

# ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

УДК 004.05:004.657

к.т.н. Гаценко С.С. (НУОУ)  
Писаренко Р.В. (ВІКНУ)  
Лук'янчиков І.М. (НУОУ)  
Ошкодер С.В. (НУОУ)  
Ніколаєнко В.П. (НУОУ)  
Приходько О.Г. (НУОУ)

DOI: <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2020/67-01>

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РАДІОМОНІТОРИНГОМ

*Збройна агресія Російської Федерації проти України, втрата важливих промислових потенціалів, як Державна акціонерна холдингова компанія «Топаз», яка спеціалізувалася на розробці і виробництві складних радіотехнічних систем і комплексів, в тому числі унікальних комплексів дальньої радіотехнічної розвідки та раннього попередження систем протиповітряної оборони, зокрема станції радіотехнічної розвідки «Кольчуга», дала значний поштовх для розвитку нових підходів до ведення радіомоніторингу обстановки, як одного з головних, а іноді єдиного способу добування інформації.*

*Такий складний вид технічної діяльності, як радіомоніторинг, потребує значних зусиль для його підтримки в готовності. Постійне забезпечення радіомоніторингу необхідною кількістю висококваліфікованих спеціалістів, що мають великий досвід визначення типу джерела радіовипромінювання, потребує значних зусиль для їх пошуку та навчання. Навчання фахівця цього класу займає не менше 1-1,5 років та значні фінансові витрати. Розв'язання наукового завдання автоматизації процесу виявлення та розпізнавання є одним із пріоритетних напрямків розвитку радіомоніторингу.*

*Сучасний радіомоніторинг характером функціонування поділяється на 2 групи: активний, що дозволяє розпізнавати та виявляти непрацюючі джерела радіовипромінювання;*

*пасивні, що дозволяють ідентифікувати та розпізнавати функціонуючі джерела радіовипромінювання.*

*Основою функціонування пасивних засобів радіомоніторингу є виявлення сигналів, що передають повідомлення (наприклад сигнал управління повітряним рухом) і розпізнавання параметрів потужних сигналів бортових, корабельних та наземних радіолокаційних станцій. Інформативність сигналу джерела радіовипромінювань для засобів радіомоніторингу залежить від того, наскільки надійно цей сигнал виявляється і наскільки достовірно (точно) визначаються його параметри, що несуть корисні для розвідки повідомлення або значення. Оскільки спостереження сигналу завжди відбувається на фоні різного роду перешкод, факт виявлення сигналу, а також помилки вимірювання сигнальних параметрів і виділення повідомлень завжди виявляються випадковими.*

*У статті розглянуто актуальне наукове завдання автоматизації процесу виявлення та розпізнавання джерел радіовипромінювання, за рахунок розробки системи підтримки прийняття рішень щодо визначення типу джерел радіовипромінювання за параметрами його сигналу в інтересах системи радіомоніторингу держави, яка надає вказівки операторам РТР Кольчуга-КЕ (Кольчуга-М) щодо вибору найбільш ймовірного варіанту рішення, що знизить кваліфікаційні вимоги до операторів, що значно скоротить фінансові та часові витрати на їх підготовку.*

*Ключові слова: система радіомоніторингу, кризовий регіон, ефективність, ймовірність, об'єкти радіомоніторингу, джерела радіомоніторингу.*

**Вступ.** Такий складний технічний вид діяльності, як радіомоніторинг, потребує значних зусиль по підтримці її у постійній готовності. Окрім забезпечення новітніми засобами та

комплексами важливою частиною є забезпечення висококваліфікованими спеціалістами, що мають великий досвід у визначенні типу ДРВ, що вимагає витрати значних зусиль на їх пошук і підготовку. Підготовка спеціаліста такого класу займає щонайменше 1-1,5 роки та значних фінансових затрат на підготовку [1,2].

Вирішення наукового завдання автоматизації процесу виявлення та розпізнавання джерел радіовипромінювань є одним з пріоритетних напрямків розвитку радіомоніторингу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** За матеріалами [3, 4] сучасні засоби радіомоніторингу за характером функціонування поділяються на 2 групи:

активні, що дозволяють розпізнавати і виявляти не функціонуючі джерела радіовипромінювання (ДРВ);

пасивні, що дозволяють виявляти і розпізнавати ДРВ, що функціонують.

Основою функціонування пасивних засобів радіомоніторингу є виявлення сигналів, що передають повідомлення (наприклад сигнал управління повітряним рухом) і розпізнавання параметрів потужних сигналів бортових, корабельних та наземних радіолокаційних станцій (РЛС). Інформативність сигналу ДРВ для засобів радіомоніторингу залежить від того, наскільки надійно цей сигнал виявляється і наскільки достовірно (точно) визначаються його параметри, що несуть корисні для радіомоніторингу повідомлення або значення. Оскільки спостереження сигналу завжди відбувається на фоні різного роду перешкод, факт виявлення сигналу, а також помилки вимірювання сигнальних параметрів і виділення повідомлень завжди виявляються випадковими [1, 3,4].

У [1] зазначено, що корисну інформацію засоби радіомоніторингу отримують, аналізуючи електромагнітні поля  $u(t, r)$  на розкритті прийомної антени  $r \in L$  протягом часу  $t \in [-T/2; T/2]$  на фоні просторово-часових перешкод  $n(t, r)$ . Якщо вважати, що сигнал і перешкоди адитивні, то:

$$u(t, r, \alpha_i) = s(t, r, \alpha_i) + n(t, r), \quad (1)$$

де  $s(t, r, \alpha_i)$  – сигнал, що залежить від часової  $t$ , просторової  $r$  координат і параметрів  $\alpha_i$ ;  $n(t, r)$ , – сукупність перешкод, що залежать від часової  $t$  та просторової  $r$  координат.

Просторово-часові перешкоди  $n(t, r)$  викликаються спільною дією атмосфери і космічного простору, адитивних шумів антенно-фідерного тракту, інших шумів приймальної апаратури засобу радіомоніторингу.

Саме параметри  $\alpha_i$  і просторові параметри  $r$  приносять радіомоніторингу корисну для нього інформацію. Обробка сигналу з прийомної антени станції радіомоніторингу майже завжди розділяється на просторову і на часову. Перш за все проводиться обробка сигналу в просторі. Цю операцію виконує антенна система - просторовий фільтр, що проводить селекцію сигналу на фоні перешкод з різних областей простору і визначає просторові параметри сигналу (напрямок на ДРВ). Результатом просторової обробки є, перш за все, оцінки параметрів просторового положення і руху джерела випромінювання. Потім проводиться обробка сигналу приймачем станції радіомоніторингу в часовій області. В результаті часової обробки визначаються несучі частоти, потужності випромінювання, якісні та кількісні характеристики модулюючих функцій і інші параметри сигналів ДРВ об'єктів радіомоніторингу.

Складність структури поля (складної сигнальної обстановки) обумовлюється наявністю багатьох випромінювачів радіосигналів і джерел побічних і ненавмисних випромінювань, зміною геометричних, частотних і часових параметрів випромінюваних сигналів внаслідок маневрування випромінювачів в просторі, в якому функціонують засоби радіомоніторингу (в середовищі інтересів).

Складна сигнальна обстановка є, з одного боку, предметом аналізу для засобів радіомоніторингу, в її створенні беруть участь випромінювання радіоелектронних засобів (РЕЗ) об'єктів радіомоніторингу. Але, з другого боку, складність сигнальної обстановки для засобів радіомоніторингу забезпечує процес виявлення і визначення параметрів сигналів

об'єктів радіомоніторингу на фоні неінформативних для радіомоніторингу випромінювань. Безліч непотрібних випромінювань в основному і створює той завадовий фон  $n(t, r)$ , який ускладнює роботу операторів станцій радіомоніторингу. Крім цього завдання радіомоніторингу полягає в спостереженні за динамікою змін сигнальної обстановки, тобто фіксації сигнальних ситуацій, що складаються з сигналів в кожен момент часу в області інтересів радіомоніторингу.

Проблема визначення типу сигналу, а отже й джерела, що його випромінює, частково вирішується за рахунок попереднього аналізу ефіру на слух, що проводять оператори станцій РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”). Це дає змогу не відволікатись на неінформативні сигнали, що належать ДРВ, які не представляють інтересу для радіомоніторингу, скоротити час пошуку ДРВ та мінімізувати витрати на амортизацію обладнання, економити технічний та обчислювальний ресурс. Недоліком даного методу можна зазначити необхідність наявності достатньої кількості навчених операторів та постійного підвищення рівня їх підготовки. Враховуючи той факт, що підготовка одного оператора до професійного рівня може тривати 6-12 міс, забезпечити дані вимоги дуже складно.

У [5-7] зазначено, що системи підтримки прийняття рішень являють собою клас комп'ютерних програм, які видають поради, проводять аналіз, виконують класифікацію, дають консультації і визначають типи. Вони орієнтовані на вирішення завдань, що зазвичай вимагають проведення експертизи людиною-фахівцем. Такі системи часто виявляються здатними знайти вирішення завдань, які неструктуровані і неявно визначені. Вони справляються з відсутністю структурованості шляхом залучення евристик, тобто правил, що описані згідно з досвідом використання апаратури, що може бути корисним в тих ситуаціях, коли недолік необхідних знань або часу виключає можливість проведення повного аналізу.

**Мета статті.** З метою усунення вищенаведених, негативних факторів та приведення оперативності обробки даних операторами станцій РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”) до масштабу часу наближеного до реального, на базі автоматизованої системи управління засобами радіомоніторингу (АСУ РМ), метою статті є розроблення системи підтримки прийняття рішень (СППР) по визначенню типу ДРВ за параметрами сигналу.

**Виклад основного матеріалу.** Для забезпечення функцій СППР визначення типу ДРВ були розроблені програмні засоби реалізації системи.

Одним з ефективних підходів створення систем “запит-відповідь” є веб-служби. Веб-служба, або веб-сервіс (англ. Web service) - програмна система зі стандартизованими інтерфейсами, що ідентифікується веб-адресою.

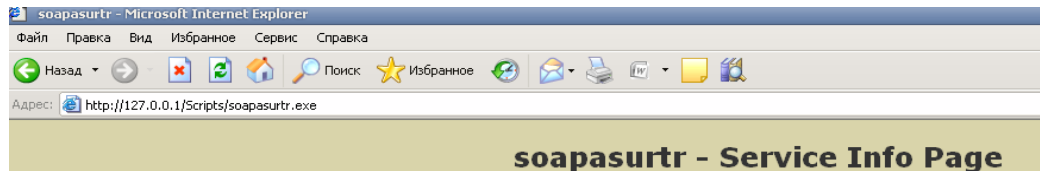
Веб-служби можуть взаємодіяти одна з одною та зі сторонніми додатками за допомогою повідомлень, заснованих на певних протоколах (SOAP, XML-RPC і т.д.) та угодах (REST). Веб-служба є одиницею модульності при використанні сервіс-орієнтованої архітектури додатку. Основні принципи організації систем, що базуються на веб-службах описано у [8].

Протоколом взаємодії між АСУ РМ та веб-сервісом було обрано протокол SOAP так, як він дозволяє повністю реалізувати всі потреби даної експертної системи. SOAP (від англ. Simple Object Access Protocol - простий протокол доступу до об'єктів) - протокол обміну структурованими повідомленнями в розподіленому обчислювальному середовищі.

SOAP може використовуватися з будь-яким протоколом прикладного рівня: SMTP, FTP, HTTP, HTTPS та ін. Однак його взаємодія з кожним із цих протоколів має свої особливості, які повинні бути визначені окремо. Найчастіше SOAP використовується поверх HTTP.

Слід зазначити, що даний підхід дозволяє перейти до концепції побудови системи з розподіленими обчисленнями та покласти на сервер, який має великі обчислювальні можливостями та локальний доступ до системи управління базами даних СУБД, важкі та затратні по часу виконання обчислювальні завдання.

Після розгортання веб-служби на сервері є можливість перевірити її працездатність за допомогою посилання <http://127.0.0.1/Scripts/soapasurtr.exe>. Результатом перевірки працездатності веб-служби повинен бути html документ виду, який зображено на рис. 1.



soapasurtr - PortTypes:

- [Isoaptest \[WSDL\]](#)
- [IEncodeDecode \[WSDL\]](#)
  - ParamToRLS
- [IWSDLPublish \[WSDL\]](#)
  - Lists all the PortTypes published by this Service
  - GetPortTypeList
  - GetWSDLForPortType
  - GetTypeSystemsList
  - GetXSDForTypeSystem

WSIL: Link to WS-Inspection document of Services [here](#)

Рисунок 1 – Відповідь веб-служби на запит

Опис будь-якої веб-служби міститься у XML-документі на мові WSDL (Web Services Description Language). Отримати WSDL опис можна за допомогою посилання, що позначене стрілкою. Текст WSDL опису приведено на рис. 2.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
- <definitions xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" name="IEncodeDecodeservice"
  targetNamespace="http://tempuri.org/" xmlns:tns="http://tempuri.org/" xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
  xmlns:soapenc="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" xmlns:mime="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/mime/">
- <message name="ParamToRLSRequest">
  <part name="Param1" type="xs:string" />
  <part name="Param2" type="xs:string" />
  <part name="Param3" type="xs:string" />
</message>
- <message name="ParamToRLSResponse">
  <part name="return" type="xs:string" />
</message>
- <portType name="IEncodeDecode">
- <operation name="ParamToRLS">
  <input message="tns:ParamToRLSRequest" />
  <output message="tns:ParamToRLSResponse" />
</operation>
</portType>
- <binding name="IEncodeDecodebinding" type="tns:IEncodeDecode">
  <soap:binding style="rpc" transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http" />
- <operation name="ParamToRLS">
  <soap:operation soapAction="urn:u_Intrf-IEncodeDecode#ParamToRLS" style="rpc" />
- <input message="tns:ParamToRLSRequest">
  <soap:body use="encoded" encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" namespace="urn:u_Intrf-IEncodeDecode" />
</input>
- <output message="tns:ParamToRLSResponse">
  <soap:body use="encoded" encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" namespace="urn:u_Intrf-IEncodeDecode" />
</output>
</operation>
</binding>
- <service name="IEncodeDecodeservice">
- <port name="IEncodeDecodePort" binding="tns:IEncodeDecodebinding">
  <soap:address location="http://127.0.0.1/Scripts/soapasurtr.exe/soap/IEncodeDecode" />
</port>
</service>
</definitions>
```

Рисунок 2 – WSDL опис функції ParamToRLS (SF,ST,STau)

Варто зазначити, що дана веб-служба фізично розташована на ПЕОМ з СУБД MySQL, у контрольованій зоні, без виходу до мережі Internet. Інформація, що циркулює у системі між АСУ РМ та веб-службою, передається по каналам передачі даних АСУ ПД “Дніпро”, над якими побудована підмережа VPN (англ. Virtual Private Network - віртуальна приватна мережа), яка побудована на базі технології OpenVPN та має гарантовану стійкість криптографічного захисту [12]. Загальні принципи передачі даних між складовими АСУ РМ через підмережу OpenVPN, а також принципи побудови останньої наведено у [9].

СППР передбачає введення, накопичення, зберігання та аналіз експертних знань. З метою їх використання, користувач системи повинен мати швидкий та зручний доступ до цих знань. Вищезазначені фактори привели до обрання в якості сховища інформації базу даних. Серед багатьох систем управління базами даних було обрано СУБД MySQL (принципи побудови алгоритмів з використанням баз даних описано у [10], оскільки вона використовується у побудові самої АСУ РМ та для забезпечення програмної сумісності.

Реалізація веб-сервісу була забезпечена за допомогою системи програмування Delphi 7. Дана система підтримує всі необхідні технології, включаючи SOAP та MySQL.

### Архітектура СППР визначення типу ДРВ за параметрами

Загальна архітектура СППР визначення типу РЛС зображена на рис. 3. Вона складається з таких складових:

1. “АСУ РМ Карта” – складова АСУ по відображенню картографічної інформації. Вона є ключовим, організуючим елементом у роботі комплексу в цілому.
2. Веб-служба – сервіс, що розгорнутий на базі серверної ПЕОМ. Виконує функції прийому запиту, доступу до СУБД та надання відповіді про результати.
3. СУБД MySQL – база даних, що забезпечує введення, накопичення, зберігання та видачу інформації, яка потрібна користувачу.

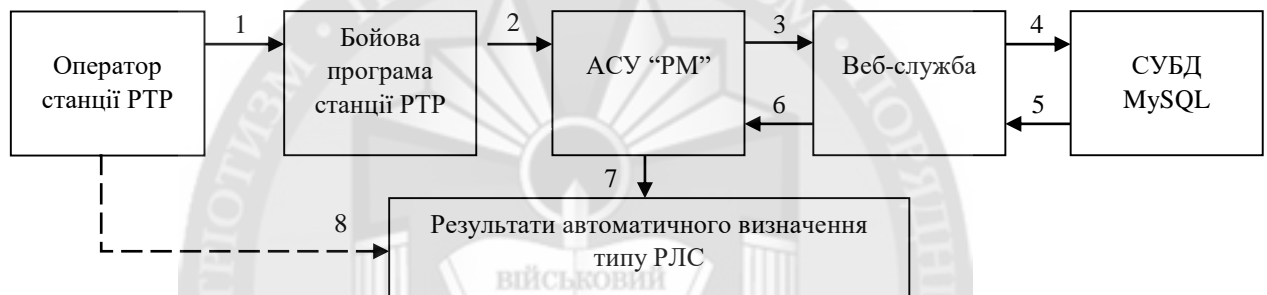


Рисунок 3 – Загальна архітектура СППР визначення типу РЛС

Робота системи у комплексі з АСУ РМ складається з декількох етапів, які позначені стрілками з номерами на рис. 3.

Після попереднього аналізу радіоефіру на слух, оператор приймає рішення про інструментальний аналіз визначеного ним сигналу від джерел розвідувальних відомостей. На **першому етапі** оператор подає команду бойовій програмі станції РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”) на вимірювання, зчитування та обробку параметрів сигналу з апаратури. Результатом роботи штатної, бойової програми станції є файл з розширенням “.dat” (далі – dat-файл), що містить у собі сукупність даних про заміри за певний проміжок часу.

На **другому етапі** роботи АСУ завантажує шойно створений бойовою програмою dat-файл та вираховує з нього всі параметри сигналу, а саме:  $F_H$  (несучу частоту сигналу),  $T_i$  (період слідування імпульсів) та  $\tau_i$  (тривалість імпульсів). Кожен з цих параметрів може мати декілька значень, як правило від двох до п’яти;

На **третьому етапі** система АСУ РМ формує запит до веб-сервісу у вигляді функції

$$ParamT_0RLS(SF, ST, STau), \quad (2)$$

де  $SF$  – сукупність визначених несучих частот сигналу (до п’яти значень), розділених знаком пробілу;  $ST$  – сукупність визначених періодів слідування імпульсів у сигналі (до п’яти значень), розділених знаком пробілу;  $STau$  – сукупність визначених тривалостей імпульсів у сигналі (до п’яти значень), розділених знаком пробілу.

На **четвертому етапі** веб-служба робить сукупність SQL-запитів до СУБД MySQL за визначеним алгоритмом.

На **п'ятому етапі** після отримання даних від СУБД MySQL веб-служба робить висновок про те, які типи РЛС підходять під задані параметри.

На **шостому етапі** веб-служба розставляє визначені типи РЛС у порядку убубання ймовірності їх визначення та формує відповідь до АСУ у форматі:

$$N_1; P_1; N_2; P_2; \dots; N_n; P_n, \quad (3)$$

де  $N_i$  – назва радіолокаційної станції, що визначена веб-службою;  $P_i$  – ймовірнісний коефіцієнт, що має значення в умовних пунктах (чим більше значення коефіцієнту, тим більш імовірно, що сигнал станції відповідає обрахованим параметрам).

На **сьомому** прикінцевому етапі роботи системи АСУ РМ формує інформаційне, інтерактивне табло на екрані монітора, що містить у собі відповідь від веб-служби у табличному варіанті. Вікно результатів роботи СППР на рис. 4.

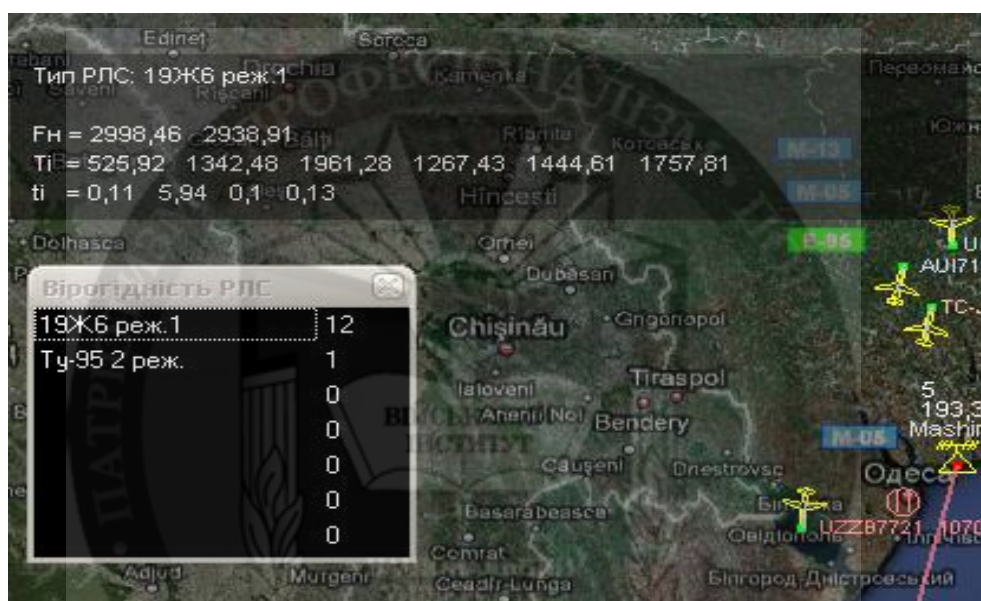


Рисунок 4 – Вигляд результатів роботи СППР визначення РЛС

На кінцевому **восьмому етапі** роботи системи оператор станції РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”) повинен підтвердити той варіант результату системи, який вважає найбільш ймовірним. Дана функція необхідна тому, що інколи ймовірність  $P$  двох, або більше РЛС приблизно однакова. В даному випадку оператор робить свій вибір спираючись на інші знання або апріорну інформацію. Підтвердження проводиться подвійним натисненням лівої кнопки маніпулятора типу “миша” на рядку з правильно визначеною РЛС. В результаті підтвердження на карту наноситься пеленг на РЛС, в разі, якщо визначена РЛС є наземною, то інформація про її роботу заноситься у таблицю та графік роботи стаціонарних РЛС. В разі виявлення бортової або корабельної РЛС інформація про неї заноситься у таблицю АСУ моніторингу повітряної (морської) обстановки (АСУ МП (МО)).

**Сервер бази даних.** За замовчуванням продукт підтримує базу даних MySQL, яка відноситься до реляційних систем. У даній системі використовується мова SQL-запитів. На рис. 5 представлена схема бази даних АСУ РМ в цілому та СППР про тип РЛС, як її складової частини.

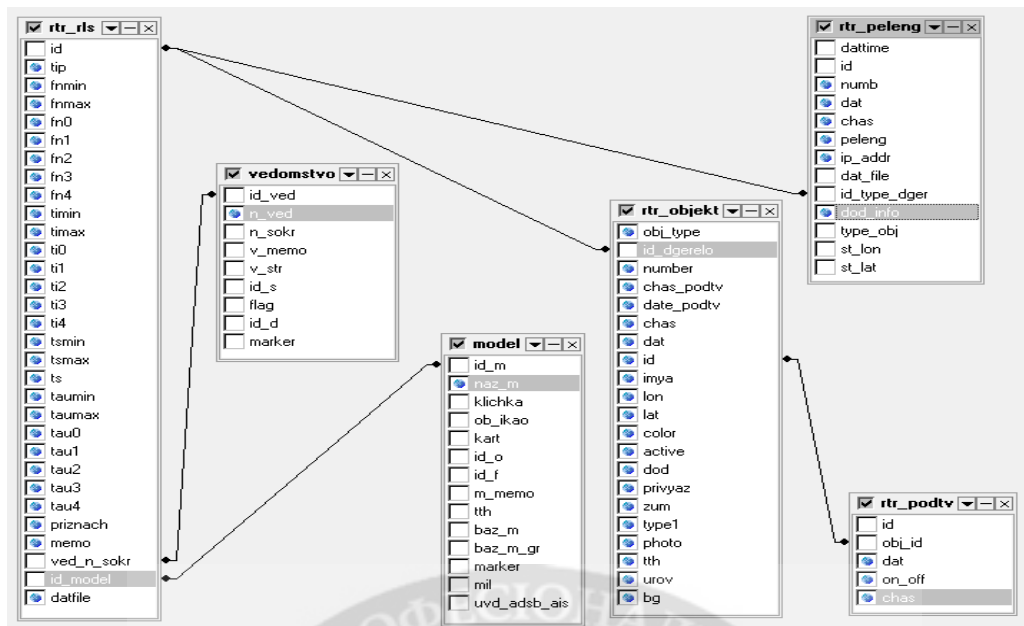


Рисунок 5 – Схема бази даних СППР визначення типу РЛС

СППР визначення типу РЛС використовує наступні таблиці бази даних:

rtr\_rls – таблиця, у якій містяться основні назви та параметри сигналів, за цією таблицею проводяться основні обрахунки;

rtr\_object – таблиця, що містить у собі дані про об’єкти розвідки;

rtr\_peleng – таблиця містить пеленгаційну інформацію;

rtr\_podtv – дані про підтвердження роботи об’єктів розвідки;

vedomstvo – таблиця, що містить назви відомств, до яких належать об’єкти розвідки;

model – таблиця типів та характеристик літальних апаратів, кораблів та наземних рухомих об’єктів. Дані у таблицю rtr\_rls заносяться після перехоплення сигналу станцією “Кольчуга-КЕ” або “Кольчуга-М” та його ретельної обробки кращими експертами. Під час опису сигналу визначаються параметри та режими роботи РЛС. Після визначення параметрів РЛС дані заносяться у базу даних системи за допомогою зручної для користувача форми, після чого проводиться експериментальна перевірка на правильність надання системою оцінки по визначенню типу РЛС. На даний момент таблиця rtr\_rls містить параметри більше 400-т наземних, бортових та корабельних станцій та постійно доповнюється.

#### Опис алгоритму програмного модуля визначення типів РЛС

Алгоритм роботи СППР визначення типу РЛС зображено на рис. 6. Даний алгоритм є складовою частиною веб-служби, що розміщена на сервері бази даних з метою підвищення швидкості доступу веб-служби до сервера бази даних, уникаючи низькошвидкісні канали передачі даних.

На першому етапі роботи алгоритму проводиться прийом та завантаження параметрів, що виміряні станцією РТР та передані через SOAP від АСУ РМ до веб-служби.

На наступному етапі визначаються допуски по частоті несучій  $F_H$  за формулами:

$$F_{H\max} = F_H + (F_H/K_F), \quad (4)$$

$$F_{H\min} = F_H - (F_H/K_F), \quad (5)$$

де  $K_F$  – коефіцієнт допуску, що враховує неточність визначення частоти станцією РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”). Коефіцієнт  $K_F$  визначено виходячи з міркувань похибки визначення несучої частоти сигналу апаратурою станції “Кольчуга-КЕ”, а саме  $\pm 11$  МГц та становить  $K_F = 2000$ ;  $F_{H\max}$ ,  $F_{H\min}$  –максимальне та мінімальне значення несучої частоти з врахуванням коефіцієнту допуску.

Наступним кроком з бази даних вибираються усі можливі ДРВ, що відповідають діапазону  $F_{Hmin} \geq F_H \leq F_{Hmax}$ , після чого їх назви заносяться у проміжний масив типів ДРВ. Кожне співпадіння значення  $F_H$  з довідковим додає до сумарної ймовірності вагове значення  $P_{FI} = 3$ .

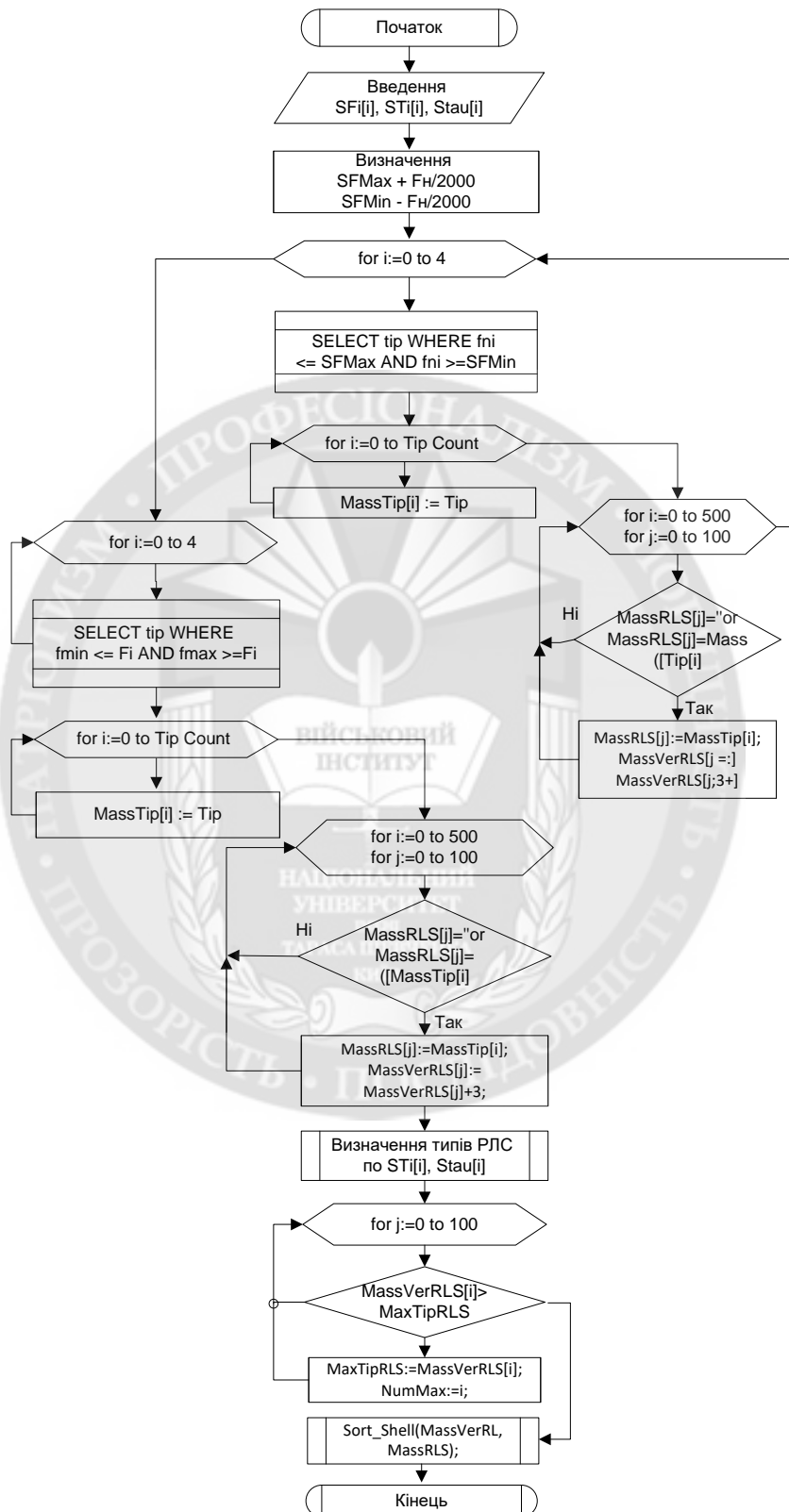


Рисунок 6 – Частковий алгоритм роботи СППР визначення типу РЛС за параметрами сигналу

По закінченню аналізу співпадання вимірних значень  $F_H$  зі значеннями у базі даних з врахуванням коефіцієнту допуску  $K_F$  запускається алгоритм пошуку ДРВ по  $f_{nmin}$  та  $f_{nmax}$  таблиці rtr\_rls.

У цьому аналізі з бази даних вибираються усі можливі джерела радіовипромінювання, що відповідають діапазону  $f_{nmin} \geq F_H \leq f_{nmax}$ , після чого їх назви заносяться у проміжний масив типів ДРВ. Оскільки потрапляння несучої частоти у деяку зону значень носить менш інформативний характер ніж відповідність конкретному значенню, то кожне знаходження значення  $F_H$  у межах  $f_{nmin} \geq F_H \leq f_{nmax}$  додає до значення ймовірності ваговий коефіцієнт  $P_{r2} = 1$ .

Так само працюють два блоки по пошуку відповідності замірних значень еталонним по  $T_i$  (період слідування імпульсів) та  $\tau_i$  (тривалість імпульсів). При цьому значення  $T_{i,max}$  та  $T_{i,min}$  розраховуються за формулами:

$$T_{i,max} = T_i + (T_i / K_T), \quad (6)$$

$$T_{i,min} = T_i - (T_i / K_T), \quad (7)$$

де  $K_T$  – коефіцієнт допуску, що враховує неточність визначення періоду слідування імпульсів станцією РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”). Оскільки середня квадратична похибка виміру  $T_i$  (періоду слідування імпульсів) не більше 0,1 мкс, а діапазон визначення цього параметру має значення 2-79999, коефіцієнт  $K_T$  визначено  $K_T = 1000$ ;

-  $T_{i,max}$ ,  $T_{i,min}$  максимальне та мінімальне значення періоду слідування імпульсів з врахуванням коефіцієнту допуску.

Значення  $\tau_{i,max}$  та  $\tau_{i,min}$  розраховуються за формулами:

$$\tau_{i,max} = \tau_i + (\tau_i / K_\tau), \quad (8)$$

$$\tau_{i,min} = \tau_i - (\tau_i / K_\tau), \quad (9)$$

де  $K_\tau$  – коефіцієнт допуску, що враховує неточність визначення періоду слідування імпульсів станцією РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”). Оскільки середня квадратична похибка виміру  $\tau_i$  (тривалість імпульсів) не більше 0,1 мкс, коефіцієнт  $K_\tau$  визначено та становить  $K_\tau = 2000$ ;

-  $\tau_{i,max}$ ,  $\tau_{i,min}$  – максимальне та мінімальне значення тривалості імпульсів з врахуванням коефіцієнту допуску.

Під час сумування вагових коефіцієнтів у випадках з  $T_i$  та  $\tau_i$  значення вагових коефіцієнтів  $P_T = 1$  та  $P_\tau = 1$ .

Після створення масиву зі списком ДРВ та їх сумарними ймовірнісними параметрами, параметри яких у більшій або меншій мірі співпадають з еталонними, алгоритм роботи системи відпрацьовує сортування масиву, яке розміщує ДРВ у порядку убутання їх ймовірнісних показників.

Останнім етапом роботи веб-сервісу є формування відповіді до АСУ РМ та передача її за протоколом SOAP. Після отримання відповіді від веб-сервісу, АСУ РМ виводить значення таблиці типів ДРВ на підтвердження оператора станції РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”), як показано на рис. 4.

Оцінка підвищення ефективності [13, 14] роботи засобів розвідки у складі АСУ РМ з використанням СППР, проводилась шляхом експерименту під час дослідної експлуатації, у порівнянні з традиційним використанням за призначенням, що наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Оцінка підвищення ефективності роботи засобів розвідки у складі АСУ РМ з використанням СППР

№ з/п	Найменування засобу радіомоніторингу дії по добуванню інформації	Традиційне використання	Використання у складі АСУ РМ	Підвищення ефективності
1	Станція РТР Кольчуга-КЕ (Кольчуга-М)			
1.1	Пеленгування повітряних, надводних та стаціонарних об'єктів за сигналом РЛС	До 5 хв.	5-10 сек.	Так (у %)
1.2	Автоматичне пеленгування та декодування сигналів ADSB, AIS, УВД	Ні	Так	Так
1.3	Можливість автоматичної проводки цілі за інформацією від декількох станцій РТР	Ні	Так	Так
1.4	Наявність системи, що дозволяє застосування оператора з низькою кваліфікацією	Ні	Так	Так
1.5	Відображення на карті стану стаціонарних джерел радіовипромінювання	Ні	Так	Так
2	Пеленгування у КХ діапазоні			
2.1	Запит на пеленгування, отримання результату	1-2 хв	3-5 сек.	Так(у %)
2.2	Візуалізація результатів пеленгування на карті	Ні	Так	Так
2.3	Можливість статистичного аналізу результатів пеленгування	Ускладнено	Так	Так
2.4	Вплив людського фактору під час пеленгування	Так	Ні	Так
3	Пеленгування у УКХ діапазоні			
3.1	Запит на пеленгування, отримання результату	1-2 хв	1-2 сек.	Так (у %)
3.2	Візуалізація результатів пеленгування на карті	Ні	Так	Так
3.3	Можливість статистичного аналізу результатів пеленгування	Ні	Так	Так
3.4	Наявність людського фактору під час пеленгування	Так	Ні	Так
4	Доведення розвідувальної інформації до користувача	До 5 хв.	(близький до реального)	Так
4.1	У таблиці АСУ РМ	(не було)	До 30 сек.	
4.2	По карті АСУ РМ		Миттєво	
5	Потреба у серверному обладнанні та високошвидкісних каналах ПД	Ні	Так	Ні
6	Автоматичне прогнозування майбутніх подій аналізуючи дійсний стан засобів ведення БД	Ускладнено	Так, автоматично	Так

Очевидно, що використання засобів розвідки у складі АСУ РМ з використанням розробленої СППР, значно підвищує ефективність роботи системи радіомоніторингу в цілому. Як недолік такого варіанту використанні засобів радіомоніторингу можна зазначити лише деяке ускладнення комунікацій, а також необхідність наявності серверного обладнання та швидкісних каналів зв'язку. Враховуючи той факт, що в результаті роботи всіх засобів у єдиному інформаційному полі радіомоніторингу, зростає ефективність по всім параметрам, а також з'являються нові можливості, дане ускладнення нівелюється.

**Висновки.** З метою вирішення наукового завдання автоматизації процесу виявлення та розпізнавання джерел радіовипромінювань, розроблена система підтримки прийняття рішення по визначенню типу ДРВ за параметрами його сигналу для системи радіомоніторингу України. Оскільки система надає рекомендації оператору станції РТР “Кольчуга-КЕ” (“Кольчуга-М”) щодо вибору найбільш ймовірного варіанту, вимоги до кваліфікації операторів можуть бути знижені, що суттєво скорочує фінансові та часові затрати на їх підготовку, а сам процес роботи на станції стає частиною навчання оператора.

Напрямки подальших досліджень щодо удосконалення програмного алгоритму оцінки сигналу, за умови глибокої модернізації апаратури, дозволить перейти до напівавтоматичної або цілком автоматичної роботи станції РТР, що відкриє нові можливості та суттєво підвищить ефективність ведення радіомоніторингу за рахунок підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень операторами постів РТР.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Варламов І.Д., Устименко О.В., Гаценко С.С. Шляхи удосконалення ведення радіоелектронного моніторингу засобів повітряного нападу. Збірник матеріалів 10 наукової конференції “Новітні технології – для захисту повітряного простору”. Харків: ХУПС, 2014. С. 232-233.
2. Варламов І.Д., Гаценко С.С. Аналіз проблем інформаційного забезпечення органів військового управління при плануванні оборонної операції за досвідом проведення Антитерористичної операції на сході України. Матеріали науково-практичного семінару “Основні напрямки застосування космічних систем та геоінформаційного забезпечення в інтересах національної безпеки і оборони”/ Київ: НУОУ, 2015. С. 35-41.
3. Максименков А. Современные средства радиотехнической разведки иностранных государств. Зарубежное военное обозрение №6. Москва: 2013. 102с.
4. Смирнов Ю. А. Радиотехническая разведка. М.: Воениздат, 2001. 456 с.
5. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. К.: КНЕУ, 2004. 614 с
6. Потрашкова Л.В., Комп'ютерна підтримка прийняття рішень у сфері дизайну поліграфічної продукції.: Системи обробки інформації, 2010, випуск 7 (88)
7. Marius Cioca, Florin Filip (2015). Decision Support Systems - A Bibliography 1947-2007
8. Ouzzani, M., Bouguettaya A. Semantic Web Services for Web Databases. Springer Science+Business Media, 2011. 155 с.
9. Beginning OpenVPN 2.0.9 by Markus Feilner and Norbert Graf. Publisher: Packt Publishing, 2009.
10. Фаронов В.В., Шумаков П.В / Delphi 5. Руководство разработчика баз данных. Москва: «Нолидж», 2000. 640 с., ил.
11. Варламов І.Д., Гаценко С.С., Бучинський Ю.А. Особливості побудови та практичної реалізації автоматизованої системи управління розвідкою К., НУОУ, Труды університету. 2017. - № 6(145), С. 44–54.
12. [Beginning OpenVPN 2.0.9](#) by Markus Feilner and Norbert Graf. Publisher: Packt Publishing, 2009.
13. Смірнов Ю. О. Основи радіоелектронної розвідки. Частина 1. Розвідувально-інформаційний процес, основні моделі системи РЕР ефективність і напрями її подальшого розвитку. К.: НДІ ГУР МО України, 2009. 155с.
14. Бакуменко Ф.О. Методика оцінки ефективності воєнної розвідки в операції і бою. К.: НАОУ, 1998. 64 с.

## REFERENCES:

1. Varlamov Г.Д., Ustimenko O.V., Gaczenko S.S. Shlyakhi udoskonalennya vedennya radi`oelektronnoho moni`toringu zasobi`v povi`tryanogo napadu. Zbi`rnik materi`ali`v 10 naukovoyi konferenczi`yi "Novi`tni` tekhnologi`yi – dlya zakhistu povi`tryanogo prostoru". Kharki`v: KhUPS, 2014. S. 232-233.
2. Varlamov Г.Д., Gaczenko S.S. Anali`z problem i`nformaczi`jnogo zabezpechennya organi`v vi`js`kovogo upravli`nnya pri planuvanni` oboronnoyi operaczi`yi za dosvi`dom provedennya Antiteroristichnoyi operaczi`yi na skhodi` Ukraini. Materi`ali naukovopraktichnogo semi`naru "Osnovni` napryamki zastosuvannya kosmi`chnikh sistem ta geoi`nformaczi`jnogo zabezpechennya v i`nteresakh naczi`onal`noyi bezpeki i` oboroni" / Kiyiv: NUOU, 2015. S. 35-41.
3. Maksimenkov A. Sovremennye sredstva radiotekhnicheskoy razvedki inostranny`kh gosudarstv. Zarubezhnoe voennoe obozrenie #6. Moskva: 2013. 102s.
4. Smirnov Yu. A. Radiotekhnicheskaya razvedka. M.: Voenizdat, 2001. 456 s.
5. Sitnik V. F. Sistemi pi`dtrimki priynyattya ri`shen`: Navch. posi`b. – K.: KNEU, 2004. – 614 s
6. Potrashkova L.V., Komp'yuterna pi`dtrimka priynyattya ri`shen` u sferi` dizajnu poli`grafi`chnoyi produkczii`yi.: Sistemi obrobki i`nformaczi`yi, 2010, vipusk 7 (88)
7. Marius Cioca, Florin Filip (2015). Decision Support Systems – A Bibliography 1947-2007
8. Ouzzani, M., Bouguettaya A. Semantic Web Services for Web Databases. Springer Science+Business Media, 2011. 155 s.
9. Beginning OpenVPN 2.0.9 by Markus Feilner and Norbert Graf. Publisher: Packt Publishing, 2009.
10. Faronov V.V., Shumakov P.V / Delphi 5. Rukovodstvo razrabotchika baz danny`kh. Moskva: «Nolidzh», 2000. 640 s., il.
11. Varlamov Г.Д., Gaczenko S.S., Buchins`kij Yu.A. Osoblivosti` pobudovi ta praktichnoyi reali`zaczi`yi avtomatizovanoyi sistemi upravli`nnya rozvi`dkoyu K., NUOU, Trudi uni`versitetu. 2017. - # 6(145), S. 44–54.
12. Beginning OpenVPN 2.0.9 by Markus Feilner and Norbert Graf. Publisher: Packt Publishing, 2009.
13. Smirnov Yu. O. Osnovi radi`oelektronnoyi rozvi`dki. Chastina 1. Rozvi`duval`no-i`nformaczi`jniy proces, osnovni` modeli` sistemi RER efektiivni`st` i` napryami yiyi podal`shogo rozvitku. K.: NDI GUR MO Ukraini, 2009. 155s.
14. Bakumenko F.O. Metodika oczi`nki efektiivnosti` voyennoyi rozvi`dki v operaczi`yi i` boyu. K.: NAOU, 1998. 64 s.

к.т.н. Гаценко С.С., Писаренко Р.В., Лукьянчиков И.М.,  
Ошкодер С.В., Николаенко В.П., Приходько О.Г.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАДИОМОНИТОРИНГОМ

*Вооруженная агрессия Российской Федерации против Украины, потеря важных промышленных потенциалов, как Государственная акционерная холдинговая компания «Топаз», которая специализировалась на разработке и производстве сложных радиотехнических систем и комплексов, в том числе уникальных комплексов дальней радиотехнической разведки и раннего предупреждения систем противовоздушной обороны, в частности станции радиотехнической разведки «Кольчуга», дала значительный толчок для развития новых подходов к ведению радиомониторинга обстановки, как одного из главных, а иногда единственного способа добычи информации.*

*Такой сложный вид технической деятельности, как радиомониторинг, требует значительных усилий для его поддержания в готовности. Постоянное обеспечение радиомониторинга необходимым количеством высококвалифицированных специалистов, имеющих большой опыт определения типа источника радиоизлучения, требует значительных усилий для их поиска и обучения. Обучение специалиста этого класса занимает не менее 1-1,5 лет и значительные финансовые затраты. Решение научной задачи автоматизации процесса обнаружения и распознавания является одним из приоритетных направлений развития радиомониторинга.*

*Современный радиомониторинг характером функционирования делится на 2 группы: активный, что позволяет распознавать и выявлять неработающие источники радиоизлучения; пассивные, позволяющие идентифицировать и распознавать функционирующие источники радиоизлучения.*

*Основой функционирования пассивных средств радиомониторинга является выявление сигналов, передают сообщение (например сигнал управления воздушным движением) и распознавания параметров мощных сигналов бортовых, корабельных и наземных радиолокационных станций. Информативность сигнала источника радиоизлучений для средств радиомониторинга зависит от того, насколько надежно этот сигнал оказывается и насколько достоверно (точно) определяются его параметры, несущие полезные для разведки сообщение или значение. Поскольку наблюдения сигнала всегда происходит на фоне различного рода помех, факт обнаружения сигнала, а также ошибки измерения сигнальных параметров и выделение сообщений всегда оказываются случайными.*

*В статье рассмотрены актуальная научная задача автоматизации процесса обнаружения и распознавания источников радиоизлучения, за счет разработки системы поддержки принятия решений по определению типа источников радиоизлучения по параметрам его сигнала в интересах системы радиомониторинга государства, предоставляет указания операторам РТР Кольчуга-КЕ (Кольчуга-М) по выбора наиболее вероятного варианта решения, снизит квалификационные требования к операторам, что значительно сократит финансовые и временные затраты на их подготовку.*

*Ключевые слова: система радиомониторинга, кризисный регион, эффективность, вероятность, объекты радиомониторинга, источники радиомониторинга.*

**Ph.D. Hatsenko S.S., Pysarenko R.V., Lukianchykov I.M.,  
Oshkoder S.V., Nykolaienko V.P., Prykhodko O.G.**

#### **INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORTING DECISIONS OF AUTOMATED RADIO MONITORING CONTROL SYSTEM**

*Armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, loss of important industrial potentials, as Topaz state-owned holding company, which specialized in the development and production of complex radio engineering systems and complexes, including unique long-range radio intelligence systems and early warning of air defense systems, Kolchuga radio intelligence has given a significant impetus to the development of new approaches to conducting radio monitoring of the situation, as one of the main method of obtaining information.*

*Such a complex type of technical activity as radio monitoring requires considerable effort to maintain it in readiness. The continuous provision of radio monitoring by the required number of highly qualified specialists with extensive experience in determining the type of radio source requires considerable effort to find and train them. Training of a specialist in this class takes at least 1-1.5 years and significant financial costs. Solving the scientific task of automating the process of detection and recognition is one of the priority areas for the development of radio monitoring.*

*Modern radio monitoring character of functioning is divided into 2 groups:*

*active, which allows to identify and detect non-functioning sources of radio emission; passive, allowing you to identify and recognize functioning radio sources.*

*The basis for the operation of passive radio monitoring is the detection of signal transmitting messages (such as air traffic control signal) and the recognition of the parameters of the powerful signals of onboard, ship and ground radar stations. The informative nature of the radio source signal for radio monitoring facilities depends on how reliably the signal is detected and how accurately (accurately) its parameters are determined, which are useful for the intelligence of the message or value. Since signal monitoring always occurs against a background of all sorts of obstacles, the fact of detecting a signal, as well as errors in measuring signal parameters and message selection are always random.*

*The article deals with the actual scientific task of automating the process of detection and recognition of radio sources, by developing a decision support system for determining the type of sources of radio radiation by its signal parameters in the interests of the state monitoring system, which provides guidance to the MTS-Kolchuga RTR operators the choice of the most likely variant of the decision that will reduce the qualification requirements for the operators, which will significantly reduce the financial and time costs for their preparation.*

*Keywords: radio monitoring system, crisis region, efficiency, probability, radio monitoring facilities, sources of radio monitoring.*