

С. Б. Радченко *

НАВІЩО ПОТРІБНІ ГЕОІНФОРМАТИКИ ТА ЯК ЇХ ПРАВИЛЬНО ЗАСТОСОВУВАТИ?

Геоінформаційні системи та бази даних є невід’ємним компонентом будь-якого сучасного археологічного дослідження. Проте кваліфіковане застосування цих інструментів потребує системного підходу та врахування низки важливих особливостей.

К л ю ч о в і с л о в а: бази даних, інтероперабельність, геопросторові дані, ГІС, системи координат, археологічне дослідження.

Геоінформаційні підходи та технології давно мали б стати невід’ємною складовою археологічного дослідження на всіх його етапах. Досягнення належної точності та достовірності даних про археологічний матеріал очевидно неможливе без системного підходу до їх збирання та обробки. І саме аспект просторового розміщення матеріалу є одним із ключових у археологічній науці — адже від нього значною мірою залежить контекст, якого набуває той чи інший об’єкт. А несистемний чи недбалий підхід до отримання значної кількості даних призводить до систематичних накопичуваних похибок у їх осмисленні, інтерпретації та публікації. Рівень довіри престижних наукових видань та їхніх читачів до матеріалів, опублікованих без залучення комплексу геоінформаційних технологій вже давно є порівняно низьким, адже саме інформаційні системи є гарантом достовірності зафіксованого результату. Низка європейських країн (Німеччина, Австрія, Данія) навіть регулюють необхідність наявності відповідного обладнання та спеціаліста під час польових археологічних досліджень нормативно-правовим шляхом.

Однак комплексне та повноцінне використання геоінформаційних систем (ГІС) не стало повсюдним трендом для українських археологічних експедицій. Деякою мірою це пов’язано

з фінансовими перепонами. Іншим чинником негативного впливу на розвиток археологічної інформатики є недостатня розвиненість методичних та технологічних засобів використання ГІС під час досліджень і мала кількість фахівців-інформатиків, залучених до археологічної роботи.

Геоінформаційне забезпечення археологічних робіт може здійснюватись набагато ефективніше за умови адаптації відповідного арсеналу інструментів до конкретних, часто ситуативних потреб. Втім, для такої адаптації необхідно розглянути та врахувати специфіку комплексного використання ГІС, що і є метою цієї статті.

Світовий досвід

Творення конкурентоспроможних та якісних наукових результатів нині потребує повсюдного застосування сучасних технічних засобів, тож ознайомлення з ними є злободенним та необхідним саме зараз. Очевидно, що використання ГІС саме по собі, без кваліфікованого вибору необхідних інструментів та ретельної роботи над проектом не є шляхом до отримання якісних та вичерпних результатів (Barcelo & Pallares, p. 313—314). До критики несвідомого та обмеженого застосування ГІС, що панувало у Європейській археології кінця минулого століття, вдавалось чимало археологів та інформатиків (наприклад, Blanckholm 1991; Read 1989; Goodchild et al. 1992).

До питань застосування геоінформатики в археологічних дослідженнях неодноразово звертались вітчизняні та зарубіжні вчені. Значну кількість наукових та методичних розробок присвячено тому чи іншому компоненту геоінформаційного забезпечення археологічних досліджень. Так, наприклад, археологічній картографії присвятили свій час Й. Грегори та П. Елл (2007), Дж. Коноллі та М. Лейк (2006), В. Владіміров (2005), П. Брагін (2010), В. Рудь

* РАДЧЕНКО Симон Богданович — аспірант Туринського університету, ORCID 0000-0003-2970-5373, simon.radchenko@gmail.com

(2015). Геодезичні методи просторової фіксації археологічних об'єктів розглядає З. Шакиров (2015). Значну увагу вже привернули питання використання інструментів геопросторового аналізу та (меншою мірою) баз геопросторових даних (Акашева 2011, Блохін та ін. 2010, Хоперсков та ін. 2015, Rendfrew, Bahn 2005, Hodder, Orton 1976, Scianna, Villa 2011, Rossmann 1976, Diachenko 2013; Diachenko, Menotti 2015, Білинський, Яхимович 2018). Прикметним є посібник Д. Коробова (2011), який, однак, не вичерпує можливості використання інструментальних ГІС в археології та не розглядає питання застосування баз даних в археологічних дослідженнях. Окремою, хоч і дотичною до геоінформатики, дисципліною є фотограмметрія та тривимірне моделювання. Дослідженням відповідних методів також присвячено низку спеціальних робіт (Дараган 2015; Шерстюк 2015; Жигола, Скороход 2019; Бабенко, Богданець 1997). Варто згадати також групу геоінформаційних археологічних досліджень (Зоценко, Борисов, Манігда 2019) Інституту археології НАН України, яка здійснює системне геоінформаційне забезпечення низки археологічних досліджень на території Українського Полісся. Однак обмежені ресурси групи унеможливають екстенсивне поширення застосування ГІС в археології.

Праці перелічених вище дослідників стосуються одного або декількох компонентів ролі геоінформатики в археологічній роботі та унаочнюють потребу у використанні сучасних інформаційних методів і технологій на всіх етапах археологічних досліджень. Очевидно, що повний комплекс можливостей ГІС занадто масивний для детального аналізу у форматі статті, тож варто здійснити побіжний огляд та зупинитись лише на найважливіших деталях.

Виклад основного матеріалу

Методи геоінформатики стають у пригоді археологічним дослідженням ще до їх початку, адже прив'язка, аналіз, дешифрування та інтерпретація даних дистанційного зондування землі та аерофотознімання зазвичай здійснюються методами інструментальних геоінформаційних систем. Ще на цьому етапі іноді з'являється можливість визначити межі та виконати попередню класифікацію об'єкта. В Україні інтерпретація аерофотознімання часто ускладнена зовнішніми, зокрема кліматичними, умовами (Tuboltsev, Radchenko 2019, p. 1), але нехтувати нею не слід.

Польові дослідження класично супроводжуються геодезичними та фотограмметричними методами. Перші забезпечують координатну прив'язку матеріалів і досліджуваних ділянок, аналіз рельєфу та мікрорельєфу, створення польових креслень. Візуалізація всіх цих матеріалів та їх подальша обробка здійснюється вручну (такий підхід має низку очевидних недоліків) засобами інструментальних ГІС. Фотограмметричні методи забезпечують використання ортофотопланів (та ортофотопрофіль) або високоточних тривимірних моделей окремих ділянок пам'ятки як додаткового способу фіксації, що розширює інформативну базу археологічних досліджень (Жигола, Скороход 2019, с. 120).

Підготовка уніфікованого польового опису і картографічних матеріалів пам'ятки та певних досліджуваних ділянок найчастіше пов'язана зі створенням і наповненням бази геопросторових даних, яка надалі може бути використана у лабораторних дослідженнях — геопросторовому аналізу (теплокарта (Радченко 2017), інтерполяційні та екстраполяційні механізми, статистична обробка, пошук об'єктів, незафіксованих у польових умовах (Рудь 2015)), формування тривимірної моделі пам'ятки та визначення стратиграфічних околів (Радченко, Кіосак 2019) тощо. Для камеральних та лабораторних досліджень у пригоді стають і фотограмметричні матеріали — для обчислення об'ємів (Никоненко, Радченко 2019; Жигола, Скороход 2019, с. 125—126) або інших вимірних параметрів досліджуваних об'єктів (Никоненко, Радченко, Волков 2017). Так само доцільним може бути використання процедур нечіткої логіки (Hernandez 1994) тощо.

Подальша доля матеріалів також найчастіше пов'язана з геоінформатикою, адже візуалізація та публікація планів, карт, 3D-моделей, реконструкцій тощо потребує відповідного інструментарію, а крім того — зведених даних про археологічні об'єкти та предмети. Сучасним науковим трендом є створення можливостей повного або часткового відкритого доступу до результатів дослідження, що у випадку археологічних пам'яток надається через геопортал або віртуальний ГІС-проект (наприклад, Pavlu 1995).

Оскільки геоінформаційні системи відіграють певну роль на всіх етапах археологічних досліджень, від планування до публікації результатів, доцільним є не спорадичне та випадкове застосування інструментів ГІС за відповідної нагоди, а створення цілісного,

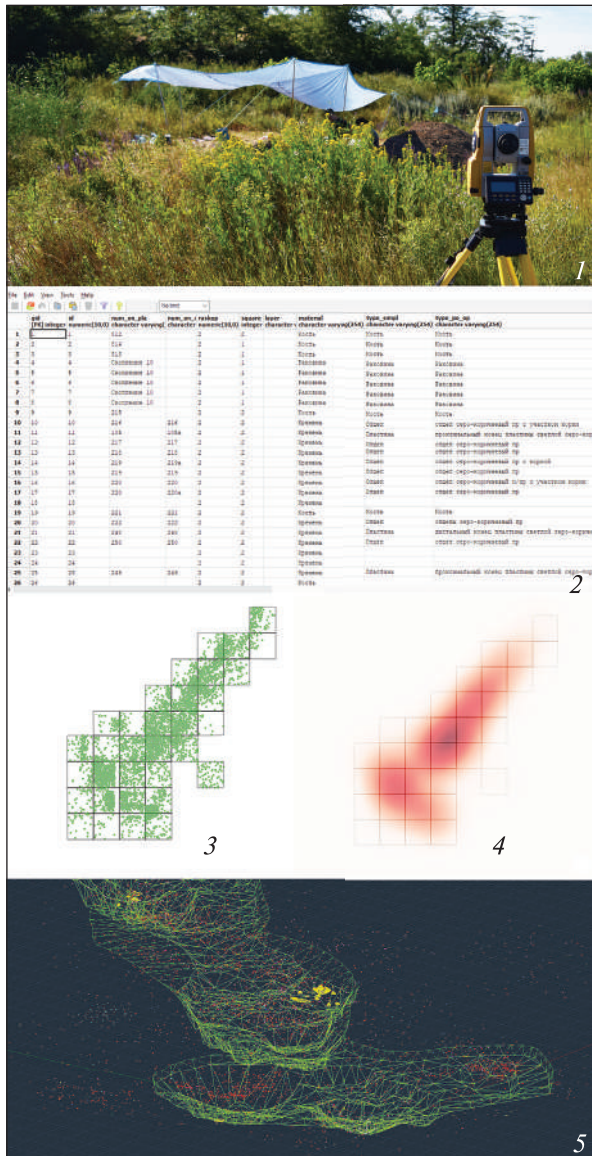


Рис. 1. Етапи геоінформаційного забезпечення археологічних досліджень: 1 — геодезичні знімання; 2 — зведення у базу геопросторових даних; 3 — точкове відображення засобами інструментальних ГІС; 4 — геопросторовий аналіз (heatmap); 5 — тривимірне моделювання матеріалів пам'ятки

Fig. 1. Stages of geoinformational provision of archaeological research: 1 — geodetic survey; 2 — unification in geospatial database; 3 — points visualization by Instrumental GIS tools; 4 — geospatial analysis (heatmap); 5 — 3D modeling of the site

комплексного та системного проекту, що об'єднував би інструменти геоінформатики та фотограмметрії для розв'язання конкретних наукових задач. За таких умов, набір ретельно відібраних у польових умовах координат логічно та поступово перетворюється на джерело інформації про археологічну дійсність (рис. 1).

Проте системний підхід до збереження та обробки даних значною мірою базується на умовах та принципах їх збирання —

для ефективного використання багатого інструментарію ГІС важливою умовою є робота з якісними даними. Якісними вважаємо такі дані, що відповідають вимогам точності, достовірності, повноти, уніфікованості та інтероперабельності. Точність і достовірність даних є обов'язковою для будь-якого наукового дослідження, тож пояснень не потребує. Повнота передбачає максимально детальний збір інформації про пам'ятку та умови, в яких вона перебуває (для геоінформатики першочергову роль тут відіграє рельєф та ситуація на місцевості). Крім того, просторовий і статистичний аналіз найчастіше потребує використання уніфікованих, однорідних даних — матеріали не повинні бути принципово відмінними між собою, адже типологічна або змістовна розбіжність спотворює результати моделювання. Багатоваріантність і різноманітність геоінформаційних систем та їхніх інструментів змушує, водночас, прагнути інтероперабельності даних — можливості їх гнучкого використання у різних умовах.

Перша нагода порушити перелічені принципи настає вже під час рекогносцирування та створення координатної системи напередодні початку археологічних робіт. Річ у тім, що уніфікація даних передбачає вибір однієї (бажано прямокутної та ортогональної) системи координат (СК) для всієї території пам'ятки. Загальна прив'язка пам'ятки до місцевості може бути виконана і у сферичних координатах, тобто WGS-84, а от та система, якою поспілкуватиметься експедиція, переважно має бути метричною, належати до проекції Меркатора (вона ж — прямокутна проекція Гауса—Крюгера з кодом SRID 326326 або 3395). Варто пам'ятати також, що вісі координат у цій проекції зазвичай зорієнтовані «лівою трійкою» (вісь X направлена на північ), на відміну від осей координат у інструментальних ГІС (де вісь X направлена на схід). Хоча уніфіковані дані і мають належати до однієї СК та перебувати в одному координатному просторі, під час досліджень часто виникає потреба створення додаткових систем і фіксації матеріалу у інших координатах (наприклад, у системі координат квадрату або розкопу). Очевидно, що повністю уникати використання кількох систем небажано, та й непотрібно. У такому разі потрібно встановити правило переходу, тобто рівняння перетворення координат із однієї системи до іншої.

У загальному випадку, ані точки початку координат, ані напрямки осей не збігаються. Для

формулювання правила переходу необхідно виміряти положення нульової точки часткової СК (квадрату, розкопу тощо) у загальній системі (пам'ятки) та кут нахилу осі oX часткової СК відносно осі oX загальної.

Для визначення кута достатньо виконати обчислення за двома (а для перевірки точності необхідно більше) точками, що лежать на осі oX часткової СК. Вимірявши їхні координати у загальній системі, звертаємось до т. зв. оберненої геодезичної задачі:

$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right), \text{ де}$$

α — кут між осями oX різних СК; X_1, Y_1 — координати першої точки у загальній СК; X_2, Y_2 — координати другої точки у загальній СК.

Знаючи кут повороту, утворюємо матрицю повороту однієї СК відносно іншої та складаємо систему рівнянь перенесення координат:

$$\begin{cases} X = X_0 + x * \cos \alpha - y * \sin \alpha \\ Y = Y_0 + x * \sin \alpha + y * \cos \alpha \\ Z = Z_0 + z \end{cases}, \text{ де}$$

X, Y, Z — координати точки у загальній СК; X_0, Y_0, Z_0 — координати нульової точки часткової СК у загальній СК; x, y, z — координати шуканої точки у частковій СК.

За цим рівнянням здійснюється перехід між будь-якими довільними прямокутними ортогональними системами координат (у разі використання лівосторонньої СК або повороті за годинниковою стрілкою, знаки при синусах змінюються на протилежні), тобто математично фіксується їхній зв'язок у просторі. Очевидно, що без такого зв'язку про уніфікованість

та повноту даних археологічного дослідження годі й мріяти.

Точність математичних перетворень найбільшою мірою залежить від якості вимірювання точок поверхні і це необхідно враховувати під час вимірювань і обчислень. Точність вимірювання відстані від приладу до точки, забезпечена рулеткою або мірною стрічкою, зазвичай достатня для потреб археологічних досліджень (за умови використання якісної рулетки та відсутності випадкових похибок, пов'язаних із виконавцями робіт), натомість точність фіксації напрямку (кутових вимірювань) може значно варіювати. Похибка кутового вимірювання залежить від точності приладу та відстані до точки (табл. 1).

Очевидно, що головним чинником накопичення точки є саме відстань до приладу, яку варто прагнути мінімізувати. Крім того, за достатньо якісного виконання робіт, будь-який прилад із похибкою вимірювання до 5" забезпечує достатню точність вимірювання навіть на відстані 100 м (це означає, що більшість тахеометрів буде ефективною і без призми-відбивача). Теодоліти або тахеометри з більшою середньою квадратичною похибкою (навіть радянський 2Т30) також можуть бути ефективними за умови збереження дистанції до 50 м або вимірювань у декілька прийомів. Однак жоден нівелір, незалежно від детальності поділок горизонтального круга, не забезпечує достатню точність для планових вимірювань.

За умови якісного та точного збирання точок шляхом геодезичних вимірювань дані будуть інтероперабельними та ґрунтовно описаними і надаватимуться до подальшого аналізу геоінформаційними або будь-якими іншими

Таблиця 1. Розподіл похибки фіксації положення точки залежно від параметрів вимірювання

Table 1. Distribution of the point coordinates measuring derivation depending on measuring parameters

№	Похибка кутового вимірювання	Похибка залежно від відстані до приладу, мм		
		20 м	50 м	100 м
1	1°	349,1	872,8	1745,5
2	30'	174,5	436,3	872,7
3	10'	58,2	145,4	290,9
4	2'	11,6	29,1	58,2
5	1'	5,8	14,5	29,1
6	30"	2,9	7,3	14,5
7	15"	1,5	3,6	7,3
8	5"	0,5	1,2	2,4
9	2"	0,2	0,5	0,1
10	1"	0,1	0,2	0,5

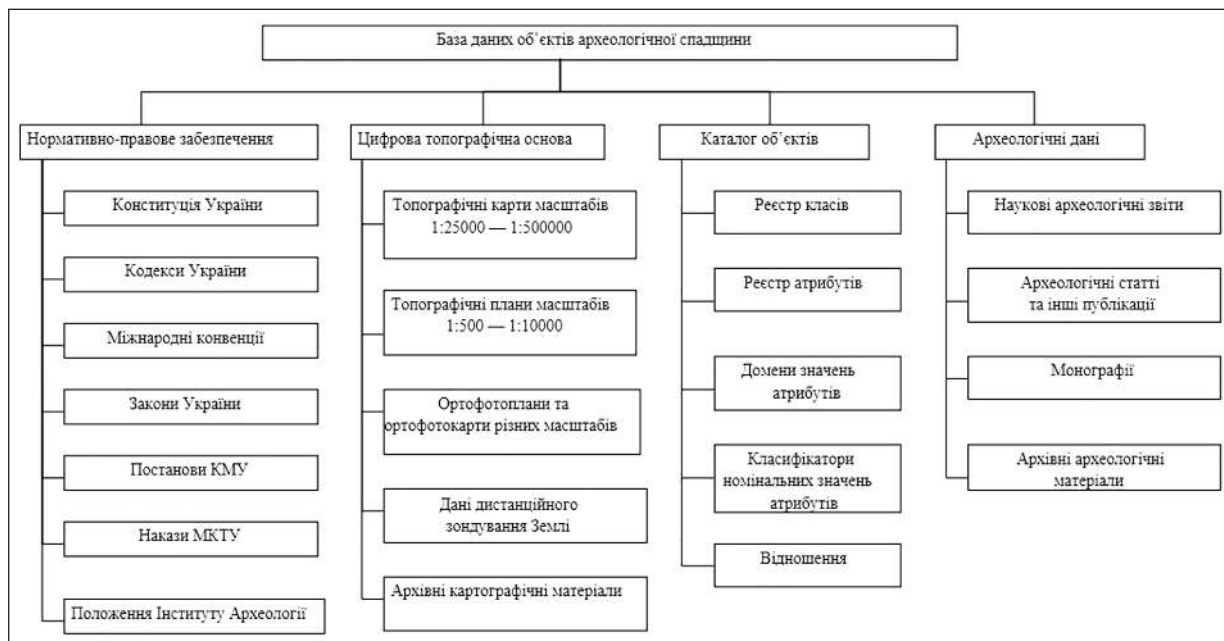


Рис. 2. Структурна модель бази геопросторових даних
 Fig. 2. Structural model of geospatial database

методами. Однак крім тонкощів геодезичної роботи, труднощі у здобутті якісних даних можуть виникати й на інших етапах досліджень. Наприклад, під час складання польового опису (та й будь-якого опису матеріалу взагалі), матеріал, що потрапляє до нього, має різну супровідну інформацію залежно від типу. Для кісток, наприклад, важливими є дані археозоологічних досліджень, а для кременю — вид первинної обробки тощо. У такому разі таблицю-опис неможливо нормалізувати, вона буде переобтяженою та громіздкою. Природнім видається рішення поділу матеріалу на типи та створення для кожного типу окремої таблиці, зміст якої відповідатиме потребам конкретного дослідження. Однак ці таблиці не мають бути відірваними одна від одної або від інших даних польового дослідження. До того ж, може виникати і потреба у збиранні різнорідного матеріалу за окремою ознакою. Вирішенню такого протиріччя може слугувати створення бази геопросторових даних (БГД), яка забезпечить якісне зберігання інформації та управління нею.

Переваги використання геоінформаційних систем над аналоговими даними вже були неодноразово визначені та досліджені (наприклад, Conolly & Lake 2006, p. 16—17). Проте використання БГД має низку значущих відмінностей, також вартих уваги.

1. Аналогові дані статичні, за ними важко досліджувати динамічні процеси, до того ж,

вони гірше надаються до оновлення та актуалізації. Натомість інструментальні геоінформаційні системи забезпечують доволі широкий функціонал для динамічного картографування та можуть бути легко оновлені відповідно до реальної ситуації на об'єкті. Що ж тут пропонують бази геопросторових даних? По-перше, динамічне оновлення всіх взаємопов'язаних даних. При зміні елементу окремого креслення або віртуального шару в ГІС інші пов'язані з ними дані стануть застарілими. Натомість БГД пропонують функціонал для автоматичної актуалізації всіх пов'язаних полів і компонентів. Крім того, через системи керування базами даних можуть бути установлені обмеження (constraints) — правила, за якими дані у відповідних полях не можуть бути змінені. Наприклад, оператор бази даних може пов'язати набори координат із номерами відповідних квадратів, унеможлививши таким чином помилки у просторовій атрибуції матеріалів.

2. Аналогові дані завжди є двовимірними коли мова йде про планіграфічні або стратиграфічні креслення. Електронні плани, створені засобами ГІС, також є двовимірними (або псевдотривимірними), адже містять координату висоти лише як окрему цифру, візуалізуючи її засобами двовимірного простору. Хоча БГД і не забезпечують тривимірності як такої, вони роблять дані достатньо гнучкими та інтеоперабельними для роботи з про-

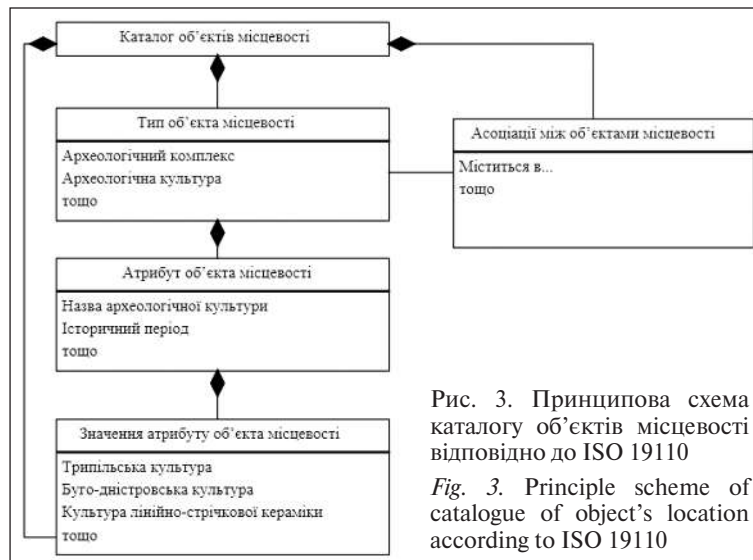


Рис. 3. Принципова схема каталогу об'єктів місцевості відповідно до ISO 19110

Fig. 3. Principle scheme of catalogue of object's location according to ISO 19110

грамми моделювання тривимірного простору, відкриваючи доступ до інструментів, які ГІС поки що не надають. Крім того, бази даних можуть слугувати простором для уніфікованого збереження та транспортування тривимірних моделей і супровідної інформації щодо них.

3. Використання ГІС та БГД (на відміну від аналогових матеріалів) відкриває можливість до застосування процедур і засобів відображення нечіткої логіки, що є важливим для роботи з явищами реального світу, рідко вираженими у зафіксованих величинах.

4. Аналогові картографічні дані інколи важко пов'язати з непросторовими даними. Натомість електронні таблиці є придатними до взаємодії не лише з довільними СК, а й за умови їх повної відсутності. У цьому сенсі БГД є ефективними тим, що дають змогу розділити просторові та непросторові дані, залишивши їх пов'язаними між собою в межах однієї бази.

5. ЦентRALною перевагою БГД над будь-яким іншим методом подання просторової інформації є саме можливість збереження та використання даних у різних, але пов'язаних комірках. Це надає можливість лінкувати (зокрема з обов'язковим дотриманням певних умов) археологічні матеріали з даними про ведення досліджень. Матеріали можуть також бути пов'язані з даними іншого типу — растровими файлами, тривимірними моделями тощо.

6. Бази даних можуть бути гнучко адаптовані до потреб конкретного дослідження — це стосується і змісту таблиць, і загальної структури БГД. Крім того, вони найчастіше не пов'язані з використанням конкретного програмного забезпечення, а отже можуть бути

застосовані разом із будь-яким типом програм або інструментальних ГІС. А оскільки процедури системи керування бази даних стандартизовані окремим нормативним документом (ISO 19110), з коректно організованою БГД може працювати будь-який оператор, що має відповідні навички. Найчастіше такі бази значно транспортабельніші та легші, ніж ГІС-проект. Саме ці компоненти і забезпечують інтероперабельність та оперативність БГД у порівнянні з іншими засобами подання просторової інформації.

7. У разі потреби тимчасово змінити спосіб організації даних (наприклад, створити одну таблицю, що містила б увесь матеріал — польовий опис), бази надають окремий функціонал — віртуальні таблиці (представлення — views). Вони формуються на основі реальних таблиць за результатами конкретного SQL-запиту та автоматично оновлюються зі зміною відповідних таблиць, не потребують фізичної пам'яті та мають окремі права доступу. Зміст представлень залежить від формулювання запиту, тобто від нагальних потреб дослідження. SQL-запит (програмний запит до БГД) на створення представлення виглядає так:

```
CREATE OR REPLACE VIEW назва_представлення
AS SELECT n_m1.n_a1, n_m1.n_a2, n_m2.n_a1, n_m2.n_a2
FROM n_m1, n_m2
WHERE умова_відбору (наприклад square = '2' AND X < 350).
```

Тут *n_m* — назва таблиці, *n_a* — назва атрибуту. Кількість умов відбору може бути довільною і має супроводжуватись операторами AND та OR.

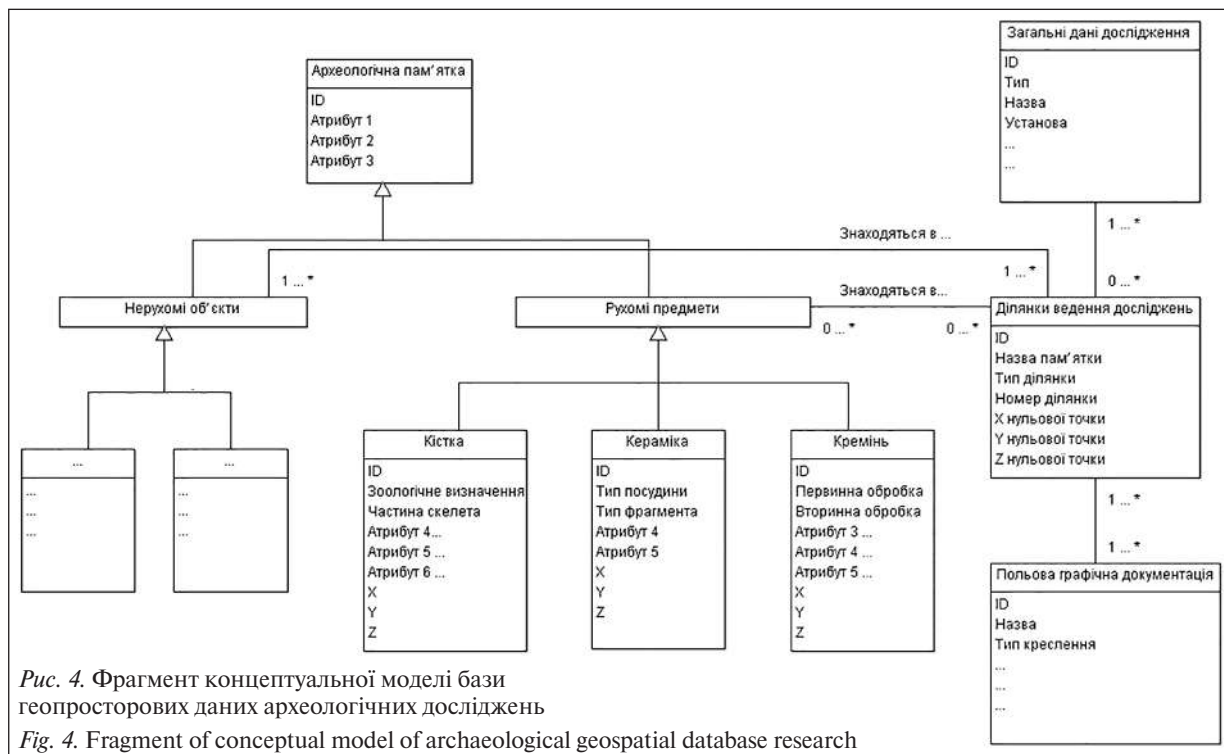


Рис. 4. Фрагмент концептуальної моделі бази геопросторових даних археологічних досліджень

Fig. 4. Fragment of conceptual model of archaeological geospatial database research

За запитом, наведеним у прикладі, буде відібрано перші два атрибути (дві колонки значень) з таблиць n_m1 та n_m2 , якщо вони належать до другого квадрату та значення X менше за 350. Оскільки формулювання запиту може бути довільним (навіть включати процедури просторових побудов або геопросторового аналізу), склад таблиці-представлення повністю залежить від нагальних потреб конкретного дослідження.

Проектування БГД відповідно до стандартів опису просторової інформації передбачає створення низки графічних моделей, що описують джерела інформації, зміст і склад таблиць бази, визначають її глосарій тощо. Мінімальним набором тут є структурна, концептуальна та логічна модель, а також принципова схема каталогу об'єктів.

Структурна модель бази даних (рис. 2) містить інформацію про джерела інформації для БГД, нормативно-правове забезпечення та інші фактори, правила наповнення та механізми управління базою відповідно до запланованого її функціоналу.

Структуру каталогу об'єктів місцевості (рис. 3) задано стандартом ISO 19110. Він визначає перспективний зміст бази даних. У каталозі перелічено тип об'єктів (по-суті, назви окремих таблиць), атрибути об'єктів (властивості, за допомогою яких буде описано дані у кожній із таблиць) та значення цих

атрибутів (те, що саме буде зафіксовано щодо тих чи інших атрибутів (властивостей) того чи іншого класу (типу об'єктів)). Асоціації між об'єктами місцевості — це список зв'язків, яких можуть набувати ті чи інші типи даних (таблиці). Наприклад, пам'ятки певної культури мають просторово належати до ареалу цієї культури тощо. Згідно з ISO 19110, каталог об'єктів місцевості, концептуальна та логічна модель БГД подаються базовими засобами мови UML.

Концептуальна модель бази даних (рис. 4) подає конкретну інформацію щодо класів об'єктів (таблиць) запроєктованої бази, їхнього змісту та зв'язків між ними. Ця модель повністю описує зміст і внутрішню структуру бази даних, відображаючи особливості взаємодії всіх її елементів.

Нарешті логічна модель (рис. 5) містить послідовний повний опис усіх таблиць БГД та їхнього змісту. Для кожної таблиці логічна модель подає: інформацію про її основні метадані — назва, код, визначення; правила цифрового опису об'єктів даного класу (даної таблиці); опис кожного атрибуту включно з типом та доменом значень. Окремим додатком до такого опису можуть бути опис умов та обмежень для кожної таблиці та (за необхідності) класифікатори доменів значень, що визначають кодифіковані атрибути кожного класу, тобто глосарій бази даних.

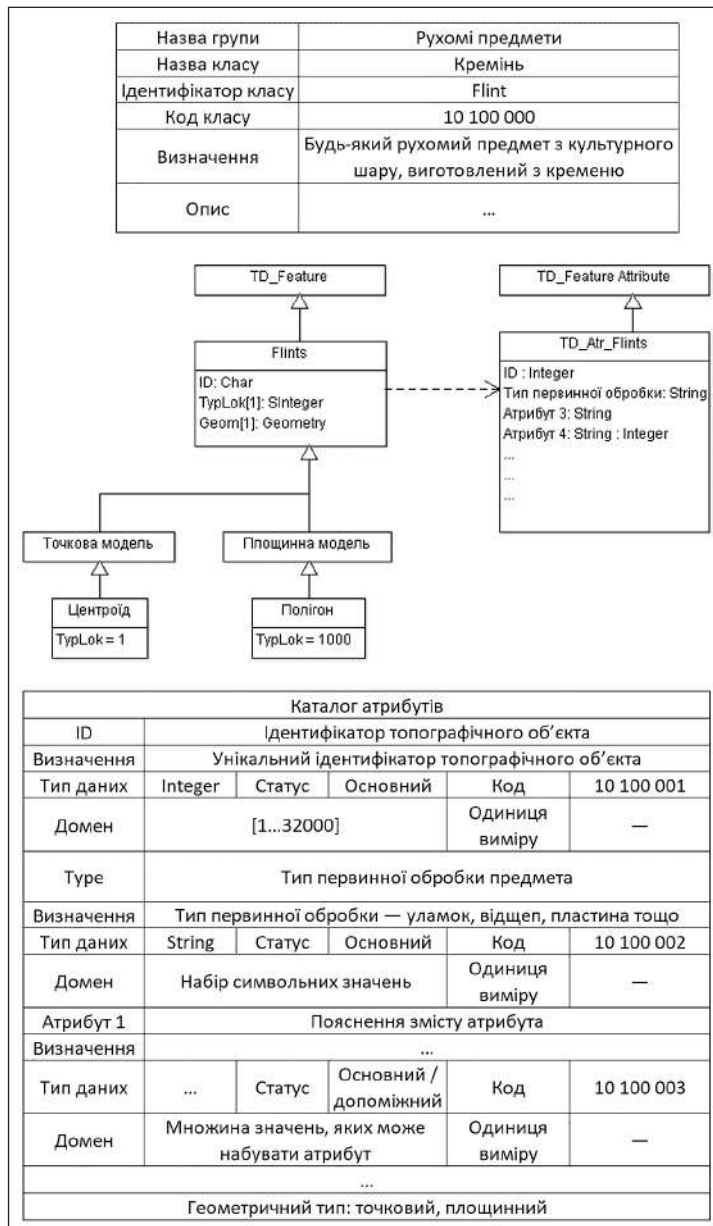


Рис. 5. Приклад фрагменту логічної моделі бази геопросторових даних

Fig. 5. Fragment of geospatial database logical model

Висновки

Застосування усіх цих моделей опису не є строго обов'язковим для ведення археологічних досліджень, однак саме воно забезпечує доступність, зрозумілість та злагодженість концепції геоінформаційного археологічного дослідження, а отже, сприяє отриманню та використанню якісних даних і робить геоінформаційне забезпечення наукової роботи системним та кваліфікованим.

Очевидно, що використання БГД у археологічних дослідженнях не вичерпує весь спектр інформаційних технологій та інструментів, по-

трібних для отримання максимальної кількості високоточних та якісних даних. Важливим є застосування методів фотограмметрії та тривимірного моделювання, створення ортофотозображень усіх етапів та ділянок дослідження, моделювання окремих процесів та явищ засобами 3D тощо. Адже бази даних не існують самі по собі, а є лише інструментом для управління численними та різноманітними матеріалами для досягнення максимального результату.

Нині інформаційні технології та інші недоступні донедавна методи можуть видаватись чарівною паличкою, здатною розв'язати будь-яке завдання. Але конкурентоспроможний

підхід до наукової роботи полягає не у спорадичному використанні довільних інструментів для вирішення одиначної нагальної потреби. Він потребує системності, комплексного підходу, ретельного відбору найнеобхіднішого методу та його влучного та свідомого застосування. Саме тому неординарні результати потребують не куцого та моментального, а цілісного та всеохопного забезпечення археологічних досліджень геоінформаційними методами. Та, зрештою, і будь-якими іншими.

- Акашева, А. А. 2011. *Пространственный анализ данных в исторических науках. Применение геоинформационных технологий: учебно-методическое пособие*. Нижний Новгород: Нижегородский университет.
- Бабенко, М. Ю., Богданець, С. А. Комп'ютерне тривимірне моделювання трипільського посуду. *Археометрія та охорона історико-культурної спадщини*, 1, с. 61-62.
- Білінський, О. Яхیمович, К. 2018. Господарство населення скіфського часу на Сеймі з даними геоінформаційного вивчення природних умов та пам'яток. *Археологія і давня історія України*, 1(26), с. 280-292.
- Блохин, В. Г., Кузьмин, Н. М., Перерва, Е. В., Хохлова, С. С., Шинкарь, О. А. Геоинформационные системы для поддержки археологических данных. *Вестник ВолГУ*, 8, с. 141-146.
- Брагин, П. Н. 2010. Исторические геоинформационные системы: проблемы разработки и использования различных источников. *Ярославский педагогический вестник*, т. III, 4, с. 148-152.
- Владимиров, В. Н. 2005. *Историческая геоинформатика: геоинформационные системы в исторических исследованиях*. Барнаул: Изд-во Алтай. ун-та.
- Дараган, М. Н. 2015. Опыт 3D-моделирования курганных сооружений эпохи Энеолита — ранней Бронзы. *Виртуальная археология (эффективность методов)*. материалы Второй Междунар. конф. (1—3 июня 2015, Гос. Эрмитаж, С.-Петербург, РФ). Санкт-Петербург: Изд-во Гос. Эрмитажа, с. 127-138.
- Жигола, В. С., Скороход, В. М. 2019. Новітні методи фіксації в археології. *Археологія*, 1, с. 118-130. <https://doi.org/10.15407/archaeologyua2019.01.118>
- Зоценко, І. Борисов, А., Манігда, О. 2019. Група археологічних геоінформаційних досліджень. *Виступ на міжнародній конференції молодих вчених «To dig or not to dig: інвазивні та неінвазивні методи археології»*. 11-12 жовтня 2019 року. Київ: ІА НАН України.
- Коробов, Д. С. 2011. *Основы геоинформатики в археологии: учебное пособие*. Москва: Изд-во Моск. гос. ун-та.
- Никоненко, Д. Д., Радченко, С. Б., Волков, А. В. 2017. Вітовтова вежа за даними сучасних фотограмметричних досліджень. *Археологія*, 4, с. 120-129.
- Никоненко, Д., Радченко, С. 2019. 3D фотограмметрія в археології: дослідження Консулівського постскіфського городища. *Pontica et Caucasia II. Міждисциплінарні дослідження старожитностей Чорного моря*. Тези міжнародної наукової конференції 14-17 травня 2019 року. Варшава, с. 38-39.
- Радченко, С. 2017. Теоретические и методологические аспекты комплексного изучения археологического объекта с использованием ГИС. В: Радченко, С., Кюсак, Д. (ред.) *Людина та її слід. Природа і комунікація. До 50-річчя Олега Валентиновича Тубольцева*, с. 167-185.
- Радченко, С., Кюсак, Д. 2019. Тривимірний світ археологічних матеріалів та як його спостерігати? В А. Корохіна (ред.). *Тези міжнародної конференції молодих вчених «To dig or not to dig: інвазивні та неінвазивні методи археології»*. 11-12 жовтня 2019 року. Київ: ІА НАН України, с. 17-21.
- Рудь, В. С. 2015. Картографування пам'яток трипільської культури Південно-Східної Вінниччини. *Археологія і давня історія України*, 4 (17), с. 134-139.
- Хоперсков, А. В., Андреева, И. И., Храпов, С. С., Писарев, А. В., Грицкевич, М. В. 2015. *Геоинформационный портал для поддержки археологических и палеоантропологических исследований*. Волгоград: Изд-во Волгоград. ун-та.
- Шакиров, З. Г. 2015. *Методы фиксации в археологии*. Казань.
- Шерстюк, В. В. 2015. Віртуальні археологічні розвідки. *Археологія і давня історія України*, 4 (17), с. 148-154.
- Barcelo, J. A., Pallares, M. 1996. A critique of GIS in Archaeology. From Visual seduction to Spatial Analysis. *Archeologia e Calcolatori*, 6, p. 313-326
- Blankholm, H. P. 1991. *Intrasite Spatial analysis in Theory and Practice*. Arhus: Arhus University Press.
- Conolly, J., Lake, M. 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Diachenko, A. 2013. Settlement growth as a fractal. *Journal of Neolithic Archaeology* 15, p. 88-105. <https://doi.org/10.12766/jna.2013.7>.
- Diachenko, A., Menotti, F. 2015. Cucuteni-Tripolye contact networks: cultural transmission and chronology. In: Diachenko A., Menotti F., Ryzhov S., Bunyatyan K. and Kadrow S. (eds.), *The Cucuteni-Tripolye cultural complex and its neighbours: Essays in memory of Volodymyr Kruts*. Lviv: Astrolabe, p. 131-152.
- Goodchild, M., Haining, R., Wise S. 1992. Integrating GIS and spatial analysis: problems and possibilities. *International journal of Geographical Informational Systems*, vol. 6, 5, p. 327-334.
- Gregory, I., Ell, P. 2007. *Historical GIS: Technologies, Methodologies and Scholarship*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hernandez, D. 1994. *Qualitative representation of Spatial Knowledge*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hodder, I., Orton, C. 1976. *Spatial Analysis in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pavlu, I., Rulf, J., Zapotocka, M. 1995. Bylany rondel. Model of the Neolithic site. In J. Fridrich (eds.) *Praehistorica archaeologica Bohemica. Pamiatky archeologickü — supplementum 3*, p. 95-98.
- Read, D. W. 1989. Statistical Methods and Reasoning in Archaeological Research: A Review of Praxis and Promise. *Journal of Quantitative Anthropology*, 1, p. 5-78.
- Rendfrew, C., Bahn, P. 2005. Site catchment analysis. *Archaeology: the key concepts*, p. 172-176.
- Rossmann, D. L. 1976. A Site Catchment Analysis of San Lorenzo, Veracruz. In: K.V. Flannery (eds.) *The Early Mesoamerican Village*. NY: Academic Press, p. 95-103.
- Scianna, A., Villa, B. 2011. GIS applications in archaeology. *Archeologia e Calcolatori*, 22, p. 337-363.
- Tuboltsev, O., Radchenko, S. 2019. Causewayed enclosures in Ukraine? A new look at an Early Bronze Age site in the Ukrainian Steppe. *Antiquity*, 93 (369), E18. <https://doi.org/10.15184/aqy.2019.53>

Надійшла 13.11.2019

С. Б. Радченко

Аспирант, Туринский университет, ORCID 0000-0003-2970-5373, simon.radchenko@gmail.com

ЗАЧЕМ НУЖНЫ ГЕОИНФОРМАТИКИ И КАК ИХ ПРАВИЛЬНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ?

Современные технологии предлагают широкий спектр решений для любого этапа археологических исследований. Геоинформатика, например, стала обязательной частью археологии ещё с конца прошлого века. Геоинформационное обеспечение археологических исследований, а также фотограмметрия и управление геопространственными базами данных, уже доказали свою чрезвычайную эффективность. Однако квалифицированный научный подход требует системного использования всех доступных инструментов. Для того, чтобы избежать спорадического и хаотичного использования геоинформатики, археолог должен руководствоваться комплексным подходом к геоинформационному обеспечению своего исследования, что означает вдумчивое и сознательное использование методов геоинформационных систем (ГИС) с самого начала работ — с этапа их планирования. Только обдумывая все аспекты работы, от выбора системы координат до тщательной подготовки структуры базы данных, археолог может получить качественные данные — точные, достоверные, полные, унифицированные и интероперабельные. Преимущества геопространственных баз данных перед аналоговыми данными или геоинформационными системами иногда до сих пор вызывают дискуссии, что обуславливает потребность в их пристальном рассмотрении. Среди них возможности динамических изменений, использования данных трёхмерного моделирования и процедур нечёткой логики, возможности адаптации к конкретному исследованию и включения непространственных данных в процедуры анализа. Кроме того, использование систем управления базами данных, запросов, пространственных выборок etc. крайне расширяет спектр возможностей для получения, анализа и визуализации данных. Комплексное, системное и вдумчивое использование всего спектра инструментов геоинформатики решительно необходимо для обеспечения конкурентоспособного и результативного археологического исследования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: базы данных, интероперабельность, геопространственные данные, ГИС, системы координат, археологические исследования.

Simon B. Radchenko

PhD student, University of Turin, ORCID 0000-0003-2970-5373, simon.radchenko@gmail.com

WHY DO WE NEED GEOINFORMATICS SPECIALISTS AND HOW TO USE THEM CORRECTLY?

Nowadays, technologies propose vast variety of different solutions to all stages of archaeological research. Geoinformatics, for instance, became the necessary part of archaeology since the end of the last century. Geoinformational provision of excavations and research, together with photogrammetry and geospatial database tools proved to be incredibly efficient. However, qualified scientific approach requires systematic use of all available instruments. In order to avoid the chaotic and random use of digital tools, an archaeologist should implement a complex approach to the geospatial provision of any research. It means qualified and rational use of geospatial database, geoinformational systems and photogrammetry from the very beginning of research — on the stage of planning. Only considering all the issues — from the coordinate system choice to the database management system structure — scientist can obtain a high quality of archaeological data that must be accurate, complete, interoperable, unified and precise. The advantages of geospatial databases for archaeological researches comparing to instrumental geoinformational system or analogue data sometimes are still the issue for discussion, so their usability must be considered and proved. Dynamic changeability, use of third dimension and fuzzy logic operators, interoperability, adaptation possibilities and a capacity to include the non-spatial data are the most important of them. Besides, use of database management systems, constraints, query procedures and spatial and conditional selections make databases extremely useful for the data mining, analysis and visualization. The complex, systematic and rational use of the entire geoinformatics toolkit is strongly recommended to provide a concurrent and efficient archaeological research.

К е у о р д s: database, interoperability, geospatial data, GIS, coordinate systems, archaeological research.

References

- Akasheva, A. A. 2011. *Prostranstvennyi analiz dannykh v istoricheskikh naukakh. Primenenie geoinformatsionnykh tekhnologii: uchebno-metodicheskoe posobie*. Nizhnii Novgorod: Nizhegorodskii universitet.
- Babenko, M. Yu., Bohdanets, S. A. Kompiuterne tryvmirne modeliuвання trypils'koho posudu. *Arkheometriia ta okhorona istoriko-kulturnoi spadshchyny*, 1, pp. 61-62.
- Barcelo, J. A., Pallares, M. 1996. A critique of GIS in Archaeology. From Visual seduction to Spatial Analysis. *Archeologia e Calcolatori*, 6, pp. 313-326.
- Bilynskiy, O. Yakhimovych, K. 2018. Hospodarstvo naseleння skifskoho chasu na Seimi za danymy heoinformatsiinoho vyvchennia pryrodnykh umov ta pamiatok. *Arkheolohiia i davnia istoriia Ukrainy*, 1 (26), pp. 280-292.
- Blankholm, H. P. 1991. *Intrasite Spatial analysis in Theory and Practice*. Arhus: Archus University Press.
- Blokhin, V. G., Kuzmin, N. M., Pererva, E. V., Khokhlova, S. S., Shinkar, O. A. Geoinformatsionnye sistemy dlia podderzhki arkheologicheskikh dannykh. *Vestnik VolGU*, 8, pp. 141-146.

- Bragin, P. N. 2010. Istoricheskie geoinformatsionnye sistemy: problemy razrabotki i ispolzovaniia razlichnykh istochnikov. *Iaroslavl'skij pedagogicheskii vestnik*, t. III, 4, pp. 148-152.
- Conolly, J., Lake, M. 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Daragan, M. N. 2015. Opyt 3D-modelirovaniia kurgannykh sooruzhenii epokhi Eneolita - rannei Bronzy. *Virtualnaia arkeologia (effektivnost metodov)*. materialy Vtoroi Mezhdunar. konf. (1-3 iyunia 2015, Gos. Ermitazh, S.-Peterburg, RF). SPb.: Izd-vo Gos. Ermitazha, pp. 127-138.
- Diachenko, A. 2013. Settlement growth as a fractal. *Journal of Neolithic Archaeology* 15, p. 88-105. <https://doi:10.12766/jna.2013.7>.
- Diachenko, A., Menotti, F. 2015. Cucuteni-Tripolye contact networks: cultural transmission and chronology. In: Diachenko A., Menotti F., Ryzhov S., Bunyatyan K. and Kadrow S. (eds.), *The Cucuteni-Trypillia cultural complex and its neighbours: Essays in memory of Volodymyr Kruts*. Lviv: Astrolabe, pp. 131-152.
- Goodchild, M., Haining, R., Wise S. 1992. Integrating GIS and spatial analysis: problems and possibilities. *International journal of Geographical Informational Systems*, vol. 6, 5, pp. 327-334.
- Gregory, I., Ell, P. 2007. *Historical GIS: Technologies, Methodologies and Scholarship*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hernandez, D. 1994. *Qualitative representation of Spatial Knowledge*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hodder, I., Orton, C. 1976. *Spatial Analysis in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Khoperskov, A. V., Andreeva, I. I., Khrapov, S. S., Pisarev, A. V., Gritskevich, M. V. 2015. *Geoinformatsionnyi portal dlia podderzhki arkeologicheskikh i paleoantropologicheskikh issledovaniy*. Volgograd: Izdatelstvo Volgogradskogo universiteta.
- Korobov, D. S. 2011. *Osnovy geoinformatiki v arkeologii: uchebnoe posobie*. M.: Izd-vo Mosk. gos. un-ta.
- Nykonenko, D. D., Radchenko, S. B., Volkov, A. V. 2017. Vitovtova vezha za danymy suchasnykh fotogrammetrychnykh doslidzhen. *Arheologia*, 4, pp. 120-129.
- Nykonenko, D., Radchenko, S. 2019. 3D fotogrametriia v arkeologii: doslidzhennia Konsulivskoho postskiifskoho horodyscha. *Pontica et Caucasia II. Mizhdyscyplinarni doslidzhennia starozhnyosti Chornogo moria. Tezy mizhnarodnoi naukovoii konferentsii 14-17 travnia 2019 roku*. Varshava, pp. 38-39.
- Pavlu, I., Rulf, J., Zapotocka, M. 1995. Bylany rondel. Model of the Neolithic site. In: J. Fridrich (eds.) *Praehistorica archaeologica Bohemica. Pamyatky archeologicku - supplementum 3*, pp. 95-98.
- Radchenko, S. 2017. Teoreticheskie i metodologicheskie aspekty kompleksnogo izucheniia arkeologicheskogo obekta s ispolzovaniem GIS. V: Radchenko, S., Kiosak, D. (red.) *Liudyna ta ii slid. Pryroda i komunikatsiia. Do 50-richchia Oleha Valentynovycha Tuboltseva*, pp. 167-185.
- Radchenko, S., Kiosak, D. 2019. Tryvymirnyi svit arkeolohichnykh materialiv ta yak yoho sposterihaty? V: A. Korokhina (red.). *Tezy mizhnarodnoi konferentsii molodykh vchenykh «To dig or not to dig: invazyvni ta neinvazyvni metody arkeolohii»*. 11-12 zhovtnia 2019 roku. Kyiv: IA NAN Ukrainy, pp. 17-21.
- Read, D. W. 1989. Statistical Methods and Reasoning in Archaeological Research: A Review of Praxis and Promise. *Journal of Quantitative Anthropology*, 1, pp. 5-78.
- Rendfrew, C., Bahn, P. 2005. Site catchment analysis. *Archaeology: the key concepts*, pp. 172-176.
- Rossmann, D. L. 1976. A Site Catchment Analysis of San Lorenzo, Veracruz. In: K.V. Flannery (eds.) *The Early Mesoamerican Village*. NY: Academic Press, pp. 95-103.
- Rud, V. S. 2015. Kartohrafuvannia pamiatok trypils'koi kultury Pivdenno-Skhidnoi Vinnychyny. *Arkeolohiia i davnii istoriia Ukrainy*, 4 (17), pp. 134-139.
- Scianna, A., Villa, B. 2011. GIS applications in archaeology. *Archeologia e Calcolatori*, 22, pp. 337-363.
- Shakirov, Z. G. 2015. *Metody fiksatsii v arkeologii*. Kazan.
- Sherstiuk, V. V. 2015. Virtualni arkeolohichni rozvidky. *Arkeolohiia i davnii istoriia Ukrainy*, 4 (17), pp. 148-154.
- Tuboltsev, O., Radchenko, S. 2019. Causewayed enclosures in Ukraine? A new look at an Early Bronze Age site in the Ukrainian Steppe. *Antiquity*, 93 (369), E18. <https://doi:10.15184/aqy.2019.53>.
- Vladimirov, V. N. 2005. *Istoricheskaia geoinformatika: geoinformatsionnye sistemy v istoricheskikh issledovaniakh*. Barnaul: Izdatelstvo Altaiskogo universiteta.
- Zhyhola, V. S., Skorokhod, V. M. 2019. Novitni metody fiksatsii v arkeolohii. *Arheologia*, 1, pp. 118-130. <https://doi:10.15407/archaeologyua2019.01.118>
- Zotsenko, I., Borysov, A., Manihda, O. 2019. Hrupa arkeolohichnykh heoinformatsiinykh doslidzhen. *Vystup na mizhnarodnii konferentsii molodykh vchenykh «To dig or not to dig: invazyvni ta neinvazyvni metody arkeolohii»*. 11-12 zhovtnia 2019 roku. Kyiv: IA NAN Ukrainy.