

АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ВИПУСК 3 (03)



КИЇВ - 2019

ДЕРЖАВНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ**НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР УПРАВЛІННЯ ТА
ВИПРОБУВАНЬ КОСМІЧНИХ ЗАСОБІВ****STATE SPACE AGENCY OF UKRAINE****NATIONAL SPACE FACILITIES CONTROL
AND TEST CENTER****АЕРОКОСМІЧНІ
ТЕХНОЛОГІЇ****AEROSPACE
TECHNOLOGIES****Випуск 3 (3)****Issue 3 (3)****Щоквартальний
науково-технічний журнал****Quarterly
scientific and technical journal****Заснований у 2017 році****Founded in 2017**

У журналі публікуються результати наукових досліджень з космічної тематики. Журнал призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів та аспірантів, а також студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

The journal publishes the results of scientific research on space subjects. The journal is intended for researchers, lecturers, doctoral students and graduate students, as well as senior students of the corresponding specialties.

Засновник і видавець:

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

Founder and publisher:

National Space Facilities Control And Test Center

Адреса редакційної колегії:

Україна, 01010, м. Київ,
вул. Московська, 8

Mailing address:

8 Moskovska Street, Kyiv,
Ukraine, 01010

Телефон:

(044) 281-62-98

Phone:

(044) 281-62-98

E-mail:

magazine@spacecenter.gov.ua

E-mail:

magazine@spacecenter.gov.ua

Інформаційний сайт:

<http://www.spacecenter.gov.ua>

Information site:

<http://www.spacecenter.gov.ua>

Затверджений до друку Науково-технічною радою Національного центру управління та випробувань космічних засобів (протокол від 23 жовтня 2019 року № 27)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 22629-12529Р від 24.03.2017 р.

За достовірність викладеного матеріалу, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

**Київ
2019**

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**Головний редактор:**

ПРИСЯЖНИЙ Володимир Ілліч
(канд. техн. наук, с.н.с., Україна)

Заступник головного редактора:

МОСОВ Сергій Петрович
(д-р військ. наук, проф., Україна)

МАШКОВ Олег Альбертович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

Члени редакційної колегії:

АЗАРСКОВ Валерій Миколайович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

БАРАНОВ Георгій Леонідович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

БОГОМ'Я Володимир Іванович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

БУТКО Ігор Миколайович
(канд. техн. наук, Україна)

ВАЩЕНКО Володимир Миколайович
(д-р фіз.-матем. наук, с.н.с., Україна)

ВОЛОШИН В'ячеслав Іванович
(канд. техн. наук, Україна)

ІЛЬІН Олег Юрійович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

ІЛЮШКО Віктор Михайлович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

КОЛОМІЙЦЕВ Олексій Володимирович
(д-р техн. наук, с.н.с., Україна)

КОНОНОВ Олексій Анатолійович
(д-р техн. наук, доцент, Україна)

КОРОСТІЛЬ Юрій-Юстин Серафимович
(д-р техн. наук, проф., Польща)

МАШКОВ Віктор Альбертович
(д-р техн. наук, проф., Чехія)

ПОПОВ Олексій Михайлович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

П'ЯСКОВСЬКИЙ Дмитро Володимирович
(канд. техн. наук, с.н.с., Україна)

СТАНКЕВИЧ Сергій Арсенійович
(д-р техн. наук, доцент, Україна)

САВАНЕВИЧ Вадим Євгенович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

ТУПКАЛО Віталій Миколайович
(д-р техн. наук, проф., Україна)

Відповідальний та Технічний секретар:

КОЗУБ Андрій Миколайович
(канд. техн. наук, с.н.с., Україна)

EDITORIAL BOARD:**Editor-in-Chief:**

PRYSYAZHNYI Volodymyr
(Ph.D., Senior Res., Ukraine)

Associate editor:

MOSOV Serhii
(Dr. Sc. (Mil.), Prof., Ukraine)

MASHKOV Oleh
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

Editorial board members:

AZARSKOV Valerii
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

BARANOV Heorhii
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

BOHOMYA Volodymyr
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

BUTKO Ihor
(Ph.D., Ukraine)

VASHCHENKO Volodymyr
(Dr. Sc. (Ph-Math.), Senior Res., Ukraine)

VOLOSHYN Viacheslav
(Ph.D., Ukraine)

ILYIN Oleh
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

ILYUSHKO Viktor
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

KOLOMIYTSEV Oleksii
(Dr. Sc. (Tech.), Senior Res., Ukraine)

KONONOV Oleksii
(Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Ukraine)

KOROSTIL Yurii-Yustyn
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Poland)

MASHKOV Viktor
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Czech Republic)

POPOV Oleksii
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

PYASKOVSKYY Dmytro
(Ph.D., Senior Res., Ukraine)

STANKEVYCH Serhii
(Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Ukraine)

SAVANEVYCH Vadym
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

TUPKALO Vitalii
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Ukraine)

Responsible and Technical secretary:

KOZUB Andrii
(Ph.D., Senior Res., Ukraine)

**Вступне слово
головного редактора
ПРИСЯЖНОГО
Володимира Ілліча**



**Introductory word
of the Editor-in-Chief
Volodymyr
PRYSYAZHNYI**

Шановні автори та читачі журналу!

Прошло всього 60 років від початку космічної ери людства. Але за цей відносно короткий проміжок часу космічні технології розвивались і продовжують розвиватись настільки стрімко, що сьогодні практично неможливо уявити будь-яку сферу діяльності суспільства без прямого або опосередкованого їх використання.

Світовий ринок космічних послуг та розмаїття напрямків космічних досліджень надають потужний поштовх для пошуку нових знань та їх практичного впровадження.

Однією з традиційно сталих особливостей наукової спільноти є донесення результатів досліджень до широкого кола фахівців з метою їх обговорення та оцінки їх наукової новизни, достовірності і практичного значення.

Заснування журналу «Аерокосмічні технології» має на меті створення фахової дискусійної платформи для відображення передових ідей та новітніх наукових результатів космічних досліджень.

Висловлюю впевненість, що наше видання стане цікавим і корисним для широкого загалу як авторитетних у космічній галузі науковців, так і для тих, хто прагне присвятити свою діяльність космічним дослідженням та робить перші кроки у цьому напрямку.

Сподіваюсь, що журнал надасть Вам додаткові можливості для апробації власних наукових розробок, ознайомлення з новітніми досягненнями інших науковців, формування кола однодумців за вибраною тематикою.

Бажаю нашому виданню стати важливою складовою наукової періодики України у сфері космічних досліджень, акумулятором передових ідей та джерелом актуальної наукової інформації, а всім авторам – невичерпного творчого натхнення та вагомих наукових результатів.

З повагою та найкращими побажаннями,

Начальник Національного центру управління та випробувань космічних засобів, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

В.І. Присяжний

Dear authors and readers of the magazine!

It was only 60 years since the beginning of the space era of humanity. But for this rather short period of time, space technology has evolved and continued developing so rapidly that today it's become virtually impossible to imagine any area of society without their direct or indirect use.

The world market for space services and the diversity of space research areas provide a powerful impetus for finding new knowledge and its practical implementation.

One of the traditionally consistent features of the scientific community is the dissemination of research results to a wide range of specialists in order to discuss them and assess their scientific novelty, reliability and practical value.

Establishment of the "Aerospace Technology" magazine aims to create a professional discussion platform to reflect advanced ideas and the latest scientific findings of space research.

I am convinced that our publication will become interesting and useful to the general public as authoritative scientists in the field of space, and for those who seek to devote their activities to space research and take the first steps in this direction.

I hope that the magazine will give you additional opportunities for approbation of your own scientific developments, getting acquainted with the latest achievements of other scholars, forming a circle of like-minded people on selected topics.

I wish our publication to become an important part of Ukrainian scientific periodicals in the field of space research, an accumulator of advanced ideas and a source of topical scientific information, and to all authors - inexhaustible creative inspiration and significant scientific results.

Sincerely yours with best regards,

Chief of the National Space Facilities Control and Test Center, laureate of the State Prize of Ukraine in the field of science and technology, Ph.D. in Engineering Science, Senior Research Associate

Volodymyr Prysyazhnyi

ЗМІСТ

ВИКОРИСТАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

**Спішев В.П., Кудак В.І., Мотрунич І.І.,
Найбауер І.Ф., Періг В.М., Сухов П.П.,
Кожухов Д.М., Мамарєв В.М.**
Аналіз розвитку і можливостей оптичних систем,
розміщених на космічних апаратах стратегічного
призначення США і Росії..... 6

Смірнов О.Е., Оптасюк С.В.
Дослідження кореляційних зв'язків між варіаціями
магнітного поля землі та індексами сонячної
активності 12

**Кожухов О.М., Брюховецький О.Б.,
Кожухов Д.М., Кучук Є.Ю.**
Сучасні методи виявлення рухомих космічних
об'єктів на серіях цифрових зображень..... 19

СЕЙСМОЛОГІЯ

Корнієнко І.В., Осадчий В.І.
Методологічні аспекти оцінки потужності ядерних
вибухів на випробувальному полігоні в Північній
Кореї 23

Андрущенко Ю.А., Карягін Є.В.
Використання результатів інфра звукових
спостережень при ідентифікації природи
сейсмічних подій 30

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

**Байдацький В.П., Білоус В.Б., Баранов Р.О.,
Маліцький А.В., Кузьменко В.П.,
Грибовський Д.О., Бочаров Л.І.**
Алгоритм вибору дискретних діагностичних ознак
за критерієм максимуму ефективності
інформації..... 38

**Сало Р.М., Білоус В.Б., Баранов Р.О.,
Тупіков А.А., Кузнєцов Д.О., Бочаров Л.І.,
Чеботарьов М.А.**
Науково-методичний апарат оцінювання
ефективності інформаційних систем геопросторової
розвідки на основі ймовірнісного графу..... 46

Сирку А.А.
Клавіатурний почерк, як метод ідентифікації
користувачів інформаційних систем 54

Кавац В.В., Сабліна В.І., Паршина О.І.
Оцінка порушень водозахисних природоохоронних
зон на території дніпропетровської області..... 60

TABLE OF CONTENTS

USE OF AEROSPACE TECHNOLOGY

**Yepishev V., Kudak V., Motrnich I.,
Neubauer I., Perig V., Sukhov P.,
Kozhukhov D., Mamarev V.**
Analysis of development of optical systems and
their opportunities located on USA and Russia's
strategic satellites..... 6

Smirnov O., Optasiuk S.
Research of correlation communications between
marital magnetic field variables and solar activity
index..... 12

**Kozhukhov O., Bryukhovetsky O.,
Kozhukhov D., Kuchuk E.**
Modern methods of detecting moving space objects
on series digital images 19

SEISMOLOGY

Kornienko I., Osadchiy V.
Methodological aspects of the assessment of the
nuclear explosions capacity at the testing ground in
North Korea 23

Andrushchenko Yu., Karyagin E.
Using the results of infrasound observations in
identifying the nature of seismic events 30

INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

**Baidatskyi V., Bilous V., Baranov R.,
Malitskyi A., Kuzmenko V.,
Hribovskyi D., Bocharov L.**
Algorithm of selection of discrete diagnostic signs
on the maximum of information efficiency
criteria..... 38

**Salo R., Bilous V., Baranov R., Tupikov A.,
Kuznietsov D., Bocharov L.,
Chebotarov M.**
Scientific and methodological apparatus for
evaluation of the efficiency of geopatric intelligence
information systems..... 46

Syrku A.
Keyboard handtyping pattern, as a method of
identification of information systems users 54

Kavats V., Sablina V., Parshyna O.I.
Evaluation of violations of water protection zones
on the territory of dnepropetrovsk region 60

Кавац В.В., Капустін Є.І., Водоп'янов І.М. Визначення зрідженості та відстані між рядами виноградника	64	Kavats V., Kapustin Y., Vodopyanov I. Definition determination and remover range.....	64
Кавац В.В., Капустін Є.І., Кирилова Н.А., Кирилов О.І. Основні принципи побудови системи відображення інформації функціонування КА ДЗЗ в орбітальному польоті	71	Kavats V., Kapustin Y., Kyrylova N., Kyrylov O. Basic principles of construction of the information display system of information functioning of a reverse department in an orbital flight	71
Вишняков В.Ю., Касімов А.О., Репей С.В., Чорна К.В. Автоматизація процесу моніторингу судноплавства з використанням даних дистанційного зондування землі	77	Vishnyakov V., Kasimov A., Repey S., Chorna K. Automation of the process of monitoring shipping to use date of remote sensing of the earth	77
Горбут Є.М., Тупіков А.А., Сало Р.М., Дорошець А.В., Чеботарьов М.А. Метод багатокритеріальної оцінки рішення вибору системи інформаційного забезпечення на основі методу аналітичних мереж.....	85	Gorbut E., Tupikov A., Salo R., Doroshets A., Chebotarov M. Method of multi-criteria assessment of information security system selection decision based on method analytical networks.....	85

ФОТОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 528.341, 522.527

Єпішев В.П.¹, Кудак В.І.¹, Мотрунич І.І.¹, Найбауер І.Ф.¹, Періг В.М.¹, Сухов П.П.², Кожухов Д.М.³, Мамарєв В.М.³

¹ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Лабораторія космічних досліджень, Ужгород, Україна

²Одеський національний університет ім. Мечникова, Астрономічна обсерваторія, Одеса, Україна

³Національний центр управління та випробувань космічних засобів ДКАУ, Київ, Україна

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ І МОЖЛИВОСТЕЙ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ, РОЗМІЩЕНИХ НА КОСМІЧНИХ АПАРАТАХ СТРАТЕГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ США І РОСІЇ

Представлено аналіз розвитку оптичних систем і їх можливостей, що розміщені на космічних апаратах (КА) стратегічного призначення на основі результатів наземних фотометричних і позиційних спостережень.

Розглянуто застосування на штучних супутниках Землі (ШСЗ) оптичних систем, які з кількох рухомих об'єктів зводять зображення на основне дзеркало, діаметр якого більше 1 метра. Показано, що такі системи почали досліджуватися на низькоорбітальних супутниках групи «Мідас», а з початку 70-х років були розміщені на геосинхронних супутниках (ГСС) групи «DSP». В останні десятиріччя ГСС «DSP» в США почали замінюватися на новий клас ГСС «SBIRS» з ще більш складною оптичною системою.

На відміну від США в Росії такі системи почали застосовуватись в останні 5 років, поки що лише на низькоорбітальних об'єктах, наприклад ШСЗ «Персона -2,3».

Висновки підкріплені результатами фотометричних спостережень цих об'єктів з пунктів Одеса і Ужгород.

Ключові слова: супутник, фотометрія, спостереження, крива блиску, оптичні системи.

Вступ Комплексні наземні фотометричні та позиційні спостереження штучних супутників Землі дають можливість проводити не лише моніторинг їх поведінки на орбіті та встановлювати окремі характеристики поверхневих конструкцій космічних апаратів, але і відслідковувати технологічний розвиток космічних систем в тих чи інших країнах.

В даному випадку на основі таких спостережень проведено аналіз створення та застосування складних рухомих оптичних систем на космічних апаратах стратегічного призначення США та РФ. Якщо в США перші спроби застосування рухомих триплетних оптичних систем почалися ще в 60-ті роки минулого століття спочатку на низькоорбітальних ШСЗ серії «Мідас», а в 70-ті роки на геостационарних супутниках уже серії «DSP», то в РФ вони запрацювали на низькоорбітальних ШСЗ стратегічного призначення «Персона-2, 3» практично з 2014 року.

Створення та розвиток космічних апаратів стратегічного призначення в Сполучених Штатах Америки(США)

Розвиток систем раннього попередження або Системи охоронної протиракетної охорони Missile Defense Alarm System (Midas) в США почався з 1959 року [1]. Спочатку планувалося 20 супутників, потім зупинилися на дванадцяти. З лютого 1960 року почалися експериментальні дослідження можливостей створюваної системи, запуском ШСЗ «Мідас-1», потім «Мідас-2, 3». На них були розміщені

інфрачервоні датчики, які мали фіксувати старт міжконтинентальних радянських ракет. До першого покоління цієї системи ще відносять і «Мідас-4». В цілому, всі їх запуски були невдалими. Перший взагалі не вийшов на орбіту. З другим через кілька обертів був втрачений зв'язок. Третій і четвертий теж не вийшли на розраховану орбіту. Згідно розсекречених даних «Мідас 3, 4» виконували поставлену задачу недовго – від кількох діб до кількох тижнів. Але саме їх радянська протисупутникова система взяла під особливий контроль. В 70-і роки з появою перших супутникових електрофотометрів (в Одесі, а потім в Ужгороді) до регулярних позиційних спостережень цих КА в СРСР додалися і фотометричні.

Функціонування другого покоління надсекретної системи «Мідас» – ШСЗ «Мідас-5, 6, 7, 8, 9» (Програма 461), продовжилося з квітня 1962 р. запуском ШСЗ «Мідас-5», який активно відпрацював 6 обертів навколо Землі і вийшов з ладу. Лише «Мідас-7», як це впливає з розсекречених документів, опублікованих в 2007 році, став успішним. Цей об'єкт був взятий радянськими протисупутниковими системами під щільний контроль. Його позиційні і фотометричні спостереження в Ужгороді і Одесі велися до розпаду СРСР. Увагу до цих об'єктів серії «Мідас» з Москви пояснювали просто: від них не були відстиківані останні ступені ракет, передня торцева частина

апарату нагадувала боєголовку ракети. Це могли бути, на думку Москви, ядерні боєголовки.

Насправді так звана “боєголовка” була лише захисною насадкою на висунутому з корпусу телескопі, який працював у видимому та

інфрачервоному діапазонах. Саме на супутнику “Мідас-7”(рис.1а,б) вперше, завдяки спеціально розробленій платформі, було здійснене гвинтоподібне обертання оптичної системи телескопа – 6 обертів за хвилину.

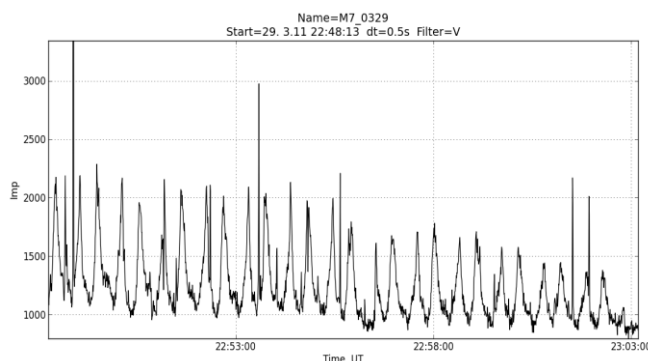


Рис.1а.Крива блиску супутника «Мідас 7» отримана 29.03.2011р. в м.Ужгород



Рис.1б.Макет ШСЗ серії «Мідас»

Всі об’єкти системи “Мідас” виводилися на висоту ~2000 миль. Їх було видно лише за відбитими дзеркальними спалахами від панелей сонячних батарей (ПСБ) ребристої форми. Діючими на той час фотометрами виявити які небудь деталі на корпусі ШСЗ було не можливо [1, 2]. Вони і тепер там перебувають. В Ужгороді з 2008 року відновили нерегулярні фотометричні спостереження ШСЗ “Мідас-3, 4, 6, 7” з метою розв’язку задач фундаментального характеру. Відновили їх спостереження і в Росії [3].

Досягнувши успіхів в реєстрації пусків своїх і радянських ракет, в США прийняли рішення – подібну систему розмістити на геостационарній орбіті. Перший супутник нової системи був відправлений на геостационарну орбіту в листопаді 1970 року. Але він її не досяг. Геосинхронним супутником став другий супутник системи, яка була названа “DSP” (Defense Support Program). Цей супутник почав успішно контролювати запуски радянських і китайських супутників.

Перша модель системи “DSP” була реалізована в перших 4-х супутниках. Далі можливості цих КА постійно удосконалювалися. Якщо термін служби перших “DSP” закладався ~ 1,25 року і супутники мали 2000 детекторів, то на кінець 80-х років на цих об’єктах розміщалося 6000 датчиків і їх термін служби вже перевищував 5 років. В 1989 році в США була розгорнута перша наземна європейська станція, яка підтримувала зв’язок з оперативною групою даних ГСС, створеною з 4-х об’єктів. Ця група контролювала випромінювання в двох віддалених діапазонах хвиль, “бачила” далі за горизонт та ототожнювала ядерні вибухи в атмосфері і в земних глибинах. Високу ефективність КА “DSP” продемонстрували щодо ракетних пусків під час ірако-іранської війни (1980–1988рр.) і в 1991 році в Персидській затоці. Тоді ж виявилося, що ці ГСС не в змозі відслідковувати пуски тактичних ракет класу “СКАТ”, що мало бути реалізовано в наступних

супутниках.

В СРСР спостереження ГСС у оптичному діапазоні в основному здійснювалися лише позиційні. В тому числі із Ужгорода. Саме під час одного із сеансів спостережень ГСС видимих з ужгородського пункту, вдалося зафіксувати початок перекидання одного із ГСС “DSP” в зону Персидської затоки за кілька днів до вступу американської армії в конфлікт.

Фотометричні спостереження ГСС в радянські часи проводилися в основному групою О. Діденка в Алмаатинській астрофізичній обсерваторії [4]. В 90-ті роки такі спостереження почали освоюватися російськими військовими в структурі знаменитого “Окна”, що існує і до наших днів на території Таджикистану. Зараз такі спостереження ведуться ще з пунктів під Іркутськом і на Кавказі (район біля CAO, де розміщений 6-ти метровий телескоп) [3].

Перші результати фотометрії одного із супутників “DSP” з території України були отримані в Маяках (Одеса) 30 вересня 2014 року. Це був “DSP-18”(рис. 2а,б).

Всього американцями запуснено 23 ГСС цієї серії. Не всі запуски були вдалими, але частина з них працюють на орбіті і в наш час. Детальний аналіз поведінки “DSP-18”, за даними одеських спостережень, був виконаний в Лабораторії космічних досліджень УжНУ. Використані також результати фотометрії ГСС “DSP-14”, отримані казахськими астрофізиками. В результаті описана модель поведінки цієї знаменитої серії ГСС не лише в порівнянні з системою “Мідас”, але і з новим супутником “SBIRS-Geo2” (Space Based Infrared System), чотири об’єкти яких мають повністю замінити на орбіті ГСС класу “DSP”.

Якщо форма супутників “DSP” практично повторює форму ШСЗ другого покоління серії “Мідас”, то форма ГСС “SBIRS” зовсім інша, з набагато більшими динамічними можливостями. У супутників “Мідас” дві панелі сонячних батарей, у DSP їх чотири. Форма цих КА – витягнутий

циліндроподібний об'єкт.

Поверхня КА вкрита вісьмома вертикальними смугами з інфрачервоними датчиками і висунутим в нижньому торці телескопом, головка якого в період

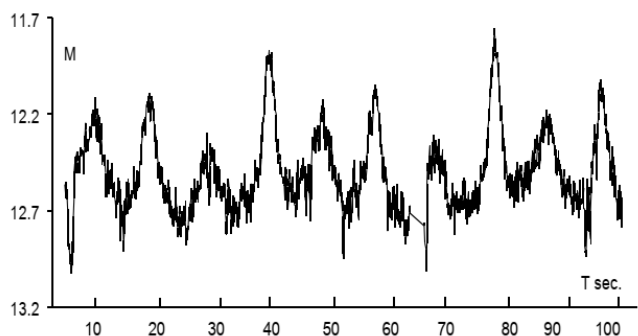


Рис.2а.Фрагмент кривої блиску ГСС "DSP-18", в фільтрі V, отриманий 29 вересня 2014 року. $T_{\text{exp}}=0.2$ сек.

Активні колориметричні спостереження ГСС "SBIRS-Geo2" (рис 3а,б) були розпочаті в Маяках під Одесою в серпні 2014 року. До жовтня 2016 року виконано понад 30 колориметричних записів супутника. Не завжди, внаслідок технічних і погодних умов, вони були вдалим, але їх стало достатньо, щоб відтворити динамічну модель поведінки цього об'єкта і дати оцінку його переваг щодо ГСС "DSP-18" [5].

Згідно офіційних повідомлень у супутників системи "DSP" оптична система робить 6 обертів за хвилину і встигає оглянути одну і ту ж ділянку земної поверхні через 50–52 с. Як відмічалось вище, це вперше американцями було апробовано в 1963 році на ШСЗ "Мідас-7". Дослідженнями О. Діденко (Казахстан) було встановлено, що період обертання оптичної системи на ГСС "DSP-14" дорівнює 10,44 сек, а значить її 6 обертів має відбуватися через $P=62,64$ с. Для контролю всієї земної поверхні в такому випадку бажано мати на орбіті в робочому стані одночасно до 8-ми КА. Ці дані підтверджені одесько-ужгородськими фотометричними дослідженнями поведінки КА "DSP-18". Лише в останньому випадку була відмічена ще одна деталь.

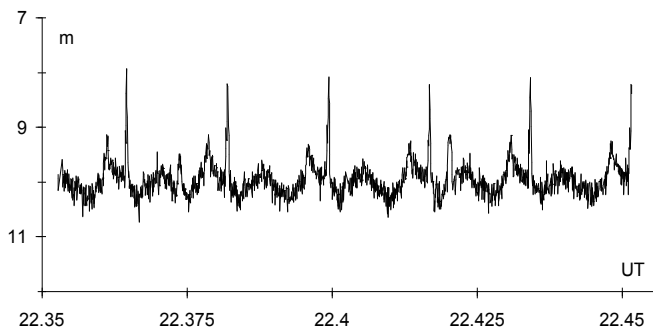


Рис. 3а.Фрагмент кривої блиску "Sbirs Geo 2", 30.08.14р. V-фільтр

Тобто, кожне із дзеркал за період одного коливання ГСС виконує 4 сканування, контролюючи в кожній із півкуль одну і ту ж область земної поверхні частіше, ніж через 16 секунд. І хоча період

активної робочої фази супутника виконує конусоподібне обертання навколо поздовжньої осі КА.



Рис.26. Макет ГСС «DSP-18»

Супутник "DSP-18" за час 62,64 с ще самостійно виконував 1 оберт навколо своєї поздовжньої осі. А це значить, що у даного об'єкта з'явилася можливість робити періодичні огляди одних і тих же ділянок земної поверхні через 25–26 секунд в смузі від 83° південної до 83° північної широти

Нове покоління американської системи раннього попередження "SBIRS" [6], розпочало свою роботу на орбіті в першій половині 2011 року. "SBIRS-Geo2" виведений на орбіту в першій чверті 2013 року. Крім покращених технічних характеристик приймачів інфрачервоного випромінювання ГСС, згідно результатів ужгородсько-одеських досліджень, орієнтований поздовжньою віссю вздовж вектору свого руху по орбіті і здійснює з тим же періодом $P=62,64$ секунди лише коливальні рухи в бік південного і північного полюсів на кути $7^\circ, 0-7^\circ, 5$. На КА розміщені по два сканери і телескопи, дзеркала яких розташовані під кутом одне до одного і до площини екватора з розворотом в бік півдня і півночі. Обидва дзеркала здійснюють конусоподібне обертання з $P_0=15,66$ с.

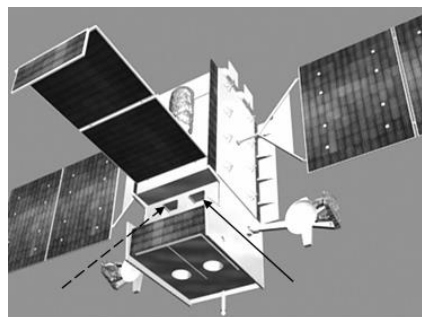


Рис. 36.Зовнішній вид "SBIRS GEO 2". Пунктирна стрілка – scanner sensor, суцільна стрілка – starrer sensor

обертання оптичної системи на КА системи "DSP" рівний 10,44с, що рівно в 1,5 рази менший ніж період обертання скануючих дзеркал КА "SBIRS" (15,66с): останні встигають за один і той же відрізок часу 62,64

сек, в сумі виконати якби 8 оглядів. А за рахунок коливань вони з геосинхронної орбіти беруть під контроль ще старту ракет з районів обох земних полюсів.

Нахил орбіти цих КА $i = 4^{\circ},9$. Це дозволяє їм, внаслідок видимих лібраційних коливань, розширити за добу смугу огляду вздовж екватора на 9° – 10° . Таким чином, нове покоління ГСС серії “SBIRS” у складі 4-х КА, розміщених один від іншого через 90° має змогу тримати під контролем всю земну поверхню з частотою – один огляд за 15,7 секунди [6].

Аналіз розвитку космічних апаратів стратегічного призначення в Російській Федерації

Як вписуються в цей ряд оптичні системи,

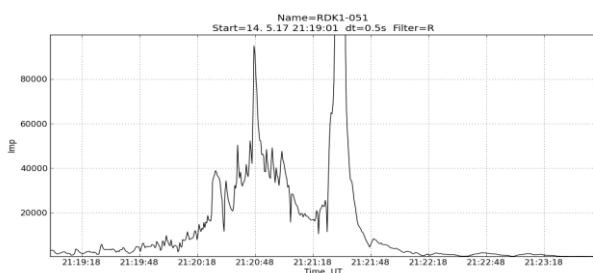


Рис.4а.Крива блиску супутника «Ресурс ДК1» отримана 14.05.2017р.

зміни блиску від всіх 4 КА співпадають майже повністю. Конструктивно «Ресурси»(рис. 4а,б) по формі виглядають, як ШСЗ “Мідас-7”, або кожний з 23 об’єктів серії “DSP”, але з двійкою панелей сонячних батарей. Орієнтовані об’єкти поздовжньою віссю в надир, застabilізовані, ніяких рухомих деталей на корпусі не виявлено. В нижній торцевій

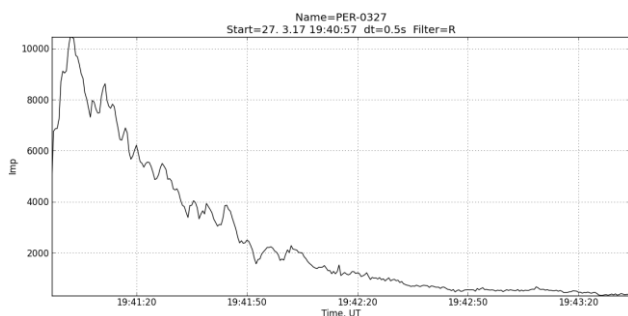


Рис.5а. Крива блиску супутника «Персона» отримана 14.05.2017р.

Після обробки фотометрії даного ШСЗ було встановлено, що цей “ящик” обертається навколо поздовжньої осі КА з періодом $P_0=47,2$ сек. А на його 2-х протилежних сторонах, завдяки В, V – фотометрії, вдалося виявити склоподібні елементи, які нагадують об’єктиви. Напрямки нормалей до цих елементів становлять з напрямком поздовжньої осі об’єкта, яка направлена в надир, кут $\approx (30^{\circ} \pm 2^{\circ})$. Те, що ці елементи можуть бути додатковими до основної апертурами підкріплюється наступними даними:

1. Згідно викладеної в Інтернеті докторської дисертації (ЛОМО, Росія) змогли виготовити оптичну

розміщені на російських ШСЗ стратегічного призначення. В СРСР фотометрія власних стратегічних ШСЗ розпочалася у 70-і роки. Із нережимних пунктів спостережень, як Ужгород, її проводили під змінними кодовими номерами і в основному у випадку аварійних ситуацій. Найбільш розгорнуто з закритих пунктів такі спостереження велися в пункті “Окно” (Таджикистан). Фотометричні спостереження низькоорбітальних стратегічних російських об’єктів з території України відновилися в Ужгороді в 2016 році. В їх число входять 4 КА серії “Ресурс”, “Персона-2, 3”, “Барс-М1, М2” [7]. ШСЗ “Ресурс-Р1, Р2, Р3” виведені в космос протягом 2013 - 2016 років. Записані в Ужгороді



Рис.4б .Ймовірний вигляд КА серії RESURS

частині розміщений телескоп. Об’єкт “Персона-2” (рис.5а,б) виведений на орбіту в 2013 році. Конструктивно цей КА копіює по формі серії “Ресурс” і “DSP”. Тут, замість 2-х панелей СБ, як у “Ресурсів”, є 4 панелі подібно до КА серії “DSP”. Але в нижньому торці з’явився новий елемент конструкції, що нагадує ящик кубічної форми.

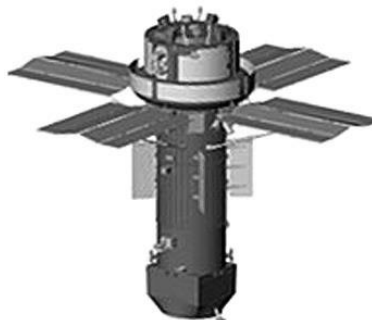


Рис.5б. Макет супутника «Персона»

систему так званого потрійного навантаження, тобто зображення з трьох оптичних каналів зводиться на один дзеркальний об’єктив і далі за допомогою додаткового дзеркала виводиться на електронні пристрої через невеликий отвір у головному дзеркалі. Над створенням цієї оптичної системи, колектив, як зазначено в повідомленні, працював майже 12 років, закінчивши її розробку на стикові 2010 - 2011 років.

2. Серед спеціалістів космічної галузі США в 2014 році з’явилися припущення, що така потрійна система вже створена в Росії і її планують розмістити на ШСЗ “Персона-2”.

3. В публікаціях підкреслювалось, що сучасний рівень таких систем дозволяє додаткові дві апертури розміщувати до основної апертури під кутом до 45° .

4. Такі системи надзвичайно енергозатратні і на орбіті їх включають вибірково над “потрібними регіонами”. На кривих блиску, коли “Персона-2” пролітав на захід від Ужгорода, ніякої періодичності змін блиску не виявлено, а коли КА був на схід від Ужгорода (над Україною) – періодичні зміни з’являлися.

Розроблена оптична триплетна система запланована російськими спеціалістами і для розміщення на ГСС. Та на геосинхронній орбіті потрібне значно потужніше основне дзеркало, яке є на “Персоні”. Такий телескоп у росіян нібито виготовлений, але згідно закордонних публікацій в

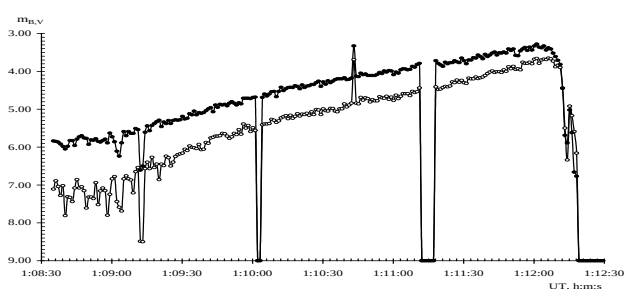


Рис.6а.Крива блиску КА «Барс - М2» у фільтрах В, V, отримані 18.05.2017р.

Висновок Слід відмітити, що ШСЗ “Персона” та їх попередники космічні апарати оптичної розвідки “Ресурси” по формі, енергозабезпеченні, орієнтації практично схожі на ГСС США “DSP”, які вже завершують своє сорокарічне перебування на орбіті. Їх місце поступово з 2011 року займає новітня система раннього попередження “SBIRS”, яка дозволяє вести тотальний контроль земної поверхні від полюса до полюса з інтервалом ~ 16 секунд.

2015-2016 роках, у них не вистачало потужностей, щоб вивести його на геостационарну орбіту.

Щодо КА класу “Барс-М1, М2”(рис.6а,б) фотометричних даних отримано мало. Супутники перебувають на висоті ~ 500 км над поверхнею Землі. Їх надзвичайно складно відсліджувати і вони більший термін в нічний час знаходяться в тіні Землі. Встановлено поки що на кінець 2016 року наступне.

Супутники навколо власного центра мас не обертаються, застабілізовані. На їх борту 2 телескопи та 2 лазерні установки. Нижній торець ШСЗ нагадує по формі ромб, а телескопи розміщені в протилежних його кутах зліва і з права щодо площини орбіти. Відносно рухомих деталей на поверхні цих ШСЗ однозначної відповіді поки що немає.

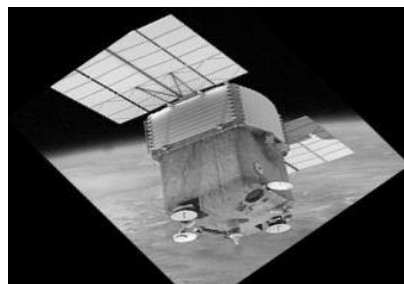


Рис.6б.Макет КА «Барс - М2»

РФ лише розгортає такі рухомі оптичні системи поки що на низьких орбітах. Про геостационарну орбіту відомостей немає.

Отже, у Росії на 2014 рік рівень виготовлення складних рухомих оптичних космічних систем і їх використання досяг рівня американських систем, розміщених на ГСС “DSP”. І вони розміщені лише на кількох низькоорбітальних ШСЗ. А супутники системи “DSP” поступово вже виводяться із вжитку.

Перелік джерел посилань:

1. Бюлетень станцій оптических наблюдений искусственных спутников земли. Под редакцией: Ерпылева Н.П., Лозинский А.М., Москва, 1965, №45, -С 130-131.
2. Epishev, V. P., Kudak, V. I., Perig, V. M., Motrunich, I. I., Naybauer, I. F., Novak, E. J., & But, O. Y., Influence of the Gravitational Fields of the Moon and the Sun on Long-Period Variations in the Proper Rotation of “Midas” Satellites. // *Astrophysical Bulletin*, – 2018, 73(3). – PP.363-372.
3. Каткова Е.В., Бескин Г.М., Бирюков А.В. и др. Массовая фотометрия низкоорбитальных ИСЗ на ММТ-9 // *Околоземная астрономия-2015: Труды международной конференции*, 31.08.-05.09.2015. – М.: Янус – К. 2015. – С. 261-267.
4. Didenko A.V., Usoltzeva L.A. Methods of geostationary satellites identification by the photometric information // *Transaction of KazaKh-Amer. Univ* – 2001. – N 2. – P. 83-91.
5. Сухов П.П., Епишев В.П., Карпенко Г.Ф., Сухов К.П., Кудак В.И. Фотометрические исследования ГСС “SBIRS GEO-2” // *Околоземная астрономия 2015. Труды международной конференции 31.08.-5.09.2015 г.* – n.Терскол, М.: 2016. – С. 282-285.
6. П.П. Сухов, В.П. Епишев, К.П. Сухов, Г.Ф. Карпенко, И.И. Мотрунич Результаты комплексных исследований функционирования на орбите геосинхронного спутника “SBIRS GEO-2” // *Космічна наука і технологія*. – К.:2017. Т. 23, № 1. – С.63-70.
7. Епишев В.П., Мотрунич И.И., Найбауер И.Ф., Кудак В.И., Періг М.В., Москаленко С.С., Сухов П.П. Идентификация космических объектов за результатами их фотометрических наблюдений // *Аерокосмічні технології*. Вип. 2 (2). – 2017. – С. 9-16.

References:

1. Byuleten stantsiy opticheskikh nablyudeniy isskustvennykh sputnikov zemli. Pod redaktsiyey: Ertsylev N.P., Lozinskiy A.M., Moskva. 1965. №45. -S 130-131.
2. Epishev, V. P., Kudak, V. I., Perig, V. M., Motrunich, I. I., Naybauer, I. F., Novak, E. J., & But, O. Y., Influence of the Gravitational Fields of the Moon and the Sun on Long-Period Variations in the Proper Rotation of "Midas" Satellites. // *Astrophysical Bulletin*, – 2018, 73(3). – PP.363-372.
3. Katkova E.V., Beskin G.M., Biryukov A.V. i dr. Massovaya fotometriya nizkoorbitalnykh ISZ na MMT-9 // *Okolozemnaya atsrnomiya-2015: Trudy mezhdunarodnoy konferentsii*. 31.08.-05.09.2015. – M.: Yanus – K. 2015. – S. 261-267.
4. Didenko A.V., Usoltzeva L.A. Methods of geostationary satellites identification by the photometric information // *Transaction of KazaKh-Amer. Univ* – 2001. – N 2. – P. 83-91.
5. Sukhov P.P., Epishev V.P., Karpenko G.F., Sukhov K.P., Kudak V.I. Fotometricheskiye issledovaniya GSS "SBIRS GEO-2" // *Okolozemnaya astronomiya 2015. Trudy mezhdunarodnoy konferentsii* 31.08.-5.09.2015. - p.Terskol. M.: 2016. – S. 282-285.
6. P.P. Sukhov, V.P. Epishev, K.P. Sukhov, G.F. Karpenko, I.I. Motrunich Rezultaty kompleksnykh issledovaniy funktsionirovaniya na orbite geosinkhronnogo sputnika "SBIRS GEO-2" // *Kosmichna nauka i tekhnologiya*. – K.:2017. T. 23. № 1. – S.63-70.
7. Iepishev V.P., Motrunych I.I., Naibauer I.F., Kudak V.I., Perih V.M., Moskalenko S.S., Sukhov P.P. Identyfikatsiia kosmichnykh obektiv za rezultatomy yikh fotometrychnykh sposterezhen // *Aerokosmichni tekhnolohii. Vyp. 2 (2)*. – 2017. – S. 9-16.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, РАЗМЕЩЕННЫХ НА КОСМИЧЕСКИХ АПАРАТАХ СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ США И РОССИИ

Епишев В.П., Кудак В.И., Мотрунич И.И., Найбауер И.Ф., Периг В.М.,
Сухов П.П., Кожухов Д.М., Мамарев В.М.

Представлен анализ развития оптических систем и их возможностей, которые размещены на космических аппаратах стратегического назначения на основе результатов наземных фотометрических и позиционных наблюдений.

Рассмотрено применение на искусственных спутниках Земли оптических систем, состоящих из нескольких подвижных объективов что, сводят изображение на основное зеркало, диаметр которого больше 1 метра. Показано, что такие системы начали исследоваться на низкоорбитальных спутниках группы «Мидас», а с начала 70-х годов были размещены на геосинхронных спутниках (ГСС) группы «DSP». В последние десятилетия ГСС «DSP» в США начали заменяться на новый класс ГСС «SBIRS» с еще более сложной оптической системой.

В отличие от США в России такие системы начали применяться в последние 5 лет, пока только на низкоорбитальных объектах, например, ИСЗ «Персона -2,3»

Выводы подкреплены результатами фотометрических наблюдений этих объектов из пунктов Одесса и Ужгород.

Ключевые слова: спутник, фотометрия, наблюдения, кривая блеска, оптические системы.

ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF OPTICAL SYSTEMS AND THEIR OPPORTUNITIES LOCATED ON USA AND RUSSIA'S STRATEGIC SATELLITES

Yepishev V.P., Kudak V.I., Motrnich I.I., Neubauer I.F., Perig V.M., Sukhov P.P.,
Kozhukhov D.M., Mamarev V.M.

Presented analysis of the optical systems development and their capabilities, which are located on strategic designation spacecraft's, based on the results of ground-based photometric and positional observations.

The application of optical systems on artificial satellites, which consists of several movable lenses, which reduces the image to the main mirror, the diameter of which is more than 1 meter. It was shown that such systems began to be investigated on the low-orbit satellites of the "Midas" group, and since the beginning of the 1970s they were placed on the geosynchronous satellites (GSS) of the "DSP" group. In the last decades, the GSS "DSP" in the United States has begun to be replaced by the new class of GSS "SBIRS" with an even more sophisticated optical system.

Unlike the United States in Russia, such systems have begun to be used in the last 5 years, while only in low-orbital objects, such as the Persona-2, 3.

The conclusions are supported by the results of photometric observations of these objects from the points of Odessa and Uzhgorod.

Keywords: satellite, photometry, observation, light curve, optical systems.

УДК 550.386

Смірнов¹ О.Е., Оптасюк С.В.²,¹Регіональний центр спеціального контролю (РЦСК)²Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка (КПНУ)

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ВАРІАЦІЯМИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ ТА ІНДЕКСАМИ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ

Подано результати співставлення варіацій магнітного поля Землі, зареєстрованих засобами Регіонального центру спеціального контролю за 2017 рік з даними сонячної активності, а саме індексів K_p та A . Аналізується вплив сонячної активності на збурення геомагнітного поля, оцінюється відсотковий розподіл джерел і природи зареєстрованих магнітних сигналів

Варіації магнітного поля Землі реєструвалися РЦСК (Регіональним центром спеціального контролю) ферозондовими магнітометрами за трьома складовими в діапазоні частот 0,005-5 Гц з амплітудами фону (шуму) до 0,03 нТл, на відстанях від джерела понад 10 000 км. В результаті аналізу даних встановлено наявність впливу сонячної активності на геомагнітне поле. Найкраща кореляція (до 30%) відповідає випадку порівняння з індексами K_p . Співпадань з K_p компонентів складає для V_x, V_y, V_z відповідно 14, 12 і 10%. Кореляція з індексом A складає трохи більше 10%. Співпадань з компонентами V_x, V_y, V_z 5,7, 5,2 та 9,3%.

Ключові слова: магнітне поле Землі, сонячна активність, планетарні індекси K_p та A , збурення геомагнітного поля.

Вступ. За останні 100 років магнітний полюс в Південній півкулі перемістився майже на 900 км і вийшов в Південний океан. Новітні дані стану арктичного магнітного полюса (рухомого у напрямку до Східно-Сибірської світової магнітної аномалії через Північний Льодовитий океан) показали, що з 1973 по 1984 рік його зміщення склало 120 км, з 1984 по 1994 рік - понад 150 км. Хоча ці дані розрахункові, вони підтверджені вимірами північного магнітного полюса. За даними на початок 2007 року, швидкість дрейфу північного магнітного полюса збільшилася з 10 км/год в 1970-х роках до 60 км/год в 2004 році [1].

Прискорення руху полюсів (в середньому на 3 км/год) і рух їх по коридорах інверсії магнітних полюсів (ці коридори дозволили виявити більше 400 палеоінверсій) дозволяє припустити, що в даному переміщенні полюсів слід вбачати не дрейф, а чергову інверсію магнітного поля Землі [2].

Також спостерігається і зміна напруженості магнітного поля Землі. Напруженість земного магнітного поля падає, причому нерівномірно. За останні 22 роки вона зменшилася в середньому на 1,7%, а в деяких регіонах - наприклад, в південній частині Атлантичного океану, - на 10%. У деяких місцях напруженість магнітного поля, всупереч загальній тенденції, навіть зросла [4].

Постановка проблеми. Довготривале спостереження та аналіз даних, отриманих зі стаціонарного магнітометра (48°33'45.5"N 26°27'25.0") та порівняння їх з даними інших геофізичних спостережень дозволить оцінити фактори впливу на геомагнітне поле сонячної активності, наземних техногенних збурень, а також процесів пов'язаних з підготовкою високоенергетичних землетрусів у земній корі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зогляду

на беззаперечний вплив варіацій магнітного поля Землі на стан здоров'я людини та працездатність техніки [1-4], а також враховуючи дрейф [1] та небезпеку інверсії магнітних полюсів [2] постає необхідність вивчення поведінки магнітного поля Землі та впливу на його варіації внутрішніх та зовнішніх факторів. Одним із вирішальних зовнішніх факторів є сонячна активність [5,7].

Постановка завдання. Мета роботи полягає у порівняльному аналізі варіацій магнітного поля Землі, зареєстрованих засобами Регіонального центру спеціального контролю з даними сонячної активності, а саме індексів K_p та A .

Основний матеріал дослідження. Геомагнітні варіації безперервно змінюються в часі, причому такі зміни носять періодичний характер.

Добові варіації геомагнітного поля виникають регулярно за рахунок струмів в іоносфері Землі, викликаних зміною освітленості земної іоносфери Сонцем протягом доби.

27-добові варіації проявляються як тенденція до повторення збільшення геомагнітної активності через кожні 27 земних діб. Ця закономірність пов'язана з існуванням довготривалих активних областей на Сонці. Вона проявляється у вигляді 27-добової повторюваності магнітної активності і магнітних бурь.

Сезонні варіації виявляються на підставі середньомісячних даних про магнітну активність. Сезонні варіації магнітної активності мають два максимуми, що відповідають часу рівнодення, і два мінімуми, відповідні часу сонцестояння.

Сонячна активність (СА) — термін, що характеризує поточну сонячну радіацію, її спектральний розподіл, супутні електромагнітні явища та зміни в часі характеристик Сонця. Сонячна

активність визначається сукупністю фізичних змін, які відбуваються на Сонці. Зовнішні прояви сонячної активності — сонячні плями, факели, флокули, протуберанці тощо. Впливає на зміну погоди та клімату.

Сонячна активність пов'язана зі спливанням з-під фотосфери концентрованих магнітних потоків, що мають величину $\approx 10^{14}$ Вб для однієї активної області. Ці процеси циклічні, в фотосфері вони проявляються виникненням, розвитком та розпадом сонячних плям та факелів. На вищих рівнях сонячної атмосфери спливання нових магнітних потоків супроводжується хромосферними факелами (флокулами), корональними конденсаціями і петельними або шоломовидними структурами в короні, а також сонячними спалахами з корональними викидами, прискоренням корпускулярних частинок до високих енергій (10^7 – 10^{10} еВ), підвищенням рівня жорсткого електромагнітного випромінювання, варіаціями інтенсивності радіовипромінювання на різних частотах. Моніторинг космічної погоди проводиться космічними апаратами та наземними обсерваторіями [5].

Протягом останніх десятиліть магнітні поля Сонця вимірюються переважно магнітографічним методом як наземними, так і космічними обсерваторіями. Цим методом частіше визначається поздовжня компонента, а не модуль вектора індукції магнітного поля, результат залежить від фактора заповнення площі магнітними елементами. У сонячних плямах магнітограф дає неоднозначні результати внаслідок ефекту зєсманівського “насичення” сигналу і змін профілів спектральних ліній. Водночас, саме сонячні плями є найбільш надійними маркерами інтенсивності сонячного магнетизму, оскільки вони містять сильні магнітні поля в концентрованих трубках потоку — як правило, 0.22–0.30 Тл при факторі заповнення тіні плям трубками потоку близько 95%. При таких полях спостерігається повне зєсманівське розщеплення деяких спектральних магніточутливих ліній, і це дозволяє вимірювати безпосередньо модуль індукції магнітного поля при стокс-метричних, фотографічних або ж візуальних спостереженнях. З усіх цих вимірювань, лише візуальні ведуться уже 100 років за незмінною методикою, тоді як інші вимірювання мають набагато коротшу історію як спостережень і накопичений обсяг даних. Саме результати візуальних вимірювань необхідно було зібрати й проаналізувати для вивчення тривалих змін сонячних магнітних полів та їх впливу на міжпланетний простір і геосферу.

Розрізняють періодичні компоненти цих змін, основним з яких є 11-річний сонячний цикл, і аперіодичні зміни [6].

Геомагнітна активність - збурення магнітного поля Землі, пов'язані зі змінами магнітосферно-іоносферної струмової системи. Геомагнітна активність є частиною сонячно-земної фізики та її практичної частини - космічної погоди. Основними проявами геомагнітної активності є сильні збурення — магнітнісуббурі та магнітні бурі, а також слабкі

збурення - різноманітні типи магнітних пульсацій [7].

Сонячні джерела геомагнітної активності

При спокійному сонячному вітрі ММП поблизу Землі лежить в площині екліптики і не є геоєфективним. Тому тільки збурені типи сонячного вітру можуть містити велику геоєфективну південну компоненту ММП і призводити до геомагнітної активності. Такі збурені типи сонячного вітру можуть утворитися на Сонці тільки під час викидів корональної маси (Coronal Mass Ejection - CME) із корональних дір, які є джерелами швидких потоків сонячного вітру, які наздоганяють і взаємодіють з повільними потоками і утворюють збурені області стиснення і деформації (так звані Corotating Interaction region - CIR). Таким чином існують 2 сценарії передачі збурення від Сонця до Землі і збудження сильної геомагнітної активності, перш за все, магнітних бурь: 1. Викид корональної маси (CME) => міжпланетний CME (ICME, магнітна хмара — Magnetic Cloud, MC), що включає південну компоненту ММП => магнітна буря. Другий сценарій: корональні діри, що формують швидкі потоки сонячного вітру => утворення області стиснення і деформації ММП (CIR), що включає південну компоненту ММП => магнітна буря. Швидкі ICME аналогічно швидким потокам з корональних дір можуть утворювати перед собою області стиснення і деформації (так звані Sheath), які можуть містити південну компоненту ММП і бути геоєфективними, але і в цьому випадку сонячним джерелом бурі є викид корональної маси.

У ЗМІ, в науково-популярній (а іноді і в науковій) літературі досить часто обговорюється питання про зв'язок магнітних бурь із сонячними спалахами і пропонується прогноз магнітних бурь на основі спостережень сонячних спалахів. Ця точка зору виникла до початку космічної ери, коли були відсутні прямі вимірювання сонячного вітру і ММП, і вона суперечить сучасним науковим даним. Оскільки деякі сонячні спалахи (число яких в кілька разів перевищує число CME і в кілька десятків разів перевищує число магнітних бурь) супроводжуються CME, то формально проведений статистичний аналіз дає невелику кореляцію між спалахами і бурями. Однак, згідно з сучасними даними, такий прямий фізичний зв'язок між сонячними спалахами і геомагнітними бурями відсутній [8].

Індекси геомагнітної активності є кількісною мірою геомагнітної активності і призначені для опису варіацій магнітного поля Землі, викликаних впливом потоку сонячної плазми (сонячного вітру) на магнітосферу Землі, змінами всередині магнітосфери і взаємодією магнітосфери і іоносфери.

Кожен з індексів обчислюється за результатами вимірів і характеризує тільки частину складної картини сонячної і геомагнітної активності.

Існуючі індекси геомагнітної активності можна умовно розділити на три групи.

До першої групи можна віднести локальні індекси, обчислені за даними однієї обсерваторії які говорять про величину локальної по території геомагнітної збуреності: C, K індекси.

До другої групи можна віднести індекси, що характеризують геомагнітну активність на всій Землі. Це так звані планетарні індекси: Кр, ар, Ар, ам, Ам, аа, Аа.

У третю групу входять індекси, що відображають інтенсивність магнітної збуреності від цілком певного джерела: Dst, AE, PC.

Всі індекси геомагнітної активності, перераховані вище, обчислюються і публікуються за всесвітнім часом UT.

Міжнародна асоціація геомагнетизму і аерономії - МАГА (International Association of geomagnetism and Aeronomy - IAGA) офіційно визнає індекси аа, ам, Кр, Dst, PC і AE. Більш детальна інформація про індекси МАГА доступна на сайті Міжнародної служби геомагнітних індексів (International Service of geomagnetic Indices - ISGI).

К-індекс - квазілогарифмічний тригодинний індекс, що характеризує зміну геомагнітної активності на конкретній обсерваторії в тригодинних інтервалах часу, починаючи з 00 год всесвітнього часу (UT), і виражається в балах. К-індекс приймає значення від 0 (спокійне магнітне поле) до 9. Значення $K = 9$ відповідає дуже сильному геомагнітному збуренню. З огляду на те, що амплітуда геомагнітного збурення залежить від широти місця спостереження, значенням $K=9$ відповідає збурення більше 2500 γ в зоні полярних сьвів і більше 300 γ в низьких широтах (виключаючи екватор). Для всіх інших обсерваторій, розташованих в полярній шапці і середніх широтах, значенням $K=9$ відповідають збурення менше 2500 γ , але великі 300 γ . Кіндекс був введений Дж. Бартельсом (J. Bartels) в 1939р. Він класифікує збурення більш нестійкої горизонтальної компоненти поля. Саме для кожної обсерваторії відповідність між значенням $K=9$ і амплітудою збурення було отримано при розгляді виключно сильного геомагнітного збурення, яке спостерігалось 16 квітня 1938р. Прийняли, що в цей день з 6 до 9 год. UTK індекс всіх обсерваторій дорівнював 9 балів, а максимальне значення амплітуди збурення за цей інтервал часу було взято за нижню межу амплітуди балу $K=9$.

Для обсерваторій, створених після 1938 року, нижня межа амплітуди $K=9$ вибирається в консультації з IAGA, а саме з робочою групою за індексами геомагнітної активності.

Верхня межа амплітуди для балу $K=0$ виходить шляхом множення нижньої межі амплітуди балу $K=9$ на коефіцієнт 0,01. Верхні межі амплітуд від 1 до 7 балів виводять шляхом множення верхньої межі амплітуди балу $K=0$ на множники: 2, 4, 8, 16, 24, 40, 64 відповідно.

Таким чином, К-шкала є квазілогарифмічною, тобто зростання К з 8 (від нижньої межі амплітуди) до 9 балів означає набагато більше збільшення збурення, ніж зростання К з 1 до 2 балів. Кожна обсерваторія, публікуючи дані по К індексу, обов'язково вказує нижню межу для $K=9$.

Для обчислення індексу береться зміна магнітного поля за тригодинний інтервал, з нього віднімається регулярна частина, яка визначається за спокійними

днями, і отримана величина за спеціальною (для кожної обсерваторії) таблицею перекладається в К індекс.

Індекс А є похідним від К-індексу, але перетворений в лінійну шкалу в гамах (наноТеслах). А-індекс вказує на порушення протягом останніх 24 годин в районі обсерваторії. Він виводиться шляхом усереднення восьми значень індексів К і перетворення результату.

Індекс А є похідним від К-індексу, але перетворений в лінійну шкалу в гамах (наноТеслах).

Кр індекс – планетарний індекс, що характеризує глобальну обуреність магнітного поля Землі в тригодинному інтервалі часу. Індекс Кр визначається як середнє значення рівнів збурення двох горизонтальних компонент геомагнітного поля, які спостерігаються на 13 відібраних магнітних обсерваторіях, розташованих в субавроральній зоні між 48 і 63 градусами північної і південної геомагнітних широт. Для визначення Кр індексу використовуються стандартизовані значення локальних К індексів (Ks) цих 13 обсерваторій.

Кр індекс має 28 значень в діапазоні від 0 до 9 і визначається з точністю до 1/3: 0, 0+, 1, 1-, 1+, 2-, ..., 8-, 8+, 9, 9+ [9].

Засоби реєстрації варіацій магнітного поля Землі в РЦСК

Варіації магнітного поля Землі реєструються в РЦСК ферозондовими магнітометрами за трьома складовими в діапазоні частот 0,005-5 Гц з амплітудами фону (шуму) до 0,03 нТл, на відстанях від джерела понад 10 000 км.

Всі вимірювальні дані у цифровому вигляді надходять до Національного центру даних, де проводиться їх обробка та інтерпретація.

Кр і А в даному дослідженні представляють собою планетарні дані, тобто усереднене значення з 8 обсерваторій по всьому світі. Ці статистичні дані отримано з ресурсу www.spaceweatherlive.com.

До складу магнітного методу входять 2 комплекти апаратури К-403-М3. Виріб апаратури К-403-М3 призначений для реєстрації варіацій магнітної індукції поля Землі в двох діапазонах частот в стаціонарних умовах. Має три канали реєстрації елемент та електронний блок з виходом на самопишучий швидкодіючий прилад. Використовується для одночасної реєстрації варіацій трьох компонент магнітного поля Землі одночасно в двох діапазонах частот зі смугами пропускання на рівні 0,7 не вужче заданих меж: 0,005 – 0,1 Гц для частотного діапазону Ф1 і 0,1 – 5 Гц для частотного діапазону Ф2. Реєстрація в в кожному з частотних діапазонів здійснюється в масштабах запису 1:1 та 1:12,5. Середнє квадратичне максимальних значень шумів в діапазоні частот 0,1 – 5 Гц не більше за 0,05 нТл, в діапазоні частот 0,005 – 0,1 Гц не більше за 0,1 нТл.

Робота приладу К-403-М3 полягає у перетворенні з допомогою магніточутливого елементу (ферозонду) складової вектора магнітної індукції поля Землі в електричний сигнал, подальшої обробки цього

сигналу з ціллю виділення варіацій даної складової, їх підсилення, частотної фільтрації та реєстрації опрацьованого сигналу.

Принцип дії елементу магніточутливого (ЕМЧ) оснований на модуляції потокощеплення вектора магнітної індукції поля, в якому розміщений ЕМЧ, з вихідною обмоткою ЕМЧ. Модуляція потокощеплення зумовлена періодичними змінами диференційної магнітної проникності матеріалу сердечника ЕМЧ за рахунок перемінного струму, що проходить по обмоткам збудження ЕМЧ. При цьому на вихідній обмотці виникає електрорушійна сила, період якої в два рази менший за період струму збудження, а максимальне значення прямо пропорційне проекції вектора магнітної індукції зовнішнього поля на магнітну вісь ЕМЧ.

З ціллю послаблення впливу флуктуацій коефіцієнта перетворення ЕМЧ та коефіцієнта підсилення ППЧ, а також для покращання лінійності тракту, весь підсилювальний – перетворюючий тракт охоплений негативним зворотнім зв'язком по магнітному полю.

Зворотній зв'язок здійснюється за рахунок протікання по обмотці компенсації струму, що створює в об'ємі ЕМЧ магнітне поле, протилежно направлене до зовнішнього. Струм зворотнього зв'язку подається з виходу тракту через чотирьохполосник НЗЗ.

Методика проведеного дослідження впливу СА на зареєстровані варіації МПЗ

Обробка результатів реєстрації варіацій магнітного поля Землі проводилась у такій послідовності. З числових значень компонентів B_x , B_y , B_z індукції магнітного поля Землі вибирались такі, які при їх векторному додаванні мали найбільші значення. За їх числовими значеннями обчислювали повний вектор індукції магнітного поля $B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$. Такі процедури робили для кожної дати місяця.

Отримані результати порівнювали з інформацією мережі Інтернет, зокрема прогнозами на місяць (числові значення індексу K_p) та індексами А, які відповідали реальним варіаціям магнітного поля. Значення індексу K_p перетворювались у чисельні значення за 16-ти бальною шкалою.

Для зручності побудови графіків та співставлення результатів обчислювались і брались до розгляду значення $B_x^2(N-S)/100$, $B_y^2(W-E)/100$, $B_z^2(Z-Z')/100$. Це дало змогу оцінити кореляцію цих значень з

індексами K_p та А в співрозмірних масштабах.

Повний вектор індукції геомагнітного поля (рис. 1) має кореляцію з індексом K_p на рівні $\approx 31,5\%$ яка була помітна впродовж всього року, але регулярно спостерігалися пікові значення вектора В, які не мали відповідних стрибків індексів сонячної активності. Такі піки зареєстрованих збурень геомагнітного поля можна пояснити наземними завадами від транспорту, сільськогосподарської техніки та ін. або процесами в земній корі.

Еквівалентні значення індексу K_p слабо корелюють зі статистичними даними зареєстрованих сигналів, краща кореляція спостерігається з індексом А. Найповніше співпадання з планетарними даними геомагнітної активності повного вектора магнітної індукції В для сигналів з періодами 54,3 с. (Рис.1).

Для проєкцій цього вектора на Пн.-Пд. краща кореляція з планетарними даними в першій половині 2017 року (Рис. 2), а Зх.-Сх. – у другій половині 2017 року (Рис. 3). Для вертикальної складової цього вектора кореляція майже відсутня (Рис.4). В статистиці виділяються декілька пікових сигнали, які мають локальну природу. Вони мають більш виражену складову Зх.-Сх. Середній період цих сигналів становить 81,9 с.

Коефіцієнти кореляції відповідають ймовірності співпадання параметрів сонячної активності та зареєстрованих збурень геомагнітного поля. Бачимо, що найкраща кореляція (до 30%) відповідає випадку порівняння з індексами K_p . Співпадання з K_p компонентів складає для B_x, B_y, B_z відповідно 14, 12 і 10%.

Кореляція з індексом А складає трохи більше 10%. Співпадання з компонентами B_x, B_y, B_z – 5,7, 5,2 та 9,3% (Таблиця 1, Рис. 5). Такі розбіжності можуть свідчити про те, що варіації сонячної активності не є єдиним джерелом змін магнітного поля Землі.

Іншими джерелами можуть бути конвективні рухи магми у верхній та нижній мантії, відомості про які відсутні.

Можливо, є потреба порівняти зміни магнітного поля Землі з активністю вулканів, хоча вони значно віддалені від місця реєстрації. Також можна порівняти з статистикою тектонічних процесів. Для повного вектора геомагнітного поля В, його проєкцій B_x, B_y, B_z та індексів сонячної активності K_p та А за період 2017 року було обчислено коефіцієнти кореляції. Вони подані в таблиці 1 та графічно представлені на рис.5

Таблиця 1.

Коефіцієнти кореляції

Між В та K_p	0.314631906
Між В та А	0.106680815
Між B_x та K_p	0.143327353
Між B_x та А	0.057017841
Між B_y та K_p	0.122854521
Між B_y та А	0.052487856
Між B_z та K_p	0.105673706
Між B_z та А	0.093087835

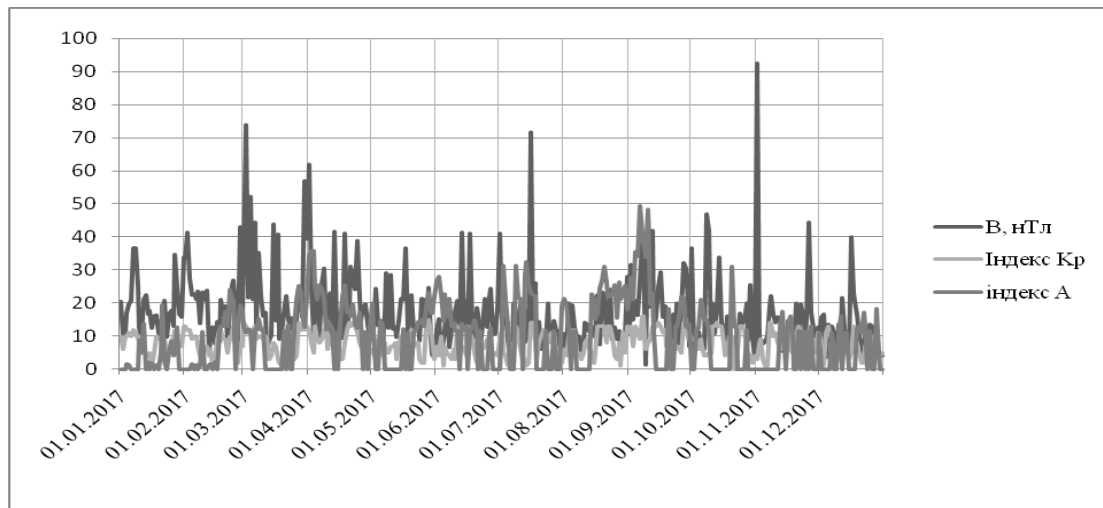


Рис. 1 Співставлення повного вектора магнітної індукції V з індексами K_p і A за 2018 рік

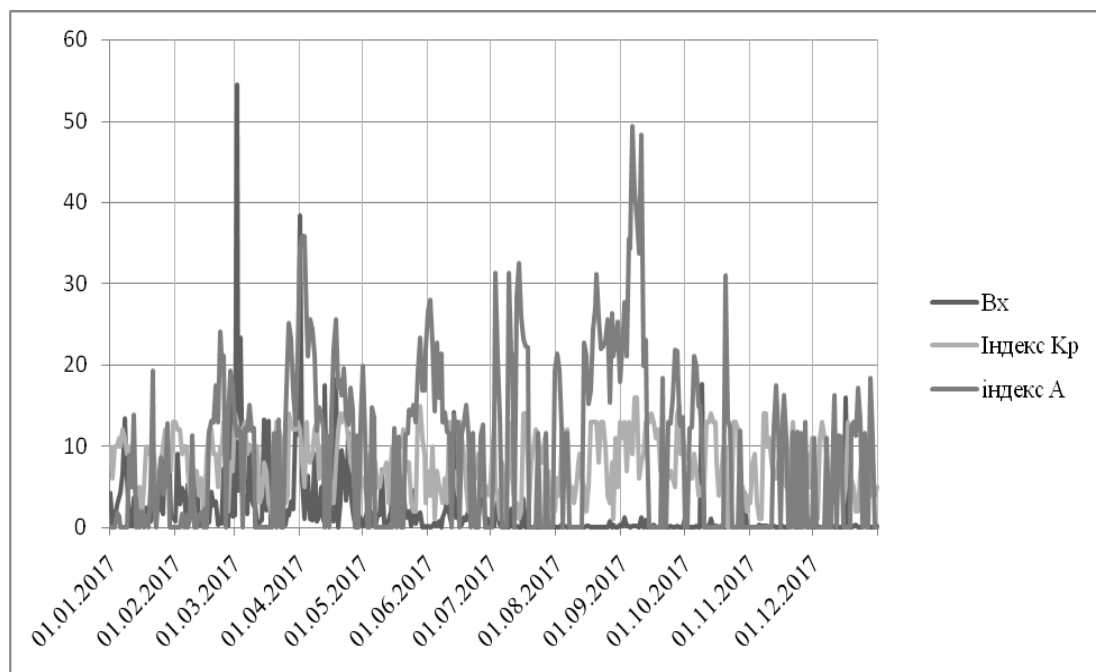


Рис. 2. Співставлення проекції на Пн.-Пд. вектора магнітної індукції V з індексами K_p і A за 2018 рік

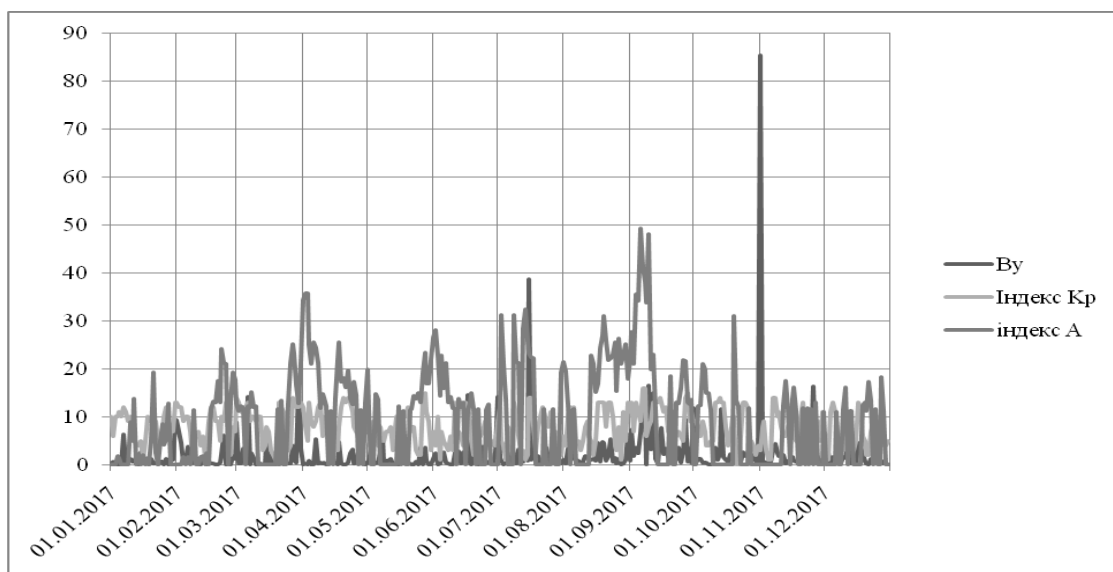


Рис. 3. Співставлення проекції на Zh.-Сх. вектора магнітної індукції V з індексами K_p і A за 2018 рік

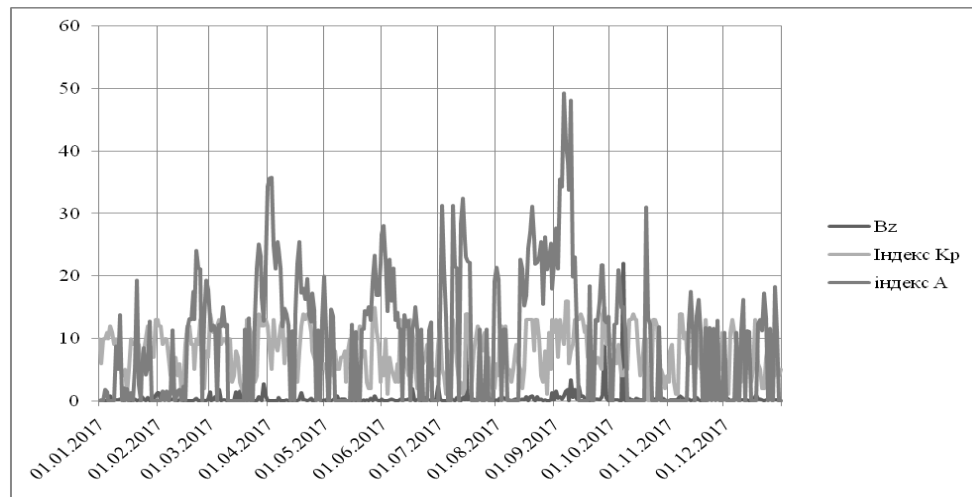


Рис. 4. Співставлення вертикальної складової вектора магнітної індукції B_z з індексами K_p і A за 2018 рік

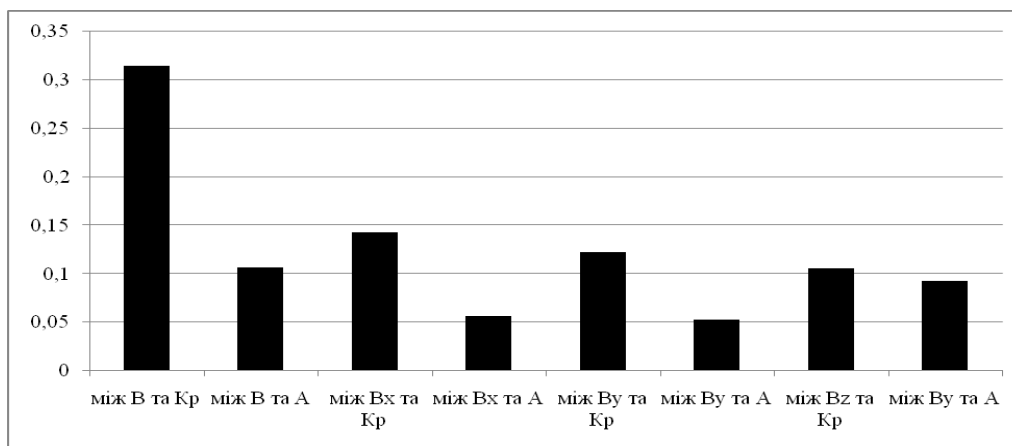


Рис. 5. Діаграми коефіцієнтів кореляції

Висновки: В результаті аналізу даних встановлено наявність впливу сонячної активності на геомагнітне поле. Найкраща кореляція (до 30%) відповідає випадку порівняння з індексами K_p . Співпадань з K_p компонентів складає для B_x , B_y , B_z відповідно 14, 12 і 10%. Кореляція з індексом A складає трохи більше 10%. Співпадань з компонентами B_x , B_y , B_z 5,7, 5,2 та 9,3%.

Такі розбіжності можуть свідчити про те, що варіації сонячної активності не є єдиним джерелом змін магнітного поля Землі.

Результати даної роботи можуть бути використані для подальшого аналізу та виявлення певних закономірностей геомагнітних збурень, які передують високоенергетичним землетрусам, що можуть мати наслідки для території України.

Перелік джерел посилань:

1. Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д., Магнитные поля в астрофизике, РХД, М.–Ижевск, 2006;
2. Campbell, Wallace Hall. Introduction to Geomagnetic Fields. — New York : Cambridge University Press, 2003. — Р. 57
3. Багров М. В., Боков В. О., Черваньов І. Г. Землезнавство / за редакцією Шищенка П. Г. — К.: Либідь, 2000. — 464 с.
4. Троицкая В. А. Короткопериодные возмущения электромагнитного поля Земли, Вопросы изучения переменных электромагнитных полей. М.: Наука, С. 27-61. 1956.
5. Мирошниченко Л. И. "Солнечная активность и земля": М., Наука – 1981 г..
6. Ривин Ю.Р. Циклические вариации магнитных полей Солнца по данным наблюдений и возможные механизмы их генерации / Ривин Ю.Р. // Труды Всерос. конф. "Солнечная и солнечно-земная физика-2010" (РАН. Пулково, 3-9 окт. 2010). С.-Пб.: ГАО. – 2010. – С. 259–262.
7. Заболотная Н.А. Индексы геомагнитной активности. М.: Гидрометеиздат, 1977. - 59 с.
8. Дубов Э.Е. Индексы солнечной и геомагнитной активности. Материалы Мирового центра данных Б.М.: Межведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР, 1982. 35 с.
9. Заболотная Н.А. Индексы геомагнитной активности. М.: Гидрометеиздат, 1977. – 59 с.

References

1. Zeldovich Ya.B., Ruzmaykin AA, Sokolov DD, *Magnetic Fields in Astrophysics*, RHD, M.-Izhevsk, 2006;
2. Campbell, Wallace Hall. *Introduction to Geomagnetic Fields*. — New York : Cambridge University Press, 2003. — P. 57
3. Bagrov MV, Bokov V. O., Chervanov I. G. *Land studies* / edited by Shishchenko P. G. - K.: Lybid, 2000. - 464 p.
4. Troitskaya VA *Short-period perturbations of the electromagnetic field of the Earth, Questions of the study of variables of electromagnetic fields*. M.: Nauka, S. 27-61. 1956
5. Miroshnichenko L. I. "Solar Activity and Earth": M., Science 1981.
6. Rivin Yu.R. *Cyclic variations of the magnetic fields of the Sun according to observations and possible mechanisms for their generation* / Rivin Yu.R. // *Proceedings of the All-Russia. conf. "Solar and Solar-Earth Physics-2010"* (RAS, Pulkovo, October 3-9, 2010). S.-Pb.: GAO. - 2010. - p. 259-262.
7. Zabolotnaya N.A. *Indices of geomagnetic activity*. Moscow: Hydrometeoizdat, 1977. 59 p.
8. Dubov E. E. *Indices of solar and geomagnetic activity. Materials of the World Data Center B.M.: Interdepartmental Geophysical Committee under the Presidium of the USSR Academy of Sciences*, 1982. 35 p.
9. Zabolotnaya N.A. *Indices of geomagnetic activity*. Moscow: Hydrometeoizdat, 1977. 59 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ВАРИАЦИЯМИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ И ИНДЕКСОМ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Смирнов О.Э., Оптасюк С.В.

Представлены результаты сопоставления вариаций магнитного поля Земли, зарегистрированных средствами Регионального центра специального контроля за 2017 данным солнечной активности, а именно индексов Kp и A. Анализируется влияние солнечной активности на возмущения геомагнитного поля, оценивается процентное распределение источников и природы зарегистрированных магнитных сигналов

Вариации магнитного поля Земли регистрировались РЦСК (Региональным центром специального контроля) феррозондовыми магнитометрами по трем составляющим в диапазоне частот 0,005-5 Гц с амплитудами фона (шума) до 0,03 нТл, на расстояниях от источника более 10000 км. В результате анализа данных установлено наличие влияния солнечной активности на геомагнитное поле. Лучшая корреляция (до 30%) соответствует случаю сравнение с индексами Kp. Совпадение с Kp компонентов составляет для Bx, By, Bz соответственно 14, 12 и 10%. Корреляция с индексом A составляет не более 10%. Совпадение с компонентами Bx, By, Bz 5,7, 5,2 и 9,3%.

Ключевые слова: магнитное поле Земли, солнечная активность, планетарные индексы Kp и A, возмущения геомагнитного поля.

RESEARCH OF CORRELATION COMMUNICATIONS BETWEEN MAGNETIC FIELD VARIABLES AND SOLAR ACTIVITY INDEX

Smirnov O.E., Optasiuk S.V.

The results of the comparison of variations of the magnetic field of the Earth recorded by the means of the Regional Special Control Center for 2017 with the data of solar activity, namely, the indices Kp and A. The influence of solar activity on perturbations of the geomagnetic field is analyzed, the percentage distribution of the sources and the nature of the registered magnetic signals is estimated.

Variations in the magnetic field of the Earth were registered by the RSCK (Regional Special Control Center) with ferro-magnetometers of three components in the frequency range of 0.005-5 Hz with amplitudes of the background (noise) to 0.03 nT, at distances from the source of more than 10,000 km. As a result of data analysis, presence of influence of solar activity on the geomagnetic field. The best correlation (up to 30%) corresponds to the case of comparison with the Kr indices. The correlation with Kr components is for Bx, By, Bz corresponding to 14, 12 and 10%. Correlation with Index A is just over 10%. Matching components Bx, By, Bz 5.7, 5.2 and 9.3%.

Key words: magnetic field of the Earth, solar activity, planetary indices Kp and A, perturbations of the geomagnetic field.

ТЕЛЕСКОПИ. МЕТОДИ І ЗАСОБИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ, ВИМІРЮВАНЬ І АНАЛІЗУ В АСТРОНОМІЇ. МАЛІ ПЛАНЕТИ. АСТЕРОЇДИ. ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ В НАУКАХ ПРО ПРОСТІР І ЧАС: ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ, АСТРОНОМІЇ І Т.П.

УДК: 520.2:520.8:523.44:51-71

Кожухов О.М., кандидат технічних наук

Центр прийому спеціальної інформації та контролю навігаційного поля, Україна, Хмельницька обл., Дунаєвецький р-н, с. Залісці

Брюховецький О.Б., кандидат технічних наук

Західний центр радіотехнічного спостереження, Україна, Закарпатська обл., м. Мукачево

Кожухов Д.М., Кучук Є.Ю.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів, Україна, м. Київ

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ РУХОМИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА СЕРІЯХ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Значну частину інформації про малі космічні об'єкти, такі як астероїди, комети або штучні супутники Землі, включаючи космічне сміття, отримується шляхом аналізу оптичних спостережень. Розвиток світлоприймальної апаратури та обчислювальної техніки привів до появи значної кількості методів автоматичного виявлення подібних об'єктів, як тих, що мають ненульовий видимий рух (у більшості випадків застосовується лінійна модель) на серії кадрів.

У роботі розглянуті головні групи існуючих зараз методів автоматичного (автоматизованого) виявлення малих космічних об'єктів, їх особливості, наведені приклади оптичних засобів спостереження, що використовують ті або інші методи, що описуються.

Ключові слова: оптичні спостереження космічних об'єктів, методи обробки оптичних спостережень.

Вступ. Поява панорамних ПЗЗ-приймачів випромінювання призвело до революції в астрономії спостережень. Так само це торкнулося спостережень за малими тілами Сонячної системи (астероїди, комети) й об'єктами штучного походження (космічні апарати, космічне сміття), особливо методів їх автоматичного виявлення. Другим серйозним поштовхом для розвитку методів виявлення даних об'єктів став стрімкий розвиток обчислювальної техніки, який дозволив застосовувати в них алгоритми з порівняно великими обчислювальними витратами.

Все вищевикладене призвело до появи значної кількості різних методів і алгоритмів обробки ПЗЗ-зображень для виявлення як малих тіл Сонячної Системи, так і космічних апаратів і космічного сміття. У зв'язку з цим, на думку авторів, доцільним є проведення аналізу наявних на сьогодні методів виявлення космічних об'єктів.

Особливістю вищезгаданих об'єктів, як об'єктів спостереження, є їх досить помітний видимий рух на тлі зірок. Ця ознака зазвичай береться за основу при розробці методів їх виявлення. Виявлення здійснюється як пошук об'єктів з ненульовим видимим рухом на серії кадрів (два і більше кадрів однієї ділянки неба, знятих з однією експозицією і з деяким часовим проміжком між ними, або безперервно). Крім того, багато хто з таких об'єктів має порівняно слабкий блиск, що серйозно ускладнює завдання їх виявлення.

Методи виявлення рухомих об'єктів на серії ПЗЗ-кадрів.

Найбільш простим методом виявлення таких об'єктів є використання програмного блінк-компаратора, реалізоване, наприклад, у програмі Astrometrica (<http://astrometrica.at/>). У цьому випадку об'єкт, що рухається, виявляється спостерігачем при перегляді кадрів серії, які змінюють один одного. Даний метод дає непогані результати, але не може бути використаний для оперативного опрацювання великої кількості кадрів.

Також, в даний час відома величезна кількість алгоритмів автоматичного виявлення малих тіл Сонячної системи або штучних об'єктів в навіколоземному космічному просторі на ПЗЗ (КМОН)-зображеннях. Більшість з них може вважатися варіантами виявлення, заснованими на статистичній перевірці багатозначних гіпотез (multiple hypothesis testing, МНТ) [1].

Залежно від особливостей реалізації МНТ можна виділити кілька груп методів. До першої групи можна віднести методи, що реалізують технологію «виявлення перед супроводом» (detect-before-track, DBT) (рис. 1). У них спочатку проводиться виявлення і формування списку виявлених зображень об'єктів (позначок) на кожному кадрі досліджуваної серії. Потім, для всіх пар позначок на двох обраних кадрах оцінюються параметри можливих траєкторій, будуються строби (довірчі області) для всіх інших кадрів, і перевіряється наявність в них позначок, які підтверджують наявність об'єктів. Визначення попередніх параметрів траєкторії необхідно для зменшення кількості гіпотез, що перевіряються. Більш кращим для первинного аналізу є вибір в якості

первинної пари першого і останнього кадру серії, тому що такий підхід дозволяє зменшити гранично можливі розміри довірчої області.

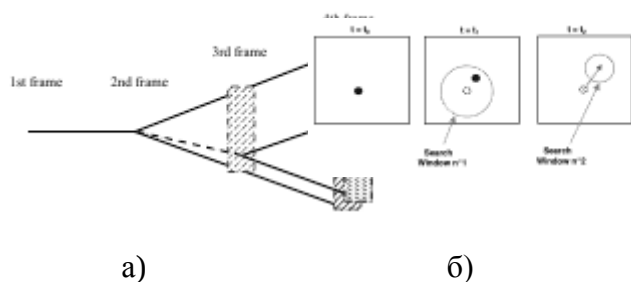


Рис. 1 – Реалізація методу DBT на чотирьох кадрах: а) за [4] із відсутністю позначки на третьому кадрі; б) за [5].

Варіанти таких алгоритмів реалізовані в програмному забезпеченні, яке застосовується у проєкті Lincoln Near Earth Asteroid Research (LINEAR) [2,3], в системі обробки зображень телескопа для спостереження космічного сміття Європейського космічного агентства (ESA Space Debris Telescope - ESASDT) [4], у французькій системі Rapid Action Telescope for Transient Objects (TAROT) [5] (рис. 1), системі обробки для рухомих об'єктів (Moving Objects Processing System, MOPS) американського проєкту Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS) [6,7] та інших. При значній кількості, позначок, що аналізуються (що практично неминуче при порівняно низьких порогах первинного виявлення або при великих полях зору оглядових телескопів), такі методи можуть мати значну обчислювальну складність. Для її зниження можуть застосовуватися різні алгоритми пошукової оптимізації, наприклад, організація ієрархічного класифікатора на основі к-мірних дерев [6, 7] (рис. 2).

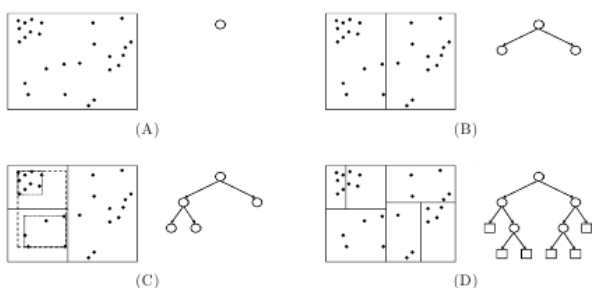


Рис. 2 – Приклад рекурсивного формування k-мірного дерева за [6]

Більш складними реалізаціями МНТ є різні варіанти узгодженої фільтрації (Matched Filtering, MF) в просторово-часовій області. Методи даної групи базуються на формуванні всіх можливих гіпотез про параметри траєкторій рухомих об'єктів на розглянутій серії кадрів. Для кожної гіпотези за певними правилами визначається її вага (максимальна функція правдоподібності, апостеріорна ймовірність і т. д.). Гіпотези з вагою вище заданої визнаються дійсними, а відповідні їм умовні оцінки параметрів траєкторій

видаються споживачеві. Такий підхід, з розвитком обчислювальної техніки, дозволив збільшити кількість виявлених об'єктів зі слабким блиском. Перша робота, яка описувала подібний метод, була представлена Моханті [8]. Потім кількість подібних робіт тільки збільшувалася. Велика кількість ранніх робіт на дану тематику представлено в [9], більш сучасний огляд можна знайти, наприклад, в [10]. До цієї ж групи можна віднести роботи [11, 12].

Як окремий варіант MF варто згадати методи, засновані на технології «shift-and-add» («shift-and-stack») або методи некогерентного післяпорогового накопичення з нульовим порогом. Як приклад подібних методів можна привести, наприклад, [13-16]. У них гіпотези про наявність рухомого об'єкту перевіряються шляхом складання зі зміщенням вздовж можливих траєкторій об'єктів ПЗЗ-кадрів однієї ділянки небесної сфери. У [13] (рис. 3) для зменшення обчислювальної складності пропонується перевірка гіпотетичних траєкторій астероїда складанням зі зміщенням із застосуванням медіанної фільтрації тільки ділянки кадру навколо кожної неоднорідності зображення, яка енергетично незначно перевершує фон. У більш пізній роботі [17] для підвищення швидкодії застосовується накопичення бінарних зображень, які формуються за допомогою первинного ненульового порога. Іншим варіантом зниження обчислювальної складності є вибір декілька більшого кроку зміщення [9] кадрів, що складаються. Це призводить до деякого зниження кількості виявлених об'єктів, в порівнянні з оптимальним розміром кроку. Також значно знижує складність обчислень апріорна інформація про швидкість і напрямок руху об'єктів [15].

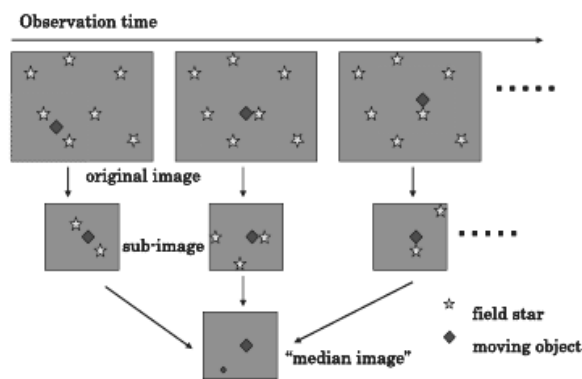


Рис. 3 – Варіант методу «shift-and-stack» [13]

До недоліків даної групи методів слід віднести необхідність значної кількості послідовно сформованих кадрів, що істотно знижує пошуковий потенціал телескопів. З іншого боку, її перевагою є високі показники якості виявлення об'єктів зі слабким блиском. І MF, і «shift-and-stack» методи можуть бути віднесені до методів «супровід перед виявленням» (track-before-detect, TBD).

Також існує ще один TBD-метод виявлення рухомих об'єктів – метод табуляції. Його суть полягає в табуляції ваг гіпотез про кількість і параметри руху об'єктів на множині всіх таких гіпотез (множина станів). При цьому в якості ваги може

використовуватися, наприклад, функція правдоподібності (критерій максимальної правдоподібності). Фізично даний метод відповідає накопиченню статистик зображень (наприклад, амплітуд позначок, яскравість окремих пікселів) уздовж можливих траєкторій руху об'єкта. Об'єкт, що рухається, вважається виявленим, якщо накопичена у якомусь стробі статистика перевищує поріг. Початкові параметри руху об'єкта є середніми значеннями для даного стробу й можуть у подальшому уточнюватися.

Основою методу табуляції найчастіше є використання перетворень Радону [18] або Хафа [19]. Прикладами можуть служити робота [20], а також вітчизняна програма автоматизованого виявлення астероїдів CoLiTec [21, 22]. В останньому випадку використовується віртуальна табуляція позначок, отриманих на етапі первинної обробки. Таким чином, використовуваний в CoLiTec метод виявлення являє собою суміш DBT і TBD підходів. Також дані перетворення використовуються для виявлення об'єктів з великою швидкістю руху, зображення яких на окремих кадрах змазані власним рухом (є штрихами), наприклад, [23 – 25]. Перевагою таких методів є лінійна залежність обчислювальної складності від кількості аналізованих відміток, що є найкращим можливим варіантом.

Всі вищеописані методи використовують лінійну модель руху небесного об'єкта на серії кадрів. Більш складні моделі руху використовуються тільки при

об'єднанні спостережень за кілька ночей – міжнічним зв'язуванні (inter-night linking) як це робиться, наприклад, в MOPS [6].

Висновки. Більшість сучасних оптичних засобів спостереження космічного простору використовують спеціальне програмне забезпечення для автоматичного (автоматизованого) виявлення рухомих об'єктів. В основі даного програмного забезпечення лежать різні методи виявлення, більшість з яких є варіантами методу статистичної перевірки багатозначних гіпотез. При цьому в якості моделі руху об'єкта зазвичай використовується найпростіша модель прямолінійного лінійного руху по обох координатах.

До основних групи методів виявлення можна віднести методи «виявлення-перед-супроводом» (DBT), методи, які реалізують принципи узгодженої фільтрації, включаючи «shif-and-stack» варіанти, а також методи табуляції.

Обчислювальна складність методів першої групи залежить від кількості аналізованих відміток, а другої групи – від розмірів і кількості аналізованих кадрів серії, а також від розмірів областей аналізованих параметрів траєкторії і кроку їх перебору. В обох випадках приймаються спеціальні заходи для зниження обчислювальної складності при використанні. Окремо слід відзначити методи третьої групи, в яких обчислювальна складність має лінійну залежність від кількості статистик (позначок або пікселів), що аналізуються.

Перелік джерел посилань:

1. Lee J., Zubair L., Virani S., Murphy T., Holzinger M.J. *Hardware-in-the-Loop Comparison of Space Object Detection and Tracking Methodologies*. AAS 16-266.
2. Stokes, G. H., Evans, J. B., Viggh, H. E. M., Shelly, F. C., & Pearce, E. C. *Lincoln Near-Earth Asteroid Program (LINEAR)*. 2000, *Icarus*, 148, 21
3. Stokes G. H. *The Lincoln Near-Earth Asteroid Research (LINEAR) Program*/ G. H. Stokes, F. Shelly, H. E. M. Viggh et al // *Lincoln Laboratory Journal*. – 1998. – Vol. 11, No. 1. P. 27–40.
4. Früh C, Schildknecht T. *Object Image Linking of Earth Orbiting Objects in the Presence of Cosmics*, *Advances in Space Research*, V. 49, Issue 3, 2012, Pages 594-602, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2011.10.021>
5. Rios Bergantiños S., Deguine B., Klotz A., Thiebaut C., Foliard J., Boër M. *Improvement of the TAROT System Used for Space Debris Optical Observations and Observation Campaign Results*, *Proceedings of the Fourth European Conference on Space Debris*, Darmstadt, Germany, 18-20 April 2005, ESA SP-587, NASA ADS: 2005ESASP587...125R
6. Kubica, J., et al. *Efficient intra- and inter-night linking of asteroid detections using kd-trees*. 2007, *Icarus*, 189, 1, 151-168
7. Larry Denneau, Robert Jedicke, Tommy Grav, Mikael Granvik, Jeremy Kubica et al. *The Pan-STARRS Moving Object Processing System*. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 125:357–395, 2013 April
8. N. C. Mohanty, "Computer Tracking of Moving Point Targets in Space," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, vol. 3, no. , pp. 606-611, 1981
9. Gural P.S. *Matched Filter Processing for Asteroid Detection*/ P.S. Gural, J.A. Larsen, A.E. Gleason // *The Astronomical Journal*. – 2005. – 130. – P. 1951-1960.
10. Murphy T.S., Holzinger M.J. *Uncued Low SNR Detection with Likelihood from Image Multi Bernoulli Filter*. <https://amostech.com/TechnicalPapers/2016/SSA-Algorithms/Murphy.pdf>.
11. Shucker B.D., Stuart J.S. *Detecting Asteroids with a Multi-Hypothesis Velocity Matched Filter*. *Asteroids, Comets, Meteors* (2008), 8388.pdf.
12. Miura N., Itagaki K., Baba N. *Likelihood-Based Method for Detecting Faint Moving Objects*. *The Astronomical Journal*, 130:1278–1285, 2005 September.
13. Yanagisawa, T., Nakajima A., Kadota K., Kurosaki H., Nakamura T., Yoshida F., Dermawan B., Sato Y. *Automatic Detection Algorithm for Small Moving Objects*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 57, p. 399-408, 2005
14. Zhai C., Shao M., Nemati B., Werne T., Zhou H., Turyshv S.G., Sandhu J., Hallinan G., Harding L.K.

Detection of a Faint Fast-Moving Near-Earth Asteroid Using the Synthetic Tracking Technique. *The Astrophysical Journal*, 792:60 (14pp), 2014.

15. Heinze A.N., Metchev S., Trollo J. Digital Tracking Observations can Discover Asteroids 10 Times Fainter than Conventional Searches. *The Astronomical Journal*, 150:125 (25pp), 2015

16. Wang, B.; Zhao, H. B.; Li, B. Detection of Faint Asteroids Based on Image Shifting and Stacking Method. *Acta Astronomica Sinica*, vol. 58, no. 5, article id. 49. 2017

17. Yanagisawa T., Kurosaki H. Detection of Faint GEO Objects Using JAXA's Fast Analysis Methods // *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan.* – Vol. 10, No. ists28, pp. Pr_29-Pr_35, 2012

18. Radon, J. 1917, *Berichte ber die Verhandlungen der Kniglich-Schsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse*, 262 translated by Parks, P. C. 1986, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 5, 170

19. Hough, Pat. 3069354 USA / Method and means for recognizing complex patterns / P.V.C. Hough. – Publ. 1962.

20. G. Richards, "Application of the Hough transform as a track-before-detect method," *IEE Colloquium on Target Tracking and Data Fusion*, Nov 1996, pp. 2/1–2/3, 10.1049/ic:19961349.

21. В. Е. Саваневич, А. Б. Брюховецкий, А. М. Кожухов, Е. Н. Диков, В. П. Власенко Программа CoLiTec автоматизированного обнаружения небесных тел со слабым блеском // *Космічна наука і технологія*. 2012. Т. 18. № 1. С. 39–46.

22. Саваневич В. Е. Метод обнаружения астероидов, основанный на накоплении сигналов вдоль траекторий с неизвестными параметрами / В. Е. Саваневич, А. М. Кожухов, А. Б. Брюховецкий, Е. Н. Диков // *Системы обработки информации: 36. наук. пр. – Харків: ХУПТ, 2011. – Bun. 2(92). – С. 137 – 144. (The Method of Asteroid Detection, Based on After-Threshold Accumulation of Signal Statistic In Space of Asteroid Trajectory Parameters V.E. Savanevich, A.B. Bryukhovetskiy, A.M. Kozhukhov, E.N. Dikov)*

23. Ciurte, A., R. Danescu, Automatic detection of MEO satellite streaks from single long exposure astronomic images, *Proceedings of International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP)*, Lisbon, Portugal, 2014 4, https://cv.utcluj.ro/amheos/tl_files/amheos/Docs/visapp_submitted_version.pdf/

24. Zimmer, P.C., M.R. Ackermann, J.T. McGraw, GPU-accelerated faint streak detection for uncued surveillance of LEO. // *Proceedings of AMOS Conference, Maui, Hawaii, 2013*, https://amostech.com/TechnicalPapers/2013/Optical_Systems/ZIMMER.pdf.

25. Nir G., Zackay B., Ofek E.O. Optimal and Efficient Streak Detection in Astronomical Images. *The Astronomical Journal*, 156, 5:229, 2018.

References

1. Lee J., Zubair L., Virani S., Murphy T., Holzinger M.J. Hardware-in-the-Loop Comparison of Space Object Detection and Tracking Methodologies. *AAS* 16-266.

2. Stokes, G. H., Evans, J. B., Viggh, H. E. M., Shelly, F. C., & Pearce, E. C. Lincoln Near-Earth Asteroid Program (LINEAR). 2000, *Icarus*, 148, 21

3. Stokes G. H. The Lincoln Near-Earth Asteroid Research (LINEAR) Program/ G. H. Stokes, F. Shelly, H. E. M. Viggh et al // *Lincoln Laboratory Journal.* – 1998. –Vol. 11, No. 1. P. 27–40.

4. Früh C, Schildknecht T. Object Image Linking of Earth Orbiting Objects in the Presence of Cosmics, *Advances in Space Research*, V. 49, Issue 3, 2012, Pages 594-602, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2011.10.021>

5. Rios Bergantiños S., Deguine B., Klotz A., Thiebaut C., Foliard J., Boër M. Improvement of the TAROT System Used for Space Debris Optical Observations and Observation Campaign Results, *Proceedings of the Fourth European Conference on Space Debris*, Darmstadt, Germany, 18-20 April 2005, ESA SP-587, NASA ADS: 2005ESASP587...125R

6. Kubica, J., et al. Efficient intra- and inter-night linking of asteroid detections using kd-trees. 2007, *Icarus*, 189, 1, 151-168

7. Larry Denneau, Robert Jedicke, Tommy Grav, Mikael Granvik, Jeremy Kubica et al. The Pan-STARRS Moving Object Processing System. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 125:357–395, 2013 April

8. N. C. Mohanty, "Computer Tracking of Moving Point Targets in Space," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, vol. 3, no. , pp. 606-611, 1981

9. Gural P.S. Matched Filter Processing for Asteroid Detection/ P.S. Gural, J.A. Larsen, A.E. Gleason // *The Astronomical Journal.* – 2005. – 130. – P. 1951-1960.

10. Murphy T.S., Holzinger M.J. Uncued Low SNR Detection with Likelihood from Image Multi Bernoulli Filter. <https://amostech.com/TechnicalPapers/2016/SSA-Algorithms/Murphy.pdf>.

11. Shucker B.D., Stuart J.S. Detecting Asteroids with a Multi-Hypothesis Velocity Matched Filter. *Asteroids, Comets, Meteors* (2008), 8388.pdf.

12. Miura N., Itagaki K., Baba N. Likelihood-Based Method for Detecting Faint Moving Objects. *The Astronomical Journal*, 130:1278–1285, 2005 September.

13. Yanagisawa, T., Nakajima A., Kadota K., Kurosaki H., Nakamura T., Yoshida F., Dermawan B., Sato Y. Automatic Detection Algorithm for Small Moving Objects, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 57, p. 399-408, 2005

14. Zhai C., Shao M., Nemati B., Werne T., Zhou H., Turyshv S.G., Sandhu J., Hallinan G., Harding L.K.

Detection of a Faint Fast-Moving Near-Earth Asteroid Using the Synthetic Tracking Technique. The Astrophysical Journal, 792:60 (14pp), 2014.

15. Heinze A.N., Metchev S., Trollo J. Digital Tracking Observations can Discover Asteroids 10 Times Fainter than Conventional Searches. *The Astronomical Journal*, 150:125 (25pp), 2015

16. Wang, B.; Zhao, H. B.; Li, B. Detection of Faint Asteroids Based on Image Shifting and Stacking Method. *Acta Astronomica Sinica*, vol. 58, no. 5, article id. 49. 2017

17. Yanagisawa T., Kurosaki H. Detection of Faint GEO Objects Using JAXA's Fast Analysis Methods // *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan.* – Vol. 10, No. ists28, pp. Pr_29-Pr_35, 2012

18. Radon, J. 1917, *Berichte ber die Verhandlungen der Kniglich-Schsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse*, 262 translated by Parks, P. C. 1986, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 5, 170

19. Hough, Pat. 3069354 USA / Method and means for recognizing complex patterns / P.V.C. Hough. – Publ. 1962.

20. G. Richards, "Application of the Hough transform as a track-before-detect method," *IEE Colloquium on Target Tracking and Data Fusion*, Nov 1996, pp. 2/1–2/3, 10.1049/ic:19961349.

21. V. E. Savanevich, A. B. Bryukhovetskiy, A. M. Kozhukhov, E. N. Dikov, V. P. Vlasenko The Program CoLiTec for Automated Detection of Faint Celestial Bodies // *Space Science and Technology.* – 2012. – V. 18. – № 1. P. 39–46. [in Russian]

22. Savanevich V.E. The Method of Asteroid Detection, Based on After-Threshold Accumulation of Signal Statistic In Space of Asteroid Trajectory Parameters / V.E. Savanevich, A.B. Bryukhovetskiy, A.M. Kozhukhov, E.N. Dikov // *Systemy Obrobky Informatsii:– Harkiv: HUPS*, 2011. – Issue 2(92). – P. 137 – 144. .[in Russian]

23. Ciurte, A., R. Danescu, Automatic detection of MEO satellite streaks from single long exposure astronomic images, *Proceedings of International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP)*, Lisbon, Portugal, 2014 4, https://cv.utcluj.ro/amheos/tl_files/amheos/Docs/visapp_submitted_version.pdf/

24. Zimmer, P.C., M.R. Ackermann, J.T. McGraw, GPU-accelerated faint streak detection for uncued surveillance of LEO, *Proceedings of AMOS Conference, Maui, Hawaii, 2013*, https://amotech.com/TechnicalPapers/2013/Optical_Systems/ZIMMER.pdf.

25. Nir G., Zackay B., Ofek E.O. Optimal and Efficient Streak Detection in Astronomical Images. *The Astronomical Journal*, 156, 5:229, 2018.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА СЕРИЯХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Кожухов А.М., Брюховецкий А.Б., Кожухов Д.М., Кучук Е.Ю.

Значительную часть информации о малых космических объектах, таких как астероиды, кометы или искусственные спутники Земли, включая космический мусор, получается путем анализа оптических наблюдений. Развитие светоприемной аппаратуры и вычислительной техники привело к появлению значительного количества методов автоматического обнаружения подобных объектов, как имеющих ненулевое видимое движение (в большинстве случаев используется линейная модель) на серии кадров.

В работе рассмотрены основные группы существующих сейчас методов автоматического (автоматизированного) обнаружения малых космических объектов, их особенности, приведены примеры оптических средств наблюдения, использующих те или иные описываемые методы.

Ключевые слова: оптические наблюдения космических объектов, методы обработки оптических наблюдений.

MODERN METHODS OF DETECTING MOVING SPACE OBJECTS ON SERIES DIGITAL IMAGES

Kozhukhov O.M., Bryukhovetsky O.B., Kozhukhov D.M., Kuchuk E.Y.

A significant part of information about small space objects, such as asteroids, comets, or artificial satellites of the Earth, including space debris, is obtained by analyzing optical observations. The development of light-receiving equipment and computer technology has led to the emergence of a significant number of methods for the automatic detection of such objects as having non-zero apparent motion (in most cases a linear model is used) on a series of frames.

The paper considers the main groups of currently existing methods for automatic (automated) detection of small space objects, their features, examples of optical sensors using one or another of the described methods are given.

Key words: optical observations of small space objects, optical observations processing methods.

СЕЙСМОЛОГІЯ

УДК 550.34

Корнієнко І.В., Осадчий В.І.

Головний центр спеціального контролю НЦУВКЗ ДКА України, смт. Городок

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ПОТУЖНОСТІ ЯДЕРНИХ ВИБУХІВ НА ВИПРОБУВАЛЬНОМУ ПОЛІГОНІ В ПІВНІЧНІЙ КОРЕЇ

Пунгері, або Пхунгері – північнокорейський ядерний випробувальний полігон, який розташований в окрузі Кильччу, провінція Хамгьон-Північ. На основі відомих на сьогоднішній день супутникових знімків, він розташований за координатами 41°16'47" пн.ш., 129°05'10" сх.д. Полігон є місцем проведення шести підземних ядерних випробувань Північної Кореї, які відбулися в 2006, 2009, 2013, 2016 і 2017 роках.

КНДР продовжує нарощувати свій ядерний потенціал. Згідно до Закону України «Про основи національної безпеки України» від 19.06.2003 р. № 964-IV протидія поширенню ядерної зброї входить до основних напрямків державної політики з питань національної безпеки України. ГЦСК виконує функції Національного центру даних України в Міжнародній системі моніторингу ОДВЗЯВ. Для отримання достовірних даних про потужність ядерних вибухів проаналізовані підходи основних сейсмологічних служб до оцінки потужності ядерних вибухів, уточнені калібрувальні функції для розрахунку магнітуди по об'ємній Р-хвилі, що використовується для оцінки потужності. На основі отриманих даних внесені доповнення до існуючого програмно-математичного забезпечення для оцінки потужності підземних ядерних вибухів з випробувального полігону Північної Кореї.

Ключові слова: ядерний вибух, потужність ядерного вибуху, магнітуда, калібрувальна функція, камуфлетний ПЯВ, добротність.

Вступ. Підземний ядерний вибух (ПЯВ) моделюється у вигляді сферичного симетричного точкового джерела типу розширення, який в ідеалізованому безмежному однорідному і ізотропному середовищі був би джерелом тільки поздовжніх хвиль. Однак, в реальному шаруватому середовищі, що включає неоднорідності, діаграма випромінювання сейсмічних коливань при вибуху може істотно відрізнитися від такої ідеалізованої моделі. Процес вивільнення напруг, накопичених в середовищі, при проведенні вибуху теж може ускладнювати сейсмічна хвильове поле, що спостерігається.

При ПЯВ інтенсивна ударна хвиля при високих температурах і тиску розплавляє і випаровує породи в безпосередній близькості від вибухового джерела і утворює підземну порожнину внаслідок стиснення розплавлених порід. Цей процес збудження ПЯВ підрозділяється на чотири фази:

ядерні реакції, в ході яких за кілька мікросекунд проходить виділення майже всієї енергії вибуху, і температура досягає 1000000° С, а тиск порядку 7000000 атм;

гідродинамічна фаза, в ході якої відбувається плавлення і розширення порід, що оточують заряд, і утворюється порожнина внаслідок стиснення розплавлених порід;

статичний вплив, в ході якого, внаслідок падіння тиску в порожнині, відбувається обвалення її стінок і утворення конусу обвалення вище порожнини;

терморадіаційний наслідок, в ході якого завершується формування зони обвалення, відбувається розсіювання тепла і розпад радіоактивних продуктів; тривалість цієї фази залежить від впливу багатьох чинників і може вимірюватися днями, місяцями і навіть роками. Енергія підземного вибуху передається в навколишнє

середовище у вигляді хвиль стиснення. Ударні хвилі руйнують породи поблизу джерела і генерують пружні сейсмічні коливання поза зоною непружних деформацій. Лінійні розміри порожнини і зони руйнувань залежать від потужності вибуху, глибини закладення заряду і, в меншій мірі, від властивостей середовища [1].

Метод і матеріали. Сейсмічні методи оцінки потужності підземних ядерних вибухів засновані на замірах амплітуди сейсмічних сигналів, попередньо від каліброваних на вибухах. Розроблені на теперішній момент методичні можливості розділити на дві групи [1]:

методи, для застосування яких необхідна інформація про умови проведення ПЯВ (тип породи, глибина і т. п.). Такі методи, практично, являються полігонними і можуть використовуватися для оцінок потужності ядерних вибухів тільки при наявності такої інформації;

методи, при яких інформація про умови проведення ПЯВ витягується із спектрально-часових характеристик записів сейсмічних сигналів, і які можуть через це без обмежень застосовуватися для оцінки підозрюваних і несанкціонованих на ПЯВ при контролі дотримання Договору про всеосяжну заборону ядерних випробувань (ДВЗЯВ).

Силу (потужність) ПЯВ прийнято оцінювати в одиницях тротилового еквівалента. Якщо ПЯВ має потужність 1 кт, то це означає, що при даному вибуху виділилася енергія, рівна $4,2 \times 10^{19}$ ерг (або $4,2 \times 10^{12}$ Дж), еквівалентна енергії, що виділяється при хімічному вибуху в 1000 т тринітротолуолу (ТНТ).

Сейсмічні методи оцінки потужності вибухів засновані на вимірюваннях амплітуди сейсмічних сигналів, заздалегідь прокаліброваних по вибухам

відомої потужності. Із збільшенням потужності Y вибуху зростає і амплітуда A реєстрованого сейсмічного сигналу. Залежність амплітуди A від потужності вибуху для короткоперіодних сигналів з частотою 1 Гц і більше (P -хвилі) нелінійна.

Оскільки інтенсивність сигналу залежить від відстані до епіцентру і глибини джерела, потужність прийнято оцінювати не по амплітуді, а по магнітуді вибуху, яка не залежить від даних чинників.

Обчислення потужності вибухів проводиться з використанням:

- магнітуди mb P -хвилі;
- магнітуди поверхневої хвилі Ms ;
- магнітуди $mb(Lg)$ Lg -хвилі.

Магнітудні шкали дозволяють оцінювати енергію практично всіх значущих вибухів у всьому світі.

Потужність ядерного вибуху оцінюється за допомогою сейсмічного методу із задалегідь знайденої статистичної залежності (1) між магнітудою $mb(M)$ і потужністю Y вибухів[1].

$$mb = aLgY + b, \quad (1)$$

де Y – потужність вибухів в кт; a – нормований коефіцієнт; b – коефіцієнт, залежний від властивостей порід, в яких проводяться вибухи.

Наточність вимірювання потужності вибухів впливають:

точність визначення параметрів, що входять в формулу (1) (формульна помилка);

умови в джерелі (фізико-механічні властивості вміщуючих порід, глибини розташування заряду);

умови в місці реєстрації (будови і властивості середовища під станцією спостереження (ПС));

характеристики реєструючої апаратури (динамічного діапазону і робочої смуги частот);

шляхи розповсюдження сейсмічного сигналу від сейсмічного джерела до станції по конкретній трасі.

Реєструюча апаратура повинна мати таку АЧХ, яка забезпечує реєстрацію без спотворень повздовжніх, поперечних і поверхневих хвиль.

Рішення цієї задачі досягається або при використанні широко смужових приладів з великим динамічним діапазоном, або за допомогою декількох сейсмічних каналів, що мають менший динамічний діапазон, але перекриваючих весь необхідний інтервал робочих частот.

Сейсмічні засоби дозволяють достатньо надійно реєструвати практично в будь-якій точці земної кулі вибухи потужністю в декілька кілотонн.

Оцінки сейсмічного ефекту ПЯВ залежать від конкретних типів гірських порід, в яких проводяться вибухи. Породи діляться на пухкі і щільні, виходячи з виявленої кореляції між сейсмічним ефектом ПЯВ і частотно-часовими властивостями P -хвиль[1].

Таблиця 1.

Оцінка сейсмічного ефекту ПЯВ в щільних і пухких породах

$E_0 \times 4.2$, ерг	Y , кт ТНТ	Сейсмічний ефект η , %	
		Щільне середовище	Пухке середовище
10^{19}	1	0,35	0,1
10^{20}	10	1,0	0,15
10^{21}	100	2,8	0,2
10^{22}	1000	4,2	0,3
10^{23}	10000	4,4	-

Таким чином, сейсмічна ефективність вибухів в пухких породах варіює в межах 0,1 – 0,3% і в щільних породах – 1 – 4%. Інтервал 0,4 – 1% відповідає проміжним умов.

Залежно від властивостей порід коефіцієнт η може змінюватися на порядок і при сильних вибухах має значення, близькі до оцінок для щільних порід, що вміщують, отриманим в ближній зоні – близько 5%. Видима за телесеісмічними даними залежність коефіцієнта η від потужності вибуху обумовлена, мабуть, поглинанням високих частот в міру віддалення від джерела. Цей ефект приводить до заниження значень η . Найбільш виразно це видно в разі слабких вибухів. Крім того, коефіцієнт η , мабуть, може дещо зростати зі збільшенням потужності вибуху за рахунок зростання акустичної жорсткості (ρV_p) порід одного і того ж типу при збільшенні глибини їх проведення.

У міру поширення від джерела до станції відбувається затухання сейсмічної енергії об'ємних і поверхневих хвиль внаслідок таких ефектів, як

геометрична розбіжність і розсіювання на неоднорідностях.

Чим менша довжина хвилі коливань, тим швидше вони загасають з відстанню, зустрічаючи на своєму шляху неоднорідності зів'язані або більші за довжину хвилі. Загальна тенденція полягає в тому, що на великих відстанях високочастотні складові в спектрі хвиль згасають і записи стають більш низькочастотними.

Вимірюючи загасання сейсмічних хвиль на різних періодах коливань можна оцінити непружні властивості земної кори і мантиї. Метод заснований на вимірюванні амплітуд сейсмічних коливань на різних відстанях від джерела. В результаті необхідно ввести поправку, що враховує геометричне розбіжність енергії шляхом поширення хвилі. Величина загасання, що залишається після цього цілком відповідає непружним процесам і дозволяє оцінити величину добротності середовища Q .

Добротність залежить від частоти сигналу, і в експериментальних дослідженнях оцінюють

ефективну добротність[1]:

$$Q^*(f) = Q_0^* f^\alpha, \quad (2)$$

де Q_0^* – добротність на частоті 1 Гц.

Параметр $Q^*(f)$ характеризує сумарний вплив на сейсмічне коливання поглинання і розсіювання в залежності від частоти коливань, і коефіцієнт α в виразі (2) може бути різним в регіонах, щорозрізняються за будовою і складом гірських порід. Для Невадського випробувального полігону (НВП)

$Q^*(f) = 257,8 f^{0,34}$ [1], для Семіпалатинського випробувального полігону (СВП)

$Q^*(f) = 336,9 f^{0,48}$ [1], для випробувального полігону на Новій Землі (НЗВП)

$Q^*(f) = 325 f^{0,48}$ [2] і для випробувального полігону в Північній Кореї

$Q^*(f) = 317(\pm 14) f^{0,343(\pm 0,024)}$ [3].

При проведенні ПЯВ глибина закладення зарядів h (в м) підбирається в залежності від міцності порід і потужності заряду в кт ТНТ таким чином, щоб забезпечити камуфлетні умови (без викиду радіоактивних продуктів в атмосферу)[1]

$$h = a Y^{\frac{1}{3}}, \quad (3)$$

Таким чином, у формулі (3) коефіцієнт a (приведена глибина) залежить від міцності порід. Глибина проведення ПЯВ знизу обмежується технічними можливостями буріння надглибоких свердловин і не може

перевершувати глибину близько 10 км. Найбільш потужні ПЯВ мегатонного калібру були проведені на глибинах порядку 1-2 км.

Зокрема, вибух «Вохсаг» на НВП потужністю 1200 кт ТНТ проведено на глибині 1158 м, вибух «Cannicim» потужністю <5000 кт ТНТ на острові Амчитка - на глибині 1789 м.

Для НВП $a = 122 \frac{\text{м}^{\frac{1}{3}}}{\text{кт}}$, для НЗВП $a = 120 \frac{\text{м}^{\frac{1}{3}}}{\text{кт}}$ [2] і для випробувального полігону в Північній Кореї (ПКВП) $a = 130 \frac{\text{м}^{\frac{1}{3}}}{\text{кт}}$ [4].

Результати визначення. Проаналізувавши дані по оцінці магнітуди та потужності ядерних вибухів основних сейсмологічних служб з полігону Пунгері, порівнявши кількісні показники ефективної добротності, приведену глибину для НВП, СВП, НЗВП та ПКВП на даний момент актуальним є питання щодо точного визначення магнітуди сейсмічних джерел від підземних ядерних вибухів та вибір алгоритму для оцінки їх потужності для пунктів спостереження ГЦСК.

Для оцінки магнітуди сейсмічних джерел від ядерних вибухів з ПКВП за даними пунктів спостереження ГЦСК для розрахунку калібрувальної функції з використанням вертикальних компонент короткоперіодних Р-хвиль було отримано рішення виду

$$\sigma(\Delta^\circ) = 0,0067\Delta^\circ + 3,0333, \quad (4)$$

де Δ° – епіцентрально відстань до місця проведення ядерного вибуху на ПКВП градусах.

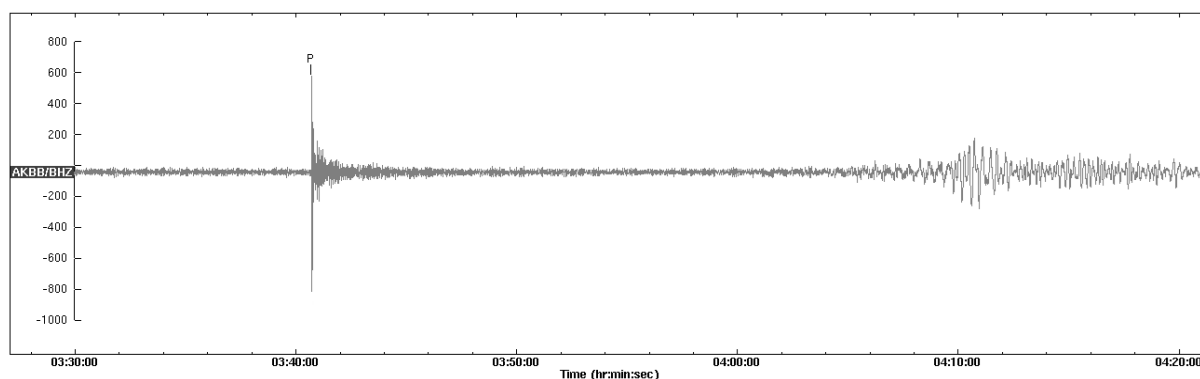


Рис. 1. Запис сейсмічного сигналу від підземного ядерного вибуху 03.09.2017 на випробувальному полігоні Північної Кореї, отриманий з використанням вертикальної компоненти (AKBBz) центрального елемента Української сейсмічної групи.

Таблиця 2.
Значення калібрувальної функції $\sigma(\Delta^\circ)$ для пунктів спостереження ГЦСК для оцінки магнітуди ПЯВ 03.09.2017 року

ПС	«Ворсівка»	«Кам'янець-Подільський»	«Балта»	«Любар»	«Кам'яний Бід»
$\sigma(\Delta^\circ)$	3,466	3,4841	3,4753	3,474	3,4718
ПС	«Підлуби»	«Зелениця»	«Ужгород»	«Харків»	«Полтава»
$\sigma(\Delta^\circ)$	3,4704	3,4793	3,4982	3,4723	3,451

Магнітуда по об'ємній короткоперіодній P -хвилі визначається за формулою [5]:

$$mb = Lg\left(\frac{A}{T}\right) + \sigma(\Delta^\circ), \quad (5)$$

де A – максимальна амплітуда P -хвилі в нм, T – період, що відповідає максимальній амплітуді в сек.

Магнітуда по поверхневій довгоперіодній LR -хвилі [5]:

$$Ms = Lg(A/T + 1.66Lg(\Delta^\circ)) + 0.3, \quad (6)$$

де A – максимальна амплітуда LR -хвилі в нм, T –

період, що відповідає максимальній амплітуді в сек., Δ° – епіцентрально відстань.

Для переходу від магнітуди Ms , визначеній по поверхневій хвилі, до магнітуди mb , визначеній по об'ємній хвилі, для ПКВП рекомендується наступне співвідношення [3]:

$$Ms = 1.25mb - 2.2, \quad (7)$$

В таблиці 3 вказано значення магнітудних оцінок для пунктів спостереження (ПС) ГЦСК від ядерного вибуху 03.09.2017 року на ПКВП.

Таблиця 3.

Значення магнітудних оцінок для пунктів спостереження ГЦСК від ПЯВ 03.09.2017 року

ПС	«Ворсівка»	«Кам'янець-Подільський»	«Ужгород»
Магнітуда mb	6,4	6,5	5,7
ПС	«Любар»	«Кам'яний Брід»	«Зелениця»
Магнітуда mb	6,3	6,3	6,4

Магнітуда по поверхневій довгоперіодній LR -хвилі з використанням даних вертикальної компоненти (АКВВз) центрального елемента Української сейсмічної групи від ПЯВ 03.09.2017 року на ПКВП оцінена за допомогою співвідношення (6) $Ms = 5.4$.

Використавши співвідношення (7), значення магнітуди по об'ємній короткоперіодній P -хвилі $mb = 6.1$.

Кінцеве рішення по оцінці магнітуди $mb = 6.2$.

Для оцінки потужності ПЯВ на ПКВП пропонувані співвідношення [2], [6], [7], [8]:

$$Y = 10^{\frac{mb-4.45}{0.75}}, \quad (8)$$

$$Y = 10^{\frac{mb-4.25}{0.75}}, \quad (9)$$

Для оцінки потужності, з урахуванням глибини закладання заряду, використовується співвідношення [9]:

$$Y = 10^{\frac{mb-5.887+0.7875Lg(h)}{1.0125}}, \quad (10)$$

де h – глибина закладання заряду.

Кінцеве рішення по оцінці потужності ПЯВ 03.09.2017 року з використанням даних пунктів спостереження ГЦСК $Y = 200 - 400$ кт.

Федеральний інститут геофізики та природних ресурсів надав верхню оцінку потужності в кількості кілотонн, виходячи з виявленого землетрусу магнітудою 6,1.

Незалежне агентство з моніторингу сейсмічної активності NORSAR, спираючись на оцінку магнітуди землетрусу в 6,1, підрахувало, що потужність вибуху склала 200 – 300 кілотонн.

Експерти американського Університету Джона Хопкінса з посиланням на дані отримані на сейсмостанції в казахстанському Актюбінську, які надала Організація договору про всеосяжну заборону ядерних випробувань (ОДВЗЯВ), оцінили потужність приблизно в 250 кілотонн.

Організація договору про всеосяжну заборону ядерних випробувань (ОДВЗЯВ) дала власну оцінку потужності в 100– 600 кілотонн.

Висновки. На основі аналізу записів підземних ядерних вибухів з випробувального полігону Північної Кореї уточнені формули розрахунку калібрувальної функції для вертикальних компонент короткоперіодних P -хвиль для точного визначення магнітуди.

Вибрані емпіричні залежності для оцінки потужності ПЯВ з випробувального полігону Північної Кореї.

На практиці оцінки потужності мають високу порівнянність зі значеннями потужності, розрахованими основними світовими сейсмологічними службами.

Перелік джерел посилань:

1. Кедров О.К. Сейсмічні методи контролю ядерних випробувань. Інститут фізики Землі РАН, 2005 р. С. 20 – 22, 26, 27, 39 – 42, 244 – 246.
2. Bowers D., Marshall P.D. and Douglas, A., 2001. The level of deterrence provided by data from the SPITS seismometer array to possible violations of the Comprehensive Test Ban in the Novaya Zemlya region, *Geophys. J. Int.*, 146, 425–438.

3. Chun K.Y., and Henderson G.A. *Lg Attenuation near the North Korean Border with China, Part II: Model Development from the 2006 Nuclear Explosion in North Korea.*
4. Murphy J. R., Kohl B. C. and Stevens J. L., *Final Technical Report Under DOS Contract No. SAQMMA09C0250 (09/01/2009 – 08/31/2010).*
5. Шаров Н.В., Маловічко А.А., Щукін Ю.К. *Землетруси і мікросейсмічність в задачах сучасної геодинаміки Східно-Європейської платформи. Кн. 2: Мікросейсмічність. Петрозаводськ: Карельський науковий центр РАН, 2007. С. 19.*
6. Ringdal F., Marshall P.D. and Alewine R.W., 1992. *Seismic yield determination of Soviet underground nuclear explosions at the Shagan River test site, Geophys. J. Int., 109, 65–77.*
7. Bönnemann C., Ceranna L. and Hartmann G. *The 2013 North Korean nuclear test, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover, Germany.*
8. Zhao L.F., Xie X.B., Wang W.M., and Zhang J.H. *Yield Estimation of the 25 May 2009 North Korean Nuclear Explosion, Bulletin of the Seismological.*
9. Zhang M. and Wen L.X., 2013. *High-precision location and yield of North Korea's 2013 nuclear test, Geophys. Res. Lett., 40, 2941–2946.*

References

1. Kedrov O.K. *Seismic methods monitoring of nuclear tests. Institute of Earth Physics, RAS, 2005, p. 40.*
2. Bowers D., Marshall P.D. and Douglas, A., 2001. *The level of deterrence provided by data from the SPITS seismometer array to possible violations of the Comprehensive Test Ban in the Novaya Zemlya region, Geophys. J. Int., 146, 425–438.*
3. Chun K.Y., and Henderson G.A. *Lg Attenuation near the North Korean Border with China, Part II: Model Development from the 2006 Nuclear Explosion in North Korea.*
4. Murphy J. R., Kohl B. C. and Stevens J. L., *Final Technical Report Under DOS Contract No. SAQMMA09C0250 (09/01/2009 – 08/31/2010).*
5. Sharov N.V., Malovichko A.A., Shchukin Yu.K. *Earthquakes and microseismicity in the problems of modern geodynamics of the East European platform. Kn. 2: Microseismicity. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2007. P. 19.*
6. Ringdal F., Marshall P.D. and Alewine R.W., 1992. *Seismic yield determination of Soviet underground nuclear explosions at the Shagan River test site, Geophys. J. Int., 109, 65–77.*
7. Bönnemann C., Ceranna L. and Hartmann G. *The 2013 North Korean nuclear test, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover, Germany.*
8. Zhao L.F., Xie X.B., Wang W.M., and Zhang J.H. *Yield Estimation of the 25 May 2009 North Korean Nuclear Explosion, Bulletin of the Seismological.*
9. Zhang M. and Wen L.X., 2013. *High-precision location and yield of North Korea's 2013 nuclear test, Geophys. Res. Lett., 40, 2941–2946.*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ МОЩНОСТИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ В СЕВЕРНОЙ КОРЕЕ

Корниенко И.В., Осадчий В.И.

Пунгэри, или Пхунгери - северокорейский ядерный испытательный полигон, расположенный в округе Кильчху, провинция Хамгён-Север. На основе известных на сегодняшний день спутниковых снимков, он расположен по координатам 41°16'47"с. ш., 129°05'10"вост. д. Полигон является местом проведения шести подземных ядерных испытаний Северной Кореи, которые произошли в 2006, 2009, 2013, 2016 и 2017 годах. КНДР продолжает наращивать свой ядерный потенциал.

Согласно Закона Украины «Об основах национальной безопасности Украины» от 19.06.2003 г. № 964-IV противодействие распространению ядерного оружия входит до основных направлений государственной политики по вопросам национальной безопасности Украины.

ГЦСК выполняет функции Национального центра данных Украины в Международной системе мониторинга ОДВЗЯИ.

Для получения достоверных данных о мощности ядерных взрывов проанализированы подходы основных сейсмологических служб к оценке мощности ядерных взрывов, уточнены калибровочные функции для расчета магнитуды по объемной Р волны, используется для оценки мощности. На основе полученных данных внесены дополнения к существующему программно-математического обеспечения для оценки мощности подземных ядерных взрывов с испытательного полигона Северной Кореи.

Ключевые слова: ядерный взрыв, мощность ядерного взрыва, магнитуда, калибровочная функция, камуфлетного ПЯВ, добротность.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE ASSESSMENT OF THE NUCLEAR EXPLOSIONS CAPACITY AT THE TESTING GROUND IN NORTH KOREA

Kornienko I.V., Osadchiy V.I.

Punherji, or Phuongiri, is a North Korean nuclear test site located in Kilchach County, Hammuong-North province. Based on the satellite imagery that is currently known, it is located at coordinates 41°16'47 " mon. sh., 129°05'10 " sh. etc.

The Polygon is the site of six North Korean underground nuclear tests that took place in 2006, 2009, 2013, 2016 and 2017. The DPRK continues to build its nuclear potential. According to the Law of Ukraine "On the Fundamentals of National Security of Ukraine" of 19.06.2003 № 964-IV, the counteraction to the proliferation of nuclear weapons is included in the main directions of the state policy on national security issues of Ukraine.

The HCC serves as the National Data Center of Ukraine in the International CTBTO Monitoring System. In order to obtain reliable data on the power of nuclear explosions, the approaches of major seismological services to the assessment of nuclear explosion capacity are analyzed; calibration functions are specified for calculating the magnitude of the volume P wavelength used to estimate power. On the basis of the received data, supplements were added to the existing software and mathematical support for assessing the power of underground nuclear explosions from the North Korean testing ground.

Key words: nuclear explosion, nuclear explosion power, magnitude, gauge function, camouflage PAYV, Q factor.

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.3

Андрущенко Ю.А. кандидат геологічних наук, Карягін Є.В.

Головний центр спеціального контролю НЦУВКЗ ДКА України, смт. Городок

ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНФРАЗВУКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРИРОДИ СЕЙСМІЧНИХ ПОДІЙ

У статті розглянута можливість використання інфразвукових вимірювань, що проводяться в Україні, для верифікації зареєстрованих сейсмічних подій і застосування інфразвукової інформації як одного з критеріїв їх ідентифікації. Реєстрація сейсмічних і інфразвукових сигналів проводилась за допомогою геофізичної мережі Головного центру спеціального контролю. Для реєстрації інфразвуку використовувалися малоапертурні акустичні системи групування, що дозволяє проводити спрямований моніторинг явищ. Проаналізовано сейсмічні дані про параметри промислових вибухів, що проводяться на території України, а також інфразвукові відгуки на зазначені події. Визначено межі чутливості і дальності застосування інфразвукового методу за даним типом явищ. Запропонована технологія реєстрації сигналів від сейсмічних подій сейсмоакустичним комплексом дозволяє реєструвати наземні промислові вибухи на відстані до 200 км.

Ключові слова: інфразвук, промисловий вибух, ідентифікація, малоапертурна акустична група.

Вступ. Правобережна Україна, особливо її північно-західна частина, густо охоплена мережею гірничодобувних підприємств, що у процесі своєї діяльності активно генерують сейсмічні сигнали. Це створює проблему під час ідентифікації сигналів від землетрусів і промислових вибухів, яка є однією із ключових проблем сейсмічних спостережень. Можливість відрізнити сейсмічний запис хімічного вибуху від запису землетрусу ґрунтується на таких характеристиках цих джерел, як механізм, розміри плестосейстової зони, час дії та глибина. Існує низка критеріїв, за якими можна ідентифікувати джерело сейсмічного сигналу [1, 2]. У Головному центрі спеціального контролю (ГЦСК) розроблено додаткові критерії, що показали свою ефективність [3]. Проте і вони не мають абсолютного характеру, і для багатьох сейсмічних подій поки що неможливо достовірно встановити, чим була подія — землетрусом чи вибухом, ґрунтуючись лише на результатах аналізу сейсмічних даних.

Однак мережа ГЦСК крім сейсмічного методу спостережень оснащена іншими геофізичними методами, зокрема інфразвуковим. Безперервний інфразвуковий моніторинг проводять технічними засобами, розміщеними на територіях Житомирської, Хмельницької, Одеської областей. Інфразвукові засоби встановлені також на українській антарктичній станції «Академік Вернадський». Для інфразвуку характерне мале поглинання в різних середовищах. Наслідком цього є можливість реєстрації атмосферних сигналів від подій, що відбулися на великому віддаленні від пункту спостереження. Спектр природних і техногенних явищ, що генерують інфразвук, достатньо широкий. Основними джерелами, які генерують інфразвук, є полярні саява, запуск ракет, діяльність вулканів, падіння космічних тіл, шторми, урагани, землетруси, лавини, пожежі, ядерні та хімічні вибухи, та ін. Можливості ідентифікації промислових вибухів за допомогою інфразвукових даних активно досліджують у світі [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. В Україні до недавнього часу таких

досліджень не проводили, але в результаті модернізації технічних засобів у ГЦСК це стало можливим. Отже, стає актуальним питання визначення можливості застосування даних інфразвукового моніторингу ГЦСК для вирішення завдань ідентифікації природи сейсмічних подій.

Методика. Інфразвукові сигнали у ГЦСК реєструють за допомогою систем малоапертурних акустичних груп (МАОГ). Кожна така інфразвукова група є комплексом з трьох і більше просторово рознесених незалежних мікробарографів, системи збору та передачі даних, їх обробки і збереження [13, 14]. Діапазон робочих частот МАОГ нижчий за поріг чутливості людського слуху і становить 0,003—12 Гц. Режими чутливості станцій — 1, 10, 100 Па. Величина просторового рознесення точок приймання акустичного сигналу залежить від характеру метеорологічних умов місцевості, де розташована група, її цільового призначення (орієнтування на певні види сигналів) і знаходиться в межах від десятків метрів до одиниць кілометрів.

На пунктах спостереження ГЦСК акустичні станції рознесені між собою на відстані 100—200 м одна від одної [15]. Розмір апертури та її форма обмежені територією, що є у розпорядженні установи. Зазвичай, за наявності трьох елементів їх намагаються розмістити на вершинах уявного рівностороннього трикутника, четвертий елемент розміщують у центрі трикутника або змінюють конфігурацію на квадрат. Слід зазначити, що апертура групи визначає частоти реєстрації. Чим більша база, тим нижчі частоти, доступні для обробки, і тим більші відстані реєстрації. На цей час до складу системи інфразвукового моніторингу ГЦСК входять дві малоапертурні акустичні групи.

- МАОГ-1 — триелементний масив мікробарографів, розміщений поблизу с. Ворсівка Малинського р-ну Житомирської обл. Характер місцевості — площа із загальним перепадом висот на всій площі апертури МАОГ-1 до 1,5 м. Два елементи МАОГ-1 знаходяться на межі лісової зони, один — на відкритій місцевості в полі.

Конфігурація елементів МААГ-1 має форму рівностороннього трикутника.

- МААГ-2 — чотириелементний масив мікробарографів, розміщений поблизу с. Ластівці Кам'янець-Подільського р-ну Хмельницької обл. Характер місцевості — горбистий із загальним перепадом висот на всій площі апертури МААГ-2 до 5 м. Усі елементи МААГ-2 знаходяться на відкритій місцевості в полі. Конфігурація елементів має форму рівностороннього трикутника із четвертим елементом у центр.

До входів кожного з мікробарографів через об'єм

..

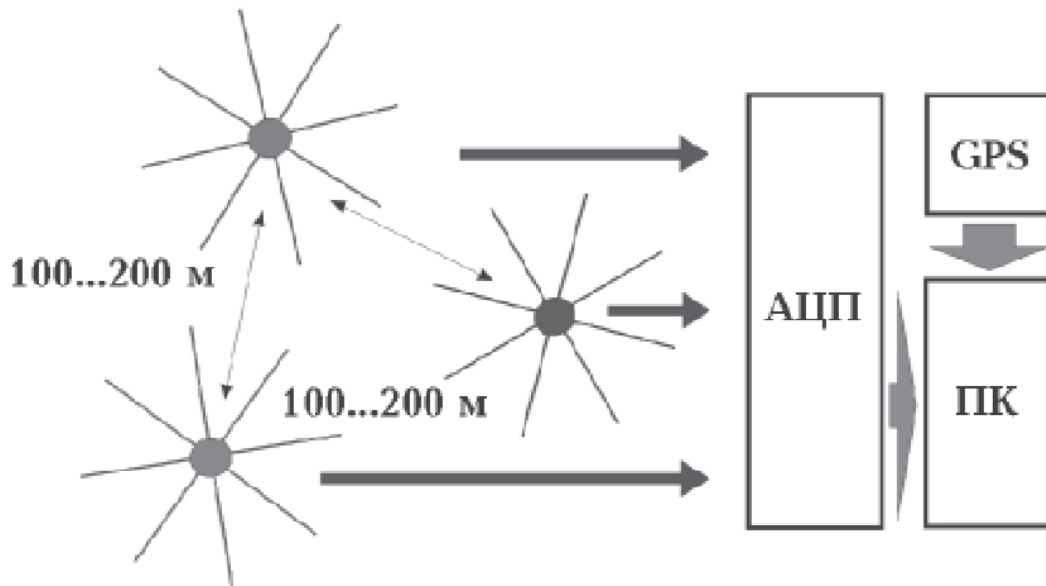


Рис. 1. Типова структурна схема малоапертурної акустичної групи (МААГ)

У центрі даних проводять повну обробку інформації, що включає оцінки часових, частотних і просторових характеристик сигналів [16]. На рис. 1 показано типову структурну схему МААГ.

Важливою характеристикою групи мікробарографів є відгук групи на сигнал залежно від кута його приходу. Ця реакція залежатиме від конфігурації групи (схеми розміщення датчиків на площині), лінійних розмірів групи і кількості датчиків. Унаслідок несиметричного розташування датчиків результат відгуку буде нерівномірним для різних кутів приходу фронту інфразвукової хвилі. Для плоского фронту хвилі розв'язок можна описати виразом [17, 21]

$$f(r, t) = e^{j(\omega t - kr)} = e^{j\omega(t - pr)}, \quad (1)$$

де: ω — частота; p — повільність; k — хвильове число; r — позиційний вектор; t — різниця часу між r -датчиком і опорним датчиком.

Тоді для горизонтально розміщених датчиків групи знайдемо розв'язок вирівнювання диференціальних фаз. У разі вертикального падіння елементарної хвилі на групу отримаємо відсутність різниці часу приходу хвилі, тобто буде одночасний

усереднення підключено завадозахисний пристрій (ЗЗП) типу «Павук» для покращення відношення сигнал-шум [14, 15]. ЗЗП відіграє основну роль у процесі зниження завад від приземного вітру та турбулентності. Із виходів мікробарографів електричні сигнали по кабелях передають до аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і далі до робочої станції (ПК), де здійснюються накопичення інформації у визначеному форматі, її первинна обробка, синхронізація часу по GPS і передача даних до обчислювального центру ГЦСК.

запис на всі елементи групи. Відгук для групи з N елементів такий:

$$R(\omega, p) = \frac{1}{N} \left| \sum_{j=1}^N e^{-j\omega(pr_j)} \right|^2, \quad (2)$$

Відгук групи в діапазоні інфразвукових частот моделюємо у деякому просторі повільностей.

Частотний спектр потужності повільності можна визначити підсумовуванням сигнальних складових на певній багатоканальній послідовності даних. Згідно з [18, 19], запишемо:

$$p(\omega, p) = \left| \sum_n [A_n(\omega) e^{ja_n(\omega)}] e^{-j\omega pr_n} \right|^2, \quad (3)$$

де N — кількість датчиків, розміщених відповідно до позиційного вектора r_n , $A_n(\omega) e^{ja_n(\omega)}$ - результат перетворення Фур'є.

Цей вираз можливо інтерпретувати як відгук групи на ту інфразвукову хвилю, що проходить через групу та когерентну в кожній точці. У цьому випадку всі різниці часів вступу інфразвукової хвилі, які відповідають конкретному датчику, перетворені в частотний діапазон за допомогою

перетворення Фур'є, підміняють фазовими зміщеннями.

Результат перетворення Фур'є $A_n(\omega)e^{ja_n(\omega)}$ несе таку інформацію:

$e^{ja_n(\omega)} = \Delta \sum_{j=0}^{M-1} e^{j\omega t}$ – про фазу M числа відліків за частоти дискретизації Δ ,
 $A_n(\omega) = \sum_{j=0}^{M-1} A(t_j)$ – про сигнальну амплітуду.

Частотний спектр потужності повільності оцінюємо для усього діапазону повільностей фронту інфразвукової хвилі та для усього частотного діапазону. Характерна (домінуюча) частота і вектор повільності відповідатимуть максимуму енергетичного спектру, що дає змогу ототожнювати джерело. Уявну швидкість визначаємо P -вектором, азимут на джерело — відносно напрямку на північ:

$$|P| = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \sqrt{\left(\frac{\cos \varphi}{c}\right)^2 + \left(\frac{\sin \varphi}{c}\right)^2} = \frac{1}{c}, \quad (4)$$

Це співвідношення визначає зв'язок між значенням повільності фронту інфразвукової хвилі і відповідним їй азимутним напрямком [19].

Методика визначення інфразвукових сигналів ґрунтується на тому принципі, що корисний сигнал записуємо певною послідовністю дискретних відліків на кожному із елементів групи, тоді як шум є випадковим та некогерентним для кожного елемента групи. Окремі мікробарографи реєструють сигнал у різні моменти часу в міру поширення через групу. Припустивши, що сигнал є когерентним, за крос-кореляціями між парами датчиків можна визначити часові затримки між окремими датчиками, що, у свою чергу, залежать від геометрії масиву і характеристик фронту хвилі. Параметри поширення — азимут і швидкість сигналу отримують з аналізу часових затримок. Для детектування та розрахунку параметрів використовують методику [20], що отримала назву *Progressive Multi Channel Correlation* (PMCC).

Основою алгоритму є міра узгодженості сигналу (r_{ijk}), яка розрахована в підмережі трьох найближчих елементів масиву (i, j, k), що визначається відношенням

$$r_{ijk} = \Delta t_{ij} + \Delta t_{jk} + \Delta t_{ki}, \quad (5)$$

де Δt_{ij} — час затримки між надходженням сигналу на датчики i та j , обчислений для кожної пари трас за допомогою функції крос-кореляції. Поріг максимальної узгодженості визначений для виявлення когерентності хвильових форм на всіх елементах масиву. Якщо узгодженість (r_{ijk}) менша за цей поріг, то подію вважають виявленою. Після локації сейсмічного джерела, знаючи відстань від епіцентру сейсмічної події до пункту спостереження R , визначають інтервал часу $[t_1; t_2]$, через який може прийти інфразвукова хвиля:

$$t_1 = \frac{R}{16,5}; t_2 = \frac{R}{20,4} \quad [c]. \quad (6)$$

Якщо у визначеному інтервалі часу наявна інфразвукова хвиля азимут її приходу збігається з визначеним напрямком і сигнал має характерну форму, то вважають, що вибухову природу джерела сигналу підтверджено. За наявності інфразвукового сигналу одночасно на декількох групах можливі локація джерела сигналу кутомірним способом та зіставлення отриманих просторово-часових характеристик з даними сейсмічного методу.

Результати та обговорення. Під час обробки зареєстрованих акустичних сигналів передусім необхідно розрізнити корисний сигнал техногенного або природного походження від вітрових перешкод.

Нижче наведено основні ознаки корисних сигналів та їх відмінність від вітрових перешкод.

- Корисний сигнал реєструють на всіх елементах групи майже одночасно. Різниця часів вступу на каналах МААГ-1 та МААГ-2 не може перевищувати 1—2 с. Сигнал від вітрової завади має значно більшу різницю у часі вступу між каналами.

- Корисні сигнали мають майже однакову обвідну, характер запису та заповнення обвідної. Це залежить від чіткості налаштування АЧХ-каналів. Вітрові завади істотно різняться за характером запису на різних каналах.

Якщо вибух здійснено на малих відстанях від МААГ (5—20 км), то хвильова форма акустичного сигналу істотно не змінюється, а до його спектра не додаються додаткові гармоніки. На рис. 2 представлений акустичний запис промислового вибуху в с. Гранітне, Малинського р-ну, Житомирської обл. Акустичні групи впевнено реєструють такі сигнали. Міжканальна кореляція в межах усього частотного діапазону 0,5—10 Гц не нижча за 0,9.

Під час поширення інфразвуку необхідно враховувати будову атмосфери і той факт, що в ній існують декілька хвильоводів. Значна дальність поширення інфразвуку зумовлена концентрацією звукової енергії поблизу шару з мінімальною температурою повітря та відсутністю на шляху завад. Вісь головного хвильоводу розташована на висоті 10—15 км, вісь другого хвильоводу — на висоті 75—80 км. Різні комбінації вертикальних змін температури та швидкості вітру можуть спричинити утворення в атмосфері додаткових хвильоводів, що ускладнює картину поширення інфразвуку в атмосфері.

Як приклад на рис. 3 показано акустичний запис промислового вибуху в Житомирській обл. 15.11.2018 р. Після вступу сигналу і проходження фази стиснення-розрідження з'являється ще декілька характерних амплітудних сплесків.

На рис. 4. показано результат процесу виявлення основного сигналу та перевідбиттів за допомогою програмного пакета WinPMCC (виробник DASE, Франція), що використовує метод PMCC.

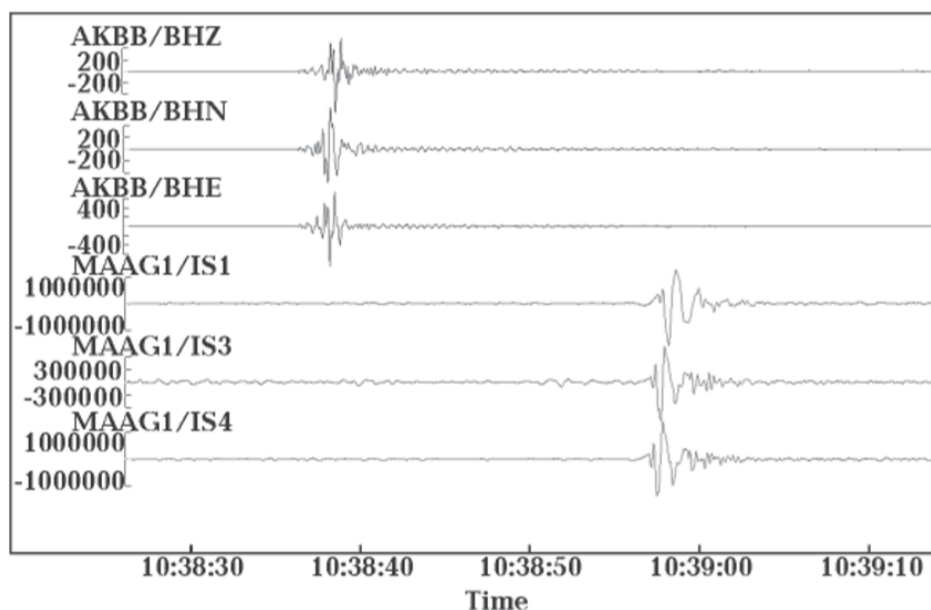


Рис. 2. Сейсмічний та акустичний записи промислового вибуху в с. Гранітне, Малинського р-ну, Житомирської обл. 06.02.2019 р. ($T_0=10:38:56$, $\phi=50,81^\circ$ пн.ш., $\lambda=29,31^\circ$ сх.д.), зафіксованого центральним елементом АКВВ сейсмічної станції PS45 та системою МААГ-1.

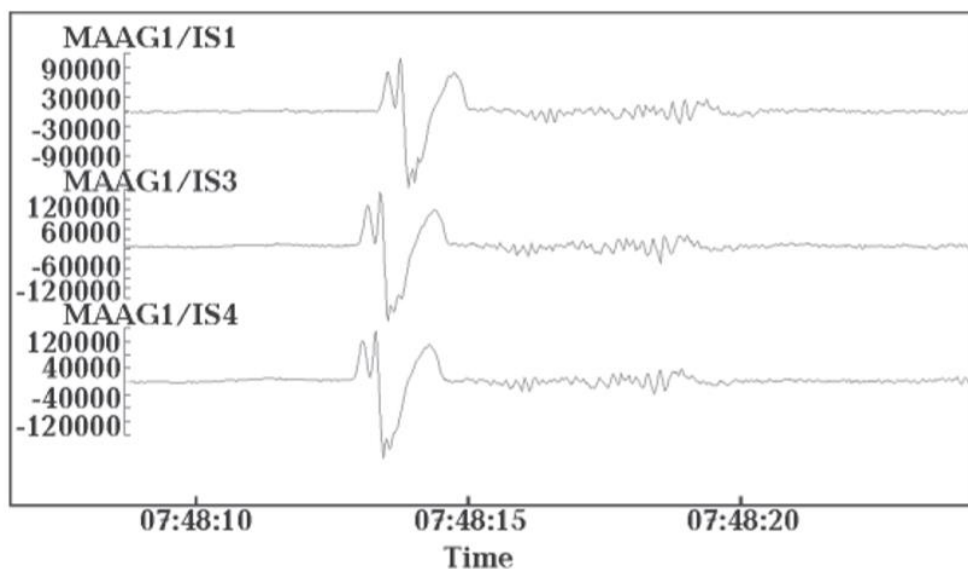


Рис. 3. Акустичний запис промислового вибуху в с. Гранітне, Малинського р-ну, Житомирської обл. 15.11.2018 р. ($T_0=07:48:13$, $\phi=50,81^\circ$ пн.ш., $\lambda=29,31^\circ$ сх.д.), зафіксованого системою МААГ-1.

На рисунку знизу вгору показано три хвильові форми каналів реєстрації МААГ, кольорові діаграми швидкості, азимуту (Аз) та коефіцієнта міжканальної кореляції (К). Для кожної кольорової діаграми з правої частини показана шкала значень, з правої частини — частотна смуга, у якій проведено детектування. Видно, що максимум енергії припав на основний сигнал; крім того, виділено ще декілька ділянок із значеннями кореляції, більшими за 0,7. У разі вибухів на відстанях від 20 до 100 км спостерігається одне відбиття з тропосферного шару на висоті до 20 км. Якщо фронт хвилі поширюється протилежно напрямку вітру, то можливе відбиття фронту від мезосферного шару на висоті 60—80 км.

Хвильова форма сигналу частково змінюється. У спектрі сигналу з'являються додаткові гармоніки. Фаза стискання поступово зникає.

Міжканальна кореляція зменшується до 0,75—0,8. Фаза розрідження стає більш значущою. Здебільшого на цих відстанях починається зона нечутливості, де реєстрація стає малоімовірною. Така зона пов'язана із заломленням у тепловому шарі повітря, коли промінь інфразвукової хвилі відхиляється вгору і не доходить до пункту спостереження.

За охолодження приземного повітря у нічний час та цілодобово у холодну пору року така зона може не виникати [22]. Під час реєстрації сигналів від

вибухів на відстані 100—300 км спостерігається одне чи декілька відбиттів від тропосферного шару на висоті 16—20 км та одне чи декілька відбиттів від мезосферного шару на висоті 60—80 км. У спектрі сигналу з'являються додаткові гармоніки.

Згідно зі статистичними даними, акустичні системи протягом року реєструють близько тисячі корисних сигналів. Переважно це сигнали від вибухів на промислових кар'єрах. Крім того, досвід експлуатації системи МААГ показав можливість реєстрації сигналів від аварійних вибухів, зокрема на газопроводах та військових складах/

Для оцінювання роботи інфразвукового комплексу була проаналізована база даних зареєстрованих сейсмічних та інфразвукових сигналів ГЦСК протягом 2018 р. Інфразвукові засоби реєстрували сигнали від промислових вибухів, що відбувались на відстанях 10—210 км від пункту спостереження. При цьому оцінено нижні межі чутливості потужності, що становили від 1 до 10 т тринітратолуолу (ТНТ) на відстанях до 50 км, від 15 до 30 т ТНТ — для відстаней до 130 км, до 60 т ТНТ — для відстаней до 200 км.

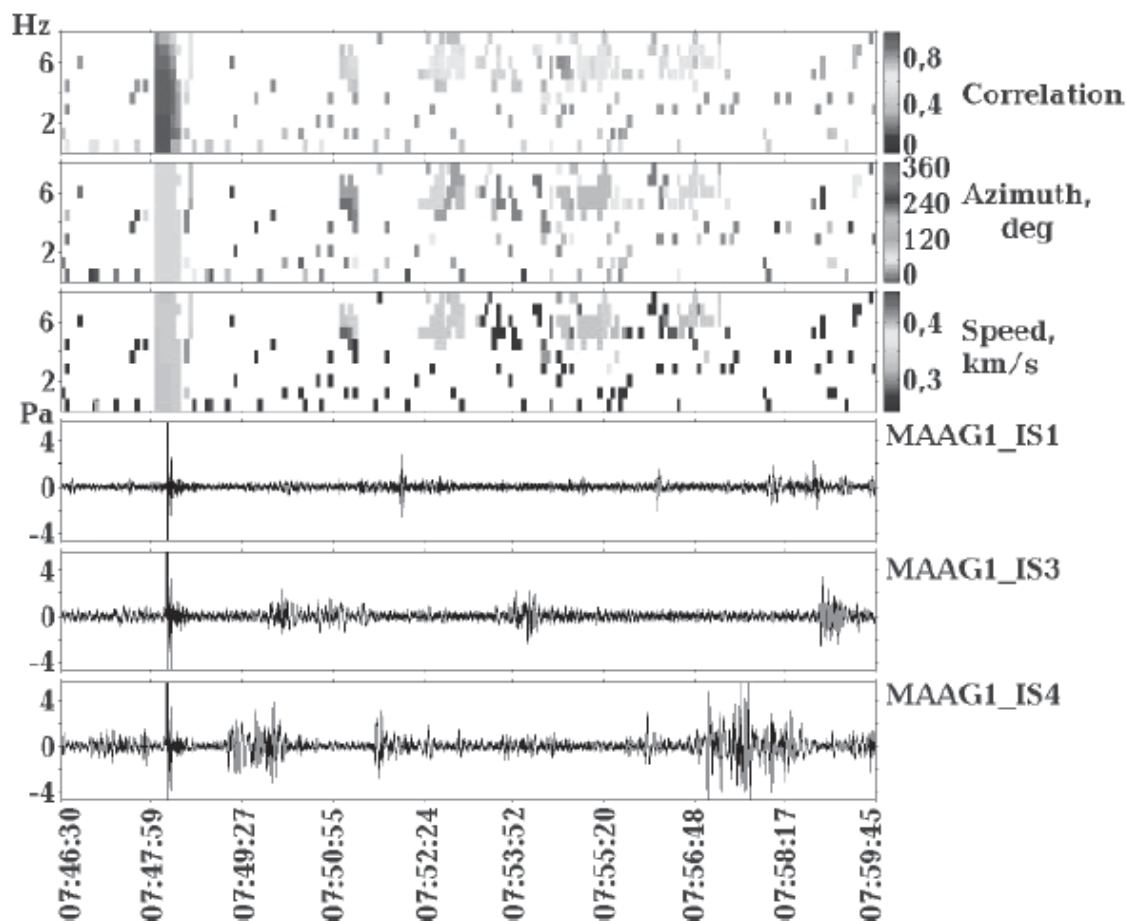


Рис. 4. Результат виявлення акустичного сигналу від промислового вибуху в с. Гранітне, Малинського р-ну, Житомирської обл. 15.11.2018 р. ($T_0=07:48:13$, $\phi=50,81^\circ$ пн.ш., $\lambda=29,31^\circ$ сх.д.), зафіксованого системою МААГ-1 за допомогою програмного пакета WinPMCC.

Висновки. Встановлено, що основний тип зареєстрованих інфразвукових сигналів носить вибуховий характер і має вибухоподібну форму обвідної. Це пов'язано передусім з особливістю розташування пунктів реєстрації в районах, де розвинена гірничодобувна промисловість і проводиться велика кількість вибухів.

Результати інфразвукових спостережень можна використовувати як додатковий критерій ідентифікації природи сейсмічних подій з певними обмеженнями, що стосуються потужності заряду, відстані до джерела сигналу. Впевнено реєструють

інфразвук від промислових вибухів малоапертурними групами на відстанях до 200 км за умови достатньої потужності (не менше як 20 т ТНТ). Якість реєстрації інфразвукових сигналів також залежить від метеорологічних умов на шляху поширення.

Використання даних інфразвукових вимірювань у режимі, близькому до реального, дає змогу застосовувати метод для моніторингу навколишнього середовища, оперативного оцінювання події, що відбулася, надання інформації у разі надзвичайних подій (вибухів складів, газопроводів і т. п.) для служб швидкого реагування.

Перелік джерел посилань:

1. Кедров О. К. Сейсмические методы контроля ядерных испытаний. Москва; Саранск: Красный Октябрь, 2005. 420 с.
2. Андрущенко Ю. А., Гордієнко Ю. О. Аналіз ефективності застосування критеріїв ідентифікації вибухів та землетрусів для локальних та регіональних подій в умовах платформної частини України. Геофіз. журн. 2009. Т. 31. № 3. С. 121—129.
3. Андрущенко Ю. А., Гордієнко Ю. О. Спосіб ідентифікації природи сейсмічних джерел на основі спектрально-часового аналізу коливань. Геофіз. журн. 2009. Т. 31. № 6. С. 140—146.
4. McKenna M. H., Stump B. W., Hayek S., McKenna J. R., Stanton T. R., 2007. Tele-infrasonic studies of hardrock mining explosions. J. Acoust. Soc. Am. 122, 97—106.
5. Hagerty M. T., Kim W.-Y., Martysevich P., 2002. Infrasound detection of large mining blasts in Kazakhstan. Pure Appl. Geophys. 159, 1063—1079.
6. Stump B. W., Hedlin M. A. H., Pearson D. C., Hsu V., 2002. Characterization of mining explosions at regional distances: implications with the international monitoring system. Rev. Geophys. 40, 1011. doi 10.1029/1998RG000048.
7. Young C., Jun M.-S., Joen J.-S., Min K. D., 2002. Analysis of local seismo-acoustic events in the Korean Peninsula. Geophys. Res. Lett. 29, 29—1. doi 10.1029/2001GL014060.
8. Виноградов Ю. А. Комплексное применение сейсмического и инфразвукового методов регистрации волновых полей для выделения сигналов от наземных взрывов в процессе мониторинга природной среды в Евро-Арктическом регионе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2004, 26 с.
9. Arrowsmith S. J., Arrowsmith M. D., Hedlin M. A. H., Stump B. W., 2008. Infrasonic Signals from Large Mining Explosions. Bull. Seismol. Soc. Amer. 98(2), 768—777.
10. Gibbons S. J., Ringdal F., Kverna T., 2007. Joint seismic-infrasonic processing of recordings from a repeating source of atmospheric explosions. J. Acoust. Soc. Am. 122 (5), 158—164. doi: 10.1121/1.2784533.
11. Асминг В. Э., Евтюгина З. А., Виноградов Ю. А., Федоров А. В. Анализ инфразвуковых сигналов, генерируемых техногенными источниками. Вестник МГТУ. 2009. Т. 12. № 2. С. 300—307.
12. Дубровин В. И., Смирнов А. А. Совместное использование инфразвуковых и сейсмических данных для повышения точности локализации. Вестник НЯЦ РК. 2011. Вып. 3. С. 140—144.
13. Ляцук А. И., Карягин Е. В. Использование систем группирования акустического метода для обнаружения техногенных звуковых источников. Материалы XV наук.-техн. конф. «Наукові проблеми розробки, модернізації та застосування інформаційно-вимірювальних систем космічного і наземного базування». Житомир, 2006. 85 с.
14. Гордієнко Ю. А., Карягин Е. В., Ляцук А. И., Солонец А. И. Построение систем акустического группирования для реализации инфразвукового мониторинга. Системы обработки информации. 2006. Вып. 3 (52). С. 36—42.
15. Сацук И. Н., Стринада В. В., Качалин И. Г., Ляцук А. И., Карягин Е. В. Использование малоапертурной акустической группы в составе Международной системы мониторинга. Збірник наукових праць ЖВІ НАУ. Житомир: 2010, Вып. 4. С. 115—122.
16. Рибачук О. І., Кирилюк В. А., Стринада В. В., Ляцук О. І., Клівець С. І. Методика розпізнавання джерел збурень в ближній зоні при використанні акустичної системи геофізичного моніторингу. Системи обробки інформації. 2008. Вып. 1(68). С. 73-78.
17. Машиков О. А., Кирилюк В. А., Качалин И. Г., Карягин Е. В. Оцінка характеристик джерела инфразвуковых колебаний техногенного происхождения малоапертурною акустичною групою. Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні технології». Київ: Вид. Ін-та проблем моделювання в енергетиці, 2006. Вып. 29. С. 80—87.
18. Naak H. W., de Wilde G. J., 1996. Microbarograph systems for the infrasonic detection of nuclear explosions. Scientific report: WR 96-06. De Bilt: Royal Netherlands Meteorological Institute, Seismology Division. 45 p.
19. Le Pichon A., Blanc E., Hauchecorne A., 2009. Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies. Springer editions, 739 p. doi 10.1007/978-1-4020-9508-5
20. Cansi Y., 1995. An automated seismic event processing for detection and location: the P.M.C.C. method. Geophys. Res. Lett. 22, 1021—1024
21. Naak H., Evers L. Design of infrasound detection and parameter estimation systems. KNMI, infrasound technology workshop, US San Diego, October 2003.
22. Арабаджи В. И. Загадки простой воды. Москва: Знание, 1973, 96 с.

References

1. Kedrov O. K., 2005. Seismic methods of monitoring nuclear tests. Moscow; Saransk: Krasnyy Oktyabr, 420 p. (in Russian).
2. Andrushchenko Yu. A., Gordienko Yu. O., 2009a. Analysis of the effectiveness of the criteria for the identification of explosions and earthquakes to local and regional events in terms of platform Ukraine. Geofizicheskii zhurnal 31(3), 121—129 (in Ukrainian).
3. Andrushchenko Yu. A., Gordienko Yu. O., 2009b. The method of identifying the nature of seismic sources

based on spectral-temporal analysis of vibrations. *Geofizicheskiy zhurnal* 31(6), 140—146 (in Ukrainian).

4. McKenna M. H., Stump B. W., Hayek S., McKenna J. R., Stanton T. R., 2007. Tele-infrasonic studies of hardrock mining explosions. *J. Acoust. Soc. Am.* 122, 97—106.

5. Hagerty M. T., Kim W.-Y., Martysevich P., 2002. Infrasound detection of large mining blasts in Kazakhstan. *Pure Appl. Geophys.* 159, 1063—1079.

6. Stump B. W., Hedlin M. A. H., Pearson D. C., Hsu V., 2002. Characterization of mining explosions at regional distances: implications with the international monitoring system. *Rev. Geophys.* 40, 1011. doi 10.1029/1998RG000048.

7. Young C., Jun M.-S., Joen J.-S., Min K. D., 2002. Analysis of local seismo-acoustic events in the Korean Peninsula. *Geophys. Res. Lett.* 29, 29—1. doi 10.1029/2001GL014060.

8. Vinogradov Yu. A., 2004. Complex application of seismic and infrasound wave fields registration methods for the isolation of signals from the ground explosions in the process of monitoring the environment in the Euro-Arctic Region. Abstract dis. candidate of technical sciences. Moscow, 26 p. (in Russian).

9. Arrowsmith S. J., Arrowsmith M. D., Hedlin M. A. H., Stump B. W., 2008. Infrasonic Signals from Large Mining Explosions. *Bull. Seismol. Soc. Amer.* 98(2), 768—777. Cansi Y., 1995. An automated seismic event processing for detection and location: the P.M.C.C. method. *Geophys. Res. Lett.* 22, 1021—1024.

10. Gibbons S. J., Ringdal F., Kverna T., 2007. Joint seismic-infrasonic processing of recordings from a repeating source of atmospheric explosions. *J. Acoust. Soc. Am.* 122 (5), 158—164. doi: 10.1121/1.2784533.

11. Asming V. E., Yevtyugina Z. A., Vinogradov Yu. A., Fedorov A. V., 2009. Analysis of infrasound signals generated by anthropogenic sources. *Vestnik MGTU* 12(2), 300—307 (in Russian).

12. Dubrovin V. I., Smirnov A. A., 2011. Sharing infrasound and seismic data to improve the accuracy of localization. *Vestnik NNC RK* (is. 3), 140—144 (in Russian).

13. Lyashchuk A. I., Karyagin Ye. V., 2006. Using acoustic array systems for the detection of anthropogenic sound sources. Materials XV scientific and technical conference «Scientific problems of development, modernization and use of information computing space and ground-based», 85 p. (in Russian).

14. Gordienko Yu. A., Karyagin Ye. V., Lyashchuk A. I., Solonets A. I., 2006. Design and construction of acoustic grouping for the implementation of infrasound monitoring. *Sistemy obrobky informatsiy* (is. 3), 36—42 (in Russian)

15. Sashchuk I. N., Strinada V. V., Kachalin I. G., Lyashchuk A. I., Karyagin Ye. V., 2010. Using a small aperture acoustic group of the International Monitoring System. Collection of scientific papers ZHVI NAU. Zhytomir, is. 4, P. 115—122 (in Russian).

16. Rybachuk O. I., Kirilyuk V. A., Strinada V. V., Lyashchuk O. I., Klivets S. I., 2008. Method of recognizing sources of disturbances in the near field using geophysical monitoring acoustic system. *Sistemy obrobky informatsiy* (is. 1), 73—77 (in Ukrainian).

17. Mashkov O. A., Kirilyuk V. A., Kachalin I. G., Karyagin Ye. V., 2005. Evaluation of the source of infrasonic waves technogenic small aperture acoustic group. Collection of scientific papers «Modeling and Information Technologies». Kiev: Publ. Institute of modeling problems in the energy sector, is. 29, P. 80—87 (in Ukrainian).

18. Haak H. W., de Wilde G. J., 1996. Microbarograph systems for the infrasonic detection of nuclear explosions. Scientific report: WR 96-06. De Bilt: Royal Netherlands Meteorological Institute, Seismology Division. 45 p.

19. Le Pichon A., Blanc E., Hauchecorne A., 2009. *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*. Springer editions, 739 p. doi 10.1007/978-1-4020-9508-5.

20. Cansi Y., 1995. An automated seismic event processing for detection and location: the P.M.C.C. method. *Geophys. Res. Lett.* 22, 1021—1024

21. Haak H., Evers L., 2003. Design of infrasound detection and parameter estimation systems. KNMI, infrasound technology workshop, US San Diego, October 2003.

22. Arabadzhi V. I., 1973. *Mysteries of plain water*. Moscow: Znanie, 96 p. (in Russian).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНФРАЗВУКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИРОДЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Андрущенко Ю.А. кандидат геологических наук, Карягин Е.В.

В статье рассмотрена возможность использования инфразвуковых измерений, проводимых в Украине, для верификации зарегистрированных сейсмических событий и применения инфразвуковой информации как одного из критериев их идентификации. Регистрация сейсмических и инфразвуковых сигналов проводилась с помощью геофизической сети Главного центра специального контроля. Для регистрации инфразвука использовались малоапертурные акустические системы группирования, что позволяет проводить направленный мониторинг явлений. Проанализированы сейсмические данные о параметрах промышленных взрывов проводящихся на территории Украины, а также инфразвуковые отклики на указанные события. Определены пределы чувствительности и дальности применения инфразвукового метода по данному типу явлений. Предложенная технология регистрации сигналов от сейсмических событий сейсмоакустическим комплексом позволяет регистрировать наземные промышленные взрывы на расстоянии до 200 км.

Ключевые слова: инфразвук, промышленный взрыв, идентификация, малоапертурная акустическая группа.

USING THE RESULTS OF INFRASOUND OBSERVATIONS IN IDENTIFYING THE NATURE OF SEISMIC EVENTS

Andrushchenko Yu.A., Karyagin E.V.

The article considers the possibility of using infrasound measurements carried out in Ukraine to verify the recorded seismic events and the use of infrasound information as one of the criteria for their identification. Seismic and infrasound signals were recorded using the geophysical network of the Main Center for Special Monitoring. For the registration of infrasound, small-aperture acoustic grouping systems were used, which allows for the direct monitoring of phenomena. The seismic data on the parameters of industrial explosions carried out on the territory of Ukraine, as well as infrasonic responses to the events indicated are analyzed. The limits of sensitivity and range of application of the infrasound method for this type of phenomena are determined. The proposed technology for recording signals from seismic events by a seismo-acoustic complex makes it possible to register land-based industrial explosions at a distance of up to 200 km.

Keywords: *infrasound, industrial explosion, identification, small-aperture acoustic group.*

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.051:355.3145

Байдацький В.П.,

Білоус В.Б.,

Баранов Р.О.,

Маліцький А.В.,

Кузьменко В.П.,

Грибовський Д.О.,

Бочаров Л.І.

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ

АЛГОРИТМ ВИБОРУ ДИСКРЕТНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ЗА КРИТЕРІЄМ МАКСИМУМУ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ

Пропонується алгоритм побудови гнучкої програми аналізу технічного стану складних технічних об'єктів, як системи, комплекси та станції радіоелектронної розвідки за критерієм максимуму ефективності отриманої інформації при використанні дискретних діагностичних ознак. Ефективність інформації обчислюється як відношення її цінності до кількості. Наводиться числовий приклад алгоритму.

Ключові слова: аналіз технічного стану, цінність інформації, ефективність інформації, діагностична ознака.

Вступ. В теперішній час процеси проектування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу стану складних технічних об'єктів, як системи, комплекси та станції радіоелектронної розвідки характеризуються рядом особливостей [1]. До основних з них відносяться:

великі (надвеликі) потоки інформації, що обробляється;

зростання складності об'єктів управління;

збільшення кількості об'єктів управління;

велика різноманітність типів вимірювальної інформації, що використовується для прийняття рішення;

невизначеність та нечіткість задач при проведенні моніторингу стану складних технічних об'єктів.

Невід'ємною складовою частиною таких автоматизованих систем є програмні комплекси, що реалізують інформаційну технологію моніторингу стану.

Моніторинг стану передбачає отримання в явному вигляді узагальнених оцінок виконання програми функціонування об'єкта управління, що розглядається, або визначення ступеня його працездатності, місця несправності, яка виникла, а також визначення оцінки процесів, які прогнозуються, із заданою точністю, з урахуванням конкретних цілей та умов експлуатації на різних етапах функціонування об'єкта.

Моніторинг проводиться при інтеграції всіх наявних видів вимірювальної інформації та вирішує наступні завдання:

аналіз технічного стану (ТС) об'єкта управління, що виконується при його знаходженні як в штатних, так позаштатних ситуаціях;

контроль працездатності об'єкта управління та при виникненні несправності її діагностування, з вказанням місця та виду несправності, що виникла;

прогнозування поведінки об'єкта управління та передбачення розвитку як штатних так і нештатних (аварійних) ситуацій з метою їх попередження та

недопущення.

При вирішенні визначених завдань процес аналізу ТС об'єкта управління розглядається як керований за допомогою перевірок діагностичних ознак динамічний процес стохастичного типу із заданим правилом зупинки. Процедура, що задає склад діагностичних ознак та послідовність їх перевірки для розпізнавання кожного із можливих ТС об'єкта управління, називається гнучкою програмою аналізу (ГПА) [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Шляхом цілеспрямованого вибору перевірок процес аналізу ТС можна гнучко змінювати, надаючи йому бажані властивості, в тому числі і оптимальні за різними показниками.

Зокрема в роботі [2] запропонований показник E ефективності інформації у вигляді відношення цінності інформації V до її кількості I , тобто

$$E = V / I. \quad (1)$$

Кількість інформації визначається за відомою формулою Шеннона [3], а її цінність визначається як відношення

$$V = \frac{P - p}{1 - p}, \quad (2)$$

де P та p представляють собою ймовірності досягнення цілі управління при використанні отримуваної інформації і без її використання відповідно. При цьому значення цінності інформації змінюється в діапазоні від 0 до 1.

Слід відмітити, що цінність інформації можна визначати різними способами. Одним з перших, хто ввів поняття цінності (корисності) інформації, був академік А.А. Харкевич [4]. Він запропонував визначати цінність отримуваної інформації через двійковий логарифм відношення ймовірностей

досягнення цілі управління після та до отримання інформації. В цьому випадку цінність інформації змінюється в діапазоні від $-\infty$ до $+\infty$. Вона рівна нулю, якщо отримана інформація не змінює ймовірність досягнення цілі, тобто являється пустою, приймає від'ємне значення, якщо отримана інформація зменшує ймовірність досягнення цілі, тобто являється дезінформацією, і на кінець, оцінюється додатною величиною, якщо отримана інформація збільшує ймовірність досягнення цілі, тобто являється цінною.

Г.П. Шпакін в своїй монографії [5], спираючись на праці М.М. Бонгарда [6] та Р.Л. Стратоновича [7], запропонував аксіоматичне визначення поняття “цінність інформації” та розробив ряд математичних моделей, що дозволяють визначати цінність інформації, необхідної користувачу для досягнення деякої цілі.

Побудови ГПА ТС об'єкту за критерієм максимуму ефективності інформації при використанні діагностичних ознак (ДО), представляються в безперервній формі, тобто у вигляді інтервалів на дійсній числовій вісі. Між тим, при аналізі ТС досить часто використовуються дискретні ДО (в бінарній або цілочисловій формах представлення). Тому розробка алгоритму вибору дискретних діагностичних ознак за критерієм максимуму ефективності отриманої інформації є актуальною та важливою задачею.

Мета роботи. Розробка алгоритму побудови гнучкої програми аналізу технічного стану складних технічних об'єктів, як системи, комплекси та станції радіоелектронної розвідки за критерієм максимуму ефективності отриманої інформації при використанні дискретних діагностичних ознак.

Математична постановка задачі

Задамо наступні впорядковані множини:

$$M_o = \langle S, \Pi, G, P, \Phi \rangle; \quad (3)$$

$$M_n = \langle S, \Omega, \rho, \hat{\Pi} \rangle. \quad (4)$$

Перша з даних множин є моделлю об'єкту аналізу, а друга – моделлю процесу визначення технічного стану об'єкту, процесу аналізу. До складу цих моделей входять:

$S = \{S_i \mid i = \overline{1, m}\}$ – множина ТС, в одному з яких знаходиться об'єкт, що аналізується;
 $\hat{\Pi} = \{\hat{\pi}_j \mid j = \overline{1, n}\}$ – множина перевірок, взаємно однозначно відповідна множині $\Pi = \{\pi_j \mid j = \overline{1, n}\}$ ДО, на якому всі ТС $S_i \in S$ попарно розрізнені, тобто $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$ є перевірка відповідної ознаки $\pi_j \in \Pi$; $G = \{G_{ij} \mid i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}\}$ – множина модельних значень ДО, кожна з яких означає найбільш вірогідний результат перевірки $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$ в

ТС $S_i \in S$; $P = \left\{ P(S_i) \mid \sum_{i=1}^m P(S_i) = 1 \right\}$ – множина

ймовірностей ТС $S_i \in S$; $\Phi: S \times \Pi \rightarrow G$ – відображення, при якому

$\sigma_{ij} = \Phi(S_i, \hat{\pi}_j), S_i \in S, \hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$. Звичайно таке відображення задається у вигляді таблиці станів, рядками якої є ТС $S_i = [\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{in}]^T \in S(i = \overline{1, m})$, а стовпчиками –

перевірки $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}, (j = \overline{1, n})$. $\Omega = \{R \mid R \subseteq S\}$ – алгебра підмножини множини S , в якій елементи R мають зміст інформаційних станів (ІС) моделює мого процесу, а кожен з них представляє собою підмножину “підозрюваних” ТС, в одному з яких може знаходитись об'єкт в момент аналізу його стану;

$$\rho = \left\{ P(R) \mid P(R) = \sum_{S_i \in R} P(S_i), R \in \Omega \right\} \quad -$$

ймовірнісна міра, задана на множині Ω . Ймовірності $P(R) \in \rho$ ІС $R \in \Omega$ як елементи алгебри випадкових подій визначаються ймовірностями, які входять до них, “підозрюваних” ТС.

В рамках ймовірнісно-динамічної моделі (4) реалізується послідовна процедура аналізу ТС. Основними її елементами являються ІС $R \in \Omega$, кожен з яких має свою ймовірнісну міру $P(R)$. Під дією перевірок $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$ здійснюється послідовний перехід від одного ІС до іншого, поки не буде визначено ТС, в якому знаходиться об'єкт.

Розрізняють початковий ІС $R = S$, проміжний ІС $R \subset S$, та кінцеві ІС $R = \{S_i\}, i = \overline{1, m}$. Кожний з кінцевих ІС містить єдиний “підозрюваний” ТС S_i , який сприймається як впізнаний i -й ТС об'єкту. В подальшому кінцеві ІС будемо позначати $R_i = \{S_i\}$, а всі інші (не кінцеві) – $R \subseteq S$ ($k = m+1, m+2, \dots$).

Кожна перевірка $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$ має деяке кінцеве число результатів. Загальна кількість результатів перевірки $\hat{\pi}_j$ в ІС R_k позначимо через ω_{kj} , а порядковий номер результату – через $\nu = \overline{1, \omega_{kj}}$. В простішому випадку перевірка має два результати – “норма” – “не норма”, яким відповідають модельні ознаки, позначені σ_{ij}^1 та σ_{ij}^0 .

Окрема перевірка $\hat{\pi}_j$, переводить процес аналізу з деякого ІС $R_k \subseteq S$ в один із станів $R_{kj}^\nu \subset R_k$, що складається з меншого числа елементів, реалізуючи відображення

$$\hat{\pi}_j: R_k \rightarrow R_{kj}^\nu (\nu = \overline{1, \omega_{kj}}), \quad (5)$$

де $R_{kj}^v \subset R_k$ – новий ІС, отриманий в результаті v -го результату перевірки ($v = \overline{1, \omega_{kj}}$), причому

$$\bigcup_{v=1, \omega_{kj}} R_{kj}^v = R_k.$$

Для досягнення кінцевого ІС R_i в загальному випадку необхідно кілька раз виконати відображення (5), використовуючи при цьому перевірки різних ознак $\pi_j \in \Pi$, які вибираються при побудові ГПА. В сукупності ці ознаки складають підмножини $\Pi_i \subseteq \Pi$, перевірка яких необхідна для визначення i -го ТС об'єкту. З урахуванням цього процес переходу з любого ІС $R_k \subseteq S$ в кінцевий ІС $R_i = \{S_i\} \in R_k$ формально можливо описати у вигляді композиції (добутку) відображень (5), що реалізовані одною перевіркою.

Так як перша перевірка ознаки $\pi_j \in \Pi_i$ застосовується в початковому ІС $R_k = S$, а остання приводить до отримання кінцевого ІС $R_i = \{S_i\}$, то вказану композицію можемо записати як відображення

$$\prod_{\pi_j \in \Pi_i} \hat{\pi}_j : S \rightarrow R_i, i = \overline{1, m}.$$

Процесом аналізу ТС можна керувати, цілеспрямовано обираючи в кожному некінцевому ІС $R_k \subseteq S$ для перевірки ознаки π_j , яка належить множині Π_k допустимих ознак, що визначається з умови $\pi_j \in \Pi_k$, якщо $(\exists S_i, S_j \in R_k) : (\sigma_{ij} \neq \sigma_{jj})$. (6)

Ймовірність $R_k(\hat{\pi}_j^v)$ переходу з ІС R_k в ІС R_{kj}^v при виконанні перевірки $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}_k$ визначається за формулою

$$P(R_{kj}^v / R_k) = P_k(\hat{\pi}_j^v) = \frac{\sum_{S_i \in R_{kj}^v} P(S_i)}{\sum_{S_i \in R_k} P(S_i)}, v = \overline{1, \omega_{kj}}. (7)$$

Сутність синтезуємого алгоритму закладається в тому, що в початковому ІС та в кожному з наступних станів $R_k \subset S$ вибирається для перевірки така ознака $\pi_j \in \Pi$, якій відповідає максимальне значення показника E ефективності отримуваної інформації.

ГПА, яка складається будемо представляти у вигляді орієнтованого графа G , вершинами якого являються ІС процесу аналізу, а дугами – результати перевірок ознак в цих станах. Граф G складається з гілок $G_i (i = \overline{1, m})$, кожна з яких приводить до розпізнавання конкретного ТС S_i , має одну початкову і m кінцевих (за кількістю можливих ТС

об'єкта) вершин.

Обчислення показника ефективності інформації.

Проведемо модифікацію показника ефективності інформації (1), запропонованого в роботі [2], для його використання в предметній галузі аналізу ТС об'єкту управління.

Позначимо через $E_k(\hat{\pi}_j)$ показник ефективності інформації, отриманої при здійсненні перевірки $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$ в ІС R_k та будемо визначати його з відношення

$$E_k(\hat{\pi}_j) = \frac{V_k(\hat{\pi}_j)}{I_k(\hat{\pi}_j)}, (8)$$

де $V_k(\hat{\pi}_j)$ – цінність інформації, а $I_k(\hat{\pi}_j)$ – її кількість.

Метою функціонування ГПА є розпізнавання конкретного ТС $S_i \in S$, в якому знаходиться об'єкт, що аналізується. Отже в якості ймовірності p в формулі (2) можна використовувати ймовірність $P(S_i)$.

Розглянемо тепер ІС $R_{kj}^v \subset R_k$, отримане в результаті перевірки, здійсненої в ІС R_k . Цей ІС має в своєму складі в загальному випадку кілька передбачуваних ТС $S_i \in S$, в одному з яких може знаходитись об'єкт аналізу. Для розпізнавання цих станів необхідна додаткова інформація, яка також володіє деякою цінністю. Така інформація може бути отримана в результаті виконання наступних перевірок.

Тоді в якості ймовірності P в формулі (2) можна використовувати уточнену ймовірність R_i ТС $S_i \in R_{kj}^v$, яка визначається за формулою

$$P_i = \frac{P(S_i)}{\sum_{S_i \in R_{kj}^v} P(S_i)}. (9)$$

Позначимо через $V_{kj}^v(S_i)$ цінність інформації, яку необхідно отримати для розпізнавання конкретного ТС $S_i \in R_{kj}^v$ та будемо визначати її за формулою

$$V_{kj}^v(S_i) = \frac{P_i - P(S_i)}{1 - P(S_i)}. (10)$$

Відмітимо, що якщо ІС R_{kj}^v складається тільки з одного ТС $S_i \in S$, то у відповідності з (9) ймовірність P_i стає рівною одиниці. Це логічно, оскільки при розпізнаванні конкретного ТС мета процесу аналізу вважається досягнутою.

Оскільки ІС $R_{kj}^v \subset R_k$ в загальному випадку складається з кількох ТС $S_i \in S$, то цінність інформації, яка необхідна для розпізнавання всіх ТС

$S_i \in R_{kj}^V$, визначається за формулою

$$V_{kj}^V = \sum_{S_i \in R_{kj}^V} P_i \cdot V_{kj}^V(S_i). \quad (11)$$

Для обчислення цінності інформації $V_k(\hat{\pi}_j)$, отриманої при здійсненні перевірки $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$ в IC R_k , необхідно усереднювати результати, отримані при обчисленні за формулою (11), за ймовірністю реалізації результатів цієї перевірки, використовуючи формулу

$$V_k(\hat{\pi}_j) = \sum_{v=1}^{\omega_{kj}} P_k(\hat{\pi}_j^v) \cdot V_{kj}^V. \quad (12)$$

Кількість інформації, яку отримуємо при здійсненні перевірки $\hat{\pi}_j \in \hat{\Pi}$ в IC R_k , визначається за формулою Шеннона

$$I_k(\hat{\pi}_j) = \sum_{v=1}^{\omega_{kj}} P_k(\hat{\pi}_j^v) [-\log_2 P_k(\hat{\pi}_j^v)]. \quad (13)$$

Слід також відмітити, що для IC R_k , що складаються з двох ТС $S_i \in S$, будь-яка з допустимих перевірок буде приносити інформацію, що володіє максимальною цінністю, рівній одиниці, оскільки за результатами її виконання відбувається гарантоване розпізнавання ТС, в якому знаходиться об'єкт, тобто мета аналізу досягається. Вибір найкращої перевірки в такому випадку здійснюється за іншими критеріями (максимальна достовірність, мінімальна вартість і т.д.).

В роботі [2] відмічено, що до цінності інформації принцип адитивності не застосовується. У зв'язку з цим формулу (8) можна використовувати тільки для визначення ефективності інформації, отриманої в процесі функціонування ГПА, що реалізується послідовним методом, тобто "прямим ходом", починаючи від IC $R_k = S$ та закінчуючи кінцевими станами $R_i = \{S_i\} (i = \overline{1, m})$. На кожному кроці функціонування ГПА вибирається найкраща для перевірки ознака відповідно до умови

$$\pi_s = \arg \max_{\pi_j \in \Pi_k} \{E_k(\hat{\pi}_j)\}, \quad (14)$$

де підмножина Π_k допустимих для перевірки ознак визначається відповідно до умови (6).

Алгоритм вибору найбільш ефективних діагностичних ознак

Схема алгоритму вибору найбільш ефективних діагностичних ознак, що пропонується, представлена на рис. 1.

В блоці 2 здійснюється введення вихідних даних, до яких відносяться множини $S = \{S_i | i = \overline{1, m}\}$, $\Pi = \{\pi_j | j = \overline{1, n}\}$, $G = \{\sigma_{ij} | i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}\}$ та

$$P(S_i), i = \overline{1, m}.$$

В блоці 3 назначається порядковий номер для вихідного IC.

В блоці 4 встановлюється поточне значення лічильників циклів по i, j , а також вихідний інформаційний стан $R_k \subseteq S$.

В блоці 5 для вихідного IC R_k з умови (6) вибираються допустимі для перевірки ознаки.

Блоки 6, 7 та 8 представляють собою цикл по перевіркам, вибраними в блоці 5, для яких за допомогою процедури, реалізованої в блоці 7, обчислюється показник $E_k(\hat{\pi}_j)$ ефективності інформації, яку отримуємо при перевірці ознаки π_j в IC R_k . Схема алгоритму, який реалізує дану процедуру, показана на рис. 2.

В блоці 9 здійснюється вибір оптимальної для перевірки ознаки за умовою (14).

В блоці 10 відбувається розбиття IC R_k на результати $R_{kj}^V (v = \overline{1, \omega_{kj}})$ шляхом виконання перевірки $\hat{\pi}_j$, вибраної в блоці 9.

Блоки 11-16 представляють собою цикл аналізу результатів R_{ks}^V , отриманих в блоці 10.

В блоці 12 визначається кількість елементів (ТС S_i), що входять до складу IC R_{ks}^V .

Блок 13 визначає чи є IC, що розглядається, кінцевим. Якщо так, то відбувається перехід до блоку 16 (до аналізу IC R_{ks}^{v+1}), якщо – ні, то відбувається перехід до блоку 14, де здійснюється зміна нумерації IC.

В блоці 15 IC, що розглядається, присвоюється новий номер, та далі здійснюється перехід до блоку 5.

В блоці 17 здійснюється вивід результатів та складання ГПА у вигляді орієнтованого графа.

Блок A1 – початок процедури обчислення показника ефективності інформації.

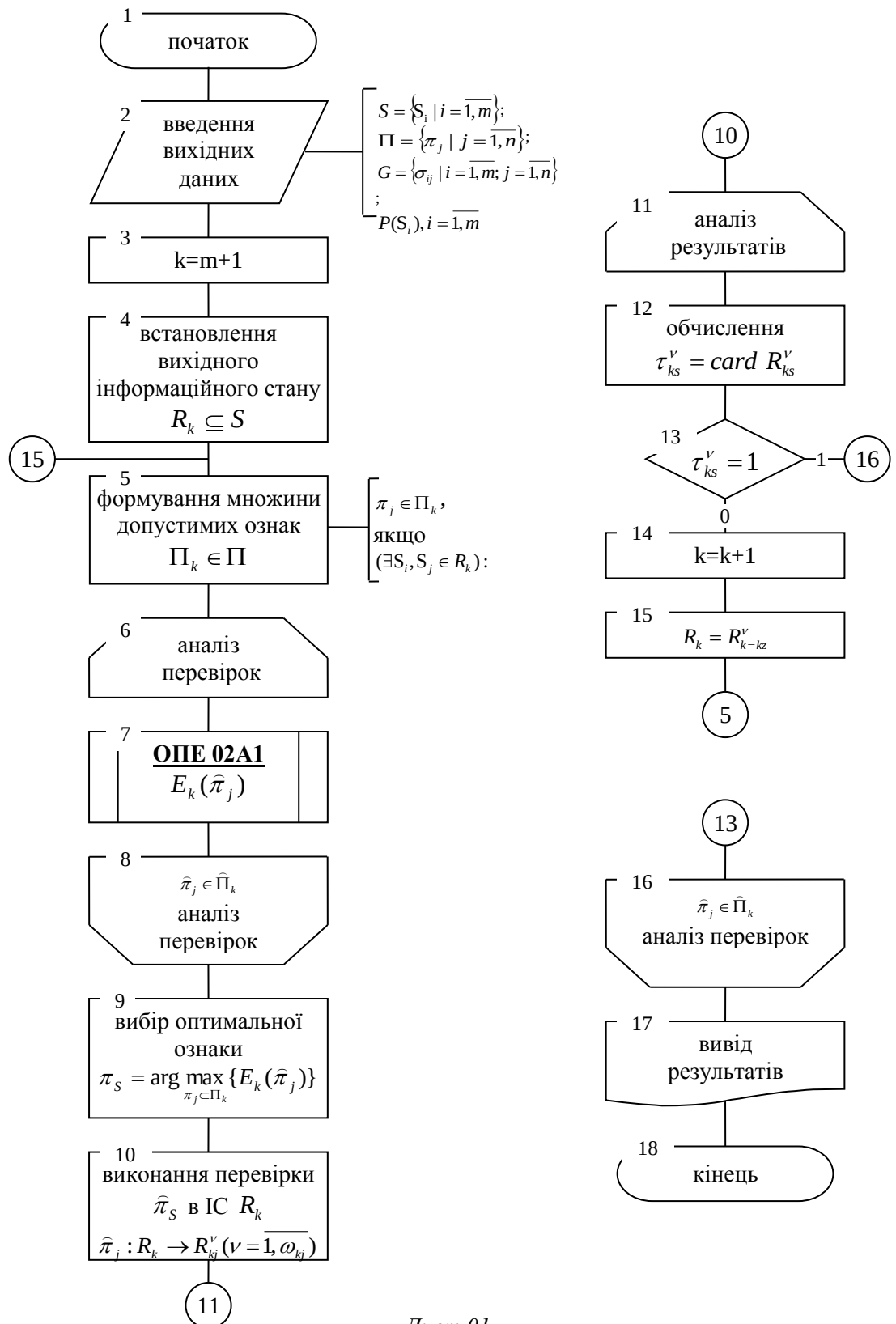
В блоці A2 у відповідності з відображенням (5) здійснюється перевірка $\hat{\pi}_j$, вибрана в блоці 6, та фіксуються її результати $R_{kj}^V (v = \overline{1, \omega_{kj}})$.

Блоки A3-A5 реалізують цикл обчислення ймовірностей $P_k(\hat{\pi}_j^v)$ результатів перевірки $\hat{\pi}_j$, отриманих в блоці A2. Ці ймовірності обчислюються в блоці A4 за формулою (7).

Блоки A6-A15 реалізують цикл аналізу результатів $R_{kj}^V (v = \overline{1, \omega_{kj}})$, отриманих в блоці A2.

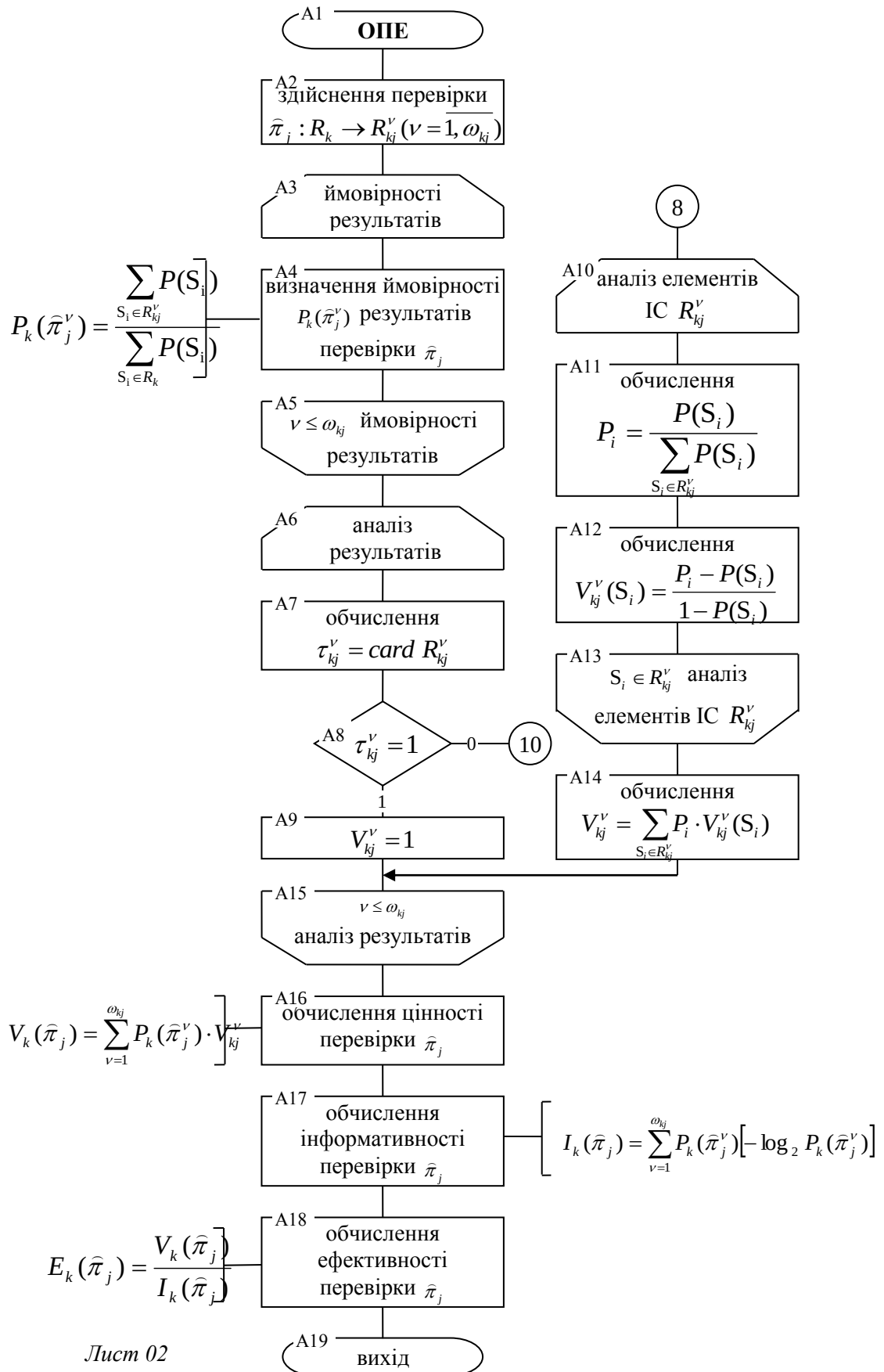
В блоці A7 визначається кількість елементів (ТС S_i), що входять до складу IC R_{ks}^V .

Блок A8 визначає чи є IC, що розглядається, кінцевим. Якщо – так, то відбувається перехід до блоку A9, в якому здійснюється присвоєння $V_{kj}^V = 1$



Лист 01

Рис. 1. Схема алгоритму вибору найбільш ефективних ДО.

Рис. 2. Схема алгоритму, що реалізує процедуру обчислення показника $E_k(\hat{\pi}_j)$.

та починається аналіз наступного ІС R_{kj}^{v+1} . Якщо – ні, то відбувається перехід до блоку А10.

Блоки А10-А13 представляють собою цикл аналізу елементів ІС R_{kj}^v , тобто ТС $S_i \in R_{kj}^v$.

В блоці А11 у відповідності з формулою (9) обчислюється значення ймовірностей P_i .

В блоці А12 у відповідності з формулою (10) обчислюється значення $V_{kj}^v(S_i)$.

В блоці А14 за формулою (11) обчислюється значення V_{kj}^v та відбувається перехід до аналізу наступного ІС R_{kj}^{v+1} .

В блоці А16 за формулою (12) обчислюється значення показника $V_k(\hat{\pi}_j)$ цінності інформації, яку отримуємо при виконанні перевірки ознаки π_j в ІС R_k .

В блоці 17 за формулою (13) обчислюється інформативність $I_k(\hat{\pi}_j)$ перевірки $\hat{\pi}_j$, що виконується в ІС R_k .

В блоці А18 за формулою (8) обчислюється значення показника $E_k(\hat{\pi}_j)$ ефективності інформації,

яку отримуємо при виконанні перевірки ознаки π_j в ІС R_k .

Блок А19 – кінець процедури.

В результаті виконання описаного алгоритму знайдемо всі впорядковані підмножини ознак $\Pi_i \in \Pi$, що задають склад та черговість їх перевірки для визначення конкретного ТС $S_i \in S$ об'єкту. Одночасно з цим знайдемо і всі гілки орієнтованого графу G , які задають умови переходу від одної ознаки, що перевіряється, до другої в залежності від результатів перевірки першої. Ці умови дозволяють при розпізнаванні ТС використовувати саме ту підмножину найбільш ефективних діагностичних ознак, які об'єктивно необхідно для ідентифікації стану об'єкту.

Висновок. Розроблений алгоритм дозволяє розпізнати всі задані технічні стани об'єкту, використовуючи при цьому найбільш ефективні в розумінні вибраного критерії діагностичної ознаки. Алгоритм може бути застосований в складі програмно-математичного забезпечення автоматизованих систем моніторингу технічного стану систем та комплексів РЕР, як для вирішення завдань контролю точності їх функціонування, так і при пошуку дефектів з їх заданою глибиною.

Перелік джерел посилань:

1. *Основи радіоелектронної розвідки. Частина 1. Розвідувально-інформаційний процес, основні моделі системи РЕР ефективність і напрями її подальшого розвитку* / Ю. О. Смірнов. – К. : НДІ ГУР МО України., 2009. – 155с.
2. *Корогодин В.И., Корогодина В.Л. Информация как основа жизни.* – Дубна: Издательский центр “Феникс”, 2000. – 208 с.
3. *Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике.* – М.: Изд-во. ин. лит., 1963. – с. 243-496.
4. *Харкевич А.А. О ценности информации. Проблемы кибернетики.* – М.: Физматгиз, 1960. – Вып. 4. – с. 53-72.
5. *Шашкин Г.П. Ценность информации. Вопросы теории и приложений.* – М.: Филоматис, 2004. – 128 с.
6. *Бонгард М.М. Проблема узнавания.* – М.: Наука, 1967. – 320 с.
7. *Стратонович Р.Л. Теория информации.* – М.: Сов. радио, 1975. – 424 с.

References

1. *Osnovi radi`oelektronnogo rozvi`dki. Chastina 1. Rozvi`duval`no-i`nformaczi`jniy proces, osnovni` modeli` sistemi RER effektivni`st` i` napryami yiyi podal`shogo rozvitku* / Yu. O. Smi`rnov. – K. : NDI` GUR MO Ukraini., 2009. – 155s.
2. *Korogodin V.I., Korogodina V.L. Informacziya kak osnova zhizni.* – Dubna: Izdatel`skij czentr “Feniks”, 2000. – 208 s.
3. *Shannon K. Matematicheskaya teoriya svyazi // Raboty` po teorii informaczii i kibernetike.* – M.: Izd-vo. in. lit., 1963. – s. 243-496.
4. *Kharkevich A.A. O czennosti informaczii. Problemy` kibernetiki.* – M.: Fizmatgiz, 1960. – Vy`p. 4. – s. 53-72.
5. *Shashkin G.P. Czennost` informaczii. Voprosy` teorii i prilozhenij.* – M.: Filomatis, 2004. – 128 s.
6. *Bongard M.M. Problema uznvaniya.* – M.: Nauka, 1967. – 320 s.
7. *Stratonovich R.L. Teoriya informaczii.* – M.: Sov.radio, 1975. – 424 s.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ДИСКРЕТНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМУМА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Байдацкий В.В., Белоус В.Б., Баранов Р.А., Малицкий А.В., Кузьменко В.П., Грибовский Д.О.,
Бочаров Л.И.

Предлагается алгоритм построения гибкой программы анализа технического состояния сложных технических объектов, как системы, комплексы и станции радиоэлектронной разведки по критерию максимума эффективности полученной информации при использовании дискретных диагностических признаков. Эффективность информации исчисляется как отношение ее ценности к количеству. Приводится числовой пример алгоритма.

Ключевые слова: анализ технического состояния, ценность информации, эффективность информации, диагностический признак.

ALGORITHM OF SELECTION OF DISCRETE DIAGNOSTIC SIGNS ON THE MAXIMUM OF INFORMATION EFFICIENCY CRITERIA

Baidatskyi V., Bilous V., Baranov R., Malitskyi A., Kuzmenko V., Hribovskyi D., Bocharov L.

An algorithm for constructing a flexible program for analyzing the technical state of complex technical objects, such as systems, complexes and radio-electronic intelligence stations by the criterion of maximum efficiency of the information obtained when using discrete diagnostic features, is proposed. Information efficiency is calculated as the ratio of its value to quantity. A numerical example of the algorithm is given.

Keywords: analysis of technical condition, value of information, efficiency of information, diagnostic feature.

УДК 004.051:355.3145

Сало Р.М.,
Білоус В.Б.,
Баранов Р.О.,
Тупіков А.А.,
Кузнєцов Д.О.,
Бочаров Л.І.
Чеботарьов М.А.

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ

НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ГЕОПРОСТОРОВОЇ РОЗВІДКИ НА ОСНОВІ ЙМОВІРНІСНОГО ГРАФУ

Недостатність належного забезпечення сучасними засобами ведення технічних видів розвідки, як основних видів воєнної розвідки Збройних Сил України, втрата технічного потенціалу держави у зв'язку з збройною агресією Російської Федерації, стали каталізатором винайдення, нових форм і способів ведення розвідки, розробки нових зразків озброєння та військової техніки розвідки, розвитку інформаційних систем для удосконалення існуючих засобів розвідки та підтримки прийняття рішень. У статті запропонований науково-методичний апарат оцінювання ефективності інформаційних систем геопросторової розвідки.

Ключові слова: система, геопросторової розвідки, автоматизація, управління, розвідувальні матеріали, відомості, дані, інформація.

Вступ. У зв'язку з виникненням наукових та поставлених розвідувальних завдань, фахівцями технічних видів розвідки постійно здійснюється удосконалення форм, способів ведення розвідки, зразків озброєння та військової техніки розвідки шляхом розробки інформаційних систем для удосконалення існуючих засобів розвідки та підтримання прийняття рішень. В основному апробація та оцінювання ефективності розроблених інформаційних систем проводиться безпосередньо під час бойового застосування [1, 2]. Процес оцінювання ефективності застосування інформаційних систем геопросторової розвідки полягає у порівнянні якості рішень, які приймаються особовим складом чергової зміни без інформаційної системи та з її використанням. Безпосереднє оцінювання ефективності інформаційних системи геопросторової розвідки, пропонується розглядати процес взаємодії оператора і ЕОМ при відпрацюванні керуючих взаємодій без інформаційної системи оцінювання обстановки та при її застосуванні [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Система геопросторової розвідки (ГПР) є складовою частиною системи воєнної розвідки та загальної системи моніторингу суміжних з Україною держав, коаліцій і блоків держав та існує у просторі функцій, які деталізуються у типовий комплекс завдань, що виконуються за рахунок композиції внутрішніх функцій та базових інформаційно-технологічних алгоритмів функціонування системи. В свою чергу ГПР спрямована на підвищення ефективності функціонування системи в цілому [5- 7].

Перш ніж оцінювати ефективність інформаційної системи оцінювання обстановки ГПР, пропонується розглядати процес взаємодії оператора і ЕОМ при відпрацюванні керуючих взаємодій без інформаційної системи оцінювання оперативної обстановки та при її застосуванні.

прикладних завдань виконання

Підхід щодо оцінювання ефективності прийнятих рішень алгоритму на основі теорії ймовірнісного графу описаний в [8-10] потребує вихідних даних про ймовірнісно-часові характеристики операцій алгоритму. Отримання цих даних пов'язано з проведенням експериментальних досліджень в реальних умовах діяльності оператора, що практично не можливо на етапі макроефектування системи.

При проектуванні інформаційних систем доступною вихідною інформацією є експертна інформація, яка накопичена в процесі розробки і експлуатації систем-прототипів. Формальним апаратом для обробки експертної інформації виступає теорія нечітких множин [11-17].

Застосування даного апарату при синтезі алгоритму діяльності оператора дозволяє використовувати відомі ймовірнісні моделі у випадку, якщо вихідні дані задані у вигляді нечітких чисел.

Мета статті. Метою статті є розробка науково-методичного апарату оцінювання ефективності інформаційних систем геопросторової розвідки оцінювання обстановки на основі ймовірнісного графу.

Виклад основного матеріалу

Для розв'язання задачі необхідна методика розрахунку значень ймовірності P_A та часу T_A для вихідного НІГ за допомогою його перетворення (укрупнення) до еквівалентного НІГ з однією дугою і двома вершинами – вхідною і кінцевою. Основними операціями такого перетворення є об'єднання послідовних дуг і видалення дуг-петель.

Позначимо нечіткі ймовірності і час переходу між i -ю та j -ю вершинами НІГ $\tilde{p}_{ij}$ та $\tilde{t}_{ij}$ відповідно. Тоді правила еквівалентного перетворення будуть мати наступний вигляд [18]:

1. Об'єднання послідовних дуг (рис. 1).

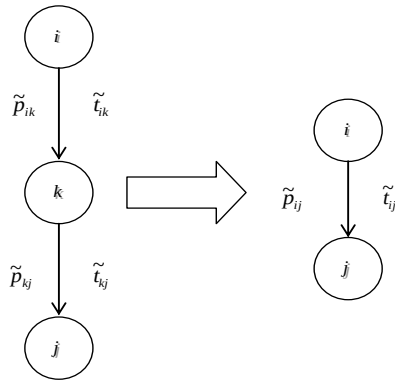


Рис. 1. Графічне зображення операції „об'єднання послідовних дуг”

$$\tilde{p}_{ij} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \left(\underline{p}_{ij\alpha}, \overline{p}_{ij\alpha} \right); \quad (1)$$

$$\tilde{t}_{ij} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \left(\underline{t}_{ij\alpha}, \overline{t}_{ij\alpha} \right); \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \overline{p}_{ij\alpha} &= \overline{p}_{ik\alpha} \cdot \overline{p}_{kj\alpha}; \underline{p}_{ij\alpha} = \underline{p}_{ik\alpha} \cdot \underline{p}_{kj\alpha}; \overline{t}_{ij\alpha} = \\ &= \overline{t}_{ik\alpha} + \overline{t}_{kj\alpha}; \underline{t}_{ij\alpha} = \underline{t}_{ik\alpha} + \underline{t}_{kj\alpha}; \end{aligned}$$

де $\tilde{p}_{ij}$ та $\tilde{t}_{ij}$ – α -рівень нечітких величин $\tilde{p}_{ij}$ та $\tilde{t}_{ij}$.

2. Об'єднання паралельних дуг.

$$\tilde{p}_{ij} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \left(\underline{p}_{ij\alpha}, \overline{p}_{ij\alpha} \right); \quad (3)$$

$$\tilde{t}_{ij} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \left(\underline{t}_{ij\alpha}, \overline{t}_{ij\alpha} \right); \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{де } \underline{p}_{ij\alpha} &= \underline{p}'_{ik\alpha} + \underline{p}''_{kj\alpha}; \overline{p}_{ij\alpha} = \min \left(1, \overline{p}'_{ik\alpha} + \overline{p}''_{kj\alpha} \right); \\ \underline{t}_{ij\alpha} &= \frac{p_1 \underline{t}'_{ij\alpha} + p_2 \underline{t}''_{ij\alpha}}{p_1 + p_2}; \overline{t}_{ij\alpha} = \frac{p_3 \overline{t}'_{ij\alpha} + p_4 \overline{t}''_{ij\alpha}}{p_3 + p_4}; \end{aligned}$$

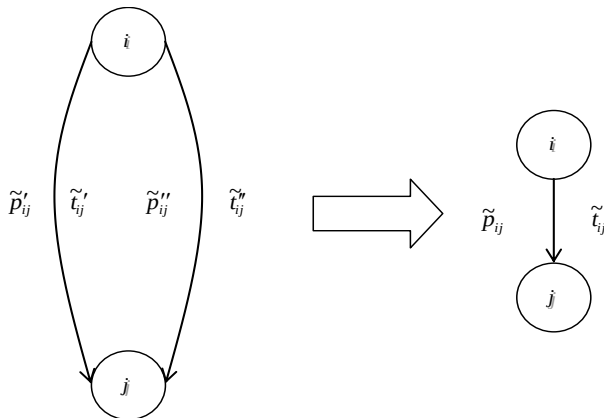


Рис. 2. Графічне зображення операції „об'єднання паралельних дуг”

$$p_1 = \begin{cases} \underline{p}'_{ij\alpha}, \underline{t}'_{ij\alpha} \geq \underline{t}''_{ij\alpha}; \\ \underline{p}'_{ij\alpha}, \underline{t}'_{ij\alpha} < \underline{t}''_{ij\alpha} \end{cases}; \quad p_2 = \begin{cases} \underline{p}''_{ij\alpha}, \underline{t}''_{ij\alpha} \geq \underline{t}'_{ij\alpha}; \\ \underline{p}''_{ij\alpha}, \underline{t}''_{ij\alpha} < \underline{t}'_{ij\alpha} \end{cases};$$

$$p_3 = \begin{cases} \overline{p}'_{ij\alpha}, \overline{t}'_{ij\alpha} \geq \overline{t}''_{ij\alpha}; \\ \underline{p}'_{ij\alpha}, \overline{t}'_{ij\alpha} < \overline{t}''_{ij\alpha} \end{cases}; \quad p_4 = \begin{cases} \overline{p}''_{ij\alpha}, \overline{t}''_{ij\alpha} \geq \overline{t}'_{ij\alpha}; \\ \underline{p}''_{ij\alpha}, \overline{t}''_{ij\alpha} < \overline{t}'_{ij\alpha} \end{cases};$$

Видалення дуги-петлі.

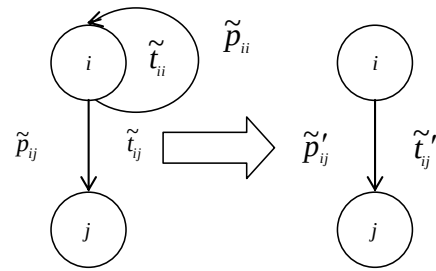


Рис. 3. Графічне зображення операції „видалення дуги-петлі”

$$\tilde{p}'_{ij} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \left(\underline{p}'_{ij\alpha}, \overline{p}'_{ij\alpha} \right); \quad (5)$$

$$\tilde{t}'_{ij} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \left(\underline{t}'_{ij\alpha}, \overline{t}'_{ij\alpha} \right); \quad (6)$$

$$\text{де } \underline{p}'_{ij\alpha} = \frac{\underline{p}_{ij\alpha}}{1 - \underline{p}_{ii\alpha}}; \overline{p}'_{ij\alpha} = \min \left(1, \frac{\overline{p}_{ij\alpha}}{1 - \overline{p}_{ii\alpha}} \right);$$

$$\underline{t}'_{ij\alpha} = \underline{t}_{ij\alpha} + \frac{\underline{t}_{ij\alpha} \cdot \underline{p}_{ii\alpha}}{1 - \underline{p}_{ii\alpha}}; \overline{t}'_{ij\alpha} = \overline{t}_{ij\alpha} + \frac{\overline{t}_{ij\alpha} \cdot \overline{p}_{ii\alpha}}{1 - \overline{p}_{ii\alpha}}.$$

Оптимальний (раціональний вибір) алгоритму діяльності оператора представимо, як пряму постановку задачі синтезу: $T_A \rightarrow \min$ при $P_A \geq P_{A_{\text{ДОП}}}$.

Нехай відомим є вихідний варіант алгоритму, в якому кожний i -й оператор (A_i) може бути реалізований n_i відомими способами, а кожне j -а логічна умова (ω_j) – n_j способами: $A_i = \{A_{i1}, \dots, A_{in_i}\}$; $\omega_j = \{\omega_{j1}, \dots, \omega_{jn_j}\}$.

Наявність деякої кількості варіантів пов'язано з тим, що проектувальник системи має можливість змінювати структуру та параметри алгоритму. Зміна структури полягає в зміні складу та взаємозв'язків операторів і логічних умов. Сутність оптимізації полягає у відсіканні неперспективних варіантів реалізації варіантів і логічних умов, які отримуються на кожному кроці укрупнення алгоритму. В процесі оптимізації доцільно застосовувати два достатньо наочних правила, які наведено у [17, 18].

Правило 1. Якщо A_1 і A_2 – два варіанти реалізації оператора A , причому $\tilde{p}_{A_1\alpha} > \tilde{p}_{A_2\alpha}$ і $\tilde{t}_{A_1\alpha} < \tilde{t}_{A_2\alpha}$, то варіант A_2 не може входити до оптимального алгоритму.

Правило 2. Якщо ω_1 і ω_2 – два варіанти виконання логічної умови ω , причому $\tilde{p}_{\omega_1\alpha} > \tilde{p}_{\omega_2\alpha}$ і $\tilde{t}_{\omega_1\alpha} < \tilde{t}_{\omega_2\alpha}$, то варіант A_2 не може входити до оптимального алгоритму. З урахуванням наведених правил вибір оптимального варіанту алгоритму

діяльності оператора при нечіткій вихідній інформації включає наступні етапи:

1. Генеруються можливі алгоритмічні структури діяльності оператора.

2. Визначаються вихідні дані за імовірісно-часовими характеристиками кожного варіанту реалізації оператора і логічної умови. Вихідні дані являють собою нечіткі числа в розкладі α - рівня.

3. Відкидаються неперспективні варіанти виконання операторів і логічних умов, які входять до деякої i -ї структури, використовуючи правила 1, 2.

4. Шляхом послідовного укрупнення графу i -ї вихідної структури алгоритму до еквівалентного графу на основі використання формул перетворення (1) – (6) визначаються час реалізації $\tilde{T}_A(A_i, \omega_i)$ і імовірність правильного виконання алгоритму $\tilde{P}_A(A_i, \omega_i)$ для i -го варіанту структури. Відкидаються варіанти реалізації процесу, для яких $\tilde{P}_A(A_i, \omega_i) < P_{\text{доп}}$.

6. Із варіантів, які залишилися обирають той, у якого $\tilde{T}(A_i, \omega_i) \rightarrow \min$.

7. Обраний оптимальний варіант «розгортається» до рівня операторів і логічних умов і записується оптимальний алгоритм.

Практичне застосування наведеної методики синтезу алгоритму діяльності оператора на початкових етапах проектування складних технічних систем дозволяє вирішити задачу вихідних даних.

Приклад застосування інформаційної системи геопросторової розвідки оцінювання обстановки роботи чергової зміни органів розвідки.

Розглянемо приклад застосування інформаційної системи геопросторової розвідки оцінювання обстановки для оцінювання роботи чергової зміни щодо аналізу обстановки, який починається з вибору ним групового ОР у відповідності із поставленим завданням.

Алгоритм роботи і перелік операцій, що виконуються черговою зміною. Алгоритм роботи чергової зміни органу ГПР в процесі розвідки можна скласти на підставі переліку операцій та логічних умов. Згідно з врахуванням досвіду практичної роботи підрозділів радіомоніторингу перелік операцій алгоритму зведений у таблиці 1, де значення імовірісно-часових характеристик ($t_{\text{оп}}$ – час виконання операції, $P_{\text{оп}}$ – ймовірність переходу до виконання окремої операції). Алгоритм роботи чергової зміни буде мати вигляд, наведений на рисунку 4.

Таблиця 1 – Перелік операцій та логічних умов алгоритму роботи чергової зміни органу розвідки

№ операції	Зміст операції, що виконується	Кількісні характеристики	
		$t_{\text{оп}}, \text{с}$	$P_{\text{оп}}$
1.	З'ясування бойової задачі оператором	25	1
2.	Прийняття рішення щодо режиму роботи	1,5	1
3.	Вибір режиму роботи	1,2	1
4.	Переведення посту в режим радіоконтролю (ПМ «PANORAMA»).	20	0,65
5.	Прийняття рішення щодо обробки сигналу	1,5	1
6.	Переведення посту в режим пошуку (ПМ «PANORAMA»).	20	0,35
7.	Селекція сигналу, який цікавить	2,5	1
8.	Вибір режиму аналізу сигналу	1,2	1
9.	Попередня реєстрація виявленого сигналу	1,0	0,7
10.	Здійснення аналізу, демодуляції та декодування за допомогою ПМ «Radioreader PRO-8»	14,5	1
11.	Вибір режиму бітового аналізу сигналу	1,2	1
12.	Аналіз бітової структури даних за допомогою ПМ «Bit Analyzer»	9	0,65
13.	Вибір режиму пеленгування	1	1
14.	Подача команди на пеленгування (в автоматизованому режимі)	2,1	0,85
15.	Відпрацювання команди на пеленгування (автоматичний режим)	30	1
16.	Отримання відпрацьованої команди на пеленгування	1,0	1
17.	Присвоєння пеленга ДРВ	0,6	1
18.	Викриття основних розвідувальних ознак (склад ДРВ, час роботи, тип позивних, інтенсивність режиму роботи ДРВ і т.д.)	180	1
19.	Ідентифікація ДРВ	1,5	1
20.	Визначення режиму функціонування ДРВ	8,2	1
21.	Визначення режиму роботи системи управління та зв'язку групового об'єкту розвідки	118,8	1
22.	Прийняття рішення про внесення даних до БД	1,0	1
23.	Вибір режиму редагування БД	4,5	1
24.	Формування масиву отриманих даних для запису до БД	6	0,8
25.	Запис інформації до робочої БД	4	1
26.	Доповідь черговій зміні командного пункту	20	1

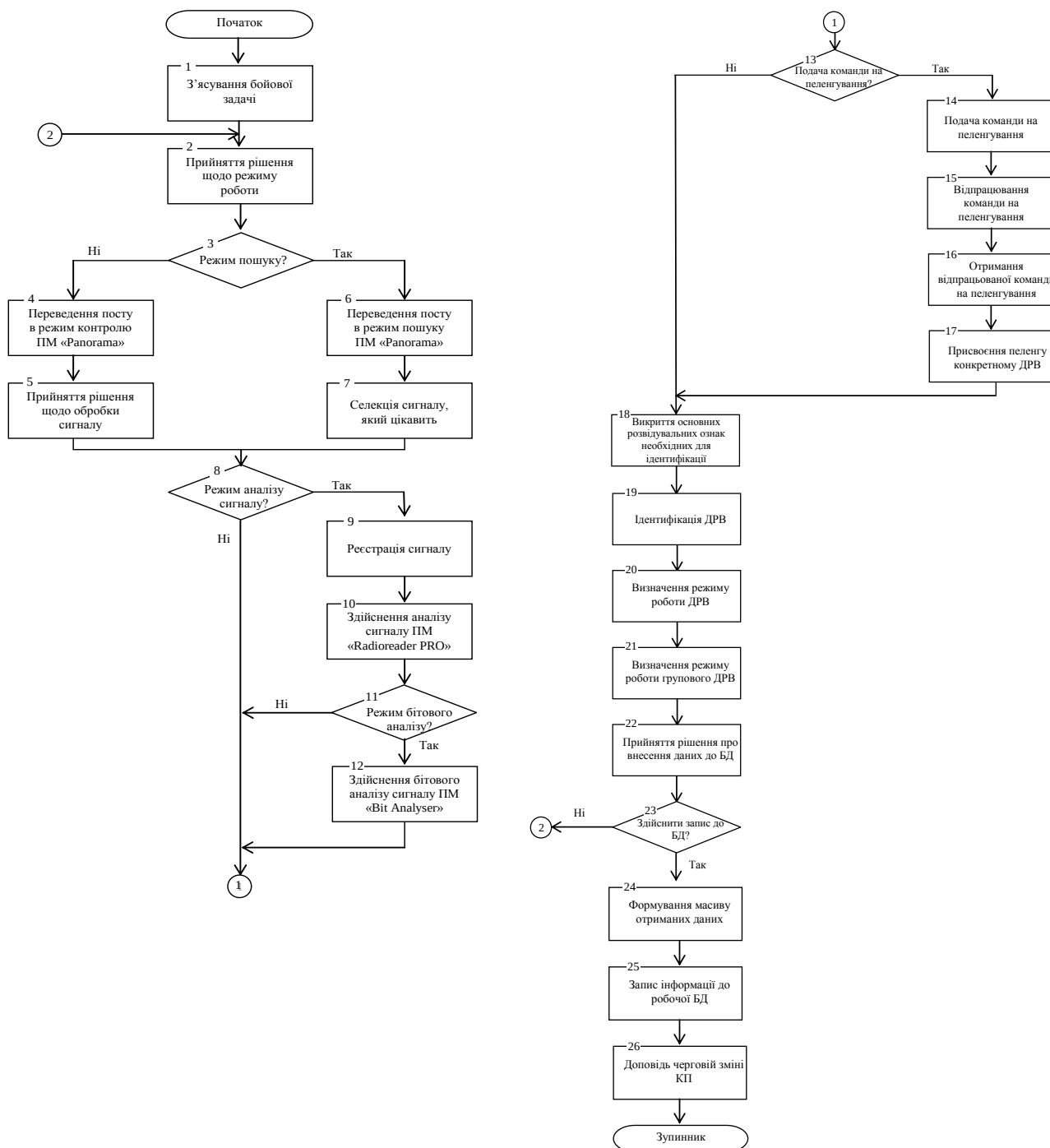


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритму роботи чергової зміни органу розвідки

Алгоритм, наведений на рисунку 4, як і всі алгоритмічні процеси, незалежно від операцій, що містяться в них, має початок і кінець, причому перехід алгоритму з початкового стану в кінцевий здійснюється за кінцеве число кроків.

Передбачається, що даний алгоритм має властивості дискретності, детермінованості, елементарності, закінченості кроків, спрямованості і масовості. Для оцінювання ефективності виконання наведеного алгоритму пропонується використовувати ймовірність правильного виконання $P_{вик}$ і час виконання $T_{вик}$. В ідеальному випадку даний алгоритм має відповідати умові

максимальної безпомилковості при мінімальних часових витратах:

$$P_{вик} \rightarrow \max ; T_{вик} \rightarrow \min . \quad (7)$$

Алгоритм відповідно до роботи постів ГПР має до 26 операцій та логічних умов, що ускладнює його аналіз і визначення імовірно-часових характеристик. Тому для подальшого аналізу його доцільно подати у вигляді орієнтованого графу, який являє собою графічне зображення послідовності виконання окремих операцій, що дозволяє розробити імітаційну модель процесу оцінювання оперативної обстановки, описати його

математично, оцінити часові витрати та імовірнісні показники.

Імітаційна модель роботи чергової зміни органу розвідки. Для розроблення імітаційної моделі операції доцільно представити у вигляді нечіткого імовірнісного графу.

Тоді граф, що відображає алгоритм роботи оператора, буде мати вигляд (рис. 5). Кожній вершині графу відповідає двовірний вектор

$W_i = \{t_i, p_i\}$, де t_i – час виконання i -ї операції; p_i – імовірність правильного виконання. Гілки переходів між вершинами зважені імовірністю переходу p_i по цій гілці. Сукупність множин зважених вершин і гілок графа разом з множиною напрямних гілок утворює орієнтований граф алгоритму.

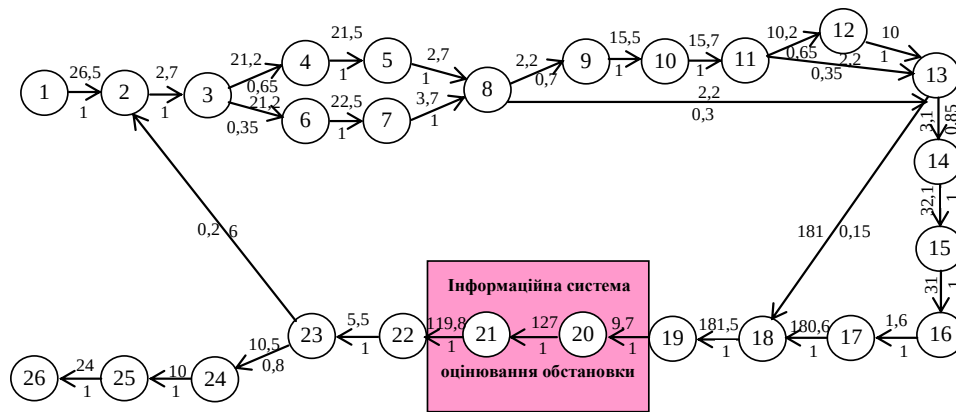


Рис. 5. Нечіткий імовірнісний граф алгоритму роботи чергової зміни підрозділів ГПР

Вагові коефіцієнти переходів між вершинами задані нечіткими числами, значення яких записані в матриці суміжності ймовірностей переходів вершин НІГ та матриці суміжності часів переходів вершин НІГ. Значення даних вагових коефіцієнтів обрані за результатами експертного опитування відділу управління черговими змінами підрозділу ГПР.

Після представлення нечітких характеристик переходів між вершинами графу в α -рівневому описі $\tilde{q} = \bigcup (q_\alpha, \bar{q}_\alpha)$, представимо вихідний граф

рисунком 5 наступною L -матрицею (рис. 5(a)).

Аналіз графа (рисунком 4.10) дає можливість виділити ділянки з лінійними ланцюгами і застосувати правило об'єднання послідовних дуг.

До лінійних ланцюгів відносяться ділянки: 4-5, 6-7, 9-11, 14-17, 19-22, 24-26. Видаляємо проміжні вершини, використовуючи вирази (1) та (2), шляхом заміни строк.

В результаті здійснених перетворень нечіткий імовірнісний граф алгоритму роботи оператора комплексу радіомоніторингу приймає наступний вигляд (рисунком 6).

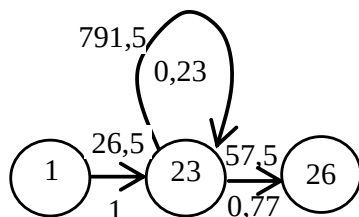


Рисунок 6 – Проміжний результат укрупнення нечіткого імовірнісного графу алгоритму роботи чергової зміни органу розвідки

З метою подальшого укрупнення графу рисунок 6 за допомогою формул (3) та (4) здійснимо видалення дуги-петлі.

Останнім кроком укрупнення НІГ є об'єднання паралельних дуг використовуючи формули (1) та (2).

Остаточний результат представлено матрицею L_6 .

1	2	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(22.5, 29.5)_0 \cup (24.5, 26.5)_1$
2	3	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(2.2, 3.2)_0 \cup (2.6, 2.8)_1$
3	4	$(0.55, 0.75)_0 \cup (0.64, 0.66)_1$	$(17.2, 25.2)_0 \cup (21.1, 21.3)_1$
3	6	$(0.25, 0.45)_0 \cup (0.34, 0.36)_1$	$(17.2, 25.2)_0 \cup (21.1, 21.3)_1$
4	5	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(17.5, 25.5)_0 \cup (20.5, 22.5)_1$
5	8	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(1.7, 3.7)_0 \cup (2.6, 2.8)_1$
6	7	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(18.5, 26.5)_0 \cup (21.5, 23.5)_1$
7	8	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(2.7, 4.7)_0 \cup (3.6, 3.8)_1$
8	9	$(0.6, 0.8)_0 \cup (0.69, 0.71)_1$	$(1.2, 3.2)_0 \cup (2.1, 2.3)_1$
8	13	$(0.2, 0.4)_0 \cup (0.29, 0.31)_1$	$(1.2, 3.2)_0 \cup (2.1, 2.3)_1$
9	10	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(11.5, 19.5)_0 \cup (14.5, 16.5)_1$
10	11	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(11.7, 19.7)_0 \cup (14.7, 16.7)_1$
11	12	$(0.55, 0.75)_0 \cup (0.64, 0.66)_1$	$(7.2, 15.2)_0 \cup (10.2, 12.2)_1$
11	13	$(0.25, 0.45)_0 \cup (0.34, 0.36)_1$	$(1.2, 3.2)_0 \cup (2.1, 2.3)_1$
12	13	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(6, 14)_0 \cup (9, 11)_1$
13	14	$(0.75, 0.95)_0 \cup (0.84, 0.86)_1$	$(2.1, 4.1)_0 \cup (3.3, 3.2)_1$
13	18	$(0.05, 0.25)_0 \cup (0.14, 0.16)_1$	$(171, 191)_0 \cup (176, 185)_1$
14	15	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(2.1, 4.1)_0 \cup (3.3, 3.2)_1$
15	16	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(26, 36)_0 \cup (29, 33)_1$
16	17	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(0.6, 2.6)_0 \cup (1.5, 1.7)_1$
17	18	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(170.6, 190.6)_0 \cup (175.6, 185.6)_1$
18	19	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(171.5, 191.5)_0 \cup (176.5, 186.5)_1$
19	20	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(5.7, 14.7)_0 \cup (8.7, 10.7)_1$
20	21	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(116.8, 136.8)_0 \cup (120.8, 132.8)_1$
21	22	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(109.8, 129.8)_0 \cup (114.8, 126.8)_1$
22	23	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(22.5, 29.5)_0 \cup (24.5, 26.5)_1$
23	2	$(0.1, 0.3)_0 \cup (0.19, 0.21)_1$	$(2.5, 8.5)_0 \cup (4.5, 6.5)_1$
23	24	$(0.7, 0.9)_0 \cup (0.79, 0.81)_1$	$(6.5, 14.5)_0 \cup (9.5, 10.5)_1$
24	25	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(6, 14)_0 \cup (9, 11)_1$
25	26	$(0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1$	$(20, 29)_0 \cup (23, 28)_1$

Рис. 5(a)

Таким чином, вихідний НІГ (рисунок 5) укрупнено до виду (рисунок 7), який має дві вершини і одну дугу, яка зважена нечіткими достовірністю прийняття рішення оператором і часом прийняття рішення оператором при використанні їм даного алгоритму.

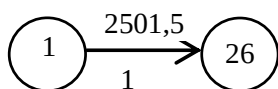


Рисунок 7 – Укрупнений нечіткий імовірнісний граф алгоритму роботи чергової зміни органу розвідки

В свою чергу представлення нечітких характеристик переходів між вершинами графу

рисунок 5 без застосування інформаційної системи оцінювання обстановки представлено наступною L -матрицею

$$L_{\overline{ICOO}} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & (0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1 & (22.5, 29.5)_0 \cup (24.5, 26.5)_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 11 & 12 & (0.55, 0.75)_0 \cup (0.64, 0.66)_1 & (7.2, 15.2)_0 \cup (10.2, 12.2)_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 20 & 21 & (0.70, 0.8)_0 \cup (0.75, 0.9)_1 & (116.8, 136.8)_0 \cup (120.8, 132.8)_1 \\ 21 & 22 & (0.72, 0.75)_0 \cup (0.75, 0.85)_1 & (109.8, 129.8)_0 \cup (114.8, 126.8)_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 25 & 26 & (0.95, 1.0)_0 \cup (0.99, 1.0)_1 & (20, 29)_0 \cup (23, 28)_1 \end{bmatrix}$$

Використовуючи правила еквівалентного перетворення отримано укрупнений НІГ (рисунок 7), а матрицю перетворено у матрицю-рядок.

$$L_{\overline{ICOO}} = [1 \quad 26 \quad (0.617, 0.75)_0 \cup (0.64, 0.85)_1 \quad (156, 707.1)_0 \cup (682.8, 5977)_1]. \quad (8)$$

В таблиці 2 наведено порівняльні результати інформаційної системи оцінювання обстановки та без процесу оцінювання обстановки з використанням неї.

Таблиця 2. – Порівняльні результати процесу оцінювання ОО

	З використанням ICOO	Без використання ICOO
Оперативність процесу оцінювання оперативної обстановки		
Кращий випадок	49 – 303 сек.	156 – 707,1 сек.
Гірший випадок	255,1 – 2501,5 сек.	682,8 – 5977 сек.
Достовірність отриманих рішень		
Кращий випадок	0,89 – 1,0	0,64 – 0,85
Гірший випадок	0,77 – 1,0	0,617 – 0,75

Висновок. Проведене оцінювання ефективності удосконаленої методики оцінювання обстановки з впровадженням розробленої інформаційної системи оцінювання обстановки вказує на підвищення оперативності обробки РІ черговою

змінюю ГПР в органі розвідки при визначенні стану ОР (джерел розвідувальних відомостей) на 25 хвилин (21-23%) від загального часу на прийняття рішення при достовірності не менше 0,8.

Перелік джерел посилань:

1. Гаценко С. С., Варламов І. Д., Устименко О. В. 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. Гаценко С. С., Варламов І. Д. 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. 35-40.
3. Гаценко С. С., Зуїко В. В., Зотов С. В. Методика вироблення та надання рекомендацій в умовах невизначеності та суперечливості розвідувальної інформації: Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2016. № 3 (62). С. 12-23, інв. 47392 в НУОУ.
4. Гаценко С. С. Методика оцінювання оперативної обстановки в автоматизованих системах управління військами в умовах невизначеності: Наука і техніка Повітряних Сил ЗС України. 2017. № 1(26). С. 101-105.
5. Кучейко А. А. Развитие и конвергенция технологий геопространственной разведки. Журнал Земля из космоса. Ежегодная конференция по геопространственной разведке и геопространственным технологиям Defence Geospatial Intelligence (DGI 2012). 23-26 января 2012 г. – Лондон., С. 96-97.
6. Ежегодная конференция по геопространственной разведке и геопространственным технологиям Defence Geospatial Intelligence (DGI 2012). 24-27 января 2011 г. Журнал Земля из космоса. – Лондон., С. 34-35.
7. Попов М.О. Геопросторова розвідка в операціях збройних сил / М.О. Попов // Наука і оборона. – 2010, № 2/2010. С. 30-40.
8. Герасимов Б. М., Тарасов В.А., Токарев И. В. Человекомашинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта: К.: Наукова думка, 1993. 181 с.

9. Герасимов Б. М., Кондратенко С. О. Синтез алгоритму діяльності оператора при нечіткій початковій інформації: 2000. № 13. С.113–116.
10. Герасимов Б. М., Кондратенко С. О. Розрахунок значень імовірності правильного виконання і часу виконання алгоритму діяльності оператора на основі використання правил еквівалентних перетворень: Збірник наукових праць ЖВІРЕ. 2001. №3. С. 41–51, інв. № 5129 в НУОУ.
11. Герасимов Б. М., Дивизинюк М. М., Субач І. Ю. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности: Севастополь: издательский центр СНИЯЭиП. 320 с.
12. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: “УНИВЕРСУМ”, 1999. 320 с.
13. Ротштейн А. П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. Винница: Континент-ПРИМ, 1996. 132 с.
14. Ротштейн А. П., Кузнецов В. П. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий. К.: Техника, 1999. 180 с.
15. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Нечёткая надёжность алгоритмических процессов. Винница: Континент, 1997. 142 с.
16. Шматок С. О., Подчашинский Ю. О., Шматок О. С. Математичні та програмні засоби моделювання пристроїв і систем управління. Використання нечітких множин та нейронних мереж: Навчальний посібник. Житомир: ЖДТУ, 2007. 280с.
17. Kalantaievska S. Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems / S. Kalantaievska S., Pievtsov, H., Kuvshynov, O., Shy-shatskyi, A., Yarosh, S., Gatsenko, S., Zubrytskyi, H., Zhyvo-tovskiy, R., Petruk, S. and Zuiko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol 5, No. 9 (95) (2018): rr 60–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085>.
18. Гаценко С. С., Варламов І. Д. Методика оцінювання ефективності інформаційної системи оцінювання оперативної обстановки на основі нечіткого імовірнісного графу: матеріали науково-практичної конференції “Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони”. Київ: НУОУ, 2017. С. 106–109.

References

1. Gaczenko S. S., Varlamov I. D., Ustimenko O. V. Shlyakhi udoskonalennya vedennya radi`oelektronnogo 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. Kharkiv: KhUPS, 2014.S. 232-233.
2. Gaczenko S. S., Varlamov I. D. Analiz 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 naukovo-praktichnogo semi`naru “Osnovni` napryamki zastosuvannya kosmi`chnikh sistem ta geoi`nformaczi`jnogo zabezpechennya v i`nteresakh naczio`nal`noyi bezpeki i` oboroni”. Kiyiv: NUOU, 2015. S. 35–40.
3. Gaczenko S. S. Zujko V. V., Zotov S. V. Metodika viroblennya ta nadannya rekomendaczi`j v umovakh neviznachenosti` ta superechlivosti` rozvi`duval`noyi i`nformaczi`yi: Zbi`rnik naukovikh prac` CzNDI` OVT ZSU. 2016. # 3 (62). S. 12–23, i`nv. 47392 v NUOU.
4. Gaczenko S. S. Metodika oczi`nyuvannya operativnoyi obstanovki v avtomatizovanih sistemakh upravli`nnya vi`js`kami v umovakh neviznachenosti`: Nauka i` tekhnika Povi`tryanikh Sil ZS Ukraini. 2017. # 1(26). S. 101–105.
5. Kuchejko A. A. Razvitie i konvergenciya tekhnologij geoprostranstvennoj razvedki. Zhurnal Zemlya iz kosmosa. Ezhegodnaya konferenciya po geoprostranstvennoj razvedke i geoprostranstvenny`m tekhnologiyam Defence Geospatial Intelligence (DGI 2012). 23–26 yanvara 2012 g. – London., S. 96-97.
6. Ezhegodnaya konferenciya po geoprostranstvennoj razvedke i geoprostranstvenny`m tekhnologiyam Defence Geospatial Intelligence (DGI 2012). 24–27 yanvara 2011 g. Zhurnal Zemlya iz kosmosa. – London., S. 34-35.
7. Popov M.O. Geoprostora rozvi`dka v operaczi`yakh zbrojnikh sil / M.O. Popov // Nauka i` oborona. – 2010, # 2/2010. S. 30-40.
8. Gerasimov B. M., Tarasov V.A., Tokarev I. V. Chelovekomashinny`e sistemi prinyatiya reshenij s e`lementami iskusstvennogo intellekta: K.: Naukova dumka, 1993. 181 s.
9. Gerasimov B. M., Kondratenko S. O. Sintez algoritmu di`yal`nosti` operatora pri nechitki`j pochatkovi`j i`nformaczi`yi: 2000. # 13. S.113–116.
10. Gerasimov B. M., Kondratenko S. O. Rozrakhunok znachen` i`movi`rnosti` pravil`nogo vikonannya i` chasu vikonannya algoritmu di`yal`nosti` operatora na osnovi` vikoristannya pravil ekvi`valentnikh peretvoren`: Zbi`rnik naukovikh prac` ZhVI RE. 2001. #3. S. 41–51, i`nv. # 5129 v NUOU.
11. Gerasimov B. M., Divizinyuk M. M., Subach I. Yu. Sistemy` podderzhki prinyatiya reshenij: proektirovanie, primeneniye, ocenka e`ffektivnosti: Sevastopol`: izdatel`skij cenztr SNIYaE`iP. 320 s.
12. Rotshtejn A. P. Intellektual`ny`e tekhnologii identifikaczi: nechotykie mnozhestva, geneticheskie algoritmy`, nejronny`e seti. Vinnicza: “UNIVERSUM”, 1999. 320 s.
13. Rotshtejn A. P. Medicinskaya diagnostika na nechetkoj logike. Vinnicza: Kontinent-PRIM, 1996. 132 s
14. Rotshtejn A. P., Kuznecov V. P. Proektirovanie bezdefektny`kh cheloveko-mashinny`kh tekhnologij. K.:

Tekhnika, 1999. 180 s.

15. Rotshtejn A. P., Shtovba S. D. *Nechyotkaya nadyozhnost` algoritmicheskikh proczessov*. Vinnicza: Kontinent, 1997. 142 s.

16. Shmatok S. O., Podchashins`kij Yu. O., Shmatok O. S. *Matematichni` ta programni` zasobi modelyuvannya pristrojiv i` sistem upravli`nnya. Viktoristannya nechit`kikh mnozhin ta nejronnikh merezh: Navchal`nij posi`bnik*. Zhitomir: ZhDTU, 2007. 280s.

17. Kalantaievskaya S. Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems / S. Kalantaievskaya S., Pievtsov, H., Kuvshynov, O., Shy-shatskyi, A., Yarosh, S., Gatsenko, S., Zubrytskyi, H., Zhyvo-tovskyi, R., Petruk, S. and Zuiko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol 5, No. 9 (95) (2018): rr 60–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085>.

18. Gaczenko S. S., Varlamov I. D. *Metodika oczi`nyuvannya efektyvnosti` i`nformaczi`jnoyi sistemi oczi`nyuvannya operativnoyi obstanovki na osnovi` nechit`kogo i`movi`rni`snogo grafu: materi`ali naukovopraktichnoyi konferenczi`yi "Zastosuvannya kosmi`chnikh ta geoi`nformaczi`jnikh sistem v i`nteresakh naczi`onal`noyi bezpeki ta oboroni"*. Kiyiv: NUOU, 2017. S. 106–109.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАЗВЕДКИ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ГРАФА

Байдацкий В.В., Белоус В.Б., Баранов Р.А., Тупіков А.А., Кузнецов Д.А., Бочаров Л. И, Чеботарев М. А.

Недостаточность надлежащего обеспечения современными средствами ведения технических видов разведки, в качестве основных видов военной разведки Вооруженных Сил Украины, потеря технического потенциала государства в связи с вооруженной агрессией Российской Федерации, стали катализатором изобретения, новых форм и способов ведения разведки, разработки новых образцов вооружения и военной техники разведки, развития информационных систем для усовершенствования существующих средств разведки и поддержки принятия решений. В статье предложен научно-методический аппарат оценки эффективности информационных систем геопространственной разведки.

Ключевые слова: система геопространственной разведки, автоматизация, управление, разведывательные материалы, сведения, данные, информация.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPARATUS FOR EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF GEOPATRIC INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS

Baidatskyi V., Bilous V., Baranov R., Tupikov A., Kuznetsov D., Chebotarov M.

Insufficiency of proper provision of modern means of conducting technical types of intelligence, as the main types of military intelligence of the Armed Forces of Ukraine, loss of technical potential of the state in connection with the armed aggression of the Russian Federation, have become a catalyst for the invention, new forms and methods of conducting intelligence, the development of new exploration and development intelligence, development of information systems to improve existing intelligence and support decision-making. The article proposes a scientific and methodological apparatus for assessing the effectiveness of geospatial intelligence information systems.

Key words: system, geospatial exploration, automation, management, intelligence, information, data, information.

УДК 550.34

Сирку А.А.

Головний центр спеціального контролю НЦУВКЗ ДКА України, смт. Городок

КЛАВІАТУРНИЙ ПОЧЕРК, ЯК МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Сучасний розвиток суспільства нерозривно пов'язаний з інтенсивним використанням інформації, яка стає одним з найважливіших ресурсів. Інформатизація суспільства — це глобальний і незворотний процес розвитку людської цивілізації. Нестримно зростаючі технічні і технологічні характеристики інформаційно-комунікаційних систем і мереж надають якісно нові можливості для задоволення інформаційних потреб суспільства. Розвиток інформаційних технологій обумовив виникнення загроз національній та міжнародній безпеці пов'язаних з ростом кібератак, які вмотивовані інтересами окремих держав, груп та осіб, збільшується кількість випадків незаконного збирання, зберігання, використання, знищення, поширення конфіденційної інформації, незаконних фінансових операцій, крадіжок та шахрайства у мережі Інтернет. У зв'язку з цим питання захисту інформаційних ресурсів набуває якісно нового рівня та вимагає створення ефективних систем захисту інформації. Одним з основних методів захисту інформації є запровадження системи контролю і управління доступом, елементами якої є засоби ідентифікації та автентифікації користувачів. Проблема ідентифікації та автентифікації користувачів інформаційних систем, є та залишається дуже актуальною. Особливе місце за даним напрямком займають біометричні методи ідентифікації, основою яких є унікальні біометричні характеристики людини. В цій статті розглядаються основні принципи, механізми аналізу та існуючі напрацювання щодо ідентифікації користувачів комп'ютерних систем за методом аналізу їх клавіатурного вводу, так званого клавіатурного почерку. А також визначається напрямок для розробки власних систем ідентифікації та автентифікації.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційна система, інформаційна безпека, ідентифікація, біометричні методи ідентифікації, клавіатурний почерк.

Вступ. Розвиток новітніх технологій, інтенсивний розвиток телекомунікацій, локальних та глобальних використання в злочинних цілях інформації, яка в них циркулює, і тому проблема інформаційної безпеки цих систем набуває все більшої актуальності. Враховуючи різноманіття потенційних інформаційних загроз, складність їх структури і функцій, а також участь людини в технологічному процесі опрацювання інформації, цілісність, доступність та конфіденційність останньої можна досягти, лише створивши комплексну систему захисту інформації.

Одним із основних і невід'ємних елементів комплексної системи захисту інформації є система контролю і управління доступом до інформаційних ресурсів, яка надає засоби ідентифікації та автентифікації користувачів, що унеможливує доступ до інформаційних ресурсів сторонніх осіб, розмежовує доступ особам, які повинні мати доступ до інформації та запобігає негативному впливу на роботу інформаційної системи в цілому. Під ідентифікацією розуміють процедуру розпізнавання користувача в системі, як правило, за допомогою наперед визначеної апіорної інформації - ідентифікатора, яка сприймається системою. Ідентифікація є початковою процедурою надання доступу до системи. Після неї здійснюється автентифікація та авторизація.

Автентифікація особи в інформаційній системі — це процедура встановлення належності користувачеві інформації в системі пред'явленого ним ідентифікатора. З позицій інформаційної безпеки автентифікація є частиною процедури надання

комп'ютерних мереж, стимулює зловмисників на здобуття та доступу для роботи в інформаційній системі, наступною після ідентифікації, та передусе авторизації.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день існують різні методи ідентифікації та автентифікації користувачів інформаційних систем: парольна ідентифікація; апаратна (або електронна) ідентифікація (використання різноманітних токен, скреч-карт і т. д.); біометрична ідентифікація.

Найбільш традиційним на даний час вважається метод ідентифікації заснований на використанні пароллю. Але пароль може бути скомпрометований різноманітними способами. Методи, що відносяться до апаратної (електронної) ідентифікації, теж досить поширені, але по-перше для зчитування інформації з фізичного об'єкта (носія) необхідний спеціальний рідер, а по-друге фізичні об'єкти (носії інформації) можуть бути випадково пошкоджені, втрачені, передані іншій особі, вкрадені або дубльовані. Як бачимо у кожного з методів є як свої переваги так і недоліки, завдяки чому деякі технології підходять для використання в одних системах, а інші - в інших. Методи, що використовують для ідентифікації унікальні характеристики користувача (біометричні), вільні від перерахованих вище недоліків, тому є найбільш перспективними. Але слід зауважити, що біометричні методи теж мають свої недоліки, які пов'язані як з компрометацією ідентифікатора, якістю (досягнення визначеного рівня помилок FAR та FRR, де FRR помилка I роду — помилкове відхилення

справжніх користувачів (не впустити “свого”), а FAR помилка II роду – помилкове прийняття злоумисників (впустити “чужого”)) розробки системи ідентифікації та автентифікації, так і вартістю таких систем. Серед методів біометричної ідентифікації значний інтерес викликає метод ідентифікації за клавіатурним (комп’ютерним) почерком, який не потребує фінансових витрат на його функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемі дослідження, розробки і використання засобів біометричного контролю доступу приділено велику увагу в сучасній науковій, технічній літературі та у ресурсах Інтернет. Серед робіт з застосування динамічних систем на основі клавіатурного почерку в системах автентифікації слід відзначити праці таких вчених, як R. Gaines, W. Lisowski, S. Press, N. Shapiro, J. Leggett, Rick Joyce, Gopal Gupta, С. П. Расторгуев, Р. Н. Минниханов та цілого ряду інших дослідників і розробників.

Ще в минулому столітті велись дослідження особливостей динаміки клавіатурного набору з метою ідентифікації. Вперше в своїй роботі Гейнс [12] використовував час натискання клавіш для процедури ідентифікації. Гейнс експериментально отримав підтвердження того, що у людини, яка довгий час працює за клавіатурою, виробляється так званий клавіатурний почерк. Подібний експеримент здійснив Леггет [13], отримавши подібний результат.

В роботах Ріка Джойса і Гупта Гопала [14] наведено метод автентифікації оснований на використанні інформації про часові затримки між натисканнями клавіш, отриманої під час введення логіна в модифікованій процедурі ідентифікації.

Цю проблематику вивчав С. П. Расторгуев [15]. У своїй монографії автор розділив процедуру автентифікації на два види. Перший вид – це парольна автентифікація (ґрунтується на способі введення пароля, а не лише на знанні останнього), де користувач за парольною фразою проходить процедуру автентифікації. Другий вид – автентифікація користувачів за набором випадкових фраз.

Відома робота Р. Н. Минніханова, в якій реєстровані параметри розділено на дві групи:

1. Параметри, пов’язані з часовими характеристиками введення тексту.

2. Параметри сполучення символів, в яких помилки під час введення заздалегідь заданого тексту трапляються найчастіше, а також швидкість реакції оператора на виявлення та виправлення помилки.

Проведений аналіз публікацій підтверджує актуальність даної тематики.

Постановка завдання. Мета роботи полягає у аналізі методів ідентифікації та автентифікації на базі біометричних даних та їх використання для розпізнавання та достовірної ідентифікації користувачів інформаційних системах. Визначити напрямки подальшої роботи щодо підвищення ефективності систем контролю та управління доступом в інформаційних системах.

Основний матеріал дослідження. Біометрична система ідентифікації – це сукупність

автоматизованих методів і засобів ідентифікації людини на основі дослідження її унікальних фізіологічних та поведінкових характеристик [6].

На сьогоднішній день можливо виділити загалом два великі класи біометричних систем ідентифікації користувачів інформаційних систем – статичний та динамічний.

Наприклад до статистичних методів біометричної автентифікації відносять:

- ідентифікація за відбитком пальця;
- за формою долоні;
- по сітківці ока;
- по райдужній оболонці ока;
- за формою обличчя;
- за термограмою обличчя;
- по ДНК та інші,

а до динамічних методів біометричної автентифікації відносять:

- по голосу;
- по рукописному почерку;
- по клавіатурному почерку та інші.

Аналіз літератури [2, 4] показує, що статичні методи, ґрунтовані на фізіологічній (статичній) характеристиці людини, тобто унікальній властивості характеристик людини і разом з достоїнствами (висока точність автентифікації, висока швидкість реакції та ін.) мають ряд недоліків (висока вартість устаткування, витратних матеріалів і обслуговування).

Методи динамічної автентифікації ґрунтуються на поведінковій (динамічній) характеристиці людини, тобто враховують особливості, характерні для підсвідомих рухів у процесі відтворення якої-небудь дії. Аналіз методів динамічної автентифікації показав, що, незважаючи на ряд їх недоліків (висока імовірність помилки автентифікації і неправдивих спрацьовувань системи безпеки), в силу простоти і доступності вони залишаються затребуваними в секторі невеликих установ, підприємств і організацій [2, 3].

Серед зазначених методів біометричної автентифікації інтерес викликає метод автентифікації за клавіатурним (комп’ютерним) почерком людини (оператора).

Клавіатурний почерк або ритм друкування, відображає спосіб набору символів користувачем – набору тієї або іншої фрази. В якості унікальної інформації, властивої тому чи іншому користувачеві, можливо відзначити найбільш очевидні ознаки [7]:

- кількість помилок при наборі;
- інтервали між натисканнями клавіш;
- час утримання клавіш;
- число перекриттів між клавішами - одночасно натиснутих клавіш;
- ступінь аритмічності при наборі;
- швидкість набору.

При цьому часові інтервали між натисканнями клавіш характеризують темп роботи, а час утримання клавіш характеризує стиль роботи з клавіатурою - різкий удар або плавне натискання. Саме аналіз цих ознак лежить в основі існуючих на сьогоднішній день підходів вивчення клавіатурного почерку.

На рис. 1 схематично зображено часову діаграму вхідних даних, де: $t_i > 0$ – час утримання i -ї клавіші

натиснутою, $\tau_j > 0$ – час паузи між натиснутими сусідніми клавішами, $\tau_j < 0$ – час перекриття [9].

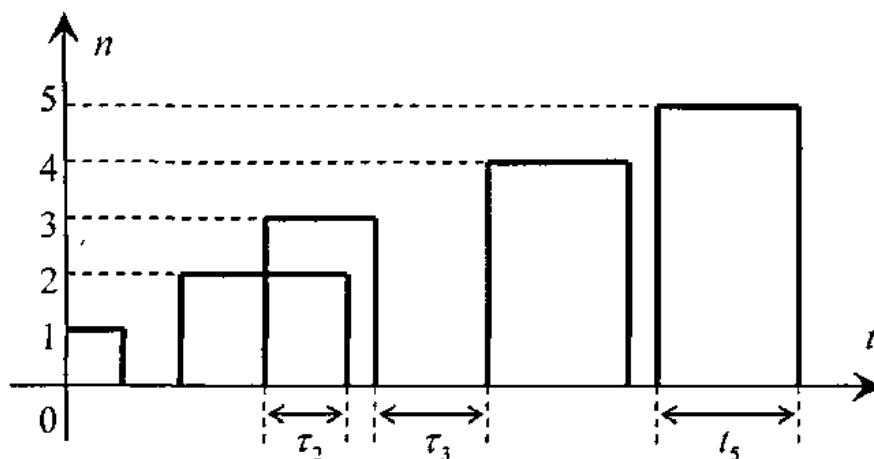


Рис. 1. Часова діаграма вхідних даних

Від'ємне значення паузи $\tau_j < 0$ відповідає часу перекриття, яке виникає у разі одночасного натискання двох клавіш. З рис. 1 видно, що час утримання клавіш $t_1, t_2, \dots, t_n$ та інтервал часу між натисканнями $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{n-1}$ можуть бути різними і, відповідно, значення цих параметрів можуть використовуватися для виявлення характерних особливостей індивідуального клавіатурного почерку. Ці параметри дуже суттєво залежать від того, скільки пальців використовує користувач у наборі, від характерних для користувача співвідношень руху різних пальців руки і від характерних рухів при наборі. В процесі переходу до сліпого набору тексту всіма пальцями обох рук дуже істотно проявляється індивідуальність клавіатурного почерку користувача.

Отже процес ідентифікації можливо розділити на декілька етапів, основними з яких є навчання системи і розпізнавання [1, 9]. На етапі навчання користувач вводить деяку кількість разів запропоновані йому тести. При цьому розраховуються часові характеристики та інші параметри. На основі значень цих параметрів створюються зразки (шаблони) – еталонні характеристики цього користувача. На етапі автентифікації (розпізнавання) розраховані оцінки порівнюються з еталонними, на підставі чого робиться висновок про збіг або розбіжність параметрів клавіатурного почерку.

Еталонні характеристики користувача, отримані на етапі навчання системи, дозволяють зробити висновки про міру стабільності клавіатурного почерку користувача і визначити довірчий інтервал розкиду параметрів для подальшої автентифікації користувача.

Отже, в процесі біометричної ідентифікації можна виділити такі етапи [9]:

- введення тексту з клавіатури об'єктом розпізнавання;
- визначення біометричних характеристик користувача;
- створення біометричного зразка почерку;
- порівняння отриманого зразка почерку зі збереженими в базі даних.

Хоча сучасні дослідження показують, що клавіатурний почерк користувача володіє деякою стабільністю, що дозволяє досить однозначно ідентифікувати користувача, що працює з клавіатурою, на практиці часто виникають деякі проблеми. Так, визначено, що працездатність існуючих систем залежить від наступних факторів:

- стійкості клавіатурного почерку користувачів;
- умов і часу роботи;
- психічного і фізичного стану користувача.

Ключовим етапом проектування системи біометричної ідентифікації за клавіатурним почерком є розробка математичної моделі, яка б адекватно відображала важливі, з погляду завдань дослідження, сторони часової структури даних, які надходять від клавіатури. Адже математична модель значною мірою задає потенціал та ефективність створюваних інформаційних технологій, зумовлює структуру програмної та апаратної складових проектованої інформаційної системи. Від якості математичної моделі даних суттєво залежить точність та достовірність методів їх опрацювання системою біометричної автентифікації, рівень інформативності та репрезентативності автентифікаційних та ідентифікаційних ознак, достовірність прийнятих рішень [10].

В загальному розумінні етапами проектування системи біометричної автентифікації на основі клавіатурного почерку є [11]:

- розробка математичної моделі динамічного підпису і методів його обробки;
- реалізація алгоритму роботи модуля автентифікації системи на основі створеної математичної моделі і методів обробки за допомогою мов програмування;
- реалізація системи автентифікації у складі інформаційної системи;
- тестування системи автентифікації;
- модифікація коду фрагментів системи у процесі функціонування системи.

Як що детально розглядати процес проектування, то його слід розділити на такі етапи [11]:

перший етап — проектування, полягає у аналізі вимог, які ставляться до системи і на їх основі проектується архітектура системи автентифікації в цілому. Враховується сфера застосування системи, зокрема задається її точність, надійність, зручність; операційна система (ОС) у якій буде функціонувати ПЗ та інші параметри. У випадку розробки універсальної системи необхідно передбачити можливість зміни цих параметрів інтегратором (адміністратором) системи, а також бажано розробляти кросплатформенне ПЗ, незалежне від ОС. Розробити рольову модель роботи системи — скористатися апаратом об'єктно-орієнтованого аналізу і об'єктно-орієнтованого проектування. Рекомендується використовувати уніфіковану мову програмування UML для проектування і моделювання інформаційної системи, а також дотримуватися наступних принципів: модульність — кожна компонента системи є модулем, який просто модифікується, замінюється і виконує відведену йому специфічну роль; підтримка відкритих стандартизованих протоколів для передачі даних, взаємодії об'єктів і форматів збереження файлів; документованість — усі методи (функції), класи, об'єкти детально і доступно документувати;

другий етап — розробка математичної моделі є ключовим. Необхідно вдало підібрати підхід до побудови моделі: стохастичний чи детермінований, на думку авторів це стохастичний підхід. Розробка математичної моделі передбачає: розробку моделі, яка враховувала б ключові особливості об'єкта дослідження і вибір діагностичних ознак; проведення аналізу цих діагностичних ознак і розробка методів для попередньої обробки. У випадку використання статистичного підходу — дослідити статистичні характеристики діагностичних ознак. Ці дослідження

дозволяють зробити висновки про адекватність моделі.

третій етап — на основі математичної моделі розробляється алгоритм, який реалізується на деякій мові програмування.

Висновки. В статті було розглянуто завдання щодо підвищення рівня захисту інформації в інформаційних системах на основі використання біометричних методів ідентифікації користувачів, і запропоновано підхід до його вирішення — побудови відповідних механізмів захисту.

На підставі проведеного аналізу літератури, досліджень та публікацій, слід вважати клавіатурний почерк індивідуальною та унікальною для кожної людини поведінковою біометричною характеристикою. Також наведені ключові теоретичні викладки та напрацювання ряду авторів щодо механізму ідентифікації і автентифікації за клавіатурним почерком. Запропоновано використовувати шаблон клавіатурного почерку в якості ідентифікатора користувача інформаційно-комунікаційної системи. Також слід зауважити, що подібні системи ідентифікації не вимагають додаткового обладнання, необхідне програмне забезпечення легко вбудовується в вже існуючі програмні продукти, включаючи операційні системи.

На останок додаю, що ідентифікація лише за клавіатурним почерком неприйнятна в системах, що вимагають високого рівня захисту. Але саме поєднання його з іншими методами ідентифікації значно підвищує рівень захисту від несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів різного роду систем та дає поштовх щодо подальшого вивчення, аналізу цього питання та реалізації напрацювань у власних розробках систем ідентифікації.

Перелік джерел посилань:

1. Биометрическая аутентификация на основе анализа клавиатурного почерка / С.А.Енгальцев, С.Г. Семенов // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. – 2012. – Том 11. № 2. – С. 309–311.
2. Брюхомицкий Ю.А. Исследование биометрических систем динамической аутентификации пользователей ПК по рукописному и клавиатурному почеркам / Ю.А. Брюхомицкий, М.Н. Казарин // – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 38 с.
3. Кобиелус Д. Информационная безопасность: идентификация и аутентификация / Джеймс Кобиелус // – М.: Связь, 1997. – 252 с.
4. Карабутов Н.Н. Структурная идентификация систем: анализ динамических структур / Н.Н. Карабутов // – М.: МГИУ, 2008. – 160 с.
5. Расторгуев С.П. Программные методы защиты информации в компьютерах и сетях / С.П. Расторгуев // – М.: Изд-во Агентства «Яхтсмен», 1993. 188 с.
6. Иванов А.И. Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений. – Пенза: ПТУ, 2000. – 188 с.
7. Коваленко О. А. Разработка системы анализа клавиатурного почерка. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/7362/1>. Дата звернення: 17.07.2019.
8. Євцький В. Л., Горнійчук І. В. Використання клавіатурного почерку в системах автентифікації користувача / Євцький В. Л., Горнійчук І. В. // 36. наукових праць “Інформаційні технології та безпека” січень-червень 2016. Вип. 4. № 1 (6). – Київ. – 2016. – С. 27–33.
9. Заяць М.М., Заяць А.В. Аналіз методів та підходів до побудови систем розпізнавання та ідентифікації користувачів комп'ютера на основі інформаційних моделей / М.М. Заяць, А.В. Заяць // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Інформаційні системи і мережі” Вип. № 715. – Львів. – 2011. – С. 114–122.
10. С.А. Лупенко, Н.Р. Шаблій, А.М. Лупенко Компаративний аналіз моделей, методів та засобів аутентифікації особи в інформаційних системах за її клавіатурним почерком / С.А. Лупенко // 36. праць науково-практичної конф. – 2014 - С. 141-147.

11. Автентифікація. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Автентифікація>. Дата звернення: 17.07.2019.
12. R. Gaines, W. Lisowski, S. Press, and N. Shapiro. Authentication by Keystroke Timing: Some Preliminary Results, "Rand Report R-256-NSF, Rand Corporation, Santa Monica, CA, 1980.
13. J. Leggett and Williams Verifying identity via keystroke characteristics // International Journal of Man-Machine Studies, 28:67-76, 1988.
14. Rick Joyce and Gopal Gupta. Identity authentication based on keystroke latencies. Communications of the ACM, 33(2): 168 – 176, February 1990.
15. Расторгуев С.П. Цель как криптограмма: криптоанализ синтетических целей (монография и два варианта пролегоменов к теории) / С. П. Расторгуев, В. Н. Чибисов – М.: Изд-во Агентства "Яхтсмен" – 1996.

References

1. Biometric authentication on the basis of analysis of keyboard handwriting / S.A. Engalychev, S.G. Semenov // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2012. Vol. 11. № 2. – P. 309–311.
2. Bryuhomitskiy Yu.A. Issledovanie biometricheskikh sistem dinamicheskoy autentifikatsii polzovateley PK po rukopisnomu i klaviaturnomu pocherkam / Bryuhomitskiy Yu.A., M.N. Kazarin // – Taganrog: Izd-vo TRTU, 2004. – 38 s.
3. Kobiellus D. Informatsionnaya bezopasnost: identifikatsiya i autentifikatsiya / Dzheymys Kobiellus // – М.: Svyaz, 1997. – 252 s.
4. Karabutov N.N. Strukturnaya identifikatsiya sistem: analiz dinamicheskikh struktur / N.N.Karabutov // – М.: MGIU, 2008. – 160 s.
5. Rastorguev S.P. Programmnyye metodyi zaschityi informatsii v kompyuterah i setyah / S.P. Rastorguev // – М.: Izd-vo Agentstva «Yahtsmen», 1993. 188 c.
6. Ivanov A.I. Biometricheskaya identifikatsiya lichnosti po dinamike podsoznatelnykh dvizheniy. – Penza: PTU, 2000. – 188 s.
7. Kovalenko O. A. Razrabotka sistemyi analiza klaviaturnogo pocherka. [Elektronnyi resurs]. Dostupno: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/7362/1>. Data zvernennia: 17.07.2019.
8. Yevetskiy V. L., Horniichuk I. V. Vykorystannia klaviaturnoho pocherku v systemakh avtentyfikatsii korystuvacha / Yevetskiy V. L., Horniichuk I. V. // Zb. naukovykh prats "Information Technology and Security" January-June 2016. Vol. 4. Iss. 1 (6). – Київ. – 2016. – s. 27–33.
9. Zaiats M.M., Zaiats A.V. Analiz metodiv ta pidkhodiv do pobudovy system rozpoznavannia ta identyfikatsii korystuvachiv kompiutera na osnovi informatsiinykh modelei / M.M. Zaiats, A.V Zaiats // Visnyk NU "Lvivska politekhnikha" "Informatsiini systemy i merezhi" Vyp. № 715. – Lviv. – 2011. – s. 114–122.
10. S.A. Lupenko, N.R. Shablii, A.M. Lupenko Komparatyvnyi analiz modelei, metodiv ta zasobiv avtentyfikatsii osoby v informatsiinykh systemakh za yii klaviaturnym pocherkom / S.A. Lupenko // Zb. prats naukovo-praktychnoi konf. – 2014 - s. 141-147.
11. Avtentyfikatsiia. [Elektronnyi resurs]. Dostupno: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Автентифікація>. Data zvernennia: 17.07.2019.
12. R. Gaines, W. Lisowski, S. Press, and N. Shapiro. Authentication by Keystroke Timing: Some Preliminary Results, Rand Report R-256-NSF, Rand Corporation, Santa Monica, CA, 1980.
13. J. Leggett and Williams Verifying identity via keystroke characteristics // International Journal of Man-Machine Studies, 28:67-76, 1988.
14. Rick Joyce and Gopal Gupta. Identity authentication based on keystroke latencies. Communications of the ACM, 33(2): 168 – 176, February 1990.
15. Rastorguev S. P. Tsel kak kriptogramma: kriptooliz sinteticheskikh tseley (monografiya i dva varianta prolegomenov k teorii) / S. P. Rastorguev, V. N. Chibisov – М.: Izd-vo Agentstva "Yahtsmen" – 1996.

КЛАВИАТУРНЫЙ ПОЧЕРК, КАК МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Сырку А.А.

Современное развитие общества неразрывно связано с интенсивным использованием информации, которая становится одним из важнейших ресурсом. Информатизация общества - это глобальный и необратимый процесс развития человеческой цивилизации. Стремительно растущие технические и технологические характеристики информационно-коммуникационных систем и сетей предоставляют качественно новые возможности для удовлетворения информационных потребностей общества. Развитие информационных технологий обусловили возникновение угроз национальной и международной безопасности связанных с ростом кибератак, которые мотивированы интересами отдельных государств, групп и лиц, увеличивается количество случаев незаконного сбора, хранения, использования, уничтожения, распространение конфиденциальной информации, незаконных финансовых операций, краж и мошенничества в сети Интернет. В связи с этим вопрос

защиты информационных ресурсов приобретает качественно новый уровень и требует создания эффективных систем защиты информации. Одним из основных методов защиты информации является внедрение системы контроля и управления доступом, элементами которой являются средства идентификации и аутентификации пользователей. Проблема идентификации и аутентификации пользователей информационных систем, является и остается очень актуальной. Особое место в данном направлении занимают биометрические методы идентификации, основой которых есть уникальные биометрические характеристики человека. В этой статье рассматриваются основные принципы, механизмы анализа и существующие наработки по вопросам идентификации пользователей компьютерных систем методом анализа их клавиатурного ввода, так называемого клавиатурного почерка. А также определяется направление для разработки собственных систем многофакторной идентификации.

Ключевые слова: информационно-коммуникационная система, информационная безопасность, идентификация, биометрические методы идентификации, клавиатурный почерк.

KEYBOARD HANDTYPING PATTERN, AS A METHOD OF IDENTIFICATION OF INFORMATION SYSTEMS USERS

Syrku A.A.

Modern development of the society is inseparably connected with the intensive use of information, which becomes one of its most important resources. Providing the society with different types of information is a global and irreversible process of the human civilization development. The technical and technological characteristics of the information and communication systems and networks are getting increased so as to give new opportunities for solving any information needs of the society. The development of information technologies has created the threat to national and international security caused by cyber attacks, which are motivated by the interests of individual states, groups and persons, the number of cases of illicit collection, storage, use, and destruction, dissemination of confidential information, illegal financial transactions, theft and fraud on the Internet. In connection with this fact, the problem of information resources protection is getting more and more important and requires creating of information protection systems.

One of the information protection methods should be implementation of a control and access system, which would have tools of both user identification and authentication as its elements. The problem of any user identification and authentication still exists and is still quite actual. Biometric identification methods occupy a special place in this area, the basis of which are a human being unique biometric characteristics.

In this article, we will describe main principles, analytical mechanisms and existing achievements of the process of computer system users' identification according to their manner of keyboard typing, or so named keyboard hand typing pattern. Moreover, a direction for developing a method of personal identification and authentication will be given.

Key words: an information and communication system, information safety, identification, biometric identification methods, a keyboard hand typing pattern.

УДК: 004.9

Кавац В.В., Сабліна В.І., Паршина О.І.

«Дніпрокосмос» філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Україна, Дніпро

ОЦІНКА ПОРУШЕНЬ ВОДОЗАХИСНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗОН НА ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконана робота по оцінці порушень нормативу природоохоронних водозахисних смуг уздовж Дніпра і декількох середніх річок на території Дніпропетровської області. Сформовано векторні шари сільськогосподарських полів, розташованих в зоні водозахисних смуг, а також полі лінії забудови вздовж берегів річок, елементи якої порушують нормативи відстані до водних об'єктів.

Ключові слова: природоохоронні водозахисні смуги, нормативні відстані, полігони сільськогосподарських угідь та будівель, що розташовані в межах природоохоронних водозахисних смуг

Річка – найважливіший елемент навколишнього середовища, джерело питної і промислової води, природний водний шлях, постійно поновлюване джерело гідроенергії, місцеперебування риб і інших прісноводних організмів, а також водної рослинності, що робить необхідним дбати про чистоту і збереження здоров'я всіх водойм на Землі. Відповідно до закону, землі прибережних захисних смуг перебувають у державній та комунальній власності, і можуть надаватися в користування лише для цілей, встановлених водним кодексом [1].

Верховна Рада України прийняла закон, що встановлює розміри і межі прибережних захисних смуг водойм і обмежує господарську діяльність в межах цих захисних смуг. Законом встановлюється, що з метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і засмічення, а також збереження водності вздовж річок, морів, навколо озер, водосховищ та інших водойм, в межах водоохоронних зон виділяються земельні ділянки під прибережні захисні смуги. Закон встановлює, що такі захисні смуги навколо річок і водойм для малих річок, струмків, а також ставків площею менше 3 га встановлюються шириною 25 м.

Для середніх річок, водосховищ на них, і ставків більше 3 га захисна смуга встановлюється шириною 50 м, для великих річок, водосховищ та озер - шириною 100 метрів. Прибережні захисні смуги встановлюються на земельних ділянках всіх категорій земель, крім земель морського транспорту. Відповідно до закону, землі прибережних захисних смуг перебувають у державній та комунальній власності, і можуть надаватися в користування лише для цілей, встановлених водним кодексом.

Рада визначила також, що режим обмеженої господарської діяльності, передбачений для прибережних захисних смуг, встановлюється і на островах. Закон спрямований на упорядкування умов та режиму ведення господарської та інших видів діяльності в межах прибережної смуги способами, які дозволять запобігти або мінімізувати негативний вплив на водні ресурси.[2–4].

До великих річок відносять річки, які протікають через кілька географічних зон і мають площу водозбору більше 50 тис. км². На Україні до цієї категорії великих річок відносять сім річок: Дунай,

Дніпро, Тиса, Сіверський Донець, Десна, Дністер, Південний Буг. Середні річки протікають в межах однієї географічної зони; це річки з площею водозбору в межах від 2 до 50 тис.км². На території Дніпропетровської області до них відносяться такі річки як Орель, Самара, Вовча, Гайчур, Мокра Сура, Інгулець, Базалук і інші [5].

Малі річки – це ті річки, що не пересихають протягом року або пересихають на короткий час, протікають в рівнинній місцевості та мають площу водозбору менше 2 тис.км².

Найбільшою річкою України є річка Дніпро. Сконцентровані в басейні Дніпра основний обсяг виробництва з переважанням "брудних" галузей промисловості (металургійна, хімічна, вугільна), найбільші енергетичні об'єкти та масиви зрошуваних земель, а місцеві водні ресурси значно менші від потреби в них. Найбільшими забруднювачами водних об'єктів басейну Дніпра є комунальне господарство, чорна та кольорова металургія, коксохімія, важке, енергетичне, транспортне машинобудування та сільське господарство. Дніпро на значних ділянках свого русла перетворений в каскади водосховищ, що також впливає на навколишнє середовище.

Ситуація в басейні Дніпра ускладнюється значним рівнем розвитку ерозійних процесів і руйнування берегів. Розораність території водозбору досягла 65 відсотків, а в Херсонській області і басейнах деяких малих річок - 80-85 відсотків, тоді як оптимальний рівень становить 40 відсотків. Лісистість території басейну в середньому досягає 14 відсотків, тоді як оптимальний рівень дорівнює 30 відсоткам. Зростає площа еродованих земель. Продукти ерозії, потрапляючи у водні об'єкти, призводять до їх забруднення органічними сполуками, мінеральними добривами, зокрема поживними речовинами - азотом і фосфором, а також до замулення.

Малі річки басейну Дніпра, які становлять понад 90 відсотків річкової мережі басейну, несуть надзвичайне антропогенне навантаження. Висока розораність земель, надмірна насиченість їх просапними культурами, недостатня лісистість водозборів (в басейнах річок степової та лісостепової зон басейну Дніпра лісистість в 2-3 рази менше оптимального рівня) підсилюють ерозійні процеси,

забруднення і замулення річок і водойм. Площа земель зі збереженим природним ландшафтом скрізь менше оптимальної. Ситуація ускладнюється тим, що берега і заплави річок в останні роки відведені під дачне будівництво, садівництво і городництво. [Постанова Верховної Ради України Про Національну програму екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води, Київ, 27 лютого 1997 року, № 123/97-ВР].

Використані дані супутника Landsat 8 за 2016 рік, сформована мозаїка території Дніпропетровської області, виконана класифікація даних з виділенням класу водних об'єктів і класу земель сільськогосподарського призначення. Виділені об'єкти класу сільськогосподарських земель, відстань від яких до класу водних об'єктів менше за

нормативну (у середовищі Definiens Developer 7). З виділених об'єктів сформований векторний файл. Векторний шар надалі відкоригований на даних картографічного інтернет-сервісу Google шляхом інтерактивного аналізу та створення полігонів сільськогосподарських полів, що включають його об'єкти. Таким чином сформований векторний файл полів, які розорані в межах водозахисних природоохоронних смуг. Сформовані відповідні shp-файли.

На території Дніпропетровської області виявлено 1094 порушень ведення господарської діяльності у береговій природоохоронній зоні. Види та кількість порушень наведені в таблиці 1 і детальніше в таблиці 2.

Таблиця 1

Вид порушення	Кількість порушень, поля	Кількість порушень, городи
Зона < 25 м біля малих річок, струмків і потоків, а також ставків площею менше 3 га	279	291
Зона < 50 м біля середніх річок, водосховищ на них і ставків площею більше 3 га	312	195
Зона < 100 м біля великих річок, водосховищ на них (Дніпро, Дніпродзержинське і Каховське водосховища на Дніпрі)	13	4

Таблиця 2

Вид водойма	<25 м поля	<25 м городи	<50 м поля	<50 м городи	< 100м поля	< 100м городи	Усього
велика річка Дніпро	20	23	5	5	13	4	70
середня річка Вовча	15	10	77	33	-	-	135
середня річка Базавлук	22	30	37	32	-	-	121
середня річка Мокра Сура	26	33	30	17	-	-	106
середня річка Саксагань	11	28	30	23	-	-	92
середня річка Інгулець	3	23	26	23	-	-	75
середня річка Самара	9	7	13	19	-	-	48
середня річка Орель	7	4	7	8	-	-	26
середня річка Гайчур	2	3	15	6	-	-	26
інше	164	130	72	29	-	-	395
Усього:	279	291	312	195	13	4	1094

Протяжність порушень забудови у береговій природоохоронній зоні складає близько 181,763 км. В таблиці 3 приведені дані щодо протяжності порушень

уздовж Дніпра і середніх річок на території Дніпропетровської області. Ілюстраційні матеріали наведені на рисунках 1-3.

Таблиця 3

Вид водойма	Протяжність порушень забудови, км
велика річка Дніпро	102,764
середня річка Вовча	11,343
середня річка Базавлук	3,788
середня річка Мокра Сура	11,747
середня річка Саксагань	4,803
середня річка Інгулець	10,177
середня річка Самара	32,952
середня річка Орель	3,713
середня річка Гайчур	0,476
Усього	181,763



Рисунок 1 Города розташовані менш ніж за 20м від Дніпра (норматив відстані для великої ріки дорівнює 100м)



Рисунок 2 Старі Кодаки - менш ніж 30м від Дніпра



Рисунок 3 Житловий масив Придніпровський - менш ніж 30м від Дніпра

Перелік джерел посилань:

1. <https://delo.ua/ukraine/verhovnaja-rada-zapretila-stro-148398/> © delo.ua
2. <http://portal.rada.gov.ua/ru/news/page/news/Novosty/Soobshchenyya/36927.html>
3. Закон от 02.12.2010 № 2740-VI «О внесении изменений в Водный и Земельный кодексы Украины относительно прибрежных защитных полос» (законопроект зарегистрирован под №2642)
4. Постанова Верховної Ради України Про Національну програму екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води, Київ, 27 лютого 1997 року, № 123/97-ВР
5. http://studopedia.ru/view_gidrologia.php?id=6

References:

1. <https://delo.ua/ukraine/verhovnaja-rada-zapretila-stro-148398/> © delo.ua
2. <http://portal.rada.gov.ua/ru/news/page/news/Novosty/Soobshchenyya/36927.html>
3. Law No. 2740-VI from 02.12.2010 “On Amendments to the Water and Land Codes of Ukraine Regarding Coastal Protection Stripes” (the draft law was registered under No. 2642)
4. Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine On the National Program for Environmental Improvement of the Dnieper Basin and Improvement of Drinking Water Quality, Kyiv, February 27, 1997, No. 123/97-VR
5. http://studopedia.ru/view_gidrologia.php?id=6

ОЦЕНКА НАРУШЕНИЙ ВОДОЗАЩИТНЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ ЗОН НА ТЕРРИТОРИИ ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Кавац В.В., Сабліна В.І., Паршина О.І.

Выполнена работа по оценке нарушений норматива природоохранных водозащитных полос вдоль Днепра и средних рек на территории Днепропетровской области. Сформированы векторные слои сельскохозяйственных полей, расположенных в зоне водозащитных полос, а также по линии настройки вдоль берегов рек, элементы которой нарушают нормативы расстояния до водных объектов.

Ключевые слова: природоохранные водозащитные зоны, нормативные расстояния, полигоны сельскохозяйственных угодий, которые расположены в пределах природоохранных водозащитных зон.

EVALUATION OF VIOLATIONS OF WATER PROTECTION ZONES ON THE TERRITORY OF DNEPROPETROVSK REGION

Kavats V.V., Sablina V.I., Parshyna O.I.

The work on the assessment of violations of the norms of nature protection waterbands along the Dnieper and the middle rivers in the territory of the Dnipropetrovsk region was performed. Vector layers of agricultural fields, located in the zone of water protection strips, as well as along the line of adjustment along the river banks, elements of which violate the norms of distance to water bodies have been formed.

Keywords: nature protection water protection zones, regulatory distances, agricultural landfills, which are located within the nature protection water protection zones.

УДК: 004.9

Кавац В.В., Капустін Є.І., Водоп'янов І.М.

«Дніпрокосмос» філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Україна, Дніпро

ВИЗНАЧЕННЯ ЗРІДЖЕНОСТІ ТА ВІДСТАНІ МІЖ РЯДАМИ ВИНОГРАДНИКА

Виконана робота по визначенню зрідженості та відстані між рядами винограду на прикладі знімку КА Worldview-2 у районі м. Ялта АР Крим, Лівадія (Оползнев) за 31.07.2011 року. Для реалізації визначення зрідженості винограду був розроблений програмний модуль `gaschet_vinogradnikov`. Модуль написаний мовою програмування IDL і призначений для функціонування в середовищі візуалізації та оброблення зображень ENVI.

Ключові слова: цифрове зображення, зрідженість винограду, програмне забезпечення, щеплення, пагони, міжряддя.

Зрідженість винограду – це наявність місць, що пустують, у рядах або у відсотках – це відношення кількості місць, що пустують, до загального числа кустомест на винограднику.

Зрідженість може бути викликана різними причинами: низькою якістю посадкового матеріалу; порушенням вимог до закладки виноградників і технології оброблення; ушкодженням рослин; загибеллю кущів у результаті їх старіння й ін.

Зрідженість винограду, пов'язана з низькою якістю посадкового матеріалу, може бути в результаті використання неякісної лози при його вирощуванні (недостатнє вирівнювання, низька оводненість тканин і т.д.), порушення технології його виробництва й зберігання, поразки шкідниками й хворобами і т.д., а також недостатнього аффінітета привитих компонентів.

Зрідженість, обумовлена порушенням вимог до закладки виноградників і технології оброблення, частіше викликається неправильним добором ділянки, порушенням вимог до предпосадочної підготовки ґрунту, посадці, несвочасним і неякісним проведенням ряду технологічних прийомів по догляду за кущем (катаровки Кущів, видалення порослевих втеч і т.д.).

Зрідженість, пов'язана з ушкодженнями рослин, може бути обумовлена несприятливим впливом зовнішніх факторів середовища (критичних зимових температур, посухи і т.д.), поразки їх шкідниками й хворобами (філлоксерой, бактеріальним раком, вірусами і т.д.), неправильним застосуванням хімічних препаратів на виноградниках, механічним ушкодженням кущів знаряддями обробки і т.д.

Зрідженість винограду, викликувана старінням кущів, пов'язана із природним старінням тканин, що проявляється в зниженні активності їх фізіологічних функцій, регенераційної здатності, закупорці провідних судин і т.д., що супроводжуються поступовим відмиранням окремих ділянок тканин, органів і загибеллю всього куща. Високий рівень агротехніки, застосування спеціальних видів обрізки (обрізка кущів, ушкоджених зимовими морозами, обрізка кущів, ушкоджених весняним заморозком, обрізка кущів, ушкоджених градом, обрізка на

омолодження) здатні певною мірою сповільнити процес старіння кущів, продовжити продуктивний період і запобігти передчасному їхньому випадку.

Зрідженість — одна з головних причин зниження рентабельності галузі, тому що часто приводить до істотного недобору врожаю, а також непродуктивним витратам праці й засобів при обробці насаджень. Головними засобами боротьби з изреженностью винограду є її профілактика шляхом дотримання основних вимог до якості посадкового матеріалу, закладці насаджень і технології їх оброблення, а також своєчасний ремонт молодих виноградників шляхом підсадження кущів, що випали, і застосування спеціальних прийомів ліквідації изреженности на плодоносних виноградниках.

Необхідні систематична реконструкція молодих і плодоносних виноградників, усунення причин, що приводять до загибелі кущів.

На ділянках, що підлягають реконструкції, проводять інвентаризацію - підраховують число кущів на певній площі й установлюють ступінь зрідженості. Становлять план реконструкції, установлюють способи й час його проведення.

Реконструкція плодоносних виноградників проводиться отводками зеленою або доспілою лозою. Це найпоширеніший і простий спосіб ліквідації изреженности. Перевага отводков - висока приживлюваність і швидкий вступ у плодоносіння.

При відсутності пагонів достатньої довжини на отводки використовують багаторічні рукава з однолітнім пагоном, яка виводиться на поверхню.

Реконструкція виноградників наземними отводками проводиться в неукривній зоні або па морозостійких сортах в укритті. Він дуже ефективний. Урожай одержують у рік проведення реконструкції.

Мета реконструкції виноградників:

- відновлення запущених насаджень;
- об'єднання в суцільні масиви роздроблених ділянок;
- переклад на нові способи ведення, що відповідають сучасним вимогам інтенсивної культури,
- раціональні формування, площі харчування і т.д.;

- зміна напрямку рядів і ширини міжрядь із розрахунку максимальної механізації робіт;
 - проведення меліоративних і протиерозійних заходів - дренаж, терасування і т.д.;

- створення чистосортних насаджень шляхом заміни малоцінних сортів і домішок.

Способи реконструкції виноградників залежно від изреженности й стану рослин наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Возраст насаждений	Изреженность, %	Состояние насаждений	Способ ремонта и реконструкции
1	2	3	4
Молодые 1—2-летние	Свыше 50	Хорошее	Посадка саженцев
Молодые 3—4-летние	До 50	Хорошее	Посадка саженцев
Молодые 3—4-летние	Свыше 50	Хорошее	Перезакладка виноградников. Имеющиеся растения выкапывают, сортируют, полноценные используют для ремонта других участков
Плодоносящие	До 20	Хорошее	Укладка отводков и посадка саженцев
»	До 20	Хорошее, сортосмесь	Укладка отводков основного сорта, подсадка саженцев, перепрививка
»	До 20	Слабый прирост, урожайность до 30 ц/га	Раскорчевка и новая закладка насаждений
»	До 50	Хорошее	Укладка отводков, подсадка саженцев, подсадка подвоев и ремонт зеленой прививкой
Плодоносящие	До 50	Хорошее, сортосмесь	Раскорчевка. Закладка новых виноградников
»	До 50	Плохое. Слабый прирост, низкая урожайность, поражения вредителями и болезнями	Раскорчевка. Фумигация почвы. Новые закладки
»	50—70	Хорошее	Укладка отводков вызревшей и зеленой лозой, воздушные отводки, подсадка саженцев
»	50—70	Плохое, слабый прирост, низкая урожайность, сортосмесь	Раскорчевка. Закладка новых виноградников
»	Свыше 70	Хорошее и плохое	Раскорчевка. Закладка новых виноградников

Спосіб реконструкції виноградників вибирається після якісної їхньої оцінки. Вихідним моментом для цього є інвентаризація насаджень. У завдання інвентаризації входять уточнення площ кожної ділянки, підрахунок кількості кущів на ділянці і їх сортовий склад. Час інвентаризації - липень - перша половина серпня, коли на виноградниках закінчуються роботи.

Виноград у цей час перебуває в стадії дозрівання, і точне визначення сорту провести легше. Матеріали інвентаризації заносяться в спеціальний журнал, де по кожній клітці виводиться відсоток зрідженості, співвідношення основного сорту й домішок і точні дані по використанню земель. Надалі ця інформація необхідна для встановлення способу реконструкції, а якщо буде потреба й списання частини виноградників. Слід знати, що, списання багаторічних

насаджень, у тому числі виноградників, проводиться лише в тому випадку, якщо їх неможливо реконструювати, і тільки після спеціального рішення, яке ухвалюється на основі первинних актів, де вказується відсоток зрідженості, сортовий склад, урожайність, причини загибелі кущів.

Для обґрунтування черговості реконструкції ділянок по фактичній урожайності, силі росту й наявності кущів дається якісна оцінка конкретного масиву. Прийнято п'ять категорій якісної оцінки по врожайності (ц/га): I - до 30; II - 30-50; III - 60-80; IV - 80-100; V - 100 і вище. У першу чергу реконструкції підлягають ділянки першої й другої категорій, урожайність яких падає протягом ряду років через зараженість філлоксерой, непридатності ґрунтів, сильної ерозії й інших необоротних обставин.

Запущені виноградники доцільно відновлювати

при невеликій зріженості, однорідному сортовому складі й відсутності серйозних поразок кущів хворобами й шкідниками. Основні заходи - підняття ґрунтової родючості, знищення бур'янистої рослинності, боротьба із хворобами й шкідниками, розчищення кущів від порослі й сушників, переклад їх на сучасні формування. На кореневласних виноградниках одержав поширення метод відновлення крони куща за рахунок порослевих пагонів, які розвиваються при зрізі на чорну голівку. Виховання 4-5 порослевих пагонів на штабмі дає можливість прискороного формування омолоджених кущів.

Змінюють площу харчування кущів, збільшують ширину міжрядь при розкорчуванні частини кущів у ряді або рядів. Для збереження планованого врожаю в рік проведення робіт збільшують навантаження кущів, що залишилися, пагонами. Переформування кущів здійснюється протягом 2-3 років. При обрізанні залишають пагони, у тому числі порослеві, необхідні для виведення нових формувань і одержання планового врожаю. Для реконструкції кореневласних насаджень із омолодженням застосовують метод укладання відводків кущів - катавляк. У практиці промислового виноградарства застосовується рідко. При сучасному рівні механізації, наявності потужних машин для розкорчування доцільна повна перезакладка ділянки саджанцями.

Біологічні особливості рослин винограду, їх виборча вимогливість до температурного режиму, особливо до мінімальних температур повітря, обмежують ареал його вирощування. Оброблення насаджень у твердих кліматичних умовах супроводжується погіршенням якості винограду, ушкодженням окремих органів рослин аж до повної загибелі кущів. У цих умовах актуальною є проблема формування стійких ампелоценозів, попередження зріженості насаджень винограду. Для забезпечення об'єктивної оцінки стану виноградників була поставлена мета – розробити методику визначення зріженості насаджень винограду й проведення моніторингу з високою точністю.

У якості об'єкта досліджень використовували найпоширеніші насадження винограду в Автономній республіці Крим. Тут є такі сорти винограду як Аліготе, культивують також сорти Шардоне, Піно-Фран, Совіньон, Ріслінг рейнський, Трамінер рожевий, Сільванер; сорту, що ставляться до столової групи - Кардинал, Мускат гамбурзький, Мускат Італія, Ранній Магарац, Агадеї, Карабурну. Шампанерія «Золота Балка». Виноградники Автономної Республіки Крим займають майже 37 % від загальної площі виноградних насаджень по Україні.

В АР Крим частина укритий і неукритий культури винограду становить 10,3 і 89,7 % відповідно. Приблизно один раз у 5 років господарства в укритій зоні можуть переживати значних втрат виноградних насаджень через заморозок або перевищення критичного рівня мінімальної температури в зимовий період.

Кліматичні умови території АР Крим дозволяють обробляти виноград у промислових обсягах тільки в

границях південних регіонів.

Значні втрати виноградарству наносять механічні ушкодження рослин у процесі виконання механізованих робіт з догляду за ґрунтом і кущами винограду. Некваліфіковане, а часто й недбале виконання механізованих робіт приводить до ушкодження та летального наслідку рослин. Періодично повторювані ушкодження рослин під впливом природних аномалій і антропогенної інтенсифікації виробництва супроводжуються збільшенням зріженості виноградних насаджень, приводять до зниження продуктивності, підвищенню собівартості й зниженню конкурентоспроможності продукції.

Зріженість насаджень у практичній виноградарстві варіює в широкому діапазоні: випадки кущів до 10% вважаються припустимими, 50% і більш – економічно не виправдано.

У цих умовах актуальною є проблема формування стійких ампелоценозів і попередження зріженості насаджень винограду. Як правило, оцінки зріженості насаджень винограду проводиться регулярно, однак частіше це робиться без використання науково обґрунтованих методів оцінки, вибірково, в окремих рядах виноградника. При такому підході відомості про зріженість насаджень далекі від репрезентативних показників. Це пов'язане з відсутністю в цей час науково обґрунтованих методів визначення частки рослин винограду, що випали.

У зв'язку з вищесказаним, для забезпечення об'єктивної оцінки стану виноградників, була поставлена мета – розробити методику визначення зріженості насаджень винограду й обґрунтувати показність вибірки для проведення моніторингу з високою точністю.

У якості об'єкта досліджень використовували насадження винограду в Автономній республіці Крим.

Зріженість насаджень винограду можна визначати в облікових рядах при різній кількості вибірки, у тому числі в кожному ряді, а також з інтервалом через 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 і 20 рядів.

Зріженість насаджень винограду найчастіше виражають у відносних показниках – у відсотках, як відношення кількості кущів, що випали, до загальної кількості посадкових місць. Найточніший, найбільш репрезентативний показник зріженості насаджень досягається в тому випадку, коли облік ведеться по всій сукупності кущів на одиниці площі. Однак такий підхід дуже трудомісткий і високовитратний.

Для обґрунтування й розробки більш оперативного й точного методу проведення обстежень насаджень на зріженість бажане робити вибіркові обліки: не в кожному ряді, а з вищевказаним інтервалом. Показність (точність) обліків визначається по різниці показників зріженості в насадженнях винограду, отриманих у вибірових рядах і в кожному ряді.

Зріженість насаджень винограду в АР Крим становить до 19 %.

Як правило, зріженість росте зі збільшенням віку насаджень. Так виноградники віком до 5-ти років мають середню зріженість приблизно 5 %, віком від

5 до 10 років – 11 %, 11-25 років – 30 %, 26-40 років – 36 % і більше 40 років – 20 %. Молоді насадження в АР Крим характеризуються високою зрідженістю – 11 %, особливо в зоні міста Севастополь (14 %).

Сортовий склад Автономної Республіки Крим найбагатіший серед регіонів – 107 сортів, з них – 69 технічних і 38 столових, які разом займають площу 27,7 тис. га. Інші 3,3 тис. га займають сортосуміші й маловідомі сорти на невеликих площах.

Найпоширеніші технічні сорти АР Крим: Ркацетелі - 30,3% площі, КарБерні Совіньон - 11,9, Аліготе - 11,1, Рислінг - 5,0, Бастардо магарачський - 4,0, Кокур білий - 3,7. Серед столових сортів найбільшу площу займають сорти: Молдова - 17,7%, Мускат гамбурський - 13,2, Мускат Італія - 12,8, Мускат Бурштиновий - 7,9, Шабаш - 7,8, Ранній Магарач - 6,0.

Міжряддя - відстань між суміжними рядами посаджених кущів винограду. Визначається густотою посадки кущів (площа харчування) і значною мірою пов'язане із природно-кліматичними й соціально-економічними умовами культури, рівнем розвитку науково-технічного прогресу в галузі, що обумовлює спосіб обробки насаджень (вручну, на механічній тязі і т.д.).

У різних районах виноградарства ширина міжряддя варіює в значних межах; найбільше часто зустрічається 1—4 м. У більшості європейських країн при закладці виноградників намічається тенденція до збільшення ширини міжрядь до 3—4 м. Це дозволяє при обробці насаджень використовувати широкозахватні агрегати із тракторами загального призначення (уніфікувати їх із застосовуваними в ін. областях сільськогосподарського виробництва), підвищити продуктивність праці.

Вибір густоти посадки, тобто визначення ширини міжрядь і відстані між кущами в ряді, є одним з найважливіших рішень, яке необхідно прийняти перед посадкою рослин. Дане рішення виявляє виноградарський, технологічний і господарський вплив при розведенні винограду протягом усього терміну служби винограднику й уже не піддається виправленню. Неправильно ухвалені рішення можуть надовго ускладнити процес оброблення або завдати істотної шкоди якості винограду. На цьому фоні не зазнає сумніву необхідність ретельного планування густоти посадки, при яким повинні враховуватися різноманітні аспекти.

Розташування кожного куща являє собою фактор, що найбільше сильно впливає на вегетативну (число й довжина пагонів) і генеративну (урожай винограду) навантаження куща.

Є такі типи розташування кущів винограду - помірне ($< 2 \text{ м}^2/\text{кущ}$), середнє (від 2 до $3 \text{ м}^2/\text{куща}$) або високе ($> 3 \text{ м}^2/\text{кущ}$).

Планування розташування включає в себе як вибір потрібної ширини міжрядь, так і відстань між кущами в ряді. При цьому потрібно також розв'язати питання, чи визначити спочатку ширину міжрядь і потім розрахувати відстань між кущами, необхідне для досягнення бажаного розташування, або ж більш раціональним буде зворотний процес.



Рисунок 1 Міжряддя винограднику

Ширина міжрядь більш важлива в плані використання засобів механізації, ніж відстань між кущами у ряду. Вибір ширини міжрядь не повинен, однак, залежати винятково від аспектів механізації й господарських аспектів.

Дослідження останніх років переконливо довели значення гарної освітленості й провітрювання винограду для досягнення його аналітичної й сенсорної якості, а також рівня його здоров'я. Необхідна висока продуктивність асиміляції існуючої листової маси також може бути досягнута тільки у випадку гарного прямого висвітлення найбільшої кількості листів. З метою затемнення грон винограду й листів ухвалюються в розрахунок наступні дві причини:

1. Захист від сонячного висвітлення завдяки листю сусідніх кущів винограду (рисунк 2)
2. Затемнення усередині листя в результаті її ущільнення

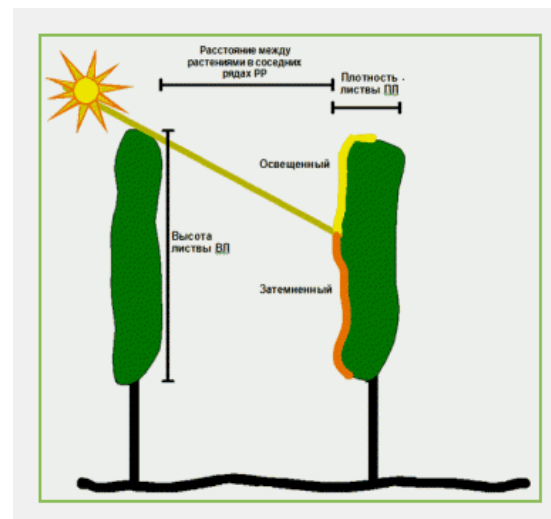


Рисунок 2 Взаємне затемнення листя сусідніх кущів винограду

Розмір затемненої площі листової поверхні завдяки взаємному затемненню сусідніх кущів залежить від кута падіння сонячного світла, а також від співвідношення між висотою листя (ВЛ) і відстані між сусідніми рослинами (РР). Збільшення ширини міжрядь ($= \text{ВЛ} + \text{РР}$) веде до зменшення взаємного затемнення.

Але при цьому не слід прагнути до встановлення надзвичайно великої ширини міжрядь. Зі збільшенням ширини міжрядь при заданому ступені обрізки росте

число глазків, що обрізаються на погонний метр ряду.

Зі збільшенням числа глазків на погонний метр ряду збільшується й число пагонів на погонний метр, а внаслідок цього й ущільнення усередині ряду. Збільшення ширини міжрядь веде за умови збереження врожайності й ступені обрізки до того, що в результаті першої причини затемнення зменшується, у той час як у результаті другої причини затемнення кущів винограду підсилюється. Порівняно вузькі міжряддя сприяють згідно з рисунком 3 утвору розрідженої листової поверхні, у той час як вибір дуже великої ширини міжрядь веде до утвору щільного листя згідно з рисунком 4.

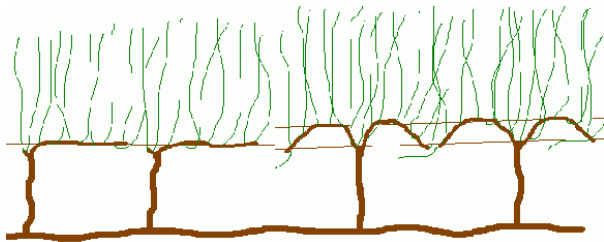


Рисунок 3. Розріджене листя з незначним ущільненням і затемненням

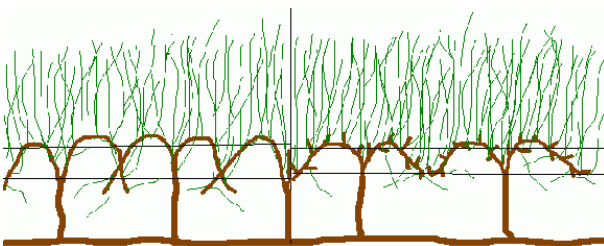


Рисунок 4. Занадто густе листя зі значним ущільненням і затемненням

Вибір оптимальної ширини міжрядь із урахуванням аспектів освітленості й провітрювання вимагає компромісу. Внаслідок цього у білих сортів винограду відстань між сусідніми рядами (РР) повинне щонайменше збігатися з висотою листя (ВЛ). Для червоних сортів винограду особливо важлива по можливості інтенсивна й тривала освітленість винограду, тому що в результаті цього підвищується зміст пігментів і скорочуються показники кислотності (особливо яблучної кислоти). Із цієї причини ВЛ подібних сортів повинна становити мінімум 1,2 від РР. Ступінь інтенсивної освітленості білих сортів винограду залежить від сорту й необхідного типу провітрювання.

Описане співвідношення між ВЛ і РР актуально для визначення необхідної ширини міжрядь тільки за умови збереження постійної висоти листової поверхні. Бажана висота листя розраховується зі співвідношення між листям і плодами (СЛП) 18-22 см² листової поверхні на грам урожаю винограду. У сортів із дрібними плодами це співвідношення в цілому досягається при висоті листя від 1,2 до 1,4 м (відстань від нижнього до верхнього краю куща). З урахуванням високої врожайності на пагонах таких сортів, як Дорнфельдер бажане, щоб висота листя становила більш 2 метрів, що є абсолютно нездійсненною вимогою. У цьому випадку,

скорочуючи врожайність винограду з одного пагону шляхом проріджування або короткої обрізки, можна досягти оптимального співвідношення між листям і плодами (СЛП). Також висоту листя обмежує максимальна робоча висота збиральних комбайнів і машин для обрізки листів.

Прийнятна максимальна ширина міжрядь залежить від запланованого ступеня обрізки. Чим ширше міжряддя й вище ступінь обрізки, тим більше число глазків, що обрізаються на погонний метр. Якщо необхідно зробити належне проріджування подвійних пагонів і не потрібних для збереження форми куща водних пагонів, можна обрізати до 15 глазків на погонний метр, що не приведе до неприпустимого ущільнення ряду.

Для реалізації визначення зрідженості винограднику розроблено програмний модуль *raschet_vinogradnikov*. Модуль написаний мовою програмування IDL і призначений для функціонування в середовищі візуалізації та оброблення зображень ENVI.

Дане програмне забезпечення дозволяє визначити зрідженість та відстань між рядами винограднику.

Вид вікна основної форми програми представлений на рисунку 5.

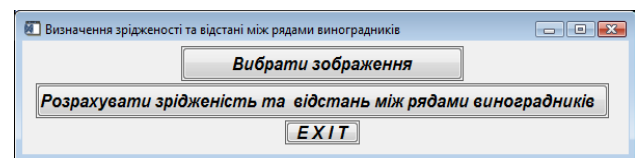


Рисунок 5. Вид вікна основної форми програми

Програмний модуль виконує обчислення наступних характеристик:

- зрідженість винограднику у відсотках;
- обчислення міжряддя виноградника;
- кількість кущів винограднику;
- кількість місць кущів, що пустують.

Зрідженість та відстань між рядами винограднику визначалася на прикладі знімку КА Worldview-2 у районі м. Ялта АР Крим, Лівадія (Оползневе) за 31.07.2011 року.

За знімками високого просторового розрізнення космічної системи Worldview-2 (просторове розрізнення 0,5м) методами ландшафтної класифікації виділяються ділянки насаджень винограду.

Оброблення знімка КА Worldview-2 проведені за допомогою програмного забезпечення візуалізації та оброблення зображень ENVI з метою підвищення їх якості та вірогідності дешифрування для наступної автоматизованої класифікації земних покривів у середовищі Definiens Professional. Фрагменти знімка КА Worldview-2 та результати класифікації ділянки (Крим, Лівадія) наведено на рисунку 6.

За даними знімка надвисокого просторового розрізнення (Worldview-2) виділений клас багаторічних насаджень, зокрема клас "виноградник". Ділянки виноградників мають характерну структуру у вигляді суцільних вузьких смуг – чергування виноградних кущів і відкритого ґрунту (рисунком 7).



Рисунок 6 Фрагменти знімка КА Worldview-2 та результати класифікації ділянки (Крим, Лівадія)

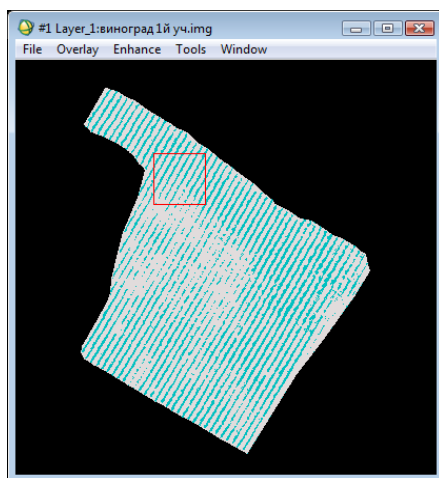


Рисунок 7 Виділений клас "виноградник" Для роботи модуля необхідно цифрове зображення з розширенням .img та мати прямокутну систему координат, наприклад, проекцію UTM.

Для визначення зрідженості необхідно зображення розвернути таким чином, щоб смуги були розташовані вертикально (рисунк 8). Після чого програмним способом визначалися кількість

кущомісць і кущів винограднику та обчислювалась відстань між рядами винограднику.

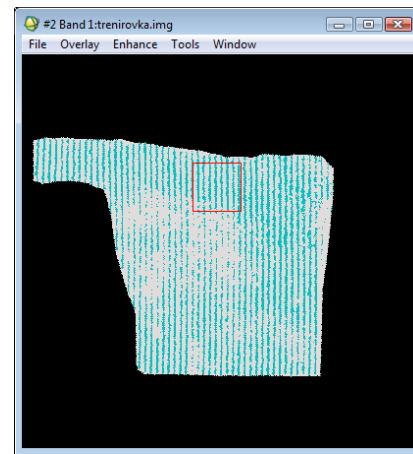


Рисунок 8

Зрідженість винограднику визначалася за формулою:

$$I_v = \sum_{n=1}^{kol_r} K_{vip} / K_{pos},$$

де I_v – зрідженість винограднику;

K_{vip} – кількість кущів, що пустують;

K_{pos} – загальне число кущомісць;

kol_r – кількість рядів винограднику.

Відстань між рядами винограднику визначалася за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^{kol} R_i / (kol - 1) * (z_pix),$$

де S – середня відстань між сусідніми рядами винограднику;

R – відстань між сусідніми рядами у пікселях;

kol – кількість різницевоїх відстаней між сусідніми рядами;

z_pix – значення пікселя у метрах.

Перелік джерел посилань:

1. Мержанян А. С. Виноградарство. — 3-е вид. — Москва, 2002; Виноградарство / Под ред. П.И.Літвінова. — Київ, 1978.
2. Енциклопедія виноградарства: в 3-х томах. / Гл. ред. А. И. Тимуш; ред. колегія А. С. Суботович и др. Кишинів: Гл. ред. Молд. Сов. Енциклопедії, 1986.
3. Мозер Л. Виноградарство по-новому. — 2-е вид.: Переклад з німецького — М., 1971.
4. Шайтуро Л. Ф., Мехуза Н. А. Достижения в виноградарстве в НР Болгарии и Молдавской РСР. — К. — Пловдив, 1975. Переклад з німецького Андрій Кулічков.
5. Петров, В.С. Научные основы устойчивого выращивания винограда в аномальных погодных условиях: монография / В.С. Петров, Т.П. Павлюкова, А.И. Талаш; под общ. ред. В.С. Петрова. — Краснодар: СКЗНИИСи.
6. Виноградарство и виноделие США. — Москва, 1996.
7. Рекомендации по закладке и возделыванию высокоштамбовых шпалерных виноградников со свободным расположением прироста. — Москва, 1999.
8. Парфененко Л. Г. Промышленная культура технических сортов винограда в Молдавии. — К., 1983.

References:

1. Merzhanyan A. S. Viticulture. - 3rd view. - Moscow, 2002; Wine growing / Under the editorship of P.I.L_tv_nov. - Київ, 1978.

2. *Encyclopedia viticulture: in 3 volumes./Gl. Ed. A. I. Timush; Ed. Koleguy A. S. Subotovich et al. Кишинів: Chapter. edition. Mold. Sov. Entsikloped i i, 1986,*
3. Moser L. *Viticulture in a new way. - 2nd view.: Transfer of Nysky - M., 1971;*
4. Shayturo L. F., Mekhuzla N.A. *Dosyagnennya in виноградарстві in HP of Bulgarians i i i Moldavsko i RSR. - To. - Plovdiv, 1975. Transfer of Andry Kulchkov.*
5. Petrov, V.S. *Scientific foundations of sustainable grape cultivation in abnormal weather conditions: monograph/V.S. Petrov, T.S. Pavlukova, A.I. Talash; Under Society. Ed. V.S. Petrov. - Krasnodar: SKZNISI.*
6. *Viticulture and winemaking USA. - Moscow, 1996;*
7. *Recommendations on the laying and cultivation of high-stone wide-order vineyards with a free location of growth. - Moscow, 1999;*
8. Parfenenko L. G. *Industrial culture of technical grape varieties in Moldova. - K., 1983.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗРЕЖЕННОСТИ И РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ РЯДАМИ ВИНОГРАДНИКА

Кавац В.В., Капустин Е.И., Водопьянов И.Н.

Выполнена работа по определению изреженности и расстояния между рядами виноградника на примере снимка КА Worldview-2 в районе Ялты АР Крым, Ливадия (Оползневое) за 31.07.2011 года. Для реализации определения изреженности виноградника был разработан программный модуль `raschet_vinogradnikov`. Модуль написан на языке программирования IDL и предназначен для функционирования в среде визуализации и обработки изображений ENVI.

Ключевые слова: цифровое изображение, изреженность виноградника, программное обеспечение, прививки, побеги, междурядья.

DEFINITION DETERMINATION AND REMOVER RANGE

Kavats V.V, Kapustin Yevhenii, Vodopyanov Ivan

Work has been done to determine the thinning and distance between the rows of the vineyard using the example of a Worldview-2 satellite in the Yalta region of Crimea, Livadia (Landslide) on July 31, 2011. To implement the determination of the thinning of the vineyard, a software module `raschet_vinogradnikov` was developed. The module is written in the IDL programming language and is intended for operation in the ENVI image visualization and processing environment.

Key words: digital image, thinning of the vineyard, software, vaccinations, shoots, aisles.

УДК: 004.9

Кавац В.В., Капустін Є.І., Кирилова Н.А., Кирилов О.І.

«Дніпрокосмос» філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Україна, Дніпро

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ КА ДЗЗ В ОРБІТАЛЬНОМУ ПОЛЬОТІ

Предметом дослідження є системи відображення на технічних засобах колективного перегляду інформації функціонування космічного апарату (КА) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в орбітальному польоті. Система відображення інформації функціонування КА ДЗЗ в орбітальному польоті на засобах колективного перегляду є невід'ємною складовою частиною сучасного Центру управління польотом (ЦУП) КА. Метою роботи є декомпозиція процесів функціонування КА в орбітальному польоті на окремі технологічні ланки роботи його підсистем, з виділенням складу інформації по їх управлінню та контролю функціонування. Склад інформації призначеної для відображення на засобах колективного перегляду визначається шляхом аналізу інформації бази даних ЦУП КА та інформації, що отримується від КА.

Результатом роботи є основні проектні рішення щодо створення в ЦУП КА «Січ-2-І» спеціального програмного забезпечення «Підсистема відображення інформації функціонування КА в орбітальному польоті».

Ключові слова: Центр управління польотом, спеціальне програмне забезпечення, база даних, сеанс зв'язку, планування корисного навантаження КА, технічні засоби колективного перегляду інформації.

Програмно-технічні системи відображення інформації на технічних засобах колективного перегляду про функціонування космічного апарату (КА) на орбіті є невід'ємною складовою частиною сучасних Центрів управління польотом (ЦУП) КА. Вони призначені для відображення інформації про функціонування підсистем КА, роботи приладів корисного навантаження, контролю відпрацьовування системами КА закладених на борт програм управління.

Першою програмно-технічною системою відображення інформації на засобах колективного перегляду в українських космічних системах (КС) ДЗЗ був створений у 2004 р. Експериментальний зразок Головного інформаційного залу (ЕЗ ГІЗ) для ЦУП КА "Січ-1М" і "Мікросупутник". ЕЗ ГІЗ був складовою частиною Інформаційно-аналітичної системи Національного космічного агентства України (НКАУ) і мав інформаційні зв'язки зі структурними елементами наземної інфраструктури цих космічних систем: Центр управління польотом КА та Центр оперативного планування (ЦОП) роботи наукової апаратури КА. Спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) ЕЗ ГІЗ було виконано у вигляді окремих програмних комплексів відображення: балістичної інформації, роботи наукової апаратури КА, інформації з управління КА, телеметричної інформації. Управління послідовності відображення інформації за результатами роботи цих програмних комплексів здійснювалася програмним комплексом управління колективними засобами відображення інформації шляхом складання оператором ЕЗ ГІЗ часової циклограми виведення інформації на технічні засоби колективного перегляду.

Слід зазначити, що в ЕЗ ГІЗ відображалася розрахункова інформація планування роботи апаратури КА, а не реальне відпрацьовування апаратурою КА розрахованих, і закладених на борт

КА планів. Програмні комплекси ЕЗ ГІЗ у процесах керування КА в орбітальному польоті не брали участь, оператори ЦУП КА інформацію ЕЗ ГІЗ у своїй роботі не використовували. Інформація, виведена в ЕЗ ГІЗ на засоби колективного перегляду носила в основному пізнавальний характер про наукову апаратуру КА і її характеристики, про принципи інформаційного обміну з КА, про контрольовані параметри бортової апаратури, про порядок приведення КА в робочий стан на орбіті.

При створенні наземної інфраструктури КА "Egypsat-1" та КС "Січ-2", у ЦУП КА була введена підсистема планування роботи корисного навантаження КА. Спеціальне програмне забезпечення підсистем ЦУП функціонувало із застосуванням інформації єдиної бази даних ЦУП, через яку здійснювався інформаційний обмін між підсистемами. Такий підхід до побудови програмного забезпечення ЦУП давав можливість створення програмних комплексів ГІЗ, які б відображали на засоби колективного перегляду інформацію бази даних, а для окремих комплексів (наприклад: відображення сеансу зв'язку з КА) у реальному масштабі часу (у темпі її надходження). У складі ГІЗ ЦУП КА «Січ-2» функціонувало три програмних комплекси: «Розчековка» - відображення процесу приведення в робочий стан елементів конструкції КА, «Планування КН» - відображення планування і реалізації програми роботи корисного навантаження КА, «Сеанс зв'язку» - відображення в реальному часі сеансу зв'язку Наземного комплексу управління (НКУ) з космічним апаратом.

Слід зазначити, що в ГІЗ КС "Січ-2" відображалася й розрахункова інформація планування роботи апаратури КА, і реальна інформація відпрацьовування апаратурою КА розрахованих і закладених на борт КА планів.

Однак, враховуючи територіально віддалене

розташування засобів колективного перегляду ГІЗ від робочих місць операторів ЦУП КА, інформація, виведена в ГІЗ операторами ЦУП, не проглядалася і у процесах керування КА не використовувалася. Основним призначенням ГІЗ КС "Січ-2" було забезпечення перегляду інформації сеансів зв'язку з КА керівництвом ЦУП і фахівцями підприємств-розроблювачів складових частин НКУ.

Стрімкий розвиток технічних засобів колективного перегляду інформації та інформаційних технологій по її відображенню, надають в теперішній час умови для створення у складі ЦУП КА «Січ-2-1» спеціального програмного забезпечення «Підсистема відображення інформації функціонування КА в орбітальному польоті», розрахункові данні якої будуть застосовані у технологічному процесі управління КА.

Технологічні процеси функціонування КА на орбіті умовно можна розподілити на наступні ланки:

- виведення космічного апарату на орбіту і приведення його бортових систем до робочого стану;
- орбітальний політ КА, динаміка руху КА по

орбіті;

– робота бортових систем КА по виконанню плану роботи корисного навантаження КА та скиданню цільових даних на станції прийому інформації (СПІ);

– проведення сеансів зв'язку з КА;

– робота бортових систем КА по виконанню добової програми польоту за даними телеметричної інформації;

– контроль стану бортових систем КА.

– контроль роботи енергетичного комплексу КА.

Кожний технологічний процес характеризується набором параметрів, що дозволяють проводити аналіз функціонування КА в орбітальному польоті.

У таблиці 1 наведена декомпозиція технологічного процесу функціонування КА в орбітальному польоті на окремі технологічні ланки з виділенням основних параметрів, що характеризують ту або іншу технологічну ланку.

Таблиця 1.

Декомпозиція технологічного процесу функціонування КА в орбітальному польоті на окремі технологічні ланки

Технологічна ланка	Параметри технологічної ланки	Можливості відображення параметрів у часі	Джерело інформації при відображенні параметрів
Виведення КА на орбіту і приведення бортових систем КА в робочий стан	Трасекторія виведення КА на орбіту	Трасекторія виведення КА на орбіту – у реальному часі	Розрахункова інформація виведення КА на орбіту
	Робота розгінного блоку (3-я ступінь) і відділення КА від ракетно-носія	У реальному часі й із заданим масштабом часу.	Креслення конструкції КА й тимчасова діаграма приведення бортових систем КА до робочого стану
	Розчеховка основних елементів конструкції КА		
	"Захоплення" КА Наземною станцією управління і проведення першого сеансу зв'язку	У реальному часі	Розрахункова балістична інформація із БД ЦУП та інформація, що надходить від Наземної станції управління
Орбітальний політ КА, динаміка руху КА по орбіті	Відображення на фоні карти Миру витку руху КА по орбіті і траси під супутникової точки, параметрів орбіти у даний час	У реальному часі або із заданим масштабом часу	Розрахункова балістична інформація із БД ЦУП
Робота бортових систем КА по виконанню плану роботи корисного навантаження КА й скиданню цільової інформації;	У перервах в роботі корисного навантаження КА: час до включення приладів «зйомки», заплановані до включення прилади і їх канали, режим зйомки, кути відхилення КА при зйомці, найменування району зйомки	У реальному часі або із заданим масштабом часу	Розрахункова балістична інформація, плани роботи корисного навантаження КА, плани роботи станції прийому інформації із БД ЦУП
	У сеансі зйомки: заданий район зйомки, покриття смугою захоплення приладу району зйомки, задіяні прилади і їх канали, кутове положення КА при зйомці.		

Технологічна ланка	Параметри технологічної ланки	Можливості відображення параметрів у часі	Джерело інформації при відображенні параметрів
Проведення сеансу зв'язку з КА	Характеристики запланованого сеансу зв'язку: положення КА на трасі руху, час початку й закінчення сеансу зв'язку з КА, завдання сеансу зв'язку, інформація про вихідні дані сеансу зв'язку (програми сеансу зв'язку - тип команди, номер команди, час виконання команд, список масивів інформації, тощо)	В процесі підготовки до сеансу зв'язку з КА	Інформація із БД ЦУП.
	Інформація сеансного репортажу: індикація стану зв'язку з КА, відображення положення КА в зоні радіовидимості, данні відпрацьовування програми сенсу зв'язку, данні про доставку програмних команд і масивів інформації ПК на борт КА.	У реальному часі у темпі приймання інформації в ЦУП при проведенні сеансу зв'язку з КА	Інформація Наземної станції управління передана/прийнята на/ від КА
Робота бортових систем КА по виконанню добової програми польоту	Інформація про виконання бортовими системами КА добової програми польоту з виділенням інформації про відхилення від заданих програмою параметрів	Після аналізу телеметричної інформації, прийнятої в сеансі зв'язку з КА	Добова програма польоту КА у БД ЦУП. Прийнята від КА телеметрична інформація
Контроль стану бортових систем КА.	Матриця бортових систем КА з основними контрольованими параметрами системи, які відображуються за принципом "норма", "не норма"	Після аналізу телеметричної інформації, прийнятої в сеансі зв'язку з КА	Прийнята від КА телеметрична інформація
Контроль роботи енергетичного комплексу КА	Параметри бортових акумуляторів електроживлення. Параметри енергоспоживання бортових систем і приладів корисного навантаження КА	Після аналізу телеметричної інформації, прийнятої в сеансі зв'язку з КА	Прийнята від КА телеметрична інформація

Для реалізації добової програми польоту КА, в ЦУП КА, з застосуванням СПЗ «Підсистема управління супутником» (ПУС), формується Оперативний план управління КА, який визначає послідовність у часі роботу службових підсистем КА і приладів корисного навантаження КА. Оперативний план управління КА заноситься до бази даних ЦУП і закладається на борт КА у вигляді масивів інформації, програмних і разових команд.

СПЗ «Підсистема відображення інформації функціонування КА в орбітальному польоті» створюється за модульним принципом (кожен модуль обробляє інформацію окремої технологічної ланки), з відображенням вихідної інформації на засоби її колективного перегляду.

У СПЗ можна виділити модулі по наступних технологічних циклах:

- виведення КА на орбіту і приведення його в робочий стан – «Розчековка»;
- застосування КА по його цільовому призначенню, робота корисного навантаження КА по зйомці заданих ділянок поверхні Землі, скидання цільової інформації на станції приймання інформації («ППКН»);

– проведення сеансів зв'язку з КА - «Сеанс зв'язку»;

– відображення телеметричної інформації та аналіз стану бортової апаратури - «ТМІ».

Координація роботи програмних модулів здійснюється модулем управління підсистемою, який повинен управляти часом роботи модулів та послідовністю відображення інформації відповідно до Оперативного плану управління КА.

Для функціонування СПЗ пропонується структура технічних засобів. У якості Табло колективного перегляду може бути обрана Професійна «Рк-Панель 84». Робоча станція призначена для функціонування програмних модулів підсистеми. Відео-Сервер призначений для управління Табло колективного перегляду інформації: відображення в заданих вікнах табло інформації програмних модулів по тимчасовій діаграмі Добової програми управління КА. На відео-сервері повинен бути організований двомоніторний режим роботи. На моніторі відео-сервера повинна виводитися інформація аналогічна інформації Табло зображена на Рис.1.

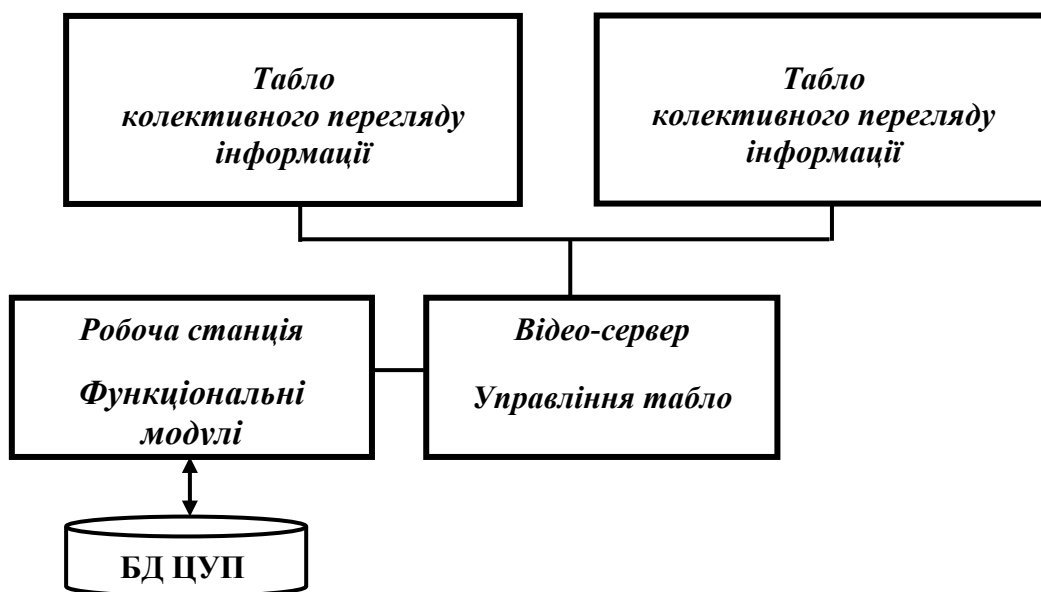


Рис.1. Технічні засоби для функціонування СПЗ

На Рис.2 наведено один з варіантів розбивки Табло колективного перегляду на «вікна» відображення інформації функціональних модулів

СПЗ «Підсистема відображення інформації функціонування КА в орбітальному польоті».

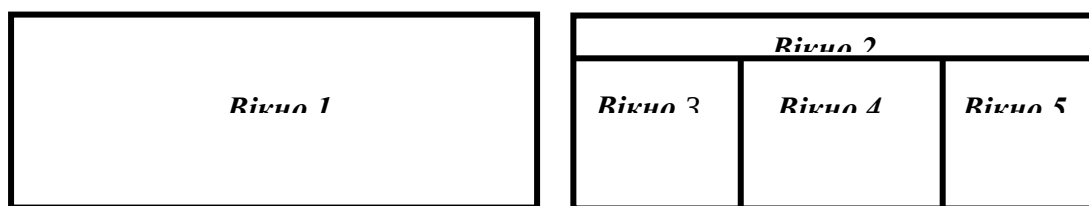


Рис.2 Варіант розподілення Табло на «вікна»

Склад інформації, що виводиться у «вікнах» Табло надає окремо інформацію про два етапи функціонування КА:

– виведення КА на орбіту, приведення його до робочого стану і проведення першого сеансу зв'язку з КА;

– функціонування КА на орбіті за цільовим призначенням.

У таблиці 2 наведений один з варіантів розподілення відображення інформації у «вікнах» Табло в процесі виведення КА та його функціонування на орбіті

Таблиця 2.

Інформація, що відображається у «вікнах» Табло		
«Вікно»	Інформація, що виводиться у «вікні»	Програмний модуль СПЗ, що надає інформацію
Виведення КА на орбіту, приведення його до робочого стану і проведення першого сеансу зв'язку з КА		
Вікно 1	Траса руху ракети-носія на фоні карти Миру. Відлік часу з моменту старту ракети носія	Розчековка
Вікно 2	Циклограма виведення КА на орбіту Інформація першого сеансу зв'язку	Розчековка Сеанс зв'язку
Вікно 3	Перелік інформації, яка закладається на борт КА в процесі сеансу зв'язку	Сеанс зв'язку
Вікно 4	Анімація роботи розгінного блоку ракети-носія й приведення КА до робочого стану	Розчековка
	Зона радіовидимості Наземної станції управління і проходження КА по зоні на фоні карти Миру	Сеанс зв'язку
Вікно 5	Телеметрична інформація, що скидається в сеансі зв'язку про приведення бортових систем КА в робочий стан	ТМІ

Функціонування КА на орбіті за цільовим призначенням		
Вікно 1	Рух КА по трасі на фоні карти Миру Відображення процесу зйомки районів (генералізація ділянки карти). Відображення зони радіовидимості станції прийому інформації та процесу «скидання» інформації. Інформація про процеси, що відображаються у «вікні»	ППКН
Вікно 2	Інформація про майбутній сеанс зв'язку (час до сеансу, час початку/закінчення сеансу, програма сеансу)	Сеанс зв'язку
	Інформація про сеанс зв'язку (час до сеансу, час початку сеансу, програма сеансу, час закінчення сеансу, оцінка сеансу зв'язку)	Сеанс зв'язку
Вікно 3	Перелік інформації, яка закладається на борт КА в процесі сеансу зв'язку з відміткою кольором про проходження операції	Сеанс зв'язку
	Отримані раніше від КА дані ДЗЗ	Сеанс зв'язку
Вікно 4	Зона радіовидимості Наземної станції управління та проходження КА по ЗРВ на фоні карти Миру	Сеанс зв'язку
	Оперативний план управління з відміткою про виконання відпрацьованих команд	Сеанс зв'язку
Вікно 5	Телеметрична інформація, що скидається в сеансі зв'язку	ТМІ
	Прогноз стану бортових систем КА	Сеанс зв'язку

В процесі розроблення СПЗ «Підсистема відображення інформації функціонування КА в орбітальному польоті», склад інформації та її розподілення за «вікнами» Табло може змінюватись в залежності від її застосування в технологічному процесі з управління КА.

Висновки. Комплекс відображення інформації про функціонування КА в орбітальному польоті на засобах колективного перегляду повинен створюватись як окрема підсистема, що входить до складу СПЗ ЦУП КА «Січ-2-1». СПЗ підсистеми повинне розроблятися у вигляді окремих функціональних модулів.

Керування роботою функціональних модулів здійснює модуль керування, який координує роботу функціональних модулів і управляє процесом відображення інформації на засобах колективного перегляду відповідно до Оперативного плану управління КА.

Технічні засоби СПЗ "Підсистема відображення функціонування КА в орбітальному польоті" повинні входити до складу Інформаційно-обчислювального комплексу ЦУП КА «Січ-2-1» і розміщуватись у приміщенні де встановлені робочі місця операторів «Групи управління» та «Групи аналізу».

Перелік джерел посилань:

1. Волошин В.И., Капустин Е.И., Кириллов А.И., Кириллова Н.А., Засуха С. О. Информационные технологии в управлении работой полезной нагрузки космических аппаратов по дистанционному зондированию Земли. Космическая наука и технология. 2005. Т 11. №3/4. С. 88-91. ISSN 1561-8889.
2. Кириллов А.И., Кириллова Н.А., Махонин Е.И. Формирование и отображение планов работы полезной нагрузки космических аппаратов и полученных данных дистанционного зондирования Земли с применением программных пакетов ГИС-технологий. Космическая наука и технология. 2005. Т 11. №3/4 С. 85-87. ISSN 1561-8889.
3. Волошин В.И., Капустин Е.И., Кириллов А.И., Кириллова Н.А., Засуха С. О. Принципы построения алгоритмов планирования работы полезной нагрузки КА высокого разрешения для съемки районов поверхности Земли большой площади. Материалы пятой Украинской конференции по перспективным космическим исследованиям.
4. Дополнение к эскизному проекту на космическую систему "Січ-1М" в части структуры, функций и характеристик наземного специального комплекса. 2002 г.
5. Эскизный проект космической системы оптико-электронного наблюдения Земли и связи "Січ-2". Наземный специальный комплекс. 2002 г.

References:

1. Voloshin V.I., Kolovin E.I., Kirillov A.I., Kirillova N.A., Drought S. O. Information technology in the management of spacecraft payloads for Earth remote sensing. Space science and technology. 2005. T 11. No. 3/4. Page 88-91. ISSN 1561-8889.
2. Kirillov A.I., Kirillova N.A., Mahonin E.I. Formation and display of plans of operation of payload of spacecraft and obtained data of remote sensing of the Earth using software packages of GIS-technologies. Space science and technology. 2005. T 11. № 3/4 С. 85-87. ISSN 1561-8889.
3. Voloshin V.I., Kolovin E.I., Kirillov A.I., Kirillova N.A., Drought S. O. Principles of building algorithms for planning the operation of high-resolution spacecraft payload for surveying areas of the Earth 's surface of large area.

Proceedings of the Fifth Ukrainian Conference on Advanced Space Research.

4. Addition to the outline sketch on the space S_ch-1M system regarding structure, functions and characteristics of a land special complex. 2002.

5. Sketch design of the space system of optical-electronic Earth observation and communication "Sich-2." Land special complex. 2002.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КА ДЗЗ В ОРБИТАЛЬНОМУ ПОЛЕТЕ

Кавац В.В., Капустин Е.И., Кириллова Н.А., Кириллов А.И.

Предметом исследования являются системы отображения на технических средствах коллективного просмотра информации функционирования космического аппарата (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в орбитальном полете. Система отображения информации о функционировании КА ДЗЗ в орбитальном полете на средствах коллективного просмотра является неотъемлемой составной частью современного Центра управления полетом (ЦУП) КА. Целью работы является декомпозиция процессов функционирования КА в орбитальном полете на отдельные технологические звенья работы его подсистем, с выделением состава информации по их управлению и контролю функционирования. Состав информации, предназначенной для отображения на средствах коллективного просмотра, определяется путем анализа информации базы данных ЦУП КА и информации, получаемой от КА.

Результатом работы являются основные проектные решения по созданию специального программного обеспечения подсистемы «Отображение информации о функционировании КА в орбитальном полете» в ЦУП КА «Січ-2-1».

Ключевые слова: Центр управления полетом, специальное программное обеспечение, база данных, сеанс связи, планирование полезной нагрузки КА, технические средства коллективного просмотра информации.

BASIC PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF THE INFORMATION DISPLAY SYSTEM OF INFORMATION FUNCTIONING OF A REVERSE DEPARTMENT IN AN ORBITAL FLIGHT

Kavats V.V., Kapustin Y.I., Kyrylova N.A., Kyrylov O.I.

The subject of the research is the display systems on the technical means of collective viewing of information on the functioning of the spacecraft (SV) of the Earth remote sensing (RS) in orbital flight. The system for displaying information about the functioning of the Earth remote sensing satellite in orbital flight on the means of collective viewing is an integral part of the modern Flight Control Center (FCC) of the spacecraft. The aim of the work is to decompose the processes of spacecraft functioning in orbital flight into separate technological units of its subsystems, highlighting the composition of information on their control and operation check. The composition of the information intended for display on the means of collective viewing is determined by analyzing the information of the mission information center database and information obtained from the spacecraft.

The result of the work are the main design solutions for creating special software of the subsystem "Displaying information about the functioning of the spacecraft in orbital flight" at the Sich-2-1 satellite.

Key words: Flight control center, special software, database, communication session, scheduling of a spacecraft payload, technical means of collective viewing of information.

УДК: 528.47, 528.8, 004.93

Вишняков В.Ю. (кандидат технічних наук), Касімов А.О., Репей С.В., Чорна К.В.
Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля,
Україна, с. Залісці

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ СУДНОПЛАВСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Розглянуті питання можливості моніторингу судноплавства шляхом розпізнавання кораблів на водній поверхні за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) високої просторової розрізненості з використанням існуючих методів геоінформаційних технологій; формування кінцевих інформаційних продуктів (КІП) для подальшого застосування вищим керівництвом держави, Військово-Морськими Силами Збройних Сил України, державною прикордонною службою України та іншими силовими структурами та відомствами.

В результаті проведеної роботи: розроблено алгоритм автоматизованого розпізнавання кораблів на водній поверхні за даними ДЗЗ з використанням баз даних (БД) кораблів; проведено аналіз та оптимізовано представлення результатів для кінцевого користувача.

Ключові слова: водна поверхня, кораблі на водній поверхні, розпізнавання, просторова розрізненість, ГІС, векторизація, індекс нормалізовано-різницевий.

Вступ. В наслідок тимчасової окупації Російською Федерацією території України гостро постає питання забезпечення моніторингу судноплавства в морській економічній зоні України та фіксація фактів порушення національного законодавства.

Зазвичай, такий моніторинг проводиться з використанням системи автоматичної ідентифікації Automatic Identification System (AIS) [1], яка використовує частоти ультракоротких радіохвиль для визначення місцеположення кораблів та їх ідентифікації. AIS і є дуже ефективним засобом контролю руху суден, але він не вирішує питання контролю моніторингу плавзасобів, які не мають або зловмисно відключають пристрій транспондер [2]. Найбільш ефективним методом виявлення таких суден є моніторинг з використанням даних ДЗЗ.

Зважаючи на великі площі спостереження та велику кількість об'єктів, здійснення їх моніторингу вимагає значних витрат людино-годин. Тому з метою оперативного інформаційного забезпечення вищого керівництва держави та інших служб та відомств про факти порушення порядку судноплавства в морській економічній зоні України актуальним є розв'язання задачі автоматизації процесу моніторингу судноплавства в Чорному та Азовському морях з використанням даних ДЗЗ.

Найбільших результатів з питань автоматизації визначення об'єктів на водній поверхні досягла ізраїльська компанія Insightful Vision (ISI) [3], але у відкритих джерелах інформація про їх розробки відсутня. Дослідженнями процесу автоматизованого розпізнавання об'єктів на знімках з елементом контурного аналізу займалися О.В. Збруцький, А.П. Ганжа [4], О.С. Бутенко [5], які застосовували їх для визначення берегової смуги та локалізації плям нафтових забруднень на водній поверхні.

Таким чином метою статті стало створення практично можливого, максимально автоматизованого методу розпізнавання об'єктів на водній поверхні за даними ДЗЗ з використанням існуючих методів геоінформаційних технологій та формування сприятливих для подальшого використання вищим керівництвом держави, Військово-Морськими Силами Збройних Сил України, державною прикордонною службою України та іншими силовими структурами та відомствами КІП.

Основна частина.

Для розуміння поставленого завдання та опису методів та підходів автоматизації процесу оброблення даних було сформовано контекстну діаграму моніторингу судноплавства в нотатції IDEF0 (Рис. 1).

В якості вхідних даних використовуються: дані ДЗЗ, зони інтересу (електронні картографічні дані), база даних (БД) кораблів, дані з засобів масової інформації (ЗМІ). Результатом проведення моніторингу має бути пакет кінцевих інформаційних продуктів (КІП) аналіз якого дозволить вдосконалювати розроблений метод моніторингу судноплавства.

Для розпізнавання кораблів на водній поверхні згідно [6] слід застосовувати дані ДЗЗ відповідної просторової розподільчої здатності (Таб.1).

Виходячи з цієї інформації, слід застосовувати дані ДЗЗ з просторовою розрізненістю не гірше ніж 0,6 метра, використання яких даних дозволить ідентифікувати мости, підводні човни в надводному стані, визначити тип та модель надводних кораблів. В аналізі авторами використовувалися дані з КА SuperView та EROS-B. Тактико-технічні характеристики цих апаратів представлені в (Таб.2) [7-8].

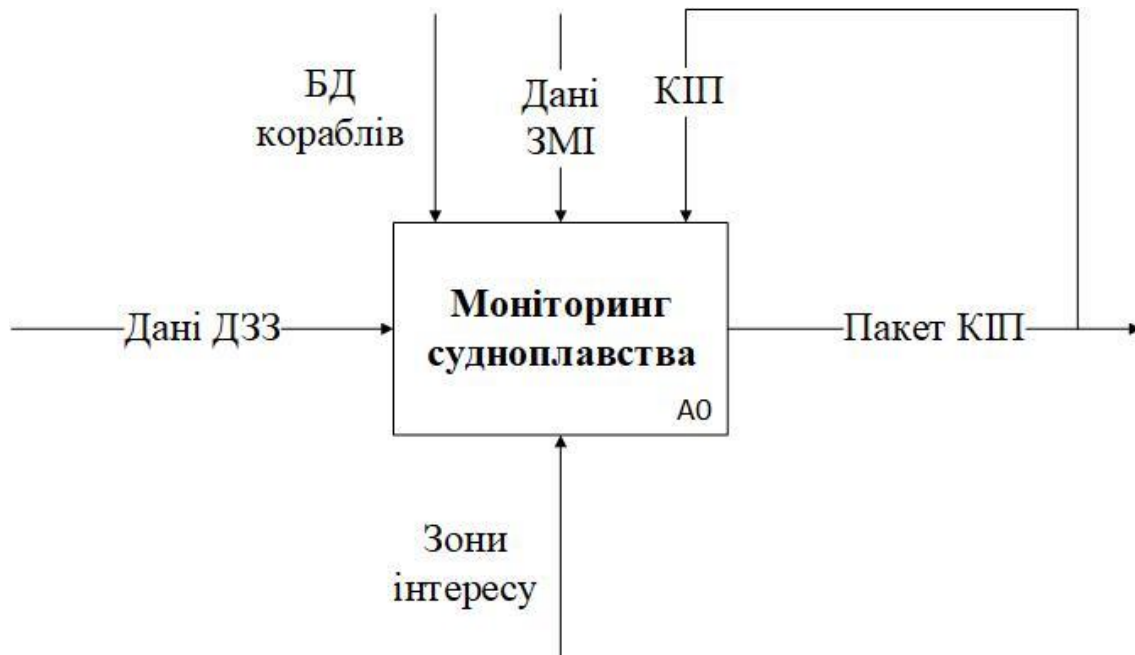


Рис. 1 Контекстна діаграма в нотації IDEF0

Таблиця 1

Відповідність просторової розподільчої здатності рівню класифікації об'єкту в метрах

Об'єкт	Виявлення	Визначення типу	Визначення моделі	Опис	Технічний аналіз
Мости	6	4,5	1,5	1	0,3
Надводні кораблі	7	4,5	0,6	0,3	0,045
Підводні човни в надводному стані	7	4,5	1,5	1	0,03

Таблиця 2

Тактико-технічні характеристики КА SuperView та EROS-B

КА	Сканер	№ каналу	Min, нм	Max, нм	Mean, нм	Просторова розподільча здатність, м	Смуга зйомки, км	Радіометричне розрізнення, біт
SuperView1	CCD (PAN)	1	450	890	670	0,5	13,1	11
	CCD (MS)	1	450	520	485	2	13,1	11
	CCD (MS)	2	520	590	555	2	13,1	11
SuperView1	CCD (MS)	3	630	690	660	2	13,1	11
	CCD (MS)	4	770	890	830	2	13,1	11
EROS-B	CCD /TDI	-	500	900	700	0,7	7,14	10

Зазвичай, отримані дані мають рівень оброблення 1В, 2А (географічно прив'язане зображення по орбітальним даним). Таким чином, подальше їх використання для автоматизованого розпізнавання кораблів на водній поверхні потребує здійснення попередньої обробки, а саме: нормалізації, точної географічної прив'язки та перетворення у синтезоване багатоспектральне зображення (Pan Sharpening).

Важливим елементом нормалізації даних є

вирівнювання яскравості та атмосферна корекція, так як зйомка здійснюється в різних умовах: освітленості, кута знімання, погоди.

Труднощі розпізнавання кораблів на космічних знімках виникають при розташуванні їх поблизу берегової смуги, островів, під час штормів, при наявності різноманітних забруднень водної поверхні та в разі наявності туману або хмарного покриву. Виходячи з цих спостережень, було сформовано наступні вимоги до якості даних ДЗЗ високої

розподільчої здатності, а саме:

- мінімальний рівень хмарності на знімку;
- максимальне наближення кута зйомки до надиру;
- здійснення знімку в денний час.

Для визначення параметрів точності меж зони інтересу, а саме економічної території України в

Чорному та Азовському морях, необхідних для автоматизації визначення кораблів на водній поверхні слід враховувати просторову розподільчу здатність даних ДЗЗ. Виходячи з таблиці 3 для наших даних необхідне формування актуальних векторних карт масштабу 1:2000[9].

Таблиця 3

Відповідність масштабів карт просторовій розподільчій здатності (ПРЗ)

ПРЗ	Можливий масштаб
15 м	1:100 000
10 м	1:100 000
6 м	1:50 000
5 м	1:25 000
4 м	1:20 000
2.44 м	1:12 500
1.8 м	1:10 000
1 м	1:5 000
0.61 м	1:2 000

Для вирішення цього завдання авторами було розроблено та використано наступний алгоритм:

- 1) підбір даних ДЗЗ високої розподільчої здатності на зону інтересу. У разі відсутності знімків на територію об'єктів, використовувалися дані GoogleEarth;
- 2) попереднє оброблення та підготовка даних ДЗЗ;
- 3) векторизація берегової смуги та меж

статичних водних об'єктів (пірси, острови);

- 4) створення загального векторного полігону на зону інтересу (Рис. 2).

Застосування отриманої векторної електронної карти дозволяє здійснювати точну обрізку даних ДЗЗ по зоні інтересу (Рис. 3) та виключати з процесу оброблення «зайвої» територію знімку (суходолу) з застосуванням інструменту маскування (Рис. 4).

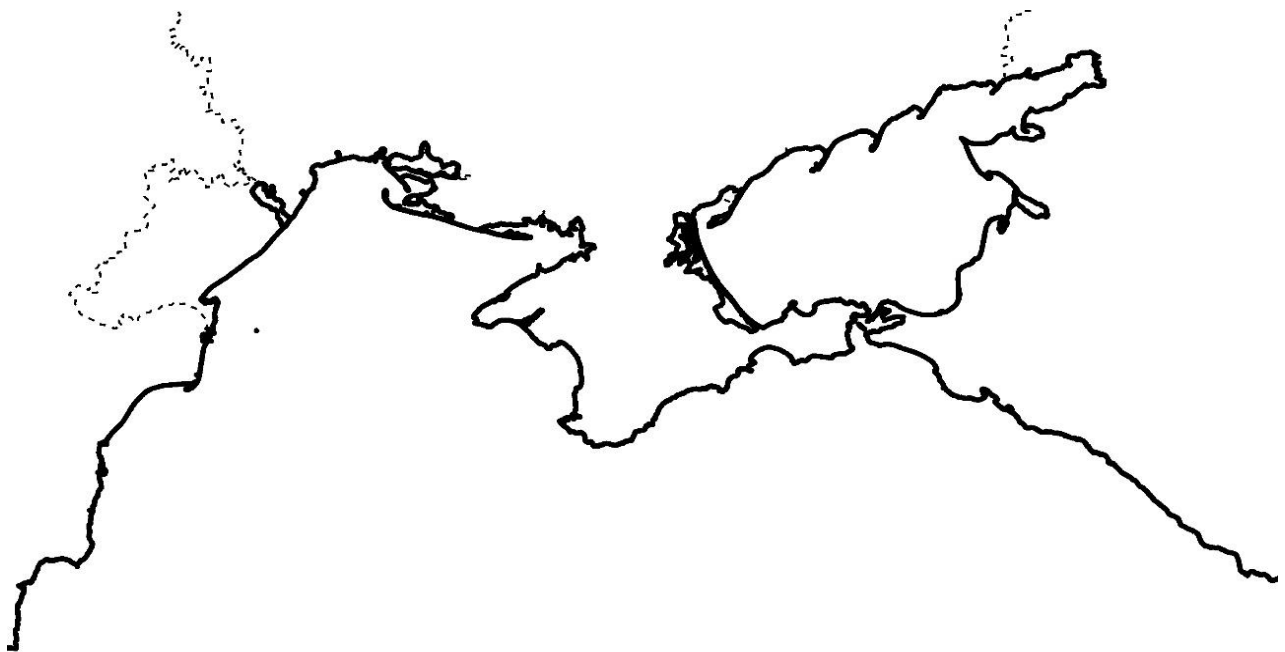


Рис. 2 – вектор економічної зони України в Азово-Чорноморському басейні



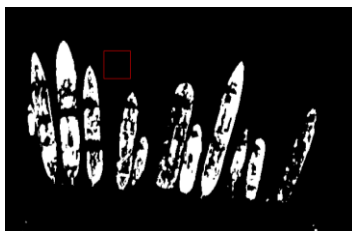
Рис. 3 – Вигляд космічного знімку, обрізаного по вектору



Рис. 4 – Відмаскований обрізаний знімок

Аналіз досліджень, вище згаданих фахівців пропонує застосування для автоматизованого визначення об'єктів бітового зображення (Рис. 4а) з

подальшою фільтрацією та визначенням меж об'єктів методом конволюції, який дозволяє відфільтрувати дрібні шуми (Рис. 4б).



а



б

Рис. 4 – а.) результат перетворення знімку у бітове зображення; б.) оконтурення об'єктів

Як видно з рис. 4б майже всі кораблі ідентифіковані, як декілька незалежних об'єктів, що пов'язано з неоднорідністю яскравісних показників (тіні від надбудов, нерівномірне освітлення, неоднорідні покрівлі тощо). Спроби авторів понизити просторову розрізненість для запобігання впливу дрібних частин кораблів призвели до зворотного об'єднання різних кораблів в один об'єкт, що також не дало змоги здійснювати подальшу коректну ідентифікацію в автоматизованому режимі. Таким чином, для забезпечення замовника оперативними та якісними результатами, розпізнавання кораблів на водній

поверхні з використанням даних ДЗЗ високої просторової розподільчої здатності здійснювалося шляхом візуального виділення об'єктів прямокутниками з одночасним формування векторного шару. Це дозволяє чітко визначати властивості кораблів для їх подальшої ідентифікації, а саме: ширина, довжина та відхилення відносно напрямку на Північ (курс корабля) (Рис. 5).

Створений векторний шар та застосування стандартних інструментів ArGIS дозволяють автоматизувати процес формування векторного шару розпізнаних об'єктів на водній поверхні з представлений в таблиці 4 специфікацією (Рис. 6,7)



Рис. 5 Фрагмент виділення об'єктів прямокутниками

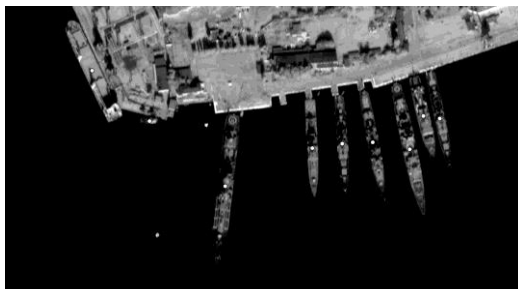


Рис. 6 Фрагмент векторного шару розпізнаних об'єктів на водній поверхні

Таблиця 4

Специфікація об'єктів на водній поверхні

Поле	Тип	Коментарі
NUMBER	Long	Порядковий номер об'єкту
Long	Double	Географічна довгота
Lat	Double	географічна широта
X	Double	вертикальна вісь прямокутних координат
Y	Double	горизонтальна вісь прямокутних координат
Lgth	Float	довжина об'єкту
Breadth	Float	ширина об'єкту
Direction	Float	курс об'єкту

Для забезпечення автоматизації ідентифікації розпізнаних об'єктів, з використанням засобів ЗМІ, авторами було створено БД кораблів з представлений в таблиці 5 специфікацією (табл. 3).

Шар ідентифікованих об'єктів можна розглядати як певну множину M :

$$M = \{O, BS, P\} \quad (1)$$

де O – множина розпізнаних об'єктів;

BS – множина БД кораблів;

P – ймовірність відповідності.

Проведемо порівняльний аналіз атрибутивних даних субмножин:

$O = \{\text{Number, Longitude, Latitude, X, Y, Lgth, Breadth, Direction}\}$

$BS = \{\text{Number, Lgth, Breadth, Name, Base}\} \quad (2),$

$P = \{\text{Number, type, \%}\}.$

де type – висока, середня, низька вірогідність;

$\%$ – кількостний показник вірогідності.

В результаті проведеного аналізу було визначено необхідність формування множини даних відповідності розпізнаних об'єктів фактичним кораблям (3 – 5):

- об'єкти, що відносяться до кораблів з БД:

$$O \cap BS \quad (3)$$

- об'єкти, що не відносяться до кораблів з БД:

$$O \notin BS \quad (4)$$

Таким чином, було розроблено та реалізовано алгоритм розрахунку ідентифікації кораблів з БД з визначенням вірогідності (Рис. 8)

Table										
784601_Name										
FID	Shape	Number	Longitude	Latitude	X	Y	Lgth	Breadth	Direction	
0	Point	1	543947,988129	4941287,77144	543947,988129	4941287,77144	210	32	87,541842	
1	Point	2	543958,404683	4941187,56651	543958,404683	4941187,56651	138	26	105,512874	
2	Point	3	544071,646577	4941422,25239	544071,646577	4941422,25239	170	22	265,492079	
3	Point	4	543760,495954	4941306,62925	543760,495954	4941306,62925	263	40	175,754902	
4	Point	5	543931,417129	4941101,57675	543931,417129	4941101,57675	272	37	291,415131	

Рис. 7. Варіант таблиці формування векторного шару розпізнаних об'єктів на водній поверхні

Таблиця 5

Специфікація БД кораблів

Поле	Тип	Коментарі
NUMBER	Long	Порядковий номер об'єкту
Lgth	Float	довжина об'єкту
Breadth	Float	ширина об'єкту
Name	Text	найменування корабля
Base	Text	Місце територіального закріплення

В результаті виконання цього алгоритму та вище зазначених методів розпізнавання об'єктів за даними ДЗЗ високої просторової розрізненості формується пакет КІП, який містить в собі

ситуаційну карту моніторингу судноплавства, таблицю з ідентифікованими кораблями з відповідною ймовірністю (Рис. 9).

$$\Delta L = |L_i - L_n|$$

$$\Delta D = |D_i - D_n|$$

$$K = |\Delta L + \Delta D|$$

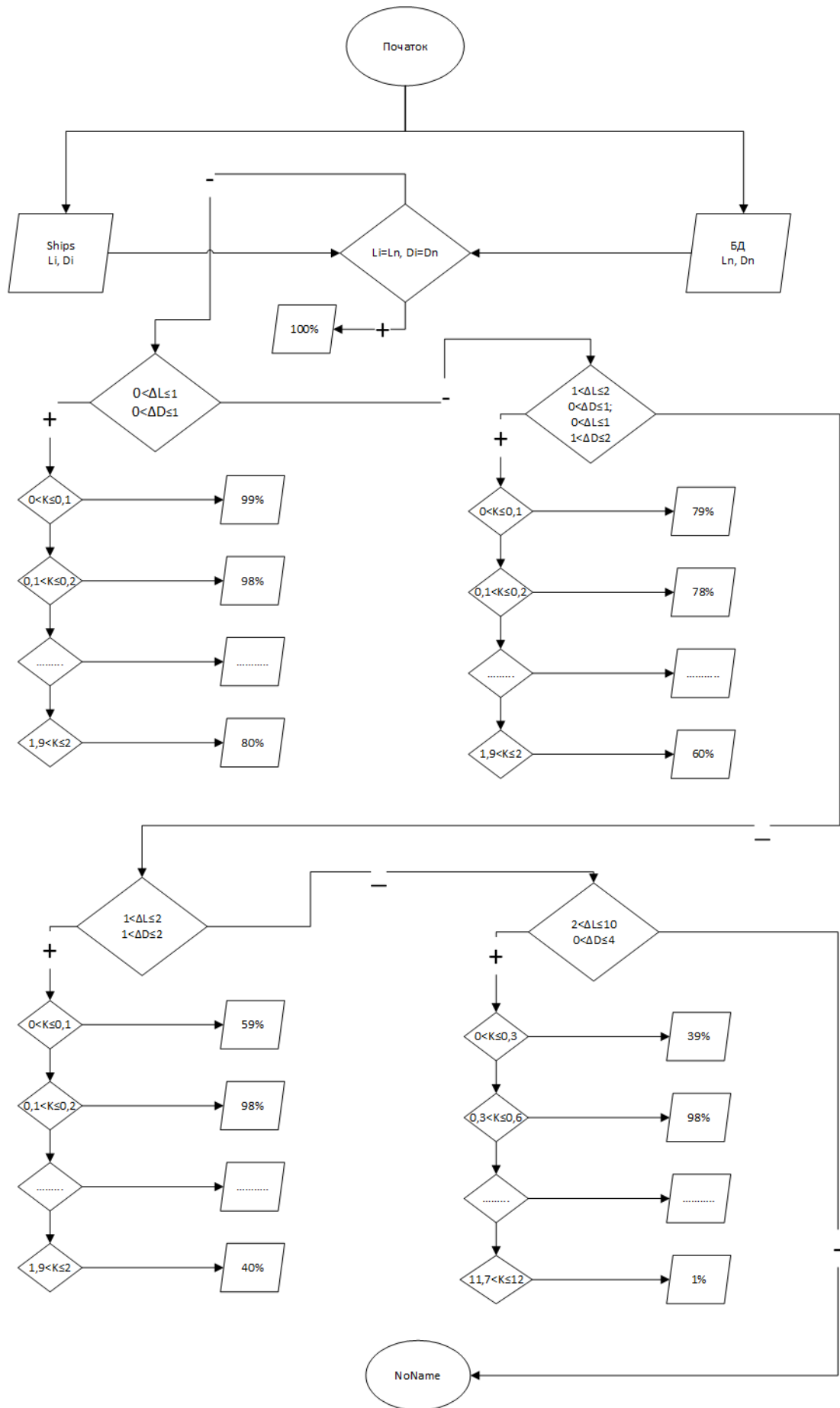


Рис. 8 Алгоритм розрахунку ідентифікації кораблів з БД з визначенням вірогідності

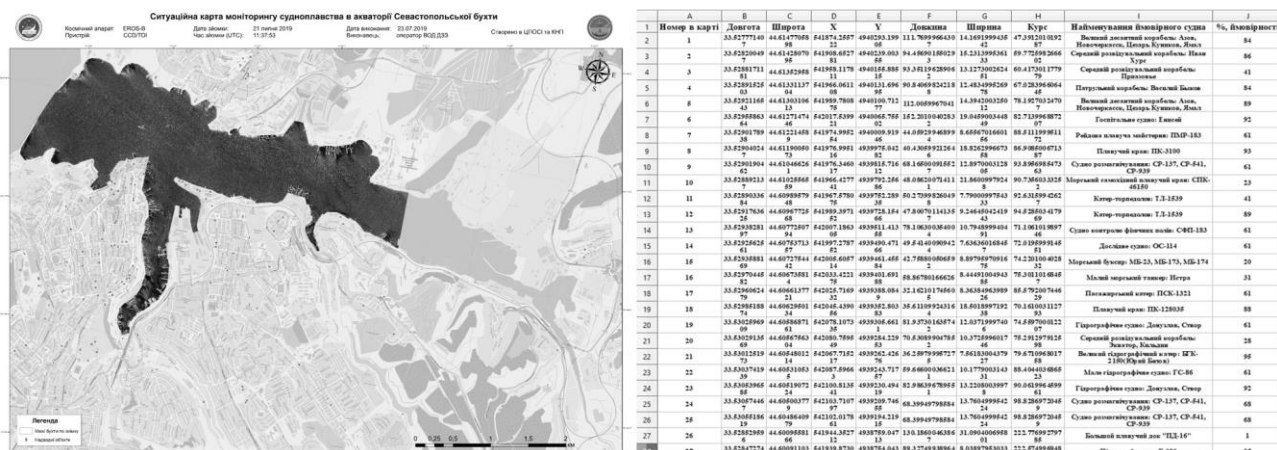


Рис. 9 Дані пакету КПІ

Висновки. За результатами проведеної роботи було розроблено і відпрацьовано метод розпізнавання об'єктів на водній поверхні за даними ДЗЗ високої просторової розрізненості, створено автоматизований метод ідентифікації кораблів з використанням існуючих методів геоінформаційних

технологій та сформовано пакет КПІ, сприятливий для подальшого використання вищим керівництвом держави, Військово-Морських Силами Збройних Сил України, державною прикордонною службою України та іншими силовими структурами та відомствами

Перелік джерел посилань:

1. «Не Росією єдиною: у МінТОТ розповіли про судна-порушники, що в грудні заходили до Криму» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.5.ua/suspilstvo/ne-rosiieiu-iedynoiu-u-mintot-rozpovily-pro-sudnaporushnyky-shcho-v-hrudni-zakhodyly-do-krymu-162539.html>
2. «У МінТОТ розповіли про судна-порушники» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://dt.ua/UKRAINE/mizhnarodne-morske-pravo-maye-diyati-i-v-azovskomu-mori-a-rosiya-povinna-vidpovisti-za-yogo-porushennya-ekspert-292938_.html
3. AN AI BASED ALGORITHM WAS ABLE TO IDENTIFY MILITARY VESSELS AT HAMAD PORT, QATAR: <https://www.imagesatintl.com/ai-based-algorithm-able-identify-military-vessels-hamad-port-qatar/>
4. Збруцький А.В., Ганжа А.П., Навігация космического аппарата дистанционного зондирования Земли по съемке земной поверхности: учебное пособие. Киев: НТУУ «КПИ», 2011. 160с.
5. Довгий С.О., Красовський Г.Я., Радчук В.В., Трофимчук О.М., Бутенко О.С., Березина С.І., Вишняков В.Ю., Крета Д.Л., Клочко Т.О., Лісовський Р.Й., Слободян В.О. Сучасні інформаційні технології екологічного моніторингу Чорного моря: наукова монографія. Київ: Інформаційні системи, 2010. 260с.
6. Л. М. Артюшин, С. П. Мосов, Д. В. П'яковский, В. Б. Толубко. Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності. Досвід, проблемні питання і тенденції. Монографія., Київ-2002.
7. «SuperView-1» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://innoter.com/sputniki/superview-1/>
8. «EROS-B» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/EROS-B>
9. Классификация снимков по пространственному разрешению: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?table=Menu&id=14

References:

1. «Not Russia alone: MinTOT reported on offending vessels entering the Crimea in December» [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.5.ua/suspilstvo/ne-rosiieiu-iedynoiu-u-mintot-rozpovily-pro-sudnaporushnyky-shcho-v-hrudni-zakhodyly-do-krymu-162539.html>
2. «MinTOT reported on offending vessels entering» [Electronic resource] - Resource access mode: https://dt.ua/UKRAINE/mizhnarodne-morske-pravo-maye-diyati-i-v-azovskomu-mori-a-rosiya-povinna-vidpovisti-za-yogo-porushennya-ekspert-292938_.html
3. AN AI BASED ALGORITHM WAS ABLE TO IDENTIFY MILITARY VESSELS AT HAMAD PORT, QATAR: <https://www.imagesatintl.com/ai-based-algorithm-able-identify-military-vessels-hamad-port-qatar/>
4. Zbrutsky A.V., Ganzha A.P., Navigation of the spacecraft for remote sensing of the Earth by surveying the earth's surface: a training manual. Kiev: NTUU "KPI", 2011.160s.
5. Dovhyi S.O., Krasovsky G.Y., Radchuk V.V., Trofimchuk O.M., Butenko O.S., Berezina S.I., Vyshnyakov V.Yu., Crete D.L., Klochko T.O., Lisovsky R.Y., Slobodyan V.A. Modern information technologies of ecological monitoring of the Black Sea: scientific monograph. Kiev: Information Systems, 2010. 260.
6. L.M. Artyushin, S.P. Mosov, D.V. Pyaskovsky, and V.B. Tolubko. Aerospace intelligence in the local wars of today. Experience, problematic issues and trends. Monograph., Kiev-2002.
7. «SuperView-1» [Electronic resource] - Resource access mode: <https://innoter.com/sputniki/superview-1/>

8. «EROS-B» [Electronic resource] - Resource access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/EROS-B>

9. Classification of images by spatial resolution: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?table=Menu&id=14

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА СУДОХОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Вишняков В.Ю., Касимов А.О., Репей С.В., Чорна К.В.,

Рассмотрены вопросы возможности мониторинга судоходства путем распознавания кораблей на водной поверхности по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) высокого пространственного разрешения с использованием существующих методов геоинформационных технологий; формирование конечных информационных продуктов (КИП) для дальнейшего применения высшим руководством государства, Военно-Морскими Силами Вооруженных Сил Украины, государственной пограничной службой Украины и другими силовыми структурами и ведомствами.

В результате проведенной работы: разработан алгоритм автоматизированного распознавания кораблей на водной поверхности по данным ДЗЗ с использованием баз данных (БД) кораблей; проведен анализ и оптимизировано представления результатов для конечного пользователя.

Ключевые слова: водная поверхность, корабли на водной поверхности, распознавание, пространственное разрешение, ГИС, векторизация, индекс нормализованно-разностный.

AUTOMATION OF THE PROCESS OF MONITORING SHIPPING TO USE DATA OF REMOTE SENSING OF THE EARTH

Vishnyakov V., A. Kasimov, S. Repey, K.

The issues of monitoring shipping by recognition of ships on the water surface to use data of remote sensing of the Earth of high spatial resolution with methods of geoinformation technologies; to format go out information products for used by the highest management of the state, the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine, the State Border Guard of Ukraine and other law enforcement agencies.

As a result, was of the work done: the algorithm of automated recognition of ships on the water surface according to the RSE data was developed using the databases of ships; analysis and optimization of results for the end user.

Keywords: water surface, ships on the water surface, recognition, spatial resolution, GIS, vectorization, normalized difference index.

УДК 004.051:355.3145

Горбун Є.М.,
Тупіков А.А.,
Сало Р.М.,
Дорошець А.В.,
Чеботарьов М.А.

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ

МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ РІШЕННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ МЕТОДУ АНАЛІТИЧНИХ МЕРЕЖ

Запропоновано метод вирішення завдання багатокритеріальної оцінки рішення щодо вибору системи інформаційного забезпечення на основі методу аналітичних мереж. На основі формалізованого опису властивостей інформаційного забезпечення та використання методу аналітичних мереж можливо обґрунтувати із застосуванням строгих математичних методів розрахувати, який варіант системи інформаційного забезпечення є кращою альтернативою для особи яка приймає рішення.

Ключові слова: система інформаційного забезпечення, метод аналітичних мереж, багатокритеріальна оцінка, прийняття рішення.

Вступ. На теперішній час розроблено та широко використовується цілий комплекс методик та методів оцінки ефективності функціонування систем інформаційного забезпечення (СІЗ) для всіх сфер їх практичного застосування. Відповідно, розрахункові варіанти СІЗ можуть значно відрізнятися між собою для різних математичних апаратів оцінки СІЗ, що в основному оперують критеріями оцінки інформаційного забезпечення (ІЗ) [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Із аналізу наукових публікацій [3, 4]. встановлено, що для оцінки СІЗ в більшості випадків використовуються лише такі комплексні критерії, як оперативність та якість інформаційного забезпечення (ІЗ), а в якості математичного апарату широкого розповсюдження набув метод аналізу ієрархій (МАІ) [5, 6]. Однак, враховуючи, що кінцевою метою оцінки ефективності СІЗ є вибір найкращого варіанту, який спроможний забезпечити встановлений вимогами рівень ІЗ у відповідній сфері використання, слід зазначити, що застосування лише двох критеріїв оцінки ІЗ і МАІ для детального та всебічного вивчення переваг та недоліків кожної альтернативи вибору СІЗ не є достатнім. Так, результатами МАІ є:

визначення ієрархій альтернатив мети багатокритеріальної оцінки прийняття рішення щодо вибору варіанту СІЗ, факторів, критеріїв, акторів (сил, що мають вплив на прийняття рішення) та сценаріїв розвитку даної задачі прийняття рішення;

визначення пріоритетів елементів кожного рівня ієрархії.

Разом з тим, слід зазначити, що даний метод виправдано застосовувати в тому випадку, коли всі показники та критерії можна розділити на незалежні області ієрархії. Однак, в рамках задачі багатокритеріальної оцінки прийняття рішення щодо

вибору варіанту СІЗ, нехтування взаємозв'язками та різними видами взаємодії між компонентами та їх елементами є неприпустимим (або: суттєво погіршує комплексність, детальність та об'єктивність оцінки варіантів СІЗ).

Для вирішення подібного роду задач запропоновано метод аналітичних мереж (Analytic Network Process), як узагальнення методу аналізу ієрархій, описаний Т.Л. Сааті [6-8]. Застосування МАМ дає можливість врахувати залежності та зворотні зв'язки всіх груп показників варіантів задачі, що розглядається. Однак, використання для багатокритеріальної оцінки СІЗ математичного апарату МАМ без належного комплексу критеріїв оцінки ІЗ не дасть можливості досягнути необхідної всебічності, детальності та об'єктивності оцінювання альтернатив СІЗ.

Мета роботи. Провести формалізований опис критеріїв оцінки ІЗ для методу багатокритеріальної оцінки рішення щодо вибору системи інформаційного забезпечення із двох альтернатив на основі методу аналітичних мереж.

Дана задача може бути представлена трьохрівневою мережевою моделлю. В загальному випадку відповідно МАМ для оцінки якості альтернатив може бути виділена необмежена кількість критеріїв, однак всі вони повинні бути згруповані в групи категорій *Вигод*, *Затрат*, *Можливостей* та *Ризиків*. Так, будь-яке рішення має достоїнства та недоліки, які необхідно детально проаналізувати, здійснюючи вибір. Деякі із них виражають достатньою мірою визначені аспекти проблеми, інші є менш зрозумілими і можуть мати місце з деякою імовірністю. Сприятливі аспекти рішення, що очікуються з великою імовірністю, називаються *Вигодами*, в той час як несприятливі називаються

Затратами. Сумнівні аспекти рішення також можуть бути позитивними та негативними. Позитивні аспекти – *Можливості*, які рішення могло би створити, а негативні аспекти називають *Ризиками*, які може спричинити розглядаєме рішення. Кожен із цих чотирьох аспектів може бути представлений окремою структурою прийняття рішення, починаючи з управляючої ієрархії вигод з підлеглою мережею взаємозалежних компонентів, зв'язаних з управляючими критеріями для вигод, і закінчуючи відповідною структурою ризиків. Прийняте рішення щодо вибору тієї чи іншої альтернативи спрямоване на досягнення конкретної (глобальної) мети. При цьому необхідно максимально конкретно роз'яснити в чому саме полягає ця мета, із яких задач вона складається, на який результат спрямована мета, які функції вона виконує і т.д.

З урахуванням викладеного для визначення (описання) глобальної мети – якості

багатокритеріальної оцінки СІЗ – вводиться 11 критеріїв оцінки ІЗ, що в своїй суті являються властивостями ІЗ (вперше математично описані). Таким чином, на верхньому рівні запропонованої моделі вводяться глобальна мета та управляюча ієрархія, представлена групами цінності – з однієї сторони для визначення мети, а з другої для оцінювання важливості чотирьох категорій якості рішення: *Вигод*, *Можливостей*, *Затрат* та *Ризиків*.

Ієрархія для оцінки пріоритетів *Вигод*, *Можливостей*, *Затрат* та *Ризиків* представлена на рис.1. В даній ієрархії чотири категорії якості представляють середній рівень моделі, що розробляється. Кожна із цих категорій зв'язана з підлеглою їй мережею рішень (мережа вигод, мережа можливостей, мережа затрат та мережа ризиків). Дані мережі рішень з однаковим набором альтернатив і груп показників цих альтернатив будуть представляти нижній рівень моделі.

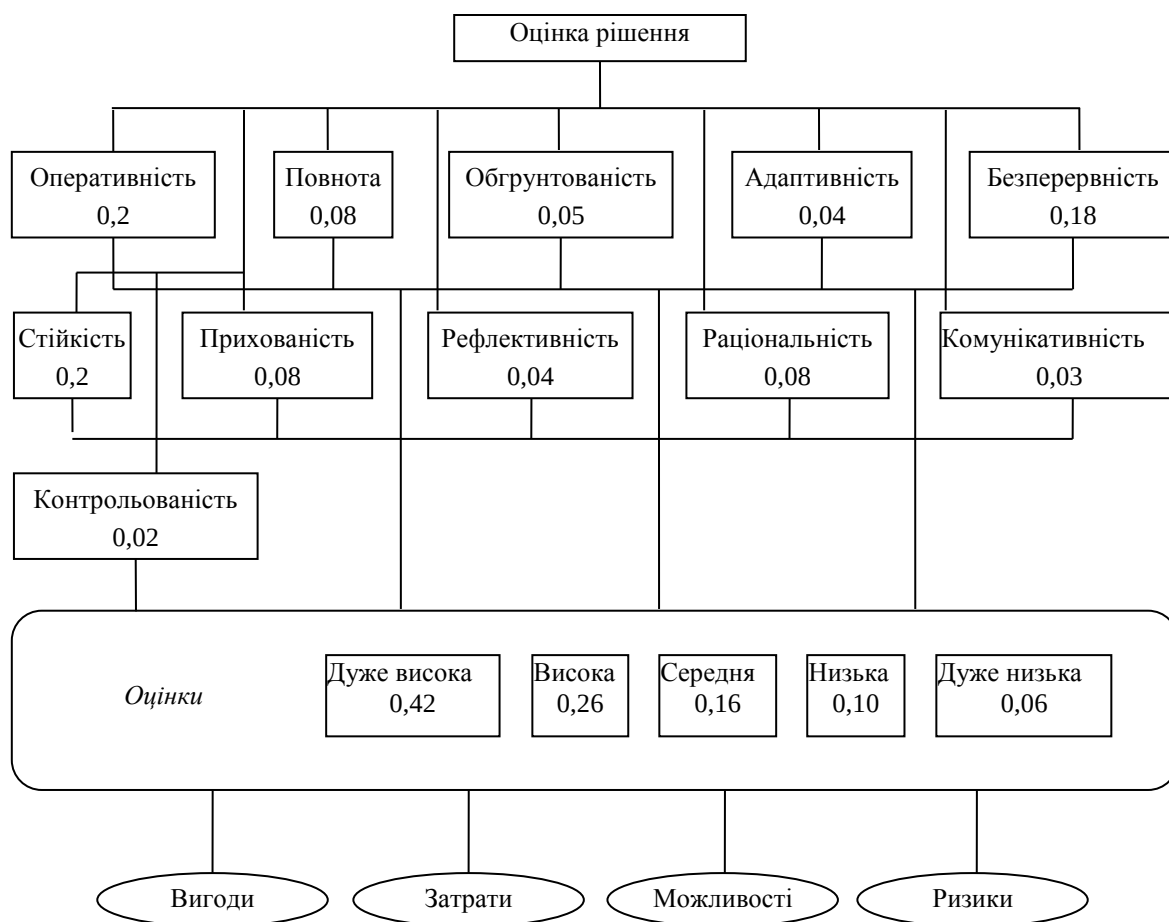


Рис. 1. Критерії для оцінки категорій якості рішення ВЗМР (BOCR)

Для верхнього рівня моделі (рис. 1) для визначення мети і оцінки *Вигод*, *Можливостей*, *Затрат* та *Ризиків* буде проведено формалізований опис взаємопов'язаних критеріїв багатокритеріальної оцінки ІЗ:

1. Оперативність інформаційного забезпечення:

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{вик}}(t) &= 1, & t \in [t_0; t_{\text{св}}] \\ P_{\text{вик}}(t) &= 0, & t \in [t_0; t_{\text{св}}] \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

2. Повнота інформаційного забезпечення:

$$\left. \begin{aligned} P_{\Pi}(t) &= 0 \vee 1 \\ f_{\min}(t) &\leq f_{\delta}(t) \leq f_{\max}(t) \cap d_{\delta}(t) \leq d_f(t) \leq 1 \cap t \in [t_0; t_{ce}] \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

3. Обґрунтованість інформаційного забезпечення:

$$\left. \begin{aligned} P_{Обгр.}(t) &= 1 \\ D_{\sum_f}(t) &\geq D_{\sum_{\delta}}(t) \\ t &\in [t_0; t_{ce}] \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

4. Адаптивність інформаційного забезпечення:

$$\left. \begin{aligned} Adapt.(t) &= \Phi(G_{нуч.}(t), B_{<l>}(t), Har.(t)) \\ G_{нуч.}(t) &= F(G_{нуч.}^o(t), (G_{нуч.}^p(t))) \\ G_{нуч.}^o(t) &= F(P_{<i>}^o(t)) \\ p_{1_{\min}}^o(t) &\leq p_1^o(t) \leq p_{1_{\max}}^o(t) \cap p_{2_{\min}}^o(t) \leq p_2^o(t) \leq p_{2_{\max}}^o(t) \cap \dots \cap p_{i_{\min}}^o(t) \leq p_i^o(t) \leq p_{i_{\max}}^o(t) \\ G_{нуч.}^p(t) &= F(P_{<j>}^p(t)) \\ p_{1_{\min}}^p(t) &\leq p_1^p(t) \leq p_{1_{\max}}^p(t) \cap p_{2_{\min}}^p(t) \leq p_2^p(t) \leq p_{2_{\max}}^p(t) \cap \dots \cap p_{i_{\min}}^p(t) \leq p_i^p(t) \leq p_{i_{\max}}^p(t) \\ P_{<i>}^o(t) &\cap P_{<j>}^p(t) \\ Har.(t) &= F(Har.^{алз}(t), Har.^{бз}(t)) \\ t &\in [t_0; t_{ce}] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

5. Безперервність інформаційного забезпечення:

$$\uparrow \downarrow H(Y_{<f>}(t)) \Rightarrow \downarrow \uparrow P_+(t) \Rightarrow \uparrow \downarrow P_-(t) \quad (5)$$

6. Стійкість інформаційного забезпечення:

$$\left. \begin{aligned} Cm.(t) &= F(Had.(t), \mathcal{K}(t), Zav.(t)) \\ Had.(t) &= F(Безв.(t), Рем.(t), Довг.(t)) \\ \mathcal{K}(t) &= d = C - 1 \\ m(t) &= \max_{(i)} m_i(t) \\ t &\in [t_0; t_{ce}] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

7. Прихованість інформаційного забезпечення:

$$Прихов.(t) \quad (7)$$

8. Рефлексивність інформаційного забезпечення:

$$P_{рефл.} = [0; \infty) \quad (8)$$

9. Раціональність (оптимальність) інформаційного забезпечення:

$$P(f, X, I) = Arg \max_{x \in X} \bar{f}(x) \quad (9)$$

10. Комунікативність інформаційного забезпечення:

$$w_2 = q \frac{(q-1)}{2} \quad (10)$$

11. Контрольованість інформаційного забезпечення:

$$D_{\sum_f}(G) = \sum_{i=1}^f Arg \max_{g \in G} (f(g)) \quad (11)$$

Вигоди, Можливості, Затрати та Ризики, BOCR (Benefits – Opportunities – Costs – Risks) рішення на вибір системи інформаційного забезпечення оцінюються по сформульованій системі критеріїв багатокритеріальної оцінки СІЗ (в термінології МАМ також прийнято називати групами цінностей) з використанням методу лінгвістичних стандартів, що описаний Т.Л. Сааті. На даному етапі необхідно визначити інтенсивність, з якою кожен критерій

впливає на кожну із чотирьох категорій якості *BOCR*. Для цього існує декілька можливих варіантів, одним із яких є використання цифрової шкали лінгвістичних змінних, описаних Т.Л. Сааті. Однак, в прикладі, що розглядається використано інший підхід. Так, групою експертів кожному критерію багатокритеріальної оцінки визначено пріоритет з інтервалу $[0,1]$, при цьому їхня сума дорівнює 1, а для оцінки їх впливу на категорії якості *BOCR* також експертним шляхом кожному значенню лінгвістичної змінної оцінки впливу поставлено у відповідність числові значення, сума яких також дорівнює 1.

Далі шляхом перемноження значень пріоритету кожного критерію на відповідну йому оцінку впливу на категорію якості з подальшим сумуванням отриманих значень по кожній категорії якості та на кінцевому етапі нормуванням, отримано значення інтенсивності впливу для кожної категорії якості *BOCR* – пріоритети категорій якості *BOCR* (табл.1). Наступним етапом є деталізація – оцінювання (ранжування) по критеріях, що можливо пересікаються, розглянутих вище чотирьох категоріях якості *BOCR* (табл. 2).

Табл. 1 - Вагові коефіцієнти *ВИГОД, ЗАТРАТ, МОЖЛИВОСТЕЙ* та *РИЗИКІВ*

Визначення вагових коефіцієнтів <i>ВИГОД, ЗАТРАТ, МОЖЛИВОСТЕЙ</i> та <i>РИЗИКІВ</i>												
Критерії Приоріте ти	Оперативність	Повнота	Обґрунтованість	Адаптивність	Безперервність	Стійкість	Прихованість	Рефлексивність	Раціональність	Комунікативність	Контрольованість	Узагальнен ий результат (нормован ий)
Вигоди	дуже висока	висока	середня	середня	дуже висока	дуже висока	висока	середня	висока	Низька	середня	0,303
Можливос ті	висока	висока	середня	середня	висока	висока	висока	середня	висока	Середня	середня	0,220
Затрати	висока	висока	висока	низька	дуже висока	дуже висока	висока	середня	дуже низька	Висока	низька	0,265
Ризики	низька	низька	низька	дуже низька	дуже висока	дуже висока	висока	низька	низька	Середня	низька	0,213

Табл. 2 - Деталізація – оцінювання (ранжування) по критеріях

Приорітети	Управляючий критерій	Компоненти управляючого критерію	Локальний пріоритет
ВИГОДИ 0,303	Економічний 0,319	Модернізація існуючої СІЗ	0,296
		Удосконалення ОІС СІЗ	0,327
		Ефективність функціонування існуючої СІЗ	0,121
		Окупаємість вкладених коштів	0,257
	Організаційний 0,335	Підвищення стану СІЗ	0,251
		Удосконалення структури СІЗ	0,305
		Підвищення оперативності управління	0,142
		Підвищення якості прийняття рішень	0,049
		Використання нових технологій в процесі прийняття рішень	0,252
	Технічний 0,217	Підвищення технічного стану СІЗ	0,359
		Оснащення новими ІТ	0,354
		Розробка нових вимог до технічних засобів	0,287
	Оперативна готовність 0,129	Якісна обробка вхідного потоку РІ	0,162
		Створення єдиної бази даних	0,217
		Доступ до бази даних СІЗ	0,314
		Стандартизація доступу до інформації	0,253
		Підвищення оперативних спроможностей	0,054

МОЖЛИВОСТІ 0,220	Економічний 0,067	Окупаємість вкладених коштів	0,420
		Подальші інвестиції в розвиток проекту	0,338
		Передавання передового досвіду в ЗС інших країн	0,050
		Створення експортних зразків	0,192
	Організаційний 0,288	Застосування нових методів і способів управління	0,591
		Гнучкість командирів в прийнятті рішень	0,331
		Перспективи розвитку СІЗ	0,078
	Технічний 0,454	Звільнення особового складу від ручної роботи	0,857
		Підвищення оперативності управління	0,143
	Оперативна готовність 0,190	Підвищення рівня оперативної готовності	0,143
		Підвищення взаємодії з ІВФ держави	0,857
ЗАТРАТИ 0,265	Економічний 0,042	Вартість обслуговування техніки СІЗ	0,072
		Виведення СІЗ противником з ладу	0,664
		Навчання персоналу	0,264
	Організаційний 0,302	Зміни в процесах управління	0,857
		Незручності	0,143
	Технічний 0,458	Відновлення в результаті виведення з ладу	0,875
		Навчання персоналу	0,125
	Оперативна готовність 0,198	Незручності	0,875
		Тимчасове зниження оперативної готовності	0,125
РИЗИКИ 0,213	Економічний 0,480	Фінансування	0,875
		Виконання замовлення підрядниками	0,125
	Організаційний 0,164	Імідж ЗС	0,067
		Імідж командирів	0,584
		Прийняття правильного рішення	0,349
	Технічний 0,306	Фінансування	0,143
		Виконання замовлення підрядниками	0,857
	Оперативна готовність 0,050	Інтероперабельність з іншими системами ЗС	0,875
		Ефективність	0,125

Визначення локальних пріоритетів для кожного компоненту управляючого критерію здійснювалось шляхом формування та розрахунку матриць парних порівнянь для управляючих критеріїв та їх

компонентів. В табл. 3 представлена матриця парних порівнянь компонентів управляючого критерію "Економічний" категорії *Вигоди* та метод визначення їх пріоритетів.

Табл. 3 - Матриця парних порівнянь компонентів управляючого критерію "Економічний" категорії *ВИГОДИ*

Матриця парних порівнянь компонентів управляючого критерію "Економічний" категорії <i>ВИГОДИ</i>					
<i>ВИГОДИ</i> (Економічний)	Модернізація існуючої СІЗ	Удосконалення ОШС СІЗ	Ефективність функціонування існуючої СІЗ	Окупаємість вкладених коштів	Пріоритет
Модернізація існуючої СІЗ	1	1	4	1/3	0,296
Удосконалення ОШС СІЗ	1	1	3	2	0,327
Ефективність функціонування існуючої СІЗ	1/4	1/3	1	1	0,121
Окупаємість вкладених коштів	3	1/2	1	1	0,257

Наступним кроком є формування мережі рішень. На даному етапі принциповим є детальний та однозначний опис структури мережі рішень. Структура мережі рішень, яка відповідає

управляючим критеріям та їх компонентам зображена на рис. 2. Рішення якій із двох СІЗ віддати перевагу приймає особа яка приймає рішення (*ОПР*). Це означає, що *ОПР* має вплив на *альтернативи*

(розглядаємі СІЗ), до яких від ОПР є стрілка, однак з другої сторони варіанти *альтернатив* також мають вплив на ОПР, тому стрілка двонаправлена. На прийняття ОПР рішення мають вплив *технічні експерти* та *представники підрядника*. Тому від відповідаючих їм квадратиків маємо стрілки до ОПР, однак між ОПР та *представниками підрядника* стоїть двонаправлена стрілка, оскільки ОПР також має вплив на *представників підрядника*. Також на рисунку вихідною стрілкою від *альтернатив* до

технічних експертів показано, що *альтернативи* мають вплив на думку *технічних експертів*. І нарешті, між *альтернативами* та *представниками підрядника* стоїть двонаправлена стрілка, оскільки комплектація кожної *альтернативи* має вплив на *виробництво підрядника* в якості замовлень, обслуговування і т.д., а в свою чергу *спроможності підрядника* мають вплив на можливі варіанти технічної реалізації *альтернатив*.

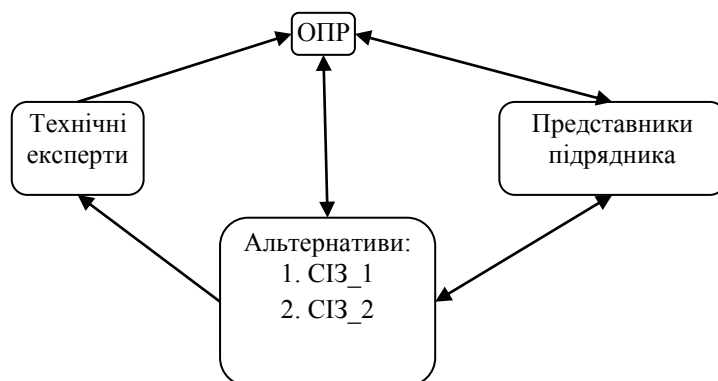


Рис. 2. Структура мережі рішень, що відповідає управляючим критеріям

На наступному кроці було здійснено розрахунок суперматриць, зважених суперматриць та граничних суперматриць (табл. 4) для кожного компоненту управляючих критеріїв. Слід зазначити, що дані розрахунки проводились з використанням програмного забезпечення *Super Decisions*. Дане програмне забезпечення в автоматичному режимі здійснює перевірку суперматриць на приводимість (приводима – неприводима) та примітивність (примітивна – не

примітивна), в залежності від чого змінюється процедура визначення стохастичної по стовпчиках граничної суперматриці. Також, потрібно відмітити, що отримані значення пріоритетів *альтернатив* в граничних суперматрицях – граничні пріоритети – нормувались з метою подальшого використання для визначення кінцевих результатів пріоритетів *альтернатив* по *Вигодах*, *Можливостях*, *Затратах* та *Ризиках*.

Табл. 4 - Гранична суперматриця мережевої структури компоненту "Модернізація існуючої СІЗ"

Гранична суперматриця мережевої структури компоненту "Модернізація існуючої СІЗ" управляючого критерію "Економічний" категорії якості "Вигоди"						
ВИГОДИ <i>Економічний</i> Модернізація існуючої СІЗ		Альтернативи		Експерти	ОПР	Підрядник
		СІЗ_1	СІЗ_2			
Альтернативи	СІЗ_1	0.02995	0.02995	0.02995	0.02995	0.02995
	СІЗ_2	0.10100	0.10100	0.10100	0.10100	0.10100
Експерти		0.02765	0.02765	0.02765	0.02765	0.02765
ОПР		0.45144	0.45144	0.45144	0.45144	0.45144
Підрядник		0.39027	0.39027	0.39027	0.39027	0.39027

$$0,02995 + 0,10100 = 0,13095$$

$$\text{Існуюча СІЗ: } \frac{0,02995}{0,13095} = 0,22871;$$

$$\text{ІСППР: } \frac{0,10100}{0,13095} = 0,77129.$$

Наступним кроком є синтез кінцевих значень для кожної категорії якості *ВОСР*. На даному етапі для кожної із розглядаємих *альтернатив* проведено

перемноження відповідних отриманих нормованих значень граничних пріоритетів кожного компоненту управляючих критеріїв на відповідні значення

локальних пріоритетів компонентів з подальшим їх сумуванням по категоріях якості *BOCR* з урахуванням

пріоритетів управляючих критеріїв. Результати зведені в табл. 5.

Таблиця 5

Альтернативи	Вигоди 0,303	Можливості 0,220	Затрати 0,265	Ризики 0,213	F_A^{Mult}	F_A^{Add}	F_A^{Add1}	F_A^{Add2}
СІЗ_1	0,22520	0,22236	0,36570	0,27219	0,26796	0,27183	0,43993	-0,03773
СІЗ_2	0,77478	0,77664	0,63430	0,72781	0,73204	0,72817	0,56007	0,08251

Для визначення єдиного узагальненого результату по всіх чотирьох категоріях якості рішення *BOCR*, на основі отриманих значень пріоритетів для *Вигод*, *Можливостей*, *Затрат* та *Ризиків* розраховано кінцеві

пріоритети альтернатив відносно мети вибору (див. табл. 5). Для цього використано наступні формули мультиплікативної та адитивної згортки:

$$\begin{aligned}
 1. F_A^{Mult} &= \frac{(P_A^B)^{w_B} (P_A^O)^{w_O}}{(P_A^C)^{w_C} (P_A^R)^{w_R}} \\
 2. F_A^{Add} &= w_B P_A^B + w_O P_A^O + w_C / P_A^C + w_R / P_A^R \\
 3. F_A^{Add1} &= w_B P_A^B + w_O P_A^O + w_C (1 - P_A^C) + w_R (1 - P_A^R) \\
 4. F_A^{Add2} &= w_B P_A^B + w_O P_A^O - w_C P_A^C - w_R P_A^R
 \end{aligned}$$

Висновок. Таким чином, в результаті проведеної багатокритеріальної оцінки системи інформаційного забезпечення методом аналітичних мереж, у

відповідності із всіма принципами МАМ та за чотирма різними методами отримання кінцевого результату, кращою альтернативою є СІЗ_2.

Перелік джерел посилань:

- 1 Кузнєцов М.С. Оцінка ефективності інформаційних систем: Навч.посібник. – Дніпропетровськ, НМетАУ, 2007.
- 2 Савчук Т.О., Юхимчук С.В. Оцінка ефективності систем по компонентного діагностування цифрових пристроїв // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. - №1. – С. 92.
- 3 Афанасьєв М.В., Телишевська Л.І., Рудика В.І. Оцінка ефективності організаційно-технічних заходів. – Харків, ВД “Інжсек”, 2003.
- 4 Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
- 5 Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
- 6 Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. – М.: URSS, 2011. – 360 с.
- 7 Saaty T.L. Decision making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process. Pittsburgh: PWS Publications, 2000. – 370 p.
- 8 Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. – М.: Знание. СЕР Математика и кибернетика. 1997, № 7. – 64 с.
- 9 Елтаренко Е.А. Оценка и выбор решений по многим критериям. – М.: МИФИ, 1995. – 111 с.

References

- 1 Kuznyeczov M.S. Oczi`nka efektyvnosti` i`nformaczi`jnikh sistem: Navch.posi`bnik. – Dni`propetrovs`k, NMetAU, 2007.
- 2 Savchuk T.O., Yukhimchuk S.V. Oczi`nka efektyvnosti` sistem po komponentnogo di`agnostuvannya czifrovikh pristroyiv // Vimi`ryuval`na ta obchislyuval`na tekhnika v tekhnologi`chnikh proczasakh. – 1999. - #1. – S. 92.
- 3 Afnas`yev M.V., Telishevs`ka L.I., Rudika V.I. Oczi`nka efektyvnosti` organi`zaczi`jno-tekhnichnikh zakhodi`v. – Kharki`v, VD “Inzhek”, 2003.
- 4 Barabash O.V. Postroenie funkczional`no ustojchivy`kh raspredelenny`kh informaczi`onny`kh sistem. – K.: NAOU, 2004. – 226 s.
- 5 Saati T.L. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarkhij. – M.: Radio i svyaz`, 1993. – 320 s.
- 6 Saati T.L. Prinyatie reshenij pri zavisimostyakh i obratny`kh svyazyakh. Analiticheskie seti. – M.: URSS, 2011.

– 360 s.

7 Saaty T.L. *Decision making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process*. Pittsburgh: PWS Publications, 2000. – 370 p.

8 Gaft M.G. *Prinyatie reshenij pri mnogikh kriteri'yakh*. – M.: Znanie. SER Matematika i kibernetika. 1997, # 7. – 64 s.

9 Eltareno E.A. *Oczenka i vy`bor reshenij po mnogim kriteriyam*. – M.: MIFI, 1995. – 111 s.

МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Горбут Е.Н., Тупиков А.А., Сало Р.Н., Дорошец А.В., Чеботарев М.А.

Предложен метод решения задачи многокритериальной оценки решения по выбору системы информационного обеспечения на основе метода аналитических сетей. На основе формализованного описания свойств информационного обеспечения и использования метода аналитических сетей возможно обосновать с применением строгих математических методов рассчитать, какой вариант системы информационного обеспечения является лучшей альтернативой для лица принимающего решение.

Ключевые слова: система информационного обеспечения, метод аналитических сетей, многокритериальная оценка, принятие решения.

METHOD OF MULTI-CRITERIA ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY SYSTEM SELECTION DECISION BASED ON METHOD ANALYTICAL NETWORKS

Gorbut E, Tupikov A., Salo R., Doroshets A., Chebotarev M.

A method of solving the problem of multicriteria evaluation of the decision on the choice of information support system based on the method of analytical networks is proposed. Based on a formalized description of the properties of information support and the use of the analytical network method, it is possible to justify using rigorous mathematical methods to calculate which variant of the information support system is the best alternative for the decision maker.

Keywords: information support system, method of analytical networks, multicriteria assessment, decision making.

Подання матеріалів статей до журналу

Обсяг рукопису – не менше 4 повних аркушів українською, англійською або російською мовами.

Формат аркушу А4 (21 × 29,7 см), параметри сторінки (відступи від краю):

- зліва – 2,25 см;
- справа – 2,25 см;
- зверху – 2,25 см;
- знизу – 2,25 см.

Основний шрифт статті – Times New Roman, 12 кегль, міжрядковий інтервал (множник) – 1,0.

Для публікації необхідно представити статтю в електронній формі, яка оформлена згідно наведених нижче вимог та її роздрукований екземпляр, підписаний усіма авторами статті.

Структура тексту статті:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті (постановка завдання);
 - виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Анотації до статті виконуються українською, англійською та російською мовами та повинні розкривати:

- предмет, тему та мету роботи;
- метод (методи) або методологію проведення досліджень;
- результати досліджень;
- висновки та область застосування результатів досліджень.

Список літератури повинен включати не менш 8 джерел, які видані за останні 10 років. При цьому не менш 50% джерел повинно відноситися до іноземної періодики. Якщо основною мовою статі є українська або російська, то оформлюється два списки літератури: перший (список літератури на мові оригіналу джерела) – відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»; другий – на англійській мові та латиниці (транслітерації) – «References».

При поданні статті автор повинен гарантувати дійсність наведених джерел та у разі необхідності надати їх у редакційну колегію. Якщо джерело інформації має ідентифікатор цифрового об'єкту DOI, то він обов'язково наводиться наприкінці опису, наприклад doi: 10.20998/2522-9052.2017.1.09.

У відомостях про авторів українською мовою наводяться:

- прізвище, ім'я та по батькові;
- науковий ступінь, вчене звання, посада;
- назва установи, де працює автор, її місце розташування (місто, країна);
- обліковий запис автора ORCID;
- адреса електронної пошти.

Рукопис супроводжується:

- рецензією доктора наук (професора);
- витягом з протоколу засідання кафедри (відділу).

Незалежне експертне рецензування проводиться з метою критичної оцінки рукописів, що подаються до публікації, спеціалістами, які не входять до складу редакційної колегії. Редакційна колегія направляє наукові статті, що публікуються, на зовнішнє анонімне рецензування незалежними експертами.

Схема оформлення статей (обов'язкові елементи)

УДК (кегль – 11 пт).

Перелік авторів статті (кегль – 11 пт).

Перелік установ, де працюють автори (назва без скорочень, місто, країна, кегль – 11 пт).

Назва статті (кегль – 12 пт).

Анотація мовою основного тексту статті (кегль – 9 пт).

Ключові слова мовою основного тексту статті (кегль – 9 пт).

Основний текст статті (кегль – 10 пт).

Список літератури (для статей українською або російською мовами, кегль – 9 пт)

References (кегль – 9 пт).

Вимоги до елементів статті

Набір формул здійснюється в редакторах формул **MS Equation** або **MathType**. Забороняється використовувати для набору формул графічні об'єкти, таблиці та редактор Формула (formula) Word 2007-2016.

В меню “Розмір → Визначити” ввести такі розміри: звичайний – 10 пт; великий індекс – 8 пт; малий індекс – 7 пт; великий символ – 14 пт; малий символ – 10 пт.

В меню “Стиль → Визначити” ввести стиль формул – “прямий”, тобто поля “Формат символів” – пусті.

Рисунки обов'язково супроводжуються центрованими підписаними підписами (кегль – 9), ширина не

більше 16,5 см, всі позначення виконуються кеглем не меншим ніж 8 пт.

У таблицях табличний заголовок (9 кегль) – обов’язковий.

Вимоги до оформлення References

References потрібно приводити окремим блоком, повторюючи послідовність попередньо наведеного списку літератури (при наявності), при цьому джерела англійською мовою дублюються. Джерела при цьому оформлюються за такими основними правилами (гарвардський стиль (Harvard style) оформлення BSI:

- запис завжди починається з прізвища автора, потім, через кому, ініціали (між ініціалами пропуски не ставляться), за якими в дужках вказується дата видання; два автори відокремлюються «and» без коми; кілька авторів розділяються комами, але останнє прізвище повинно бути відокремлено «and» без коми;

- витяги з публікацій, тобто назви статей журналів, глав в книгах наводять у "лапках";

- назва журналу або книги завжди виділяється курсивом;

- ім'я видавця вказується перед місцем видання;

- коми використовують для поділу елементів запису

- для джерел українською або російською мовою, що наводяться у References, назви статей журналів, глав в книгах наводять латиницею (транслітерацією) у "лапках" та перекладом на англійську мову у квадратних дужках. Онлайн-конвертер з української мови для транслітерації: <http://translit.kh.ua/?passport>.

Submission of articles for journal

The manuscript volume should be at least 4 full pages in Ukrainian, Russian or English.

Page size: A4 (21 × 29.7 cm). Page setup (margins):

- left – 2.25 cm;
- right – 2.25 cm;
- top – 2.25 cm;
- bottom – 2.25 cm.

Body text – use Times New Roman font; face – Roman; font size – 10 pt, Line spacing is set by multiplier of 1.

It is necessary to present the article in electronic form, which is finalized according to the requirements and with printed copy, signed by all authors.

Structure of the manuscript: the article should include the following elements:

- general problem statement and its relation to up-to-date scientific and practical tasks;
- analysis of recent research and publications in the relevant field;
- statement of the article tasks;
- the main part with explaining the research conducted and obtained scientific results;
- conclusions of the conducted research and prospects to be developed in the future works.

Abstract of manuscript should be written in Ukrainian, English and Russian, and explain:

- subject, theme and objective of the research;
- method (methods) or methodology of research;
- results of research;
- application possibilities of research results.

The reference list should include not less than 8 sources that have been published for the past 10 years. Herewith, not less than 50 percent of sources should be from foreign journals. Self-citation of the authors in the list of references should not exceed 30 percent. If the basic language of the article is Ukrainian or Russian, then two reference lists should be completed: the first one (reference list in original language) – according to the ДСТУ 8302:2015 “Bibliographic references: general statements and compilation rules”; the second one should be in English and in Latin characters (transliteration) – “References” (Annex B). If the reference has digital object identifier DOI, then it should be given at the end of the description, for example doi: 10. 20998/2522-9052.2017.1.09.

Information about the authors must contain:

- full name;
- scientific degree, academic title,
- position, affiliation;
- ORCID ID;
- e-mail.

The authors should:

- ensure that results of research contained in the article constitute independent and original work;
- present the original article, that has not been submitted to other journals and that has not been previously published in other publications;
- provide reliable results of the conducted research;
- recognize the contribution of all persons who influenced the research or helped to define the nature of the scientific work presented in the article;
- in case of using the work fragments by other's or borrowing other author's materials, the authors are required to provide complete bibliographic references with the obligatory indication of the author and primary source; submitted materials will not be returned to the author.

Independent expert reviewing is carried out for evaluation of articles by specialists that are not the members of the editorial board. An editorial board sends most of the scientific articles for external reviewing by independent peer reviewers.

Conflicts of interests. All the members of independent reviewing and publishing processes must reveal the information about any kinds of relations that can be considered as potential resource of conflicts of interests. This demand is also related to authors and reviewers. Editor-in-chief and editorial board members decide to publish the information revealed by authors, which is related to the potential conflicts only after agreement with the authors.

АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

AEROSPACE TECHNOLOGIES

Науковий журнал

Випуск 3 (3)

Відповідальний за випуск: Ожінський В.В.

Технічний редактор: Козуб А.М.

Коректор: Литвиненко Ю. В.

Комп'ютерна верстка: Козуб А.М.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 22629-12529Р від 24.03.2017 р.

Підписано до друку 20.11.2019

Формат 60×84/8

Папір офсетний

Гарнітура «Times New Roman»

Ум. друк. акр. – 11,25

Друк – резोगраф

Адреса редакції: Україна, 01010, м. Київ, вул. Московська, 8, тел.: (044) 281-62-98

Національний центр управління та випробувань космічних засобів