

УДК 623.64

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2022.50.114-119>

Л. Юдіна, нач. кафедри
ljusilia27@ukr.net
ORCID ID 0000-0001-7496-8418,
Н. Левінська, доц.
levinskova@ukr.net
ORCID ID 0000-0002-2532-2925,
Р. Писаренко, доц.
pisarerv@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-9807-0028

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ПІДТРИМКИ В ІНТЕРЕСАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Зазначено, що роль топогеодезичної та геоінформаційної складової в бойовому забезпеченні оперативного угруповання військ, яке створюється в умовах ведення бойових дій, останнім часом значно зростає. Використання аналітично-прогнозних геоінформаційних моделей для вирішення завдань геопросторової (топогеодезичної) підтримки військ на заміну аналітично-прогнозної діяльності на основі тільки власного досвіду та обмеженої інформації – підвищує якість виконання завдань за призначенням; дозволяє спростити та підвищити швидкість виконання завдань; автоматично одержувати достовірну геопросторову інформацію при підтримці прийняття рішень з мінімальною затратою часу. Геоінформаційні системи, які базуються на сучасних комп'ютерних технологіях, дозволяють поєднати зображення території (електронне відображення карти, схеми, космо-, аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різноманітні типи даних) у вигляді аналітично-прогнозної моделі геообробки. Можливість розробки додаткових геоінформаційних моделей (моделей геообробки) для розв'язання різноманітних задач "під користувача" – саме це дозволяє використовувати їх при аналітично-прогнозній діяльності задля виконання завдань геопросторової підтримки військ при підготовці та в ході ведення бойових дій. Наголошено, що в майбутньому тенденція застосування аналітично-прогнозних геоінформаційних моделей для вирішення завдань геопросторової підтримки військ у бойових діях буде тільки зростати. Це пов'язано з розвитком інформаційних технологій; зростаючим в геометричній прогресії обсягом інформації, яку опрацьовують командири (штаби) під час планування чи прийняття рішень; використанням даних безпілотних літальних апаратів, підвищенням вимог до оперативності та якості геопросторової підтримки бойових дій; збільшенням геоінформаційного аспекту в топогеодезичному та навігаційному забезпеченні ЗС України.

Ключові слова: геоінформаційна система, геопросторова підтримка, геопросторові дані.

Постановка проблеми. Незважаючи на те, що в оглядовому майбутньому потреба в паперових картах залишатиметься, для підвищення ефективності управління військами вкрай важливим є впровадження всебічного використання цифрових картографічних даних, або більш сучасного поняття – геопросторових даних, до яких належать широкий спектр відомостей про місцевість у вигляді векторних і растрових цифрових карт, тривимірних моделей місцевості, даних дистанційного зондування Землі, отриманих з космічних, авіаційних, безпілотних апаратів, інших географічних та тематичних даних. Іншою критичною вимогою сучасності є оперативне та безперервне отримання необхідних геопросторових даних кінцевими користувачами. На сьогодні система доведення картографічних даних ще недостатньо широко застосовується і в більшості випадків базована на поданні заявок-нарядів та отриманні даних через оптико-магнітні носії, і в цілому не відповідає сучасним вимогам.

Враховуючи, що всі переваги та можливості геопросторових даних повною мірою реалізуються в геоінформаційних підсистемах автоматизованих систем управління (АСУ), тому саме через них, із застосуванням клієнт-серверних технологій, необхідно вирішувати проблему доведення даних до споживачів у масштабі часу, близькому до реального.

Аналіз останніх досліджень. Питання пошуку шляхів оптимізації вирішення військових задач за допомогою геоінформаційних систем вивчали І. Боханов, В. Беленков, М. Корж, О. Міхно та інші. Дослідження можливостей розширення галузей застосування геоінформаційних систем проводили О. Міхно, В. Зацерковний, І. Тишаєв, І. Віршило та інші, що беззаперечно доводить актуальність та переваги використання геоінформаційних

систем як суттєвої складової для вирішення військових задач на різних рівнях управління військами.

Метою статті є пошук дієвих способів підвищення ефективності геопросторової (топогеодезичної) підтримки військ під час ведення бойових дій шляхом застосування новітніх технологій, сучасних геоінформаційних систем та методик для підвищення рівня автоматизації обробки даних.

Виклад основного матеріалу. Театр бойових дій на території України в останні роки – принципово новий вид бойового мистецтва. Окрім традиційних рубежів і районів оборони, з'являються об'єкти терористичного нападу: міста, об'єкти інфраструктури, джерела техногенних і природних катастроф тощо. Замість масованого застосування великих військових угруповань діють окремі підрозділи, що застосовують спеціальну тактику, у якій успіх визначається переважно можливостями кожного окремого бійця. Отже, необхідна принципово нова система керування, що дозволяє мати організаційну перевагу над супротивником, система, що забезпечує не тільки ефективну організацію спеціальних операцій, але й можливості прогнозування нападів і їх попередження. Створення такої системи, основою якої є інформаційні технології, неможливе без організації відповідного інформаційного, у тому числі, і геоінформаційного забезпечення силових відомств. Головна мета його полягає не тільки в одержанні даних про місцевість у вигляді електронних карт, це завдання існуючої системи геопросторової (топогеодезичної) підтримки військ. Особливості сучасної війни вимагають залучення додаткової інформації про об'єкти інфраструктури міст і населених пунктів, наявності небезпечних техногенних і природних процесів, фізико-географічні властивості території і т. п.,

необхідної для всебічного аналізу обстановки і можливих варіантів проведення операцій. Причому не тільки в просторі театру воєнних дій або території, але й у просторі об'єкта, на якому може проводитися операція. І ці дані існують, але перебувають традиційно в різних відомствах і структурах [1]. Однак їх створення здійснюється без необхідної координації, відомості про складові, зміст і місце розташування для інших відомств малодоступні, ступінь готовності даних для використання в інформаційних технологіях керування низька. Причина – відсутність геоінформаційного забезпечення силових відомств у вигляді цілісної системи керування формуванням і використанням геоінформаційних ресурсів на державному рівні, установленій як нормативно-правовими актами, так організаційними заходами. Спроби створити аналогічну, цілісну систему, виявилися невдалими з ряду підстав.

Головна причина – "відомчий суверенітет". Окрім того, впливає також і небажання брати на себе відповідальність за якість функціонування системи в цілому. Тим більше, що такі можливості представляються існуючим дотепер розподілом повноважень між відомствами, коли ними вирішуються окремі завдання, не пов'язані з кінцевим результатом. Наприклад, Міністерство оборони несе відповідальність за забезпечення військ, що плануються для застосування, у тому числі, на своїй території. Інші відомства, формуючи в процесі своєї діяльності аналогічні інформаційні ресурси на території України, за забезпечення військ зазвичай не відповідають. У результаті війська одержують не те, що треба, а те, що є.

Іншою причиною відсутності цілісної системи геоінформаційного забезпечення державного рівня є схильність до стереотипів, що збереглися ще з минулого століття, забезпечення систем керування різного призначення інформацією про місцевість, коли основним джерелом такої інформації були топографічні карти. У результаті, можливості, які надає сучасна геоінформатика для ефективного керування, у повному обсязі не використовуються. Наприклад, карти, у тому числі й електронні, називають "геоінформаційними даними", а наявні системи забезпечення цими картами органів керування різного призначення, – "геоінформаційними".

Але не береться до уваги те, що геоінформатика, у тому числі й військова, – це одержання й використання в системах керування різного призначення даних про простороворозподілені процеси в географічному, природному, соціально-економічному й іншому середовищах, а це вже не тільки карти [2].

Задачі управління військами в умовах скорочення часу на прийняття рішення, підвищення вимог до якості прийнятого рішення, скорочення чисельності особового складу органів військового управління обумовлюють задачу обробки інформації в АСУ військового призначення. Вирішення цих задач можливе у структурі програмного й апаратного забезпечення. Цифрова інформація про місцевість використовується штабами ЗС в АСУ військами, системах навігації, засобах бойового ураження при наведенні на ціль та в тренажерах [3].

Основною функцією геоінформаційного забезпечення у військовій сфері є використання геопросторової інформації для вирішення таких задач:

- аналіз простору проведення військової операції з огляду на можливості застосування живої сили, озброєння і військової техніки;
- аналіз простору проведення військової операції з урахуванням розвідувальної інформації щодо розташу-

вання ворожих сил і тактико-технічних характеристик озброєння та військової техніки противника;

- моделювання проведення військової операції; моніторинг за проведенням військової операції;
- просторово-часовий аналіз проведеної військової операції [4]. Застосування геоінформаційних технологій у процесах управління ЗС України.

Основне призначення ГІС – надання органам управління всіх рівнів доступу до просторових даних про місцевість і об'єкти на ній у реальному режимі часу або близькому до нього із забезпеченням наочної форми їхнього представлення. ГІС зберігає геопросторову інформацію у вигляді набору тематичних баз даних, що поєднуються з модельними та розрахунковими функціями для маніпулювання і перетворення їх на просторову інформацію.

Будь-яка географічна інформація містить відомості щодо просторового положення, наприклад, про прив'язку до географічних чи інших координат. Для автоматичного визначення місця розташування об'єкта застосовується процес геокодування, який полягає в позиціюванні просторових об'єктів відносно відповідної системи координат. Для використання в ГІС дані мають бути перетворені на відповідний цифровий формат. Багато даних переведені у формати, які сприймаються ГІС-пакетами. Для багатьох типів просторових операцій кінцевим результатом є представлення даних у вигляді карти чи графіка. Автоматизоване картографування на базі географічних інформаційних систем надає нові інструменти, що розширюють і розвивають наукові основи картографії. За їхньою допомогою візуалізація самих карт може бути легко доповнена звітними документами, тривимірними зображеннями, графіками і таблицями, фотографіями та іншими засобами [4, 5].

Геоінформаційне забезпечення передбачає збирання, обробку, зберігання й доведення до споживачів зображень і описів місцевості, геодезичних і гідрометеорологічних даних у вигляді графічних, текстових, цифрових і фотодокументів. Обсяги і різноманітність таких документів, що містять інформацію про місцевість, стан атмосфери й космічного простору, залежать від масштабу використання військової сили та території збройного конфлікту [6].

Проблематика вирішення завдань топогеодезичного забезпечення з використанням новітніх геоінформаційних технологій знайшла своє відображення в розробці та практичному застосуванні тактичних інформаційних систем. Такі системи широко застосовувалися і застосовуються в локальних конфліктах останніх років та під час проведення миротворчих операцій. Схожі за своєю структурою елементи таких систем в арміях провідних країн світу застосовуються в усіх оперативно-тактичних ланках, до бригади включно. У ЗС України є декілька структурних підрозділів, які займаються обробкою геопросторової інформації. Інформація до цих структур надходить паралельно, хоча вона могла б доповнювати одна одну. Існує необхідність об'єднувати всю просторову інформацію, яка може бути отримана від різних джерел. Набагато доцільніше зберігати її в одній базі комп'ютерних даних, що постійно оновлюється [7].

Методи вирішення завдань наукового обґрунтування освоєння природного середовища, об'єктів діяльності і ефективності прогнозування засновані на всебічному комплексному дослідженні різноманітних даних. Основними методами вирішення зазначених завдань вважається наукове передбачання і власне прогнозування, що базуються на всебічному комп-

лексному дослідженні різноманітних даних. У дослідженні мають враховуватися не тільки дані про природне середовище чи антропогенний вплив, але й інші, що відображають атрибутивні дані.

Для комплексного дослідження навколишнього середовища сьогодні застосовуються ГІС-технології і геоінформаційні системи. В основу дослідження закладено аналіз природного і соціального середовища як сукупності геоінформаційних об'єктів. Такий підхід приводить до нової технології прогнозування – геоінформаційного прогнозування. Геоінформаційне прогнозування являє собою набір методів отримання і аналізу інформації про навколишнього середовища (об'єкти, процеси і явища) і розробки прогнозних оцінок для підтримки прийняття рішень [16]. Передбачання – це судження про майбутній стан процесу або явища, що засноване на суб'єктивному "зважуванні" великої кількості факторів якісного та кількісного характеру. Прогнозування – дослідний процес, у результаті якого отримують прогноз про стан об'єкта. Прогноз є імовірнісним судженням про можливий стан об'єкта (явища) або про альтернативні шляхи його досягнення.

Метою геоінформаційного прогнозування є зниження рівня невизначеності під час прийняття рішень. Геоінформаційне прогнозування вирішує два основні завдання: оцінка тих чи інших параметрів для цього моменту часу та отримання прогнозних оцінок на перспективу. Оцінка поточних параметрів застосовується для оперативного аналізу існуючої ситуації. Прогнозні оцінки використовують при оцінці альтернатив рішень, що приймаються, або при вивченні явищ та їхніх майбутніх наслідків.

Геоінформаційне прогнозування як технологія інтегрує статичні методи прогнозування, методи ділової графіки, методи геоінформаційного моделювання та цифрового моделювання. При геоінформаційному прогнозуванні можна виділити три якісних етапи обробки інформації:

I. Збір, групування, узагальнення і уніфікація первинних даних.

II. Аналіз, моделювання вторинних (уніфікованих) даних.

III. Отримання прогнозних оцінок, їх верифікація [6].

Рішення задач прогнозування реалізується шляхом цілеспрямованих геоінформаційних досліджень, що визначає важливість вибору мети дослідження. Основним аспектом вирішення завдань прогнозування є виділення специфічних типів інформації, необхідної під час вирішення проблем управління або дослідження явищ та процесів. Виходячи з цього, мета збору даних може бути така:

- розвідувальна – спрямована на збір попередньої інформації, призначеної для визначення проблем, перевірки гіпотез і вибору моделей;

- описова (дескриптивна) – спрямована на отримання описових характеристик тих чи інших аспектів геоінформаційного середовища, наприклад, соціальної ситуації;

- казуальна – спрямована на виявлення і визначення причинно-наслідкових зв'язків і обґрунтування гіпотез;

- рекомендаційна – спрямована на розробку і прийняття рішень для різних територіальних рівнів.

Характер цілей геоінформаційного дослідження зумовлює вибір конкретних типів дослідження, що мають ті ж назви, а саме: розвідувальний, описовий, казуальний, рекомендаційний. На практиці при проведенні збору геоінформаційних даних використовується не один, а всі типи досліджень, причому в будь-якій послідовності.

Перший клас методів збору складають дистанційні методи збору інформації. Інший, що доповнює перший клас методів, утворюють методи статистичної обробки даних. Під час вирішення завдань геоінформаційного прогнозування вся інформація, що використовується, поділяється на два класи: первинна і вторинна. Первинні (різнорідні) дані отримують у результаті збору інформації про об'єкти місцевості різними технологіями: статистичні методи збору інформації, фотограмметричні методи, польові методи, картометричні методи, використання GPS, дані дистанційного зондування і т. д. На основі цих даних, після їхньої уніфікації, створюють набори первинних цифрових моделей місцевості, об'єктів, явищ.

Під вторинними (уніфікованими) даними розуміють дані, отримані в результаті обробки первинних даних, а також дані, зібрані раніше для інших цілей. Це інформація, що зберігається в архівах, базах даних, інших ГІС, а також та, що поширюється мережею Інтернет. Окрім того, під вторинними даними розуміють моделі, побудовані за результатами узагальнення і перетворення первинних моделей. До таких моделей належать динамічні ряди, результати класифікації або кластерного аналізу і т. д. Вторинні дані допомагають виявити приховані чинники, взаємозв'язки, які не були виявлені в первинних даних.

Після збору даних необхідно привести їх до вигляду, що відповідає двом вимогам: зручному для обробки в геоінформаційній системі; зручному для аналізу під час вирішення поставленого завдання прогнозування. Виділяють такі основні функції перетворення даних: узагальнення, визначення концепції, комунікація (переклад результатів статистичного аналізу на зрозумілу для користувача мову), екстраполяція (визначення ступеня відповідності отриманих результатів усієї сукупності) [8]. На основі цих даних створюються моделі об'єктів прогнозування, особливість яких полягає в тому, що виникає необхідність дослідження взаємодії об'єкта прогнозування із зовнішнім середовищем.

Геоінформаційне прогнозування включає три типи завдань, що відрізняють його від інших видів прогнозування:

1) обробка статистичних даних, заснована на широко застосовуваних методах математичної статистики і теорії ймовірностей;

2) завдання аналізу зображень, для вирішення яких використовуються методи обробки зображень, розпізнавання образів, методи штучного інтелекту і т. д., потрібна розробка і створення класифікаторів, бібліотек або баз даних;

3) обробка послідовностей просторових векторних або растрових об'єктів (напр., фотознімків або тематичних карт, що відображають зміну об'єкта або явища з плином часу).

Геоінформаційні дані мають часовий характер. У тому випадку, коли прогноз необхідний на певний момент часу і пов'язаний з визначенням напряму розвитку системи на перспективу, як вихідні дані доцільно використовувати часові ряди або часові моделі. При проведенні періодично повторюваних спостережень утворюються набори даних, що характеризуються збором інформації про об'єкти земної поверхні через певні періоди часу. У цьому випадку йдеться про накопичення даних у вигляді часових рядів. Часові ряди являють собою впорядковані в часі набори змін будь-яких характеристик досліджуваного об'єкта, процесу. Часовими рядами називають послідовності змін $X(t_1), X(t_2), \dots, X(t_n)$, упорядкованих у фіксовані моменти часу t_1, t_2, \dots, t_n [8].

На відміну від аналізу випадкових вибірок, аналіз часових рядів ґрунтується на припущенні, що послідовні значення в наборі даних отримані зазвичай через однакові проміжки часу – періоди, які можуть бути різними: добовими, тижневими, місячними, річними і т. д. По суті, часовий ряд описує безперервне явище, що протікає в часі. Але інформація про це явище надходить вибірково, унаслідок чого реальний безперервний процес описується у вигляді дискретних наборів даних.

Існують три основні цілі аналізу часових рядів:

1) побудова формальної моделі, що дозволяє відновлювати події у вигляді безперервного процесу (перехід від дискретної моделі до безперервної);

2) встановлення механізму, що визначає динаміку ряду (опис реального явища за допомогою реально пояснювальних і результативних змінних);

3) прогнозування явища або його аналіз у ретроспективі (отримання значень часового ряду за теперішнім і минулим значеннями).

Ці цілі вимагають побудови моделі ряду та її ідентифікації. Побудова моделі ряду означає, що ряд формально описаний. При цьому можлива формальна побудова моделі $\xi(t)$, заснована на підборі математичних залежностей між параметрами ряду, безвідносно до механізму їхнього формування $\xi(t) = \xi(x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n))$. Цю модель називають формальною, мета її побудови – пов'язати найкращим чином отримані дискретні дані.

Можлива неформальна побудова моделі, заснована на описі механізму Z протікання реального явища з введенням параметрів, що описують реальні характеристики a_i і b_j , впливаючи на зміни процесу чи явища:

$$F(a_i, t) = \xi(x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n), a_i, b_j), i = 1, \dots, n; \\ j = 1, \dots, m.$$

Ідентифікація означає вибір у моделі спостережуваних b_j і обчислюваних a_i параметрів, визначення спостережуваних параметрів на основі експериментальних даних. Як тільки модель ряду визначена, з її допомогою можна інтерпретувати отримані дані. Вона дозволяє, не вникаючи в механізм формалізації, екстраполювати в перспективу або в ретроспективу, і тим самим проводити аналіз майбутніх або минулих параметрів явища.

Аналіз часових рядів передбачає, що дані містять функціональну складову (зазвичай кілька компонент) і випадковий шум (помилку), який ускладнює виявлення регулярних компонент. Генезис спостережень утворює структура і класифікація основних чинників, під впливом яких формуються значення часового ряду. Виділяють чотири типи таких факторів [9]:

1) довготривалі чинники, що формують довгострокову тенденцію в зміні аналізованої ознаки $x(t)$, яка зазвичай описується за допомогою тієї чи іншої невідповідної монотонної функції $f_{\text{ТР}}(t)$ – тренда;

2) сезонні фактори, що формують періодично повторювані в певну пору року функціональні зміни аналізованої ознаки. Результат дії сезонних чинників описують за допомогою спеціальної невідповідної періодичної (з періодами, кратними сезонній) функції $\varphi(t)$. Її опис обумовлено змістовною сутністю завдання;

3) кон'юнктурні чинники, що формують зміну аналізованої ознаки або дію довготривалих циклів, або поточними кон'юнктурними (разовими) факторами. Результат дії циклічних факторів позначимо за допомогою невідповідної функції $Q(t)$;

4) випадкові (нерегулярні) фактори – фактори, що не піддаються обліку та реєстрації. Їхній вплив на формування значень часового ряду зумовлено стохастичною природою елементів $x(t)$. Результат впливу випадкових факторів позначимо за допомогою функції випадкових величин $\varepsilon(t)$. Випадкові фактори можуть мати різну природу походження. Вони впливають на значення ряду як перешкоди, тому багато методів дослідження часових рядів включають різні способи фільтрації, що дозволяють виділити регулярну складову більш чітко.

На практиці не обов'язково, щоб у процесі формування значень будь-якого часового ряду брали участь одночасно чинники всіх чотирьох типів. Більшість функціональних складових часових рядів належить до двох класів: вони є або трендом, або сезонною складовою. Тренд являє собою систематичну лінійну або нелінійну компоненту, яка може змінюватися з плином часу. Сезонна складова – періодично повторювана компонента. Обидва ці види регулярних компонент зазвичай наявні в ряді одночасно.

Вихідний набір даних часового ряду завжди містить похибки, тому одним із важливих завдань є усунення похибок для отримання більш точної інформації про досліджувані об'єкти. У зв'язку з цим вирішують завдання згладжування і пов'язане з ним завдання побудови ряду [9]. Згладжування – процедура виділення випадкової складової, тобто спосіб побудови нового ряду зі зміненими значеннями спостережень, у якому кожен член містить якісь поправки, що зменшують цю випадкову складову. Згладжування завжди використовує деякий спосіб локального усереднення даних, при якому випадкові компоненти взаємно погашають один одного або фільтруються.

Розрізняють два види згладжування [9]: алгоритмічне та аналітичне. Алгоритмічне згладжування проводиться, якщо загальний аналітичний вид шуканої функції $f_{\text{ТР}}(t) + \dots + \varphi(t)$, що несе інформацію щодо часового процесу, не відомий досліднику. Передбачається, що перешкода в цьому випадку лежить у високочастотній частині спектра, а корисний сигнал – у низькочастотній. Не заглиблюючись у механізм утворення ряду, здійснюють його згладжування на основі фільтрації. У цьому випадку проводиться формальна побудова моделі $\xi(t)$, заснована на підборі математичних залежностей між параметрами ряду, безвідносно до механізму їхнього формування. Аналітичне згладжування здійснюють, якщо відомий механізм формування членів ряду. Воно полягає в обробці, що використовує аналітичні описи, які відображають з меншою або більшою повнотою механізм явища. У цьому випадку побудова ряду полягає у створенні опису на основі дискретних даних, а саме: знаходження всіх функцій

$$F(t) = f_{\text{ТР}}(t) + \dots + \varphi(t) + Q(t) + \varepsilon(t).$$

Найбільш загальним методом згладжування є ковзне середнє, у якому кожен член нового ряду замінюється простим або зваженим середнім n сусідніх членів ряду, де n – ширина "вікна". Замість середнього можна використовувати медіану значень, що потрапили у вікно. Основна перевага медіанного згладжування порівняно зі згладжуванням ковзаючим середнім полягає в тому, що результати стають більш стійкими до викидів усередині вікна. Недолік медіанного згладжування в тому, що за відсутності явних викидів воно призводить до більш "зубчастих" кривих, ніж згладжування ковзаючим середнім, і не дозволяє використовувати ваги. Коли помилка

вимірювання дуже велика, краще використовувати метод найменших квадратів, зважених щодо відстані, або метод експоненціального зваженого згладжування. Усі ці методи фільтрують шум і перетворюють виміряні вихідні дані на дані, розташовані на відносно гладкій кривій.

Відрізок часу Δt від моменту часу, для якого є останні статистичні дані щодо досліджуваного процесу, до моменту, якому відповідає прогноз, називається періодом попередження, залежно від його тривалості розрізняють три види прогнозу [8]:

короткострокові – з періодом попередження від декількох днів до 3 років;

середньострокові – від 3 до 5 років;

довгострокові – від 5 років і довше.

Кожний із методів прогнозування має певні переваги і недоліки. Їхнє застосування ефективніше в короткостроковому прогнозуванні, оскільки вони спрощують реальні процеси. Ступінь спрощення і період "короткостроковості" визначається ступенем вивчення процесів і явищ, об'ємом накопичених знань і даних щодо досліджуваних об'єктів. Це неминуче призводить до необхідності створення для цілей прогнозування експертних систем або накопичення інформації для їхнього створення. Експертні знання й оцінки є важливими інструментами сприйняття та аналізу реальності, доповнюючи кількісні підходи якісними оцінками і моделями.

Отримання прогнозних оцінок має бути піддано верифікації для їхньої надійності. Мета верифікації прогнозу – оцінка його функціональної повноти, точності і достовірності. Застосовують різні види верифікації: пряма і непряма, інверсна і консеквентна та ін. Після виконання верифікації прогнозу необхідно оцінити його якість. Для цієї мети використовуються такі показники прогнозу: повнота, точність, достовірність, помилка, джерело помилки.

У геоінформаційному прогнозуванні існує ряд важливих методичних питань, до яких належать: прийоми побудови, обґрунтування і редагування моделі, обґрунтування граничних умов і кількісних характеристик – параметрів прогнозу, технічної та програмної реалізації, можливості інтерпретації результатів.

Висновки. Існує велика кількість завдань структурних підрозділів Міністерства оборони України (далі – МО України), для вирішення яких необхідно впроваджувати ГІС, що дозволить підвищити ефективність та оперативність їхнього виконання. У контексті інформаційних технологій (систем) виконання завдань підрозділами топогеодезичного забезпечення здійснюється за допомогою ГІС, основою яких у сучасних умовах є використання електронних та цифрових карт земної поверхні.

На межі топогеодезичного та інформаційного забезпечення стоять ГІС. Розробка, удосконалення та впровадження ГІС у життєдіяльність структурних підрозділів МО України і ГШ ЗС України надзвичайно важливі [11]. Задачі управління військами в умовах скорочення часу на прийняття рішення, скорочення чисельності особового складу органів військового управління зумовлюють проблему повноти та своєчасності оброблення інформації в АСУ військового призначення. Зауважимо, що більшість задач військового управління пов'язані з інформацією про місцевість. Підготовка та обробка якого зазвичай проводиться "вручну". Сучасний розвиток інформаційних технологій, широке застосування їх у військовій сфері надає можливості використання геоінформаційних систем для виконання завдань з аналітично-прогнозної діяльності щодо обстановки на

місцевості з урахуванням тактико-технічних характеристик бойової техніки та озброєння [5].

Всім вимогам, що висуваються до програмних засобів, які можуть бути використані при формуванні географічної інформаційної системи військового призначення, задовольняють системи ArcGIS, виробник Інститут дослідження навколишнього середовища США (*Environmental Systems Research Institute*). Програмний продукт ArcGIS пройшов сертифікацію для використання як єдиної ГІС в АСУ ЗСУ [12].

Отже, програмне забезпечення ArcGIS дозволить значно підвищити ефективність геопросторової (топогеодезичної) підтримки військ у контексті пошуку оптимальних шляхів розв'язання задач ведення топографічної розвідки, забезпечення штабів геопросторовою інформацією щодо подій на полі бою; визначення загроз і ризиків в умовах ведення бойових дій за рахунок розробки, впровадження та використання аналітично-прогнозних моделей геообробки [13].

Список використаних джерел

1. Підвищення інтелектуального рівня засобів обробки інформації в геоінформаційних системах військового призначення / О.А. Чорнокирний, В.А. Савченко, А.Г. Салій, Г.М. Власенко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. Київ. Нац. ун-т оборони України ім. Івана Черняховського, 2010. №1(7). С. 61-62.
2. Савков П.А., Жиров Г.Б. Аналіз забезпечення збройних сил провідних країн світу вихідними топогеодезичними даними у локальних війнах та антитерористичних операціях останніх часів // зб. наук. пр. Військ. ін-ту Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Київ: ВІКНУ. 2012. Вип. 36. С. 339–344.
3. Беленков В.В., Корж М.М. Основные направления применения геоинформационных технологий в военном деле // Информ. технология и компьютерная инженерия. Вінниця. ВНТУ, 2006. №3(7). С. 98–101.
4. Хірх-Ялан В., Бахвалов В. Концептуальна схема системи моделювання тактичної обстановки на базі геоінформаційної системи // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. Київ: ВІКНУ, 2018. № 39. С. 78–84.
5. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 313 с.
6. Крета Д.Л., Перминова С.Ю. Особенности синтеза системы картографического обеспечения управления экологической безопасностью в Херсонской области: учеб. записки. Симферополь: Таврич. нац. ун-т, 2007. Т. 20(59), № 1. С. 90–97.
7. Тревого І., Горб А., Мелешко О. Застосування радарів із синтезованою апертурою для високоточного геопросторового моніторингу. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Львів: Ін-т геодезії Нац. ун-ту „Львівська політехніка”, 2017. № 1(33). С. 44–46.
8. Хірх-Ялан В.І., Етапи створення системи моделювання тактичної обстановки військового призначення засобами ГІС // зб. наук. пр. Військ. ін-ту Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Київ: ВІКНУ, 2013. Вип. 44. С. 284–288.
9. Кубявка М.Б., Кубявка Л.Б., Лоза В.М. Моніторинг загроз і ризиків в умовах створення системи національної безпеки при використанні засобів відображення геопросторових даних // зб. наук. пр. Військ. ін-ту Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Київ: ВІКНУ, 2018. Вип. 61. С. 81–90.
10. Путренко В.В. Системні основи інтелектуального аналізу геопросторових даних // Системні дослідження та інформаційні технології. Київ. Навч.-наук. комплекс "Інститут прикладного системного аналізу" НТТУ "КПІ" МОН та НАН України, 2015. № 3. С. 20–33.
11. Пропозиції щодо приведення термінології використання геоінформаційних систем до єдиного розуміння та впровадженню геоінформаційних систем в діяльність структурних підрозділів Міністерства оборони України / К.О. Соколов, О.П. Гудима, О.В. Іонкін, В.А. Ткаченко // зб. наук. пр. Центру воєнно-стратегічних досліджень Нац. ун-ту оборони України імені Івана Черняховського, 2014. № 2(51). С. 116–120.
12. Попов М.О., Серединін Є.С. Геоінформаційні системи та технології в завданнях оборони й національної безпеки // Наука і оборона. Київ. Нац. ун-т оборони України ім. Івана Черняховського, 2009. № 3. С. 49–56.
13. Подліпаєв В.О. Базовий набір типових геоінформаційних ресурсів для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу: зб. наук. пр. // Системи управління, навігації та зв'язку. Київ. Ін-т телекомунікацій і глобального інформ. простору НАН України, 2019. № 2(54). С. 12–17.

References

1. Chornoknyzhnyy, O.A.; Savchenko, V.A.; Saliy A.H.; Vlasenko H.M. (2010). Improving the intellectual level of information processing tools in

military information systems. Modern information technologies in the field of security and defense. Kyiv. Nat. University of Defense of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky. 2010. №1 (7). P.61-62 [in Ukrainian].

2. Savkov, P.A.; Zhyrov, H.B. (2012). Analysis of providing the armed forces of the world's leading countries with initial topographic data in local wars and recent anti-terrorist operations. Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv: VIKNU. 2012. Vol. 36. pp. 339-344 [in Ukrainian].

3. Belenkov, V.V.; Korzh, M.M. (2006). The main directions of application of geoinformation technologies in military affairs. Information technologies and computer engineering. Vinnitsa. VNTU. 2006. No. 3 (7). pp.98-101 [in Russian].

4. Khirh-Yalan, V.; Bakhvalov, V. (2018). Conceptual scheme of the system of modeling the tactical situation on the basis of geographic information system. Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, Military Special Sciences. Kyiv: VIKNU. 2018. №39. P.78-84. [in Ukrainian].

5. Shypulin V.D. (2010). Basic principles of geographic information systems. Kharkiv: KNAMG, 2010. 313 p. [in Ukrainian].

6. Trevoho, I.; Horb, A.; Meleshko, O. (2017). Application of synthesized aperture radars for high-precision geospatial monitoring. *Modern achievements of geodetic science and production*. Lviv. Institute of Geodesy of Lviv Polytechnic National University. 2017. №1 (33). P.44-46. [in Ukrainian].

7. Kreta, D.L.; Perminova, S.Y. (2007). Features of the synthesis of the system of cartographic support for environmental safety management in the Kherson region. *Scientific notes of the Tauride nat. university*. Simferopol, 2007. T.20 (59), No. 1. P.90-97 [in Russian].

8. Khirh-Yalan, V. (2013). Stages of creation of system of modeling of tactical situation of military purpose by means of GIS. Collection of scientific

works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv: VIKNU. 2013. Vol. 44. pp. 284-288 [in Ukrainian].

9. Kubyavka, M.B.; Kubyavka, L.B.; Loza, V.M. (2018). Monitoring of threats and risks in the conditions of creation of the system of national security at use of means of display of geospatial data. Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv: VIKNU. 2018. Vol. 61. pp. 81-90 [in Ukrainian].

10. Putrenko, V.V. (2015). System bases of intellectual analysis of geospatial data. Systems research and information technology. Kyiv. Educational and scientific complex "Institute of Applied Systems Analysis" NTTU "KPI" MES and NAS of Ukraine. 2015. №3. Pp.20-33 [in Ukrainian].

11. Sokolov, K.O.; Hudyma, O.P.; Ionkin, O.V.; Tkachenko, V.A. (2009). Proposals to bring the terminology of the use of geographic information systems to a common understanding and implementation of geographic information systems in the activities of structural units of the Ministry of Defense of Ukraine. Collection of scientific works of the Center for Military Strategic Studies of the Ivan Chernyakhovsky National University of Defense of Ukraine. № 2 (51), 2014. P. 116-120. [in Ukrainian].

12. Popov, M.O.; Seredynin, Y.S. (2009). Geographic information systems and technologies in the tasks of defense and national security. Science and defense. Kyiv. Nat. University of Defense of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky. 2009. № 3. C. 49-56. [in Ukrainian].

13. Podlipayev, V.O. (2019). Basic set of typical geoinformation resources for geoinformation support and geospatial analysis. Control, navigation and communication systems. Collection of scientific works. Kyiv. Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2019. №2 (54). Pp. 12-17 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 04.06.22

L. Yudina, Head of the Department

ljusilia27@ukr.net

ORCID ID 0000-0001-7496-8418,

N. Levinskova, Ass. Prof.

levinskova@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-2532-2925,

R. Pysarenko, Ass. Prof.

pisarev@gmail.com

ORCID ID 0000-0002-9807-0028

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

FORECASTING IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS TO SOLVE PROBLEMS OF GEOSPATIAL SUPPORT IN THE INTERESTS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

It should be noted that the role of the topographic and geoinformation component in the combat support of the operational group of troops, which is created in the context of hostilities, has recently increased significantly. The use of analytical and forecasting geoinformation models to solve problems of geospatial (topographic) support of troops, to replace analytical and forecasting activities based only on their own experience and limited information – improves the quality of tasks; allows you to simplify and increase the speed of tasks; automatically obtain reliable geospatial information while supporting decision-making with minimal time. Geographic information systems based on modern computer technologies allow to combine images of the territory (electronic display of maps, diagrams, space, aerial images of the earth's surface) with information of tabular type (various types of data) in the form of analytical and forecasting model of geoprocessing. Ability to develop additional geoinformation models (geoprocessing models) to solve various "custom" tasks – this allows them to be used in analytical and forecasting activities to perform geospatial support tasks in the preparation and conduct of hostilities. In the future, the trend of using analytical and forecasting geoinformation models to solve the problems of geospatial support of troops in hostilities will only grow. This is due to the development of information technology; increasing exponentially the amount of information that commanders (staffs) process when planning or making decisions; using the data of unmanned aerial vehicles, increasing the requirements for efficiency and quality of geospatial support of hostilities; increasing the geoinformation aspect in the topographic and navigational and navigation support of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: geographic information system, geospatial support, geospatial data.