Lietuvos archeologijos draugija
Lietuvos istorijos institutas
Klaipėdos universitetas

LIETUVOS ARCHEOLOGIJA 36

DIEMEDŽIO LEIDYKLA
VILNIUS

VILNIUS 2010

Leidybą finansavo

LIETUVOS MOKSLO TARYBA
NACIONALINĖ LITUANISTIKOS PLĖTROS 2009–2015 METŲ PROGRAMA

Redaktorių kolegija:

Dr. Andra Simniškytė (ats. redaktorė)
(*Lietuvos istorijos institutas, Vilnius*)
Dr. Anna Bitner-Wróblewska
(*Valstybinis archeologijos muziejus Varšuvoje, Lenkija*)
Prof. dr. Rimantas Jankauskas
(*Vilniaus universitetas, Lietuva*)
Prof. dr. Eugenijus Jovaiša
(*Vilniaus pedagoginis universitetas, Lietuva*)
Prof. dr. Vladimir Kulakov
(*Rusijos archeologijos institutas, Maskva*)
Prof. dr. Valter Lang
(*Tartu universitetas, Estija*)
Doc. dr. Algimantas Merkevičius
(*Vilniaus universitetas, Lietuva*)
Dr. Gintautas Rackevičius
(*Pilių tyrimo centras „Lietuvos pilys“, Vilnius*)
Dr. Arnis Radiņš
(*Latvijos nacionalinis istorijos muziejus, Ryga*)
Dr. Eugenijus Svetikas
(*Lietuvos istorijos institutas, Vilnius*)
Doc. dr. Valdemaras Šimėnas
(*Lietuvos istorijos institutas, Vilnius*)
Dr. Vykintas Vaitkevičius
(*Klaipėdos universitetas, Lietuva*)
Doc. dr. Ilona Vaškevičiūtė
(*Lietuvos istorijos institutas, Vilnius*)
Dr. Gintautas Zabiela
(*Klaipėdos universitetas, Lietuva*)
Dovilė Urbonavičiūtė (ats. sekretorė)
(*Lietuvos istorijos institutas, Vilnius*)

Žurnalas registruotas: EBSCO Publishing: Central and Eastern European Academic Source. European Reference Index for the Humanities (ERIH)

ISSN 0207-8694

© Lietuvos istorijos institutas, 2010
© Straipsnių autoriai, 2010

LIETUVOS ARCHEOLOGIJA. 2010. T. 36, p. 29–46. ISSN 0207-8694

GIS PANAUDOJIMO ARCHEOLOGINIŲ DUOMENŲ ERDVINĖJE ANALIZĖJE GALIMYBĖS

ROLANDAS TUČAS

Straipsnyje aptariamos GIS panaudojimo galimybės kartografuojant archeologines vietas ir tiriant jų erdvinės sklaidos dėsningumus. Archeologinių vietų duomenų bazės specifinis neišbaigtumas, pačių duomenų interpretacijos daugiaprasmiškumas gerokai apsunkina įprastą darbo pagal GIS metodiką. Straipsnyje aptariama, kaip reikia formuoti mokslines archeologinių vietų duomenų bazes, galimos jų kodavimo sistemos, archeologinių duomenų bei objektų atrankos, duomenų apdorojimo ir mokslinės analizės galimybės.

Reikšminiai žodžiai: GIS panaudojimas archeologijoje, archeologinės duomenų bazės, duomenų kodavimo sistemos.

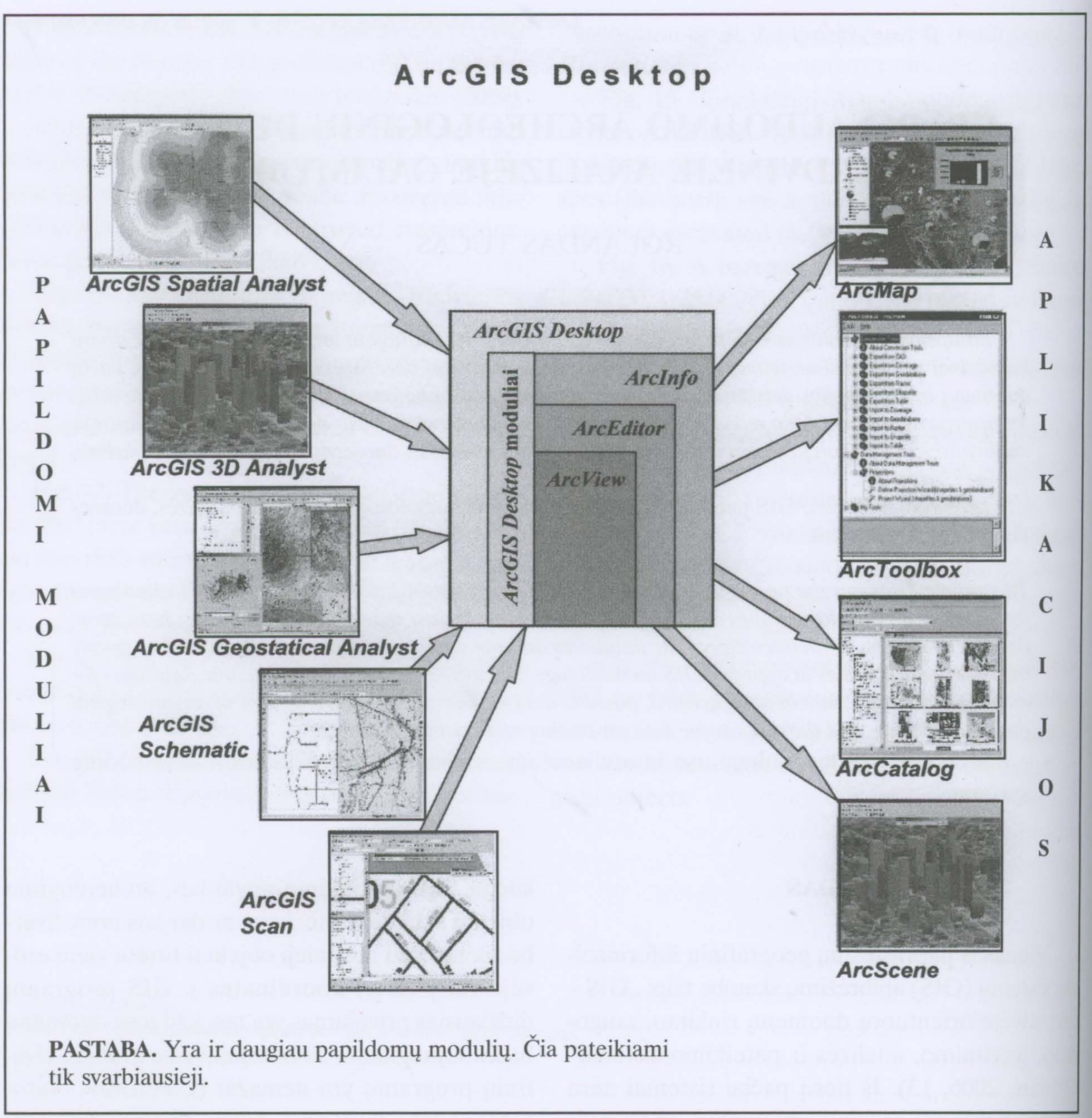
This article discusses the possibilities of using GIS (Geographical Information Systems) technologies for mapping archaeological sites and analysing the features of their spatial disposition. The characteristic incompleteness of archaeological site databases and the ambiguities of interpreting the data greatly increase the difficulties in applying GIS methodology. The article discusses how scientific databases for archaeological sites should be structured, possible data coding systems, the selection of archaeological data and objects, and the options for data processing and scientific analysis.

Keywords: GIS technology use in archaeology, archaeological databases, data coding systems.

ĮVADAS

Vienas iš paprastesnių geografinių informacinių sistemų (GIS) apibrėžimų skamba taip: „GIS – tai erdvėje orientuotų duomenų rinkimo, saugojimo, įvertinimo, analizės ir pateikimo sistema“ (Tumas, 2006, 13). Iš tiesų pačiai sistemai nėra svarbu, kokie yra erdviniai duomenys: ar tai geologinių gręžinių vietos, retų augalų augimvietės, gydymo įstaigų išsidėstymas, požeminių komunikacijų tinklas, rinkimų apylinkės, archeologinių objektų sklaida teritorijoje, ar dar kas nors. Svarbu tik tai, kad tiriamieji objektai turėtų vietą erdvėje (x, y (ir z) koordinates[1]). GIS programų didžiausias privalumas yra tas, kad jose duomenų bazės sujungiamos su kompiuterine grafika. Grafinių programų yra nemažai (*CorelDraw, AutoCAD, Adobe Iliustrator, Adobe Photoshop* ir kt.), tačiau dauguma jų skirtos tik grafiniam mus dominančių erdvinių reiškinių pavaizdavimui. Jos

[1] Žemė yra geoidas. Todėl projektuojant erdvinius duomenis plokštumoje (ypač didelių regionų ar viso Žemės paviršiaus) neišvengiamai iškraipoma bent viena erdvinė savybė (forma, plotas, atstumas, kryptis). Norint kuo labiau sumažinti šiuos iškraipymus ir buvo sukurta daugybė visos žemės ir nacionalinių projekcijų. Tam pasirenkama sritis (pvz., pusiaujo zona, vidurio platumos, kuri nors šalis ar jos regionas), kuriai teikiamas realybės pavaizdavimo tikslumo prioritetas, o tolstant nuo jos – laipsniškai ryškėja vis didėjantys iškraipymai. Šiuo metu Lietuvoje plačiausiai naudojama LKS 1994 metrinė koordinačių sistema (sukurta 1994 m.). Tad dirbant su Lietuvos teritorijos geoduomenimis, ją ir rekomenduotina pasirinkti. Koordinačių sistema projekte pasirenkama nurodžius ją *ArcGIS Desktop* aplikacijose.



PASTABA. Yra ir daugiau papildomų modulių. Čia pateikiami tik svarbiausieji.

1 pav. *ArcGIS Desktop* struktūra (schemai sudaryti panaudoti paveikslai iš http://www.hnit-baltic.lt/). *Autoriaus brėž.*

neskirtos duomenims kaupti ir sisteminti. Kitas svarbesnis grafinių programų trūkumas – jose išsiverčiama be koordinačių sistemų, vadinasi, kiekvienoje jų sukurta realaus erdvinio vaizdo projekcija (pvz., kartoschema) yra „unikali“, neturinti ir negalinti turėti topologinių ryšių su kitomis realybės projekcijomis. Žinoma, dažnai elementarioms kartoschemoms, vietovių planams parengti mums ir nereikia sudėtingų geoinformacinių programų. Tačiau dirbant su dideliais duomenų kiekiais, atliekant sudėtingesnes erdvinės analizės operacijas GIS yra nepakeičiamos, nes jos sujungia pagrindines grafinių ir informacinių sistemų funkcijas.

Šiuo metu pasaulyje žinoma nemažai įvairių GIS kompiuterinių programų kategorijai priskiriamų programų (*ArcGIS Desktop*, *MapInfo*, *Integraph GeoMedia* ir kt.). Tačiau populiariausi yra ESRI kompanijos (*http://www.esri.com/*) produktai, iš kurių šiuo metu žinomiausia yra individualiam vartotojui skirta *ArcGIS Desktop* programų grupė (plačiau – *http://www.esri.com/, http://www.hnit-baltic.lt/*).

ArcGIS Desktop produktų grupę sudaro (GIS programinė įranga, 2009) (1 pav.):

• ***ArcView*** (suteikia paprasčiausių geografinių duomenų vizualizacijos, valdymo, kūrimo ir analizės galimybių);

• ***ArcEditor*** (įtraukti visi *ArcView* naudojami, taip pat papildomi redagavimui, duomenų kūrimui ir pan. skirti įrankių rinkiniai);

• ***ArcInfo*** (tai labiausiai išbaigta GIS, skirta profesionalams. Apima visas *ArcView*, *ArcEditor* funkcijas, taip pat dar pridėti sudėtingi erdvinės analizės ir ypač aukštai kartografinės analizės kokybei pasiekti skirti įrankiai).

• **Papildomi moduliai**, kurių dėka gali būti išplėstas *ArcGIS Desktop* šeimos (*ArcView*, *ArcEditor* ir *ArcInfo*) funkcionalumas: *ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Geostatical Analyst, ArcGIS Schematic, ArcGIS Scan ir kt.*

ArcGIS Desktop sąsają su vartotoju sudaro šios tarpusavyje integruotos aplikacijos:

• ***ArcMap*** (skirta dirbti su žemėlapiais (vizualizavimas, vizuali analizė, redagavimas ir pan.);

• ***ArcCatalog*** (skirta duomenų sisteminimui, greitai duomenų ir metaduomenų peržiūrai);

• ***ArcToolbox*** (paprastai integruojama į *ArcMap* ir *ArcCatalog*);

• ***ArcScene*** (skirta darbui su 3D duomenimis).

Kitos mažiau žinomos yra *MapInfo* (plačiau – *http://www.mapinfo.com/*) bei *Integraph* (plačiau – *http://www.intergraph.com/*) programos. *MapInfo* Europos, Šiaurės Amerikos šalyse mažiau paplitusi, tačiau kai kur pasaulyje (pavyzdžiui, Japonijoje) ji populiaresnė net už ESRI kompanijos produktus. *MapInfo* Lietuvoje įsitvirtino tik geologijoje. Kitose srityse (taip pat ir archeologijoje) populiaresnės išlieka *ArcGIS Desktop* grupės programos.

GIS panaudojimas archeologijoje turi savų ypatumų. Specifinis archeologinių duomenų neapibrėžtumas, jų vertinimų daugiaprasmiškumas bei neišbaigtumas sunkiai dera su tradiciniais duomenų bazių formavimo principais (duomenų vientisumo užtikrinimu ir kt.). Todėl šio straipsnio tikslas – aptarti probleminius archeologinių vietų mokslinių GIS duomenų bazių kūrimo ir jų panaudojimo aspektus.

GIS PANAUDOJIMAS ARCHEOLOGIJOJE

Archeologija yra viena iš tų mokslo sričių, kur puikiai galima pritaikyti GIS technologijas. Archeologijos moksle sparčiai įsigali skaitmeninės technologijos, ir GIS čia užima vieną iš lyderių pozicijų. Plačiau skaitmeninių technologijų panaudojimo archeologijoje istorija, perspektyvos pristatomos R. Laužiko straipsnyje „Skaitmeninė archeologija pasaulyje ir Lietuvoje: turinys, istorija ir taikymo galimybės“ (Laužikas, 2005). Straipsnio autorius pastebi, kad Lietuvoje GIS panaudojimas archeologijoje dar gerokai atsilieka nuo situacijos Vakarų Europoje. Iš tikrųjų tai nėra kažkoks išskirtinis fenomenas, nes tą patį galima pasakyti ir apie kitas su erdviniais tyrimais susijusias mokslo sritis. Ir tai ne tik technologinis atsilikimas, skurdūs mokslo įstaigų finansiniai resursai. Didžiąja dalimi tai ir žmogiškasis faktorius. Santykinai menkas mokslo institucijų dėmesys skaitmeninių technologijų diegimui, personalo mokymui lėmė tai, kad dauguma naudojančių GIS technologijas moksle (o ypač – humanitariniuose, socialiniuose ar net gamtos) yra kompiuterininkai savamoksliai. Dirbant su GIS programomis labai svarbu turėti nors šiokių tokių darbo su duomenų bazėmis įgūdžių. Deja, mūsų universitetuose iki šiol tam buvo skiriama per mažai dėmesio. Šiuo metu situacija gana sparčiai keičiasi – nuo 2009 m. VU IF

paminklotvarkos ir archeologijos studijų programų magistrantams pradėti dėstyti darbo su duomenų bazėmis ir GIS pagrindai. Taip pat svarbu pastebėti, jog nemažai Lietuvos archeologų savo tyrimuose jau kurį laiką sėkmingai naudoja GIS technologijas, yra sukūrę tam reikalingas duomenų bazes. Iš tiesų GIS technologijos archeologijoje naudojamos gerokai plačiau. Nereikia pamiršti, jog GIS technologija paremtas ir tokių šiuo metu Lietuvos archeologijoje jau plačiai naudojamų skaitmeninių prietaisų kaip GPS (Pasaulio vietos nustatymo sistema – PVNS; angl. *Global Position System*), tacheometrų ir kt. veikimas.

GIS technologijų panaudojimas moksle tiesiogiai sietinas ir su mokslo finansavimu. Tad ne veltui turtingesnėse šalyse gerokai toliau pažengta diegiant GIS technologijas tokiose mokslo srityse kaip archeologija. Tai galima pastebėti gilinantis į archeologinių tyrimų problematikai skirtus mokslinius leidinius. Itin daug dėmesio naujų technologijų įsitvirtinimui moksle skiria ir patys programinės įrangos kūrėjai. Pavyzdžiui, ESRI kompanijos tinklapyje (*www.esri.com*) tikrai nemažai dėmesio skiriama GIS technologijų panaudojimui įvairiose mokslo srityse. Šiame tinklapyje, prisijungus adresu *http://www.esri.com/industries/archaeology/index.html*, galima rasti ir mokslinių publikacijų, kuriose pristatomi sėkmingesni GIS technologijų panaudojimo archeologiniuose, senojo kultūrinio kraštovaizdžio tyrimuose atvejai (GIS for Archaeology, 2009). Nesunku pastebėti, kad dauguma tokių tyrimų, dažnai didelės apimties ir gerai finansuojamų projektų, atliekama Amerikos žemyne, Vakarų Europoje (Jungtinėje Karalystėje, Vokietijoje, Skandinavijos, Viduržemio jūros regiono šalyse), Artimuosiuose Rytuose. Kaip matyti iš publikacijų, Vidurio ir Rytų Europa šioje srityje dar gerokai atsilieka.

Visiems prieinamos ir ESRI kompanijos leidžiamo GIS technologijų panaudojimui archeologijoje skirto elektroninio mokslinio žurnalo „Journal of GIS in Archaeology" viso teksto publikacijos (Journal of GIS in Archaeology, 2009). Jau vien jas peržvelgus galima susidaryti gana aiškų vaizdą, kur ir kaip yra naudojamos GIS technologijos. Būtina paminėti ir labai įdomų Kembridžo universiteto 2006 m. išleistą GIS panaudojimui archeologijoje skirtą vadovėlį – J. Conolly ir M. Lake „Geographical Information Systems in Archaeology", kuriame išsamiai pateikiami GIS panaudojimo archeologijoje metodiniai aspektai, dėmesio skiriama ir statistiniams metodams, žemėlapių algebrai, duomenų bazių sudarymui bei kt. (Conolly, Lake, 2006). Kitas archeologams itin reikšmingas leidinys – M. W. Methrer ir K. L. Wescott redaguotas įvairių autorių mokslinių straipsnių, skirtų GIS technologijų panaudojimo archeologiniams reiškiniams modeliuoti, rinkinys – „GIS and Archaeological Site Location Modeling" (Methrer, Wescott, 2006). Šiame leidinyje daug dėmesio skiriama GIS technologijų panaudojimui senųjų kelių, senojo kraštovaizdžio, gamtonaudos (medžioklės plotų, mineralinių išteklių gavybos vietų ir jų platinimo), dirbinių plitimo modeliavimui. Pažymėtinas ir kitas, kiek mažesnės apimties straipsnių rinkinys (pirmoji redakcija – 2000 m., pakartotinė – 2005 m.), daugiau skirtas tik įvairių Šiaurės Amerikos regionų (Ontario, Niujorko, Pensilvanijos ir kt.) priešistorinio kultūrinio kraštovaizdžio modeliavimui panaudojant GIS technologijas (redaguotas K. L. Wescott ir R. J. Brandon) „Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling kit" (Wescott, Brandon, 2005). D. Whetley ir M. Gillings vadovėlis „Spatial Technology and Archaeology: the Archaeological Applications of GIS" taip pat skirtas archeologams (Whetley, Gillings, 2005). Jame plačiau pristatomi bendrieji GIS programų naudojimo principai – GIS panaudojimui archeologijoje skiriama kiek mažiau dėmesio.

Iki šiol Lietuvos moksliniuose leidiniuose yra tik vienas straipsnis, skirtas GIS panaudojimui archeologijoje (Bagdanavičiūtė ir kt., 2004). Žinoma, negalima teigti, jog GIS technologijos tarp Lietuvos archeologų nepopuliarios. Jos Lietuvoje

kiek plačiau naudojamos gyvenviečių tyrimuose bei paminklotvarkoje. Tačiau bent jau kol kas savosios GIS technologijų naudojimo patirties mūsų archeologai mokslinėse publikacijose plačiau dar nėra pristatę.

ARCHEOLOGINIŲ VIETŲ DUOMENŲ BAZĖS FORMAVIMO SPECIFIKA

Pirmoji užduotis prieš pradedant formuoti bet kokią duomenų bazę GIS programinėje aplinkoje yra projekto parengimas. Tai nėra lengva užduotis. Tobulai ją atlikti net ir patyrusiam GIS žinovui būtų gana sudėtinga, o ką jau kalbėti apie nepatyrusį GIS vartotoją. Tačiau net ir iš anksto suvokiant, kad vargu ar pavyks sukurti tobulą produktą, tai daryti būtina. Priešingu atveju tikrai neišvengsime rimtų korekcijų ateityje, o tam reikės nemažų darbo bei laiko sąnaudų. Archeologinių vietų duomenų bazės projekto parengimą galima suskirstyti į tris etapus:

1. Duomenų bazės paskirties apibrėžimas.
2. Atributinės (-ių) lentelės (-ių) konstravimo tvarkos parinkimas.
3. Požymių kodavimo sistemos sudarymas.

Pirmiausia būtina apsispręsti, kokia bus duomenų bazės paskirtis, t.y. kokiu tikslu ji bus kuriama. Nuo to priklauso, kokie duomenys, objektų požymiai mums bus reikalingi. Archeologinių vietų duomenų bazes pagal jų paskirtį galima suskirstyti į dvi grupes:

1. Paminklosaugines.
2. Mokslines.

Paminklosaugai skirtos archeologinių vietų duomenų bazės GIS programinėje aplinkoje jau yra kuriamos. Šį darbą atlieka Kultūros paveldo centro Archeologijos paveldo instituto (KPC API) bei Kultūros paveldo departamento (KPD) specialistai. Tuo tarpu mokslinės paskirties visiems prieinamų duomenų bazių dar nėra. Tad archeologai, kitų sričių specialistai, atliekantys įvairių archeologinių reiškinių, objektų, artefaktų teritorinės sklaidos tyrimus, turi patys jas ir sukurti.

Paminklosaugos tikslais kuriamose duomenų bazėse fiksuojami tik patys bendriausi archeologinių vietų požymiai, būdingi visų tipų archeologiniams objektams (2 pav.): registro kodas ir įregistravimo jame data; archeologinių vietų kodai ankstesniuose saugomų archeologijos vietų (paminklų) sąrašuose ir įregistravimo juose datos; archeologinei vietai registre suteiktas oficialus pavadinimas ir jo alternatyvūs pavadinimai; archeologinės vietos adresas (savivaldybė, seniūnija, vietovė); archeologinės vietos užimamas plotas bei jo nustatymo data; archeologinės vietos geografinės koordinatės.

Shape	Nr.	Registro kodas	Įregistravimo data	Senasis kodas	Įregistravimo data	Pavadinimas	Tipas	Savivaldybė
Point	42	PA09P	1997 12 31	AV – 2031	1987 12 22	Šlikių pilkapynas	pilkapynas	Klaipėdos r.
Point	45	PA14P	1997 12 31	AV – 1875	1977 02 22	Slengių kapinynas	kapinynas	Klaipėdos r.
Point	96	PA64P	1997 12 31	AR – 502	1972 03 30	Kačaičių piliakalnis	piliakalnis	Kretingos r.
Point	337	A1717	2003 04 24	IP – 2414/A	1993 02 18	Tūbausių sen. gyvenvt.	sen. gyvenvt.	Kretingos r.

2 pav. Paminklosaugai skirtos atributinės lentelės fragmentas. *Autoriaus brėž.*

Mokslinėje duomenų bazėje išlieka tie patys anksčiau pateikti bendrieji požymiai, tačiau jų nepakanka. Papildomai reikia fiksuoti dar daugybę požymių, kurių tik dalis visų tipų archeologiniams objektams bus bendri. Tai būtų: datavimas tyrimų duomenimis; žvalgymas (žvalgomosios (-ųjų) ekspedicijos (-jų) vadovas (-ai), data (-os); tyrimai (tyrimų vadovas (-ai), data (-os), ištirtas plotas); tyrimų rezultatai, radiniai; etnokultūrinė priklausomybė; įvairios pastabos, nuorodos, šaltiniai ir kt. bendrieji požymiai.

Be anksčiau išvardytų visų tipų archeologiniams objektams būdingų bendrųjų požymių, yra ir specifinių, būdingų tik atskiriems archeologinių objektų tipams. Bene daugiausia specifinių požymių turi piliakalniai: santykinis aukštis (*max*, *min*); šlaitų nuolydis; priešpilis (-iai); papilys (-iai), papėdės gyvenvietė (-ės) ir jos (jų) užimamas plotas; piliakalnio (priešpilio, papilio) aikštelės (-ių) forma, užimamas plotas, parametrai, orientacija; piliakalnio (priešpilio, papilio) gynybiniai įtvirtinimai (pylimai (skaičius, forma, padėtis, parametrai), grioviai (skaičius, forma, padėtis, parametrai); kultūrinio sluoksnio struktūra ir storis (piliakalnio (priešpilio, papilio) aikštelėje (-se) (prie pylimo, centre ir t.t.), šlaituose, papėdės gyvenvietėje ir t.t.); datavimas pagal išvaizdą; istoriniai šaltiniai; kiti tik piliakalniams būdingi požymiai.

Skirtingai nei piliakalniai, gyvenvietės neturi su jų paviršiaus reljefu susijusių požymių, tačiau likę požymiai (kultūrinis sluoksnis, radiniai ir kt.) yra panašūs.

Iš laidojimo paminklų daugiau specifinių požymių turi pilkapynai: pilkapių skaičius pilkapyne (dabar išlikusių pilkapių, ankstesniuose šaltiniuose minimas, sunaikintų pilkapių skaičius); pilkapių išsidėstymas pilkapyne (atstumas tarp pilkapių, pilkapių grupės, tarp grupių); sampilų parametrai (forma, aukštis, plotis (prie pagrindo); sampilų struktūra ir aplinka (akmenų vainikai, duobės, grioviai); tyrimų rezultatai (ištirta pilkapių, pilkapiuose rasta kapų, kapų padėtis sampile ir t.t.); kapų tipas (griautiniai, degintiniai; vyrų, moterų, žirgų kapai ir t.t.); radiniai (įkapės, atsitiktiniai radiniai); datavimas pagal išvaizdą; kiti tik pilkapiams būdingi požymiai.

Plokštiniai kapinynai paprastai neturi su jų paviršiaus reljefu susijusių požymių, kiti požymiai, daugiau susiję su tyrimais, yra panašūs kaip ir pilkapynų: tyrimų rezultatai; kapų tipas; radiniai ir kt.

Akivaizdu, jog mokslinės paskirties archeologinių vietų duomenų bazės turėtų būti nepalyginamai didesnės apimties ir sudėtingesnės nei paminklosauginės. Ir didesnės jos ne vien tik objektų skaičiumi (į mokslines duomenų bazes būtina įtraukti ir sunaikintas archeologines vietas, kurios paprastai paminklosauginėse duomenų bazėse nėra fiksuojamos), bet, kas labai svarbu, fiksuojamų požymių kiekiu. Jei mokslinę duomenų bazę formuosime paminklosauginės duomenų bazės pavyzdžiu, iškils problemų. Pirmiausia reikia gerai apgalvoti, ar verta visų tipų archeologinius objektus perkelti į vieną teminį sluoksnį, t.y. formuoti bendrą atributinę lentelę. Juk, kaip jau ir buvo minėta, skirtingų tipų archeologiniai objektai turi tik jiems būdingų požymių. Taigi, pavyzdžiui, laukelis (*square*), kuriame turėtų būti nurodytas pilkapių skaičius pilkapyne, piliakalnių, senovės gyvenviečių ir kapinynų atveju liks tuščias ir pan. Tokioje lentelėje daugumа laukelių liks nepanaudoti. Lentelė bus griozdiška ir nepatogi naudoti. Tad kiekvieno tipo archeologinius objektus tikslinga kartografuoti atskiruose teminiuose sluoksniuose, t.y. formuoti atskiras atributines lenteles (3 pav.). Reikalui esant, galima tokias lenteles sujungti į vieną[2].

Taip pat svarbu apsispręsti, kokie duomenys bus fiksuojami atributinėje lentelėje (-se), o kokie ne. Visiškai suprantamas noras siekti, kad kuo daugiau duomenų apie archeologinius objektus būtų užfiksuota. Tačiau tai sunkiai įgyvendinama. Todėl net ir mokslinėse duomenų bazėse tikslinga užfiksuoti tik pačius bendriausius ir konkrečiam objektų tipui svarbiausius duomenis. Tokie vektoriniai sluoksniai, jų atributinės lentelės turėtų tapti pagrindu, kurį kiekvienas vartotojas-tyrėjas galėtų papildyti specifiniais savo tyrimams reikalingais duomenimis.

Kitas duomenų bazės formavimo aspektas -

[2] *ArcGIS Desktop* programose tokios operacijos atliekamos su *GeoProcessing* plėtinio pagalba.

Archeologiniai objektai

Shape	R kodas	Pavadinimas	Savivaldybė	Papėdės gyv.	Pilkapių sk.	Tyrimai
Point	A1226P	Santakos, Šventininkų pilkapynas	Vilniaus r.	–	121	V. Vaitkevičius, 2000 m.
Point	A414P	Slengių kapinynas	Klaipėdos r.	–	–	V. Žulkus, 1977, 1978 m.
Point	A464P	Kačaičių piliakalnis	Kretingos r.	nėra	–	R. Kraujalis, 1997 m.
Point	A1859	Zeigių senovės gyvenvietė	Klaipėdos r.	–	–	R. Švelniūtė, 2003 m.

Senovės gyvenvietės

Shape	R kodas	Pavadinimas	Savivaldybė	Seniūnija	Tyrimai	Ištirtas plotas (m^2)
Point	A1853	Dargužių senovės gyvenvietė	Klaipėdos r.	Kretingalės	J. Kanarskas, 2003 m.	7,62
Point	A1859	Zeigių senovės gyvenvietė	Klaipėdos r.	Kretingalės	R. Švelniūtė, 2003 m.	

Piliakalniai

Shape	R kodas	Pavadinimas	Savivaldybė	Papėd. gyv. plotas (m^2)	Tipas	Pylimų sk.	Griovių sk.
Point	A464P	Kačaičių piliakalnis	Kretingos r.	0,2 ha (Z, 2005)	krantinis	3	2
Point	A1710K	Imbarės piliakalnis su priešpiliu	Kretingos r.	10 ha (Z, 2005)	krantinis	3	4

Kapinynai

Shape	R kodas	Pavadinimas	Savivaldybė	Seniūnija	Tyrimai	Ištirtas plotas (m^2)	Rasta kapų
Point	A414P	Slengių kapinynas	Klaipėdos r.	Sendvario	V. Žulkus, 1977, 1978 m.	259,00	33
Point	A455	Negarbos, Jazdų kapinynas	Kretingos r.	Kretingos	P. Baleniūnas, 1940 m.	206,00	17

Pilkapynai

Shape	R kodas	Pavadinimas	Savivaldybė	Seniūnija	Pilkapių sk.	Tyrimai	Ištirtas plotas (m^2)
Point	A271P	Vanagiškių pilkapynas	Jonavos	Upninkų	36	E. Butėnas, 1997 m.	200,00
Point	A1226P	Santakos, Šventininkų pilkapynas	Vilniaus	Buivydžių	121	V. Vaitkevičius 2000–2002 m.	

3 pav. Mokslinės paskirties duomenų bazės struktūros pavyzdys. *Autoriaus brėž.*

požymių eiliškumas atributinėje lentelėje[3]. Požymių fiksavimo seką taip pat verta gerai apgalvoti prieš pradedant formuoti duomenų bazę. Nepriekaištinga loginė duomenų bazės struktūra gerokai palengvina darbą su ja. Pirmiausia tikslinga užfiksuoti objektų pavadinimus, jų kodus, adresą, tada – požymius, jų svarbumo mums tvarką, galiausiai – informacijos šaltinius ir pan. Panašių, logiškai susijusių požymių stulpeliai (atributai) (*fields, columns*) turėtų būti šalia vienas kito (pvz., piliakalnių gynybiniai įrenginiai, jų skaičius, parametrai ir pan.). Žinoma, ne visada iš karto pavyksta apsispręsti, kokie objektų požymiai mums bus reikalingi. Iš tikrųjų pertvarkyti lentelę, pridėti naujus požymių stulpelius galima ir vėliau. Lentelėje jie visada atsidurs gale. Sistema leidžia

[3] GIS duomenų bazėse, kaip ir kitose reliacinėse (sąryšinėse) duomenų bazėse, lentelės eilutės (*records, rows*) atitinka objektus, o stulpeliai (duomenų bazėse dar dažnai vadinami „atributais“) (*fields, columns*) – jų požymius.

stulpelius perkelti į bet kurią lentelės vietą, tačiau jei mes tokią lentelę bandysime kopijuoti, kam nors perleisti, visa mūsų loginė tvarka subyrės ir kopijos atributinėje lentelėje visi požymių stulpeliai išsirikiuos jų suformavimo chronologine seka. Atributinės lentelės stulpelių pavadinimai turėtų būti trumpi ir aiškūs, lietuviškų rašmenų reikėtų vengti. Sistema visiškai išsaugo tik riboto dydžio ir tik lotyniškais rašmenimis užrašytus stulpelių pavadinimus.

Dar vienas svarbus aspektas – kokio tipo laukelius, į kuriuos bus įrašomi duomenys, pasirinksime[4]. Galimi keli variantai, tačiau dažniausiai atributinėse lentelėse naudojami du jų tipai:

1. Tekstiniai (senesnėse programose (pvz., *ArcView 3.2a*) vadinami *string,* o naujausiose – *text*) laukeliai.

2. Skaitmeniniai (senesnėse programose vadinami *number,* o naujausiose yra keli jų tipai – *integer, float, double*) laukeliai.

Atliekant analizę patogiau naudoti skaitmeninius laukelius. Tačiau ne visus duomenis (o ypač – archeologinius) galima išreikšti skaitmenimis. Naudojant tekstinius laukelius (kaip ir skaitmeninius) nekyla jokių problemų atliekant duomenų atrankos (*SQL*) operacijas. Tačiau dalį statistinių – matematinių operacijų nebus įmanoma atlikti (net ir tais atvejais, kai duomenys tekstiniame laukelyje įrašomi skaitmenimis). Tokios grafinės erdvinės analizės operacijos kaip interpoliavimas, įvairių kontūrų braižymas (atsižvelgiant į skaitmenines laukelių reikšmes) taip pat įmanomos naudojant tik skaitmeninių laukelių reikšmes. Tačiau daugumos požymių archeologinių vietų duomenų bazėse iš karto mes negalime išreikšti skaitmenimis. Net ir tokius požymius kaip pilkapių skaičius pilkapyne gana dažnai sudėtinga įrašyti skaitmeninių stulpelių laukeliuose. Juose galima įrašyti tik skaitmenis, ir jie netoleruoja jokių klaustukų, skliaustelių, raidžių ir pan. O žinomas pilkapių skaičius pilkapyne gali būti ir apytikslis, gali būti spėjamų pilkapių, skirtingi autoriai gali nurodyti skirtingą pilkapių skaičių tame pačiame pilkapyne ir t.t. Todėl įrašant pirminius požymius, patogiau naudoti tekstinius laukelius, kuriuose informaciją galima įrašyti net sakiniais (prieš tai nurodžius didesnes būsimų laukelių apimtis (ženklų skaičių) nei automatiškai („pagal nutylėjimą") leidžia sistema). Ir tik vėliau, duomenų kodavimo pagalba, surinktą informaciją tikslinga paversti skaitmeninėmis reikšmėmis (ir įrašyti jas į skaitmeninius laukelius), taip parengiant atributines lenteles tolesnei grafinei analizei.

Kita grupė – tai problemos, susijusios su duomenų grupavimu, standartizavimu ir kodavimu. Pati sistema neinterpretuoja tekstiniuose laukeliuose įrašytų duomenų. Todėl norint atributines lenteles parengti tolesnei analizei, būtina tekstinius duomenis paversti skaitmenimis ir įrašyti juos į skaitmeninius laukelius, t.y. reikia atlikti duomenų kodavimo operaciją. Kiekvieno požymio atveju būtina susikurti loginę sistemą, kuria remiantis objektai būtų sugrupuoti pagal jų požymių parametrus (4 pav.).

Tačiau ne visus požymius galima taip lengvai sugrupuoti, kaip tai parodyta 4 pav. Tarkim, kaip sugrupuoti tokius požymius kaip archeologinių objektų datavimas? Pakankamai ištirtų archeologinių objektų nėra daug. Netyrinėti ar mažai tyrinėti archeologiniai objektai sudaro absoliučią daugumą. Ir datuojami jie dažniausiai pagal atsitiktinius radinius ar išvaizdą (piliakalniai, pilkapiai). Gerai, jei atsitiktiniai (ar mažos apimties tyrimų) radiniai yra siauresnės chronologijos (monetos, papuošalai ir pan.). Tokį archeologinį objektą galime drąsiau priskirti kuriam nors laikotarpiui. Bet ir tai dar nereiškia, kad pastarasis nebuvo naudojamas ir kitais laikotarpiais. Gerokai sudėtingiau, kai atsitiktiniai radiniai yra plačios chronologijos (pvz., ietigaliai, keramika ir pan.). Datavimas pagal išorinį vaizdą (ypač – piliakalnių) taip pat neatsako į klausimą, ar archeologinis objektas

[4] Tai turi būti nurodoma redaguojant atributinę lentelę – pridedant naujus stulpelius (atributus).

Shape	Pavadinimas	Savivaldybė	Pilkapių sk.	Ištirti pilkapiai	Ištirtumo laipsnis (%)	Ištirtumo laipsnis (1–10)
Point	Minčios pilkapynas III	Utenos r.	29	5	17,24	2
Point	Salako, Kurganų pilkapynas	Zarasų r.	32	9	28,13	3
Point	Baliulių pilkapynas	Švenčionių r.	16	12	75,00	8
Point	Kretuonių pilkapynas	Švenčionių r.	250	56	22,40	3
Point	Mėžionių, Paulinavo pilkapynas	Švenčionių r.	16	16	100,00	10
Point	Sarių, Laukių pilkapynas	Švenčionių r.	51	12	23,53	3
Point	Sudotos pilkapynas	Švenčionių r.	200	20	10,00	1
Point	Sudotos pilkapynas III	Švenčionių r.	7	7	100,00	10
Point	Grigiškių, Naravų pilkapynas	Trakų r.	60	50	83,33	9
Point	Pakalnių pilkapynas	Vilniaus r.	23	7	30,43	4
Point	Karmazinų pilkapynas	Vilniaus r.	110	49	44,55	5
Point	Dusinėnų pilkapynas II	Vilniaus r.	95	5	5,26	1

4 pav. Duomenų kodavimo pavyzdys (1). *Autoriaus brėž.*

Shape	Pavadinimas	Savivaldybė	Datavimas	Kodavimas	0–50	51–100	101–150	151–200	201–250	251–300	301–350	351–400	401–450	451–500	501–550
Point	Sakuočių kapinynas	Kretingos r.	4a. 2 pusė–5 a.	x	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0
Point	Kalniškių kapinynas	Raseinių r.	vėl. neol.(1k), 3–4, 5–6, 11–12	x	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2
Point	Baičių kapinynas	Klaipėdos r.	3–5 a. pr.	x	0	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0
Point	Šernų kapinynas	Klaipėdos r.	2 a. pab.–7 a.	x	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
Point	Genaičių kapinynas	Klaipėdos r.	5–8 a.	x	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Point	Girkalių kapinynas	Klaipėdos r.	(2–3 a. (?)), 8–13 a.	x	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Point	Stragnų, Skėrių kapinynas	Klaipėdos r.	2–12 a.	x	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Point	Daukšaičių kapinynas	Klaipėdos r.	9–12 a.	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Point	Dvylių kapinynas	Klaipėdos r.	(7)–9–13 a.	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Point	Mikužių kapinynas	Klaipėdos r.	2–3, 9–13 a.	x	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Point	Ėgliškių, Andulių kapinynas	Kretingos r.	(2)–3–4, 9–12 a.	x	0	0	1	1	2	2	2	2	0	0	0
Point	Apuolės kapinynas	Skuodo r.	2–4, 5, 10–14 a.	x	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Point	Burbiškių kapinynas	Šilalės r.	5–6, 6–8, 10–11 a.	x	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Point	Kaštaunalių kapinynas	Šilalės r.	3–4, 7–8, 9–12 a.	x	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0
Point	Gintališkės kapinynas	Plungės r.	3–4, 6, 7–8, 8–9, 10–11, 11–14 a.	x	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2

5 pav. Duomenų kodavimo pavyzdys (2). *Autoriaus brėž.*

nebuvo naudojamas ir anksčiau. Savaime aišku, kad šių abejonių nekyla dirbant su geriau ištirtais objektais. Tačiau archeologiniai tyrimai rodo, kad didelė dalis jų buvo naudojami ne vieną archeologinį laikotarpį, dažnai net su pertraukomis. Tad norint koduoti tokį požymį kaip archeologinių objektų datavimas, teks pasirinkti žymiai sudėtingesnę, kelių pakopų loginę sistemą (5 pav.). Čia pateiktas vienas iš galimų variantų, kur skaitmeniniai požymių kodavimui skirti stulpeliai atitinka tam tikrus chronologinius laikotarpius, o reikšmės juose „0“, „1“, „2“ reiškia tikimybę, ar objektas buvo naudojamas tuo laikotarpiu (šiuo atveju „0“ – nebuvo naudojamas, „1“ – galėjo būti naudojamas, „2“ – buvo naudojamas).

Atliekant duomenų grupavimo, standartizavimo ir kodavimo operacijas, neišvengiamai prarandama dalis informacijos. Tad ne be pagrindo kyla klausimas, ar kuriant bendro pobūdžio archeologinių vietų duomenų bazę verta tai daryti. Daugumos požymių atveju – tikrai ne. Tačiau, pavyzdžiui, atsisakius standartizuoti ir koduoti duomenis apie objektų datavimą, gerokai apribosime jų atrankos (*SQL*) galimybes pagal šį labai svarbų požymį[5]. Siekiant neprarasti informacijos ir paliekant galimybę vartotojui daryti savas chronologines interpretacijas, atributinėje lentelėje tikslinga sukurti stulpelį, kuriame saugoma visa informacija (nestandartizuota ir nekoduota) apie kiekvieno objekto datavimą.

[5] Bene svarbiausias kriterijus, kurio pagrindu dažniausiai ir atliekama įvairi archeologinių objektų atranka, yra jų datavimas.

GRAFINIAI DUOMENŲ VAIZDAVIMO YPATUMAI

GIS programose dažniausiai naudojami dviejų tipų erdvinių duomenų modeliai: ***rastrinis*** ir ***vektorinis***[6]. Realaus pasaulio objektai paverčiami primityvais – paviršiumi (rastrinis duomenų modelis) arba tašku, linija, plotu (vektorinis duomenų modelis).

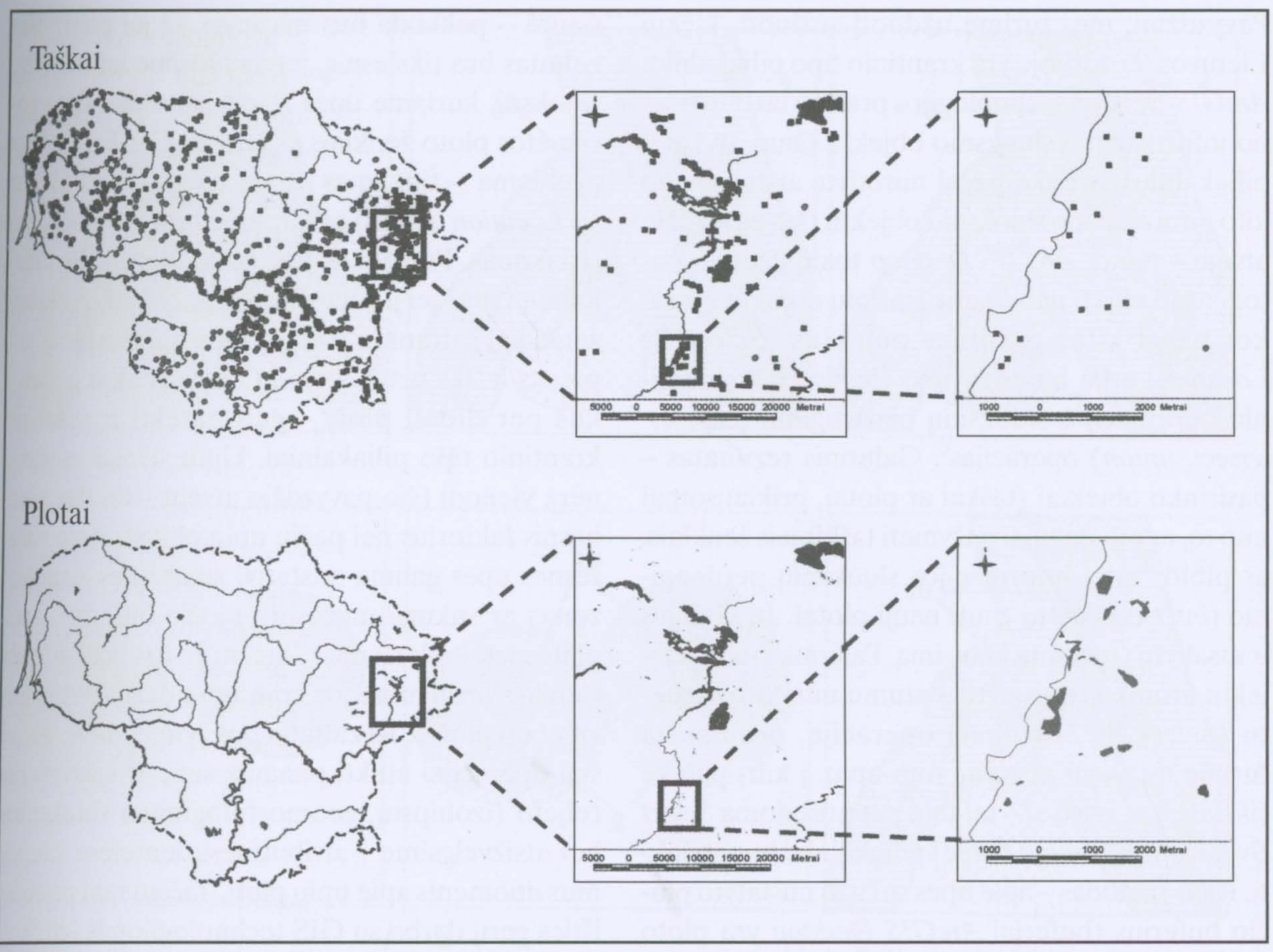
Rastrinį (mozaikinį) duomenų modelį sudaro kvadratinės ląstelės, kurios dengia visą paviršių (kosminės nuotraukos, skenuoti žemėlapiai ir kt.). Paprasčiausius rastrinius vaizdus sudaro eilučių ir stulpelių matricos. Vaizduojant rastriniu būdu, geografinė erdvė priimama kaip plokštuma, kur kiekviena ląstelė atitinka vietovės kvadratėlį (t.y. turi koordinates), kurios kiekviena skaitmeninė reikšmė pateikiama atskira spalva (Tumas, 2006, 60–65).

Vektoriniame duomenų modelyje erdviniai objektai yra suvokiami ne kaip paviršių dengianti ląstelių matrica (rastrinis modelis), bet kaip simboliai-objektai, turintys koordinatėmis apibrėžtą padėtį. Naudojant šį modelį, erdviniai objektai apibrėžiami dviem dydžiais – geografine vieta (koordinatėmis) ir požymiu (ilgiu, pločiu). Vaizduojant vektoriniu būdu, erdviniai objektai keičiami primityvais – ***tašku*** (neturi matavimų, tik koordinatėmis apibrėžtą padėtį), ***linija*** (turi vieną matmenį – ilgį, abiejuose galuose yra koordinates turintys mazgai, kuriuos jungia grandis) ir ***plotu*** (daugiakampiu) (turi du matmenis – ilgį ir plotį, plotą apibrėžiančios laužtės mazgai turi koordinates) (Tumas, 2006, 19–23). Vektoriniai grafiniai duomenys jau turi sąsajų su atributinėmis lentelėmis, tad jų pagrindu ir formuojamos duomenų bazės. Archeologinės vietos žemėlapiuose, priklausomai nuo jų mastelio, paprastai žymimos taškais arba plotais. Linijomis galima žymėti tik labai nedidelę jų dalį (gynybinius pylimus, kūlgrindas, senovės kelius). Rengiant archeologinių vietų žemėlapius, pirmiausia reikia pasirinkti, kokius primityvus – taškus ar plotus mes naudosime. *ArcGIS Desktop* programos reikalauja tai nurodyti tik pradėjus kurti informacinį teminį sluoksnį. Dauguma GIS programų (taip pat ir *ArcGIS Desktop*) neleidžia viename sluoksnyje naudoti skirtingų tipų kartografinius ženklus (pvz., linijas ir taškus). Masteliniais ploto ženklais pavaizduotos archeologinės vietos idealiausiai atitinka kartografuojamo objekto parametrus, o jų dydis kinta kartu su didinamu arba mažinamu vaizdu. Nemastelinių taškinių ženklų parametrai didinant ar mažinant vaizdą nesikeičia (6 pav.). Taigi realaus objekto pavaizdavimo erdvėje būdo pasirinkimas pirmiausia priklauso nuo sudaromo žemėlapio mastelio. Smulkaus mastelio žemėlapiuose (pavyzdžiui, visos Lietuvos teritorijos ar atskiro jos regiono) masteliniais ploto ženklais pažymėtos archeologinės vietos nebus įžiūrimos. Todėl smulkaus mastelio žemėlapiuose patogiau naudoti nemastelinius taškinius ženklus. Ir atvirkščiai – stambaus mastelio žemėlapiuose (mikroregiono, lokalios vietovės) tikslingiau naudoti mastelinius ploto ženklus. Jie nepalyginti tiksliau pavaizduos kartografuojamos archeologinės vietos parametrus, topologiją kitų aplinkos objektų atžvilgiu. Kartu tai leis tiksliau atlikti ir kai kurias kartografinės analizės operacijas (atstumų tarp atskirų objektų radimo, buferizavimo, informacinių sluoksnių perdengimo ir kt.). Tuo tarpu nemasteliniai taškiniai ženklai grafiniame vaizde rodys tik kartografuotų archeologinių objektų centrus, o jų erdvinius parametrus galėsime sužinoti tik atidarę atributinę lentelę (žinoma, jei tokie duomenys bus ten įrašyti). Naujausios *ArcGIS Desktop* versijos sudaro galimybę ploto vektorinius sluoksnius konvertuoti į taškų vektorinius sluoksnius[7]

---

[6] Trimačiuose vaizduose dar naudojamas netaisyklingų trikampių tinklas (arba trimatis trianguliacinis modelis).

[7] Tai atliekama naudojant *Feature To Point* komandą (*ArcToolbox > Data Management Tools > Features > Feature To Point*).



6 pav. Pasirinkto erdvinių objektų pavaizdavimo metodo priklausomybė nuo sudaromo žemėlapio mastelio. *Autoriaus brėž.*

(atvirkštinės konvertavimo galimybės nėra). Tačiau, kaip jau buvo minėta, mokslinėse duomenų bazėse kaupiama informacija ne vien apie žinomus bei valstybės saugomus, bet ir apie sunaikintus, ne visai tiksliai lokalizuotus archeologinius objektus, kurių teritorijos nėra kaip nors aiškiau apibrėžtos. Tokiems objektams žymėti, neturint duomenų apie jų buvusį plotą, teritorijos konfigūraciją bei tikslesnę lokalizaciją, patogiau naudoti taškus. Turimus duomenis galima dubliuoti sukuriant du teminius sluoksnius, grafiniame vaizde tas pačias archeologines vietas pažymint ir taškais, ir kaip plotus (tik tuos objektus, kurių plotai žinomi). Tačiau galiausiai įvertinus visų archeologinių vietų pavaizdavimo žemėlapyje būdų privalumus bei trūkumus, prieita prie išvados, jog tikslingiausia pasirinkti ploto ženklus, o sunaikintus ir netiksliai lokalizuotus archeologinius objektus tame pačiame ploto vektoriniame sluoksnyje žymėti sutarto dydžio ir formos ploto ženklais[8]. Esant būtinybei, juos nesunkiai bus galima „paversti“ taškais.

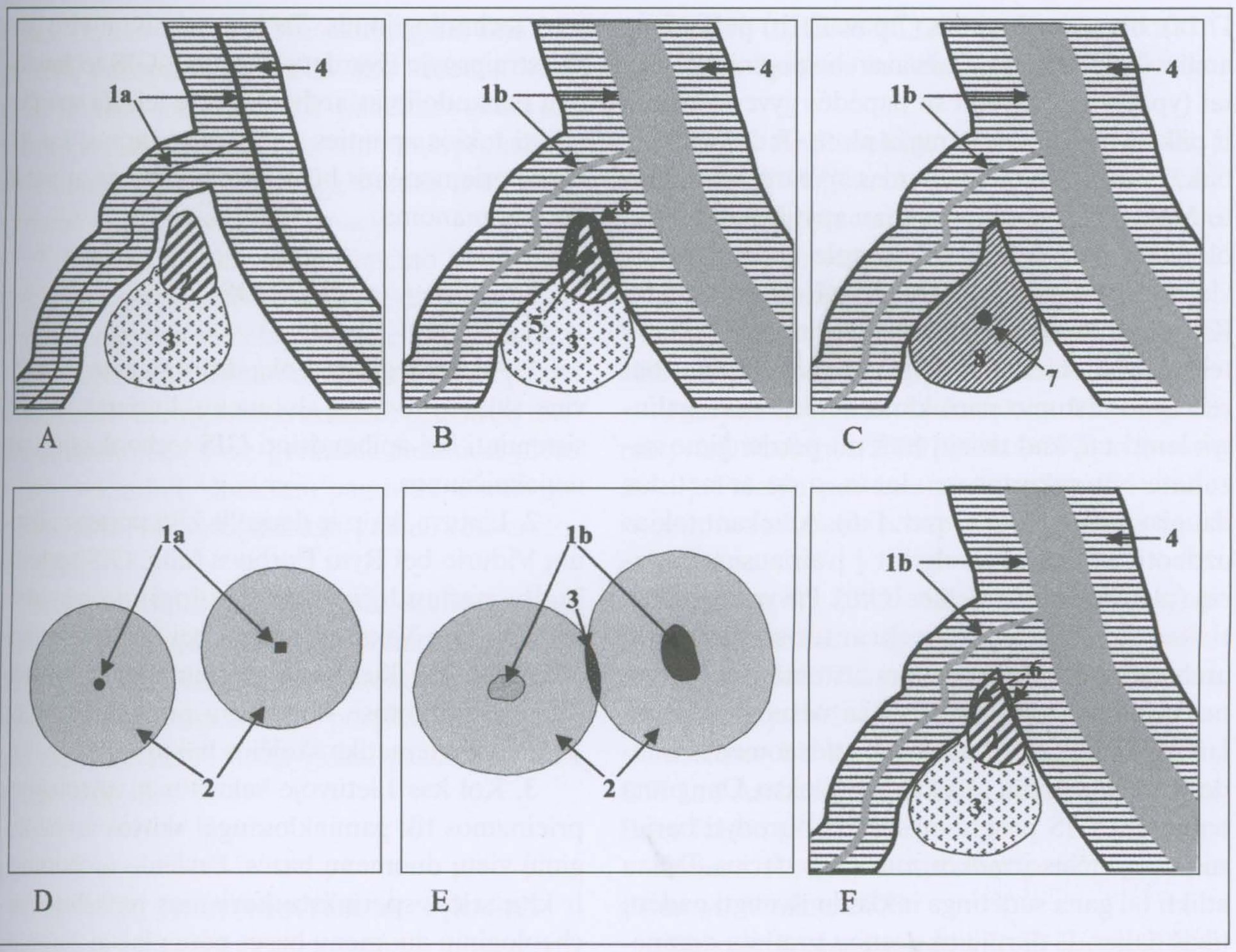
Nuo pasirinkto erdvinių objektų grafinio vaizdavimo būdo labai priklauso ir vėlesnės grafinės analizės galimybės, gautų rezultatų tikslumas. Vienas geriausių pavyzdžių – atstumo operacijos.

[8] Atributinėje lentelėje tai taip pat turi būti nurodyta, nes priešingu atveju bus iškraipomi turimi duomenys (apie objektų plotą, konfigūraciją ir kt.).

Pavyzdžiui, mes turime užduotį sužinoti, kiekgi Lietuvos teritorijoje yra krantinio tipo piliakalnių. *ArcGIS Desktop* technologijos prasme tai būtų vieno informacinio sluoksnio objektų (šiuo atveju – piliakalnių) atranka pagal nurodytą atstumą nuo kito informacinio sluoksnio objektų (šio pavyzdžio atveju – upių). *ArcGIS Desktop* tokią užduotį patogiausia atlikti naudojant grafinių objektų atrankos pagal kitus grafinius objektus (*Select By Location*) arba buferizavimo (*buffer*) ir topologinio informacijos sluoksnių perdengimo (*clip, intersect, union*) operacijas[9]. Galutinis rezultatas – pasirinkti objektai (taškai ar plotai, priklausomai nuo to, ar piliakalniai pažymėti taškiniais ženklais, ar ploto) arba informacijos sluoksnių perdengimo (*intersect*) metu gauti nauji plotai. Jų skaičius ir atsakytų į užduotą klausimą. Pasirinkę vienų objektų atrankos nurodytu atstumu nuo kitų objektų (*Select By Location*) operaciją, pirmiausia turime nurodyti atstumą nuo upių, į kurį patekę (iš dalies ar visiškai – tai taip pat nurodoma *Select By Location* dialogo lange) piliakalniai bus atrinkti. Kitas metodas – apie upes sukurti nustatyto pločio buferius (buferiai *ArcGIS Desktop* yra ploto grafiniai objektai) ir juos perdengti (*intersect*) su piliakalnius vaizduojančiais primityvais (7 pav.). Tačiau šias iš pirmo žvilgsnio tarsi nesudėtingas užduotis atlikti ir gauti patikimų rezultatų nėra taip paprasta. Vektoriniuose žemėlapiuose upės dažniausiai žymimos linijomis, kurios brėžiamos upės viduriu (7 pav. A:1a). Kaip jau buvo minėta, linijos turi tik vieną matmenį – ilgį[10]. Ir tik pastarasis kinta kartu su didinamu arba mažinamu vaizdu. O nustatytas linijų storis (kaip ir taško dydis taškinių ženklų atveju) sistemoje yra lygus 0. Taigi programa atstumą skaičiuos ne nuo upės realaus kranto, o nuo jos vidurio (7 pav. A:4). Jei upė siaura – paklaida bus mažesnė. O jei plati? Rezultatas bus tikslesnis, jei naudosime informacinį sluoksnį, kuriame upės (bent jau didžiosios) pažymėtos ploto ženklais (7 pav. B, C ir F:1b). Kita problema – tinkamas atrankos spindulio (*Select By Location* atveju) ar kuriamo buferio pločio pasirinkimas. Pasirinkus per mažą plotį, dalis piliakalnių (ypač jei jie žemėlapyje pažymėti taškiniais ženklais) į atrankos zoną ar upių buferio plotą nepateks ir liks neužfiksuoti (7 pav. B:5), o pasirinkus per didelį plotį – gali patekti ir visai ne krantinio tipo piliakalniai. Upių slėniai taip pat nėra vienodi (šio pavyzdžio atveju – tai dar svarbesnis faktorius nei pačių upių plotis). Apie siauresnes upes galima nustatyti siauresnes atrankos zonas ar sukurti mažesnio pločio buferius, apie platesnes – platesnius. Tačiau ir tos pačios upės slėniai skirtinguose jos krantuose dažnai būna nevienodo pločio. Rezultatai bus žymiai tikslesni, jei šiai operacijai atlikti panaudosime ir vektorinius reljefo (izohipsių, geomorfologinius) sluoksnius bei atsižvelgsime į atributinėse lentelėse saugomus duomenis apie upių plotį. Tačiau tam prireiks išties gerų darbo su GIS technologijomis įgūdžių. Šios užduoties rezultatų tikslumas priklauso ir nuo to, kokiais ženklais žemėlapyje pažymėti piliakalniai. Jei ploto ženklais (7 pav. B:2) – rezultatai bus tikslesni, o jei taškais (7 pav. B:5) – ne tokie tikslūs. Dar mažiau tikslūs bus rezultatai, jei piliakalniai duomenų bazėje nėra atskirti nuo jų papėdžių gyvenviečių (paminklosauginėse duomenų bazėse taip dažniausiai ir būna), ir šios kompleksinės archeologinės vietos žemėlapyje pažymėtos taškiniais ženklais (7 pav. C:7). Piliakalnių papėdės gyvenvietės labai dažnai užima didesnį plotą nei patys piliakalniai ir dažnokai būna priešingoje nuo piliakalnių pusėje nei gretimų upių slėniai (7 pav.

[9] Metodo pasirinkimas priklauso ir nuo naudojamos programinės įrangos. *ArcGis Desktop* naujesnėse versijose tokias užduotis patogiau atlikti naudojant objektų atrankos nurodytu atstumu nuo kitų objektų operacijas. Tačiau senesnėse *ArcView* versijose (pvz., *ArcView 3.2a*) šią užduotį atlikti kiek sudėtingiau – tai galima padaryti tik naudojant buferizavimo ir informacinių sluoksnių perdengimo operacijas.

[10] Duomenys apie linijomis pavaizduotų objektų plotį paprastai fiksuojami ir saugomi atributinėse lentelėse. Tokia informacija saugoma ir Lietuvos upių vektorinių sluoksnių atributinėse lentelėse.



7 pav. Objektų atrankos nurodytu atstumu vienas nuo kito (D ir E) arba nuo kitų objektų (A, B, C ir D) problematika. *Autoriaus brėž.*

A, B, C ir F: 1a – linijiniai (A) ir 1b – ploto (B, C ir F) objektai (upės), kurių atžvilgiu vykdoma atranka, 2 ir 3 – atrenkami ploto objektai (piliakalnis (2) ir piliakalnio papėdės gyvenvietė (3) (A, B ir F), 4 – nurodytu atstumu apie linijinius (A) arba ploto (B, C ir F) objektus sukurtas buferis, 5 – tašku pažymėtas objektas (piliakalnis) (B), 6 – informacinių sluoksnių persidengimo zona (-os) (viena (B), dvi (F).

D ir E: 1a – taškiniai (D) ir 1b – ploto (E) objektai, kurių atžvilgiu vykdoma atranka, 2 – nurodytu atstumu apie taškinius (D) arba ploto (E) objektus sukurtas buferis, 3 – informacinių sluoksnių persidengimo zona.

A, B ir F:3). Panašių problemų gali kilti ir norint pasirinkti archeologines vietas, viena nuo kitos nutolusias ne didesniu nei mūsų nurodytas atstumu (7 pav. D ir E). Pavyzdžiui, mums reikia apskaičiuoti, kiek Lietuvoje yra kurio nors laikotarpio vienalaikių archeologinių kompleksų. Darome prielaidą, jog atstumas tarp kompleksą sudarančių skirtingos funkcinės paskirties vienalaikių archeologinių objektų turėtų būti ne didesnis kaip 1 km. Todėl 0,5 km spinduliu juos buferizuojame. Vėliau, panašiai kaip ir ankstesniame pavyzdyje, atliekame informacinių sluoksnių perdengimo operaciją. Dėl buferių plotų sankirtos atsiradusių naujų plotų skaičius turėtų parodyti, kiek yra tokių vienalaikių archeologinių objektų kompleksų tiriamoje teritorijoje. Tačiau ir šiuo atveju negausime tikslaus atsakymo. Paklaida bus gerokai mažesnė, jei buferizuosime ne taškiniais (7 pav.

D:1a), bet ploto ženklais (7 pav. E:1b) pažymėtas archeologines vietas. Dažnai archeologiniai objektai (ypač – piliakalniai su papėdės gyvenvietėmis ir pilkapynai) užima nemažą plotą. Tad skirtumas bus žymus, ar buferis kuriamas apie mastelinį plotą ženklą, atitinkantį (bent jau apytiksliai) archeologinės vietos ribas, ar tik apie archeologinės vietos centrą žymintį nemastelinį taškinį ženklą. Kiti rezultatų tikslumui įtakos turintys faktoriai – teritoriniai objektų konfigūracijos ypatumai bei reikiamo atstumo parinkimo netikslumai, galintys lemti tai, kad dviejų buferių perdengimo rezultate bus sukurtas ne vienas, o du ar net dar daugiau naujų plotų (7 pav. F:6). Atliekant tokias užduotis būtina atsižvelgti ir į įvairiausius barjerus (platesnes upes, pelkes ir kt.). Pavyzdžiui, skirtinguose plačios upės krantuose išsidėstę archeologiniai objektai, nors atstumas tarp jų yra mažesnis nei 1 km, greičiausiai nesudarys vienalaikio, tos pačios teritorinės bendruomenės naudoto archeologinių objektų komplekso. Dauguma naujesnių GIS programų leidžia nurodyti barjerus, ribojančius atrankos zonas ar buferius. Tačiau atlikti tai gana sudėtinga ir klaidų išvengti padėtų tik iš dalies. Iš tikrųjų tikslesnius grafinių duomenų atrinkimo, jų grupavimo rezultatus, anksčiau minėtų pavyzdžių atvejais, galima gauti tik tikslinant prieš tai gautus rezultatus „rankiniu būdu“. Tad atliekant tokio pobūdžio užduotis nepakanka pasikliauti vien programa. Geriausia nepagailėti laiko ir viską atidžiai peržiūrėti. Kiekvienu konkrečiu atveju būtina atsižvelgti ir į vietovės kontekstą. Juk krantinio tipo piliakalnis gali būti ir prie senvagės arba upės slėnis toje vietoje gali būti labai išplatėjęs, ir atstumas tarp kompleksą sudarančių vienalaikių archeologinių objektų gali būti kiek didesnis nei 1 km ir t.t.

GIS technologijų taikymas archeologijoje yra būtent ta sritis, kur itin svarbus žmogiškasis faktorius. Dažnai pasitaikantis specifinis archeologinių duomenų neapibrėžtumas, neišbaigtumas, jų daugiaprasmiškumas neleidžia besąlygiškai pasikliauti GIS (manau, ir kitų kompiuterinių programų) technologijomis. Tačiau, nepaisant visų šiame straipsnyje išvardytų trūkumų, GIS technologijų panaudojimas archeologijoje leidžia sparčiai atlikti tokios apimties mokslinius darbus, kas kitomis priemonėmis būtų gana sudėtinga ar net iš viso neįmanoma.

IŠVADOS

1. Archeologijoje tenka dirbti su gausybe erdvinę sklaidą turinčių duomenų, kuriems kaupti, sisteminti bei apibendrinti GIS technologijos yra nepakeičiamos.

2. Lietuva, kaip ir daugelis kitų postsocialistinių Vidurio bei Rytų Europos šalių, GIS technologijų panaudojimu archeologijoje gerokai atsilieka nuo Vakarų Europos bei Šiaurės Amerikos šalių. Tai iliustruoja tarptautiniuose moksliniuose leidiniuose skelbiamų publikacijų ir kt. leidinių šia tematika skaičius bei jų turinys.

3. Kol kas Lietuvoje sukurtos ir vartotojams prieinamos tik paminklosaugai skirtos archeologinių vietų duomenų bazės. Pavienių archeologų ir kitų sričių specialistų kuriamos mokslinės archeologinių duomenų bazės nėra plačiai žinomos ar visiems lengvai prieinamos.

4. GIS technologijų panaudojimas, kuriant archeologinių vietų mokslinę duomenų bazę, turi savų ypatumų. Archeologinių duomenų neapibrėžtumas, jų vertinimų daugiaprasmiškumas bei neišbaigtumas sunkiai dera su tradiciniais duomenų bazių formavimo principais (duomenų vientisumo užtikrinimu ir kt.).

5. Nesutampančių specifinių (būdingų tik vienai ar keliems archeologinių objektų tipams) požymių gausa yra rimta kliūtis, ribojanti bendros sistemos kūrimo galimybes. Tad kiekvieno tipo archeologiniams objektams tikslinga sukurti atskirus vektorinius sluoksnius, kuriuos, esant poreikiui, galima sujungti.

6. Viena iš sudėtingesnių specifinių GIS archeologinių duomenų bazių kūrimo problemų - duomenų grupavimas, standartizavimas ir koda-

vimas. Dažnai tam tenka susikurti gana sudėtingą kelių pakopų loginę kodavimo sistemą. Vengiant prarasti informaciją ir paliekant galimybę vartotojui pačiam atlikti duomenų interpretacijas, atributinėje lentelėje tikslinga sukurti ir stulpelį, kuriame saugoma visa informacija.

7. Realaus objekto pavaizdavimo būdo (taškais ar plotais) pasirinkimas didele dalimi priklauso nuo sudaromo žemėlapio mastelio bei objektų erdvinių požymių tikslumo. Kartu tai turi įtakos ir daugumos kartografinės analizės operacijų tikslumui. Duomenų bazę geriausia formuoti ploto ženklų vektorinių sluoksnių pagrindu. Esant poreikiui, plotų vektorinį sluoksnį galima konvertuoti į taškų.

8. GIS technologijų taikymas archeologijoje yra viena iš sričių, kur itin svarbus žmogiškasis faktorius. Specifinis didelės dalies archeologinių duomenų daugiaprasmiškumas, poreikis atsižvelgti į kontekstą neleidžia besąlygiškai pasikliauti GIS technologijomis.

ŠALTINIŲ IR LITERATŪROS SĄRAŠAS

Bagdanavičiūtė I., Marmaitė I., Valiūnas J., 2004 – Lietuvos pajūrio apgyvendinimas proistorėje: geologinio substrato įtakos tyrimai naudojant GIS // Lietuvos archeologija. Vilnius, 2004. T. 26, p. 149–160.

Conolly J., Lake M., 2006 – Geographical Information Systems in Archaeology. Cambridge, 2006.

GIS for Archaeology, 2009 – [interaktyvus]. Redlands, 2009 [žiūrėta: 2009 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.esri.com/industries/archaeology/index.html>.

GIS programinė įranga, 2009 – [interaktyvus]. Vilnius, 2009 [žiūrėta: 2009 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.hnit-baltic.lt/>.

Journal of GIS in Archaeology, 2009 – [interaktyvus]. Redlands, 2009 [žiūrėta: 2009 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.esri.com/industries/archaeology/business/journal.html>.

Laužikas R., 2005 – Skaitmeninė archeologija pasaulyje ir Lietuvoje: turinys, istorija ir taikymo galimybės // Lietuvos archeologija. Vilnius, 2005. T. 27, p. 161–178.

Methrer M. W., Wescott K. L. (eds), 2006 – GIS and Archaeological Site Location Modeling. Boca Raton (FL), 2006.

Tumas, R., 2006 – Aplinkos geoinformacinės sistemos. Vilnius, 2006.

Wescott K. L., Brandon R. J. (eds), 2005 – Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling kit. Philadelphia, 2005.

Whetley D., Gillings M., 2005 – Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS. New York, 2005.

THE POSSIBILITIES OF USING GIS IN THE SPATIAL ANALYSIS OF ARCHAEOLOGICAL DATA

Rolandas Tučas

Summary

Digital technologies are rapidly becoming established in the archaeological sciences, with GIS occupying one of the leading positions. The truth is that in Lithuania, the use of GIS in archaeology lags far behind the situation in Western European countries. The situation, however, is improving.

The use of GIS in archaeology, including the creation of scientific databases for archaeological sites, has certain particularities. The indeterminacy of archaeological data and the ambiguity and indefiniteness of their interpretation do not sit well with the traditional principles of database creation (ensuring data integrity, etc.).

The development of a project is the first task of any database formation in a GIS environment. In the case of a scientific database of archaeological sites, this task is rather difficult, but it has to be done.

The first step is to determine the purpose of database, i.e. for what purpose it is being created. That determines what data and what object characteristics will be necessary. Archaeological site databases can be classified into two groups according to their intended use:

1. Protected archaeological site databases;
2. Scientific databases.

Protected archaeological site databases register only the most general formal attributes characteristic of all types of archaeological objects (ID number, address, extent of the territory it occupies, etc.).

Scientific archaeological databases should be of considerably broader scope and more complex than protected site databases. Not only do they include a greater number of objects (even destroyed archaeological objects, which are not usually stored in protected archaeological object databases) but also, very importantly, they contain a greater number of recorded attributes. Creating a scientific database on the model of the protected archaeological object databases presents a number of problems. Different types of archaeological objects have different specific features. Therefore, it is necessary to decide whether it is expedient to include every type of archaeological object in one thematic layer, i.e. creating a general attribute table. In this kind of table, most of the fields will remain empty. For instance, the space in which to specify the number of barrows in a barrow cemetery will remain empty in the entries for hillforts, ancient settlements, burial grounds, etc. This would compromise the integrity of the data and the table itself would be cumbersome and inconvenient to use. Therefore, it is more expedient to map each type of archaeological data in separate thematic layers, i.e. to form separate attribute tables.

The priority of attributes in a table and the sequence of their presentation are other aspects of database creation. A database with a perfectly logical structure is easier to work with. It is especially expedient to record the objects' names, ID numbers, and addresses. This should be followed by their main attributes, the order of their importance, and finally the information sources. Similar attributes that are logically related should be presented in adjoining columns (e.g. a hillfort's fortifications, their number, their parameters, etc.).

Another important aspect is the choice of the type of fields for recording the data. Several options are possible, but two types: string (text) fields and numerical fields, are mainly used in tables.

Numerical fields are more convenient for analysis. However, not all data can be expressed in numbers, (especially in archaeology). The process of data collection faces no problems when string fields are used together with number fields. But graphic spatial analysis operations such as interpolation and drawing contours are possible only when the fields contain numerical values. However, many attributes of archaeological object databases cannot be readily expressed numerically. For this reason, string fields are more convenient for the initial introduction of attributes. Later, after data encoding, the assembled information can be assigned digital values.

Another group of problems include those related to data encoding. In order to prepare attribute tables for further analysis, text data needs to be converted into numbers; and these numerical values have to be entered into the digital fields, i.e. it is necessary to perform a data encoding operation. In the case of each attribute, a logical system must be created based on which objects can be grouped according to their attribute parameters. In many cases this is not a complex task. However, some attributes (e.g. those related to dating archaeological objects) require a more sophisticated logical system consisting of several levels.

Depending on the mapping scale, archaeological sites are usually plotted on maps as dots or areas. Only a few objects can be plotted using lines (defensive walls, secret paths through bogs, etc.). For the graphical depiction of archaeological sites it is first of all necessary to choose which basic symbol to use: dots or areas. Archaeological sites shown to scale as areas coincide ideally with the parameters of mapped objects and their size varies with the magnified or minimised image. Dot symbols have no dimensions and their parameters do not change with the magnified or minimised images. Thus, the choice of method for plotting the actual object primarily depends on the map scale. On small-scale maps, archaeological sites shown to scale as areas will be indiscernible. For this reason, it is more expedient to use dot symbols on the small-scale maps. On the other hand, on large-scale maps (of micro regions and localities) it is more precise to show the objects to scale as areas. They will far more precisely depict the parameters of the plotted objects and their topology in respect to other objects. This method also adds precision to some cartographic analysis operations (calculating the distances between objects, buffering and clipping, intersecting and uniting information layers). Meanwhile, dot symbols only show the centres of the plotted archaeological sites.

The application of GIS technologies in archaeology is a field where the human factor is of paramount importance. The frequently indefinite, incomplete, and ambiguous nature of archaeological data does not allow for 'blind faith' in GIS technologies. However, despite the shortcomings described in this article, the use of GIS technologies in archaeology allows the rapid completion of large scale scientific research projects that would more complex to complete using other methods.

LIST OF ILLUSTRATIONS

Fig. 1. The structure of the *ArcGIS Desktop* (images from http://www.hnit-baltic.lt/). *Author's sketch.*

Fig. 2. Fragment of an information table for the protection of cultural sites. *Author's sketch*.

Fig. 3. An example of the structure of a scientific database. *Author's sketch*.

Fig. 4. An example of data encoding (1). *Author's sketch*.

Fig. 5. An example of data encoding (2). *Author's sketch*.

Fig. 6. The dependence of the chosen method

of representing a spatial object on the scale of the map being created. *Author's sketch*.

Fig. 7. The problems of selecting objects at set distances from each other (D and E) or from other objects (A, B, C, and D). *Author's sketch*.

A, B, C, and F: 1a – linear (A) and 1b – area (B, C and F) objects (rivers) that have been selected; 2 and 3 – area objects (hillfort (2) and hillfort foot settlement (3)) (A, B and F) that have been selected; 4 – the buffer created at a set distance around linear (A) or area (B, C and F) objects; 5 - an object (hillfort site) represented by a dot; 6 - the information layer overlap zone(s) (one (B), two (F).

D and E: 1a – dot (D) and 1b – area (E) objects that have been selected; 2 – the buffer created at a set distance around dot (D) or area (E) objects; 3 – the information layer overlap zone.

Rolandas Tučas
Vilniaus universitetas
Gamtos mokslų fakultetas
Geografijos ir kraštotvarkos katedra
M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101 Vilnius
el. paštas: tucas.r@gmail.com

Gauta 2009 06 29