

Implicațiile practice ale inteligenței artificiale în autentificarea artefactelor de patrimoniu cultural și în identificarea falsurilor și a contrafacerilor în artă

The practical implications of Artificial Intelligence in authenticating cultural heritage artifacts and identifying forgeries and counterfeits in art

**Ion SANDU^{1,2,3,4}, Sorin ALĂMOREANU⁵, Viorica VASILACHE³,
Vasile DROBOTĂ^{6,7}, Andrei Victor SANDU^{1,2,4,8}, Ana DROB³,
Petru Ovidiu TĂNASĂ⁶, Ioan Cristinel NEGRU^{6,9}**

Rezumat: Lucrarea are în atenție implicațiile practice ale Inteligenței Artificiale (AI) asistată de metode analitice instrumentale, care oferă prin datele obținute sisteme probatorii inedite, ca de exemplu: identificarea de noi caracteristici arheometrice și chemo-metrice validate experimental, prin prelucrarea lor secvențială în vederea datării, prin încadrarea în perioadă și atribuirea autorului, școlii sau arealului geografic. Procesarea acestora prin implicarea IA ușurează mult munca investigatorului în artă. Colaborarea unui specialist în IA cu expertul științific în artă întotdeauna va permite creșterea gradului de validare a autenticității unui artefact. IA permite folosirea informațiilor istorice despre materiale și starea lor de conservare pentru a fixa când și unde au fost create, prin utilizarea noilor abordări în domeniu, implicând o strategie integrată IA în luarea deciziilor cu sisteme multi-analitice experimentale, care oferă o „sinteză cumulativă”, superioară flerului și intuiției

¹ Academy of Romanian Scientists (AORS), 54 Splaiul Independenței St., Sector 5, 050094 Bucharest, Romania.

² National Institute for Research and Development in Environmental Protection, 294 Splaiul Independenței, 6th District, 060031, București, Romania.

³ Alexandru Ioan Cuza University, Interdisciplinary Research Institute – Science Departament, 11 Carol I Blvd., 700506 Iasi, Romania.

⁴ Romanian Inventors Forum, 3 Sf. Petru Movilă St., L11, III/3, 700089 Iași, Romania.

⁵ Babeș-Bolyai University, Law Faculty, Law PhD School, 11 Avram Iancu St., 400089 Cluj-Napoca, România.

⁶ Alexandru Ioan Cuza University, Geography-Geology Faculty, Geoscience PhD School, 11 Carol I Boulevard, 700506 Iasi, Romania.

⁷ Iași County Police Inspectorate, 2 Mihai Costăchescu St., 700495 Iasi, Romania.

⁸ Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Faculty of Materials Science and Engineering, 71 D. Mangeron Blvd. 700050 Iasi, Romania.

⁹ Territorial Inspectorate of the Iasi Border Police, 3-5 G. Cosbuc, St., 700470 Iasi, Romania.

profesionale a istoricului de artă, cu interpretarea datelor analitice obținute de expertul tehnico-științific, care ar permite validarea unor caracteristici probatorii reale. Astfel, IA se impune tot mai mult ca un domeniu practic, cu valențe deosebite în analize complexe de autentificare și de atribuire a paternității unor artefacte nou-descoperite sau puțin studiate. Coasistarea și coroborarea unui specialist în IA cu expertul științific în artă întotdeauna va fi benefică în creșterea gradului de validare a unei întrebări, printr-un răspuns cât mai apropiat de adevăr legat de autentificare, determinare a stării de conservare și în stabilirea valorii patrimoniale prin cota de bursă sau de catalog.

Cuvinte-cheie: artefact, fals și contrafacere, protocoale experimentale, autentificare, valorizare, inteligență artificială (IA).

Abstract: This paper focuses on the practical implications of Artificial Intelligence (AI) assisted by instrumental analytical methods, which, through the data obtained, provide novel evidentiary systems, such as the identification of new archaeometric and chemometric characteristics experimentally validated and sequentially processed for dating, period classification, and attribution to an author, school, or geographical area. The integration of AI significantly eases the work of art investigators. Collaboration between an AI specialist and a scientific art expert will always enhance the degree of validation regarding the authenticity of an artifact. AI enables the utilization of historical information about materials and their state of preservation to determine when and where an object was created by employing new approaches in the field. This involves an integrated AI strategy in decision-making processes using multi-analytical experimental systems, offering a “cumulative synthesis” that surpasses the professional intuition and instinct of art historians. This is achieved through the interpretation of analytical data provided by technical-scientific experts, allowing for the validation of real evidentiary characteristics. Thus, AI increasingly establishes itself as a practical domain with exceptional potential for complex analyses in authentication and attribution of authorship for newly discovered or scarcely studied artifacts. The co-assistance and corroboration between an AI specialist and a scientific art expert will always prove beneficial in enhancing the validation of inquiries by providing answers as close to the truth as possible. This includes authentication, assessment of the state of preservation, and determination of patrimonial value through market or catalog rankings.

Keywords: artifact, forgery and counterfeiting, experimental protocol, authentication, valorization, artificial intelligence (IA).

1. Introducere

Expertiza de autentificare¹⁰ are un rol foarte important în valorizarea operelor de artă¹¹, fiind un domeniu frecvent abordat al investigării științifice^{12,13},

¹⁰ Sandu, I. (2022), *Modern Aspects Regarding the Conservation of Cultural Heritage Artifacts*, International Journal of Conservation Science, 13(4), pp. 1187-1208.

¹¹ Matei, G. (2019) *Investigarea criminalistică a infracțiunilor privind operele de artă și artefactele arheologice*, Editura Univers Juridic, București.

¹² Sandu, I. (2023) *New Materials and Advanced Procedures of Conservation Ancient Artifacts*, Applied Sciences-Basel, 13(14), Article Number: 8387, <https://doi.org/10.3390/app13148387>.

¹³ Sandu, I.; Cotiuga, V. (2011), *Cercetarea criminalistică a bunurilor de patrimoniu și a documentelor falsificate*, Editura AIT Laboratory, București.

urmat de determinarea naturii materialelor componente și a stării lor de conservare, protocolul de prezervare și restaurare, evaluarea compatibilității noilor materiale și procedee de intervenție pe operele de artă cu stare de conservare precară și optimizarea condițiilor de etalare prin utilizarea sistemelor de climatizare moderne. În majoritatea acestor expertize sunt multe aspecte ale abordării analitice neunitare și ale unor standarde diferite de la o țară la alta, care impun tot mai mult metodologii unanim acceptate la nivel internațional, mai ales în ceea ce privește expertiza de autentificare a unei opere de artă cu valoare patrimonială¹⁴ din clasa tezaur sau grupa “A”. În prezent, numeroase organisme formate din specialiști din diferite domenii, încearcă să ajungă la un consens și să elaboreze unele norme care să fie recunoscute și acceptate în expertiza de autentificare a operelor de artă¹⁵, parte a patrimoniului cultural mondial. Până în prezent s-a reușit doar elaborarea unor ghiduri și a unor recomandări, fără caracter obligatoriu. Mai mult decât atât, întrucât domeniul este unul foarte complex^{16,17}, este necesară o definiție a expertului, ținându-se cont de pregătirea și domeniul de activitate al acestuia, deoarece, după cum se știe, rolul de expert poate fi atribuit unui număr mare de specialiști sau cunoscători ai domeniului artei, proveniți din domenii conexe (Chimia, Fizica, Biologia, Geologia, Antropologia, Istoria artei și altele).

În elaborarea unui protocol de autentificare sunt în atenție o serie de obiective specifice¹⁸, numite atribute ale autentificării (datarea, autorul, școala, arealul geografic al punerii în operă și al etalării, proprietar, custode, transferuri, itinerarii etc.). ca elemente și funcții patrimoniale¹⁹ și altele generale, dintre care amintim: analiza stadiului actual al cercetărilor în domeniul autentificării bunurilor de patrimoniu; stabilirea unor etape de urmat în investigarea științifică a bunurilor de patrimoniu mobil și a tipurilor de analize ce pot fi efectuate în raport cu bunul investigat; elaborarea unui protocol experimental și detalierea unor caracteristici fizico-structurale, chimice sau de altă natură, ce urmează a fi analizate; folosirea în

¹⁴ Macchia, A.; Aureli, H.; Colasanti, I.A.; Rivaroli, L.; Tarquini, O.; Sabatini, M.; Dattanasio, M.; Pantoja Munoz, L.; Colapietro, M.; La Russa, M.F. (2012), *In Situ Diagnostic Analysis of the Second Half of XVIII Century „Morte Di Sant’orsola” Panel Painting Coming from Chiesa Dei Santi Leonardo E Erasmo Roccagorga (Lt, Italy)*, International Journal of Conservation Science, 12(4), pp. 1377-1390.

¹⁵ Sandu, I.; van Saanen, A.; Sandu, I.C.A. (1998), *Expertiza științifică a operelor de artă, vol. I, Autentificarea, stabilirea paternității și evaluarea patrimonială*, Editura Universității „Al. I. Cuza” din Iași.

¹⁶ Sandu, I.; Dima, A.; Sandu, I.G. (2002), *Restaurarea și conservarea artefactelor metalice*, Editura Corson, Iași.

¹⁷ Sandu, I.; Popoiu, P.; van Saanen, A.; Sandu, I.C.A. (2001), *Aspecte metodologice privind conservarea științifică a patrimoniului cultural*, Editura Corson, Iași.

¹⁸ Lorusso, S.; Vandini, M.; Matteucci, C.; Tumidei, S.; Campanella, L. (2003), *Anamnesistorica ed indagine diagnostica del dipinto ad olio su tavola „Madonna con bambino e santi Girolamo e Caterina da Siena” attribuibile a Domenico Beccafumi (1486-1551)*, Quaderni di Scienza della Conservazione, pp. 47-68.

¹⁹ Sandu, I.; Tanasa, O.; Negru, I.C.; Lupascu, M.-M.; Vasilache, V.; Chirila, M. (2022), *Authentication of a Painting by Rene Magritte*, International Journal of Conservation Science, 13(SI 1), pp. 1445-1462.

expertize a unor metode și tehnici moderne de autentificare, datare și paternitate, precum și pentru stabilirea stării de conservare și a valorii patrimoniale prin cota de bursă sau de catalog.

În lucrare se prezintă perspectiva implicării practice a Inteligenței Artificiale (IA) asistată de metode analitice instrumentale, care *oferă prin datele obținute* sisteme probatorii inedite, ca de exemplu: identificarea de noi caracteristici arheometrice și chemometrice validate experimental, prin prelucrarea lor secvențială în vederea datării, prin încadrarea în perioadă și atribuirea autorului, școlii sau arealului geografic.

2. Implicații ale Inteligenței Artificiale în autentificarea operelor de artă

În cei peste 30 de ani de activitate în domeniul investigării științifice a operelor de artă, legat de expertiza de autentificare am abordat foarte multe demersuri privind protocolul analitic, în care pentru procesarea și explicitarea unor caracteristici arheometrice, chemometrice, altmetrice și istoriografice²⁰ am întâmpinat o serie de greutăți/dificultăți legate de vectorii de evoluție (antropometrică, vestimentație, peisagistică, arhitecturală, poziționare, iluminare naturală sau artificială, geometria desenului, profunzimea perspectivelor, tehnica artistică și modalitatea practică de realizare, elaborarea prin alegerea culorilor și a altor materiale de punere în operă etc.), de determinarea mediilor unor distribuții (porozitate, granulometrie, modificări structurale, abateri cromatice, contrageri și dilatări, migrarea substanței dintre straturile picturale și dintre acestea și depunerile de murdărie, mai ales cele cu ancrasare oxidativă, gradul de murdărire, gradul de alb, gradul de înnegrire, sistemul rețelelor de cracluri/profunzimea și caracteristicile microtopografice, ordonări stratigrafice și altele. În ultimii ani, la identificarea unor noi caracteristici arheometrice și în validarea experimentală a celor chemometrice, pe lângă prelucrarea statistică erau foarte importante cunoștințele de chimie analitică, legate de ponderea sau contribuția de participare a aceluiași element chimic la formarea mai multor congruenți (sisteme moleculare). De exemplu, tehnica SEM-EDX, coroborată cu alte tehnici multispectrale, necesită în interpretarea unor compoziții, prin procesarea cu ajutorul algoritmilor IA a erorilor experimentale rezultate la analiza elementală EDX (compoziția gravimetrică sau atomică), când se remarcă faptul că elementele chimice cu eroare cuprinsă între 0.5 și 1.0% aparțin unui singur congruent (compus chimic), pe când cele cu eroare mai mare decât 15%, mergând până la 45.0% le regăsim în mai mulți congruenți chimici. Când sunt efectuate determinări pe zone superficiale cu patine naturale suprapuse peste cele artificiale, la majoritatea artefactelor vechi, deoarece în aceste structuri sunt distribuții 3D statistice, pentru o serie mare de congruenți, este foarte anevoios să se identifice compusul chimic, în aceste cazuri se apelează la un specialist în IA.

²⁰ Humphrey, J.W.; Oleson, J.P.; Sherwood, A.N. (1998), *Greek and Roman Technology: A Sourcebook Annotated Translations of Greek and Latin Texts and Documents*, London and New York Routledge.

3. Autentificarea unui bust din bronz aparținând lui Renzo Colombo²¹

Această statuie, foarte bine cunoscută, devenind încă de la prezentarea ei la Salonul parizian de artă din 1885 o capodoperă a sculpturii italiene²², a determinat foarte multe ateliere de turnătorie să fabrice replici sau copii, cu aceleași dimensiuni sau diferite, prin aceeași tehnică a cerii pierdute²³, urmată de patinarea artificială de tip “florentină” (Fig. 1-4). Bustul are o serie de caracteristici, care îl apropie foarte mult de original^{24,25,26} (corpul statuii, poziția, vestimentația și pajura din fața bustului – Figura 1, alături de marcă – Figura 2 și înscrisuri – Figurile 3 și 4).

Trebuie să subliniem că rețeta de patinare artificială aplicată imediat după turnare și șlefuire nu este cunoscută în literatura de specialitate, fiind un secret al atelierului, fiind realizată în mai multe faze de execuție, cu formarea de pelicule multistrat, greu de analizat, și a rămas în anonimat atât din punct de vedere al compoziției, cât și din punct de vedere al punerii în operă. Se știe că avem de a face cu o patină “florentină” obținută prin cementare chimică la cald, după turnarea prin tehnica cerii pierdute, urmată de finisarea microbavurilor și a asperităților, peste care, în timp, se suprapune o patină naturală de vechime, ambele compuse dintr-o paletă largă de compuși ai elementelor de bază ale aliajului, sub forma unor filme suprapuse multistrat de tip ceram (oxizi, cloruri, sulfuri, carbonați, sulfați, fosfați, aluminosilicați etc.), cu rol estetic și de protecție climatică și mecanică, la care se însumează cele de contaminare rezultate din coroziune și din depunerile de murdărie în timp.

Dacă se discută compozițiile regăsite la nivelul suprafețelor acestui bust din bronz „renascentist” (recent autentificat în colectivul nostru), este foarte dificil în a identifica fiecare compus chimic, distribuția și rolul său în sistemul sumativ format la punerea în operă și în timpul etalării în colecție (Tabelul 1).

²¹ Lami, S. (1970), *Dictionnaire des Sculpteurs de L'École Française*, Au Dix-Neuvième Siècle, Vol. I.

²² Kjellberg, P. (1994), *Bronzes of the Nineteenth Century: Dictionary of Sculptors, Early edition*, Schiffer Publishing Ltd., ISBN: 0887406297, 9780887406294.

²³ Dumitrescu, E. (2010), *Artă și tehnologie: Sculptura în bronz – Despre turnarea formelor prin metoda cerii pierdute*, Editura UNARTE, București, pp. 93-98.

²⁴ Dame, C.C. (1948), *Metal Casting of Sculpture*, The Standard Arts Press, Butler, MD. USA.

²⁵ De Champeaux, A. (1886), *Dictionnaire des fondeurs, ciseleurs, modelleurs en bronze, et doreurs*, Vol. I, J. Rouam Editor, Paris, 357 p.

²⁶ Edilberto, F. (1999), *I grandi bronzi antichi – le fonderie e le tecniche di lavorazione dall'eta arcaica al Rinascimento*, Nuova Image Editrice.



Fig. 1. Imaginea bustului preluat sub iluminare gradual-descrescătoare:
a. față; b. profile. c. baza



Fig. 2. Marca nelizibilă și zona de marcare de pe umărul din dreapta



Fig. 3. Înscrișul autorului „R COLOMBO” și anul 1885 pe umărul din stânga, alături de poansonarea atelierului și locul de pe spatele umărului stâng



a



b

Fig. 4. Înscrișul pe o bandă circulară, pe rândul unu „NAPOLEON IER” urmat pe rândul doi, „1812 PAR COLOMBO”:
a. originalul, b. replică bine-conservată

Tabelul 1. Compoziția elementală (%) EDX, gravimetrică (Wt) și atomică (At) a probelor microprelevate neinvaziv de pe suprafața exterioară a statuiei

Proba	Elementul chimic	Spectrul de raze X	Wt(%)	Normal Wt(%)	Normal At(%)	Eroare (%)
S4 (zona 118, patina central sus)	Cupru	Seria - K	46.401	42.000	19.406	1.196
	Zinc	Seria - K	7.374	6.674	2.997	0.240
	Plumb	Seria - K	4.520	4.092	0.579	0.212
	Staniu	Seria - K	3.935	3.562	0.881	0.239
	Fier	Seria - K	0.539	0.488	0.256	0.052
	Calciu	Seria - K	0.105	0.095	0.069	0.034
	Sodiu	Seria - K	7.788	7.049	9.003	4.648
	Aluminiu	Seria - K	0.369	0.334	0.363	0.062
	Siliciu	Seria - K	0.334	0.302	0.316	0.054
	Carbon	Seria - K	4.958	4.487	10.970	2.337
	Sulf	Seria - K	0.940	0.851	0.779	0.093
	Clor	Seria - K	0.801	0.725	0.600	0.070
	Fosfor	Seria - K	0.070	0.064	0.060	0.036
	Oxigen	Seria - K	32.336	29.269	53.713	5.054
S10 (zona 128, șurub cu depunere în adâncitură filet, 100X)	Total		110.477	100	100	
	Cupru	Seria - K	2.064	2.362	0.893	0.188
	Zinc	Seria - K	5.231	4.012	1.517	0.315
	Staniu	Seria - K	6.710	5.146	1.072	0.904
	Plumb	Seria - K	8.639	6.626	0.791	0.591
	Fier	Seria - K	13.502	10.355	4.587	0.514
	Calciu	Seria - K	1.096	0.840	0.518	0.638
	Magneziu	Seria - K	1.171	0.898	0.914	0.190
	Bariu	Seria - K	12.315	9.445	1.701	0.528
	Aluminiu	Seria - K	4.649	3.565	3.269	0.378
	Siliciu	Seria - K	10.265	7.873	6.934	0.599
	Carbon	Seria - K	10.034	7.696	15.851	3.899
	Sulf	Seria - K	4.006	3.072	2.370	0.381
	Fosfor	Seria - K	0.458	0.351	0.281	0.087
	Oxigen	Seria - K	50.234	38.529	59.572	10.680
S11 (zona 129, depunere în adâncitură filet, 300X)	Total		130.374	100	100	
	Cupru	Seria - K	5.850	5.850	2.434	0.346
	Zinc	Seria - K	2.306	2.306	0.932	0.221
	Staniu	Seria - K	8.594	8.595	1.914	1.024
	Plumb	Seria - K	13.646	13.646	1.741	0.895
	Fier	Seria - K	3.577	3.577	1.693	0.235
	Calciu	Seria - K	3.774	3.774	2.490	1.202
	Potasiu	Seria - K	1.557	1.557	1.053	0.166
	Magneziu	Seria - K	1.445	1.445	1.572	0.203
	Aluminiu	Seria - K	4.000	4.000	3.920	0.327
	Siliciu	Seria - K	11.275	11.275	10.615	0.632
	Carbon	Seria - K	5.811	5.812	12.793	9.390
	Sulf	Seria - K	2.285	2.285	1.884	0.224
	Clor	Seria - K	1.408	1.408	1.050	0.170
	Fosfor	Seria - K	1.312	1.312	1.120	0.145
	Oxigen	Seria - K	33.150	33.151	54.783	17.017
	Total		99.998	100	100	

În acest caz s-a apelat la un soft specializat de procesare prin Inteligență Artificială (IA), pentru cele trei grupe de elemente chimice: cele ale *aliajului de bază* (Cu, Zn, Pb și Sn) scrise cu negru, apoi cele ale *patinei artificiale* inițiale suprapuse de *patina naturală de vechime* (Fe, Ca, Mg, Na, Ba, Al, Si, C, S, Cl și P) scrise cu albastru și separat *oxigenul* scris în roșu, deoarece îl regăsim în majoritatea congruenților atât ai patinei inițiale (artificială) suprapuse de cea naturală de vechime, cât și a depunerilor de murdărie ancrasată formate în timpul etalării sub influența *factorilor de microclimat* (îndeosebi: umiditatea, temperatura și lumina), *agenților chimici* (oxigenul atmosferic, dioxidul de carbon, alte anhidride acide, gudroane, uleiuri, stropi de salivă, murdărie de insecte și păsări etc.) și *microbiologici* (fungi, levuri etc.), alături de *praful și smogul atmosferic*.

Pentru proba S4, preluată de pe o zonă centrală, cu patină uniformă, eroarea de determinare o regăsim ridicată la oxigen, de peste 5.00%, la sodiu de cca. 4.65%, la carbon 2.34% și la cupru de cca. 1.2%, restul elementelor au erori sub 0,240%, până la 0.034% (când pe de o parte vorbim de un singur compus chimic stabil, dar cu o distribuție neuniformă sau foarte rar întâlnită). Deci, ultimele elemente chimice, cu erori sub 0,240%, formează un singur congruent, pe când carbonul se regăsește în compoziția a doi (S4), patru (S10) și chiar nouă (S11) congruenți, de tip carbonat, iar sodiul în patru congruenți de tip cloruri, sulfuri, sulfati și fosfați, în schimb oxigenul, în primul caz (S4) se regăsește sub formă de oxizi, carbonați, sulfati, fosfați, oxo- și hidroxocomplecși și aluminosilicați, în al doilea caz (S10), alături de ultimii, diversitatea compușilor crește și prin formarea de structuri alotrope, iar în cazul al treilea (S11) pe lângă cei prezentați anterior, îl vom regăsi în structurile superficiale ancrasate oxidativ și a celor sub formă de clustere, cu distribuții zonale neuniforme (este un caz de notorietate pentru o eroare așa de mare, aproape de neadmis de 17.0%, care este pusă pe seama unui număr foarte mare de compuși de tip oxidic, carbonați, sulfati, fosfați, hidroxocomplecși, oxosăruri atât pentru cele patru elementele de aliere (Cu, Zn, Pb și Sn), cât și a celor din patina artificială/naturală și de contaminare (aluminosilicați, carbonat și sulfat de calciu – praf de cretă și gips).

Procesarea acestor date cu ajutorul IA a permis stabilirea naturii chimice a componentelor structurali și distribuția lor 3D în secțiune transversală și planimetrică.

De asemenea, s-au procesat pentru o cuantificare sigură caracteristicile arheometrice (Tabelul 2) și cele chemometrice validate experimental, identificate prin Microscopie optică (OM) și stereomicroscopie (SMO) de înaltă rezoluție, coroborate cu microscopia electronică SEM-EDX și spectrometria ATR-FTIR.

Dintre caracteristicile arheometrice s-au studiat omogenitatea aliajului, rugozitatea suprafețelor inițiale sau rezultate la șlefuire, distribuția patinei de vechime și gradul de penetrare a acesteia în patina artificială inițială, extensia zonelor de eroziune prin manipulare și etalare/depozitare, morfologia cristalitelor/granulitelor de pe suprafața patinei de vechime, tipologia microcracurilor la nivelul celor două patine, diferențele privind vestimentația (forma și componentele sale) și a elementelor biometrice față de modelele cunoscute și

autentificate riguros (prin documente de deținere, donație, transfer etc. sau prin rapoarte de expertiză edificatoare).

Tabelul 2. Compoziția elementală a componentelor principali și cei de microaliere ale aliajului de bază, folosită în evaluare, ca rapoarte arheometrice validate prin analiza elementală EDX

Proba	Componentii principali ai aliajului			
	Cu (%)	Zn (%)	Sn (%)	Pb (%)
S1 (zona de la debitarea proaspătă, cu suprafață omogenă)	49.44*/25.00**	9.38*/4.60**	2.45*/0.66**	5.13*/0.79**
S2 (zona de la debitarea proaspătă, cu suprafața neomogenă)	54.28*/32.44**	4.43*/2.57**	3.28*/1.05**	10.54*/1.93**
S3 (zona de la debitarea proaspătă)	74.15*/76.87**	10.79*/10.87**	3.55*/2.00**	7.62*/2.42**
S4 (zona cu patina de vechime)	33.67*/12.92**	5.74*/2.14**	3.32*/0.68**	2.88*/0.34**

* - limita maximă de concentrație și ** - limita minimă de concentrație

Pentru artefacte metalice, încadrarea în perioada de punere în operă²⁷ (o caracteristică arheometrică) este cea realizată prin validarea rapoartelor de compoziție²⁸ a componentelor principali și a celor secundari (de microaliere) ai aliajului de bază.

Raportul chemometric cu evaluare aproximativă pentru S1 este Cu/Zn/Sn/Pb = 50/9/3/5, pentru S2 este Cu/Zn/Sn/Pb = 55/4/3/11, pentru S3 este Cu/Zn/Sn/Pb = 38/5/2/4, iar pentru S4 este Cu/Zn/Sn/Pb = 11/2/1/1, se apropie de compoziția bronzurilor din perioada modernă. Deplasările spre rapoarte arheometrice oarecum diferite sunt puse pe seama zonelor de prelevare, afectate de valori mult diferite ale parametrilor microclimatici.

²⁷ Sean, H. (2004), *The Horse and Jockey from Artemision: A Bronze Equestrian Monument of the Hellenistic Period*, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.

²⁸ Sandu, I.; Lupascu, E.; Sandu, I.C.A.; Ivashko, Y (2023), *Artefactometrical Assessment of Works of Art by Summing the Impact Grids of Altimetric Quantification*, Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies, 13(2), pp. 185-196. DOI: 10.21608/ejars.2021.210364.

4. Tablou în ulei atribuit epocii de aur a școlii flamande

O altă cazuistică ce a fost în atenția colectivului nostru este legată de demersul de autentificare a unui portret de bătrân²⁹ (Fig. 5), tabloul pictat în ulei pe suport de pânză cu șasiu, realizat în stil baroc, cu fond întunecat³⁰, datat 1650±5 ani, pe care au fost efectuate intervenții neadecvate de retușare prin repictare și revernisare (la nivelul anului 1980), ceea ce a condus la un prejudiciu major, prin care s-a micșorat foarte mult cota valorică (un scăzământ de circa 60%).

Și în acest caz, elementul chimic oxigen a fost prezentat tot în roșu (Tabelul 3) pentru a sublinia faptul că eroarea de determinare EDX este variabilă, cuprinsă între 8.858% (S1) și 46.634% (S2a). Mai mult, întrucât concentrația acestuia în comparație cu a celorlalte elemente din compoziție este mult mai mare, aspect pus de asemenea pe seama regăsirii lui în diverse compoziții ale unor materiale componente (compoziția atomică a mai multor congruenți chimici: pigmenți, liantul pe baza de ulei de in fiert, vernisul cu murdăria ancrasată oxidativ, preparația, suportul textil și șasiul din lemn).

Tabelul 3. Compoziția elementală (%) EDX, gravimetrică (Wt) și atomică (At) a probelor microprelevate neinvaziv din stratul pictural în zona craclurilor mobile

Proba	Elementul chimic	Spectrul de raze X	Wt (%)	Normal Wt (%)	Normal At (%)	Eroare (%)
S1 (zona cu pigment alb)	Plumb	Seria - K	37.249	33.065	3.483	0.968
	Zinc	Seria - K	0.855	0.759	0.253	0.055
	Aluminiu	Seria - K	0.559	0.497	0.402	0.063
	Carbon	Seria - K	17.723	15.732	28.588	2.594
	Sulf	Seria - K	1.423	1.264	0.860	0.163
	Oxigen	Seria - K	54.845	48.684	66.414	8.858
	Total		112.654	100	100	
S2a (zona spre structura stratigrafică)	Bariu	Seria - K	1.063	1.249	0.449	0.082
	Carbon	Seria - K	15.517	18.231	26.123	2.326
	Calciu	Seria - K	3.639	4.275	1.836	0.164
	Sulf	Seria - K	2.591	3.044	1.634	0.150
	Fosfor	Seria - K	1.687	1.982	1.101	0.123
	Siliciu	Seria - K	2.327	2.734	1.675	0.163
	Aluminiu	Seria - K	2.656	3.120	1.990	0.200
	Sodiu	Seria - K	6.790	7.978	5.972	0.580
	Potasiu	Seria - K	0.724	0.851	0.375	0.068
	Magneziu	Seria - K	2.782	3.269	2.315	0.241
	Fier	Seria - K	0.853	1.002	0.309	0.084
	Oxigen	Seria - K	44.486	52.265	56.221	46.634
	Total		85.115	100	100	

²⁹ Silva, D. (2010), The Rembrandt Affair. The Library of Congress Catalog Record, ISBN 9780399156588, Editura G.P. Putnam's Sons (US).

³⁰ Strauss, W.L.; van der Meulen, M., (1979), The Rembrandt Documents, New York, 320, doc. no. 1654/15; Dudok van Heel in Josua Bruyn (1991) Rembrandt's Workshop: Its Function and Production, Berlin.

Proba	Elementul chimic	Spectrul de raze X	Wt (%)	Normal Wt (%)	Normal At (%)	Eroare (%)
S2b (zona spre centrul probei)	Plumb	Seria - K	7.640	7.640	0.654	0.269
	Bariu	Seria - K	4.005	4.005	0.517	0.151
	Carbon	Seria - K	14.578	14.578	21.536	6.108
	Calciu	Seria - K	3.297	3.297	1.460	0.132
	Sulf	Seria - K	1.549	1.549	0.857	0.129
	Siliciu	Seria - K	0.760	0.760	0.480	0.069
	Aluminiu	Seria - K	0.557	0.557	0.366	0.064
	Potasiu	Seria - K	0.244	0.244	0.111	0.039
	Magneziu	Seria - K	1.836	1.836	1.340	0.150
	Oxigen	Seria - K	65.532	65.554	73.659	22.166
		Total	99.978	100	100	

Elementele de bază care se regăsesc, în principal, la preparare și într-o serie de materiale picturale, suportul textil și șasiul din lemn au fost marcate în albastru, iar în verde sunt elementele pe care le regăsim în pigmenți de pământ. Aluminiu și siliciu care se regăsesc în structurile de murdărie ancrasată oxidativ, provenite din praful atmosferic, dar și în unii pigmenți (culori de pământ) sunt prezentate în negru.



a



b

Fig. 5. Portret de bătrân: a. față; b. verso

De remarcat este faptul că plumbul și bariul, alături de carbon și sulf, evidențiază că s-a utilizat ca pigment albul de plumb (ceruza), iar ca preparare alb de bariu (BaSO_4) și ipsos (CaSO_4). Acești pigmenți îi regăsim la realizarea nuanțelor de alb, respectiv în diluția altor culori, dar și în preparare, aspect des întâlnit la o serie de picturi flamande. Alături de cei trei pigmenți, conform compozițiilor se identifică pigmenți pe bază de pământuri colorate, ultramarin, ocru de fer, sienă și roșu de plumb.

Culorile analizate, împreună cu lacul de protecție (inițial rășină Damar, iar la ultima intervenție colofoniu alb) au arătat o cromatică difuză cu stabilitate

microstructurală oferită de pelicula de murdărie ancrasată oxidativ, care a penetrat în vernisul original (rășina Damar).

În baza compoziției acestor elemente, folosind experiența colectivului³¹, s-au identificat caracteristicile arheometrice și cele chemometrice evolutive în timp, care au fost validate prin studii anterioare^{32,33}.

Astfel, în tabelul 4 se prezintă o serie dintre caracteristicile arheometrice determinate din microfotografiile OM și SEM, cum ar fi: mărimea granulelor componentelor chimici ai straturilor picturale, a porozității pigmentilor, mai ales a celor de alb și a materialelor de umplutură din preparație, dar și tipologia craclurilor (dispunerea rețelelor și morfologia lor, adâncimea de penetrare a murdăriei ancrasate oxidativ, respectiv a porozității acesteia. În aceste evaluări au fost selectate zone cu secțiuni stratigrafică, de margine în fractal doar a acelor probe prelevate din cracluri mobile.

Cu ajutorul microscopului optic și a stereomicroscopului pentru magnitudini adecvate s-au analizat, din punct de vedere micro-structural, următoarele caracteristici:

- modul și gradul de elaborare a culorilor la realizarea picturii, când se analizează gradual (secvențial) sistemul clasic suport – preparație – desen – culoare – vernis;
- sistemele sumative ale stratului policrom (pigment + liant + vernis + murdărie ancrasată) și ale preparației (material de umplutură și liant) cu dispunerea lor stratigrafică, ce corespunde tehnicii în strat subțire, folosind pensonul mic, lat din fire de păr de porc și cel cu vârf subțire, sub forma de condei din păr de veverița sau pisică (ultimul pentru realizarea detaliilor anatomice ale feței și ale gulerului dantelat);
- dispunerea și penetrarea zonelor de murdărie ancrasată cu referire la lacul de protecție și respectiv la pigmentii culorilor de ulei (statistic, cu adâncimea variind între 100 și 150 μm);
- dispunerea și gradul de penetrare stratigrafică a rețelelor de cracluri și a zonelor lacunare, ultimele provenite din pierderi de material la ridicările în acoperiș ale stratului de culoare și ale preparației (rețele de cracluri specifice picturilor medievale din Țările de Jos, cu adâncimea variind între 500 și 800 μm);
- domeniul de variație a grosimii craclurilor și extensia liniilor de forță (deschiderea craclurii variind între 500 și 800 μm, adâncimea craclurii variind

³¹ Tanasa, P. O.; Sandu, I.; Vasilache, V.; Sandu, I.G.; Negru, I.C.; Sandu, A.V. (2020), *Authentication of a Painting by Nicolae Grigorescu Using Modern Multi-Analytical Methods*, Applied Sciences-Basel, 10(10), Article Number: 3558. DOI: 10.3390/app10103558.

³² Dupuis, G.; Menu, M. (2006), *Quantitative characterisation of pigment mixtures used in art by fibre-optics diffuse-reflectance spectroscopy*, Applied Physics A-Materials Science & Processing, 83(4), pp. 469-474.

³³ La Nasa, J.; Doherty, B.; Rosi, F.; Braccini, C.; Broers, F.T.H.; Degano, I.; Matinero, J.M.; Miliani, C.; Modugno, F.; Sabatini, F.; Sandu, I.C.A.; Cartechini, L. (2021), *An integrated analytical study of crayons from the original art materials collection of the MUNCH museum in Oslo*, Scientific Reports, 11(1), Article Number: 7152, DOI: 10.1038/s41598-021-86031-6.

- între 300 și 450 μm , lungimea laturii unei craclurii pe un vector de forță din rețea (latura mozaicului rețelei) variind de la 1000 până la 2500 μm);
- adâncimea penetrării caracteristicilor arheometrice (gradul de pătrundere a porozității în faza de volum a materialelor analizate, variind între 1.0 și 2.5 μm);
 - morfologia suprafețelor picturale, cu evidențierea irizațiilor/alveolarilor, texturii și microtopografiilor;
 - forma și dispunerea granulelor de pigment și a preparației, respectiv evaluarea lor granulometrică (între 10 și 30 μm).
- Dintre caracteristicile arheometrice, provenite din cele chemometrice, validate experimental, amintim: rapoartele C/S, Ca/Ba, Pb/Ba, Si/Al și Zn/Pb, care vor fi prezentate la urma raportului.

Tabelul 4. Caracteristicile chemometrice (C.C.) ale zonelor analizate

Proba	Caracteristici chemometrice				
	S/C*	Ca/Ba*	Pb/Ba*	Si/Al**	Zn/Pb**
S1 (zona cu pigment alb)	0.017	2.742	3.339	1.182	0.002
S2a (zona spre structura stratigrafică)	0.062	4.089	-	0.841	-
S2b (zona spre centrul probei)	0.039	2.823	1.264	1.311	-
S3a (zona spre preparație)	0.016	3.495	1.988	1.093	-
S3b (zona spre centrul probei)	0.031	2.632	-	0.745	-
S4 (zona de pe fața probei, cu material pictural, preparație și murdărie ancrasată)	0.054	1.682	-	1.010	0.011
S5 (zona de pe versoul probei, cu preparație și urme de material pictural)	0.033	3.781	2.351	0.640	-
S6a (zona de pe fața probei, cu material pictural, preparație și murdărie ancrasată)	0.010	6.531	2.614	1.626	0.002
S6b (zona de pe versoul probei, cu preparație și urme de material pictural)	0.041	2.921	1.483	1.795	-
S7 (zona cu material textil)	0.009	4.595	3.488	0.898	-
S8 (zona I, de pe sașiu cu lemn patinat)	0.009	-	-	0.638	-

Proba	Caracteristici chemometrice				
	S/C*	Ca/Ba*	Pb/Ba*	Si/Al**	Zn/Pb**
S9 (zona a II-a, de pe sașiu cu lemn, având urme de preparație)	0.259	7.015	-	0.696	

*Caracteristici chemometrice valide; **Caracteristici parțial valide

Dintre caracteristicile arheometrice, cum ar fi: *gradient de porozitate privind pătrunderea de la suprafața în faza de volum a culorii albe și pătrunderea murdăriei oxidative în profunzimea structurală a suprafețelor* au fost evaluate, încadrându-se ca valoare în domeniul unei vechimi de cca. 365 de ani. Acestea au fost puse în acord cu caracteristicile chemometrice care au necesitat validare experimentală, cum ar fi *raporturile atomice elementale: C/S, Ca/Ba, Pb/Ba, Si/Al și Zn/Pb*, care plasează pictura în perioada de execuție în jurul anului 1655-1660.

Datele din tabelul 3 arată o bună corelație între caracteristicile arheometrice evidențiate în probele de alb (ceruza), murdărie ancrasată și preparația (gradientul de porozitate privind pătrunderea de la suprafață în faza de volum a culorii de alb și a preparației variind între 1.0 și 2.5 μm , respectiv pătrunderea structurii superficiale de murdărie ancrasată oxidativ la nivelul adâncimii vernisului între 0.5 și 1.2 μm) și cele chemometrice (din coloanele 2-5, Tabelul 3).

Caracteristicile arheometrice corespund unui interval de circa 365 de ani (gradientul de evoluție a grosimii craclurilor fiind de circa 0.0014 – 0.0019 $\mu\text{m}/\text{an}$, mărimea porozității pigmentilor 0.5×10^{-5} – 1.1×10^{-5} $\mu\text{m}/\text{an}$ (considerând ca tabloul ar fi fost păstrat în condiții constante de conservare).

Caracteristica arheometrică legată de creșterea porozității materialului pictural și a preparației (atât de pe față, cât și de pe versoul picturii), ca urmare a fragilizării liantului prin pătrunderea CO_2 în prezența umidității higroscopice (procesul de carbonatare), dată de rapoartele C/S, Ca/Ba, Pb/Ba, Zn/Pb, exceptând pe ultimul, prezintă de asemenea o rată de evoluție în limita de circa 365 de ani. Valoarea C/S scade de circa 27 de ori, comparativ cu referința (probele albastre și verzi). Pentru rapoartele Pb/Ba valorile scad de aproximativ 2 ori, respectiv cresc de 5 ori față de aceeași referințe (probele de ceruză, sulfat de bariu și ghips).

5. Concluzii

Practica a demonstrat că există bunuri de patrimoniu pentru autentificarea cărora nu se cunosc încă metode viabile, de înaltă rezoluție. Din acest motiv, domeniul este unul deschis, de actualitate, și în același timp foarte complex. O rezolvare deosebită o reprezintă implicarea Inteligenței Artificiale, prin softuri specializate, care reunesc specialiști din acest domeniu, cu cei care folosesc metode și tehnici multispectrale de înaltă rezoluție care să permită identificarea și procesarea unor noi caracteristici arheometrice și a celor chemometrice, validate experimental în sens arheometric.

Întrucât cercetarea de față abordează expertiza de autentificare, este prezentată o analiză detaliată a două artefacte, total diferite: un bust din bronz de la 1885 și un tablou în ulei pe suport de pânză de in, realizat în stil baroc, cu fond întunecat, datat 1650 ± 5 ani, pe care au fost efectuate intervenții neadecvate de retușare prin repictare și revernisare (la nivelul anul 1980), ceea ce a condus la un prejudiciu major, prin care s-a micșorat foarte mult cota valorică (un scăzământ de circa 60%).

Ambele artefacte au ridicat în evaluare multe aspecte legate de selectarea unor metode moderne de determinare experimentală a caracteristicilor analitice, care au necesitat coabitarea și coroborarea între tehnici interdisciplinare în vederea obținerii de date pe baza cărora s-au identificat și procesat arheometric și chemometric în vederea autentificării cu ajutorul unui soft specializat AI.

Rezultatele tuturor analizelor implicate în expertiza de autentificare trebuie: să evidențieze elementele și funcțiile patrimoniale ale obiectului investigat; să demonstreze dacă opera este originală; să stabilească atribuirea (față de autor, școală, areal geografic); să constate existența intervențiilor anterioare sau ulterioare punerii în operă; să stabilească dacă starea de conservare (inclusiv calitatea patinei și a vernisurilor) permite clasarea, etalarea, transferul sau vânzarea.

Expertizele de autentificare pot fi implicate atât în domeniul evaluării bunurilor de patrimoniu, fie ca mijloace de probă în domeniul criminalistic. În ambele cazuri, rezolvarea obiectivelor expertizelor de autentificare necesită cunoștințe interdisciplinare. Pe lângă interdisciplinaritate, cercetările în acest domeniu au unele particularități legate de: specificul materialelor utilizate, tehnici artistice vechi și tradiționale, tehnologii de punere în operă din țări diferite.

Rolul expertizelor de autentificare este de necontestat, deoarece pe lângă informații legate de originalitate, unicitate și de atribuire, putem obține o serie de date privind starea de conservare sau natura materialelor, tehnica artistică și tehnologia de punere în operă, ce permit realizarea studiilor de compatibilitate și selectarea sistemelor de intervenție în prezervarea activă (tratamente) sau în restaurare (consolidări, stabilizări, reintegrări etc.).

Autentificarea unei opere de artă nu înseamnă doar datarea și stabilirea autorului/atelierului/școlii, ci cu mult mai mult: determinarea traseului de la punerea în operă la colecție/muzeu, cu toate contextele sale istorice și evoluția structural-funcțională/starea fizică, estetică și de concepție, alături de o serie de attribute legate de aria de punere în operă și cea de utilizare, de apartenență (proprietar/custode/galerie/muzeu), itinerarii, valoarea patrimonială etc.

În colecțiile de stat, dar mai ales în cele private, există opere de artă sau artefacte arheologice cu autenticitate incertă.

În prezent, în activitatea complexă de autentificare a operelor de artă, istoricul sau criticul de artă, așa-zisul expert tradițional, este neputincios fără o colaborare cu experți tehnico-științifici din domenii conexe (chimie, fizică, biologie, geologie, arheologie, antropologie etc.). Cu toate acestea, autentificarea rămâne încă un demers complex, laborios, ce implică colaborarea interdisciplinară dintre

istorici, critici de artă și experți din diferite domenii enumerate mai sus, în special chimie, fizică, biologie etc.

Referințe

- Dame, C. C. (1948), *Metal Casting of Sculpture*, The Standard Arts Press, Butler, MD. USA
- De Champeaux, A. (1886), *Dictionnaire des fondeurs, ciseleurs, modelleurs en bronze, et doreurs*, Vol. I, J. Rouam Editor, Paris, 357p.
- Dumitrescu, E. (2010), *Artă si tehnologie: Sculptura în bronz – Despre turnarea formelor prin metoda cerii pierdute*, Editura UNARTE, București, pp. 93-98.
- Dupuis, G.; Menu, M. (2006), *Quantitative characterisation of pigment mixtures used in art by fibre-optics diffuse-reflectance spectroscopy*, *Applied Physics A-Materials Science & Processing*, 83(4), pp. 469-474.
- Edilberto, F. (1999), *I grandi bronzi antichi – le fonderie e le tecniche di lavorazione dall'eta arcaica al Rinascimento*, Nuova Imagine Editrice.
- Humphrey, J.W.; Oleson, J.P.; Sherwood, A.N. (1998), *Greek and Roman Technology: A Sourcebook Annotated Translations of Greek and Latin Texts and Documents*, London and New York Routledge.
- Kjellberg, P. (1994), *Bronzes of the Nineteenth Century: Dictionary of Sculptors*, Early edition, Schiffer Publishing Ltd., ISBN: 0887406297, 9780887406294, 684 p. (a se vedea pagina 220).
- Lami, S. (1970), *Dictionnaire des Sculpteurs de L'École Française, Au Dix-Neuvième Siècle*, Vol I, p. 85.
- La Nasa, J.; Doherty, B.; Rosi, F.; Braccini, C.; Broers, F.T.H.; Degano, I.; Matinero, J.M.; Miliani, C.; Modugno, F.; Sabatini, F.; Sandu, I.C.A.; Cartechini, L. (2021), *An integrated analytical study of crayons from the original art materials collection of the MUNCH museum in Oslo*, *Scientific Reports*, 11(1), Article Number: 7152, DOI: 10.1038/s41598-021-86031-6.
- Lorusso, S.; Vandini, M.; Matteucci, C.; Tumidei, S.; Campanella, L. (2003), *Anamnesistorica ed indaginediagnostica del dipinto ad olio su tavola "Madonna con bambino e santi Girolamo e Caterina da Siena" attribuibile a Domenico Beccafumi (1486- 1551)*, *Quaderni di Scienza della Conservazione*, pp. 47-68.
- Macchia, A.; Aureli, H.; Colasanti, I.A.; Rivaroli, L.; Tarquini, O.; Sabatini, M.; Dattanasio, M.; Pantoja Munoz, L.; Colapietro, M.; La Russa, M.F. (2012), *In Situ Diagnostic Analysis of the Second Half of XVIII Century "Morte Di Sant'orsola" Panel Painting Coming from Chiesa Dei Santi Leonardo E Erasmo Roccagorga (Lt, Italy)*, *International Journal of Conservation Science*, 12(4), pp. 1377-1390.
- Matei, G. (2019), *Investigarea criminalistică a infracțiunilor privind operele de artă și artefactele arheologice*, Editura Univers Juridic, București.
- Sandu, I. (2022), *Modern Aspects Regarding the Conservation of Cultural Heritage Artifacts*, *International Journal of Conservation Science*, 13(4), pp. 1187-1208.
- Sandu, I. (2023), *New Materials and Advanced Procedures of Conservation Ancient Artifacts*, *Applied Sciences-Basel*, 13(14), Article Number: 8387, <https://doi.org/10.3390/app13148387>.
- Sandu, I.; Cotiuga, V. (2011), *Cercetarea criminalistică a bunurilor de patrimoniu și a documentelor falsificate*, Editura AIT Laboratory, București.
- Sandu, I.; Dima, A.; Sandu, I.G. (2002), *Restaurarea și conservarea artefactelor metalice*, Editura Corson, Iași.
- Sandu, I.; Lupascu, E.; Sandu, I.C.A.; Ivashko, Y (2023), *.Artefactometrical Assessment of Works of Art by Summing the Impact Grids of Altmetric Quantification*, *Egyptian*

- Journal of Archaeological and Restoration Studies, 13(2), pp. 185-196. DOI: 10.21608/ejars.2021.210364.
- Sandu, I.; Popoiu, P.; van Saanen, A.; Sandu, I.C.A. (2001), *Aspecte metodologice privind conservarea științifică a patrimoniului cultural*, Editura Corson, Iași.
- Sandu, I.; Tanasa, O.; Negru, I.C.; Lupascu, M.-M.; Vasilache, V.; Chirila, M. (2022), *Authentication of a Painting by Rene Magritte*, International Journal of Conservation Science, 13(SI 1), pp. 1445-1462.
- Sandu, I.; van Saanen, A.; Sandu, I.C.A. (1998), *Expertiza științifică a operelor de artă*, vol. I, Autentificarea, stabilirea paternității și evaluarea patrimonială, Editura Universității „Al. I. Cuza” Iași.
- Sean, H. (2004), *The Horse and Jockey from Artemision: A Bronze Equestrian Monument of the Hellenistic Period*, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- Silva, D. (2010), *The Rembrandt Affair*. The Library of Congress Catalog Record, ISBN 9780399156588, Editura G.P. Putnam's Sons (US).
- Strauss, W.L.; van der Meulen, M., (1979), *The Rembrandt Documents*, New York, 320, doc. no. 1654/15; Dudok van Heel in Josua Bruyn (1991) *Rembrandt's Workshop: Its Function and Production*, Berlin.
- Tanasa, P.O.; Sandu, I.; Vasilache, V.; Sandu, I.G.; Negru, I.C.; Sandu, A.V. (2020), *Authentication of a Painting by Nicolae Grigorescu Using Modern Multi-Analytical Methods*, Applied Sciences-Basel, 10(10), Article Number: 3558. DOI: 10.3390/app10103558.