

ARCHEOLOGIJA IR STATISTINĖ ANALIZĖ: DUOMENŲ PARENGIMAS STATISTINIAM TYRIMUI KOMPIUTERIU IR PAGRINDINIŲ ANALITINIŲ METODŲ TAIKYMO PAVYZDŽIAI

RIMVYDAS LAUŽIKAS

Straipsnyje pristatomi svarbiausi archeologijoje taikytini statistinės analizės metodai, pateikiama jų atlikimo SPSS programa pavyzdžių, pasinaudojant kalkių skiedinių cheminių tyrimų duomenimis. Teorinis pagrindas yra radinio kaip teksto semiotinė prasme samprata, derinama su kompiuterinės techninės ir programinės įrangos bei matematinių statistinės analizės metodų taikymu.

Reikšminiai žodžiai: archeologija, statistika, skaitmeniniai duomenys, kintamieji, SPSS, koreliacinė analizė, klasterinė analizė, aprašomoji statistika, faktinė analizė, kalkių skiedinys.

The article presents the most important statistical analysis methods applicable for archaeology and presents examples of their performance using SPSS software. The statistical research examples use chemical analysis data for lime mortar. The theoretical basis is the perception of a find as a text in a semiotic sense, which perception is compatible with the application of computer hardware and software and of mathematical statistical analysis methods.

Keywords: archaeology, statistics, digital data, variables, SPSS, correlation analysis, cluster analysis, descriptive statistics, factor analysis, lime mortar.

ARCHEOLOGIJA IR STATISTIKA. SĄLYČIO TAŠKŲ IEŠKOJIMAS

Skeptiškas požiūris į statistinės analizės metodus iki šiol tebėra populiarus tarp humanitarų. Požiūrių į statistinius metodus prieštari galime pastebėti ir Lietuvoje. Šių metodų oponentai dažniausiai primena gerai žinomą posakį, kad yra „tiesa“, yra „melas“ ir yra „statistika“. Tačiau turėtume aiškiai atskirti du dalykus – valstybines statistikos institucijas ir statistinius tyrimų metodus. Skeptikai supranta statistiką pirmąja reikšme, o šiame straipsnyje žodžiai „statistika“ ir „statistinis“ bus vartojami antrąja, metodų, reikšme.

Straipsnis yra metodinio pobūdžio, jo objektas – skaitmeninės archeologinės medžiagos parengimas statistinei analizei bei pagrindinių statistinių tyrimų atlikimas SPSS statistinės anali-

zės paketo pagalba. Taip pat straipsnyje pristatomi kalkių skiedinių cheminių tyrimų analizės statistinių metodų pagalba rezultatai. Pažymėtina, kad pateikiant statistinės analizės metodų taikymą buvo naudojamos santykinai nedidele kalkių skiedinių cheminių tyrimų duomenų dalimi, todėl kai kurios išvados gali būti nepakankamai tikslios ir daugiau iliustracinio pobūdžio. Straipsnio tikslas – atskleisti archeologinės medžiagos parengimą statistiniam tyrimui bei pagrindinių metodų ir tinkamų kompiuterinių programų pasirinkimą bei taikymo metodiką.

Prieš pradėdant aptarti statistinės analizės metodų taikymą archeologijoje verta pateikti kelis statistinių archeologinių duomenų tyrimų niuansus. Paprastai statistika yra vadinama duomenų analizės bei hipotezių tikrinimo metodų visuma, kuomet tyrime naudojama visų duomenų

(populiacijos) dalis (imtis) ir pagal jos rezultatus sprendžiama apie visą populiaciją (Белова ir kt., 1999, 4). Archeologijoje mes matome du skirtingus šio klausimo aspektus: pirma, skirtingų sričių archeologinių duomenų nėra daug, todėl galima analizuoti visus sukaupus kažkurios srities archeologinius duomenis (lyg populiaciją), o ne sukaupusių archeologinių duomenų dalį (lyg imtį). Antra, visi duomenys yra tik imtis visų galimų archeologinių duomenų (pavyzdžiui, visą teoriškai įmanomą akmens amžiuje mirusių žmonių skaičių galime vadinti populiacija, o archeologiškai tyrinėtus šio amžiaus kapus – imtimi). Sukaupti kurios nors srities archeologiniai duomenys gali būti interpretuojami kaip hipotetinės (iš esmės begalinės) populiacijos imtis, o tyrimų tikslas – apibūdinti vieną ar kitą populiaciją. Tokiu atveju populiacijos ir imties santykis archeologijoje tampa sudėtinga problema, kartais iš esmės neišsprendžiama (pavyzdžiui, kiek reikia archeologiškai tyrinėtų akmens amžiaus kapų, kad gautume statistiškai patikimus duomenis apie to meto visuomenę?). Kita problema – ar mūsų imtis yra iš tikrųjų reprezentatyvi, ar ji tikrai atspindi visas populiacijai būdingas savybes? Tenka pripažinti, kad nė viena imtis negali pateikti visų duomenų apie populiaciją, juo labiau kad ji yra tik hipotetinė. Skirtingų paminklų tipų turimi sukaupti archeologiniai duomenys yra nevienodi. Tai lėmė pačios archeologijos mokslo raida Lietuvoje (pavyzdžiui, sovietmečiu daugiausia buvo tyrinėjamas akmens amžius, ankstyvieji metalų laikotarpiai, kapinynai, t.y. objektai, mažiausiai aktualūs vyraujančiai ideologijai, tuo tarpu bažnyčių archeologijai plėtoti sąlygų tuomet visiškai nebuvo). Paklaidos yra neišvengiamos. Paprastai statistikos literatūroje paklaidos yra skirstomos į atsitiktines ir sistemines. Atsitiktinės paklaidos atsiranda dėl imties ir populiacijos skirtumų, sąlygotų paties atrankos (imčių formavimo) metodo netobulumo. Jų dydžius galima apskaičiuoti ir eliminuoti (iš esmės paklaida yra atvirkščiai proporcinga imties dydžiui). Sistemines paklaidas atsiranda tuomet, kai pažeidžia-

ma esminė atrankos taisyklė – visų populiacijos objektų lygiateisiškumas atrankos metu (yra vienos galimybės tyrimui atrinkti visus populiacijos objektus). Pagrindinės lygiateisiškumo principo pažeidimo priežastys yra imties formavimo ir tyrimų tikslų neatitikimas; duomenų netikslumas ar net sąmoninga, tendencinga duomenų atranka, siekiant vienų ar kitų rezultatų patvirtinimo; netiksliai parinkti archeologiniai modeliai ar statistiniai metodai; nepakankamas populiacijos struktūros išmanymas (imtis neatspindi struktūros) (Белова ir kt., 1999, 8; Farrington, Taylor, 2004, 57–58). Atlikdami archeologinės medžiagos statistinę analizę galime išvengti pirmųjų trijų priežasčių, tačiau ketvirtoji gali sukelti rimtų problemų – juk populiacija iš esmės yra nepažįstama, didžioji jos dalis tebėra „po žeme“. Statistinio tyrimo metu sisteminių paklaidų apskaičiuoti ir eliminuoti neįmanoma. Tačiau su panašia problema susiduria dauguma statistinių tyrimų. Čia dažnai pasitelkiama papildoma panašių to paties laikotarpio regionų (pavyzdžiui, procesai Rytų Pabaltijyje vertinami pasitelkiant to paties laikotarpio, tų pačių procesų tyrimus Skandinavijoje ar Pietų Pabaltijyje) ar etnologinė medžiaga (pavyzdžiui, akmens amžiaus klajoklių elnių medžiotojų visuomenę bandoma pažinti pasitelkiant šiaurės klajoklių elnių medžiotojų tautų XIX–XX a. etnologinius tyrimus). Tačiau šie du būdai galimi kokybiniuose vertinimuose, bet neturėtų būti naudojami kartu su kiekybiniais statistinės analizės metodais, nes kiekviena žmonių bendruomenė (ypač praeities) yra sudėtinga daugiakomponentė sistema, kurioje dalis kiekybinius parametrus lemiančių faktorių tyrėjui nežinomi. Šioje situacijoje kur kas daugiau gali pagelbėti imties dydis (1998 m. duomenimis, muziejuose buvo saugoma 275 300 archeologinių eksponatų; iki 1995 m. kasinėti 7625 viduramžių kapai (Tyrinėjimai Lietuvoje, 2003–2007); iki 1994 m. baltų žemėse (Lietuva, Latvija, Rytprūsiai) buvo kasinėta apie 20 000 geležies amžiaus kapų (Sidrys, 1999). Taip pat svarbios jau turimos, kitais metodais sukauptos Lietuvos ar-

cheologijos žinios bei statistinio tyrimų patikimumo vertinimo metodikos. Blogiau tai, kad turime nedaug iki galo ištirtų archeologinių paminklų (Michelbertas, 2001, 147; Piliakalnis, 2003–2007) ir tai gali iškraipyti statistinių tyrimų rezultatus. Iš esmės kiekvienas turimų duomenų apie tiriamąjį objektą papildymas gali turėti nemažos įtakos statistinių tyrimų rezultatams. Todėl literatūroje yra siūlomas pakartotinės imties metodas, angliškai dar vadinamas „boot – strap“ (Воронин ir kt., 2002; Attanasio ir kt., 2004, 63–64) arba apibendrintų klasifikacijų rengimas (jei archeologinių duomenų tyrimui buvo naudoti statistiniai klasifikavimo metodai) (Костин, 2003). Kai kurie autoriai (Тарасенко, 2000) statistika besidomintiems humanitarams paprasčiausiai pateikia „Saugumo technikos taisyklės“. Galimo netikslaus statistinio tyrimo ir neteisingų apibendrinimų grėsmė skatina šias taisykles trumpai paminėti. Atmetus žmogiškuosius sąmoningo rezultato iškraipymo (pavyzdžiui, sąmoningai neteisinga duomenų atranka) atvejus, paminėtinos šios statistinės analizės sėkmės taisyklės: duomenys turi būti atrinkti visiškai atsitiktinai; statistinių išvadų paklaida niekada nebūna lygi 0; konkretūs metodai yra pritaikyti tik konkrečioms duomenų tipams; dažna galutinio tyrimo klaida – neteisingas tikrai fiksuoto statistinio dėsningumo interpretavimas. Vienas sėkmingo archeologinių duomenų statistinio tyrimo kelių – archeologų ir statistikos specialistų bendradarbiavimas, kai archeologai parengia duomenis statistiniam tyrimui ir interpretuoja gautus rezultatus, o patį statistinį tyrimą ir dėsningumą išaiškinimą atlieka statistikos specialistai.

Kitas klausimas – archeologinių duomenų (kintamųjų) įvairovė. Yra keturios pagrindinės archeologinių (kaip ir bet kurių kitų) kintamųjų matavimo skalės: pavadinimų, rangų, intervalų ir santykių (kai kurie autoriai jų išskiria daugiau) (Тарасенко, 2000). Tarp archeologinių duomenų vyrauja kokybiniai (pavadinimų, rangų skalės) ir kur kas rečiau pateikiami kiekybiniai duomenys (intervalų ir santykių skalės). Statistikoje vyrauja

skaičiai, todėl jais ir turi būti paversti kokybiniai duomenys.

Kodėl, nepaisant visų problemų, archeologijoje siūloma statistika? Pabandykime priežasčių paieškoti pačiame archeologijos moksle. Archeologinių tyrimų tikslas – objektyvus tyrimų objekto (praeities visuomenių) pažinimas, remiantis materialiais tų visuomenių paliktais šaltiniais (archeologiniais radiniais). Šiame straipsnyje archeologiniai radiniai yra suvokiami kaip semiotiškai apibrėžiami ženklai, atspindintys mentalines idėjas (Fiske, 1998, 176), o radinių kompleksai suvokiami kaip tekstai. Šiuos tekstus perskaitęs archeologas gali pažinti praeities visuomenes. Bet archeologijos moksle susiduriame su viena esmine problema – tos kultūros, kurios mentalines idėjas bandome perskaityti, jau seniai nebėra. Šaltinių atrankai tada puikiausiai tinka hermeneutinis principas, kurį suformulavo dar šv. Augustinas Šventojo Rašto tekstui suprasti. Jis teigė, kad gilesnę Šventojo Rašto prasmę skaitomame tekste galime pajusti dviem būdais: arba tuomet, kai per mažai kalbama apie labai svarbius dalykus, arba kuomet labai daug kalbama apie dalykus, kurie iš pirmo žvilgsnio yra ir taip aiškūs ir nereikšmingi (Eco, 1997, 36). Taikant statistinės analizės metodus mus labiausiai domintų masinė gamyba, radinių serijos. Išskirtinis radinys paprastai byloja arba apie importą, arba kurio nors senosios visuomenės nario individualumą, o seriališkumas leidžia užčiuopti visuomenėje vykčius procesus. Jie yra nuspėjami. Manytume, kad masinei medžiagai tirti (ženklams skaityti) geriausiai tinka statistiniai metodai. Kompiuterinėmis statistinėmis programomis mes galime apdoroti neįtikėtinais didelių archeologinių duomenų kiekį (įsivaizduokime, kad reikia apibendrinti 5000 skirtingų archeologinių objektų duomenis pagal 50 parametrų); statistiniai metodai (žinoma, jei jie teisingai parinkti ir naudojami) išryškina objektyvius dėsningumus be jokios interpretacijos (jie yra tik fiksavimo instrumentai, o rezultatus interpretuoti gali tik pats tyrėjas). Dauguma fundamentalių gamtos dėsnių

yra formuluojami teiginiais su bendrybės kvantoriumi, t.y. jie suprantami kaip natūralūs (nesusiję su tyrėjo asmenybe) ir visuotiniai. Natūralių ar (ir) visuotinių dėsnių paieškos humanitariniuose moksluose kol kas nedavė rezultatų (pavyzdžiui, marksizmas). Nepaisant pakankamai plačių tyrimų ir net apgintų disertacijų šia tema (Гражданников, 1985), abejotina, ar kam nors pavyks rasti archeologijoje ką nors panašaus į gravitacijos, Keplerio ar genetinio paveldimumo dėsnius. Vieninteliai dėsningumai, kuriuos galėtume rasti archeologijoje, galėtų būti formuluojami statistinių išvadų pagrindu. Statistiniai metodai remiasi prielaida, kad kiekvienas populiacijos parametras yra artimas tos populiacijos to parametro vidurkiui ir gali būti apibendrinimų pagrindas (Белова ir kt., 1999). Statistinės analizės metodais tyrinėjami masinę medžiagą galime atskleisti statistiškai vidutinės tiriamos visuomenės elgesio normas, perskaityti tų laikų visuomenės konvencionalius ženklų kodus. Žinoma, statistika neišspręs visų archeologijos mokslo problemų, tačiau sutikime – tai vienas efektyviausių masinės archeologinės medžiagos analizės metodų. Tyrėjo – archeologo darbą ypač palengvina kompiuterinės statistinės analizės programos, kurios „nudirba“ sudėtingiausių matematiko darbą, leisdamos mums pamatyti tik rezultatus.

ARCHEOLOGINIŲ DUOMENŲ PARENGIMAS STATISTINEI ANALIZEI

Kalbėdami apie archeologinių duomenų statistinę analizę dažnai susiduriame su daugeliu problemų, kurių svarbiausios buvo aptartos įvade. Šioje dalyje siekiama nurodyti kelią nuo „žalių“ lauko archeologijos ar lauko tyrimus papildančių laboratorinių duomenų (cheminiai, fizikiniai, antropologiniai, paleozoologiniai ir kt.) iki statistinių archeologinių duomenų tyrimų kompiuteriu. Duomenų rengimo procese galima išskirti šias svarbiausias operacijas, kurių kiekviena išsamiau nagrinėsime toliau:

- Turimų archeologinių duomenų (kintamųjų) matavimo skalės nustatymas.
- Duomenų matavimų parengimas.
- Tyrimų metodo pasirinkimas.
- Tyrimų kompiuterinės programos pasirinkimas.
- Tyrimų atlikimas.
- Rezultatų interpretavimas.

TURIMŲ ARCHEOLOGINIŲ DUOMENŲ (KINTAMŲJŲ) MATAVIMO SKALIŲ NUSTATYMAS

Kaip jau minėta anksčiau, yra keturios kintamųjų matavimo skalės – pavadinimų, rangų, intervalų ir santykių. Svarbiausi šių skalių skirtumai yra išsamiai nagrinėjami statistinei analizei skirtuose leidiniuose, todėl čia juos paliesime tik fragmentiškai. Verta paminėti tik tai, kad duomenų priskyrimas matavimų skalei yra vienas svarbiausių pasirengimo statistinei analizei uždavinių, nes kiekviena skalė yra savita tolesnių metodų ir operacijų taikymo prasme bei matematinio duomenų apdorojimo taikymo galimybėmis. Įprasto duomenų skaidymo vien į kiekybinius ir kokybinius dažniausiai nepakanka.

Turimus duomenis norėdami priskirti vienai ar kitai matavimų skalei, turėtume atlikti kelis svarbiausius dalykus. Paprastai pavadinimų ir rangų skalėmis matuojami kokybiniai, o intervalų ir santykių – kiekybiniai duomenys. Nedidelė išimtis galėtų būti nebent sporto varžybų (pavyzdžiui, bėgimo) rezultatai, kurie nors ir yra kiekybiniai (distancijoje sugaištas laikas), priklauso rangų skalei. Kai kurie autoriai (Тарасенко, 2000) nurodo dar dvi papildomas kiekybinių kintamųjų matavimų skales – ciklinę ir absoliučią bei išvestines, tačiau vargu ar jas galėsime taikyti archeologiniams duomenims.

Kai atskiriame kiekybinius duomenis nuo kokybinių, jau galime pereiti prie jų priskyrimo konkrečiai skalei. Jei duomenys yra kokybiniai ir juos galima hierarchiškai klasifikuoti – jie priklausys

rangų skalei (pavyzdžiui, dirbinių tipai – segė – pasaginė segė – pasaginė segė gyvūniniais galais); priešingu atveju (jei kokybinių duomenų negalima hierarchiškai klasifikuoti) jie priklausys pavadinimų skalei (pavyzdžiui, mirusiojo lytis). Panašiai ir su kiekybiniais duomenimis. Jei objekto savybė gali būti kiekybiškai apibūdinama tik teigiamais skaičiais (nulis reiškia savybės nebuvimą, neigiami skaičiai – neįmanomi), tuomet duomenis priskirsime santykių skalei (pavyzdžiui, dirbinio ilgis); priešingu atveju (jei savybė gali būti įvardijama bet koku, teigiamu ar neigiamu, skaičiumi ar net nuliu) duomenys priskirtini intervalų skalei (pavyzdžiui, chronologiniai duomenys). Pažymėtina, kad aukštesnės klasės skalėje matuojamus duomenis visada galime redukuoti į žemesnės klasės skalėje matuojamus duomenis¹ (Čekanavičius, Murauskas, 2003, 47).

DUOMENŲ MATRICŲ PARENGIMAS

Tinkamas duomenų matricos parengimas yra viena svarbiausių sėkmingo tyrimo sąlygų. Kaip jau minėta, viena didžiausių archeologų problemų yra ta, kad dauguma duomenų yra kokybiniai. Juos paversti skaičiais galime įvairiais būdais:

- atlikdami suminius apskaičiavimus (pavyzdžiui, archeologijoje mirusiųjų pasiskirstymas pagal lytį: 35% vyrų, 45% moterų, 20% vaikų);

- apibendrinami duomenis: vidurkis – aritmetinis vidurkis, moda – dažniausiai pasikartojanti reikšmė, mediana – sutvarkytų duomenų eilutės vidurys, kvantilis – sutvarkytų duomenų eilutės dalis (ketvirčiai – kvartilai), nupjautieji vidurkiai (prieš skaičiuojant vidurkius pašalinamas atitinkamas procentas didžiausių ir mažiausių reikšmių);

- tiesioginio kodavimo būdu, per teksto sąsajas su skaičiais (pavyzdžiui, 1 – vyras; 2 – moteris; 3 – vaikas);

- klasifikatorių pagalba;
- duomenų perkodavimo metodu (aspektinė klasifikacija, iliustracijų perkodavimas, Harriso matricos taikymas ir kt.);

- koeficientų ir indeksų taikymo metodu.

Tačiau jei laikomės nuomonės, kad archeologiniai radiniai yra ženklai, o jų kompleksai yra tekstai, jų transformavimui į duomenų matricas ir tolesniems tyrimams verta taikyti turinio (*content*) analizės metodus. Žemiau pateikiamoje lentelėje (1 lentelė) aprašomos šių metodų² taikymo archeologinei medžiagai apibendrinti galimybės (turinio analizės metodu atliktas Dubingių buvusių bažnyčių vietoje aptiktų palaidojimų tyrimo pavyzdys pateikiamas kitose publikacijose (Kuncevičius, 2009).

Kiekvienu iš aptartų būdų galima sukurti apibendrintų duomenų matricas ir naudoti kaip klasifikatorius, duomenų statistinei analizei kompiuteriu, geometriniam duomenų modeliui trimatėje koordinatinių sistemoje sukurti.

ARCHEOLOGIJOJE TAIKYTINŲ STATISTINIŲ TYRIMŲ METODŲ APŽVALGA

Įvairūs autoriai pateikia daugybę skirtingų archeologiniuose tyrimuose taikytinų statistinės analizės metodų. Tai gali būti (pavadinimai pateikiami taip, kaip minima literatūroje)³ diskriminantinė (Деревянко ir kt., 2001), klasterinė ir atitikties analizės (Introduction, 2007), tiesinė regresija (Холушкин, 1998), beta regresija (Костин, 2003), tyrimo duomenų analizė (Camiz, Rova, 2001), Bajeso statistikos metodai (Bayesian, 2007), branduolio įvertis (Beardach, Baxter, 2007), turinio (*content*), kohortinė analizė (Миронов, 1991), chi kvadratas, Mann–Whitney metodas (Sidrys, 1994, 91–93), panašumo koeficientas pagal Šerą (Zabiela, 1995), tiesinė regresija, Stjudento patikimumo koeficientas (Йовайша, 1987),

¹ Aukščiausia yra santykių skalė, po to seka intervalų, rangų ir pavadinimų skalės.

² Turinio analizei taip pat yra skirta speciali programinė įranga (Lowe, 2002).

³ Metodų pavadinimų vertimas atliktas naudojantis Glossary of statistical terms, 2007.

1 lentelė. Turinio analizės metodų taikymas archeologijoje

| I lygis | II lygis | III lygis |
|---|---|--|
| Archeologijos komplekso analizės vienetų identifikavimas | Fiziniai vienetai (konkretūs radiniai) | – |
| | Asociatyviniai vienetai | Funkcijos prasme – panaši artefaktų funkcinė paskirtis jį naudojusioje visuomenėje (pvz., vyns ir kabės, skirtos dviem medinėms detalėms sutvirtinti) |
| | | Technologijos prasme – panašūs radiniai pagal gamybos medžiagas, technikas ir technologijas (pvz., visi geležiniai kalvio darbo artefaktai) |
| | | Komunikacijos prasme – panašūs radiniai pagal savo semantines prasmes (pvz., monetos ir skaičiavimo žetonai kapuose) |
| | Struktūriniai vienetai | Susieti stipriu ryšiu (skirtingos vieno radinio dalys, pvz., moneta ir karoliukas viename vėrinyje) |
| | | Susieti vidutinio stiprumo ryšiu (vieno kapo radinių poros, pvz., viename kape rasta moneta ir vėrinys) |
| Susieti silpnu ryšiu (vienetai sudaryti pagal papildomus indikatorius: mirusiojo lytis, amžius, radinio vieta kape, datavimas ir kt., pvz., radiniai tos pačios lyties žmonių (vyrų) kapuose) | | |
| Komplekso apibendrinimai | Bendras radinių skaičius | – |
| | Unikalų radinių skaičius (pvz., 5 viny ir 3 apkaustai iš viso bus 8 radiniai, bet tik 2 unikalūs) | – |
| | Semantiškai vertingų radinių skaičius pagal lygius | <p>Žemo teikiamos informacijos lygio (daiktai, kurie gyvųjų visuomenėje yra traktuojami kaip buitiniai ir tokiu būdu yra pakliuvę į kapą. Pavyzdžiui, karsto viny ar batų sagtys kape greičiausiai neturi jokios simbolinės reikšmės, tačiau gali liudyti apie mirusiojo socialinę padėtį (batas kaip vertingas daiktas galėjo būti reikalingas gyviesiems ir laidoti su jais galėjo būti prabangos ženklas)</p> <p>Vidutinio teikiamos semantinės informacijos lygio (daiktai, kurie ir gyvųjų pasaulyje buvo ne vien buitiniai, bet turėjo simbolinę reikšmę ir kape yra randami natūralioje vietoje (pvz., vestuvinis žiedas ant rankos piršto). Vestuvinis žiedas, rožinis, škaplierius ir kiti panašūs radiniai gali liudyti apie mirusiojo socialinius išpareigojimus gyvųjų pasaulyje ir tai, kad ženklų apie šiuos socialinius išpareigojimus išsaugojimas buvo svarbi laidotuvių apeigų dalis)</p> <p>Aukšto teikiamos semantinės informacijos lygio (daiktai, kurie yra pakliuvę į kapą vienareikšmiškai kaip apeigų dalis ir randami nenatūraliose vietose, specialiai įdėti į karstą ar kapo duobę (pvz., monetos prie mirusiojo galvos, žiedas karsto kojūgalyje ar pan.)</p> |
| Koeficientai ir indeksai | Komplekso sudėtingumo koeficientas = unikalų radinių skaičius / bendras radinių skaičius x 100. Parodo komplekso sudėtingumo lygį. Išvestas iš turinio analizėje naudojamo leksikos sudėtingumo (<i>Lexical density</i>) indekso. Turinio analizėje tekstai, kurių sudėtingumo koeficientas yra apie 40–50%, yra laikomi paprastais. Sudėtingų tekstų šis koeficientas siekia 60–70%. | |
| | Komplekso suprantamumo (<i>readability</i>) indeksas = bendras radinių skaičius / bendras kapų skaičius + bendras aukšto lygio semantiškai vertingų radinių skaičius / bendras radinių skaičius x 100) x 0,4. Parodo, kaip sunkiai yra skaitomas tekstas. Išvestas iš turinio analizėje naudojamo Fog indekso (<i>Gunning Fog Readability Index</i>) | |

Cholmogorovo–Smirnov testas, phi kvadratas, histogramos, sklaidos diagramos, koreliacijos ir regresijos metodai, sklaidos analizė, tikimybinė atranka (Shennan, 1990; Baxter, 2003) ir kt.

Šiame skyriuje bandoma apibendrintai apžvelgti pagrindinius statistinių tyrimų metodus, akcentuojant jų taikymo archeologinei medžiagai analizuoti galimybes⁴ (2 lentelė).

⁴ Parengta pagal: Kruopis, 1993; Januškevičius, 2000; Janilionis, 2001; Čekanavičius, Murauskas, 2003; Statistika ir jos taikymai, 2003; Skirmantas, 2002; Šlekienė, 2007.

2 lentelė. Pagrindiniai archeologijoje taikytini statistinės analizės metodai

| Metodas | Metodo apibūdinimas |
|-----------------------------|---|
| Aprašomoji statistika | Susisteminti ir modeliuoti duomenis diagramų, lentelių, pavienių skaitmenų forma, sudaryti variacines eilutes, nustatyti vidurkius, modas, medianas, kvantilius, nupjautuosius vidurkius, santykinius dažnius ir kt. Paprastai šiuo metodu atliekamas pirminis duomenų apdorojimas, parengiama bazė (matricos) kitiems metodams naudoti |
| Dispersinė analizė | Siekiami priklausomojo kintamojo skirtingas reikšmes paaiškinti vieno ar kelių nepriklausomų kintamųjų veikimu. Pasirinkto požymio vidurkių lyginimas skirtingose populiacijose |
| Faktorinė analizė | Reiškinį apibūdinančių daugelio kintamųjų pakeitimas kur kas mažesniu faktorių skaičiumi. Nežinomų, bet reiškiniai įtakos turinčių faktorių išskyrimas |
| Indeksų metodas | Reiškinį apibūdinančių nepriklausomų kintamųjų apibendrinimas nauju, kompleksiniu kintamuoju |
| Hipotezių tikrinimo metodai | Hipotezės patvirtinimas ar atmetimas, įvertinant patvirtinimo ar atmetimo patikimumą pagal patikimumo koeficientus |
| Klasterinė analizė | Duomenų suskirstymas į grupes, kurios yra kiek galima vienalytės viduje ir skirtingos tarpusavyje |
| Koreliacinė analizė | Dviejų kintamųjų sąryšio stiprumo nustatymas. Tačiau nebūtinai dviejų kintamųjų ryšio stiprumas parodo ir priežastinio ryšio stiprumą; dažniausiai abiem kintamiesiems įtakos turėjo panašūs faktoriai |
| Regresinė analizė | Priklausomojo kintamojo funkcinės priklausomybės nuo nepriklausomų kintamųjų nustatymas |

KOMPIUTERINĖS TYRIMŲ PROGRAMOS PASIRINKIMAS

Anksčiau išvardintoje archeologinėje literatūroje, be įvairių tyrėjų taikytų metodų, neretai nurodomos ir įvairios statistinei analizei skirtos kompiuterių statistinės analizės programos bei programų paketai. Paprastai minima: „MS Excel Statistica“ (StatSoft, 2007), SPSS (SPSS, 2007) ir „WinBasp“ (Bonos paketas) (WinBasp, 2007). Gamtos mokslų darbuose dažnai taikoma „Origin“ (OriginLab, 2007). Tarp Lietuvos archeologų, 2003 m. tyrimų duomenimis, statistinei analizei atlikti populiariausi buvo „MS Excel“ ir „Surfer“ (GoldenSoftware, 2007). Taip pat nurodomi „WinBasp“, „Statistica“, BMDP (Statistical, 2007) statistinės analizės programų paketai. 1994–2004 m. Lietuvos archeologų disertacijų autoreferatuose minima „WinBasp“, „Statistica“, „MS Excel“, BMDP. S. Shennan knygoje (Shennan, 1990) minimi 6 archeologijoje taikytinų kompiuterinės statistinės analizės programų paketai, tarp kurių, be

jau anksčiau išvardintų, yra „Minitab“ (Minitab, 2007), SAS (SAS, 2007), „GenStat“ (GenStat, 2007) ir „Clustan“ (Welcome, 2007). Interneto tinklapyje „Statistics.com“ pateikiama informacijos apie daugiau kaip 150 kompiuterinių statistinės analizės programų ir programų paketų (Statistical, 2007). Kuriuos jų pasirinkti – kiekvieno tyrėjo laisva valia. Svarbiausia, kad pasirinkta programa galėtų atlikti mums reikalingus tyrimus ir būtų paprasta vartotojui.

Pasirinkę programą jau galime atlikti tyrimą. Autorius savo veikloje naudoja SPSS programų paketą. Tai yra tikrai galingas ir pakankamai universalus statistinės analizės įrankis (ypač paskutiniosios „SPSS for Windows“ versijos), skirtas socialinių mokslų duomenims analizuoti – maksimaliai pritaikytas kokybinių duomenų analizei. Interneto yra daug praktinio darbo šia programa vadovėlių (Janilionis, 2001; Pukėnas, 2004). Be to, visada galima pasinaudoti programos teikiama pagalba („Help“), kur SPSS yra dalykiška ir išsami.

ARCHEOLOGINIŲ DUOMENŲ STATISTINĖS ANALIZĖS IR INTERPRETAVIMO METODIKOS PAVYZDŽIAI

Šiame skyriuje bus pateikiami keli skirtingų duomenų analizės taikant pagrindinius statistinius metodus pavyzdžiai, kurie gali būti naudojami kaip modeliai panašių archeologinių duomenų tyrimui (paprasciausiai matricose vienus duomenis keičiant kitais ir atliekant analogiškus veiksmus). Tyrimai buvo atlikti naudojantis SPSS 9 programų paketu. Greita pateikiamas ir pirminis rezultatų interpretavimas. Metodams iliustruoti buvo pasirinkti kalkių skiedinių cheminių tyrimų duomenys. Daugelio archeologinių ar architektūrinių tyrimų metu chemiškai tiriami kurio nors pastato vietoje paimto mūrijimo ar tinkavimo skiedinio mėginiai. Laboratorijoje nustatyta skiedinio cheminė sudėtis išreiškiama laboratorijose standartizuotais santykių matavimo skalės parametrais. Kadangi duomenys yra santykių skalės, jų nereikia papildomai perkoduoti, juos iškart galime pateikti kaip matricą. Matricos pavyzdys yra parodytas 3-ioje lentelėje.

3 lentelė. Skiedinių cheminių tyrimų matrica (pavyzdys)

| PASTATAS | Kintamieji ⁶ | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | KN | NL | SiO | RO | CaO | MgO | RMUS | HM | RM |
| Tauragnų I bažnyčia | 11,71 | 71,07 | 72,81 | 3,48 | 9,19 | 2,52 | 3,69 | 1,76 | 1,33 |
| Dubingių ev. reform. bažnyčios pamatai | 18,57 | 50,62 | 53,24 | 1,83 | 23,1 | 2,73 | 1,4 | 8,46 | 2,46 |
| Tauragnų III bažnyčia | 9,76 | 73,46 | 76,9 | 3,39 | 8,37 | 1,86 | 4,29 | 1,23 | 1,91 |

Iš viso buvo analizuojami 87 skirtingų pastatų skiedinių duomenys. Cheminius tyrimus atliko Kultūros paveldo centro techninių tyrimų laboratorija. Pažymėtina, kad metodams iliustruoti taikomas

duomenų sancaupos yra nelabai didelės ir gali būti nepakankamai reprezentatyvios. Kai kurie apibendrinimai, nors ir labai įdomūs, ateityje turėtų būti tikrinami tais pačiais metodais, tik didesnių duomenų masių (didesnių imčių). Tenka akcentuoti, kad tikslesni rezultatai gaunami tik tada, kai duomenys analizuojami kartu panaudojant skirtingus statistinės analizės ar kitų mokslų metodus (naudojant vadinamąją trianguliacijos metodiką).

KLASTERINĖ ANALIZĖ

Klasterinės analizės metodas efektyvus tuomet, kai turime didelius negrupuotų duomenų masyvus, kuriuose duomenys, kaip iš pirmo žvilgsnio atrodo, yra tarpusavyje visiškai nesusiję. Toks archeologijos duomenų pavyzdys gali būti pastatų skiedinių cheminių tyrimų duomenys.⁵ Tyrimų tikslas – nustatyti, su kokių pastatų skiediniais į vieną klasterį bus sujungti Dubingių ev. reformatų bažnyčios vietoje paimti skiedinio pavyzdžiai. Taikyta hierarchinė klasterinė analizė: jungimo metodas – ryšys tarp grupių, atstumo

matas – Euklido atstumas.⁷ Tyrimo rezultatas pateikiamas kaip dendrograma (taupydami vietą dendrogramos nepateiksime). Peržiūrėjęs dendrogramą paaiškėjo, kad Dubingių ev. reformatų

⁵ Darbe kaip pavyzdys naudojamas skiedinių duomenų kiekis yra per daug smulkus klasterinei analizei. Paprastai šis metodas taikomas daug didesniems ir sudėtingesniems duomenų masyvams tirti.

⁶ Stulpelių paaiškinimai: KN – kaitinimo nuostoliai, NL – netirpi liekana, SiO – silicio dioksido kiekis, RO – geležies ir aliuminio trivalenčių oksidų suma, CaO – kalcio oksido kiekis, MgO – magnio oksido kiekis, RMUS – užpildo kiekis rišamosios medžiagos (kalkių) vienetai, HM – hidraulinis modulis, RM – rupumo modulis. Paminėtina, kad iš šių parametrų KN, CaO, MgO, HM apibūdina kalkių (rišamosios medžiagos), o NL, SiO, RO, RM – užpildo savybes. Už konsultacijas skiedinių cheminių tyrimų parametrų klausimais dėkoju Kultūros paveldo centro techninių tyrimų laboratorijos direktorei p. Elvyrai Telksnienei.

⁷ Pažymėtina, kad klasterinėje analizėje taikant skirtingus metodus galima gauti skirtingus rezultatus.

bažnyčios pietinės sienos pamatų vidaus skiedinys sudaro vieną I lygio klasterį su Dubingių ev. reformatų klebonijos pamatų skiediniu (abu pastatai yra statyti tuo pat metu (apie 1620 m.) ir greičiausiai tų pačių meistrų). Tos pačios Dubingių bažnyčios šiaurinės sienos pamatų vidinės dalies skiedinys I–IV lygmenyje nesudaro klasterių su jokie kito pastato skiediniais, tačiau V lygmenyje siejasi su dideliu skaičiumi iš esmės viena-laikių, renesansinių pastatų skiedinių (Raudonės

KORELIACIJOS KOEFICIENTAI

Su tais pačiais skiedinių duomenimis ir ta pačia matrica buvo atlikta koreliacinė analizė (tiesinė koreliacija, dvipusis reikšmingumo testas, Pirsono koreliacijos koeficientas). Tyrimo tikslas – nustatyti, kokio lygio skiedinio sudedamųjų dalių koreliacija egzistuoja. Koreliacijos koeficientai gali būti nuo 1 (tiesioginis ryšys) iki –1 (atvirkštinis ryšys). 0 rodo ryšio tarp kintamųjų nebuvimą.

4 lentelė. Skiedinių sudedamųjų dalių tarpusavio koreliacijos koeficientai

| | KN | NL | SiO | RO | CaO | MgO | RMUS | HM | RM |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| KN | 1,000 | -0,969 | -0,974 | 0,172 | 0,878 | 0,314 | -0,805 | 0,409 | 0,650 |
| KN | 1,000 | -0,969 | -0,974 | 0,172 | 0,878 | 0,314 | -0,805 | 0,409 | 0,650 |
| NL | -0,969 | 1,000 | 0,990 | -0,207 | -0,925 | -0,304 | 0,778 | -0,612 | -0,677 |
| NL | -0,969 | 1,000 | 0,990 | -0,207 | -0,925 | -0,304 | 0,778 | -0,612 | -0,677 |
| SiO | -0,974 | 0,990 | 1,000 | 0,082 | -0,948 | -0,307 | 0,965 | -0,538 | -0,512 |
| SiO | -0,974 | 0,990 | 1,000 | 0,082 | -0,948 | -0,307 | 0,965 | -0,538 | -0,512 |
| RO | 0,172 | -0,207 | 0,082 | 1,000 | -0,020 | 0,479 | -0,092 | -0,596 | 0,080 |
| RO | 0,172 | -0,207 | 0,082 | 1,000 | -0,020 | 0,479 | -0,092 | -0,596 | 0,080 |
| CaO | 0,878 | -0,925 | -0,948 | -0,020 | 1,000 | 0,021 | -0,783 | 0,660 | 0,656 |
| CaO | 0,878 | -0,925 | -0,948 | -0,020 | 1,000 | 0,021 | -0,783 | 0,660 | 0,656 |
| MgO | 0,314 | -0,304 | -0,307 | 0,479 | 0,021 | 1,000 | -0,201 | 0,005 | 0,289 |
| MgO | 0,314 | -0,304 | -0,307 | 0,479 | 0,021 | 1,000 | -0,201 | 0,005 | 0,289 |
| RMUS | -0,805 | 0,778 | 0,965 | -0,092 | -0,783 | -0,201 | 1,000 | -0,525 | -0,679 |
| RMUS | -0,805 | 0,778 | 0,965 | -0,092 | -0,783 | -0,201 | 1,000 | -0,525 | -0,679 |
| HM | 0,409 | -0,612 | -0,538 | -0,596 | 0,660 | 0,005 | -0,525 | 1,000 | 0,546 |
| HM | 0,409 | -0,612 | -0,538 | -0,596 | 0,660 | 0,005 | -0,525 | 1,000 | 0,546 |
| RM | 0,650 | -0,677 | -0,512 | 0,080 | 0,656 | 0,289 | -0,679 | 0,546 | 1,000 |
| RM | 0,650 | -0,677 | -0,512 | 0,080 | 0,656 | 0,289 | -0,679 | 0,546 | 1,000 |

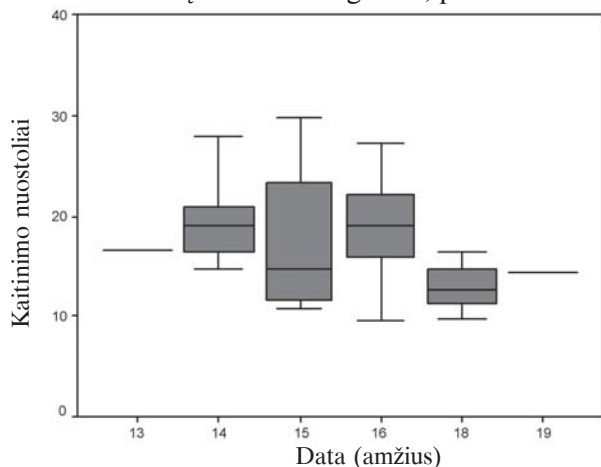
pilis, Siesikų, Simno, Vilniaus Šv. Mykolo, Kėdainių ev. reformatų bažnyčios, Kauno ev. reformatų konsistorijos pastatas). Dubingių ev. reformatų bažnyčios tinko skiedinys nesudaro klasterių nė su vienu pastatu iki pat X lygmens, nes visi kiti duomenų masyvo cheminių tyrimų rezultatai yra mūrijimo skiedinių – tai vienintelis tinkavimo skiedinys. Įdomu, kad vienas tos pačios bažnyčios šiaurinės sienos pamatų skiedinio gabalėlis V lygmenyje siejasi su Lydos pilies sienų skiediniais. Ši nedidelė sąsaja galėtų būti aiškinama statybos technologijos panašumu: ir Dubingių ev. reformatų bažnyčios pamatai, ir Lydos pilies sienos yra kiautinės konstrukcijos.

Tyrimas atskleidė keletą įdomių skiedinių sąvybių, kurias tikrai verta ateityje patyrinėti plačiau. Galime išskirti dvi kintamųjų grupes: kalkių (KN, CaO, MgO, HM) ir užpildą apibūdinančių kintamųjų (NL, SiO, RO, RM). Kiekvienos grupės viduje tarp kintamųjų dažniausiai pastebime tiesioginį (čia jo nenagrinėsime, tai natūralu), o tarp skirtingas grupes sudarančių kintamųjų – atvirkštinį ryšį. Nagrinėdami kiekvieną kintamąjį atskirai pastebime įdomių dėsningumą. Visiškai aišku, kad didėjant užpildo kiekiui rišamosios medžiagos vienetai didėja ir pagrindinės smėlio sudedamosios dalies – silicio dioksido – kiekis (koreliacijos koeficientas 0,965). Labai įdomu, kad

užpildo kiekio ir kaitinimo nuostolių koreliacijos koeficientas yra $-0,805$. Tai reikštų, kad kuo didesni skiedinio kaitinimo nuostoliai,⁸ tuo mažiau dedama užpildo. Jei norime tvirto pastato, ne tik darome riebus skiedinį (dedame mažai užpildo), bet ir stengiamės pagerinti jo rišamąsias savybes organinės kilmės priedais (pavyzdžiui, populiarioje literatūroje taip dažnai minimais kiaušinio baltymais). Dar vieną įdomią priklausomybę matome kalcio oksido eilutėje. Kalkės, priklausomai nuo žaliavos šaltinio, gali būti kalcitinės (klintinės, kalkakmenio, kuomet ženkliai vyrauja CaO; MgO ir CaO santykis 1:3 ir daugiau) ir magnezinės (dolomitinės, MgO kiekis yra pakankamai didelis, minėtas santykis apie 1:3 ir mažiau⁹). Mūsų pavyzdyje yra didelis (koreliacijos koeficientas siekia $-0,948$) atvirkštinis ryšys tarp CaO ir SiO. Vadinasi, jei naudojamos kalkės būdavo labiau kalcitinės, mažiau dėdavo užpildo (CaO ir RMUS koreliacijos koeficientas taip pat pakankamai didelis, siekia $-0,783$) ir tuo tas užpildas būdavo prastesnės kokybės smėlis (kvarcinis smėlis, laikomas švariausiu, turi daugiau kaip 90% silicio dioksido (Kvarcinis, 2003)). Tą patį parodo ir CaO bei netirpios liekanos koreliacijos koeficientas: $-0,925$ (kuo labiau kalcitinės kalkės, tuo mažiau užpilde yra vandenyje netirpių frakcijų) ir CaO bei kaitinimo nuostolių koreliacijos koeficientas: $0,878$ (kuo labiau kalcitinės kalkės, tuo daugiau karbonatinių (karštyje sudegančių) priemaišų – o gal prastos užpildo savybės buvo sąmoningai gerinamos organinėmis priemaišomis?). Beje, koreliacijos koeficientų išryškintus dėsningumus galime neblogai papildyti ir kitais statistiniais metodais gautais duomenų analizės rezultatais.

APRAŠOMOJI STATISTIKA. DUOMENŲ SKAITINIŲ CHARAKTERISTIKŲ TYRIMAI

Aprašomoji statistika dažniausiai suprantama kaip elementariausių statistinių duomenų apibendrinimų visuma, paprastai apsiribojant vidurkiais ir gražiu grafinių duomenų pateikimu. Aprašomojoje statistikoje yra metodų, galinčių išryškinti analizuojamų duomenų dėsningumus ne mažiau nei kitais sudėtingesniais metodais. Anksčiau pateiktos skiedinių cheminių tyrimų duomenų matricos kintamųjų skaitinės charakteristikos buvo analizuojamos pasitelkiant aprašomosios statistikos skaitinių duomenų charakteristikų tyrimų metodą. Anksčiau pateikiama matrica buvo papildyta vienu kintamuoju – tirtų skiedinių datavimu (chronologiniai duomenys)¹⁰. Atsižvelgiant į senųjų pastatų datavimo sudėtingumą, datos buvo pateikiamos dešimtmečio tikslumu. Tyrimo tikslas buvo nustatyti skiedinių cheminės sudėties kintamųjų pasiskirstymą priklausomai nuo skiedinio gamybos laikotarpio. Žemiau pateikiama stulpelinės duomenų sklaidos diagrama, parodanti kar-



1 diagrama. Karbonatinių junginių kiekio kaita skiediniuose nuo ankstyvųjų pilių iki XIX a. (informacijos apie XVII a. nėra).

⁸ Dideli kaitinimo nuostoliai rodo didelį anglies (organinių) junginių kiekį kalkėse.

⁹ Grynai dolomitai turi apie 54,2% kalcio karbonato ir 45,8% magnio karbonato. Pagal: Топоров, Булак, 1953.

¹⁰ Pateikiant datavimą buvo naudojamosi literatūroje (Lietuvos, 1987–2003; Kitkauskas, 1989; Misius, 1993) pateikiamais duomenimis, nekvestionuojant kai kurių datavimų (pavyzdžiui, kvadratinio pastato po Vilniaus arkikatedra), dėl kurių specialistai tebesiginčija.

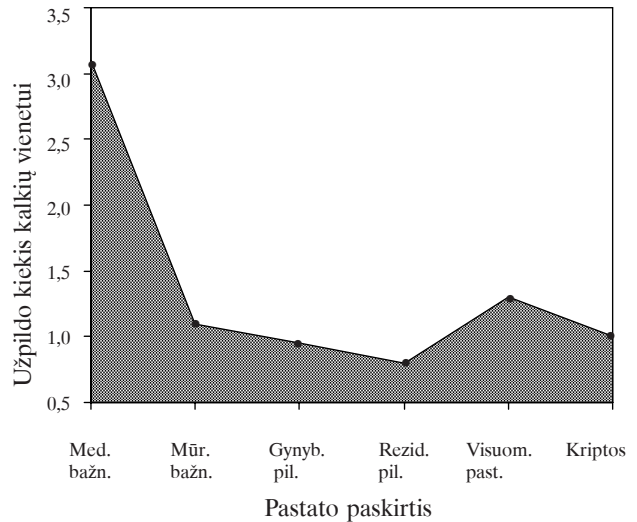
bonatinių (išdegančių) junginių kiekio kaitą skiediniuose nuo ankstyvųjų aptvarinių pilių iki XIX a.

Diagramoje aiškiai matome, kad karbonatinių junginių kiekis XIV a. buvo pakankamai didelis, jis sumažėja XV a. pirmojoje pusėje. Po to jis kiek padidėja ir lieka toks pat XVI–XVIII a. pirmojoje pusėje. XVIII a. antrojoje pusėje–XIX a. šis rodiklis gerokai sumažėja. Tokiam duomenų pasiskirstymui įtakos turėjo ne tik objektyvūs faktoriai, bet ir matricoje esančių duomenų struktūra. XIV a. skiediniai paimti iš pilių, o XV a. I pus. – iš bažnyčių. Suprantama, kad pilių skiediniai turėjo būti tvirtesni nei bažnyčių, todėl į juos greičiausiai buvo maišoma organinių baltymų, kurie diagramoje ir atsispindi kaip anglies junginiai. XVIII a. antrosios pusės–XIX a. skiediniuose organinių priemaišų atsisakyta.

Ne mažiau įdomius rezultatus galime gauti duomenų tyrimui ir vizualizavimui taikydami kelių skalių koordinacių sistemas, kuriose vienas kintamasis (X ašyje) yra vienas ir pastovus (atlieka nepriklausomojo kintamojo funkcijas), o kiti kintamieji yra keli ir nepastovūs (matuojami skirtingose skalėse, atlieka priklausomojo kintamojo funkcijas).

DISPERSINĖ ANALIZĖ

Anksčiau parodyta matrica buvo papildyta dar vienu kintamuoju – įvardytas pastatų tipas. Pagal paskirtį visi pastatai suskirstyti į 6 grupes (medinės, mūrinės bažnyčios, gynybinės pilys, rezidencinės pilys ir rūmai, visuomeniniai pastatai – rotušės, konsistorijų, kolegijų, cechų pastatai bei kriptos). Pastato paskirtis įvardijama kaip nepriklausomas kintamasis. Po to buvo atliekamas vienfaktorinės dispersinės analizės (ANOVA) tyrimas ir daugiamatė dispersinė analizė, siekiant nustatyti, ar skiriasi skirtingų rūšių pastatų skiedinių cheminė sudėtis. Rezultatai buvo pateikti grafiškai. Tyrimas parodė, kad priklausomybė tarp pastato paskirties ir jo staty-



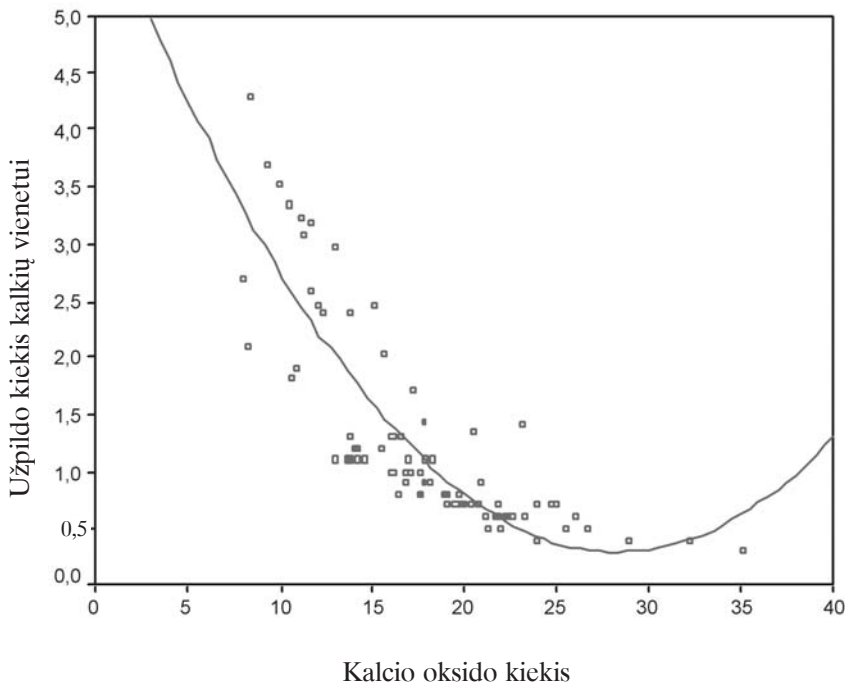
2 diagrama. Skiedinio užpildo kiekio ir pastato paskirties priklausomybė.

binio skiedinio kokybės tikrai yra. Pateikiama diagrama, kaip nuo pastato paskirties priklauso skiedinio riebumas (kuo daugiau užpildo, tuo skiedinys liesesnis).

Iš pirmo žvilgsnio atrodytų, kad gynybinių pilių skiedinys turėtų būti pats riebiausias (tvirtiausias), bet jas nežymiai lenkia rezidencinės pilys ir rūmai, nedaug atsilieka ir mūrinės bažnyčios. Medinių bažnyčių pamatų skiediniai yra ženkliai liesesni. Tai rodo to meto statybininkų išmanymą: pamatams, ant kurių stovės santykinai plonos (apie 0,3 m storio) medinės, lengvos sienos, užtenka ne tokių atsparių gniuždymui pamatų nei mūro statyboje.

REGRESINĖ ANALIZĖ

Remiantis ta pačia duomenų matrica buvo atlikta ir regresinė analizė, nustatoma regresijos galimybė tarp skirtingų duomenų masyvo kintamųjų. Tyrimo metu vienas kintamasis būdavo vertinamas kaip nepriklausomas, o kitas – kaip priklausomas. Dauguma atvejų jokios regresinės priklausomybės nustatyti nepavyko. Pavyzdžiui, tikėtasi, kad galima tiesioginė priklausomybė tarp pastato statybos laiko ir užpildo kiekio kalkių



3 diagrama. Kvadratinės regresijos tarp kalcio oksido ir užpildo kiekio skiedinyje galimybė.

vienetai (skiedinio riebumas), nes literatūroje minima, kad ankstyvesnieji skiediniai yra riebesni už vėlyvesnius (Levandauskas, 1990, 17–18).

Tačiau pavyko rasti duomenų ir apie didesnę priklausomybę. Pavyzdžiui, regresija tarp kalcio oksido kiekio kalkėse (kalcingumo) ir užpildo kiekio kalkių vienetai (skiedinio riebumo) yra pakankamai ryški. Buvo bandoma tikrinti duomenis CaO vertinant kaip nepriklausomąjį kintamąjį, o RMUS – kaip priklausomąjį kintamąjį. Galime teigti, kad kuo didesnis kalcio oksido kiekis (kuo kalcingesnės kalkės), tuo skiedinys riebesnis. Ypač tai ryšku taikant kvadratinę regresiją. Įdomu, kad ši priklausomybė buvo nustatyta dar naudojant koreliacijos koeficientus. Apibendrinti duomenys pateikiami 3 diagramoje.

FAKTORINĖ ANALIZĖ

Faktorinė analizė yra vienas sudėtingiausių statistinės analizės metodų, atveriančių ir gerojai didesnes galimybes. Dauguma kitų statistinės

analizės metodų yra skirti konkrečioms konkrečioms tyrimo uždaviniais palengvinti, o faktorinė įgalina mus kurti platesnės paskirties taikomosios tyrimo modelius. Faktorinės analizės išėities tašku galime laikyti nuostatą, kad kintamieji yra tik antraeilės tiriamo objekto charakteristikos, o iš tikrųjų egzistuoja vidiniai, akivaizdžiai nepastebimi parametrai (faktoriai), kurių nedaug, bet jie lemia kintamųjų savybes (Абайюс, 1976). Faktorinės analizės metu nustatomi ne tik kintamiesiems įtakos turintys faktoriai, bet ir apskaičiuojami faktorių ir kintamųjų są-

veikos koeficientai, t.y. kiek kiekvienas konkretus faktorius turi įtakos konkrečiam kintamajam.

Buvo atlikta jau žinomos skiedinių cheminių savybių matricos faktorinė analizė, kurios rezultatai pateikiami 5-oje lentelėje. Paprastai faktoriaus įtakos reikšmės, viršijančios 0,6, yra įvardijamos kaip reikšmingos konkrečiam kintamajam, o mažesnės kaip 0,4 – nereikšmingos (Garson, 2004).

Pavyko išskirti tris reikšmingesnius faktorius, įtakos turėjusius skiedinių cheminei sudėčiai. Pirmasis yra reikšmingas beveik visiems kintamiesiems. Tik vieniems kintamiesiems jo įtaka yra tiesioginė (CaO, KN, HM), o kitiems – atvirkštinė (SiO, NL, RMUS). Pažymėtina, kad pirmieji kintamieji apibūdina pagrindines kalkių savybes, o antrieji susiję su užpildu. Šis faktorius galėtų būti to meto statybininkų skiedinių paruošimo technologijų žinios. Nepriklausomai nuo individualių mūrininko žinių ar atsitiktinumų (smėlis skiedinyje paprastai matuojamas kastuvais) galėjo

5 lentelė. Skiedinių cheminių tyrimų duomenų faktorinės analizės rezultatai

| Kintamasis | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| | CaO | 0,986 | – |
| SiO | –0,946 | –0,237 | –0,169 |
| KN | 0,943 | 0,115 | 0,228 |
| NL | –0,928 | –0,297 | –0,159 |
| RMUS | –0,905 | –0,247 | –0,204 |
| HM | 0,896 | 0,282 | –0,148 |
| RM | 0,418 | 0,651 | 0,304 |
| RO | –0,295 | 0,544 | 0,492 |
| MgO | 0,401 | 0,434 | 0,507 |
| Pastato paskirtis | 0,147 | 0,875 | – |
| Pastato sienų medžiagos | 0,546 | 0,762 | – |

vyrauti tendencija, kad siekiant kokybės buvo stengiamasi naudoti kalcingesnes kalkes, dedama organinių baltymų ir stengiamasi pilti mažiau, bet rudesnio (ne kvarcinio) smėlio. Kai kuriais atvejais renesansiniuose statiniuose turbūt smėlio rudumo trūkumas būdavo kompensuojamas kaip užpildo į skiedinį primaišant grūstų plytų trupinių (Levandauskas, 1990, 17–18). Antrasis faktorius yra mažiau reikšmingas negu pirmasis. Jis tiesiogiai veikia pastato paskirtį (pilis, bažnyčia), pastato sienų statybines medžiagas (mūrinės, medinės) ir užpildo savybes: rupumo modulį (šis kintamasis parodo užpildo rupumą) ir RO (aliuminio ir geležies trivalenčių oksidų priemaišų kiekį smėlyje). Šį faktorių galima paaiškinti statybininkų žiniomis apie pastatų konstrukcijas. Statybininkai puikiai žinojo, kuo turi skirtis medinio ir mūrinio, pilies ir bažnyčios pastatų pamatai ar sienos. Priklausomai nuo to buvo nustatomas skiedinių užpildų rupumas ar priemaišų kiekis smėlyje, kuri išduodavo smėlio spalva. Pirmąjį faktorių galėtume vadinti technologijos, o antrąjį – funkcijos faktoriumi. Pagal įvade pateikiamą 3 svarbiausių tarpusavyje sąveikaujančių aspektų modelį, trečiasis faktorius turėtų būti komunikacijos, bet jam interpretuoti būtini išsamesni tyrimai. Neabejotina, kad atlikus faktorinę skiedinių cheminių tyri-

mų rezultatų analizę su skirtingomis matricomis skiedinių, sugrupuotų pagal statybos laikotarpius, statinių paskirtį ar statinių sienų statybines medžiagas, komunikacijos faktorius labiau išryškėtų. Tai ypač patogu, kai turime didžiulius duomenų kiekius, apibrėžiamus daugeliu kintamųjų. Faktorinė analizė ne tik išryškina faktorius, turinčius įtakos kintamiesiems, bet ir išskiria kintamuosius, kuriems kiekvienas faktorius daro didžiausią ar mažiausią įtaką. Galime galvoti apie duomenų tyrimą panaudojant tik kiekvieno faktoriaus daromą daugiausia tiesioginę ar atvirkštinę įtaką kintamiesiems, kitus kintamuosius traktuojant kaip nereikšmingus.

IŠVADOS

1. Statistinės analizės metodai yra svarbus įrankis geresniam archeologinės medžiagos pažinimui ir interpretavimui. Statistinė analizė sukuria naujas galimybes platesnės paskirties (daugiau nei vieno konkretaus tyrimo) modeliams kurti. Tai gali būti net radinio ar kultūros paminklų vertės nustatymo modeliai. Be to, archeologijoje taikytini medžiagos parengimo statistinei analizei bei statistinės analizės modeliai gali būti taikomi ir kituose humanitariniuose moksluose.

2. Kompiuterinės technologijos archeologams atveria naujas statistinės analizės metodų taikymo galimybes, nes specializuotos kompiuterinės programos atlieka sudėtingiausias ir humanitarui sunkiausiai suprantamus matematinius skaičiavimus. Svarbiausi humanitaro uždaviniai šioje situacijoje yra tinkamas duomenų parengimas statistinei analizei, tinkamo metodo ir tinkamų įrankių (kompiuterinės programos) pasirinkimas. Šiuos uždavinius lengviausia įgyvendinti taikant universalius veiklos modelius, iš kurių svarbiausi yra tolydžiųjų duomenų diskretinimo modeliai per klasifikacijas ir perkodavimą.

3. Archeologinių artefaktų duomenų statistinei analizei yra svarbu, kad duomenų matricioje naudojami chronologiniai, technologiniai (gamybos medžiaga ir technika) ir funkciniai (artefakto paskirtis) kintamieji. Straipsnyje pateikta kalkių skiedinių cheminių tyrimų duomenų statistinė analizė parodė šių metodų galimybes, nustatant svarbiausius duomenų masyvams įtakos turinčius dėsningumus bei nustatant šių dėsningumų priežastis.

ŠALTINIŲ IR LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Attanasio D., Platania R., Rocchi P.**, 2004 – Boot-strap validation of archaeometric data: estimate of the prediction error in marble provenance studies // *Beyond the artifact. CAA 2004 conference abstracts*. Prato, 2004, p. 63–64.
- Baxter M.**, 2003 – *Statistics in archaeology*. Oxford, 2003.
- Bayesian Archaeology**, 2007 – [interaktyvus] Sheffield, United Kingdom: The University of Sheffield, 2007 [žiūrėta 2007 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.shef.ac.uk/pas/research/clusters/bayesian/archaeology.html>>.
- Beardach Ch., Baxter M.**, 2007 – *The Archaeological Application of Kernel Density Estimates* [interaktyvus] // *Internet archaeology*. York, United Kingdom: Internet Archaeology, Department of Archaeology, University of York, 1996. Issue 1, ISSN 1363–5387 [žiūrėta 2007 m. birželio 20 d.]. Prieiga per internetą: <<http://intarch.ac.uk/journal/issue1/beardah/>>.
- Camiz S., Rova E.**, 2001 – *Exploratory analyses of structured images: a test of different coding procedures and analysis methods* // *Archeologia e calcolatori*. Firenze: Edizioni all’Insegna del Giglio. 2001, Vol. 12, p. 7–45.
- Čekanavičius V., Murauskas G.**, 2003 – *Statistika ir jos taikymai*. Vilnius, 2003. T. 1.
- Eco U.**, 1997 – *Menas ir grožis viduramžių estetikoje*. Vilnius, 1997.
- Farrington O. S., Taylor N. K.**, 2004 – *Quantitative and qualitative approaches to modelling Geo-Archaeological data // Beyond the artifact. CAA conference 2004*, Prato, 13–17 April. Prato, 2004, p. 57–58.
- Fiske J.**, 1998 – *Įvadas į komunikacijos studijas*. Vilnius, 1998.
- Garson D. G.**, 2004 – *Factor Analysis: SPSS Output* [interaktyvus]. New York, USA: NC State University, 2004 [žiūrėta: 2007 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/factsps.htm>>.
- GenStat**, 2007 – [interaktyvus]. Hemel Hempstead Herts, United Kingdom: VSN International Ltd., 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.vsn-intl.com/genstat/>>.
- Glossary of statistical terms**, 2007 – [interaktyvus]. Voorburg, Netherlands: ISI (International statistical institute), 2007 [žiūrėta: 2007 m. liepos 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.cbs.nl/isi/glossary/index.htm>>.
- GoldenSoftware**, 2007 – [interaktyvus]. Golden, USA: Golden Software, Inc., 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>>.
- Introduction to WinBASP**, 2007 – [interaktyvus]. Köln, Deutschland: Onlineredaktion Universität zu Köln, 2007 [žiūrėta: 2007 m. vasario 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.uni-koeln.de/%7Eal001/basp1.html#introduction>>.
- Janilionis V.**, 2001 – *Statistika ir duomenų analizės programinė įranga* [interaktyvus]. Kaunas, 2001 [žiūrėta: 2005 m. gegužės 25 d.]. Prieiga per internetą: <<http://fmf.ktu.lt/janil/stat1.htm>>.
- Januškevičius R.**, 2000 – *Statistikos įvadas*. Vilnius, 2000.

- Kitkauskas, N.**, 1989 – Vilniaus pilys. Vilnius, 1989.
- Kruopis J.**, 1993 – Matematinė statistika. Vilnius, 1993.
- Kuncevičius, A., Laužikas, R., Jankauskas, R., Stankevičiūtė, D., Rutkauskaitė, I.**, 2009 – Dubingiai – Radvilų tėvonija. Vilnius, 2009.
- Kvarcinis smėlis**, 2003 – Technikos enciklopedija. Vilnius, 2003. T. 2, p. 658.
- Levandauskas V.**, 1990 – Lietuvos renesansinių pastatų mūro medžiagos ir technika // Architektūros paminklai. Vilnius, 1990. T. 4, p. 17–18.
- Lietuvos**, 1987–2003 – Lietuvos architektūros istorija 1987–2003. Vilnius, 1987–2003. T. 1–4.
- Lowe W.**, 2002 – Software for Content Analysis – A Review [interaktyvus]. 2002 [žiūrėta: 2007 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://people.iq.harvard.edu/~wlowe/Publications/rev.pdf>>.
- Michelbertas M.**, 2001 – Amerikiečio žvilgsnis į Lietuvos archeologiją. Pastabos R. V. Sidrio straipsnio parašėse // Archaeologia Lituana. Vilnius, 2001. T. 2, p. 144–148.
- Minitab**, 2007 – [interaktyvus]. State College, USA: Minitab Inc., 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.minitab.com/>>.
- Misius, K. Šinkūnas, R.**, 1993 – Lietuvos katalikų bažnyčios: žinynas. Vilnius, 1993.
- OriginLab**, 2007 – [interaktyvus]. Northampton, USA: OriginLab Corporation, 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.originlab.com/>>.
- Piliakalnis**, 2003–2007 – Lietuvių dvasinės kultūros raiškos: etnologijos, kalbos ir istorijos šaltinių elektroninis sąvadas [interaktyvus]. Vilnius: Lietuvių literatūros ir tautosakos institutas, Lietuvių kalbos institutas, Lietuvos istorijos institutas, Matematikos ir informatikos institutas, 2003–2007 [žiūrėta: 2004 m. gruodžio 30 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.aruodai.lt/archeologija/archeologija_6.htm>.
- Pukėnas K.**, 2004 – Sportinių tyrimų duomenų analizė SPSS programa [interaktyvus]. Kaunas, 2004 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lkka.lt/pask/pukenas/KnygaSPSS_Pukeno.pdf>.
- SAS**, 2007 – [interaktyvus]. Cary, USA: SAS Institute Inc., 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sas.com/>>.
- Shennan S.**, 1990 – Quantifying archaeology. Edinburgh, 1990.
- Sidrys R. V.**, 1994 – Vakarų baltų gintaro įkaps geležies amžiuje // Klaipėdos miesto ir regiono archeologijos ir istorijos problemos. Klaipėda, 1994, p. 91–93.
- Sidrys R.V.**, 1999 – Kasinėjimai be teorijos? Kritiškas optimisto žvilgsnis į Lietuvos archeologiją // Lietuvos sovietinė istoriografija. Teoriniai ir ideologiniai kontekstai. Vilnius, 1999, p. 205–238.
- Skirmantas P.**, 2002 – Statistika filologams [interaktyvus]. Vilnius: VU Filologijos fakultetas, 2002 [žiūrėta: 2005 m. gegužės 25 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.grotta.flf.vu.lt/statistika.htm>>.
- SPSS**, 2007 – [interaktyvus]. Chicago, USA: SPSS inc., 2007 [žiūrėta: 2007 m. birželio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.spss.com/>> arba lietuviškai <<http://www.spss.lt/products/spssfam/>>.
- Statistical software** // Tinklapis Statistics.com., 2007 – [interaktyvus]. Arlington, USA: Statistics.com, 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.statistics.com/content/commsoft/fulllist.php3>>.
- Statistical Solutions**, 2007 – [interaktyvus]. Saugus, USA: Stonehill Corporate Center. [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.statsol.ie/bmdp/bmdp.htm>>.
- Statistika ir jos taikymai**, 2003 – [interaktyvus].

Vilnius: Vilniaus universitetas, 2003 [žiūrėta: 2007 m. gegužės 25 d.]. Prieiga per internetą: <<http://is.vu.lt/pls/sandai/stat.navigac>>.

StatSoft, 2007 – [interaktyvus]. Tulsa, USA: StatSoft, Inc, 2007 [žiūrėta: 2007 m. birželio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.statsoftinc.com/>>.

Šlekienė V., 2007 – Statistiniai metodai moksliniame tyrime [interaktyvus]. Šiauliai: Šiaulių universitetas, 2007 [žiūrėta: 2007 m. gegužės 25 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.su.lt/article/articleview/1060/1/516/>>.

The Content Analysis Guidebook Online, 2007 – [interaktyvus]. 2007 [žiūrėta: 2007 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://academic.csuohio.edu/kneuendorf/content/>>.

Tyrinėjimai Lietuvoje, 2003–2007 – [interaktyvus] // Lietuvių dvasinės kultūros raiškos: etnologijos, kalbos ir istorijos šaltinių elektroninis sąvadas. Vilnius: Lietuvių literatūros ir tautosakos institutas, Lietuvių kalbos institutas, Lietuvos istorijos institutas, Matematikos ir informatikos institutas, 2003–2007 [žiūrėta: 2006 m. gruodžio 30 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.arudai.lt/archeologija/archeologija_6.htm>.

Welcome to Clustan, 2007 – [interaktyvus]. Edinburgh, United Kingdom: Clustan Ltd, 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.clustan.com/>>.

WinBASP, 2007 – The Bonn Archaeological Software Package [interaktyvus]. Köln, Germany: Köln University, 2007 [žiūrėta: 2007 m. rugpjūčio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.uni-koeln.de/~al001/basp>>.

Zabiela G., 1995 – Lietuvos medinės pilys. Vilnius, 1995.

Абарюс П., 1976 – Методы автоматизированного управления ведением справочно-информационных фондов в информационно-библиотечных системах. Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1976.

Белова Е. Б., Бородин Л. И., Гарскова И. М., Измestьева Т. Ф., Лазарев В. В., Тихонов А. И., 1999 – Компьютеризованный статистический анализ для историков [interaktyvus]. Москва, 1999 [žiūrėta: 2007 balandžio 24 d.]. Prieiga per internetą: <<http://archeologia.ru/Library/Book/b30712f2679a>>.

Воронин В. Т., Ростовцев П. С., Холушкин Ю. П., 2002 – К методике статистической обработки археологических комплексов [interaktyvus] // История и культура Востока Азии. Материалы международной научной конференции (г. Новосибирск, 9 – 11 декабря 2002 г.). Новосибирск: Институт археологии и этнографии СО РАН, 2002 [žiūrėta: 2007 gegužės 24 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sati.archaeology.nsc.ru/sibirica/pub/Data/larich2/?html=vrkh.htm&id=1383>>.

Герасимова Л., 2001 – Как провести контент-анализ [interaktyvus] 2001 [žiūrėta: 2007 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.business.ua/i586/a20871>.

Гражданников Е. Д., 1985 – Метод систематизации философских категорий. Новосибирск, 1985.

Деревянко А. П., Холушкин Ю. П., Ростовцев П. С., 2001 – Неандертальская проблема как задача статистического анализа (предварительные результаты) [interaktyvus]. Новосибирск, 2001 [žiūrėta: 2007 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sati.archaeology.nsc.ru/sibirica/pub/?id=1852>>.

Йовайша, Е. Л., 1987 – Центральная Литва в 1–4 в.в. Автореферат диссертации. Вильнюс, 1987.

Костин В.С., 2003 – Статистика для сравнения классификаций [interaktyvus] // Информационные технологии в гумани-

тарных исследованиях. Новосибирск, 2003, вып. 6 [žiūrėta: 2007 m. gegužės 24 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sati.archaeology.nsc.ru/sibirica/pub/Data/int6/?html=int67.htm&id=1826>>.

Манаев, О. Т., 2001 – Контент–анализ – описание метода [interaktyvus] 2001 [žiūrėta: 2007 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://psyfactor.org/lib/kontent.htm>.

Миронов, Б. Н., 1991 – История в цифрах. Ленинград, 1991.

Тарасенко, Ф. П., 2000 – Некоторые проблемы формализации гуманитарных знаний (на примере археологии) [interaktyvus]. // Информационные технологии в гума-

нитарных исследованиях. Новосибирск, 2000, вып. 2 [žiūrėta: 2007 m. gruodžio 28 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sati.archaeology.nsc.ru/sibirica/pub/index.html?id=755#con>>.

Топоров, Н. А. Булак, Л. Н., 1953 – Курс минералогии и петрографии. Москва, 1953. с. 341–346.

Холюшкин, Ю. П., 1998 – К вопросу о нумерологическом обосновании естественности построения классификационных фрагментов [interaktyvus] Новосибирск, 1998 [žiūrėta: 2004 m. vasario 28 d.]. Prieiga per internetą: <<http://archaeology.kiev.ua/pub.cgi?i0439>>.

ARCHAEOLOGY AND STATISTICAL ANALYSIS: DATA PREPARATION FOR COMPUTERISED STATISTICAL RESEARCH AND EXAMPLES OF THE APPLICATION OF THE MAIN ANALYTICAL METHODS

Rimvydas Laužikas

Summary

The goal of archaeology is an objective examination of a research subject (past societies) using material sources left by those cultures (archaeological finds). We presume that the best way to research large quantities of information is by using statistical methods. Statistical software allows us to process incredible amounts of archaeological data; statistical methods (if chosen correctly) highlight consistent patterns without any interpretation. Statistical methods are only instruments for recording; their results can only be interpreted by the researcher. Most fundamental natural laws are formulated using propositions with a generality quantifier. In other words they are understood as natural (not linked in any way with the researcher's personality) and universal. The

search for natural and/or universal laws in the humanities was inconclusive (for example Marxism). Despite fairly comprehensive research or even theses written for a degree on this subject, it is doubtful whether anybody will succeed in finding something in archaeology that is similar to the laws of gravitation, Kepler, or genetic inheritance. The only consistent patterns that we can find in archaeology can be formulated on the basis of statistical conclusions. Statistical analysis software, which 'performs' most of the complex mathematical work and lets us see only the results, greatly facilitates the work of researchers – archaeologists.

The article presents the most important statistical analysis methods applicable for archaeology and presents examples of their performance

using SPSS software. The statistical research examples use chemical analysis data for lime mortar. The theoretical basis is the perception of a find as a text in a semiotic sense, which perception is compatible with the application of computer hardware and software and of mathematical statistical analysis methods.

LIST OF ILLUSTRATIONS

Table 1. The application of content analysis methods for archaeology.

Table 2. The main statistical analysis methods applicable in archaeology.

Table 3. The chemical analysis matrix of mortar (an example).

Table 4. The correlation coefficients between mortar components.

Table 5. Factor analysis results for the chemical analysis data for mortar.

Diagram 1. The change in the quantity of carbonate compounds in mortars from the earliest castles to the 19th century (no information about the 17th century is available).

Diagram 2. The dependency between the quantity of mortar fill and the building's purpose.

Diagram 3. The possibility of quadratic regression between the quantities of calcium oxide and aggregate in mortar.