
ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Стахів І. Р., Зацерковний В. І., Ворох В. В.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-596-9-1>

ВСТУП

Історія людства нерозривно пов'язана з простором і часом, що постійно розгортаються. З найдавніших часів людина прагнула зафіксувати помітні події, явища та об'єкти історичного процесу, використовуючи для цього як усні та письмові джерела, так і схематичні картографічні зображення. Це дозволяло відображати цікаві відомості про природу, характер місцевості, її флору та фауну, залишаючи про них письмові та картографічні свідчення.

Хоча достеменний час народження геоінформаційних систем (ГІС) залишається невідомим, найдавніше та найпростіше використання геоінформаційних технологій (ГІТ) було відоме ще первісній людині. Свідченням цього є малюнки кроманьйонців у печері Ласко (Франція), вік яких перевищує 15 000 років. На цих малюнках зображені тварини, на яких полювали кроманьйонці, площі мисливських угідь, сліди тварин та шляхи їх міграції. Цей приклад, хоча й доволі простий, демонструє раннє пов'язування зображення з атрибутами інформації, що вражає, враховуючи вік зображення.

Прикладом інтуїтивного застосування ГІТ є робота англійського лікаря Джона Сноу у вересні 1854 року. Він використав карту місць летальних наслідків холери, накладену на карту центральної частини Лондона, щоб виявити джерело епідемії – заражену водну колонку. Це була чудова ілюстрація картографування просторових (місце) і часових (період часу) взаємозв'язків між об'єктами, такими як колонки водопостачання та житлові будинки, і подіями, як смерті та забір води.

Однак дійсний розвиток та використання ГІС і ГІТ розпочалися у 60-х роках ХХ століття. Це було зумовлено накопиченням значного топографічного досвіду та тематичного картографування, успішними спробами автоматизації картоскладального процесу, а також революційними досягненнями в галузі комп'ютерних технологій, інформатики та комп'ютерної графіки. Особливо важливе значення мали ідеї та досвід комплексного тематичного картографування, які

переконливо продемонстрували ефективність системного використання різнохарактерних даних для отримання нових знань про географічні об'єкти. Саме комплексність та інтегративність ГІС залишаються найважливішою властивістю, що приваблює користувачів на сучасному етапі.

На сучасному етапі веб-геотехнології міцно займають свою нішу в ГІТ. В глобальній мережі функціонує величезна кількість ресурсів, орієнтованих на подання та використання картографічної інформації, матеріалів дистанційного зондування та інших видів просторових даних. Міжнародні організації, такі як Комітет ISO з геоінформації та геоматики, Відкритий консорціум геопросторових даних (OGC) та Єврокомісія в рамках розвитку Інфраструктури просторової інформації Євросоюзу (INSPIRE), розробляють міжнародні стандарти у цій галузі. Величезна популярність картографічних веб-сервісів зумовлена їхньою доступністю для користувачів без спеціальної підготовки та можливістю встановлення легких картографічних клієнтів на мобільні пристрої. Створення інфраструктур просторових даних та поява якісних мережевих сервісів також сприяють зростанню популярності ГІС.

1. Передумови виникнення ГІС

Історія людства завжди розгортається не тільки у часі, а й у просторі. Всі помітні події, явища й об'єкти історичного процесу людина завжди прагнула закарбувати не тільки спочатку в усних, а потім у письмових джерелах, а й на схематичних картографічних зображеннях. Усі цікаві відомості про природу, характер тієї чи іншої місцевості, її флору та фауну людини прагнули відобразити, залишаючи про них письмові та картографічні свідчення.

Достеменний час народження ГІС навряд чи буде колись достовірно відомим. Але перше, найстародавніше і найпростіше використання ГІТ було знане ще первісній людині. Доказом цього слугують малюнки, знайдені на стінах кроманьйонців у печері Ласко (Франція) (рис. 1), вік яких перевищує 15000 років.

На малюнках цієї печери зображені тварини, на яких полювали кроманьйонці, площі мисливських угідь, сліди тварин та шляхи їх міграції.

Наведений приклад використання ГІТ, безумовно, є доволі простим – малюнки свідчать тільки про пов'язування зображення з атрибутами інформації, але враховуючи вік зображення, це вражає.



Рис. 1. Малюнки кроманьйонців – найстародавніше використання ГІТ

У вересні 1854 р. англійський лікар Джон Сноу (рис. 2. а) використав карту місць летальних наслідків холери, накладену на карту центральної частини Лондона (рис. 2. б) для пошуку джерела епідемії, яким виявилася заражена водна колонка¹ (рис. 2. в).

Це чудова ілюстрація картографування просторових (місце) і часових (період часу) взаємозв'язків між об'єктами, у даному випадку колонками водопостачання і житловими будинками, і подіями: смертями і забором води.

Однак це були лише окремі інтуїтивні застосування ГІТ. Дійсний розвиток та використання ГІС і ГІТ почалися в 60-х рр. ХХ ст., що було зумовлене накопиченням великого топографічного досвіду й тематичного картографування, успішними спробами автоматизації картоскладального процесу, а також революційними досягненнями в галузі комп'ютерних технологій, інформатики і комп'ютерної графіки.

¹ The NCGIA Core Curriculum in GIScience [Електронний ресурс] / М. F. Goodchild, К. К. Kemp, eds. – NCGIA University of California, Santa Barbara CA., 2000. – Режим доступу: <http://www.ncgia.ucsb.edu/>



Рис. 2. Застосування просторового аналізу Джоном Сноу (John Snow): а – лікар Джон Сноу; б – карта центральної частини Лондона (Сохо, Брод-стріт, зараз Бродвік-стріт) з позначеннями місць летальних наслідків холери; в – водна колонка – джерело виникнення епідемії; г – меморіал Д. Сноу

Особливо потрібно відзначити ідеї і досвід комплексного тематичного картографування, який переконливо продемонстрував ефект системного використання різнохарактерних даних для отримання нових знань про географічні об'єкти. Саме комплексність та інтегративність ГІС і на сучасному етапі залишаються найважливішою властивістю, яка приваблює користувачів.

2. Етапи розвитку ГІС

В історії розвитку ГІС виділяють, з деякою умовністю, чотири етапи².

І етап (кінець 50-х – кінець 70-х років ХХ ст., піонерський період) пов'язаний, у основному, з відкриттям на Заході доступу до ЕОМ не тільки математикам і системним програмістам, а й фахівцям з інших галузей. У цей час з'являються нові більш продуктивні ЕОМ, плотери, графічні дисплеї та різне периферійне обладнання.

Теоретичні дослідження в галузі географії і просторових даних, упровадження кількісних методів аналізу інформації сприяли появі нового підкласу інформаційних систем, які отримали назву *геоінформаційних*.

На цьому етапі відбувалися дослідження принципових можливостей ГІС та можливостей суміжних галузей знань і технологій, напрацювання емпіричного досвіду, перші великі проекти та теоретичні роботи. Проте

² Кліменко І. В. Технології електронного урядування : навч. посіб. / І. В. Кліменко, К. О. Линьов. – К. : ДУС, 2006. – 225 с

доволі часто грандіозні ідеї терпіли фіаско через нестачу комп'ютерних потужностей.

У 50–60-х рр. XX ст. в картографічному аналізі відбуваються зміни, зумовлені, передусім, появою й удосконаленням графічних апаратних засобів, а також розвитком теорії просторових процесів у економічній і соціальній географії, антропології і краєзнавстві. Треба також відзначити зростаючий інтерес учених до екологічних проблем, характерний для цього періоду, який також стимулював розвиток просторового аналізу.

Як приклад нового підходу до картографічного аналізу, можна навести розроблені в США комплексні транспортні плани Детройта та Чикаго (50–60-ті рр. XX ст.), у яких була узагальнена інформація про рух транспорту, маршрути, кінцеві та вихідні станції, тривалість перебування в дорозі. Як наслідок, було створено карти транспортних потоків і обсягів перевезень.

Велике значення для цього періоду мали теоретичні праці в галузі географії і просторових взаємозв'язків, а також становлення комп'ютерних методів просторового аналізу растрових зображень й автоматизованого картографування з використанням плотерів у географії в США, Канаді, Великій Британії, Швеції (праці В. Гаррісона (William Garrison), Т. Хагерстранда (Torsten Hagerstrand), Г. Маккарті (Harold McCarty), Я. МакХарга (Ian McNarg)).

ГІС Канади. Проте першим і, безумовно, великим успіхом становлення геоінформатики і ГІС стали розробки та створення у 60-х рр. XX ст. Географічної інформаційної системи Канади³. Ця ГІС була побудована на базі перших великих ЕОМ і пакетної системи обробки даних.

"Батьком" ГІС Канади вважається британський географ Роджер Томлінсон (рис. 2.9), під керівництвом якого було розроблено та реалізовано багато концептуальних і технологічних рішень, який спромігся переконати уряд Канади в необхідності створення CGIS. Саме він запровадив термін *"географічні інформаційні системи"*.

Призначення ГІС Канади (CGIS) полягало в аналізі чисельних даних, накопичених канадською службою земельного обліку⁴ і в отриманні статистичних даних про земельні ділянки, які використовувалися при розробці планів землевпорядкування величезних площ переважно сільськогосподарського призначення.

З цією метою необхідно було створити класифікацію використання земель, використовуючи дані про сільськогосподарську, рекреаційну,

³ Canada Geographic Information System, CGIS – <https://www.esri.com/news/arcnews/fall12/articles/origins-of-the-canada-geographic-information-system.html>

⁴ Canada Land Inventory – <https://sis.agr.gc.ca/cansis/nsdb/cli/index.html>

екологічну, лісогосподарську придатність земель, відобразити сформовану структуру використання земель, включаючи землекористувачів і землевласників.

Істотний вплив на розвиток ГІС зробила Гарвардська лабораторія комп'ютерної графіки, яка в 1968 р. була перейменована у лабораторію комп'ютерної графіки та просторового аналізу⁵.

Лабораторія була створена за підтримки гранту Форда (294 000 дол. США) та різних невеликих внесків з вищої школи дизайну 12 жовтня 1965 р.

Заснував лабораторію 62-річний Говард Фішер (рис. 2.13) з метою розробки програмних засобів багатофункціонального комп'ютерного картографування, які стали значним кроком у алгоритмічному вдосконаленні ГІС і використовувалися до початку 80-х рр. XX ст.

Крім Фішера в лабораторії працювала група яскравих, енергійних і експериментально мислячих людей, зокрема міський планувальник Аллан Шмідт (Allan Schmidt), інженер і економіст Петер Роджерс (Peter Rogers), Карл Штейнц (Carl Steinitz), архітектор Ален Берхгольц (Allen Bernholtz) та інші.

Дослідження в лабораторії проводилось у двох напрямках. Першим було дослідження можливості аналізу та комп'ютерного графічного подання в просторі і часі розподілених даних. Результатом цих досліджень стало створення першого та найвідомішого в світі програмного пакету SYMAP⁶ – системи багатоцільового картографування, яка реалізувала функції побудови картограм, карт ізольній і трендових поверхонь у 1964 р.

Фрагменти перших карт, створених програмним пакетом SYMAP, представлені на рис. 3.

Хоча функціональні можливості SYMAP були доволі обмеженими (виведення результатів на рядково-друкуючий пристрій), це була перша наочна демонстрація можливості машинного картографування.

Розробка SYMAP викликала величезний інтерес фахівців до раніше невідомих технологій.

⁵ Harvard Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis – <https://www.gsd.harvard.edu/2024/11/a-new-way-of-seeing-the-laboratory-for-computer-graphics-and-spatial-analysis/>

⁶Synagraphic Mapping System – https://trakkasystems.com/trakkamaps/?utm_source=mv&utm_medium=search&utm_campaign=intent&customer_id=546-629-9909&gad_source=1&gad_campaignid=21118877428&gbraid=0AAAAAood8-LXZzDwwBquJaqt3EZzvcMO&gclid=CjwKCAjwo4rCBhAbEiwAxlJCTFTwaYXrfeXCM8QL0JmmJlRkUeIaRyoUppyBn0GLOblR4x2eu_3xoCGTYQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds



Рис. 3. Галерея перших карт, створених програмним пакетом SYMAP

SYMAP використовувалась у США понад 10 років у масштабних дослідженнях в галузі охорони здоров'я та демографічних проблем, а також при розв'язку завдань міського планування.

На внесення змін до карти, що раніше займало тижні, з впровадженням комп'ютерного картографування тепер затрачувалися хвилини.

Інше програмне забезпечення Гарвардської лабораторії: GRID – для роботи з растровими комітками; CALFORM – програми виведення картографічного зображення на плотер; ODYSSEY – попередник відомого ARC/INFO, – досить широко застосовувалось у світі та допомогло створити базу для розвитку багатьох геоінформаційних додатків.

Свого часу американський архітектор Ф. Харт запропонував різного роду дані поміщати на кальці. За допомогою підсвічування з'явилась можливість суміщати дані за допомогою підсвічування, які зберігались на декількох аркушах кальки. Цю ідею Ф. Харт розвинув Говард Фішер, запропонувавши для суміщення зображень використовувати комп'ютер. Так, починаючи з 1977 р., ця ідея стала широко застосовуватись у ГІС під назвою *оверлейний аналіз*.

Наприкінці 60-х рр. XX ст. у державних структурах США сформувалося переконання необхідності використання ГІТ для обробки й подання даних національних переписів населення (US Census Data). Для цього потрібна була методика, яка б забезпечувала коректну географічну "прив'язку" даних перепису. Основною проблемою стала необхідність конвертування адрес проживання населення, в анкетах перепису в географічні координати таким чином, щоб результати перепису можна було б оформлювати у вигляді карт територіальних ділянок і зон національного перепису.

Бюро розробило формат GBF-DIME⁷. Історія GBF-DIME почалася у лютому 1967 р., коли Бюро перепису США зайнялось експериментами з комп'ютерного картографування. Програмісти Бюро боролися з неефективністю і надлишковістю інформації при конвертуванні паперових карт у цифрові. Проблема полягала в тому, що кожне перетинання вулиць (а в містах США часто зустрічається решітчаста система, коли вулиці утворюють сітку з вулиць (street) та авеню (avenue)), вводилось рівно вісім разів.

Роботи Лундської школи. Засновником і визнаним лідером Лундської школи є шведський географ Торстен Хегерstrand. Школа розвивається на основі конкретизації та розробки його ідей.

Основні положення, що стали базою формування школи, викладені Хегерstrandом на початку 1950-х і в 1960-ті роки. Учений досліджував процес дифузії нововведень. У своїй праці "Дифузія інновацій як географічний процес"⁸ виділив "життєвий цикл" товарів та теоретично обґрунтував поширення нововведень у просторі. Автор запропонував заходи територіальної організації економічного простору: найбільш сприятливим місцем для інновацій вважав науково-виробничі комплекси у великих містах, а диверсифікованого виробництва – в регіонах. Дослідником зроблено висновок, що для поширення суспільних процесів у просторі ключовим є не фактор відстані, а тіснота зв'язків між суб'єктами.

Ця проблема займала західних географів і раніше, але Хегерstrand застосував для цієї мети математичні методи, що дозволило отримати чіткі й оригінальні результати. Він вивчив процес дифузії нововведень як хвильове явище.

Подібний підхід виявився плідним і для багатьох інших проблем, які стали досліджуватися з позицій їх просторово-часової динаміки.

Заслугою Т. Хегерstrandа є і те, що він уперше, ґрунтуючись на емпіричних даних, описав вплив сусідства на просторову дифузію нововведень. Сприйняття нововведень розглядалося з урахуванням психологічних особливостей людей; показано опір прийняттю нововведень; дано математичну модель дифузії; показані можливості визначення надмірності й недостатності контактів людей з просторово-часовою точкою зору.

Важливим етапом еволюції наукової школи стало створення в Лунді дослідницької групи з проекту "Використання часу та екологічна організація". В її рамках Хегерstrand зі своїми колегами Б. Ленторпом,

⁷ Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding – <https://www.icpsr.umich.edu/web/ICPSR/studies/8378>

⁸ Hagerstrand T. Innovation diffusion as a spatial process / T. Hagerstrand. – Chicago: University of Chicago Press, 1968

С. Мартенсоном, П. Карлстейном та іншими фахівцями провів низку систематичних досліджень⁹.

Результати більшості цих досліджень найбільш систематично викладені А. Предом¹⁰.

Важливе значення для формування школи мало те, що Хегерстранд і його послідовники створили англomовний журнал "Lund Studies in Geography. Human Geography", в якому могли оперативнo і доступнo для більшості вчених світу мовою публікувати свої наукові результати.

Принциповими положеннями Лундської школи можна вважати прагнення її прихильників розглядати простір і час у нерозривнoму зв'язку при дослідженні буденної поведінки людини. Важлива і сама орієнтація на дослідження людини в її повсякденній, буденній діяльності.

1. У середині 70-х рр. XX ст. в США з'являється перша інформаційна система, орієнтована на розв'язання задач управління ресурсами навколишнього середовища – ORMIS (Oak Ridge Regional Modeling Information System). Система була створена для інформаційного забезпечення задач регіонального природоохоронного планування в штаті Теннессі (США)¹¹ і містила набір програм з переведення картографічної інформації в цифрову, прив'язки тематичної інформації до геодезичної мережі та формування масивів даних.

2. Прикладом регіональної ГІС більш широкого призначення може слугувати система TNRIIS (Texas Natural Resources Information System), що оперувала метеорологічною інформацією (дані щодо забруднення повітряного басейну); гідрологічною інформацією і інформацією щодо гідроспоруд і водного господарства; інформацією щодо ґрунтів, земельних ресурсів та структури землекористування; інформацією щодо біологічних ресурсів, соціально-економічною та картографо-геодезичною інформаціями.

Таким чином, характерною рисою ГІС першого покоління була тенденція до посилення міждисциплінарних зв'язків у середовищі розробників. Однак ці первісні ініціативні проекти та дослідження, географічно розподілені по багатьох наукових центрах, виконувалися на базі потужних, але дуже коштовних ЕОМ, внаслідок чого вони були найчастіше системами унікальними, з обмеженим колом користувачів.

⁹ Carlstein T. Time, resources, society and ecology. – Lund: Department of Geography, University of Lund, 1980; Carlstein T., Parkes DN, Thrift NJ (eds.). Timing space and spacing time (three volumes). – London : Edward Arnold, 1980/

¹⁰ Pred A. Behaviour and location: foundations for a geographic and dynamic location theory. Part I / A. Pred. – Lund: CWK Gleerup, 1967

¹¹ INSPIRE NS DT INSPIRE Network Service Architecture Version 3.0, 2008. – P. 30.

Роботи в цих центрах здійснювалися, як правило, незалежно, часто без згадування і навіть з ігноруванням подібних досліджень.

II етап (80-ті рр. XX ст., комерційний період). У другій половині 70-х років – на початку 80-х рр. XX ст. уряди багатьох країн, приватні фірми, зокрема США і Західної Європи, побачили перспективу використання ГІС і почали інвестувати в розробку цих технологій значні кошти. Крім того, розробка та широке поширення відносно недорогих персональних комп'ютерів із графічним дисплеєм дозволили відмовитись від "пакетного" режиму обробки даних.

На цьому етапі спостерігається бурхливий розвиток великих геоінформаційних проєктів, створюються сотні комп'ютерних програм і систем.

Починається випуск міжнародних періодичних видань, присвячених різним теоретичним і прикладним аспектам використання ГІС, у тому числі: теоретичний "International Journal Geographical Information System"¹².

Міжнародний журнал географічних інформаційних систем) – з 1987 р.; журнал "GIS World" (ГІС світ) – з 1988 р.; "Geo Info System" (Геоінформаційні системи) – з 1990 р.; "GIS Europe" (ГІС Європа) – з 1992 р. тощо. Щорічно проводиться велика кількість наукових і науково-практичних конференцій різного рівня (від регіональних до всесвітніх) присвячених ГІС¹³.

3. Важливу стимулюючу роль у посиленні інтересу до ГІС викликало прагнення асимілювати для вирішення як наукових, так і практичних завдань, у тому числі й на комерційній основі, накопичених до того часу значних масивів даних ДЗЗ¹⁴.

У цей період відбувалося зближення між автоматизованими картографічними системами і ГІС, яке зумовило подальшу їх інтеграцію. Поступово, зважаючи на появу відповідного програмного забезпечення і спеціального обладнання, відбувалися ускладнення систем.

З появою фотограмметричних графопобудовників (plotter) був досягнутий значний прогрес у кодуванні цифрових даних. У цей час набули широкого застосування дані, які надходили з датчиків, що працювали на орбітальних і геостационарних супутниках, таких, як

¹² Kemp K. K. Developing a curriculum in Geographic Information Systems: The National Center for Geographic Information and Analysis Core Curriculum project / K. K. Kemp and M. F. Goodchild // Journal of Geography in Higher Education. – 1991, (2). – № 15. – P. 121–132.

¹³ Goodchild M. F. NCGIA education activities: the Core Curriculum and beyond / M. F. Goodchild, K. K. Kemp // International Journal of Geographical Information Systems. – 1992. – № 6(4). – P. 309–320.

¹⁴ Кліменко І. В. Технології електронного урядування : навч. посіб. / І. В. Кліменко, К. О. Линьов. – К. : ДУС, 2006. – 225 с. 52 Суховірський Б. І. Географічні інформаційні системи : навч. посіб. / Б. І. Суховірський. – Чернівці : ЧДІУ, 2000. – 197 с.

LANDSAT, а пізніше SPOT. Однак ГІС залишалися ще прерогативою великих організацій, в основному національних агенцій.

У 1970-х рр. і навіть на початку 1980-х рр. основна діяльність із комп'ютерної обробки даних ДДЗ у світі була зосереджена в обмеженому колі організацій: у безпосередніх постачальників даних, тобто у тих, хто приймав і поширював інформацію з космічних супутників, або у великих науково-дослідних установах, найчастіше військового або астрономічного профілю, пов'язаних з космічними дослідженнями Землі і планет або з проблемами обробки зображення. Такі організації відрізнялися передовим технічним оснащенням. Незважаючи на те, що працювали в таких організаціях доволі великі наукові колективи, переваги надавалися розробкам методів обробки зображення. Здійснювали такі розробки, головним чином, математики і програмісти, а не представники прикладних наук (географи, геологи, лісники, ботаніки, ґрунтознавці).

Таким чином, наприкінці 80-х років ХХ ст. сформувалася світова геоінформаційна індустрія, яка включала апаратні й програмні засоби ГІС та їх обслуговування.

4. Історія ESRI. Компанія ESRI – Environmental Systems Research Institute – Інститут досліджень систем навколишнього середовища (<http://www.esri.com/>) була заснована в 1969 р. Джеком і Лаурою Данжермонд, як консультативна група на базі теоретичних ідей і методів, розроблених у Гарвардській лабораторії та інших організаціях¹⁵.

Оскільки у 70-х рр. ХХ ст. розвиток ГІС йшов у напрямі використання й удосконалення різних растрових і векторних систем, компанія ESRI займалась розробкою програмного забезпечення, яке дозволяло вводити дані, редагувати їх, організовувати розподілені потоки, аналізувати й отримувати на виході заданий результат. ESRI сфокусувалася на розвитку фундаментальних ідей ГІС та їх застосуванні у реальних проєктах, наприклад, на розробці плану перебудови Балтимора, допомогти компанії Mobil Oil у виборі ділянки в Рестоні.

Історія MapInfo. Програмний продукт MapInfo був розроблений компанією MapInfo Corporation, що була створена в 1986 р. і яка згодом була викуплена Pitney Bowes Business Insight.

До її продукції входять настільна ГІС, різні картографічні продукти, а також деякі веб-додатки. Найбільш відомим продуктом компанії є ГІС MapInfo Professional.

¹⁵ Goodchild M., Kemp K., 1991 Goodchild M. F. NCGIA education activities: the Core Curriculum and beyond / M. F. Goodchild, K. K. Kemp // International Journal of Geographical Information Systems. – 1992. – № 6(4). – P. 309–320.

MapInfo Professional – географічна інформаційна система (ГІС), призначена для збору, зберігання, відображення, редагування та аналізу просторових даних. Перша версія ГІС **MapInfo Professional** була розроблена в 1987 році компанією MapInfo Corp. і швидко стала однією з найпопулярніших ГІС у світі. Серед інших продуктів, які розробляє ця компанія можна виділити:

- *прикладні програми* – EasyLoader, Encom Geophysical Applications, Encom Licensing Software, GIS Software Applications, MapBasic, MapInfo Manager, MapInfo Professional, MapInfo ProViewer, MapMarker, Spatial Data Management Applications;

- *інструменти розробників ГІС* – MapX, MapXtreme, Routing J Server;

- *рішення, що настраюються під замовника*, – AnySite, TargetPro, Vertical Mapper;

- *платформні рішення для ГІС* – Envinsa, SpatialWare;

- *географічні бази даних* – Business Points, Communications Data, MediaPrints, PSYTE.

ГІС-інтернет. На сучасному етапі розвитку ГІТ веб-геотехнології міцно займають серед них свою нішу. В глобальній мережі функціонує величезна кількість ресурсів, орієнтованих на подання і використання картографічної інформації, матеріалів дистанційного зондування, а також інших видів просторових даних, і їх кількість зростає дедалі вищими темпами. Цілий ряд організацій займається розробкою міжнародних стандартів у галузі подання і використання просторових даних у веб-середовищі, серед них Комітет ISO з геоінформації і геоматики (ISO/TC211), Відкритий консорціум геопросторових даних (OGC), Єврокомісія в рамках розвитку Інфраструктури просторової інформації Євросоюзу – INSPIRE.

Перші стандарти описували способи подання і передачі даних: WMS – у вигляді попередньо підготовлених растрових зображень, придатних тільки для візуального сприйняття, але не для аналізу, WFS – у векторному поданні, WCS – у формі растрових покриттів, придатних для аналізу; то стандарти, які з'явилися пізніше, описують вже порядок використання даних: LS – порядок подання даних на основі визначення місця розташування, WPS – порядок взаємодії з серверним інструментарієм геообробки, а WCPS являє собою розширення сервісу покриттів, за рахунок доповнення інструментарію їх геообробки. Підсумовуючи, можна позначити перші три – як сервіси даних, а три останніх – як сервіси обробки, або геообробки у широкому значенні слова.

4. Будучи одиницями модульності при створенні веб-додатків, що використовують просторові дані, веб-геосервіси слугують, у тому числі, конструктивними елементами при створенні геопорталів як галузевих і

тематичних, так і розроблених в рамках національних інфраструктур просторових даних. Зокрема, в одній із директив INSPIRE¹⁶, що є керівними документами для загальноєвропейської ПД, оговорено, що на геопорталі, що складає основу ПД, повинні бути представлені такі сервіси, як-от: пошук, відображення, завантаження, перетворення даних і сервіси виклику віддалених сервісів просторових даних. При цьому на геопорталі INSPIRE, запущеному у 2011 році¹⁷, до останнього часу доступні тільки сервіси пошуку і перегляду даних.

Таким чином, у цілому, незважаючи на наявність міжнародних стандартів, що визначають порядок подання, як сервісів просторових даних, так і сервісів геообробки у веб-середовищі, фактично широко використовуються тільки стандарти подання даних і відповідні сервіси даних. Інакше кажучи, найбільш розвиненими є веб-картографічні технології, орієнтовані на подання даних, у той час як веб-геоінформаційні технології, орієнтовані на аналіз даних, у своєму розвитку відстають.

Величезна популярність картографічних web-сервісів зумовлена тим, що ними можуть користуватися люди без спеціальної підготовки, покладаючись лише на свою інтуїцію та наявний досвід роботи з комп'ютером. Другим фактором зростання їх популярності є можливість встановлення легких картографічних клієнтів на мобільні пристрої, ринок яких в останні роки зростає величезними темпами як у кількісному, так і в якісному відношенні.

Сучасне суспільство все більше і більше збагачується геопросторовими даними, доступ до яких все більше полегшується і здійснюється. Створення інфраструктур просторових даних і поява якісних мережевих сервісів також сприяє росту популярності ГІС.

Web-картографія – це сфера комп'ютерних технологій, яка пов'язана з доставкою просторових даних кінцевому користувачеві через інтернет.

Інструменти розробки web-картографічних додатків можна класифікувати таким чином:

- віртуальні глобуси;
- користувацькі ГІС, що інтегруються з віртуальними глобусами;
- картографічні web-сервери – програми для доступу, аналізу, обробки і розміщення джерел даних. Картографічні web-сервери дозволяють працювати з WMS-, WFS-, WPS- і CSW- специфікаціями і є комплексним геоінформаційним рішенням на основі Java. Завдяки використанню Google Web Toolkit (GWT), Hibernate, GeoTools і Spring, Geomajas пропонує корпоративне середовище для створення web-

¹⁶ Deng, M. Multi-level topological relations between spatial regions based upon topological invariants / M. Deng, T. Cheng, X. Chen, Z. Li // *Geoinformatica*. – 2017. – № 11 (2). – P. 239–267.

¹⁷Enabling access to European geospatial data for the Green Deal – <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/eng/catalog.search#/home>

картографічних додаків. GeoMapas може бути використаний для запуску корпоративної або урядової інфраструктури просторових даних¹⁸.

Програмне забезпечення дозволяє розробникам створювати комплексні геоінформаційні рішення для інтеграції просторових даних для сервера, вбудовані технології для web-картографії дозволяють для клієнта (через простий web-браузер) розгорнути інтерактивні і зручні геоінформаційні додатки. Все це можна зробити без відмови від цілісності логіки програмного забезпечення, надаючи натомість потужні можливості для оновлення та підтримки геоданих у середовищі тонких клієнтів, є картографічним сервером з відкритим вихідним кодом, який серед багатьох інших можливостей, реалізує специфікації OGS: WMS, WFS, WCS. Крім того, дозволяє не тільки отримувати дані для побудови на їх основі власних карт, а й редагувати одержані дані з наступним автоматичним оновленням вихідної інформації на сервері. Так, з GeoServer постачається візуальна система керування файлами настроювань і опису даних для проєктів. Ця система реалізована в вигляді web-інтерфейса і надає користувачу можливість інтерактивного створення і зміни картографічного ресурсу, що розробляється;

– фреймворк для створення web-порталів для роботи з картографічними сервісами OGC. Розробляється мовами PHP, JavaScript і XML і представляє собою гнучку та повну основу для створення багатофункціональних web-картографічних додатків, заснованих на мові Python. Наприклад, MapFish надає спеціальні інструменти для створення web-сервісів, які дозволяють створювати запити і редагувати просторові об'єкти. MapFish також надає повний JavaScript інструментарій, необхідний для web-картографування.

Open Source – це web-платформа, яка дозволяє користувачам розробляти web-картографічні додатки і просторові служби. MapGuide надає функції інтерактивного перегляду, які включають в себе підтримку вибору атрибутів, властивостей і такі операції, як створення буферної зони, вибір усередині області та виміри. MapGuide включає в себе XML-базу даних для керування вмістом та підтримує більшість популярних форматів просторових файлів, баз даних і стандартів. MapGuide може бути використаний на Linux або Windows, підтримує Apache і IIS web-сервери, та пропонує різноманітні PHP, NET, Java, JavaScript і API-інтерфейси для розробки додатків. Це одне з найпопулярніших середовищ створення картографічних web-сервісів із відкритим кодом¹⁹.

¹⁸ Кліменко І. В. Технології електронного урядування : навч. посіб. / І. В. Кліменко, К. О. Линьов. – К. : ДУС, 2006. – 225 с. 52 Суховірський Б. І. Географічні інформаційні системи : навч. посіб. / Б. І. Суховірський. – Чернігів : ЧДІЕУ, 2000. – 197 с.

¹⁹ Кліменко І. В. Технології електронного урядування : навч. посіб. / І. В. Кліменко, К. О. Линьов. – К. : ДУС, 2006. – 225 с. 52 Суховірський Б. І. Географічні інформаційні системи : навч. посіб. / Б. І. Суховірський. – Чернігів : ЧДІЕУ, 2000. – 197 с.

Спочатку MapServer розроблявся Університетом Міннесоти спільно з Департаментом природних ресурсів штату Міннесота і NASA, а наразі підтримується як один з проєктів асоціації OSGeo. Можливість роботи MapServer практично на будь-яких платформах (у тому числі Windows, Linux, Mac OS, Solaris), величезні функціональні можливості, легкість інтеграції з різними системами керування базами даних і відкритість кодів визначили популярність програми. MapServer позиціонується не як кінцевий додаток, а як середовище розробки.

GeoNetwork opensource – це стандартизоване та децентралізоване середовище керування просторовою інформацією, розроблене для доступу до баз просторових даних, картографічних продуктів і пов'язаних з ними метаданих з різних джерел, яке полегшує обмін просторовою інформацією між організаціями і її спільне використання за допомогою інтернету. Цей підхід до керування просторовою інформацією має метою надати широкому співтовариству користувачів засоби для безперешкодного та своєчасного доступу до наявних просторових даних і існуючих тематичних карт, які можуть виявитися корисними для прийняття обґрунтованих рішень. Головна мета GeoNetwork opensource полягає в підвищенні доступності широкого спектра даних разом із супутньою інформацією. FAO і WFP, а в останній час і UNEP, об'єднали свій дослідницький і картографічний досвід для розробки GeoNetwork opensource як загальної стратегії для ефективного спільного використання баз просторових даних, включаючи цифрові карти, супутникові зображення і відповідні статистичні дані. Ці три організації широко використовують ГІС і програмне забезпечення для обробки даних дистанційного зондування Землі головним чином для створення карт і комбінування різних шарів інформації. GeoNetwork opensource надає їм можливість доступу до широкого спектра карт і іншої просторової інформації, що зберігається в різних базах даних у всьому світі з єдиної точки входу²⁰.

З кожним роком отримується більше супутникових зображень. Дані GPS-позиціонування й моніторингу різних географічних явищ у реальному часі стають доступними як професіоналам, так і пересічним громадянам, на їх основі розробляються безліч корисних додатків.

– *Мобільні ГІС* – розширення ГІС з робочого місця в польові умови. Мобільні ГІС дозволяють польовому штату фахівців здійснювати збір, актуалізацію, маніпулювання, аналіз та візуалізацію просторової інформації.

Мобільні ГІС складаються з трьох основних компонентів, а саме, мобільних пристроїв, систем глобального позиціонування (GPS) та бездротового зв'язку для доступу до ГІС через інтернет. Завдяки цим

²⁰ Кліменко І. В. Технології електронного урядування : навч. посіб. / І. В. Кліменко, К. О. Линьов. – К. : ДУС, 2006. – 225 с. 52 Суховірський Б. І. Географічні інформаційні системи : навч. посіб. / Б. І. Суховірський. – Чернігів : ЧДІЕУ, 2000. – 197 с.

трьом компонентам фахівець, що знаходиться на об'єкті, може мати повноцінний доступ до всіх даних, якими володіє головний підрозділ.

Програмне забезпечення для мобільних пристроїв дозволяє користувачам отримувати віддалений доступ до інформації в реальному часі з будь-якого місця. Мобільні ГІС дозволяють організаціям розширити застосування ГІС за рахунок використання геоінформаційних додатків на мобільних пристроях. Це дає можливість інтерактивно, в польових умовах використовувати та актуалізувати геодані, підтримуючи зв'язок з серверними сховищами і забезпечувати точність і актуальність баз даних.

ВИСНОВКИ

Справжній розвиток та використання геоінформаційних систем (ГІС) та ГІТ почалися в 60-х роках ХХ століття, що було зумовлено накопиченням топографічного досвіду, успішними спробами автоматизації картоскладального процесу та революційними досягненнями у комп'ютерних технологіях. Важливою особливістю ГІС є їхня комплексність та інтегративність, що дозволяє отримувати нові знання про географічні об'єкти.

В історії розвитку ГІС виділяють чотири етапи. **Перший етап** (кінець 50-х – кінець 70-х років ХХ ст.) пов'язаний з відкриттям доступу до ЕОМ фахівцям з різних галузей, появою більш продуктивних комп'ютерів, плотерів та графічних дисплеїв. У цей період з'явилися перші великі проекти та теоретичні дослідження, проте їх реалізація часто стикалася з нестачею комп'ютерних потужностей. **Другий (комерційний) етап** (80-ті роки ХХ ст.) характеризується значними інвестиціями урядів та приватних фірм у розробку ГІС-технологій. Широке розповсюдження персональних комп'ютерів сприяло бурхливому розвитку геоінформаційних проектів та створенню сотень програм. У цей час починають виходити міжнародні періодичні видання, присвячені ГІС, та проводяться численні конференції.

На сучасному етапі розвитку ГІТ домінують **веб-геотехнології**. Глобальна мережа містить величезну кількість ресурсів, орієнтованих на подання та використання картографічної інформації, матеріалів дистанційного зондування та інших просторових даних. Розробляються міжнародні стандарти у сфері подання та використання просторових даних у веб-середовищі,

Таким чином, ГІС пройшли шлях від простих картографічних зображень до складних інтегрованих систем, що використовують передові комп'ютерні та веб-технології для збору, аналізу та візуалізації просторових даних, і продовжують активно розвиватися, задовольняючи зростаючі потреби суспільства в геопросторовій інформації.

АНОТАЦІЯ

У даній роботі досліджується історія розвитку геоінформаційних систем (ГІС) від найдавніших форм картографічного відображення до сучасних цифрових технологій. Розглядаються ключові етапи та передумови виникнення ГІС, починаючи з первісних спроб візуалізації просторової інформації. Особлива увага приділяється труднощам реконструкції повної історії ГІС через фрагментарність ранніх джерел та суперечливість свідчень. Аналізується еволюція від ручного картографування до механізації, автоматизації та впровадження комп'ютерних систем, які трансформували ГІС у потужні аналітичні інструменти. Підкреслюється роль ГІС як невід'ємного інструменту для розуміння та управління просторовими даними в різних сферах людської діяльності. Робота показує, як постійне прагнення людини до пізнання простору стало рушійною силою для розвитку цієї динамічної галузі. Сучасні ГІС представлені як кульмінація багатовікового досвіду, що відкриває нові перспективи для ефективного вирішення глобальних та локальних просторових завдань.

Література

1. Carlstein T. Time, resources, society and ecology. – Lund: Department of Geography, University of Lund, 1980; Carlstein T., Parkes DN, Thrift NJ (eds.). Timing space and spacing time (three volumes). London : Edward Arnold, 1980.
2. Deng, M. Multi-level topological relations between spatial regions based upon topological invariants / M. Deng, T. Cheng, X. Chen, Z. Li. *GeoInformatica*. 2017. № 11 (2). P. 239–267.
3. Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding. URL: <https://www.icpsr.umich.edu/web/ICPSR/studies/8378>
4. Goodchild M., Kemp K., 1991 Goodchild M. F. NCGIA education activities: the Core Curriculum and beyond / M. F. Goodchild, K. K. Kemp. *International Journal of Geographical Information Systems*. 1992. № 6(4). P. 309–320.
5. Goodchild M. F. NCGIA education activities: the Core Curriculum and beyond / M. F. Goodchild, K. K. Kemp. *International Journal of Geographical Information Systems*. 1992. № 6(4). P. 309–320.
6. Kemp K. K. Developing a curriculum in Geographic Information Systems: The National Center for Geographic Information and Analysis Core Curriculum project / K. K. Kemp and M. F. Goodchild. *Journal of Geography in Higher Education*. 1991, (2). № 15. P. 121–132.
7. Inspire ns dt inspire Network Service Architecture Version 3.0, 2008. – P. 30.
8. Pred A. Behaviour and location: foundations for a geographic and dynamic location theory. Part I / A. Pred. Lund: CWK Gleerup, 1967.

9. Hagerstrand T. Innovation diffusion as a spatial process / T. Hagerstrand. Chicago: University of Chicago Press, 1968.

10. Synagraphic Mapping System. URL: https://trakkasystems.com/trakkamaps/?utm_source=mv&utm_medium=search&utm_campaign=intent&customer_id=546-6299909&gad_source=1&gad_campaignid=21118877428&gbraid=0AAAAAood8-LXZzDwwBquJaqt3EZzvcMO&gclid=CjwKCAjwo4rCBhAbEiwAxxJlCTFTwaYXrfeXCM8QL0JmmJlRkUeIaRyoUpyBn0GLOblR4x2eu_3xoCGTYQAuD_BwE&gclid=aw.ds

11. The NCGIA Core Curriculum in GIScience [Електронний ресурс] / M. F. Goodchild, K. K. Kemp, eds. NCGIA University of California, Santa Barbara CA., 2000. URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/>

12. Enabling access to European geospatial data for the Green Deal. URL: <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/eng/catalog.search#/home>

13. Кліменко І. В. Технології електронного урядування : навч. посіб. / І. В. Кліменко, К. О. Линьов. К. : ДУС, 2006. 225 с.

14. Суховірський Б. І. Географічні інформаційні системи : навч. посіб. / Б. І. Суховірський. Чернівці : ЧДІЕУ, 2000. 197 с.

Information about the authors:

Stakhiv Iryna Romanivna,

Candidate of Geological Sciences,
Assistant Professor at the Department of Geoinformatics,
Institute of Geology
Taras Shevchenko National University of Kyiv
90, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

Zatserkovnyi Vitaliy Ivanovych,

Doctor of Technical Sciences,
Professor and Head of the Department of Geoinformatics,
Institute of Geology
Taras Shevchenko National University of Kyiv
90, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

Vorokh Victor Vasylovych,

Postgraduate student at the Institute of Geology
Taras Shevchenko National University of Kyiv
90, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine