

Навігація та геоінформаційні системи

УДК 004.5:004.6:007.51:528.933:004.822:519.72

doi: 10.26906/SUNZ.2020.3.004

В. О. Подліпаєв

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОГО ВИКОРИСТАННЯ СЛАБО СТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ

Анотація. Предметом вивчення в статті є існуюче програмне забезпечення для ведення геопросторового аналізу та забезпечення геоінформаційної підтримки прийняття рішення. **Метою** є вивчення та аналіз програмного забезпечення для побудови спеціалізованих геоінформаційних систем трансдисциплінарного використання слабо структурованих даних. **Завдання:** вивчити та проаналізувати можливості окремих зразків програмного забезпечення для побудови спеціалізованих геоінформаційних систем їх особливості щодо реалізації алгоритмів збору, систематизації, накопичення та візуалізації даних та можливості щодо реалізації механізмів інформаційного забезпечення геопросторового аналізу, особливо з використанням слабо структурованих даних. Використовуваними **методами** є: методи статистичного аналізу, методи оптимізації, методи моделювання, методи побудови складних систем. Отримані такі **результати**. Встановлено, що актуальним питанням є – застосування геоінформаційних систем для роботи з геопросторовими даними та пов'язаної з ними інформацією, які зберігаються в різноманітних інформаційних ресурсах у слабо структурованому вигляді. В рамках даної статті надані результати вивчення та аналізу можливостей окремих зразків програмного забезпечення, які в подальшому можуть бути використані при створенні геоінформаційних систем для ведення геопросторового аналізу та забезпечення геоінформаційної підтримки прийняття рішення з використанням таких видів даних. **Висновки.** Сучасні системи ведення геопросторового аналізу неможливо уявити без всебічного та різноматематичного інформаційного забезпечення. Проведений аналіз підходів до побудови геоінформаційних систем показав, що існуючі рішення не дозволяють здійснювати пошук, збір та тематичну систематизацію потрібних, а особливо негеопросторових даних, які знаходяться у різноманітних інформаційних ресурсах та викладені у неструктурованому вигляді. Тому, розв'язання задачі забезпечення інформаційного забезпечення геопросторового аналізу полягає в інтеграції або поєднанні міждисциплінарного інформаційного середовища з геоінформаційною системою та в необхідності розробки засобів забезпечення загального трансдисциплінарного онтологічного представлення семантики, що забезпечить можливості зберігання, обробки та доступу до його різноманітних об'єктів та інформаційних одиниць.

Ключові слова: геопросторовий аналіз, геоінформаційна система, геоінформаційна підтримка, прийняття рішення, спеціалізоване програмне забезпечення, управління просторово-розподіленою інформацією.

Вступ

У процесі вирішення певних класів складних прикладних задач виникає потреба у геоінформаційній підтримці. В основі цих процесів полягає геопросторова інформація, точніші використання її та результатів її обробки та аналізу. Такими класами задач є оперативне планування з прив'язкою до місцевості, управління територіальними об'єктами, аналіз геопросторової інформації тощо.

Сучасність висуває багато вимог до процесів управління, однією з яких є – швидке прийняття рішень. Забезпечення виконання цієї вимоги можливо за допомогою програмно-технічних засобів формування сценаріїв прийняття рішень. Причому в основі цих засобів реалізовані функції отримання та відображення просторово-розподіленої оперативної інформації.

За оцінкою світових експертів, понад 80 % інформації, яка використовується в органах державного управління, – це геопросторова інформація. Вона відображається переважно у цифровій формі з вико-

ристанням сучасних геоінформаційних технологій і становить основу широкого застосування у всіх сферах діяльності країни.

Аналіз досвіду використання геопросторової інформації в інтересах економічного розвитку та національної безпеки в державах Європейського Союзу та інших провідних країнах світу свідчать, що на її підґрунті планується та приймається більшість управлінських рішень.

Геопросторова інформація в сучасних умовах стала важливим стратегічним ресурсом державного управління та вагомим чинником сталого соціально-економічного розвитку країни.

Таким чином, потреба у геоінформаційних технологіях у багатьох сферах діяльності України, включаючи і сферу національної безпеки та оборони, говорить про їх актуальність.

Одним з основних та найбільш потужним аналітичним елементом геоінформаційної підтримки є геопросторовий аналіз.

Геопросторовий аналіз – це процес пошуку просторових закономірностей у розподілі географі-

чних даних і взаємозв'язків між об'єктами. [1]. Геопросторовий аналіз є свого роду унікальною лінзою, через яку вивчаються події, структури й процеси, які відбуваються на землі або поблизу поверхні нашої планети [2].

В результаті аналізу географічної інформації отримують якісно нову інформацію й виявляють досі невідомі закономірності.

Геопросторовий аналіз – це динамічний процес роботи зі значними обсягами даних. Причому, не зважаючи на те, що аналіз називається геопросторовий, в основному опрацьовуються не геопросторові дані, а інша інформація, яка безпосередньо пов'язана з ними або має контекстне відношення до них. Тобто областю геопросторового аналізу є певна територія (акваторія або простір) та об'єкти або події (явища), які знаходяться або відбуваються на ній.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Визначальним фактором для складних прикладних задач, є використання даних з різних сфер знань для їх вирішення. Використання геопросторової інформації не є винятком. Безпосередньо сама геопросторова інформація не відноситься до окремої сфери знань, до якої можна віднести це поняття та методи роботи з нею. Але, будь яка сфера знань містить геопросторові дані, які їй притаманні або пов'язанні з інформацією цієї сфери.

Як правило, інформація накопичується та зберігається в інформаційних ресурсах, які в залежності від сфери знань мають власні особливості побудови, функціонування, умови і вимоги зберігання та надання даних. Звідси і виникає поняття різнірідні інформаційні ресурси.

Для початку геопросторового аналізу, аналітику необхідно підготувати певний обсяг інформації (статистичної, довідкової та іншої) та у ході його ведення виникає потреба у оперативній інформації та довідкових даних стосовно нових питань, які виникають у процесі аналізу. І чим ця інформація якісніша, повніша і оперативніша, тим краще і швидше результат.

Проблематикою цієї ситуації є те, що всі необхідні для геопросторового аналізу дані та пов'язану з ними інформацію, експерт не виробляє. Однак, всі ці дані йому потрібні постійно і як можна оперативніше. А вони виробляються та знаходяться на різноманітних інформаційних ресурсах, які відносяться до різних сфер знань.

Проблемними залишаються питання пошуку та збору необхідної геопросторових даних та пов'язаної з ними інформації з цих ресурсів та ведення на її основі геопросторового аналізу.

Основним фактором надійності роботи аналітика це – безперервне, або як найшвидше, забезпечення його необхідною інформацією.

Тому, враховуючи просторово-тематичну розподіленість потрібних для аналізу даних, вирішення цього питання можливо шляхом максимально можливої автоматизації процесів пошуку, збору та доведення потрібної інформації до експерта-аналітика з використанням трансдисциплінарного підходу [3-5].

Також, особливістю використання геопросторової інформації з різнірідних інформаційних ресурсів є те, що вона зберігається в неструктурованому або слабо структурованому вигляді. А той факт, що використання різнірідних інформаційних ресурсів при трансдисциплінарному підході виключає можливість та доцільність впливу на порядок зберігання та представлення в них даних, тому робота з даними, які представлені у такому вигляді, додає проблематики порушеного питання та підвищує актуальність його вирішення.

Беззаперечним рішенням щодо автоматизації зазначених процесів та побудови основи робочої платформи такого експерта-аналітика є – використання геоінформаційних систем [6, 7].

Виникає таке **актуальне наукове завдання** – визначення відповідної геоінформаційної системи, яка відповідає достатнім вимогам щодо пошуку, оброблення та використання геопросторових даних і пов'язаної з ними інформації з різнірідних інформаційних ресурсів, а також ведення трансдисциплінарного геопросторового аналізу, в процесі вирішення складних прикладних задач, які характеризуються високою міждисциплінарністю.

Фізично геоінформаційна система являє собою систему апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, яка створена для цифрової підтримки, поповнення, управління, маніпулювання, аналізу, математико-картографічного моделювання і образного відображення географічно координованих (визначених) даних [8, 9].

Ця інформаційна система даних, яка має засоби пошуку, збору, представлення, обробки, накопичення, збереження геопросторових даних та обміну ними між користувачами [10-13]. Спеціалізовані методи аналізу геопросторових даних у поєднанні із зазначеними даними складають основу технології таких систем.

ГІС на сьогодні є незамінним та найпотужнішим інструментом для підтримки управлінських рішень щодо просторових об'єктів.

Одним із основних результатів використання ГІС є створення спеціалізованих карт, які можна об'єднувати у різноманітні тематичні та територіальні збірники та набори.

Ця підтримка здійснюється шляхом забезпечення користувачів (органів управління, інформаційно-аналітичних та інших підрозділів тощо) необхідними геопросторовими даними, надання їм можливості обмінюватися цими даними та використовувати спеціалізовані геоінформаційні ресурси для збору та накопичення власної інформації, яку вони використовують при виконанні завдань за призначенням.

Сучасні ГІС мають різні рівні складності, від простих інформаційних систем до складних аналітичних з автоматизованими (автоматичними) алгоритмами підготовки (прийняття) рішень. Від рівня складності змінюється набір функцій, які може виконувати система, але, основне її призначення залишається незмінним – своєчасне надання потрібної інформації.

Саме ці два критерії – своєчасність надання інформації і її потрібність, є основними регуляторами створення архітектури ГІС, формування її інформаційного змісту, а також побудови алгоритмів збору та надання інформації споживачам.

До складу геоінформаційної системи повинні входити інструментарії роботи з базами даних для здійснення пошуку, вибору та зберігання даних [14]. Класифікована певним чином геопросторова інформація, структурується і зберігається в відповідних базах даних. ГІС постійно використовують власні бази даних.

Це пов'язано зі значними обсягами база даних навіть для невеликої території та певними відмінностями пошуку і вибірки інформації по атрибутах та місцю розташування. Крім дискретних даних геоінформаційна система обробляє й інформацію про безперервні події та явища, яка надається за допомогою растрів, матриць та різних моделей. Таким чином швидкість роботи і можливості системи залежать від підходів та способів зберігання різних типів даних.

Враховуючи це, використання власних форматів ГІС є нерідкою практикою щодо роботи з усіма типами інформації.

Набір алгоритмів і задач обробки геопросторових даних, який до складу програмного забезпечення входить, є аналітичним апаратом ГІС.

Призначення визначає склад аналітичного апарату.

Можливості ГІС та їх розширення забезпечує широкий набір розрахункових і аналітичних операцій. Однак, це у свою чергу призводить до ускладнення її інтерфейсу та впливає на складність роботи користувача, особливо новачка. Виходячи з цього, сучасні геоінформаційні системи, як правило, мають модульний склад.

Загальна (більш універсальна) частина операцій включається до базового складу системи, а інші (більш профільної спрямованості) додаються за потреби.

На сьогодні, значну частину всіх даних, з якими потрібно працювати організаціям і установам, становить інформація, що має певну ступень просторової прив'язки. Враховуючи це, набір функцій сучасних геоінформаційних систем значно розширився у порівнянні з звичайними системами, що обробляють власно геопросторові дані. дозволяють Окрім роботи з різними картами та атрибутами об'єктів на них, сучасні ГІС, можуть використовувати дані з різних типів документів (текстових, графічних, мультимедійних), які пов'язані з певними об'єктами, здійснювати складні запити до баз даних та перетворювати їх результати у карти, картограми чи діаграми, прив'язані до певних територій та багатовимірних операцій.

На сьогодні, у різних сферах діяльності, де використовується інформація, яку можна визначити у просторі або прив'язати до геопросторових даних, застосовуються ГІС.

Практично всі інструментальні ГІС мають функції від збору даних до її зберігання, оновлення і

представлення, тобто здійснювати комплексну обробку інформації.

Такі системи відносяться до класу повних та включають технології збору інформації, використовують максимальну кількість методів моделювання, автоматизованого проектування, а також вирішують ряд спеціальних, не типових, проектних задач.

Основною метою сучасних ГІС є отримання від геопросторових даних та їх взаємозв'язків значущих даних для розв'язання певних задач.

У світі це використовується як термін "Location Intelligence".

На сьогодні у світі є велика кількість програмних реалізацій ГІС [15-17]:

ГІС-платформи ArcGIS від компанії ESRI;

MapInfo від компанії MapInfo Corp;

лінійка програмних продуктів MGE, GeoMedia / GeoMedia Pro від компанії Integraph і AutoCAD Map, AutoCAD Civil, MapGuide від компанії Autodesk Inc;

CMaps Analytics від американської компанії Centigon Solutions;

пакет програмних продуктів MicroStation від компанії Bentley Systems;

Digital від української компанії GeoSystem.

Також можна виділити наступні менш популярні ГІС:

Smallworld GIS by Smallworld;

Maptitude by Caliper;

Map Business Online by MapBusinessOnline.com;

Rosmiman IWMS by Rosmiman Software Corporation.

AutoDesk CAD Overlay (компанія AutoDesk);

Geo (компанія Blue Marble Geographies);

ERDAS (компанія Leica GeoSystems);

ELT (компанія Paragon Imaging);

Geomatica (компанія PCI geomatics).

Лідерами [18] в цій сфері є комерційні компанії США:

Інститут досліджень систем навколишнього середовища (Environmental System Research Institute або ESRI Ltd.);

Integraph;

Autodesk Inc;

GE Network Solutions (підрозділ американської General Electric Company (власник відомої англійської ГІС-компанії Smallworld));

Mapping Information System Corporation.

Метою дослідження є вивчення та аналіз програмного забезпечення для побудови спеціалізованих геоінформаційних систем трансдисциплінарного використання слабо структурованих даних.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

вивчити та проаналізувати можливості окремих зразків програмного забезпечення для побудови спеціалізованих геоінформаційних систем;

визначити особливості розглянутих зразків програмного забезпечення щодо реалізації алгоритмів збору, систематизації, накопичення та візуалізації даних;

проаналізувати можливості сучасних геоінформаційних систем щодо реалізації механізмів інформаційного забезпечення геопросторового аналізу, особливо з використанням слабо структурованих даних.

Матеріали дослідження

1. Дослідження сучасних геоінформаційних систем та проблематики їх використання.

ГІС – на базі програмного забезпечення ArcGIS компанії ESRI [19].

Це професійна ГІС, яка призначена для аналізу і обробки великих масивів даних може здійснювати контроль топологічних взаємозв'язків та має потужний аналітичний функціонал [20].

Платформа ArcGIS складається із програмних додатків, які ув'язані у єдиний комплекс. Така побудова забезпечує роботу з необробленими даними за допомогою розширеного аналізу та вузькоспеціалізованих додатків. Надає можливість інтегрувати всі типи даних про території та застосувати складні аналітичні методи.

Результати оброблення та аналізу даних надаються у вигляді карт, діаграм і графіків. Обробка геопросторових даних включає в себе значну кількість інструментів для розв'язання як простих просторових задач: побудова буферів, операції з полігонами, комплексний регресійний аналіз і класифікація зображень, тощо, так і більш складних: моделювання і аналіз комплексних просторових відносин для розрахунку оптимального маршруту через транспортну сітку, прогнозування розповсюдження природних пожеж, аналіз і пошук закономірностей і розташування місць скоєння злочинів, прогнозування повені в наслідок зливи, тощо.

При обробці геопросторових даних за основу взято загальні принципи перетворення даних. Інструментарій дозволяє обробляти наступні набори даних: вектор, растр, таблиця, в результаті чого створюються нові набори даних. Особливістю є наявність спеціалізованих методів для аналізу тематичних наборів даних.

Наявність шаблонів та доопрацьовані можливості дозволяють створювати додатки без програмування.

Використання картографічних представлень забезпечує відобразити об'єкти незалежно від формату даних. В ArcGIS можливо зберігання координат з більш високою точністю.

У системі реалізовано значний обсяг функцій для візуалізації та аналізу даних, а також інших застосувань.

Однак арсенал інструментарію для роботи з растровим зображенням досить невеликий і представлений модулем Spatial Analyst, в основному операції з двома растрами. На сьогодні, ArcGIS забезпечує хмарне сховище та додатки для ПК, мобільних пристроїв та веб клієнт.

ArcGIS це ціла платформа для збору, візуалізації, аналізу і зручного зберігання та розповсюдження даних. У той же час, величезний обсяг різних можливостей та використання великої кількості до-

даткових модулів перетворює цю платформу на достатньо складне програмне забезпечення.

Платформа ArcGIS є оптимальним рішенням для побудови корпоративної ГІС, фундаменту інформаційної системи ефективного управління крупними державними і комерційними організаціями.

Підтримку загальноприйнятих стандартів, гнучкість пропонованих рішень, широкі можливості взаємодії забезпечує побудова ArcGIS, яка реалізована на основі стандартів комп'ютерної галузі. Фундаментальна архітектура ArcGIS забезпечує її використання у багатьох прикладних сферах і на різних рівнях організації роботи: на персональних комп'ютерах, на серверах, через Web, або у «польових» умовах [21].

Є можливості завантаження файлів, зв'язок із базами даних, стилізація і попередній перегляд карт, а також готувати карти і просторові дані до публікації та швидко їх публікувати. [22].

ГІС-проекти дозволяють поєднувати карти, фотозйомки, дані краудсорсингу, соціальні медіа ресурси та багато іншого [23].

ГІС – на базі програмного забезпечення MapInfo Professional. MapInfo Professional – географічна інформаційна система цифрового картографування, що надає користувачам широкі функціональні можливості з візуалізації і аналізу просторових даних. MapInfo забезпечує збір і зберігання картографічних даних в БД з урахуванням просторових властивостей і відносин об'єктів, а також їх редагування і обробка [21].

Сфери ГІС MapInfo має застосування у різних сферах діяльності.

Система MapInfo є затребуваною геоінформаційною системою, яку відрізняють багатофункціональність, простота освоєння і невисока вартість [24].

Система MapInfo дозволяє відображати різні дані, що мають просторову прив'язку. Вона відноситься до класу Desktop GIS.

Відмітна особливість MapInfo - універсальність. Система дає можливість створювати інтегровані геоінформаційні технології Intergraph і MapInfo різних операційних систем, геоінформаційні системи, цифрові картографічні системи, програмні і технічні засоби формування і аналізу геоінформаційних баз даних [25].

У систему закладені такі можливості: методи аналізу даних в реляційній базі даних; пошук географічних об'єктів; методи тематичного зафарбовування карт; методи створення і редагування легенд; підтримка широкого набору форматів даних; доступ до віддалених БД і розподілена обробка даних.

MapInfo дозволяє одержувати інформацію про місцеположення за адресою або ім'ям, знаходити перетини вулиць, меж, проводити автоматичне і інтерактивне геокодування, проставляти на карту об'єкти із бази даних.

Інформація може представлятися у вигляді таблиць, карт, діаграм, текстових довідок. Система дає можливість проводити спеціальний географічний аналіз і графічне редагування. Модулі системи

включають обробку даних геодезичних вимірювань, векторизацію і архівацію карт, схем, креслень, перетворення картографічних проєкцій, поєднання просторових даних.

Крім того, ГІС MapInfo Professional дозволяє збирати, зберігати, відображати, редагувати і обробляти картографічні дані, що зберігаються в базі даних, з урахуванням просторових відносин об'єктів.

В MapInfo можна відображати дані, одержані за допомогою GPS і інших електронних геодезичних приладів.

ГІС MapInfo має сумісність з форматами Oracle і DB2, Excel, Access, xBASE, Lotus і текстові, в яких окрім атрибутивної інформації можуть зберігатися координати точкових об'єктів;

При роботі програмного забезпечення можливо одночасно використання дані різних форматів. Вибірki з урахуванням просторових відносин об'єктів, здійснюються за допомогою вмонтованої мови запитів SQL з географічним розширенням. Причому сформовані запити можна зберігати у вигляді шаблонів для подальшого використання.

Пошук і нанесення об'єктів на карту MapInfo дозволяє за їх координатами, адресами або системами індексів.

Програмне забезпечення використовує сучасні методи взаємодії між Windows-додатками, що надає можливість інтегрування вікна карти в інші програми, які написані на різних мовах програмування.

ГІС – на базі програмного забезпечення *AutoCAD*. AutoCAD – провідна ГІС-платформа для створення картографічних даних і управління ними [26].

Об'єднуючи в собі риси САПР і ГІС, AutoCAD дозволяє працювати з основними форматами проєктних і ГІС-даних, надає можливість обробляти великі набори картографічних даних засобами AutoCAD, а також працювати з інструментами проєктування і функціонування ГІС в єдиному середовищі, що підвищує ефективність робочого процесу [21].

Високоточне програмне забезпечення для створення цифрових карт і здійснення геоінформаційного аналізу.

Містить всі необхідні засоби і ефективні функції для виготовлення картографічної основи і обробки географічної інформації.

Підтримує будь-які графічні формати, здійснює експорт даних у всі популярні програми обробки географічної інформації. Забезпечує миттєве отримання додаткових даних для геоінформаційного проєкту через мережу.

AutoCAD включає могутні засоби для формування запитів, зміни властивостей, просторового аналізу і відмінне управління друком документів.

ГІС – на базі програмного забезпечення компанії *Intergraph*. Програмний пакет MGE (Modular GIS Environment) є багатогалузевим модульним середовищем ГІС [27], що надає засоби створення і супроводу ГІС-проєктів, аналізу геопросторової інформації, виведення і відображення електронного картографічного матеріалу. На основі модулів MGE розробляються прикладні ГІС будь-якого ступеню склад-

ності, розраховані на одне чи декілька взаємозалежних робочих місць.

Серед усієї сукупності компонентів MGE три модулі є базовими, оскільки містять основні функції створення і супроводу ГІС-проєкту. Це такі:

MGE Basic Nucleus (програмне ядро системи),

MGE Basic Administrator (базовий адміністратор);

MGE Base Mapper (базовий картограф).

Для вирішення більшості завдань необхідні практично всі зазначені модулі. Залучення додаткових модулів залежить від більш вузької специфіки конкретного завдання.

Взаємодія системи з базою даних забезпечує модуль RIS – Relational Interface System, що входить у стандартне постачання базових продуктів MGE. MGE може працювати з такими відомими промисловими СУБД, як SYBASE, ORACLE, INFORMIX, INGRES, MS SQL, DB2 і т.п.

Основним модулем системи MGE є - MGE Basic Nucleus (MGNUC), що забезпечує взаємодію модулів між собою і з базою даних. Він виконує роль адміністратора проєкту, відповідає за його створення та зв'язок з базою даних. Організує взаємодію з іншими необхідними додатками. Контролює роботу функцій та створення архівних копій проєкту. А також цей створює єдину систему координат для карт проєкту.

MGNUC забезпечує інші програмні модулі широким набором функцій, а саме: формування запитів до бази даних, виведення результатів запитів, редагування атрибутики, перегляду і відображення семантичних і графічних даних. Функція формування запитів дозволяє здійснювати пошук записів бази даних за значенням одного або декількох атрибутів об'єкта, а також безпосередньо вказівкою графічного зображення об'єкта на карті. При формуванні запитів можуть використовуватися створені раніше SQL-запити, виділені області і групи об'єктів, а також просторові критерії запитів.

Як базовий графічний пакет у системі MGE використовується графічний редактор корпорації Bentley Systems – MicroStation різних версій. Усі графічні додатки MGE є програмними надбудовами над MicroStation, що являє собою могутній графічний редактор і має розвинуті засоби створення власних програмних додатків. Організаційною одиницею збереження даних є проєкт.

Основним форматом даних є векторні графічні файли формату DGN. До складу графічних об'єктів входять точкові, лінійні і полігональні об'єкти, а також їх різні комбінації. Використовуються різні графічні блоки, мультилінії, сплайнові лінії і поверхні.

ГІС – на базі програмного забезпечення компанії *GeoMedia*. Сімейство продуктів GeoMedia забезпечує високу технологічність усього циклу створення засобів, дозволяє в короткий термін створити систему кінцевого користувача і забезпечити її швидке впровадження. Однією із принципових властивостей продуктів сімейства GeoMedia є можливість використовуватися як універсальний ГІС-клієнт.

GeoMedia розрахована на ГІС-аналітиків і ГІС-глядачів, які синтезують нові дані, знання і рішення

на основі вже наявних даних. Ці дані зможуть бути використані для комплексного географічного аналізу і прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Використовуючи сервери даних, GeoMedia дозволяє підключатися до джерел, розташованих у різних географічних точках, і одночасно аналізувати дані різних типів і форматів.

Окрім ГІС-продуктів створених на іншому програмному забезпеченні працює з Oracle SDO, Microsoft, Access і деяких інших.

Продукт має різні функціональні можливості і дозволяє: перевіряти коректність введення даних, здійснювати запити до баз даних; проводити геопросторовий аналіз; створювати тематичні карти; створювати і компонувати легенди.

Аналітичний інструментарій в GeoMedia дозволяє перетворювати геометричні об'єкти у тематичні та здійснювати різні вибірки останніх. Також, завдяки можливостям визначення класів і об'єктів, здійснювати поповнення та розвиток даних та підтримання їх актуальності.

ГІС – на базі програмного забезпечення CMaps Analytics. CMaps Analytics (від американської компанії Centigon Solutions) [28] – система, що позиціонує себе, як зручний засіб візуалізації, на основі популярних та доступних електронних мап Google Maps. Основною метою продукту є створення доступного і простого Location Intelligence. Тобто використання багатопланових візуалізацій, на основі хронологічних, або різного типу даних для кращого сприйняття і подальшого аналізу. Система являє собою веб сервіс, з можливістю працювати з побудованими картами в інших системах, наприклад ArcGIS. Основної характеристикою програмного комплексу є велика кількість додатків та розширень для різних продуктів, залежно від потреб та зручний доступ через інтерфейс браузера будь де, де є інтернет з будь якого пристрою.

ГІС – на базі програмного забезпечення компанії Bentley Systems – MicroStation [29] – модульна система, яка складається з програмних продуктів, об'єднаних єдиним концептуальним підходом і інтегрованих з базовим програмним продуктом – MicroStation. MicroStation є багатифункціональним, високопродуктивним пакетом автоматизованого проектування (CAD, CAIP), який забезпечує функції креслення, візуалізації, аналізу, моделювання і керування базами даних. Пакет особливо корисний для груп розробників і користувачів, що працюють у мережному режимі.

MicroStation може забезпечити багато-користувальницький режим, незалежно від типів комп'ютерних платформ, на яких спільно працюють користувачі.

MicroStation – це комплексна система автоматизованого проектування на базі тривимірної графічної системи, архітектура якої дозволяє використовувати макроси і створювати нові додатки.

Графічними об'єктами, з якими працює програмне забезпечення, є точки, лінії і полігони, а також їх різні комбінації, а також використовуються різні графічні блоки, мультілінії, сплайнові лінії і поверхні.

На достатньо потужному функціональному рівні знаходяться геоінформаційні системи, які побудовані на відкритому програмному забезпеченні.

Відкрите програмне забезпечення (англ. open-source software) – програмне забезпечення з відкритим програмним кодом, тобто цей код може бути прочитаним або зміненим користувачем [30].

Особливостями відкритого програмного забезпечення є [31]:

- вільне розповсюдження,
- доступний вихідний код,
- дозвіл на модифікацію або зміну вихідного коду.

Умовно всі відкриті ГІС також можна розділити на три основні класи: настільні (інсталиються на комп'ютер), веб (працюють через web-браузер), просторові бази даних (у них містяться геопросторові дані).

Зосередимо увагу на настільних відкритих ГІС. Перелік доступних для використання у світі відкритих настільних ГІС переважає 350 рішень, а до найбільш поширених у світі можна віднести: QGIS, GRASS GIS, Whitebox geospatial analysis tools (Whitebox GAT), Saga GIS, gvSiG, ILWIS, uDIG, MapWindow GIS (за версією Monde Geospatial, [32]).

Quantum GIS. Для більш типових задач ГІС достатньо використовувати Quantum GIS – в систему з відкритим вихідним кодом, для якого компанією розроблено спеціальний плагін (розширення). Quantum GIS [33] – графічна інформаційна система з відкритим кодом, що розповсюджується під GNU General Public License.

Це проєкт Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) який працює на Linux, Unix, Mac OSX, Windows, Android, підтримує велику кількість векторних та растрових форматів, баз даних, та має широкі можливості аналізу та представлення геопросторових даних.

Велика кількість інструментів і налаштувань робить QGIS багатифункціональним рішенням для розв'язання широкого спектру задач. Основне призначення - робота з растровими та векторними шарами, базами даних, та різними типами даних, однак є і певний інструментарій для аналізу растрового зображення.

Система підтримує можливість додавання модулів (плагінів) для розширення функціональності, таким чином можна використовувати програму як графічну оболонку з широкими можливостями інтеграції для реалізації необхідних перетворень. Основні можливості: перегляд даних, накладання один на одного векторних і растрових даних в різних форматах і проєкціях без перетворення у внутрішній, або загальний формат; дослідження даних і створення мап; керування даними: створення, редагування і експорт; аналіз просторових даних на просторових базах даних та інших форматах, що підтримуються системою. Це включає в себе: векторний аналіз, відбір, геообробка, геометрія і управління базами даних і не тільки

GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System) – універсальна, багатифункціональ-

ною геоінформаційна система, яка має функції управління просторово-координованими даними та побудова за модульним принципом.

Для управління графічною векторною інформацією з функціями мережевого топологічного аналізу даних в GRASS реалізовано 2D/3D топологічне ядро. Система управління базами даних здійснює управління атрибутивними даними.

Модульна архітектура дозволяє написання власних модулів для вирішення прикладних завдань і включення їх в систему.

Модуль операції над растровими даними, а також модулі просторового моделювання і 3D візуалізації, дозволяють вирішувати достатньо широкий круг завдань.

Крім, того додатки і інструменти дозволяють: відображати карти і різні зображення на моніторі та папері;

маніпулювати растром, вектором, і даними сайтів;

обробляти мультиспектральні дані зображення; створювати, управляти, і запам'ятовувати просторові дані;

просторовий аналіз;

візуалізацію даних;

створення імітаційних моделей.

DIVA-GIS – ще одна система з відкритим кодом [34]. Основною ціллю розробки є створення вільно розповсюдженної системи для вивчення розподілу біорізноманіття. Програма зосереджена на роботі з зібраними даними, проте методи обробки зображення відсутні.

Присутні можливості роботи з шарами, популярними форматами геоданих, побудови гістограми, регресії, моделювання та інше [35].

Leaflet – не являється ГІС в повній мірі і представляє собою бібліотеку з відкритим вихідним кодом, призначену для відображення карт на веб-сайтах [36]. Бібліотека підтримує більшість мобільних і стаціонарних платформ.

Leaflet є одною з найбільш популярних відкритих бібліотек, підтримує Web Map Service (WMS), GeoJSON, векторні і растрові шари і може, зокрема, працювати серверними програмним забезпеченням ArcGIS.

Відкрите програмне забезпечення має можливість створити ГІС з функціоналом, якій не буде поступатися тому, що створений комерційним. Наявність у вільному доступі нових версій відкритих ГІС-програм свідчить про те що вони постійно оновлюються та розвиваються.

Відкритим ГІС також характерна багаторівнева модульна структура.

Крім невисоких вимог до апаратного технічного забезпечення більшість відкритих ГІС мають можливість роботи під різними операційними системами. За необхідністю автоматизації певних процесів роботи з геопросторовими даними та створення нових функціональних інструментів, розглянуті відкриті ГІС дозволяють написання додаткових програмних модулів, на більшості доступних мовах програмування.

Робота із геопросторовими базами даних забезпечує функції читання та запису (редагування) географічних та просторових даних, а також часових характеристик і атрибутів.

Типовими недоліками відкритих ГІС є:

складність опрацювання надвеликих масивів даних,

необхідність введення атрибутивних даних латиницею (через відсутність розпізнавання кирилических символів у системах),

умовно-обмежена функціональність,

однак вони істотно не впливають на результативність використання цих програм в аналітичному процесі.

Неможливо залишити поза увагою наявність достатнього розмаїття онлайн-сервісів потужних Web-картографічних або ГІС-порталів (ArcGIS Online, Google Earth, Google Maps, Wikimapia, Bing Maps, MapQuest, Yahoo! Maps, MultiMap.com тощо) [37-40].

Подібні Web-сервіси, окрім базових функцій ГІС містять різноманітні геопросторові дані по певним територіям.

За допомогою цих сервісів можливий пошук різноманітних об'єктів: населені пункти (за назвою), адреси (за найменуванням вулиці і номером будинку), фірми (за назвою, виду діяльності, телефоном) і ін. [41]. В деяких сервісах реалізовано функції підбору маршруту.

Однак на багатьох сервісах зазвичай є певні обмеження, які обумовлюються межами конкретних країн, набор наявних даних їх деталізацією та доступністю тощо.

На сьогодні, всі розробки програмного забезпечення з реалізації ГІС-технологій спрямовані на підвищення ефективності вирішення різноманітних завдань з використанням геопросторових даних.

2. Аналіз сучасних геоінформаційних систем щодо реалізації механізмів інформаційного забезпечення геопросторового аналізу. Сучасні геоінформаційні системи тісно пов'язані з іншими інформаційними системами та успішно використовують їхні інформаційні ресурси для ведення аналізу.

Сьогодні ГІС-технології є потужним інструментом роботи з інформацією.

Їх використання дозволяє вирішувати завдання різної складності від простих операцій накопичення та зберігання даних до прикладних аналітичних розрахунків.

Практичні реалізації цих технологій розробляються у сучасних загальноприйнятих стандартах, тому їх використання можливо у всіх сферах діяльності.

Сумісність ГІС з великою кількістю програмного забезпечення, забезпечує їх популярність їх використання та інтеграції у різноманітні інформаційні системи.

Відмінними особливостями геоінформаційних систем є чітка прив'язка інформації та її просторове представлення.

Порівняння ГІС було здійснено за такими основними критеріями:

робота з неструктурованими або слабоструктурованими даними, які знаходяться в різноманітних інформаційних ресурсах, без переміщення змісту цих ресурсів до баз даних самої ГІС;

тематична (критеріальна систематизація) знайденої інформації;

наявність веб-орієнтованих засобів її представлення.

Важливим критерієм є можливість роботи з різними форматами геопросторових даних та пов'язаної з ними інформації.

Всі інші критерії є другорядними.

Висновки

Дослідження проблем, пов'язаних з організацією ефективного інформаційного забезпечення геопросторового аналізу міждисциплінарних інформаційних ресурсів показує, що існує необхідність розробки нових методів та засобів управління інформацією для забезпечення доступу до знань, їх об'єднання та формування нових знань. Це питання набуває найбільшої актуальності коли необхідно знайти негеопросторові дані, а саме пов'язану з ними інформацію, які знаходяться в різних інформаційних ресурсах. А якщо інформація в цих ресурсах викладена та зберігається у неструктурованому або слабо структурованому вигляді, то проблематика значно загострюється.

Сучасні, системи ведення геопросторового аналізу так, як і системи прийняття рішення у цілому, неможливо уявити без всебічного та різноматематичного інформаційного забезпечення. Крім того, тенденції щодо інформаційної комунікабельності інформаційно-аналітичних систем та відкритості архітектури вже підтвердили свою необхідність та ефективність. Таким чином, реалізація можливості ведення трансдисциплінарного геопросторового аналізу у системах прийняття рішення, є одним з найважливіших завдань для розробників таких систем.

Проведений аналіз підходів до побудови геоінформаційних систем показав, що існуючі рішення не дозволяють здійснювати пошук, збір та тематичну систематизацію потрібних, а особливо негеопросторових даних, які знаходяться у різноманітних інформаційних ресурсах та викладені у неструктурованому вигляді.

Тому розв'язання задачі забезпечення інформаційного забезпечення геопросторового аналізу полягає в інтеграції або поєднання міждисциплінарного інформаційного середовища з геоінформаційною системою та в необхідності розробки засобів забезпечення загального трансдисциплінарного онтологічного представлення семантики [42], що забезпечить можливості зберігання, обробки та доступу до його різноманітних об'єктів та інформаційних одиниць.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Митчелл Енди. Руководство по ГИС Аналізу. Часть 1 : Пространственные модели и взаимосвязи / Энди Митчелл ; пер. с англ. – К., ЗАО ЕСОММ Со ; Стило, 2000. – 198 с.
2. Ішук О. О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС : Навч. посібник / О. О. Ішук, М. М. Коржнев, О. Е. Кошляков; за ред. акад. Д. М. Гродзинського. – К. : Вид.-поліграфічний центр "Київський університет", 2003. – 200 с.
3. Stryzhak O., Prychodniuk V., Podlipaiev V. (2019) Model of Transdisciplinary Representation of GEOspatial Information. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technologies. UKRMICO 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 560. Springer, Cham - p.34-72.
4. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.13.06 / Стрижак Олександр Євгенійович ; Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – Київ, 2014. – 47 с.
5. Приходнюк В. В., Технологічні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації [Текст]: автореф. дис. ... к-та техн. наук : 05.13.06 / Приходнюк В. В. ; Нац. акад. наук України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. Київ, 2017. - 20 с.
6. Подліпаєв В.О. Базовий набір типових геоінформаційних ресурсів для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу / В.О. Подліпаєв // "Системи управління, навігації та зв'язку" – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2019. – Вип. 2 (54). с. 12-37.
7. Подліпаєв В.О. Концепція побудови системи трансдисциплінарного інформаційного забезпечення геопросторового аналізу з компонентною архітектурою / В.О. Подліпаєв // "Системи управління, навігації та зв'язку" – Полтава.: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2019. – Вип. 3(55) С. 135-142.
8. Проект закону України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних".
9. "Воєнна розвідка. Геопросторова розвідка. Терміни та визначення", Військовий стандарт 01.101.007 Видання 1, ВСТ 01.101.007-2017(01).
10. Варламов А. А., Гальченко С. А. Земельный кадастр. Т6. Географические и земельные информационные системы. М. : Колос, 2006. 400 с.
11. Світличний О. О., Злотницький С. В. Основи геоінформатики: Навч. пос. Суми: Університетська книга, 2006. 295 с.
12. Стрижак О. Є., Горбуров В. В., Франчук О. В., Попова М. А. Онтологія задачі вибору та її застосування при аналізі лімнологічних систем. Екологічна безпека та природокористування : Збірник наукових праць / редкол. : О. С. Волошкіна, О. М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. Київ : Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури, НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору., 2014. С. 172–183.
13. Тикунов В. И. Геоинформатика. Академический учебник. М. : Академия, 2006. 540 с.
14. Геоінформаційні системи, <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gis>
15. Курочкін В. М. Аналіз та перспективи розвитку сучасних геоінформаційних рішень для оптимізації ведення сільськогосподарства Проблеми інформатизації та управління, 4(52) 2015 75
16. Методи та моделі розроблення комп'ютерних систем і мереж. Монографія / [В.С. Пономаренко, С.В. Мінухін, С. В. Кавун, та ін.]; Заг. редакція докт. екон. наук, професора Пономаренко В.С. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. – 316 с.

17. Каталог програмного забезпечення <http://www.geoguide.com.ua/software/software.php>
18. Top GIS Software Products: <http://www.capterra.com/gis-software/>
19. Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Platform. URL: <https://www.esri.com/en-us/home>.
20. Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии. М. : Финансы и статистика, 1998. 286 с.
21. Обзор программных продуктов ГИС <http://alkalinina.wordpress.com/2011/01/14/обзор-программных-продуктов-гис/>
22. Что такое ГИС-технологии <http://www.ssa.ru/articles/entry/4397BC65D>.
23. Esri Trend Analysis: 2009/2014 [PDF] <http://www.esri.com/library/index.html>.
24. Сферы применения ГИС MapInfo <http://goods.marketgid.com/goods/249/1900528/>
25. Web-сайт корпорации MapInfo. <http://www.mapinfo.com/>.
26. Руководство по Autodesk Civil 2008 Web-сайт Autodesk, www.autodesk.com.
27. Intergraph Corporation | Process, Power and Marine | Hexagon Safety & Infrastructure. URL: <http://www.intergraph.com>.
28. Centigon Solutions CMaps Analytics, <http://cmapsanalytics.com/>
29. MicroStation - ПО САПР для разработки в 3D архитектурных и инженерных проектов. URL: <https://www.bentley.com/ru/products/brands/microstation>.
30. Open-Source Software (OSS), 2018. <https://www.techopedia.com/definition/5602/open-source-software-oss>. Accessed on: August 03, 2018 (in English).
31. Зінов'єва Ірина Сергіївна, Використання відкритих геоінформаційних систем у підготовці фахівців з комп'ютерних наук ISSN: 2076-8184. Інформаційні технології і засоби навчання, 2018, Том 68, №6
32. V.P. Mateichyk, H.O. Vaihanh, та K.V. Rymaruk. «Prior to the selection of GIS programs for visualizing the level of pollution of highways», *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*, № 27, s. 125-130, 2013 (in Ukrainian).
33. QGIS The Leading Open Source Desktop GIS <http://www.qgis.org/>
34. Hijmans R. DIVA-GIS, <http://www.diva-gis.org/about>
35. Hijmans R. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS // R.J. Hijmans, L. Guarino, M. Cruz, E. Rojas [Електронний ресурс] - International Potato Center, Lima, Peru – 2001, http://www.divagis.org/docs/pgr127_15-19.pdf
36. Leaflet – an open-source JavaScript library for interactive maps. URL: <http://leafletjs.com>.
37. Павленко Л. А. Геоінформаційні системи : навчальний посібник / Л. А. Павленко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 260 с.
38. Свиридов А. С., Коваленко А. А., Кучук Г. А. Метод перерозподілу пропускну здатності критичної ділянки мережі на основі удосконалення ON/OFF-моделі трафіку. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 2. С. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.24>
39. Коваленко А. А., Кучук Г. А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 1. С. 22–27. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>
40. Кучук, Г.А. Синтез стратифікованої інформаційної структури інтеграційної компоненти гетерогенної складової Єдиної АСУ Збройними Силами України / Г.А. Кучук, О.П. Давікоза // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал*. – Х.: ХУ ПС, 2013. – № 3(12). – С. 154-158.
41. Обзор онлайн-картографических сервисов , http://www.3dnews.ru/software/online_maps_review 6.
42. Стрижак А. Е. Онтологические аспекты трансдисциплинарной интеграции информационных ресурсов / А. Е. Стрижак // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*. – 2014. – № 65. – С. 211-223.

Received (Надійшла) 21.05.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 12.08.2020

Research on the possibilities of modern software about creation of geoinformation systems of transdisciplinary use of poorly structured data

V. Podlipaiev

Abstract. The **subject matter** of the article is existing software for conducting geospatial analysis and providing geoinformation support for decision making. The **goal** is to study and analyze software for the construction of specialized geoinformation systems for the transdisciplinary use of poorly structured data. Objective: To study and analyze the capabilities of individual software samples for the construction of specialized geoinformation systems, their peculiarities for the implementation of algorithms for data collection, systematization, accumulation and visualization, and the feasibility of implementing mechanisms of geospatial analysis information support, especially using poorly structured data. The **methods** used are: statistical analysis methods, optimization methods, modeling methods, methods for constructing complex systems. The following **results** were obtained. The pressing issue is the use of geoinformation systems to work with geospatial data and related information stored in various information resources in poorly structured form. This article presents the results of studying and analyzing the capabilities of individual software samples that can be further used in the creation of geoinformation systems for geospatial analysis and providing geoinformation support for decision making using such types of data. **Conclusions.** Modern systems of geospatial analysis cannot be imagined without comprehensive and differently thematic information support. The analysis of approaches to the construction of geoinformation systems has shown that the existing solutions do not allow searching, collecting and thematic systematization of the necessary, especially non-spatial data, which are in heterogeneous information resources and presented in an unstructured form. Therefore, the solution to the problem of providing information support for geospatial analysis is to integrate or combine an interdisciplinary information environment with a geoinformation system and the need to develop a means of providing a general transdisciplinary ontological representation of semantics that will provide opportunities for storage, processing and access to its heterogeneous objects. units.

Keywords: geospatial analysis, geoinformation system, geoinformation support, decision making, specialized software, management of spatial and distributed information.