

*Корнієнко І.В., Корнієнко С.П. Чернігівський національний технологічний університет
Москалець С.В., Казначей С.М., Журна О.В. Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИПРОБУВАНЬ

Процес проведення випробувань озброєння та військової техніки містить у собі велику кількість ручних трудомістких операцій. Спростити такі операції можна за рахунок повної або часткової автоматизації на етапах планування випробувань, їх безпосереднього проведення та обробки результатів досліджень. Особливістю випробувань озброєння та військової техніки є велика кількість даних, що так чи інакше мають просторову прив'язку. Одним із сучасних інструментів картографічного представлення, обробки й аналізу масивів статистичних даних, які мають просторову локалізацію, моделювання геопростору та прогнозування ситуацій є технологія геоінформаційних систем.

У статті обґрунтовано доцільність застосування геоінформаційних систем у складі системи випробувань озброєння і військової техніки. Наведено функціональну схему інтеграції геоінформаційної компоненти у структуру підсистеми автоматизації випробувань для геоінформаційної підтримки процесів планування випробувань та обробки результатів вимірювань. Пропонується підхід до створення геоінформаційних моделей випробувальних полігонів, що базується на використанні методів дистанційного зондування землі та відкритих Web-GIS ресурсів. Дається перелік поширених у геоінформаційному інструментарію функціональних модулів обробки та аналізу просторових даних, що можуть бути застосовані до задач проведення випробувань. Наводяться приклади типових просторових задач, які можуть виконуватись під час планування випробувань, безпосереднього проведення випробувань, обробки та аналізу результатів вимірювань, якщо такі дані мають просторову прив'язку.

Застосування геоінформаційної технології у системі випробувань надасть арсенал якісно нових методів цифрової картографії, як то технології автоматизованої підготовки картографічної інформації у прийнятих картографічних проекціях та системах умовних позначень, масової обробки масивів експериментально-одержаних даних, широкого інструментарію математичних й картографічних методів і функцій, можливості самостійно застосовувати та впроваджувати власні методи, алгоритми й методики обробки статистичної інформації, створювати й використовувати об'єктно-орієнтовані геоінформаційні моделі даних, оперувати набором інструментів візуалізації для найкращого подання результатів досліджень й моделювання.

Ключові слова: *геоінформаційні системи і технології, планування випробувань, обробка результатів вимірювань, функціональна схема.*

Постановка проблеми. Впродовж останніх десятиріч геоінформаційні технології впевнено увійшли майже у всі сфери діяльності провідних країн світу, у тому числі й у військову справу. Використання електронних планшетів для цілевказання та орієнтування на місцевості, проведення аеророзвідки з миттєвою геоприв'язкою аерофото- та відеоматеріалів, створення систем автоматизованого управління військами з обов'язковою геоінформаційною компонентою вже нікого не дивує, а навпаки, є обов'язковим елементом оснащення сучасних збройних сил.

Проведення випробувань дослідних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) передбачає виконання декількох основних етапів: підготовку та планування випробувань, безпосереднє проведення випробувань, обробку й аналіз результатів дослідження зразка. Всі ці етапи передбачають виконання рутинних ручних операцій, автоматизація яких дозволить суттєво скоротити час виконання випробувань, підвищити якість та об'єм одержаної в результаті випробувань дослідної інформації. Чималу користь у цьому можуть надати технології геоінформаційних систем (ГІС), які спроможні прив'язувати масиви статистичних даних до конкретних точок простору, обробляти та аналізувати їх в автоматичному режимі, а також представляти їх фахівцям у зручному вигляді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення ефективності діяльності випробувальної організації авторами запропоновано використання апарату систем масового обслуговування для аналізу функціонування і одержання оптимальних алгоритмів планування випробувальної діяльності [1, 2]. Проблема використання геоінформаційних технологій у військовій справі присвячено чимало наукових праць, наприклад [3-7]. Переважним чином дослідження стосуються: аналізу можливостей одержання оперативної й точної розвідувальної інформації методами дистанційного зондування; способів застосування ГІС для конкретних задач планування бойового застосування і координації управління військами різних родів та видів; використання аналітичних та моделюючих можливостей інструментарію ГІС для одержання прогнозу розвитку ситуації або стану об'єкту; методів розробки геоінформаційних моделей, одержання та зберігання просторових даних. На сьогодні існує чимало розробок геоінформаційних систем військового призначення, створених відомими розробниками геоінформаційних продуктів, таких як: ГІС ESRI, TatukGIS, КБ Панорама [8-12].

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Застосування геоінформаційних систем дає великі переваги і можливості в обробленні масивів просторово-розподілених даних. Використання такої технології можливе на будь-яких етапах випробування, починаючи з планування польових випробувань ОВТ і закінчуючи підготовкою матеріалів з результатами випробування. Застосування геоінформаційної компоненти у складі підсистеми автоматизованого планування випробувань може підвищити якість процесу планування випробувань, надати додаткові можливості та якісно нові результати при обробці результатів випробування.

Постановка завдання. Є випробувальна організація, у якій, з метою оптимізації процесів проведення випробувань та підвищення ефективності функціонування, запропоновано використання підсистеми автоматизованого планування випробувань. Необхідно розробити підхід до застосування геоінформаційних технологій у системі проведення випробувань ОВТ.

Виклад основного матеріалу. Основною властивістю геоінформаційних систем, що відрізняє їх від інших комп'ютеризованих картографічних систем, у тому числі і систем автоматизованого проектування, є просторово-часове прив'язування масивів атрибутивних даних про досліджуваній об'єкт (процес, явище) до певної місцевості. Причому, такі масиви можуть мати різне походження: як то заздалегідь введені у систему дані або зафіксовані у результаті вимірювань параметри та поведінка досліджуваного об'єкта (процесу, явища). Перевагою даної парадигми геоінформаційних систем є системний розгляд властивостей досліджуваного об'єкта крізь призму оточуючого геопростору, що дає можливість відшукання закономірностей і способів співіснування об'єкта і простору (його структури, властивостей, характеристик, динамічності тощо). Отже, випробування переважної кількості зразків ОВТ нерозривно пов'язані з полігонними випробуваннями, тому доцільно розглянути можливість застосування геоінформаційних технологій у системі випробувань ОВТ.

Застосування геоінформаційних технологій можливе на декількох етапах процесу випробувань. Так, при підготовці та плануванні випробувань, основним завданням етапу є розробка програми, методик та плану проведення випробувань зразку ОВТ, де окрім іншого, визначаються умови та порядок проведення випробувань. Для детального опрацювання програми випробувань, на наш погляд, може виявитись корисним використання тривимірної моделі полігону випробування. Такі моделі дають можливість оцінити складність або простоту підготовленої місцевості для випробування. Наприклад, для міських умов чималий вплив на результати випробувань може чинити щільність та поверховість міської забудови, концентрація або розосередженість транспортної мережі, геометричні параметри доріг та перехресть вулиць. Для випробувань у польових умовах немаловажним є перепад висот для пересічної місцевості з низинами та пагорбами, наявність променевої або радіальної прямої

видимості, характер рельєфу місцевості, геометричні параметри випробувального полігону тощо.

З огляду на це, при плануванні випробувань доцільно скористатися набором моделей випробувальних полігонів (зведених у певну електронну бібліотеку), які побудовані на основі цифрових моделей рельєфу (ЦМР) і моделей інфраструктури полігонного забезпечення та інших об'єктів геопростору (ліси, болота, водні перешкоди, будинки й споруди, автомобільна мережа та інші види доріг, характеристик і властивостей поверхонь тощо). Використання таких моделей дозволить оцінити і підібрати оптимальну місцевість (або декілька різних ділянок місцевості) для проведення випробувань конкретного зразку ОВТ. Існуючі у складі ГІС інструменти підготовки та виведення картографічних зображень дозволять автоматизовано готувати схеми проведення випробувань для однозначного розуміння всіма фахівцями випробувальної бригади порядку проведення та змісту випробувань.

До речі, на сьогодні немає суттєвих проблем для створення моделей полігонів; створення ЦМР полігонів можливо за допомогою дистанційного зондування з використанням безпілотних літальних апаратів, наприклад DJI Phantom, з подальшою обробкою серії знімків у програмному продукті AgiSoft, в результаті чого можна отримати растрову тривимірну модель місцевості. При створенні інфраструктури полігону можна скористатися ручними або автоматизованими методами векторизації одержаної растрової моделі з подальшим ручним введенням атрибутивних даних. При створенні моделі доцільно використовувати відкриті Web-GIS ресурси, як GoogleMap, Bing, Yahoo, OpenStreetMap.

З урахуванням пропозицій з автоматизації процесу випробувань і представлення його у вигляді системи масового обслуговування [1, 2] функціональна схема підсистеми автоматизованого планування та управління випробуваннями може мати вигляд, зображений на рисунку 1.

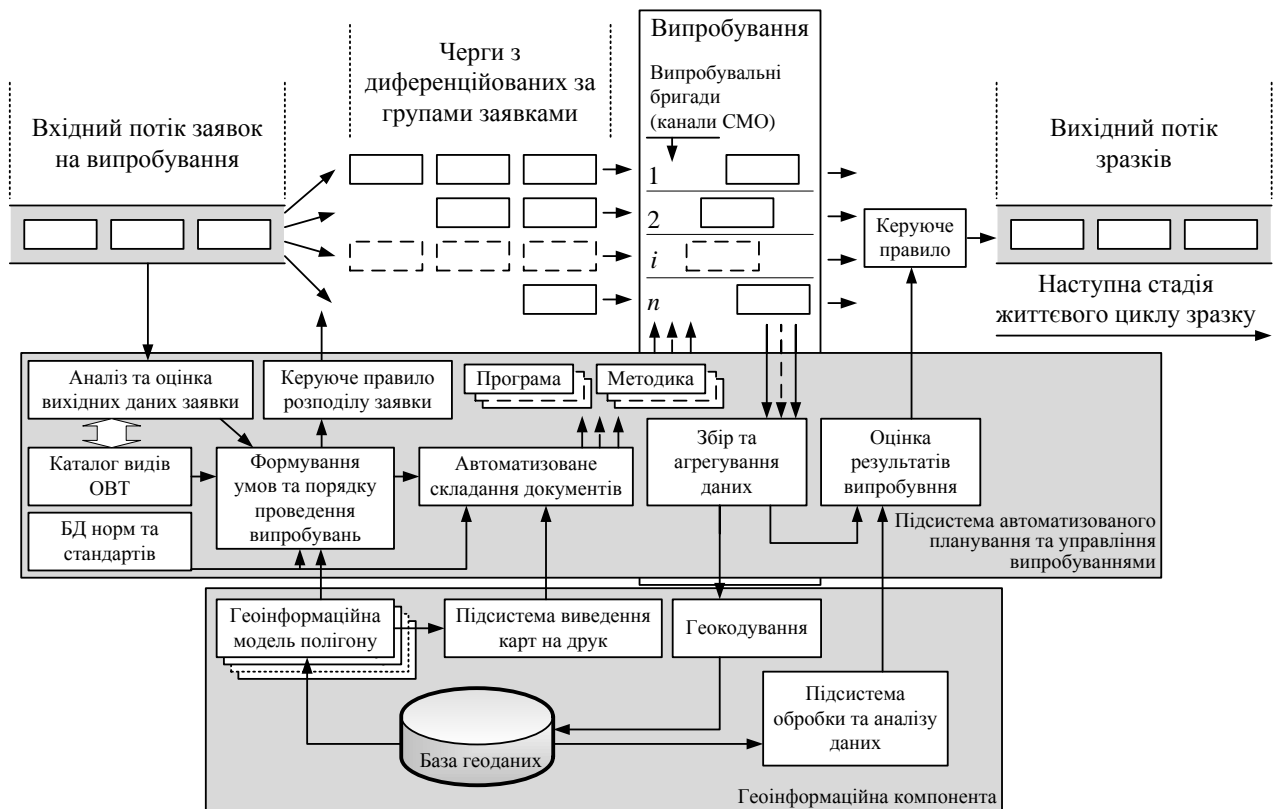


Рис. 1. Функціональна схема застосування геоінформаційної компоненти у підсистемі автоматизованої підготовки та управління випробуваннями

На етапі проведення практичних полігонних випробувань зібрана телеметрична або інша інформація, з автоматизованих засобів реєстрації, може бути імпортована до ГІС. Характерною ознакою суттєвої частини телеметричної інформації є прив'язка вимірних значень до конкретних точок простору (наприклад, траєкторна інформація, зони радіопридушення, дальності зв'язку з заданою якістю, радіуси ураження тощо). Реєстрація координатних визначень може здійснюватись у будь-якому режимі: автоматичному чи ручному, у будь-якій системі координат. При імпорті даних у ГІС відбувається їх геокодування за допомогою вбудованих інструментів пакетного перетворення координат.

У подальшому, над накопиченою статистичною інформацією можна виконувати ряд дій: візуалізувати на картографічній основі; обробляти за допомогою вбудованих алгоритмів обробки статистичної просторової інформації або самостійно створених алгоритмів, введених уручну за допомогою скриптів, чи на їх основі створених плагінів. Порядок та послідовність обробки даних, як правило, не регламентується конкретним ГІС додатком, і зокрема, завдячуючи поширенню ГІС з відкритим кодом знімаються будь-які обмеження на процедурність обробки даних.

Для більш детального представлення геоінформаційної компоненти розширимо функціональну схему (рис. 1) і введемо наближений перелік функціональних інструментів виконання просторового аналізу, який може бути застосований до задач планування випробувань та обробки результатів досліджень (рис. 2).

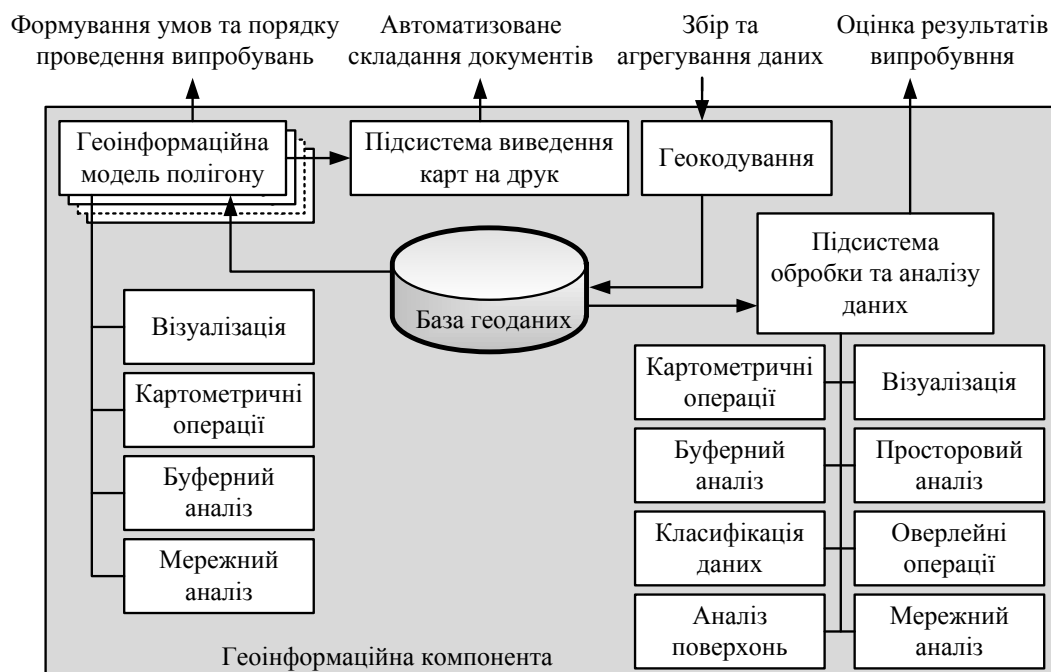


Рис. 2. Функціональна наповненість геоінформаційної компоненти підсистеми автоматизованого планування і управління випробуваннями

Зазначимо основні види операцій над даними, що здатні виконувати наведені функціональні модулі:

– візуалізація: зручне подання картографічної інформації у прийнятій системі умовних знаків та картографічних проєкціях, оперування тематичним складом карти, оперативне масштабування та формування ракурсу представлення моделі геопростору, представлення картографічної моделі у режимі “обліт” тощо;

– просторовий аналіз: аналіз концентрації або розосередженості об’єктів (процесів, явищ), пошук закономірностей у територіально розподілених результатах вимірювань,

оцінка розподілу точкових, лінійних та полігональних об'єктів, формування статистичних карт, картограм, картодіаграм тощо;

– картометричні операції: вимірювання координат, метричних або функціональних відстаней, периметрів, площ, об'ємів, побудова фрикційних поверхонь, оцінка форми лінійних та полігональних об'єктів, наприклад: траєкторій, зон уражень, зон доступності тощо;

– буферний аналіз: формування буферних зон навколо досліджуваних об'єктів – нормативних, обчислювальних, змінних;

– класифікація даних: картографічна класифікація дискретних або безперервних об'єктів (процесів, явищ), подання у системі класифікації значень результатів вимірювання, відображення екстремальних або аномальних відхилень виміряних значень від норми, формування рангів для якісних показників, використання вбудованих систем класифікації об'єктів методами рівних інтервалів, природної розбивки, квантилів, середньоквадратичного відхилення;

– оверлейні операції: накладання тематичних шарів, використання над об'єктами оверлейних операцій, що засновані на булевій алгебрі, на кшталт: об'єднання, переріз, віднімання, розрізування тощо;

– аналіз поверхонь: підбір та використання рельєфу місцевості, що найбільше відповідає вимогам до умов випробування, побудова експозиції схилів, обчислення крутизни ухилів, побудова поверхонь за результатами набору статистичних даних: виміряних або обчислених, інтерполяція та екстраполяція поверхонь;

– мережний аналіз: пошук найкоротшого шляху, логістичні задачі, розрахунки параметрів маршрутів: часу на пересування, матеріальних витрат, зон відпочинку екіпажів тощо.

Зауважимо, що наведений перелік методів обробки та аналізу просторових даних, а також операцій, які можуть застосовуватися до задач випробування ОВТ не є вичерпним і може доповнюватися.

На останок, слід зазначити щодо гнучкості архітектури геоінформаційних систем, яка підтримує технології централізованої або розподілених баз даних, і можуть будуватись за стратегією використання ГІС-серверів, що виключає необхідність встановлення ГІС додатків на клієнтських місцях підсистеми автоматизованого планування та управління випробуваннями.

Висновки. Описаний підхід до застосування геоінформаційних систем і технологій у системі випробувань ОВТ є тільки декларуванням можливого одержання нової якості результатів планування випробувань та аналізу одержаних результатів. Застосування геоінформаційної системи доцільно у вигляді компоненти у складі підсистеми автоматизованого планування та управління випробуваннями, що забезпечить системність підготовки та проведення випробувань. Запропонований перелік відомих і широко використовуваних методів геоінформаційного аналізу цілком застосовуваний до задач планування випробувань ОВТ та обробки результатів вимірювань.

Застосування геоінформаційної технології у системі випробувань надасть арсенал якісно нових методів, особливо в частині просторового планування та вибору оптимальних місць проведення випробувань; обробки результатів випробувань, представлених наборами просторово-розподілених статистичних даних; широкого спектру методів аналізу і моделювання статистичної інформації, а також зручному інструментарію візуалізації одержаних результатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Корнієнко І. В. Графічне представлення моделі функціонування випробувальної організації / І.В. Корнієнко, С.П. Корнієнко, О.М. Походенко, С.М. Казначей, О.В. Руденко //

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2019. – Вип. № 2. – С. 91-98

2. Корнієнко С.П. Підхід до прогнозування часу проведення випробувань озброєння та військової техніки / С.П. Корнієнко, І.В. Корнієнко, А.Г. Павленко, Д.О. Камак // Новітні технології. Збірник наукових праць Приватного вищого навчального закладу “Університет новітніх технологій”. Київ: ПВНЗ “Університет новітніх технологій”, 2019. № 3 (10). – С. 94-100.

3. Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони: збірник матеріалів III міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 5 квітня 2018 року). – Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, 2018. – 170 с.

4. Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони: збірник тез доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції (Київ 10 квітня 2019 року). – Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, 2019. – 89 с.

5. Геоінформаційні системи у військових задачах. Другий науково-технічний семінар 21-22 січня 2011 року. – Львів: АСВ, 2011. – 272 с.

6. Геоінформаційні системи та інформаційні технології у військових та спеціальних задачах. “Січневі ПСІ”: збірка матеріалів, статей, доповідей і тез III науково-практичного семінару (27 січня 2012 року). – Львів: АСВ, 2012. – 294 с.

7. Мельник А.В. Методика оперативного виправлення та оновлення геопросторової моделі місцевості в геоінформаційній системі військового призначення: дис. ... канд. геогр. наук: 20.02.04. – Київ, 2006. – 154 с.

8. GIS in Military Applications URL: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7b5dbde915944f529ab5128dae505f46>

9. ArcGIS for Military URL: <https://www.esriuk.com/software/arcgis/arcgis-for-military>

10. GIS dedicated to military applications URL: <https://en.geoconcept.com/emergency-and-safety/gis-dedicated-military-applications>

11. TatukGIS Customer Uses the DK for NATO Military Interoperability Solution URL: <https://www.tatukgis.com/News/TatukGIS-Customer-Uses-the-DK-for-NATO-Military-In.aspx>

12. GIS "Operator" for the military forces URL: <http://www.gisinfo.net/products/gisoperator12x64.htm>

Корнієнко Ігор Валентинович

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-9105-0780>
+38066-733-07-22

Корнієнко Світлана Петрівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва, Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів, Україна

<http://orcid.org/0000-0002-9162-1229>
+38066-733-07-20

Ihor Korniienko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of geodesy, cartography and land planning, Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9105-0780>
+38066-733-07-22

Svitlana Korniienko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

<http://orcid.org/0000-0002-9162-1229>
+38066-733-07-20

Москалець Сергій Васильович

начальник науково-дослідного управління
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та
військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5996-6422>
+380936002513

Казначей Станіслав Миколайович

старший науковий співробітник Державного
науково-дослідного інституту випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки,
Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2055-5524>
+38063-667-70-67

Жирна Оксана Володимирівна

науковий співробітник Державного
науково-дослідного інституту випробувань і
сертифікації озброєння та військової
техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2449-1855>
+38063-717-79-08

Sergey Moskalets

Chief of Division of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5996-6422>
+380936002513

Stanislav Kaznachev

Senior Researcher of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2055-5524>
+38063-667-70-67

Oksana Zhyrna

Researcher of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2449-1855>
+38063-717-79-08

GEOINFORMATION SUPPORT FOR AUTOMATED TEST PLANNING SUBSYSTEM

I. Kornüenko, S. Kornüenko, S. Moskalets, S. Kaznachev, O. Zhyrna

The process of testing weapons and military equipment involves numerous manual labor-intensive operations. Such operations can be simplified by fully or partially automating the test planning stages, conducting them directly, and processing the test results. Feature of testing weapons and military equipment is the large amount of data that somehow has a spatial location. One of the modern tools of cartographic representation, processing and analysis of statistical data arrays that have spatial localization, geospatial modeling and situation forecasting is the technology of geoinformation systems.

The article substantiates the feasibility of using geoinformation systems as part of the weapons testing system and military equipment. The functional scheme of integration of the geoinformation component into the structure of the test automation subsystem is presented for geoinformation support of the processes of testing planning and processing of measurement results. An approach to the creation of geoinformation models of test sites is proposed, based on the use of methods of remote sensing of land and open Web-GIS resources. The list of functional modules of spatial data processing and analysis, which can be applied to the tasks of testing, is distributed in the geoinformation toolkit. Examples of typical spatial tasks that can be performed during test planning, direct testing, processing, and analysis of measurement results, if such data are spatially linked.

The use of geoinformation technology in the test system will provide an arsenal of qualitatively new methods of digital cartography, such as the technology of automated preparation of cartographic information in the accepted cartographic projections and symbols, mass processing of arrays of measured data, a wide toolkit of mathematical and cartographic methods and functions, features and functions own methods, algorithms and methods of statistical information processing, create and use object-oriented geoinformation data models, operate with a set of visualization tools for the best presentation of research and simulation results.

Keywords: *geoinformation systems and technologies, test planning, measurement results processing, functional diagram.*