

SPEKTROSKOPIJA DOKUMENTINIO PAVELDO AUTENTIŠKUMO TYRIMUOSE: SUPRASLĖS VIENUOLYNO RAŠTINĖS ATVEJIS

Tadas Žižiūnas | Vilniaus universiteto Komunikacijos
fakulteto Muzeologijos katedra
Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, Lietuva
El. paštas tadas.ziziunas@gmail.com

Straipsnyje pristatoma neverifikuotų rašytinių dokumentų autentiškumo tyrimo metodologija, paremta UV-VIS-NIR atspindžio spektroskopija. Remiantis geležies galo rašalo spalvinėmis savybėmis konstruojamas istorinių rašytinių dokumentų klastojimo, nevienalaikiškumo, korekcijų identifikavimo metodologinis modelis. Sukurta metodologija pritaikyta Supraslės vienuolyno raštinės XVI–XVIII amžių rankraščių knygų atvejo tyrimui. Tyrimo metu nustatyta, jog dvidešimtyje tirtų dokumentų tomų fiksuotos galimai nevienalaikės teksto dalys. Prieš laboratorinį tyrimą de visu metodu išskirti galimai nevienalaikiai knygų puslapiai keturiais atvejais iš penkių nepasitvirtino. Tai reiškia, jog UV-VIS-NIR atspindžio spektroskopija dėl mažų laiko sąnaudų ir matavimų paprastumo gali būti efektyvus ir nedestruktyvus pirminis dokumento rašalo kaitos įvertinimo metodas. Metodologiškai vienodai pildoma tokių matavimų duomenų bazė galėtų tapti papildomu įrankiu sprendžiant abejotinos kilmės dokumentinio paveldo klausimus.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: *dokumentų klastojimas, UV-VIS-NIR spektroskopija, dokumentinis paveldas, rašalo tyrimas, neverifikuoti dokumentai, metodologija, interdisciplininis tyrimas, galo rašalas.*

ĮVADAS

Dokumentų klastojimas, falsifikavimas kaip baudžiamoji, teisiškai reglamentuota veikla žinoma dar nuo „romėnų lex Cornelia de falsis laikų“¹. Šiame straipsnyje dokumentais vadinami istorinio rašytinio paveldo objektai,

1 TAMAŠAUSKIENĖ, Andžela. Dokumento samprata ir jos reikšmė nusikalstamos veikos kvalifikavimui. *Jurisprudencija*, 2004, t. 60, nr. 52, p. 125.

t. y. rankraštiniai LDK dokumentai (lot. *documentum* – pamokomas pavyzdys; liudijimas, įrodymas, pažymėjimas). Sąvokos *dokumentų klastojimas, falsifikavimas, teksto taisymas (redagavimas)* šaltiniotyros, tekstologijos, archeografijos moksluose turi aiškias skirtis, tačiau šiame straipsnyje jos bus suprantamos taip: klastojimas – amžininkų sąmoningas dokumento pirminio teksto varianto koregavimas; falsifikavimas – sąmoningas senųjų dokumentų, rankraštinų knygų sukūrimas, atkartojant senąsias rašymo medžiagas ir stilių. LDK laikais, kaip teigia Raimonda Ragauskienė, „falsifikatais XVI a. laikyti iš dalies (interpoliacijos būdu) suklastoti raštai, apgaule ar per prievartą priimti dokumentai (korupciniai ir koliziniai raštai), taip pat neteisingai surašyti, turintys netyčinių klaidų raštai. Suklastoti dokumentai būdavo surašomi ir išduodami bajorams LDK ir paviatų teismų kanceliarijose, pagaminami privačiose raštinėse. <...> Klastotes nustatydavo ir jas anuliudavo teismai.“⁴² Dokumentų padirbinėjimas minimas jau XVI a. LDK Statutuose, o tarpukario Lietuvos baudžiamajame kodekse yra ištisias skyrius „Raštų klastojimas“⁴³. Vis dėlto dokumentų tyrimas – plati tiriamoji disciplina, aktuali visais rašto kultūros etapais, nes ir XXI tinklaveikos ir skaitmenizacijos amžiuje nemenka dalis nusikaltimų padaroma būtent dokumentine išraiška⁴. JAV ekspertinis teismo (angl. *forensic*) dokumentų tyrimas yra toli pažengusi tarpdisciplina, pirmiausia vykdoma teisinėse institucijose⁵, siekiančiose nustatyti kvestionuojamų dokumentų autentiškumą.

Teismų kriminologijos patirtį galima pritaikyti ir senųjų dokumentų tyrimams, nes tai ne mažiau aktualus tiriamasis objektas, kuriam tokia prieiga gali suteikti daug vertingos naujos informacijos, taikant, pavyzdžiui, įvairius spektroskopinius⁶ tyrimus ir lyginamąsias spektrinių verčių analizes. Kalbant teisminės kriminologijos terminais, ši sritis – tai neverifikuotų dokumentų tyrimas (angl. *questioned documents*), kai įvairiais metodais (dažniausiai gamtamoksliais) tiriami neverifikuoti, t. y. abejotinos autorystės, išleidimo aplinkybių dokumentai, kurie gali būti rašyti ranka, atspausdinti, kopijuoti, sukurti kompiuteriu⁷. Vienas iš tokių tyrimų metodų yra UV-VIS-NIR⁸ spektroskopija (toliau – spektroskopija), šiam tikslui plačiau taikoma nuo XX a. 7-ojo dešimtmečio⁹. Paveldo srityje tokie tyrimai padėtų plačiau įvertinti įvairių kultūros paveldo objektų autentiškumą, vertės pagrįstumą ir apskritai istorinių tyrimų pagrįstumą (ypač šaltiniotyros moksle), patikslinti ar nustatyti įvairių rankraščių kilmę, sudaryti naudotų istorinių rašymo medžiagų chronologiją ir tipologiją, taip pat nustatyti falsifikatus, įvairaus tipo klastotes, nuorašų autentiškumą.

Straipsnyje pristatomas metodologinis modelis (toliau – modelis), skirtas dokumentinio paveldo autentiškumui tirti, remiasi rankraščiuose geležies galo rašalu užrašytų raidžių spalvos UV-VIS-NIR spektroskopine analize. Galo raša-

las dėl cheminės sudėties gali reikšti pačius įvairiausius rašalus, kurių gamyboje naudojami taninai (iš augalų, dažniausiai iš rašalinių riešutėlių, gaunama rauginė medžiaga, aktyviosios medžiagos – galio ir tanino rūgštys), nepriklausomai nuo jų kilmės. Taninai neturi vienos cheminės formulės, todėl cheminiu požiūriu tai sudėtinga medžiaga. Šiame straipsnyje nebus nagrinėjami istorinių rašalų cheminės sudėties aspektai, todėl bus vartojamas supaprastintas terminas *galo rašalas*, kuris šiuo atveju reiškia geležies galo rašalą. Taip yra todėl, kad, pirma, tokiu rašalu buvo rašyti eksperimento metu tirti istoriniai dokumentai, antra, geležies galo rašalas yra bene populiariausias istorinis rašalas. Būtina pažymėti ir tai, jog geležies galo rašalas čia suprantamas kaip rašalas, į kurio sudėtį įeina geležies sulfatas ir galo riešutai ar kiti augalai, turintys taninų, bet neturintys sintetinės galo rūgšties¹⁰.

Galo rašalas buvo naudotas ištiesi paskutinius du tūkstančius metų¹¹ (nuo antikos rankraščių¹² iki Leonardo da Vinci užrašų, J. S. Bacho natų ar V. van Gogho paveikslų ir JAV konstitucijos parašų¹³ ar Vokietijos Parlamento dokumentų iki pat 1974 m.¹⁴). Prieš gerą dešimtmetį nustatyta, jog šios rūšies rašalo

2 RAGAUSKIENĖ, Raimonda. *XVI a. Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės bajoriškoji visuomenė: mokslo darbų apžvalga*. Vilnius, 2010, p. 16–17.

3 TAMAŠAUSKIENĖ, Andžela. Dokumento samprata..., p. 125.

4 BRUNELLE, L. Richard; CRAWFORD, R. Kenneth. *Advances in the forensic analysis and dating of writing ink*. Springfield, 2003, p. ix.

5 Lietuvoje taip pat veikia Lietuvos teismo ekspertizės centras. Su šio centro Dokumentų ekspertizės skyriaus eksperte Svetlana Gražul buvo konsultuotasi dėl šiamo straipsnyje pristatomo laboratorinio darbo. Daugiau žr. LTEC. [žiūrėta 2018 m. kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.ltec.lt/dokumentu-ekspertize>>.

6 Spektroskopija (lot. *spectrum* – vaizdinys, vaizdas + gr. *skopeo* – žiūriu, stebiu) – tai įvairių elektromagnetinių spindulių poveikio matavimai analizuojamo mėginio (medžiagos) atžvilgiu. Žr. *Elektroninis Oxford žodynas*. [žiūrėta 2017 m. kovo 22 d.]. Prieiga per internetą: <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/spectroscopy>>.

7 Žr. *Oxford specializuotas teismo kriminologijos žodynas*. [žiūrėta 2018 m. kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199594009.001.0001/>

<<https://doi.org/10.1093/acref/9780199594009.001.0001/>>.

8 UV-VIS-NIR – tai ultravioletinė šviesa, matoma šviesa, artimoji infraraudonoji šviesa.

9 BRUNELLE, L. Richard; CRAWFORD, R. Kenneth. *Advances in the forensic analysis...*, p. ix.

10 Daugiau žr. REHÁKOVÁ, Milena; ČEPPAN, Michal; VIZÁROVÁ, Katarína et al. Study of stability of brown-gray inks on paper support. *Heritage Science*, 2015. [žiūrėta 2017 m. liepos 19 d.]. Prieiga per internetą: <<https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-015-0039-0>>.

11 SENVAITIENĖ, Jūratė. *Kultūros objektų charakterizavimas ir cheminių konservavimo procesų įtakos jų degradacijai tyrimas*: daktaro disertacija. Vilnius, 2006, p. 8.

12 Galo rašalo informacinis portalas. [žiūrėta 2017 m. vasario 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://irongallink.org/igi_index8a92.html>.

13 BITOSI, Giovanna; GIORGI, Rodorico; MAURO, Marcello et al. Spectroscopic techniques in cultural heritage conservation: A Survey. *Applied Spectroscopy Reviews*, 2005, t. 40, p. 193.

14 Pagrindinės priežastys, kodėl taip ilgai buvo naudojamas būtent šis rašalas, yra stabilumas (neblukdavo), pigios ir prieinamos medžiagos, ryškus

dokumentai sparčiai nyksta ir dešimtims milijonų dokumentų gresia neatitaisomas sunykimasis¹⁵, todėl ne tik efektyvių konservavimo priemonių kūrimas, bet ir efektyvus (trumpo tyrimo laiko, paprastumo prasmėmis), nedestruktyvus (neintervencinis) tokių dokumentų tyrimas yra svarbus motyvas plėtoti šiuos kriterijus atitinkančio spektroskopijos metodo taikymo galimybes. Paola Ricciardi ir Anuradha Pallipurath konstatuoja, jog spektroskopija pastaruoju metu tampa efektyviu įrankiu, padedančiu sėkmingai išskirti įvairias dokumentinio paveldo ir meno kūrinių fizinės sudėties savybes: pigmentų, rašalo, rašalo rišiklių, popieriaus ir pergamento charakteristikas¹⁶. Taigi spektroskopija neverifikuotų dokumentų kontekste galbūt leistų praplėsti kultūros paveldo tyrimus ne tik paveikslų, skulptūrų ar kitų meno objektų restauraciniuose tyrimuose, bet galėtų prisidėti sprendžiant istorinių rašytinių dokumentų autentiškumo klausimus. Tai reiškia, jog spektroskopijos kokybiniai parametrai būtų papildomas įrankis socialinių ir humanitarinių mokslų (toliau – SHM) atstovui, tiriančiam įvairius paveldo objektus, t. y. ne tik rankraščius, bet visus kitus kilnojamojo kultūros paveldo objektus, turinčius spalvinių charakteristikų. Reikia pabrėžti, jog modelis skirtas ne gamtos mokslų, o SHM atstovams ir nepretenduoja į išsamumą ar visų įmanomų situacijų sprendinius.

Straipsnio tikslas – sukurti ir eksperimento būdu testuoti mikrospektrofotometro¹⁷ taikymo kultūros paveldo, t. y. rankraštinių dokumentų, tyrimuose metodologinį modelį. Žvelgiant iš gamtos mokslų perspektyvos, spektrinių metodų taikymas senovinio rašalo tyrimuose nėra nauja tokių metodų taikymo sritis, tačiau, remiantis straipsnyje toliau dėstomais aktualumo motyvais, tampa aišku, jog šis spektrinis metodas SHM srityje nėra plačiau taikomas. Straipsnio objektas – spektroskopijos metodo pritaikymo galimybės dokumentinio paveldo autentiškumo tyrimuose. Darbo metodai: kritinė mokslinės literatūros analizė, reikalinga teoriniam metodologinio modelio pagrindui suformuoti ir pagrįsti; mokslinio modeliavimo metodas – modelio kūrimui. Mokslinis modeliavimas yra esminė dažno mokslinio tyrimo dalis, o modelis dažnai reiškia pačius įvairiausius mokslinių duomenų reiškinius: fiziniai modeliai, teoriniai modeliai, apibūdinimai, lygtys ir pan.¹⁸, tačiau šiame straipsnyje bus remiamasi modelio kaip teorijos, kurios eksplikaciją galima pavaizduoti ir grafiškai, samprata. Eksperimento metodas buvo panaudotas metodologinį modelį pritaikant Supraslės vienuolyno raštinės XVI–XVIII a. dokumentų tyrime. Šių dokumentų tyrimas atliktas įgyvendinant mokslinį projektą „Istorinio rašytinio šaltinio kilmės tyrimas: Supraslės vienuolyno atvejis“¹⁹ (vad. Birutė Giedraitienė), kurį iš dalies finansavo Lietuvos kultūros taryba. Šie dokumentai (sukurtos metodologijos testavimo bazė) – tai rankraštinės knygos²⁰, pasirinktos dėl jų geros fizi-

nės būklės (svarbu dėl tyrimo patikimumo), laisvos prieigos (svarbu dėl tyrimo nuoseklumo, logistikos ir disponuojamų techninių resursų) bei dalies žinomų, Supraslės raštinėje išleistų dokumentų vietos bei laiko aplinkybių (svarbu dėl laboratorinių tyrimų metu surinktų duomenų interpretacijų pagrįstumo). Eksperimentas vykdytas 2016 m. vasarą Lietuvos mokslų akademijos Vrublevskių bibliotekoje, o 2017 m. Vilniaus universiteto Komunikacijos fakulteto Muzeologijos katedros Paveldo skaitmeninimo laboratorijoje atlikta eksperimento metu surinktų duomenų analizė, tapusi šio straipsnio pagrindu²¹.

TEMOS IŠTIRTUMAS

Spektroskopijos metodo atradimas siejamas dar su Issaco Newtono aprašytais šviesos sudėties tyrimais²², o ir pats galo rašalas pradėtas tirti jau XVII amžiuje anglų chemiko Roberto Boyle'o ir Williama Lewiso²³. Kultūros paveldo srityje įvairiausi spektriniai metodai nuo XIX a. pirmiausia buvo taikyti kilnojamajam paveldui tirti. Šiandien tendencija išlieka panaši: įvairiais spektriniais metodais tiriamos muziejinės vertybės²⁴, paveikslai²⁵, archeologi-

raštas (ar piešinys), neaplipdavo ir negadindavo rašymo priemonės. Prieš galo rašalą naudotas anglies pagrindu gaminamas rašalas (nuo maždaug III tūkstantmečio vidurio pr. Kr.), sureagavęs su drėgme, greičiau išblukdavo, nors pats anglies pagrindu pagamintas rašalas yra stabilus. Žr. Galo rašalo informacinis portalas. [žiūrėta 2016 m. lapkričio 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://irongallink.org/igi_index8a92.html>.

15 SENVAITIENĖ, Jūratė. *Kultūros objektų charakterizavimas...*, p. 8.

16 RICCIARDI, Paola; PALLIPURATH, Anuradha. The five colours of art: Non-invasive analysis of pigments in Tibetan prints and manuscripts. In *Tibetan printing: Comparison, continuities, and change*. Cambridge, 2016, p. 488. [žiūrėta 2017 m. liepos 13 d.]. Prieiga per internetą: <<http://booksandjournals.brillonline.com/content/books/9789004316256>>.

17 Eksperimento metu naudotas CRAIC PV 308 mikrospektrofotometras, kuriuo matuotas ir užrašytas bandinio spektras, t. y. spektroskopo šviesos šaltinio išspinduliuoto signalo atspindžio nuo rašalo 350–950 nm diapazone parametras-kreivė.

18 KARDELIS, Kęstutis. *Mokslinių tyrimų metodo-*

logija ir metodai. Kaunas: Judex, 2002, p. 75.

19 Plačiau žr. *Lietuvos mokslų akademijos Vrublevskių biblioteka*. [žiūrėta 2018 m. kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.mab.lt/lt/veikla/projektai/1690>>.

20 Atrinktos 20 vnt. knygų, kurių tiksliai datuotos septynios, tikslios kilmės vietos – 18, Supraslės vienuolyno raštinėje raštos – 16. Plačiau apie tai žr. 3 lentelėje.

21 Visi tyrimo duomenys dėl jų ypač didelės apimties straipsnyje nebus pateikiami. Su išsamia eksperimento ataskaita ir apdorotais tyrimo duomenimis galima susipažinti Vilniaus universiteto Komunikacijos fakulteto Muzeologijos katedroje.

22 NICHOLAS, C. Thomas. The early history of spectroscopy. *Journal of Chemical Education*, (Mongomery, USA), 1991, t. 68, nr. 8, p. 631–633.

23 SENVAITIENĖ, Jūratė. *Kultūros objektų charakterizavimas...*, p. 15.

24 Plg. VANDENABEELE, Peter; TATE, Jim; MOENS, Luc. Non-destructive analysis of museum objects by fibre-optic Raman spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2006, nr. 387, p. 813–819; BONIZZONI, Letizia; CANEVARI,

niai radiniai²⁶, dokumentinis paveldas²⁷. Išsamią tokių tyrimų literatūros apžvalgą yra atlikę italų mokslininkai²⁸. Jie yra plačiai apžvelgę polichrominiams paveikslams, sieninei tapybai, archeologinei keramikai skirtus cheminius tyrimus. Apžvalgoje paminėti ir istorinių dokumentų (popieriaus ir rašalo) tyrimai, tačiau plačiau aptartos ne spektroskopijos galimybės šiems objektams tirti, o įvairūs cheminiai rašalo ir popieriaus savybių, cheminės sudėties, istoriniai gamybos aspektai.

Richardas L. Brunelle'is ir Kennethas R. Crawfordas²⁹ yra pateikę bendrą istorinio rašalo tyrimo istoriografiją neverifikuotų dokumentų klausimams spręsti. Autoriai iškelia teminių problemų, susijusių su rašalo tyrimais, analizuoja amerikietišką patirtį nuo 1904 m. Veikale dominuoja rašalo amžiaus nustatymo problematika, analizuojant įvairius galo rašalo parametrus bandoma juos susieti su laiko aplinkybės nustatymu. Kalbant apie istorinių dokumentų falsifikavimą svarbu, jog dar 1984 m. McNeilas sukūrė metodą, kuriuo buvo galima nustatyti dokumento amžių atsižvelgiant į geležies atomų judėjimą nuo rašalo pasklidimo linijos iki popieriaus fibrilės. Vis dėlto tyrimų tikslumas siekė ± 22 metus³⁰.

Datavimo klausimas, panaudojant spektroskopiją, galimas netiesiogiai, t. y. per tipologinius rašalo spalvos ryšius, arba tiesiogiai – koreliuojant absoliučias datas, kuriant didelės apimties duomenų bazę, kaip, pavyzdžiui, čekų kuriamą atvirojo kodo „Multi-modal measurement for artwork analysis“ duomenų bazę³¹. Tokių darbų reikalingumą patvirtina L. Josey ir jos kolegų tyrimai, kai išbandant du spektroskopus buvo įvertintos įvairių rašalų įvertinimo tokiu metodu tikslumo ribos; jau tuo metu metodas siekė apie 90 proc. ribą³².

Sukaupta didelė rašalo spektrų duomenų bazė turėtų bent iš dalies leisti įvertinti dokumento autentiškumo parametrus: dokumento tekstui rašyti panaudoto rašalo nepertrūkstumą (vienodas rašalas gali reikšti, jog dokumentas rašytas ištisai, tomis pačiomis priemonėmis) ir atvirkščiai – jei tekste esama skirtingo rašalo vietų, tai gali reikšti taisymą, korekcijas ar kitus pirminio dokumento būvio keitimo veiksmus, kuriuos nėra tiksliu įvertinti tik apžiūros būdu. Olandijos mokslininkų Birgit Reissland ir Franko Ligterinko, tiriančių istorinius galo rašalus, teigimu, „vien tik vizualinė rašalo apžiūra neleidžia jo konkrečiau identifikuoti. Nors dauguma geležies galo rašalų laikui bėgant ir paruduoja, tačiau vien tik tokia spalva dar nereiškia, jog tekstas užrašytas (ar piešinys nupieštas) panaudojant galo rašalą. Juk prastos kokybės anglies rašalas [naudotas dar nuo 2500 m. pr. Kr.³³], kuriame yra didelis kiekis dervų priemaišų, laikui bėgant taip pat paruduoja. O jeigu dervų yra daug ir laikymo sąlygos prastos, toks rašalas gali laikui bėgant išblankti. Ir atvirkščiai, kai ku-

rie pergamentų galo rašalai, netgi prabėgus ne vienam šimtui metų, gali išlikti sodriai juodos spalvos ir todėl gali būti palaikyti anglies rašalu. Tam, kad būtų galima atskirti, ar tai yra geležies galo rašalas, ar rašalas anglies pagrindu, reikia naudoti kokybinius tyrimus, kur tiriamas geležies kiekis ir jo buvimas (nebuvimas) rašalo sudėtyje faktas. Vis dėlto skirtingi rašalai laboratorijoje gali rodyti tam tikrus geležies pėdsakus, nors tai gali būti susiję su gamybos metodais ir laikymo sąlygomis, o ne su pačiu rašalu.⁴⁴

Mokslinėje literatūroje galima rasti duomenų, jog geležies galo rašalą galima išskirti nuo sepią ar bistro rašalo pritaikant pluoštinės optikos atspindžio spektroskopiją (FORS) VIS-NIR spektro dalyse³⁵. Kitų metodų taikymo senajam Europos dokumentiniam paveldui tirti rezultatus plačiausiai yra apžvelgęs Markas Clarke'as³⁶. Keliamos šio darbo hipotezės, pasirinkto metodo ir metodologinės priegios aspektu svarbus slovakų mokslininkų tyrimas, kai, dirbtinai

Claudio; GALLI, Anna et al. A multidisciplinary materials characterization of a Joannes Marcus viol (16th century). *Heritage Science*, 2014, t. 2, nr. 15. [žiūrėta 2017 m. liepos 14 d.]. Prieiga per internetą: <<https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/2050-7445-2-15>>.

25 Plg. DAFFARA, Claudia; PAMPALONI, Enrico; PEZZATI, Luca et al. Scanning multispectral IR reflectography SMIRR: An advanced tool for art diagnostics. *Accounts of Chemical Research*, 2010, t. 43, p. 847–855.

26 Plg. BERTRAND, Loic; ROBINET, Laurianne; THOURY, Mathieu et al. Cultural heritage and archaeology materials studied by synchrotron spectroscopy and imaging. *Applied Physics*, 2012, nr. 106, p. 3–18.

27 Plg. GÁL, Lukáš; ČEPPAN, Michal; REHÁKOVÁ, Milena et al. Chemometric tool for identification of iron-gall inks by use of visible–near infrared fibre optic reflection spectroscopy. *Anal Bioanal Chem*, 2013. [žiūrėta 2017 m. liepos 10 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24057023>>.

28 Plg. BITOSSI, Giovanna; GIORGI, Rodolfo; MAURO, Marcello et al. Spectroscopic techniques in cultural heritage conservation: A survey. *Applied Spectroscopy Reviews*, 2005, t. 40, p. 187–228.

29 BRUNELLE, L. Richard; CRAWFORD, R. Kenneth. *Advances in the forensic analysis...*

30 Ten pat, p. 4–5.

31 Plg. BLAŽEK, Jan; SOUKUP, Jindřich; ZITOVÁ, Barbara et al. M3art: A database of models of canvas paintings. In *Euro-Mediterranean conference EuroMed 2014: Digital Heritage: Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, 2014. [žiūrėta 2017 m. liepos 21 d.]. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13695-0_17>.

32 BRUNELLE, L. Richard; CRAWFORD, R. Kenneth. *Advances in the forensic analysis...*, p. 110–111.

33 VIEGAS, Rita. *Compositional characterization of iron gall inks in manuscripts using non-destructive techniques*. [Magistro darbas]. Lisabona, 2014, p. 6. [žiūrėta 2017 m. liepos 12 d.]. Prieiga per internetą: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395146461743/dissertacao.pdf>>.

34 Galo rašalo informacinis portalas. [žiūrėta 2016 m. lapkričio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://irongallink.org/igi_index8a92.html>.

35 GÁL, Lukáš; ČEPPAN, Michal; REHÁKOVÁ, Milena et al. Chemometric tool for identification of iron-gall inks..., p. 1.

36 CLARKE, Mark. The analysis of medieval European manuscripts. *Studies in Conservation*, 2001, t. 46. [žiūrėta 2017 m. liepos 19 d.]. Prieiga per internetą: <www.viks.sk/chk/revincon7.doc>.

sendinant pagrindinius istorinius rašalus, buvo stebimas didžiausias spalvos pokytis būtent geležies galo rašalo mėginiuose³⁷.

Lietuvoje šia tema galima rasti vos keletą mokslinių publikacijų, o ir jos susijusios su chemijos mokslu. Vienos iš svarbiausių yra Prano Gudyno restauravimo centro restauratorių publikacijos apie istorinio rašalo spektroskopinius tyrimus³⁸. Jose pateikiami eksperimentai yra skirti kompleksinei istorinių rašalų cheminės kompozicijos analizei, pritaikant skirtingus metodus, tarp jų ir įvairiausių spektrinius metodus, tačiau plačiau netyrinėjant dokumentinio paveldo verifikavimo klausimų. J. Senvaitienės tyrimuose daroma svarbi išvada, jog seniesiems rašalams apibūdinti gali būti taikomi įvairūs spektriniai metodai, tačiau tokių tyrimų mokslinė bazė yra skurdi, paskelbti tyrimai yra „pavieniai ir negausūs“³⁹. Be to, šio straipsnio aktualumui temišškai artimiausia J. Senvaitienės disertacijoje pateikta mokslinės literatūros analizė yra susijusi su cheminės sudėties tyrimais, o ne rašalo spalvos tyrimais konkrečiu UV-VIS-NIR spektroskopijos metodu.

Apibendrinant galima konstatuoti, jog iš pirmo žvilgsnio abu rašalo tipai – anglies pagrindu ir galo rašalas – vizualiai nesunkiai gali būti painiojami, nes tam tikro korozijos lygio paveikti abu rašalai savo spalva, jos intensyvumu tampa kone identiški, todėl kokybiniai laboratoriniai tyrimai yra neišvengiami. Dar daugiau, galo rašalas yra priskiriamas prie dokumentą gadinančių medžiagų (rašalo ėduonis, korozija), tad laiku nenustačius reikiamų konservavimo būdų (priklausomai nuo istorinio dokumento popieriaus ar pergamento) šis rašalas gali mechaniškai susilpninti popierių ar pergamentą, atsirasti įtrūkimų ar negrįžtamai pažeisti dokumentą ir t. t.⁴⁰ Vis dėlto šio straipsnio tikslas nėra aptarti dokumentinio paveldo restauravimo klausimus, todėl spektroskopija čia pirmiausia suvokiama kaip *de visu* metodo rezultatų verifikavimo įrankis, svarbus tolesniems neverifikuotų dokumentų tyrimams.

Darbo hipotezė: spektroskopija leidžia efektyviai išskirti *de visu* vienodus rašalus taip, kad, turint šiuos duomenis, būtų galima tirti dokumentų autentiškumo klausimus (pagaminimo vieta, laikas ir t. t.). Tai reikštų, jog atspindžio spektroskopija galimai padėtų konkrečiai įvertinti tiriamų dokumentų rašalų spalvas⁴¹, o spalvos tyrimas galėtų būti metodologinė prieiga prie dokumentų autentiškumo klausimų, kuriuos būtų galima tirti tiek kiekybiškai, tiek kokybiškai. Apibendrinant galima teigti, jog iki šiol nėra bandymų atsakyti į pagrindinį šio darbo klausimą: ar spektroskopijos metodas leidžia padėti objektyviau ir išsamiau ištirti dokumentinių kultūros paveldą, t. y. ar spektrinės kreivės reikšmingai koreliuoja tarpusavyje ir ar tokios koreliacijos padėtų spręsti autentiškumo, datavimo, rankraščių klastojimo, falsifikavimo klausimus.

Būtina pažymėti, jog galo rašalas gamintas ne gamykliniu būdu, todėl labai tikėtina, jog kiekvienoje raštinėje pagamintas rašalas visada bent šiek tiek skiriasi savo priemaišomis, medžiagų santykiais, lyginant su kitoje vietoje ar kitu laiku gamintu rašalu. Be to, iš šio straipsnio metodologijos dalyje dėstomų istorinių dokumentų kūrimo ir saugojimo aplinkybių darosi aišku, jog ir korozijos lygis yra nevienodas, o tai gali turėti įtakos rezultatų interpretacijos patikimumui. Galų gale, rašalo spalvos nevienodumas dar nebūtinai reiškia dokumento klastojimo, falsifikavimo faktą, o galo rašalo spalvos variacijos gali būti per menkos (dėl, pavyzdžiui, per mažos tyrimo imties), jog būtų galima išskirti aiškias koreliacijas su tam tikrais dokumentų kilmės rodikliais. Šios ir kitos toliau straipsnyje įvardijamos aplinkybės yra svarbios kuriamai metodologijai.

METODOLOGIJA

Straipsnio tema yra tarpdisciplininio pobūdžio, čia sujungiamos socialinių, humanitarinių ir gamtos mokslų žinios. Šis darbo baras artimiausiai susijęs su paveldo, jo mokslinės komunikacijos lauku, o tiriamieji klausimai yra skirti socialinių ir humanitarinių mokslų problemoms spręsti. Dėl šio straipsnio temos tarpdisciplininio pobūdžio ir aktualumo abejonių nekyla⁴², o, remiantis J. Thomsono Kleino interdisciplininio tyrimo taksonomija, straipsnis skirtinas metodologinei interdisciplinai (angl. *methodological ID - interdisciplinarity*), kai „pagrindinis tokių tyrimų tikslas yra pagerinti tyrimų kokybę

37 REHÁKOVÁ, Milena; ČEPPAN, Michal; VIZÁROVÁ, Katarína et al. Study of stability of brown-gray inks..., p. 4.

38 SENVAITIENĖ, Jūratė; BEGANSKIENĖ, Aldona; TAUTKUS, Stasys et al. Istorinių rašalų apibūdinimas įvairiais analiziniais metodais. *Lietuvos dailės muziejaus metraštis*, 2007, t. 10, p. 51–59; SENVAITIENĖ, Jūratė; BEGANSKIENĖ, Aldona; PADARAUSKAS, Audrius; KAREIVA, Aivaras. Istorinių rašalų apibūdinimas spektroskopijos metodu. *Lietuvos dailės muziejaus metraštis*, 2007, t. 10, p. 38–50.

39 SENVAITIENĖ, Jūratė. *Kultūros objektų charakterizavimas...*, p. 42.

40 CEPPAN, Michal; GAL, Lukas; VARYOVA, Lucia; HANUS, Jozef. *Application of target factor analysis as a chemometric detector for identification of iron-gall inks in drawings using FORS in VIS-NIR region*. Bratislava, 2010, p. 73. [žiūrėta 2017 m.

liepos 13 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.tcd.ie/library/preservation/assets/Book%20of%20abstracts_271010_Final.pdf>.

41 Plg. BENTKOWSKA-KAFEL, Anna; MACDONALD, Lindsay. *Digital techniques for documenting and preserving cultural heritage*. Croydon, UK, 2017.

42 Tarpdisciplininio lauko tyrimų problematika plačiai atskleista solidaus mokslininkų būrio 2012 m. Oksforde išleistoje knygoje: FRODEMAN, Robert et al. (eds.). *The Oxford handbook of interdisciplinarity*. Šią knygą būtų pravartu išversti ir į lietuvių kalbą, nes iki šiol Lietuvos moksle nėra plačiau adaptuota ir analizuota *transdisciplinarity*, *interdisciplinarity* ir *multidisciplinarity* metodologinės prieigos, surastos ir diskutuotos tinkamiausios terminologinės šių angliškų konstrukčių atitikty.

perimant kitos disciplinos metodą ar konceptą ir juo tikrinant savas hipotezes, tiesiog atsakant į mokslinius klausimus ar sustiprinant kuriamos teorijos mokslinį pagrindimą⁴³. Taigi šis interdisciplininis metodologinis modelis reiškia mokslinį, suabstraktintą tikrovės pažinimo, mokslinių duomenų paieškos ar verifikavimo procesą bei tam tikrą pasirinktų metodų taikymo logiką tokiu būdu, kuriuo būtų galima numatyti tyrimo rezultatų entropiškumą ir siekiamo mokslinės problemos sprendinio suderinamumą. Tuo remiantis toliau pateikiamos metodologinio modelio prielaidos.

Tiriant rankraštinių paveldą tikslingiausia taikyti eksperimento metodą, nes darbo hipotezė aiškiai suponuoja galimą empirinį, instrumentinį hipotezės patikrinimo būdą. Eksperimento metodas čia parankus, nes matavimai bus atliekami pagal iš anksto apgalvotą metodiką, sąlyginai tomis pačiomis matavimo aplinkybėmis ir pagal tuos pačius kriterijus atrinktiems objektams. Metodologinis modelis remiasi tipologine prieiga. Šiuo atveju bus siekiama ištirti, ar spektrinės kreivės kaip nors koreliuoja su absoliučiu istorinių LDK dokumentų datavimu, kilmės vieta ar kitais parametrais. Tiriant spektrines savybes ir stengiantis jas tipologizuoti, būtina turėti atspirties tašką – šiuo atveju tiksliai datuotus dokumentus, kurie nekelia papildomų autentiškumo klausimų. Tai svarbu, nes siekiant įvertinti spektrų kreives ir jas susieti su absoliučiomis datomis, būtina turėti etaloną ir pakankamą tiriamų dokumentų, kurių kilmė būtų ta pati, imtį.

Modelis apibrėžia tiriamųjų objektų atranką, spektroskopinius tyrimus ir fotofiksaciją. Tiriamųjų objektų atranka nusako, kaip ir koku būdu turėtų būti atrinkti dokumentai tyrimams. Atrankos etapą sudaro du tiriamųjų objektų atrankos filtrai: autentiškumo vertinimas pagal formą (medžiagiškumą) ir pagal pirminį dokumento sukūrimo tikslą bei laiką. Pirmasis filtras reikalingas tam, kad būtų galima aiškiai apibrėžti tiriamojo objekto santykį su autentiškumo kategorija. Ši kategorija, viena vertus, reiškia autentišką daiktą (jei tai materialusis paveldas) fizinę formą (remiantis vakarietiška dokumentinio paveldo autentiškumo samprata⁴⁴), kita vertus, gali egzistuoti kaip autentiška skaitmeninė „versija“, t. y. istorinės knygos, rankraščiai (jei jie turi tam tikrą vertę⁴⁵) yra dokumentinis kultūros paveldas, kurį, remiantis UNESCO programos „Pasaulio atmintis“ dokumentais⁴⁶, sudaro įvairių medijų dokumentinis paveldas: analoginis, skaitmeninis (angl. *born digital*), skaitmenintas. Skaitmeninių ar skaitmenintų paveldo išteklių yra paskelbta nemažai⁴⁷, juos tirti galima taikant panašias prieigas (per rašalo spalvą)⁴⁸, tad tiriamųjų objektų atskyrimas pagal formą (medžiagiškumą) yra reikalingas.

Spektroskopinis dokumentų rašalų tyrimas remiasi šiuolaikinių rašalų tyrimų praktika⁴⁹, kurioje taikoma nuostata, jog įmanoma įvertinti kiekvieno pa-

sirinkto rankraščinio dokumento puslapio žodžio ar jo dalies spektrinę spalvos vertę ir ją lyginti su kitu to paties ar kito rankraščio pamatuotu tašku. Modelyje taikoma sąvoka *sutampantis spektras* reiškia, jog tarp dviejų ar daugiau pamatuotų taškų verčių yra tolydūs (intensyvumas gali skirtis, tačiau jis skirtumo nesuponuoja) panašumai matuojant atspindžio (angl. *reflectance*) režimu. Būtent tokį pasirinkimą lemia amerikiečių ir vokiečių mokslininkų atliktų tyrimų, taikytų šiuolaikiniam šratinukų rašalo tyrimui, geroji patirtis⁵⁰. Sutampantis spektras šiame tyrime reiškia, jog rašalas yra gamintas laikantis tos pačios receptūros. Vis dėlto būtina pabrėžti ir tai, jog praktiškai neįmanoma vien tik iš rašalo spalvos pokyčių spręsti apie amžininkų kurto teksto ir jo savalaikio taisymo tikslus: ar tekstas taisytas kaip redakcija, ar tekstas klastotas norint pakeisti pirminę teksto paskirtį, turinio faktą ar pan. Apibendrinant metodologinę dokumento autentiškumo nustatymo ir rezultatų interpretavimo priegą išskiriamos šios nuostatos:

- Dokumentas yra originalios fizinės formos, neperrašytas ir savalaikis pagal deklaruojamą ar suponuojamą turinį (teksto faktologiją, nurodomą autorystę ir datą);
- Savalaikis teksto taisymas (nutrynimas, perrašymas, prirašymas tam tikrų teksto dalių ar žodžių) ar vėlesnis pirminės teksto paskirties ir turinio pakeitimas (nutrynimas, perrašymas, prirašymas tam tikrų teksto dalių ar žodžių) šiame tyrime traktuojamas vienodai, t. y. kaip galimo klastojimo ar falsifikavimo faktas (žr. 1 lentelę).

43 FRODEMAN, Robert et al. (eds.). *The Oxford handbook of interdisciplinarity*. Oxford, 2012, p. 19.

44 ČEPAITIENĖ, Rasa. *Paveldosauga globaliajame pasaulyje*. Vilnius: Lietuvos istorijos instituto leidykla, 2010, p. 158–163.

45 Žr. *Lietuvos Respublikos kilnojamųjų kultūros vertybių apsaugos įstatymas*. Vilnius, 1996, 2 str.

46 Plg. *Rekomendacija dėl dokumentinio paveldo, įskaitant skaitmeninį, išsaugojimo ir prieigos*. Paryžius, 2015. [žiūrėta 2018 m. kovo 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://unesco.lt/images/stories/articles_files/rekomendacija%20dl%20dokumentinio%20paveldo%20skaitant%20skaitmenin%20isauogojimo%20ir%20prieigos.pdf>; *Vankuverio deklaracija*. Vankuveris, 2012. [žiūrėta 2018 m. kovo 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/>

[CI/CI/pdf/mow/unesco_ubc_vancouver_declaration_en.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/mow/unesco_ubc_vancouver_declaration_en.pdf)>.

47 GUDINAVIČIUS, Arūnas. Lietuvos rankraščinio paveldo publikavimas skaitmeninėje erdvėje: skaitmenintų ir viešai prieinamų rinkinių techninė analizė. *Knygotyra*, 2011, t. 56, p. 91–92.

48 Plg. KĻOS, Agata. *Non-invasive methods in the identification of selected writing fluids from late 19th and early 20th century*: [magistro darbas, Torūnės universitetas], 2014. [žiūrėta 2017 m. liepos 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://cero-art.revues.org/3950>>; BLAŽEK, Jan; SOUKUP, Jindřich; ZITOVÁ, Barbara et al. M3art: A database of models of canvas paintings...

49 BRUNELLE, L. Richard; CRAWFORD, R. Kenneth. *Advances in the forensic analysis...*, p. 108–160.

50 Ten pat, p. 109.

Funkcijos nr.	Falsifikavimo (galimo) mastelis	Nustatymo kriterijus	Sutartinis žymėjimas	Kriterijaus sąlyga sutartine forma	Duomenų bazės parametras (d)
F1	Vieno žodžio ar datos (ar kt. kalbos vieneto)	Vienas spektras gerokai skiriasi nuo kitų dviejų tame puslapyje.	$Ax \leftrightarrow Ay \leftrightarrow Az$, kai $x = 1, y = 2, z = 3$.	$Ax = Ay \neq Az$ $Ax = Az \neq Ay$	$d \geq 1$ vnt., kai d reiškia puslapį.
F2	Viso puslapio	Vieno puslapio spektrai gerokai skiriasi nuo kitų toje knygoje, kt.	$A \leftrightarrow B \leftrightarrow C$	$C = A \neq B$ $C = B \neq A$	$d \geq 1$ vnt., kai d reiškia rankraščio vieneta, pvz., knygą.
F3	Visos knygos, rankraščio	Vienos knygos spektrai gerokai skiriasi nuo kitų toje kolekciijoje ar rinkinyje (vienodų pagal kilmę).	$Nr. x \leftrightarrow Nr. (x+1)$, kai $x =$ tiriamųjų objektų numeris.	$Nr. x \neq Nr. y$, kai kiti kolekcijos vienetai sutampa su Nr. y .	$d \geq 10$ vnt., kai d reiškia rankraščio vieneta, pvz., knygą.

LDK dokumentų archyvavimo aplinkybės rodo⁵¹, jog bent jau iki XVIII amžiaus dokumentų saugojimo kultūra buvo menka, o dažni gaisrai sunaikindavo didžiąją dalį kauptų archyvų⁵². Tai reiškia, jog dokumentai nebuvo saugojami pagal šiandienio prevencinio konservavimo sampratą (mikroklimato užtikrinimas ir t. t.)⁵³, todėl tikėtina, jog dokumentus įvairiu lygiu veikė eroziniai atmosferos veiksniai (fotodestrukcija, netinkama oro drėgmė, temperatūrų skirtumai ir kt.), biologiniai kenkėjai, jau nekalbant apie destruktivias chemines galo rašalo reakcijas, kurios ardo celiuliozę, o rašalo ėduonis gali negrįžtamai sugadinti patį dokumentą⁵⁴. Tai svarbios aplinkybės, nes kuriant metodologinį tyrimo aparatą ir nustatant spektrines istorinio rašalo savybes būtina įvertinti galimų, remiantis socialinių mokslų terminologija, informacijos triukšmų⁵⁵ kilmę ir įtaką bendram tyrimo rezultatų patikimumui.

Autentiškas dokumentas buvo ir yra veikiamas minėtų veiksnių, todėl tuo pačiu metu ir tuo pačiu rašalu rašytas dokumentas, saugotas skirtingomis sąlygomis, tikėtina, pateiks skirtingus spektroskopinius rezultatus, t. y. spektrinės kreivės skirsis. Tokiu būdu rezultatų interpretacija sudėtingėja, todėl būtina įvesti papildomą atrankos filtrą.

Antrasis atrankos kriterijus – matuojamų rašalo vietų *de visu* fiksuojamas vientisumas, nepažeistumas. Tai reiškia, jog matuojant, pavyzdžiui, rankraštinę knygą ir ją lyginant su kitomis (pagal tas pačias kilmės aplinkybes) matuojamus taškus būtina parinkti tose vietose, kuriose nėra akivaizdžiai matyti dokumento sugadinimo, sutepimo, sulankstymo, nublankimo ar kitokio fizinio požymio, išskiriančio matuojamą vietą iš visumos. Antrasis kriterijus padės išvengti dalies spektrų „triukšmų“ (dėl užteršimo), neatitikimų matuojant rašalą, kuris buvo paveiktas kitaip nei visas lapas, dokumentas ar jų rinkinys.

Šiame darbe pristatomo eksperimento atveju matuojamas vidutinis santykinis atspindžio spektras iš fiksuoto ploto. Matavimų techninės galimybės yra ribotos, todėl matavimų rezultatai bus gaunami santykiniais vienetais, o absoliučių verčių gauti rankiniu būdu negalima, nes negalima užtikrinti absoliučiai vienodų (identišku) matavimo sąlygų bandiniui. Be to, rašalo nepermatomumo lygmuo, popieriaus skirtingumas, paviršiaus grublėtumas, mikrotarša tam pačiam rašalui gali parodyti kiek skirtingus spektrus⁵⁶. Taigi teorinių paklaidų šaltinių yra keletas, o matavimas atliekamas ne absoliučiomis vertėmis, todėl, siekiant išryškinti galimus rašalo spektrų verčių skirtumus, bus naudojamas sąlyginai didesnis matuojamas paviršiaus plotas (visuose eksperimento matavimuose ~1 mm²), o vieno matavimo vertė bus skaičiuojama atlikus ne mažiau kaip 900 matavimų (automatinis vidurkis). Idealiu atveju matavimų rezultatus ateityje būtų galima lyginti remiantis spalvų žemėlapiais (angl. *color maps*), t. y. analizuoti duomenis remiantis rezultatų klasteriais, pavyzdžiui, panaudojant *MacAdam* elipsės modelį⁵⁷.

Spektriniai rašalo tyrimai turi ir metodinių privalumų: pasiruošti vienam matavimui reikia kelių minučių, pačių bandinių nereikia paruošti chemiškai, matavimams nereikia bandinio fiziškai atskirti, nereikalingos ypatingos aplinkos

51 Plg. RAGAUSKIENĖ, Raimonda. *Dingę istorijoje: XVI a. Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės bajorijos privatus archyvai*. Vilnius: Lietuvos istorijos instituto leidykla, 2016.

52 RAGAUSKIENĖ, Raimonda. *XVI a. Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės bajoriškoji visuomenė...*, p. 16.

53 Plg. GLEIZNYTĖ, Jurgita; GRIGALIŪNAITĖ, Lina. *Dokumentų konservavimas ir saugojimas: restauravimo metodika*. Vilnius, 1999.

54 Plg. SENVAITIENĖ, Jūratė. *Kultūros objektų charakterizavimas...*, p. 12–14.

55 Turima omenyje dokumento, kaip informacijos vieneto, dešifravimo sėkmingumą mažinančių

faktorių visuma, komunikacijos teorijų lauke apibūdinama „triukšmo“ sąvoka. Daugiau žr. KALYANI, Suresh. *Mass communication, journalism and mass communication*. [žiūrėta 2016 m. kovo 30 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.peoi.org/Courses/Coursesen/mass/mass2.html>>.

56 BRUNELLE, L. Richard; CRAWFORD, R. Kenneth. *Advances in the forensic analysis...*, p. 111.

57 KUEHNI, G. Rolf. *Color space and its divisions: Color order from antiquity to the present*. N. Y., 2003, p. 117. [žiūrėta 2017 m. liepos 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471432261.ch3/summary>>.

sąlygos (jei tik jos pastovios), o pats matavimas (priklauso nuo naudojamos įrangos) yra atliekamas ne ką sudėtingiau nei bandinio apžiūra per mikroskopą, prijungtą prie kompiuterio. Kita vertus, priklausomai nuo įrangos ir programinės dalies, gali skirtis bandinio paruošimo sąlygos, todėl, naudojant vieną ar kitą spektro gavimo režimą, būtina tai įvertinti. Be to, priklausomai nuo taikomos įrangos, jos naudojimo sąlygų, būtina įvertinti pašalinės apšvietos aplinkybes, įrangos mechanizmų foną („tamsos spektras“), nepamiršti spektro triukšmų kompensavimo, atraminių spektrų išeliminavimo.

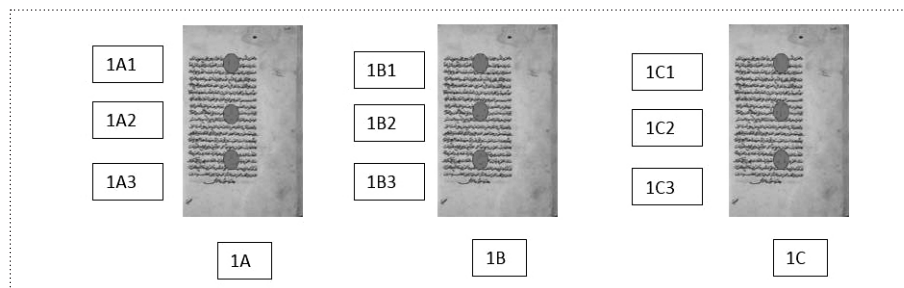
Metodologinis modelis teoriškai nėra apribotas minimalios tiriamųjų objektų imties sąlyga ir modelį galima taikyti nors ir vienam žodžiui ar, tarkime, 1 000 rankraščių kolekcijai. Vis dėlto, kuriant ir išbandant modelį laboratoriskai, būtina apsibrėžti matuotinių taškų skaičių ir pobūdį, nes tai tiesiogiai susiję su tiriamojo objekto spektrinės analizės rezultatų ir interpretacinio lygmens ryšiais (toliau – funkcijomis), išdėstytais lentelėje (žr. 1 lentelę). Interpretacinis lygmuo, arba funkcija, – tai tiriamojo objekto ir siekiamo falsifikavimo mastelio nustatymo ryšys. Tai reiškia, jog, turint, pavyzdžiui, bet kokią atsitiktinę istorinę rankraštinę knygą ir neturint duomenų bazės (datuotų, su rašalo spektrais susietų panašios kilmės aplinkybių dokumentų duomenų bazės), pritaikius šiame modelyje toliau apibrėžtas funkcijas (F1, F2, F3) konstatuoti, ką konkrečiai funkcijų atžvilgiu suponuoja gauti spektroskopo duomenys, yra sunku arba išvis neįmanoma. Kitaip sakant, neturint datuotų etalonų bazės, neįmanoma tiksliau nustatyti, ką rodo spektrai. Vis dėlto, turint nedatuotų dokumentų spektrus, galima sukurti santykinį ryšiu pagrįstą duomenų bazę, kurioje spektrai lyginami vieni su kitais, siekiant išvelgti, kur spektrinės kreivės ekstremumai rodo galimą klastojimo, falsifikavimo atvejį arba bent jau faktą, jog kuri nors teksto dalis ar visas rankraštis parašytas kitu rašalu. Vadinasi, kuriant metodologinį modelį pagal minėtą schemą (žr. 1 lentelę), svarbu pažymėti, jog duomenų bazės dydis daro tiesioginę įtaką gaunamų rezultatų interpretavimo patikimumui, todėl atliekant tyrimus „d“ parametro reikšmė turi būti kuo aukštesnė. Šiuo atveju 1 lentelėje nurodomi minimalūs dydžiai parinkti taip, kad būtų įmanoma gauti reprezentatyvų rezultatą.

Funkcijų pasirinkimo atveju galima naudotis sutartiniais žymėjimais, kurie kaupiant duomenų bazę nurodytų konkrečius matavimus ir leistų greitai surasti norimą informaciją. Pavyzdžiui, turint 20 vnt. XVI–XVIII a. rankraštinių knygų iš tos pačios raštinės ir jas sužymėjus nuo 1 iki 20 bei priskyrus knygą apibūdinančius kriterijus (išdėstyti anksčiau), *Microsoft Excel* programa galima susidaryti būsimų matavimo ir fotofiksavimo (mikro- ir makro-) vietų koordinacių lentelę (žr. 3 lentelę), kurioje galima sukurti matavimo numeraciją (kartu

ir fotofiksacijos), kur A reiškia knygos pradžios puslapį, B – vidurio, C – pabaigos, o A1, A2 ir A3 atitinkamai žymi puslapio viršaus, vidurio ir apačios matuojamas vietas. Čia vartojamos sąvokos „apačia“, „vidurys“, „viršus“, „pradžia“, „pabaiga“ – ne aritmetinės, o sąlyginės. Matavimuose įvedamas ir *Q puslapis*, kuris galėtų būti *de visu* traktuojamas kaip turintis nevienalaikiškumo, nevienodumo, išskirtinumo bruožų tiriamos knygos ar puslapio kontekste. Kiti, pagrindiniai, knygos matavimai atliekami knygos puslapiuose, kurie atitinka atrankos kriterijus (žr. 2 lentelę), tačiau pasirenkami atsitiktinai. Statistiniu požiūriu tokie matavimai yra nepriklausomi.

Kaip jau minėta, laboratorinių tyrimu metu nebuvo galima rinkti absoliučių spektrų verčių, todėl statistinių duomenų taip pat nėra tikslinga rinkti. Laboratorinių (kokybinių) tyrimų metu nustatytas minimalus matavimų skaičius: 6 pagrindiniai matavimai knygos pradžioje, viduryje ir pabaigoje (po du kiekviename puslapyje) bei *Q* puslapio matavimai (po tris kiekviename *Q* puslapyje). Devynių matavimų knygoje pakanka, jog būtų fiksuojama puslapių rašalo kaita. Taigi lygindami, pavyzdžiui, 12B3 su 8C1, lyginame 12-os knygos vidurio apačioje esančio užrašo rašalo spektrą su 8-os knygos paskutinio puslapio viršumi (žr. 1 pav.), o *Q* puslapio fiksavimai atitinkamai reiškia Q1 – puslapio viršų, Q2 – puslapio vidurį, Q3 – puslapio apačią.

Tam, kad spektrų interpretavimo patikimumas būtų didesnis, duomenų bazė, kurios etalonais būtų remiamasi nustatant konkretaus dokumento ar jo dalies autentiškumą (t. y. pagal funkciją), turėtų būti klasifikuojama pagal šiuos kriterijus: datavimą (pavyzdžiui, XVI a. viduryje sukurti dokumentai); kilmės vietą (pavyzdžiui, vienos raštinės dokumentai); autorystę; įrišimą; dokumento laikmeną (pavyzdžiui, popierius, pergamentas). Modelis leistų dokumentus



1 PAV. Istorinio rašytinio šaltinio kilmės tyrimas: Supraslės vienuolyno atvejis. Matavimo logikos ir sutartinio matavimų koordinacių žymėjimo vizualinis paaiškinimas. Pirmasis skaičius rodo tiriamojo objekto identifikacinį numerį. A reiškia knygos pradžios puslapį, B – vidurio, C – pabaigos, o A1, A2 ir A3 žymi atitinkamai puslapio viršaus, vidurio ir apačios matuojamas vietas.

Taiko- mas metodas	Eiga	Kriterijai ir funkcijos	Rezultatas	Rezultato interpretacija
ATRANKA	1	<ul style="list-style-type: none"> • autentiškumo filtras • vientisumo, nepažeistumo filtras 	• bandiniai	• bandiniai tinkami spektrinei analizei pagal kriterijus
UV-VIS-NIR SPEKTROSKOPIJA	2	<ul style="list-style-type: none"> • F1 → • F2 → • F3 → 	<ul style="list-style-type: none"> • F1 f-cijos kreivės • F2 f-cijos kreivės • F3 f-cijos kreivės 	<ul style="list-style-type: none"> • F1, jei $Ax = Ay \neq Az$ ar $Ax = Az \neq Ay$, fiksuojamas tikėtinas matuoto žodžio falsifikavimo atvejis. • F2, jei $X = Y \neq Z$ ar $X = Z \neq Y$, fiksuojamas tikėtinas matuoto viso puslapio falsifikavimo atvejis. • F3, jei $Nr. x \neq Nr. y$, kai kiti kolekcijos vienetai sutampa, fiksuojamas tikėtinas matuoto dokumento klastojimo, falsifikavimo atvejis.
FOTOFIKSACIJA	3	<ul style="list-style-type: none"> • makro- • mikro- 	<ul style="list-style-type: none"> • F1 atveju bent 3 makrofotografijos ir 9 mikrofotografijos. • F2 atveju bent 3 makrofotografijos ir 9 mikrofotografijos. • F3 atveju bent 30 makrofotografijų ir 90 mikrofotografijų. 	<ul style="list-style-type: none"> • Visose funkcijose fotofiksacija yra pagalbinė fiksinė priemonė papildomiems duomenims gauti ar matavimo klaidoms identifikuoti.

tirti visų trijų funkcijų intervale (F1, F2, F3), tačiau priklausomai nuo tyrimo tikslo reikia atitinkamai plėsti duomenų bazę (pavyzdžiui, šiuolaikinių rašalų tyrimuose, bent jau JAV, yra kasmet renkami gaminamų rašymo priemonių sudėties, spalvos ir kt. charakteristikų pavyzdžiai, kuriais kaip etalonais remiamasi sprendžiant dokumentų klastojimo atvejus). Dar daugiau, išplėtus duomenų bazę, duomenis būtų galima išreikšti matematine išraiška ir sukurti algoritmus psčiau ar visiškai automatiniais dokumentų autentiškumo tyrimams.

Fotografuojant bandinį būtina užfiksuoti tiek bendrą puslapio vaizdą (žr. 1 pav.) su tikslesnėmis matavimų vietomis (makrofotografija), tiek fotografuojančiu mikroskopu užfiksuoti rašalą (mikrofotografija). Fotografijos modelyje atlieka pagalbinę fiksacinę reikšmę. Remiantis fotofiksacija galima papildomai įvertinti, ar visos dokumento vietos buvo atrinktos tinkamai, pavyzdžiui, ar nematuota riebalų dėmės dalis, stiprios erozijos paveikta vieta ir t. t. Apibendrinti metodologinį modelį galima taip, kaip parodyta 2 lentelėje.

ATVEJO TYRIMAS

Dėl ypač didelės apimties šiame straipsnyje nebus pateikta F1 ir F2 funkcijų rezultatų, tačiau bus pademonstruoti keli F3 funkcijos atvejai, kai galima kelti klausimą plačiau, tarkime, ar galima atskirti to paties laikotarpio ir tos pačios raštinės knygas pagal rašalą? Norint į šį klausimą atsakyti, pirmiausia reikia palyginti šias laboratorinio tyrimo bandinių grupes:

- I. Palyginti tarpusavyje visas Supraslės XVI a. pr. knygas;
- II. Palyginti tarpusavyje visas Supraslės XVI a. vid. – XVII a. pab. knygas;
- III. Palyginti tarpusavyje visas ne Supraslės knygas;
- IV. Palyginti Supraslės ir ne Supraslės knygas.

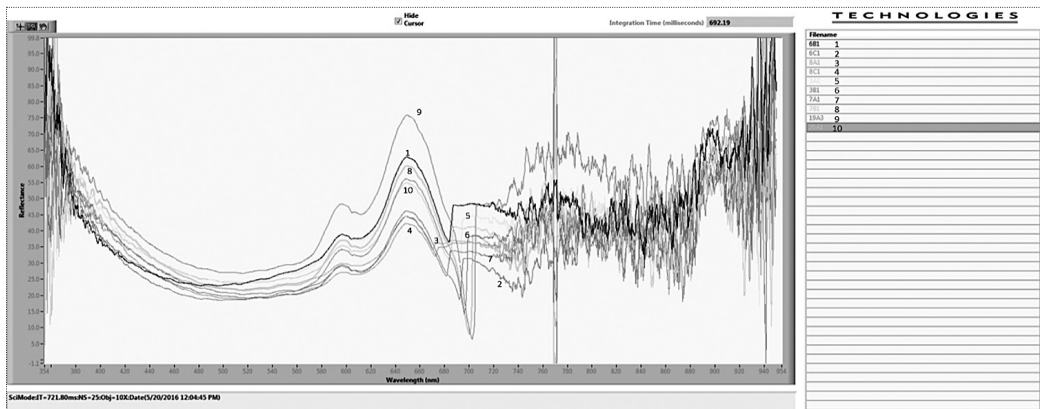
Bandinių grupės sudarytos sąlygiškai, t. y. taip, kad būtų kuo didesnis tikėtinas rašalo spalvos skirtumas (III ir IV grupės) arba panašumas (I ir II grupės). Atitinkamai pagal grupes sužymėjus knygas nuo 1 iki 20, buvo užrašyti 182 spektrai (žr. 3 lentelę), automatiškai apskaičiuojant 163 800 atliktų matavimų vidurkius, taip pat atlikta mikro- ir makrofotofiksacija kiekvienam matavimui.

Prieš laboratorinį tyrimą Lietuvos mokslų akademijos Vrublevskių bibliotekos restauratoriai peržiūrėjo šias dvidešimt knygų ir nurodė Q puslapius. Remiantis atliktais spektriniais matavimais, galima kelti pagrįstą abejonę, ar vizualinė apžiūra yra tinkamas būdas įvertinti rankraščių puslapius ar juolab tam tikras jų dalis, nes restauratorių atrinkti Q puslapiai bemaž tik vienu atveju iš 5 pasiteisino (79 proc. atvejų Q nebuvo reikšmingai skirtingas nei kiti A, B, C puslapiai arba apskritai spalviškai sutapo su A, B, C puslapiais).

I GRUPĖS PALYGINIMŲ REZULTATAI. Iš bendrojo spektrų paveikslu matyti (žr. 2 pav.), jog spektrai identiškai sutampa. Vis dėlto 5-os knygos spektrai akivaizdžiau išsiskiria savo piko plokštumu ties 580–610 nm ir neturi likusiems spektrams būdingos įdubos ties 605 nm. Išeliminavę abejones keliančią 5-tą knygą ir panaikinę pasikartojančius (perteklines kreives viename bendrame paveiksle) tos pačios knygos spektrus, matysime Supraslės XVI a.

3 LENTELĖ. Dalis laboratorinių tyrimų duomenų suvestinės, kurioje fiksuotos visos atliktų matavimų koordinatės ir kt. aplinkybės

Knogos nr.	Numeris	Datavimas	Išleidimo vieta	Puslapių skaičius	Bendras atliktų matavimų skaičius	Matavimas A psl.	Foto nr. Makro-	Matavimas B psl.	Foto nr. Makro-	Matavimas C psl.	Foto nr. Makro-, Nikon
1	F19-61	XVI a. vid. – II pusė	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	368	9	53	1A	189	1B	259	1C
2	F19-52	XVI a. pr.	Vilnius (?)	271	9	52	2A	190	2B	259	2C
3	F19-238	XVI a. pr.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	283	9	58	3A	156	3B	257	3C
4	F19-95	1512 m.	Naugardukas–Vilnius (?)	625	9	93	4A	195	4B	591	4C
5	F19-262	XVI a. I pusė	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	408	9	35	5A	185	5B	343	5C
6	F19-48	XVI a. I pusė / XVI a. pab.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	388	10	30	6A	147	6B	325	6C
7	F19-247	XVI a. pr.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	159	9	31	7A	90	7B	141	7C
8	F19-239	XVI a. pr.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	262	9	25	8A	104	8B	244	8C
9	F19-116	1638–1639 m. / 1704–1756 m.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	291	9	45	9A	165	9B	250	9C
10	F19-115	1662 m. / 1704 m.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	294	9	29	10A	141	10B	221	10C
11	F19-110	XVI a.	Žirovičiai	350	9	25	11A	108	11B	347	11C
12	F19-149	1678 m.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	222	9	32	12A	85	12B	169	12C
13	F19-197	XVII a. pab.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	396	9	38	13A	142	13B	329	13C
14	F19-89	Nuo 1631 m.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	150	10	8	14A	73	14B	148	14C
15	F19-210	1691 m.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	366	9	79	15A	216	15B	294	15C
16	F19-192	1693 m.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	396	9	78	16A	248	16B	340	16C
17	F19-160	1667 m.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	99	9	12	17A	46	17B	84	17C
18	F19-242	1634 m.	Pinske	429	9	33	18A	255	18B	335	18C
19	F19-84	XVI a. pr.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	245	9	62	19A	153	19B	192	19C
20	F19-240	XVI a. pr.	SUPRASLĖS VIENUOLYNAS	690	9	160	20A	285	20B	588	20C



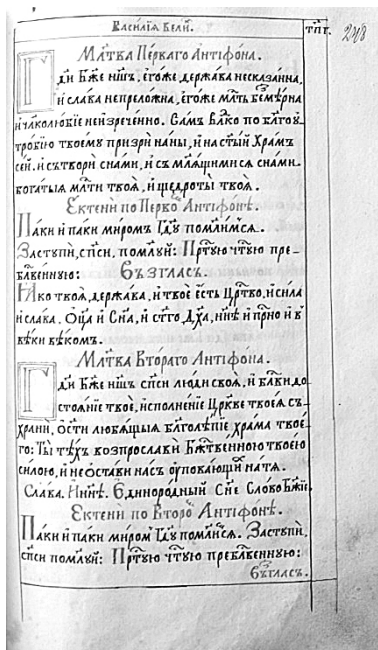
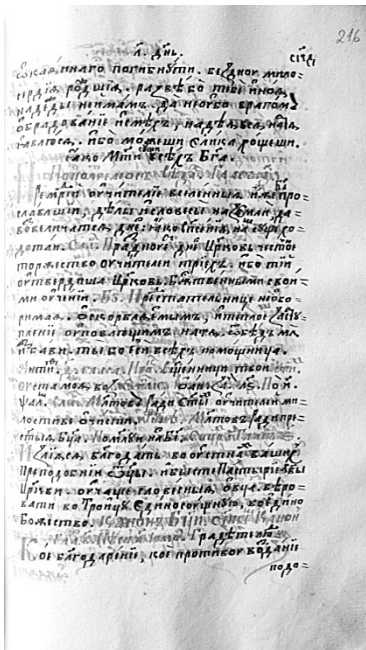
2 PAV. 3, 7, 19-tos ir 6, 8, 20-tos knygų spektrai, eliminavus nevertinamus ir perteklinius

pradžios knygų rašalo spektrų bendrąją charakteristinę paveikslą (žr. 2 pav.), kurią jau galima lyginti su kitų kilmės aplinkybių knygų rašalų spektrais.

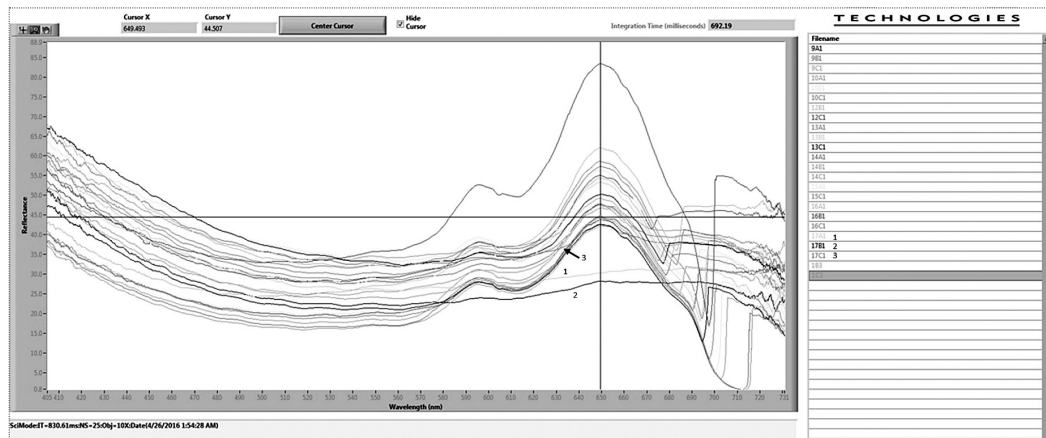
II GRUPĖS PALYGINIMŲ REZULTATAI. Šioje grupėje lyginama platesnės chronologijos Supraslės knygų grupė – XVI a. vid. – XVII a. pab. Apie 150 metų laikotarpis yra gana ilgas, todėl šios grupės tikslas yra ištirti, kaip skiriasi raštinėje naudotas rašalas, vertinant chronologiškai labiau nutolusias knygas. Tyrimo imtyje yra keletas tiksliai datuotų knygų (Nr. 15 (1691 m.) ir Nr. 16 (1693 m.)). Tuo remiantis, ši grupė toliau bus nagrinėjama pagal tokias prielaidas:

- 15-ta ir 16-ta knygos (hipotezė: knygų rašalų spektrai bent jau A ir B puslapiuose turi sutapti);
- 1-a knyga nebus vertinama, nes pagal F1 ir F2 gauti visada skirtingi spektrai;
- 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17-tos knygų spektrai turėtų sutapti. Pirmiausia įvertinti 15-tos ir 16-tos knygų spektrai, nes jų datos kone identiškos. Net netyrinėjant rašysenos, makrofotografijose matyti (?), jog šios dvi knygos nėra rašytos to paties žmogaus (žr. 3 pav.). Tačiau spektrai rodo priešingai (žr. 4 pav.).

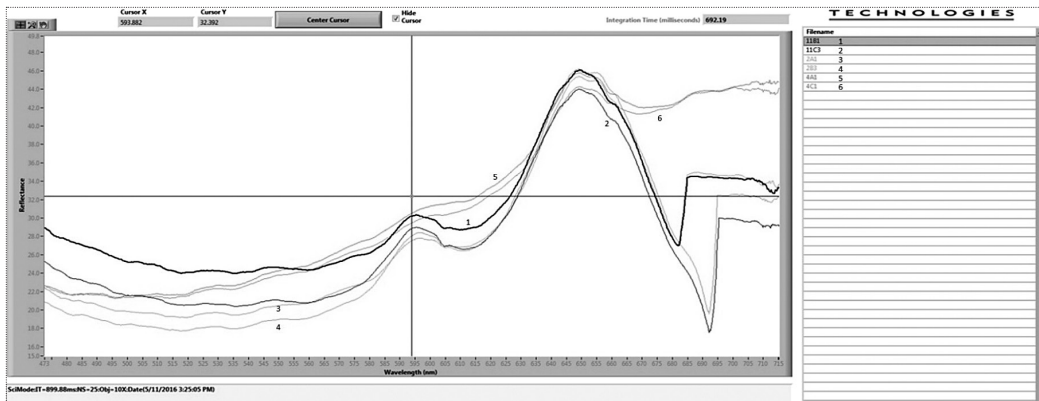
Spektrai (žr. 4 pav.) rodo neidentišką sutapimą, tačiau smailių formos, jų vietos ir smailės ties 610 nm įlinkiu rodo, jog rašalas naudotas tos pačios receptūros. Nedidelių skirtumų gali atsirasti dėl akivaizdžiai skirtingos rankraštinų knygų išlikimo būklės, tad galima būtų teigti, jog 15-ta ir 16-ta knygos rašytos rašalu, pagamintu pagal tą pačią receptūrą. 17-ta knyga pagal F1 ir F2 funkcijas rodo, jog atvejis sudėtingas, nes išsiskiria net kelios grupės spektrų. 5 paveiksle paimti du spektrai iš skirtingų grupių ir abu skiriasi nuo kitų knygų spektrų,



3 pav. 15-tos (kairėje) ir 16-tos (dešinėje) knygų puslapiai, *de visu* supuojujantys skirtingumą



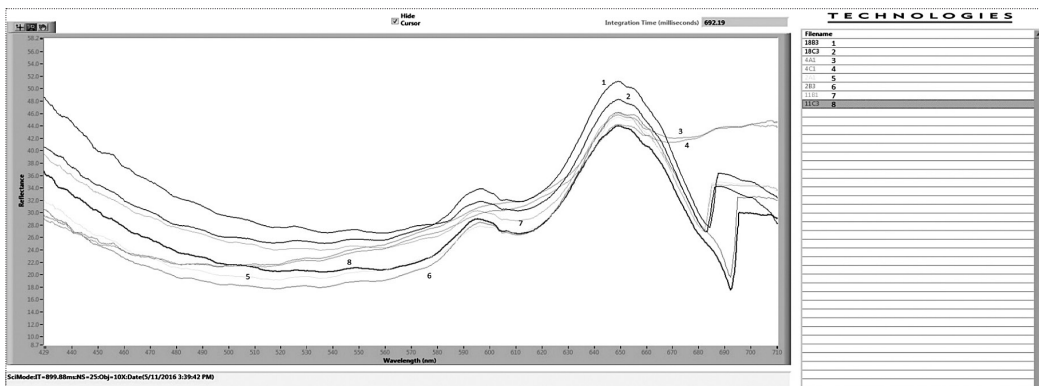
4 pav. 15-tos ir 16-tos knygų spektrai nerodo aiškių skirtumų



5 PAV. 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17-tos knygų spektrai. Aiškiau išsiskiria tik 17-tos knygos duomenys (1, 2, 3 kreivės)

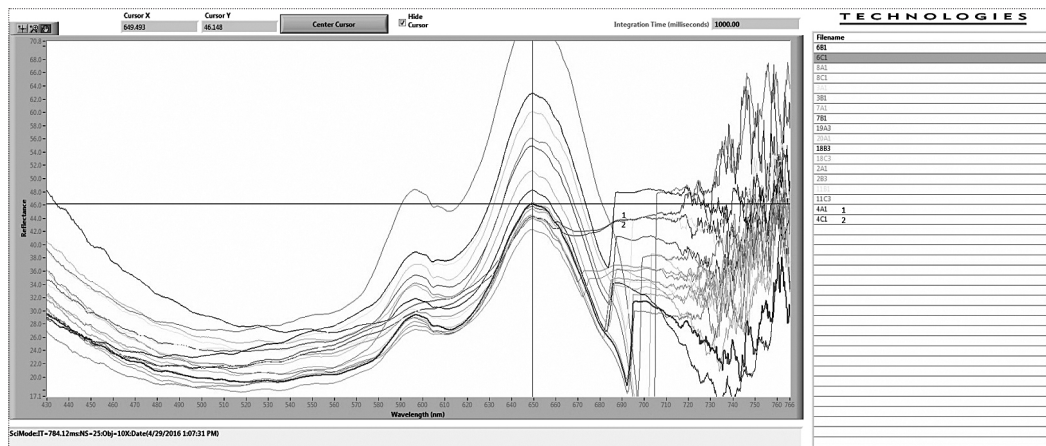
todėl galima teigti, jog 17-ta knyga tikrai parašyta kitu rašalu nei kitos. Taigi visos šios grupės knygos, išskyrus 17-tą knygą, rašytos rašalu, pagamintu pagal tą pačią receptūrą.

III GRUPĖS Palyginimų rezultatai. Trečioje grupėje yra keturios knygos iš galimai keturių skirtingų vietovių ir beveik to paties laikotarpio (XVI a. pr.), išskyrus 2-ą knygą iš Pinsko (?), datuotina XVII a. viduriu, tad galima kelti hipotezę, jog 11, 2 ir 4-ta knygos nebus ypač skirtingos, o 18-ta turėtų ryškiau išsiskirti (nors visais atvejais naudojamas tas pats galo rašalas). Vis



6 PAV. 11, 2 ir 4-tos knygų spektrai, eliminavus nevertinamus ir perteklinius. Tai visos to paties XVI a. pr. laikotarpio, bet skirtingų geografinių kilmės vietų knygos. Paveiksle fiksuotas 4-tos knygos skirtumas

dėlto ši hipotezė nepasitvirtino, nes matyti akivaizdūs skirtumai (žr. 6 pav.). 4-ta knyga iš Naugarduko gali būti aiškiai identifikuota (atskirta) pagal rašalą, nors šių knygų mikrofotografija suponuotų 11-tos knygos aiškų skirtumą. Įdomu, kaip šių matavimų kontekste atrodo 18-ta knyga iš Pinsko (?). Paveiksle (žr. 7 pav.) matome, jog 18-ta knyga ne tik kad neišsiskiria, bet netgi yra labai panaši į 11-tos ir 2-os knygų spektrus, tačiau 4-tos knygos spektrai aiškiai išsiskiria. Taigi abi hipotezės nepasitvirtino.



7 PAV. 11, 2, 4 ir 18-tos knygų spektrai eliminavus nevertinamus ir perteklinius. Aiškiai matyti, jog visos kreivės, išskyrus 4-tos knygos, yra tolydžiai vienodos

IV GRUPĖS PALYGINIMŲ REZULTATAI. Paskutinėje grupėje duomenys lyginami pagal vietos kriterijų, nevertinant chronologinių rėmų. Tokiu atveju reiktų atrinkti atsitiktinai bent keturias Supraslės knygas ir keturias kitų kilmės vietų knygas. 8 paveiksle matyti, jog Supraslės ir ne Supraslės knygų rašalų spektrai bendrame paveiksle tolydžiai sutampa, išskyrus 4-tos knygos. Toks rezultatas stebina ir kelia įtarimų dėl interpretacijų pagrįstumo, todėl toliau papildomai palyginama su mažesniu duomenų kiekiu, poromis: 7, 3, 19-ta su 18-ta – nėra skirtumo; 7, 3, 19-ta su 11-ta – skirtumas yra; 7, 3, 19-ta su 2-a – nėra skirtumo; 7, 3, 19-ta su 4-ta – skirtumas yra. Taigi vertinti bendrame paveiksle sunku, nes, pasikeitus masteliui, spektrų paveikslas transformuojasi ir sunku fiksuoti skirtumus, kurie iš tiesų yra, nors ir nežymūs. Šiuo atveju tyrinėjama iš esmės ta pati bazinė spalva (ruda), todėl ir nežymūs skirtumai yra vertinami kaip potencialūs rašalo skirtumai. Padidinę rezultatų palyginimų raišką, matome, jog 50 proc. atvejų skirtumą galima fiksuoti.

Išvados

Spektroskopijos metodas leidžia kokybiškai tirti senųjų dokumentų autentiškumą, vertinant jų sukūrimo aplinkybes – panaudotą rašalą, kurio cheminė sudėtis ir gamyba keitėsi palyginti labai lėtai. Galo geležies rašalas naudotas visą II tūkstantmetį, todėl toks tyrimas yra perspektyvus ne tik LDK paveldui tirti. Metodas geriausiai veikia matomoje šviesoje, t. y. ~400–~700 nm atspindžio režimu, nes kitose spektro srityse pasireiškia sunkiai interpretuojamos spektro dalys, vertinamos kaip „triukšmai“.

F1 fotofiksacija parodė, jog galima efektyviai atskirti skirtingas puslapio vietas, todėl atlikus daugiau matavimų galima būtų nustatyti, nuo kurios raidės tekstas yra parašytas kitu rašalu. Tokie duomenys galėtų būti gretinami su rašysenos ekspertize, teksto hermeneutika. F2 fotofiksacijos duomenys demonstruoja galimybę vertinti skirtingus puslapius tiriamos knygos arba vieno dokumento kontekste. Tos pačios tyrimo aplinkybės galioja kaip ir F1 fotofiksacijos atveju, tačiau čia duomenų masyvas vertinant pagal santykinę skalę taptų potencialiai per didelis. F3 fotofiksacija padeda socialinių ir humanitarinių mokslų atstovams atsakyti į konkretesnius klausimus, pavyzdžiui, ar viena kuri nors knyga rašyta XVI a. pab., ar ji yra iš to paties rinkinio, tos pačios raštinės ir t. t. Didesnius kiekius informacijos (F2 ir F3 fotofiksacijų atvejais) rekomenduotina lyginti pagal absoliučią verčių skalę, pavyzdžiui, panaudojant spalvos žemėlapius (angl. *color maps*). Taip, tikėtina, būtų pasiektas didesnis lyginamosios analizės objektyvumo lygis. Be to, tyrimų perspektyva galėtų būti siejama su sparčiai besivystančiomis dirbtinio intelekto algoritmų galimybėmis.

Iš tyrimo duomenų matyti, jog absoliuti dauguma tik *de visu* įvertintų Q puslapių nebuvo teisingai identifikuoti kaip išsiskiriantys, todėl atspindžio spektroskopija, atsižvelgiant į mažas laiko sąnaudas ir matavimo paprastumą, gali būti efektyvus ir nedestruktyvus pirminio dokumento rašalo kaitos įvertinimo metodas. Metodologiškai vienodai pildoma tokių matavimų duomenų bazė galėtų tapti papildomu įrankiu sprendžiant abejotinos kilmės aplinkybių dokumentinio paveldo klausimus.

Literatūra ir šaltiniai

1. BENTKOWSKA-KAFEL, Anna; MACDONALD, Lindsay. *Digital techniques for documenting and preserving cultural heritage*. Croydon, 2017.
2. BERGER, Charles E. H. Objective ink color comparison through image processing and machine learning. *Science and Justice*, 2013, t. 53, p. 55–59.
3. BERTRAND, Loic; ROBINET, Laurianne; THOURY, Mathieu; COHEN, Serge X.; SCHÖDER, Sebastian. Cultural heritage and

- archaeology materials studied by synchrotron spectroscopy and imaging. *Applied Physics*, 2012, nr. 106, p. 377–396.
4. BITOSSI, Giovanna; GIORGI, Rodorico; MAURO, Marcello; SALVADORI, Barbara; DEI, Luigi. Spectroscopic techniques in cultural heritage conservation: A survey. *Applied Spectroscopy Reviews*, 2005, t. 40, p. 187–228.
 5. BLAŽEK, Jan; SOUKUP, Jindřich; ZITOVÁ, Barbara; FLUSSER, Jan; HRADILOVÁ, Jan-ka; HRADIL, David; TICHÝ, Tomáš. M3art: A database of models of canvas paintings. In *Euro-Mediterranean conference EuroMed 2014: Digital heritage: progress in cultural heritage: documentation, preservation, and protection*, 2014. [žiūrėta 2017 m. liepos 21 d.]. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13695-0_17>.
 6. BONIZZONI, Letizia; CANEVARI, Claudio; GALLI, Anna; GARGANO, Marco; LUDWIG, Nicola; MALAGODI, Marco; ROVETTA, Tommaso. A multidisciplinary materials characterization of a Joannes Marcus viol (16th century). *Heritage Science*, 2014, t. 2, nr. 15. [žiūrėta 2017 m. liepos 14 d.]. Prieiga per internetą: <<https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/2050-7445-2-15>>.
 7. BRUNELLE, L. Richard; CRAWFORD, R. Kenneth. *Advances in the forensic analysis and dating of writing ink*. Springfield, 2003.
 8. CEPPAN, Michal; GAL, Lukas; VARYOVA, Lucia; HANUS, Jozef. *Application of target factor analysis as a chemometric detector for identification of iron-gall inks in drawings using FORS in VIS-NIR region*. Bratislava. [žiūrėta 2017 m. liepos 13 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.tcd.ie/library/preservation/assets/Book%20of%20abstracts_271010_Final.pdf>.
 9. CLARKE, Mark. The analysis of medieval European manuscripts. *Studies in Conservation*, 2001, t. 46. [žiūrėta 2017 m. liepos 19 d.]. Prieiga per internetą: <www.viks.sk/chk/revincon7.doc>.
 10. ČEPAITIENĖ, Rasa. *Paveldosauga globaliajame pasaulyje*. Vilnius: Lietuvos istorijos instituto leidykla, 2010.
 11. DAFFARA, Claudia; PAMPALONI, Enrico; PEZZATI, Luca; BARUCCI, Marco; FONTANA, Raffaella. Scanning multispectral IR reflectography SMIRR: An advanced tool for art diagnostics. *Accounts of Chemical Research*, 2010, t. 43, p. 847–856.
 12. FRODEMAN, Robert et al. (eds.). *The Oxford handbook of interdisciplinarity*. Oxford, 2012.
 13. GÁL, Lukáš; ČEPPAN, Michal; REHÁKOVÁ, Milena; DVONKA, Vladimír; TARAJČÁKOVÁ, Jarmila; HANUS, Jozef. Chemometric tool for identification of iron-gall inks by use of visible-near infrared fibre optic reflection spectroscopy. *Anal Bioanal Chem*, 2013. [2017 m. liepos 10 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24057023>>.
 14. Galo rašalo informacinis portalas. [žiūrėta 2017 m. vasario 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://irongallink.org/igi_index8a92.html>.
 15. GEČIENĖ, Ingrida; KUBLICKIENĖ, Lilija; MATULAITIS, Šarūnas; TAURAITĖ-KAVAI, Erika; ŽALANDAUSKAS, Tomas. *HSM nacionalinės kompleksinės programos galimybių studija*. Vilnius, 2012. [žiūrėta 2017 m. vasario 22 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.esparama.lt/esparama_pletra/failai/ESFproduktai/2012_NKP_HSM_GALIMYBIU_STUDIJA.pdf>.
 16. GLEIZNYTĖ, Jurgita; GRIGALIŪNAITĖ, Lina. *Dokumentų konservavimas ir saugojimas: restauravimo metodika*. Vilnius, 1999.
 17. GUDINAVIČIUS, Arūnas. Lietuvos rankraštinio paveldo publikavimas skaitmeninėje erdvėje: skaitmenintų ir viešai prieinamų rinkinių techninė analizė. *Knygotyra*, 2011, t. 56, p. 85–111.
 18. JUKNA, Feliksas et al. *Knygotyra: enciklopedinis žodynas*. Vilnius: Alma littera, 1997.
 19. KALYANI, Suresh. *Mass communication, journalism and mass communication*. [žiūrėta 2016 m. kovo 30 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.peoi.org/Courses/Coursesen/mass/mass2.html>>.
 20. KARDELIS, Kęstutis. *Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai*. Kaunas: Judex, 2002.
 21. KLŪS, Agata. *Non-invasive methods in the identification of selected writing fluids from late 19th and early 20th century*: [magistro darbas. Torūnės

- universitetas], 2014. [žiūrėta 2017 m. liepos 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://ceroart.revues.org/3950>>.
22. KUEHNI, G. Rolf. *Color space and its divisions: Color order from antiquity to the present*. N. Y., 2003. [žiūrėta 2017 m. liepos 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471432261.ch3/summary>>.
23. Lietuvos Respublikos kilnojimų kultūros vertybių apsaugos įstatymas. Vilnius, 1996.
24. NICHOLAS, C. Thomas. The early history of spectroscopy. *Journal of Chemical Education*, (Montgomery, USA), 1991, t. 68, nr. 8, p. 631–634.
25. *Oxford dictionary of forensic science*. [žiūrėta 2018 m. kovas 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199594009.001.0001/acref-9780199594009>>.
26. RAGAUSKIENĖ, Raimonda. *Dingę istorijoje: XVI a. Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės bajorijos privatūs archyvai*. Vilnius: Lietuvos istorijos instituto leidykla, 2016.
27. RAGAUSKIENĖ, Raimonda. *XVI a. Lietuvos Didžiosios Kunigaikštystės bajoriškoji visuomenė: mokslo darbų apžvalga*. Vilnius, 2010.
28. REHÁKOVÁ, Milena; ČEPPAN, Michal; VIZÁROVÁ, Katarína; PELLER, András; STOJKOVIČOVÁ, Danica; HRICKOVÁ, Monika. Study of stability of brown-gray inks on paper support. *Heritage Science*, 2015. [žiūrėta 2017 m. liepos 19 d.]. Prieiga per internetą: <<https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-015-0039-0>>.
29. *Rekomendacija dėl dokumentinio paveldo, įskaitant skaitmeninį, išsaugojimo ir prieigos*. Paryžius, 2015. [žiūrėta 2018 m. kovo 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://unesco.lt/images/stories/articles_files/rekomendacija%20dl%20dokumentinio%20paveldo%20skaitant%20skaitmenin%20isauogjimo%20ir%20prieigos.pdf>.
30. RICCIARDI, Paola; PALLIPURATH, Anuradha. The five colours of art: Non-invasive analysis of pigments in Tibetan prints and manuscripts. In *Tibetan printing: comparison, continuities, and change*. Cambridge, 2016. [žiūrėta 2017 m. liepos 13 d.]. Prieiga per internetą: <<http://booksandjournals.brillonline.com/content/books/9789004316256>>.
31. SENVAITIENĖ, Jūratė. *Kultūros objektų charakterizavimas ir cheminių konservavimo procesų įtakos jų degradacijai tyrimas: daktaro disertacija*. Vilnius, 2006.
32. SENVAITIENĖ, Jūratė; BEGANSKIENĖ, Aldona; PADARAUSKAS, Audrius; KAREIVA, Aivaras. Istorinių rašalų apibūdinimas spektroskopijos metodu. *Lietuvos dailės muziejaus metraštis*, 2007, t. 10, p. 38–50.
33. SENVAITIENĖ, Jūratė; BEGANSKIENĖ, Aldona; TAUTKUS, Stasys; PADARAUSKAS, Audrius; KAREIVA, Aivaras. Istorinių rašalų apibūdinimas įvairiais analiziniais metodais. *Lietuvos dailės muziejaus metraštis*, 2007, t. 10, p. 51–59.
34. TAMAŠAUSKIENĖ, Andžela. Dokumento samprata ir jos reikšmė nusikalstamos veikos kvalifikavimui. *Jurisprudencija*, 2004, t. 60, nr. 52, p. 125–134.
35. VANDENABEELE, Peter; TATE, Jim; MOENS, Luc. Non-destructive analysis of museum objects by fibre-optic Raman spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2006, nr. 387, p. 813–819.
36. *Vankuverio deklaracija*. Vankuveris, 2012. [žiūrėta 2018 m. kovo 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/mow/unesco_ubc_vancouver_declaration_en.pdf>.
37. VIEGAS, Rita. *Compositional characterization of iron gall inks in manuscripts using non-destructive techniques*: [magistro darbas]. Lisabona, 2014. [žiūrėta 2017 m. liepos 12 d.]. Prieiga per internetą: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/download-File/395146461743/dissertacao.pdf>>.

Tadas Žižiūnas

Summary

The aim of the article was to create a research methodology for questioned historical documents where UV-VIS-NIR reflectance spectroscopy is used to identify color variations of historical documents written with iron gall ink. Such methodology was introduced because most historical documents are written with iron gall ink. Secondly, iron gall ink is causing various damage to historical documents hence new and effective research methods are needed. Thirdly, such new methodologies should be accessible for humanities and social science where no specific chemical knowledge is needed.

20 volumes of Supraslis abbey office's historical documents were selected as a case study to test the created methodology. Each book was numbered and labeled with the known provenance. In each book three pages (in the beginning, in the middle and in the end) were selected and two measurements (in the top of the page and in the end) were taken. Also so called Q page (questioned) was *de visu* selected as different from other pages which turned out 79% not being the case. What is more, all measurement's exact spots were also micro- photographed and macro – photographed to make sure that the measured ink samples that were selected had no stains, were not damaged or otherwise polluted. Measurements were performed with CRAIC PV 308 spectrophotometer calculating 900 measurements average for one value of $\sim 1\text{mm}^2$ sample area.

The case study demonstrated that UV-VIS-NIR reflectance spectroscopy can be a very fast and nondestructive tool to investigate historical questioned documents, certain pages of a document or even to compare several books from the same or different time periods and place origin. However, effective research require ink color comparison with color maps or other mathematical representation models (e.g. MacAdam's ellipse). Furthermore, for more precise comparison, big databases with books, origin dates, origin place, spectral data, physical condition and other related parameters are needed.

KEY WORDS: falsification, UV-VIS-NIR spectroscopy, heritage, iron gall ink, questioned documents, methodology, interdisciplinary research.

Iteikta 2018 m. vasario 5 d.

Priimta 2018 m. kovo 20 d.