемы.** Одним из перспективных направлений совершенствования средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) с террористической угрозой является интеграция функций обнаружения, распознавания, огневого поражения и подавления помехами радиоизлучающих объектов и РЭС наземного (морского) и/или воздушного базирования. Для решения этих задач в состав перспективных средств РЭБ должны входить широкодиапазонные средства пассивного наблюдения, обеспечивающие обнаружение и распознавание объектов и их состояний в масштабе времени, близком к реальному, по структуре и параметрам сигналов входящих в их состав РЭС [1, 2].

Для эффективного решения задачи распознавания объектов, несущих террористическую угрозу, в состав многофункциональных комплексов (МФК) РЭБ должны входить базы данных (БД), содержащих эталонные описания радиоизлучающих объектов и РЭС разных типов и классов на языке сигнальных признаков, связанных со структурой и параметрами излучаемых ими сигналов.

Эталонные описания распознаваемых объектов и РЭС формируются, как известно, на основе априорных данных о типах, режимах работы и параметрах излучений РЭС, входящих в состав объектов, несущих террористическую угрозу. Точность, полнота и достоверность этих данных во многом будут определять вид и структуру алгоритмов распознавания, рабочие алфавиты распознаваемых классов (типов) и состояний объектов, а также рабочие словари их сигнальных признаков [3, 4].

В связи с этим задача разработки для перспективных МФК РЭБ баз данных, содержащих сведения о типах (классах), назначении, решаемых зада-

чах, режимах работы и параметрах излучений РЭС и объектов разных способов базирования, является актуальной. Учитывая многообразие классов (типов) объектов, способных нести террористическую угрозу, пути решения поставленной задачи не являются очевидными.

**Анализ литературы.** В настоящее время в научно-технических изданиях не нашли отражения особенности организации и использования БД применительно к задачам, возлагаемым на перспективные МФК РЭБ.

**Цель статьи** – обоснование структуры, содержания, принципов построения и функционирования банка априорных данных о радиоизлучающих объектах и РЭС наземного (морского) и воздушного базирования для перспективных комплексов РЭБ.

### Основная часть

Хранения данных об объектах и РЭС являются составной частью процесса управления использованием МФК РЭБ. Автоматизация процессов решения задач, возлагаемых на МФК РЭБ, накладывает ряд специфических требований к составу и структуре БД, входящих в состав их информационного обеспечения.

Анализ целей и задач, возлагаемых на МФК РЭБ, а также условий и способов их использования показывает, что в основу создания БД для этих средств должны быть положены следующие основные принципы:

- соответствие объема и содержания БД целям и задачам, возлагаемым на МФК РЭБ;
- иерархичность построения БД;
- адаптация БД к району дислокации МФК РЭБ;
- обучение (дообучение) и самообучение БД по результатам наблюдения, измерения и анализа излучений РЭС в конкретном районе дислокации МФК РЭБ.

Принцип соответствия предполагает, что БД должна содержать все необходимые сведения о тех объектах и РЭС, для борьбы с которыми предназначен МФК РЭБ. Это соответствие должно быть обеспечено по диапазону рабочих частот, классам (типам) и способу базирования объектов и РЭС, количеству и диапазонам изменения измеряемых параметров излучаемых сигналов и т. д.

Принцип иерархичности предполагает размещение данных об объектах и РЭС в отдельных информационных массивах с учетом их географической, государственной и ведомственной принадлежности, способа базирования и других признаков. Реализация этого принципа требует разработки многоуровневой системы указателей для поиска требуемой информации. На первом уровне этой структуры должны размещаться указатели географических регионов, на втором - указатели стран, расположенных в данном географическом регионе, на третьем - указатели ведомств и учреждений той или иной страны, в составе которых имеются радиоизлучающие объекты и РЭС и т. д.

Принцип адаптации обуславливает необходимость и возможность формирования из сведений, содержащихся в априорной БД, рабочих баз данных (РБД), количество, структура и содержание которых должны соответствовать решаемым задачам и району дислокации МФК РЭБ. Использование этого принципа позволяет из всей совокупности объектов и РЭС, включенных в априорную БД, выбрать те из них, которые расположены или могут появиться в зоне действия (разведдоступности) МФК РЭБ.

Формирование РБД должно осуществляться на основе сведений о типах, назначении, решаемых задачах, местоположении, режимах работы и параметрах излучений объектов и РЭС, представляющих потенциальную угрозу, с учетом местоположения (координат) МФК РЭБ и рельефа местности в районе его дислокации, условий распространения радиоволн и других факторов. При таком подходе формируемые РБД будут обеспечивать решение задач распознавания разных алфавитов радиоизлучающих объектов с использованием различных словарей сигнальных признаков. При этом процедуры адаптации БД к размерам алфавитов распознаваемых объектов и РЭС и составу используемых признаков тесно взаимосвязаны между собой и должны осуществляться одновременно.

При использовании вероятностной модели алфавит эталонов для независимых признаков может быть задан в следующем виде:  $[\{\Omega_i\}; P(\Omega_i); P(\alpha_j/\Omega_i); i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N]$ , где  $P(\Omega_i)$ -априорная вероятность  $\Omega$ -го класса;  $P(\alpha_j/\Omega_i)$  - распределение вероятностей значений (градаций) признака  $\alpha_j$ , характеризующего класс  $\Omega_i$ ;  $M$  и  $N$ -число классов и признаков соответственно. Тогда с формальной точки зрения задача адаптации БД к условиям функциони-

рования МФК РЭБ может быть сформулирована следующим образом [1, 2].

Пусть  $\Omega = \{\omega_i\}$ ,  $i=1, 2, \dots, m$  - множество типов объектов,  $\theta = \{\theta_v\}$  - множество типов РЭС,  $S = \{s_g\}$  - множество сигналов РЭС,  $A = \{A_k\}$ ,  $k=1, 2, \dots, K$  - множество возможных ситуаций (решаемых задач),  $R = \{r_q^k\}$ ,  $q=1, 2, \dots, Q_k$  - множество возможных решений, принимаемых в  $k$ -й ситуации.

На основе информации относительно множества возможных ситуаций и множеств решений, принимаемых в каждой ситуации, необходимо произвести разбиение исходного множества объектов  $\Omega = \{\omega_i\}$ ,  $i=1, 2, \dots, m$ , на классы, т. е. составить рабочие алфавиты классов для каждой ситуации. В частности, для  $k$ -й ситуации, характеризующихся набором возможных решений  $q=1, 2, \dots, Q_k$ , множество распознаваемых объектов должно быть разбито на классы  $\Omega_1^k, \Omega_2^k, \dots, \Omega_n^k$ , где  $n=Q_k+1$ . Если обозначить априорный словарь признаков как  $(X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jn})$ , то  $k$ -й алфавит распознаваемых классов должен быть описан с помощью рабочего словаря вида  $(X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jn})$ , где  $(j_1, j_2, \dots, j_n)$  принадлежит множеству  $1, 2, \dots, N$ , т. е. рабочий словарь  $k$ -го алфавита является подмножеством множества признаков априорного словаря.

Для формирования РБД в полуавтоматическом режиме в интересах информационного обеспечения решения той или иной задачи может быть использована следующая процедура:

а) на основе анализа возникшей ситуации, состава и содержания возможных решений оператор определяет и вводит с пульта алфавит классов (типов) объектов  $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_r$ , подлежащих распознаванию в данной ситуации;

б) на основе априорной информации, содержащейся в БД (базовом каталоге), ЭВМ формирует РБД (оперативный каталог), в которую вносятся перечисленные выше классы и их описания в следующем виде:  $\Omega_1 \in \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k\}$ ,  $\Omega_2 \in \{\omega_{k+1}, \omega_{k+2}, \dots, \omega_q\}$ ,  $\Omega_r \in \{\omega_{q+1}, \omega_{q+2}, \dots, \omega_z\}$ , где  $\omega_j$ ,  $j=1, 2, \dots, k, \dots, q, \dots, z$ , - типы РЭС, входящие в состав объектов, данные о которых содержатся в БД.

Принцип обучения предполагает уточнение и корректировку (по результатам наблюдения) априорных данных об объектах и РЭС, сигнальные признаки которых были заданы в БД в виде диапазонов возможных значений (ДВЗ) изменения параметров излучаемых сигналов, а также внесение в БД сведений о неизвестных или вновь появившихся объектах и РЭС.

Задачами обучения могут быть: уточнение границ в пространстве признаков между классами заданного алфавита; уточнение априорных вероятностей появления объектов распознаваемых классов; уточнение эталонных описаний объектов распознаваемых классов на используемом в системе рабочем языке признаков; уточнение алфавита (количества и состава)

распознаваемых классов объектов; уточнение количества и состава рабочего словаря признаков.

Из анализа этих задач следует, что в любом случае процедура обучения (дообучения) сводится к редактированию и корректировке эталонных описаний видов (классов) распознаваемых излучений, РЭС объектов. Реализация принципа обучения позволит заменить интервальные признаки объектов и РЭС точечными признаками, добытыми в процессе наблюдения.

Для реализации рассмотренных принципов в состав программного обеспечения (ПО) БД МФК РЭБ должна входить подсистема адаптации и управления (рис. 1), задачами которой являются:

- кластеризация объектов и РЭС (формирование алфавитов и словарей сигнальных признаков) в соответствии с задачами, решаемыми МФК РЭБ;
- оценка электромагнитной доступности излучений РЭС с учетом рельефа местности, условий распространения радиоволн (по прямой волне или полю дальнего тропосферного распространения), условий ведения разведки (по основному, боковому или фоновому излучению их антенн) и других факторов [3];
- обучение (дообучение) и самообучение БД;
- управление работой БД.

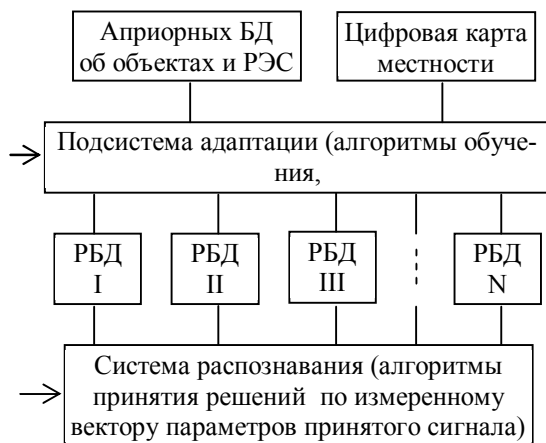


Рис. 1. Состав программного обеспечения БД

Кроме того, в состав ПО БД должны входить алгоритмы работы с цифровой картой местности и отображения на ней объектовой и радиоэлектронной обстановки (РЭО)

БД МФК РЭБ должна содержать априорные сведения, организованные по иерархическому принципу, о всех существующих объектах и РЭС наземного, морского и/или воздушного базирования.

Объем и содержание сведений, включаемых в оперативные каталоги (РБД 1,...,N), будут определяться, во-первых, размерностью рабочих словарей сигнальных признаков, используемых в алгоритмах распознавания объектов в конкретных ситуациях, во-вторых, количеством параметров РЭС, необходимых для оценки их электромагнитной доступности (мощность излучения, коэффициента направленного действия антенны, уровень боковых лепе-

стков и т.д.), а в третьих - объемом и содержанием информационно-справочной системы.

**Требования к структуре БД.** Организация БД должна обеспечивать ввод, контроль и размещение данных в устройствах памяти ЭВМ МФК РЭБ; обновление, изменение, расширение состава, реорганизацию и исключение данных; поиск, выборку, формирование и выдачу данных в соответствии с запросами; защиту данных от несанкционированного доступа (НСД). Для реализации этих требований БД должна создаваться в виде мультитабличной (многостраничной) базы данных (БД), включающей в свой состав: списки наименований способов базирования и государственной принадлежности объектов и РЭС; списки наименований классов (типов) объектов и РЭС воздушного и наземного (морского) базирования по их функциональному назначению; таблицы данных о радиоизлучающих объектах и РЭС воздушного, наземного и морского базирования.

На основе этих данных подсистема адаптации должна обеспечивать формирование оперативных каталогов (РБД), содержащих эталонные описания: воздушных объектов и их бортовых РЭС; наземных объектов и их РЭС; объектов и РЭС морского базирования; своих объектов и РЭС наземного, морского и воздушного базирования и др.

Для эффективного решения перечисленных задач ПО БД должно обеспечивать формирование РБД в соответствии с запросами и потребностями в конкретной ситуации. Для реализации этой возможности должны быть разработаны процедуры: автоматического и полуавтоматического формирования оперативных каталогов (РБД) на основе данных, содержащихся в базовом каталоге; ввода, контроля и размещения данных в соответствующих устройствах памяти; введения системы запретов на отдельные виды запросов и отображения; уточнения эталонных описаний распознаваемых классов (типов) объектов и РЭС по апостериорным данным (результатам наблюдений); хранения данных о радиоэлектронной обстановке с целью ее последующего анализа и выявления достоверной информации о режимах работы РЭС, параметрах излучений и способах их боевого применения; поиска, выборки и выдачи данных в соответствии с запросами; защиты данных от НСД.

**Таблицы данных** о радиоизлучающих объектах и РЭС должны содержать следующие сведения:

- а) по воздушным объектам:
  1. Наименование страны базирования.
  2. Тип объекта.
  3. Класс (назначение) объекта.
  4. Ведомственная принадлежность (ВВС, ВМС, ВТА, ГА);
  5. Основные ТТХ: дальность полета (действия) на малой и большой высоте, тактический радиус действия (диапазон дальностей полета); скорость полета на малой и большой высоте, крейсерская скорость полета (диапазон скоростей полета); диапазон высот полета;

вооружение (типы и количество); состав бортового радиоэлектронного оборудования (типы и количество); местоположение (координаты) аэродромов (аэропортов), их тип (класс), количество и типы размещаемых на них самолетов и других ЛА.

б) по бортовым РЭС воздушных объектов:

1. Тип РЭС;
2. Класс (назначение) РЭС;
3. Режимы работы РЭС;

4. Параметры излучаемых сигналов в каждом режиме работы РЭС: мощность передатчика; вид поляризации сигнала; вид (класс) излучаемого сигнала (импульсный, непрерывный, квазинепрерывный и т. д.); наличие и вид модуляции сигнала; диапазон возможных значений несущей; наличие, вид закона и диапазон перестройки несущей частоты от импульса к импульсу; наличие, вид закона и диапазон модуляции периода повторения импульсов; диапазоны возможных значений длительности и периода повторения излучаемых сигналов и др.;

5. Параметры антенной системы для каждого режима работы РЭС: вид обзора пространства (круговой, секторный, программный); вид сканирования диаграммы направленности антенны при секторном или программном обзоре (линейное, растровое, конечное и т. д.); величина (ширина) сектора и скорость сканирования по азимуту и углу места; период обзора; ширина диаграммы направленности антенны и коэффициента направленного действия антенны по азимуту и углу места; уровни бокового и фонового излучения антенны.

Для наземных объектов в дополнение к перечисленным сведениям указываются степень мобильности объекта и высоты антенн РЭС, установленных на объекте. Для объектов морского базирования указываются наименования и условные обозначения судов, районы плавания (патрулирования) и высоты антенн РЭС.

## Выводы

Для эффективного выполнения в масштабе времени, близком к реальному, задач огневого

поражения и радиоподавления радиоизлучающих объектов, несущих террористическую угрозу, в состав программного обеспечения перспективного МФК РЭБ должно входить БД, содержащая сведения о классах, типах и состояниях объектов воздушного, наземного и морского базирования, их географических координатах и местоположении, составе и типах РЭС, режимах их работы и параметрах излучаемых сигналов, физических характеристиках распространения радиоволн во всем диапазоне контролируемых частот и другие данные.

База данных является центральным элементом процесса распознавания радиоизлучающих объектов, РЭС и их состояний. Она представляет собой совокупность технических и программных средств, предназначенных для хранения, поиска и отображения информации о классах, типах и основных технических характеристиках распознаваемых объектов, информации справочно-информационного характера, данных о радиоэлектронной обстановке. БД МФК РЭБ должна строиться по иерархическому принципу и обеспечивать формирование оперативных каталогов с учетом задач, решаемых МФК РЭБ.

## Список литературы

1. Горелик А.Л. Построение систем распознавания / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин. – М.: Сов. радио, 1974. – 224 с.
2. Горелик А.Л. Современное состояние проблемы распознавания / А.Л. Горелик, И.Б. Гуревич, В.А. Скрипкин. – М.: Радио и связь, 1985. – 160 с.
3. Перетягин И.В. Особенности распознавания бортовых источников радиоизлучений и их носителей в трехкоординатном базово-корреляционном комплексе РТР / И.В. Перетягин, В.М. Канцедал, И.М. Николаев, В.М. Грачев. – ВСПЭ, 2002 – С. 45-52.
4. Николаев И.М. Трехуровневая система распознавания сигналов, источников радиоизлучений и воздушных целей для разнесенных систем пассивной локализации / И.М. Николаев, А.А. Адаменко, С.В. Закиров, А.А. Колесников // Радиотехника. – 2002. – Вып. 124. – С. 61-68.

Поступила в редколлегию 28.01.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.М. Ланецкий, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ, СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ БАЗ ДАНИХ ПРО РАДІОВІПРОМІНЮЮЧІ ОБ'ЄКТИ ДЛЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ РЕБ

І.М. Николаєв, Ю.О. Попонін, С.В. Закіров

*Обґрунтовуються структура, зміст, принципи побудови та використання баз даних про радіовіпромінюючі об'єкти та РЕЗ наземного (морського) та повітряного базування в інтересах ефективного вирішення задач розпізнавання РЕЗ та об'єктів у перспективних багатофункціональних комплексах РЕБ. Наведено, що БД повинна будуватися по ієрархічному принципу і забезпечувати формування оперативних каталогів для вирішення конкретних задач РЕБ в районі базування комплексу.*

**Ключові слова:** багатофункціональний комплекс РЕБ, розпізнавання об'єктів, база даних, алфавіт класів, словник сигнальних ознак.

## PRINCIPLES OF CONSTRUCTION, STRUCTURE AND CONTENT OF DATA BASES ABOUT RADIORADIATION OBJECTS FOR MULTIFUNCTION COMPLEXES OF REB

I.M. Nikolaev, Y.A. Poponin, S.V. Zakirov

*The article ground principles of construction, structure and content of data bases about radoradiation objects, land (marine) and air basing radioelectronic means and objects for perspective multifunctional complexes of REB. The data bases must be based on hierarchical principles and provide formation operative catalogs for solving REB tasks in the area of complex location.*

**Keywords:** multifunction complex REB, recognition of objects, database, alphabet of classes, dictionary of alarm signs.