

A mesterséges intelligencia lehetőségei és korlátai a műtárgy-rekonstrukció területén

Töredékes és hiányos festett felületek virtuális kiegészítése mesterséges intelligencia segítségével és digitális rajzolás útján

Bakonyi Tímea

15

A 2022-es év során a nagyközönség számára is elérhetővé váltak a világhálón¹ azok a mesterséges intelligencián alapuló képalkotó algoritmusok, melyek szöveges instrukciók alapján képesek különféle stílusú illusztrációkkal megjeleníteni fantáziánk világát. Elsősorban a grafika, képszerkesztés területén hoznak forradalmi változásokat ezek a könnyen kezelhető, többségében webes alkalmazások. Az újítások azonban a restaurálásra, illetve a műtárgyak valós vagy digitális kiegészítésére is hatással lesznek. Több olyan nemzetközi projekt is zajlik, vagy már lezárult, melyekben a kutatók kifejezetten műalkotásokra vagy célzottan egy-egy alkotóra specializált MI² segítségével dolgoznak. A 2017-es REVIGO program (REassessing VIncent van GOgh) során Van Gogh színívaltozáson átesett festményeit és rajzait vizsgálták. A művész által alkalmazott festékretegeket, pigmenteket nagyműszeres vizsgálatok alá vetették. Mesterséges intelligencia segítségével vették igénybe a festményekről készült digitális rekonstrukciókhoz, melyek az alkotások eredeti színvilágát igyekeznek visszaidézni.³ A 2019-ben indult, számos tudományos területet átfogó kutatás keretein belül Rembrandt *Éjjeli őrjárat* (1642) című festményét a szakemberek mesterséges intelligencia segítségével egészítették ki. A projekt során a vászonképről nagy felbontásban szkennelést végeztek. Így az AI át tudta venni a festő stílusát és színeit, majd Gerrit Lundens 17. századi holland festő korabeli másolata alapján Rembrandt technikájának megfelelően megalkotta a hiányzó részleteket. Ezeket a Rijksmuseum nyomtatott formában a műtárgy mellett elhelyezve állította ki.⁴ Az úgynevezett Enigma projektben Gustav Klimt *Fakultásképeinek* (1900–1907) digitális rekonstrukcióit készítették el, mivel a festmények a második világháború során elvesztek, megsemmisültek. Archív felvételeken maradtak csak ráncok, melyeket mesterséges intelligencia segítségével a szakemberek újraszíneztek. Az MI tudásbázisát, mellyel a színvariációkat elkészíthette, Klimt fennmaradt festményei alkották.⁵

- 1 Például 2022 júliusa: DALL-E: <https://openai.com/index/dall-e-2>, 2022 júliusa: Midjourney: <https://www.midjourney.com/home>, 2022 decembere: Leonardo.Ai: <https://leonardo.ai/>.
- 2 Az angol *artificial intelligence* kifejezés magyarul mesterséges intelligenciát jelent. Utóbbit MI-ként szokás rövidíteni.
- 3 <https://www.vangoghmuseum.nl/en/about/knowledge-and-research/completed-research-projects/revigo>.
- 4 <https://www.rijksmuseum.nl/en/stories/operation-night-watch?filter=The%20missing%20pieces>.
- 5 <https://artsandculture.google.com/story/the-klimt-color-enigma/SQWxuZfE5ki3mQ?hl=en>.

Azokat a mesterséges intelligenciákat, melyeket a különböző informatikai cégek kreatív vagy grafikai célokra fejlesztettek, az általános vizuális formakincssel tanították be, nem kifejezetten azokkal az analógiákkal, amelyeket egy-egy műtárgy kiegészítése kapcsán használnánk. Így ezek az MI-k a restaurátori szakma területén bizonyos korlátokkal rendelkeznek, azonban birtokában vannak az alapvető anatómiai és perspektivikus ismereteknek, emellett rendkívüli előnyük az, hogy ma már bárki számára elérhetőek akár ingyenesen is. Alkalmazásukra remek példát szolgáltat horvát restaurátorok 2020-ban publikált tanulmánya.⁶ A szakemberek beszámoltak arról, hogy egy súlyosan megrongált kegykép kiegészítéséhez szürkeárnyaltos archív felvételt módosítottak képszínezésre alkalmas, különféle fejlesztésű algoritmusokkal, hogy az így kapott előképek segítségükre legyenek a rekonstrukció megfestésében.

A mesterséges intelligencia nemcsak átszínez meglévő felvételeket, hanem egy adott fotó kiválasztott részletét is módosíthatjuk vele, ennél fogva műtárgyak hiányainak digitális kiegészítésére is alkalmas lehet. 2022-es tanulmányukban spanyol restaurátorok kísérleteztek a DALL-E2 (OpenAI) képalkotó mesterséges intelligenciával.⁷ Munkájuk során töredékes vagy digitális utómunkával hiányossá tett antik mozaikok felvételeit egészítették ki annak érdekében, hogy megismerjék, az MI milyen lehetőségeket tartogat a műtárgy-rekonstrukciók területén.

A képalkotó mesterséges intelligenciák ugyan még fejlesztési fázisukat élik, azonban a külföldi szakemberekhez hasonlóan fontosnak tartom már ebben a korai szakaszban is feltérképezni azt, hogy a sérült, töredékes műalkotások kiegészítésében miként nyújthatnak segítséget.

A kísérleteimhez két műtárgyat választottam ki, melyek jelentős hiányokkal rendelkeznek.⁸ Az egyik egy Dunaföldváról származó, 18–19. századi festmény, melyet korábban dublírvaszonként használtak, így a kép felülete rendkívül töredékessé vált. A festménynek a legépebben fennmaradt részletét, egy címer ábrázolását választottam ki a próbákhoz (1a–b kép). A másik műtárgy Schöffl József Károly (1776–1851) nagyköényesi *Magyarok Nagyasszonya* oltárképe (2a–b kép), melyen a Szűzanya előtt térdeplő angyal arcának hiányzó formáiról készítettem digitális kiegészítéseket. A két festmény között az alapvető különbség abban tapasztalható, hogy az oltárkép még ma is szakrális funkciót tölt be a templomtérben,⁹ így a festmény az esztétikai egység érdekében nemcsak digitális,

6 Šustić–Režić–Cvetković 2020, 247–257. A vrlikai *Rózsafüzér királynője* 18. századi olajfestményt a délszláv háború idején, 1992-ben súlyosan megrongálták: a vászon középső részét (melyen Mária és a Gyermeke szerepelt) kivágták és elvitték. A festményt az azt övező kultusz okán a hiány mértéke és súlyossága ellenére kiegészítették egy 1987-ben készült archív felvétel alapján.

7 Moral-Andrés–Merino-Gómez–Reviriego–Lombardi 2023, 24.

8 Mindkét festményen Korhecz Papp Zsuzsanna végzett részleges vagy teljes restaurátori beavatkozást, a felvételeket is ő bocsátotta rendelkezésemre. A dunaföldvári töredékre egy másik műtárgy restaurálása kapcsán bukkant rá Korhecz Papp Zsuzsanna, a Szabadkai Városi Múzeum festő-restaurátora. A vászonkép leltári állományba vétel nélkül várja a múzeumban, hogy történeti értékét felfedezzék, és a jövőben valamilyen formában esztétikai kiegészítésre kerüljön.

9 Havas Boldogasszony-templom, Nagyköényes, Heves vármegye.



a)



b)

1. kép. A Dunaföldváról származó festmény a) töredékes, szennyezett képoldala, b) a festmény legépebb részlete, a címerábrázolás

Fig. 1. The painting from Dunaföldvár, a) fragmentary, contaminated painted surface of the canvas, b) the least damaged part of the painting with the depiction of the coat of arms

hanem tényleges kiegészítésre került. Ezzel szemben a címerkép elsősorban történeti jelentőséggel bír, valós kiretusálása nem elsődleges cél. Ugyanakkor a digitális rekonstrukciónak mindkét esetben létjogosultsága van. Segítségével a nem szakmai szemek, múzeumlátogatók számára is bemutatathatjuk a dunaföldvári műtárgy egykori esztétikai teljességét. Egy restaurálásra kerülő oltárkép esetében pedig még a műtárgy kiegészítése előtt modellezhetünk retuspróbákat,¹⁰ vagy a már elkészült kiegészítés mellett digitálisan is bemutatathatunk másfajta, meg nem valósult rekonstrukciós lehetőségeket.

¹⁰ Az esztétikai kiegészítés modellezésére a külföldi szakirodalom számos példával szolgál. Ezek egyike Dominic Serres (1722–1793) greenwichi tengerészeti múzeumban őrzött, csatajelenetet ábrázoló vászonnképének (*Geriah elfoglalása*, 1756) restaurálása. A képen szereplő hiányos hajó rekonstruálásakor a történeti hűség játszotta a legfontosabb szerepet, ezért a kiegészítés előtt felkutattak olyan korabeli hajómaketteket, melyek analógia-ként szolgálhatnak restauráláskor. A kiválasztott modell felvételét digitálisan beillesztették a festmény fotóján a hiányhelyre. Az elkészült és a zsűri által jóváhagyott digitális előkép alapján került sor a műtárgy kiegészítésére. Maisey 2015, 191–198.



a)



b)

2. kép. Schöfft József nagykökenyesi *Magyarok Nagyasszonya* oltárképe a) feltárt állapotban, b) a restaurálást követően
Fig. 2. The *Patrona Hungariae* altarpiece from Nagykökenyes by Joseph Karl Schöfft a) after the removal of the varnish layers and overpaintings, b) after conservation

A felhasznált módszerek, programok és eszközök bemutatása

Rekonstrukciós próbáim során a kiválasztott műtárgyakról a kiegészítéseket elkészítettem manuálisan, digitális rajztáblával, valamint a hiányokat virtuálisan pótoltam MI segítségével is. Így az emberi képességek és látásmód, valamint a gépi megoldás különbségei érzékeltesen összehasonlíthatóvá váltak.

A rekonstrukciós rajzokat Adobe Photoshop programban Wacom digitális táblával készítettem,¹¹ amely nyomásérzékeny. Ez utóbbi tulajdonság arra utal, hogy az eszköz képes követni azt, ahogy a tollával erősebben vagy finomabban rajzolunk a táblájára.

11 A képernyő, amely előtt dolgoztam, Samsung LED PLS monitor, melynél az utóbbi tulajdonság a jó színvisz-szaadó képességet jelzi. A projekt során a digitális rekonstrukciókat asztali számítógépen készítettem, amely hatmagos, tizenkét szálas, 3,8 GHz-es órajellel működő processzorral és 6 GB-os grafikus kártyával rendelkezik.

A mozdulataink erősségétől függhet tehát a rajzolt vonal intenzitása és vastagsága. Így modellezhető megfelelően az a jelenség, ahogy egy valódi ecset kezdetben még több festéket hord fel a felületre, majd később egyre fogy a szálai közül az anyag.

A képkalkító mesterséges intelligenciák közül a spanyol mozaikos kísérlettel ellentétben nem a DALL-E2 képgenerátort, hanem az Adobe Photoshop szoftver *Generatív kitöltés* funkcióját használtam.¹² Jelenleg ezt a programot tartom legalkalmasabbnak restaurátori célokra.¹³ A termék jogtisztza felvételek segítségével dolgozik,¹⁴ generatív funkciója pedig csak a kijelölt területen alkot új részleteket, az eredeti képfelületet érintetlenül hagyja,¹⁵ és az általunk generáltatott képek nem kerülhetnek további felhasználásra.¹⁶ Az Adobe 2023 májusában kezdte forgalmazni a Photoshop Beta verzióját, melybe olyan mesterséges intelligenciát integráltak, amely a szerkesztendő fotó kijelölt részeit szöveges utasításunkra¹⁷ vagy szöveges parancs nélkül automatikusan kitölti. Ezt a funkciót nevezték el *Generatív kitöltésnek* (*Generative Fill*), amely a korábban meglévő eszközhöz, a *Tartalomérzékeny kitöltéshez* (*Content Aware Fill*) képest hatalmas ugrást jelent, hiszen az új eszköz már saját maga is képes létrehozni különféle formákat, nem csak színeket, felületeket és tónusokat készít, mint elődje. Ezáltal festményeken látható formai hiányok is – mint például egy csendélet vagy tájkép részlete, egy-egy arc sérülése – kiegészíthetővé váltak.

A Photoshop Beta generatív funkciójával létrehozott alkotásokat (restaurátori szempontból rekonstrukciókat) nem lehetett kereskedelmi forgalomba hozni. 2023 szeptemberétől, a Photoshop CC 25.0 verziójának megjelenésétől kezdve – melyben már szerepel a *Generatív kitöltés* – már szabadon, nem kizárólag tudományos célzattal készíthetünk digitális rekonstrukciókat a megrendelők számára ezzel a szoftverrel.

Schöffl József oltárképrészletének digitális rekonstrukciója

Schöffl József nagykökenyesi oltárképe egyike *A pesti Schöffl festőművész család* című szabadkai nemzetközi kiállítás kapcsán restaurált festményeknek. Az erőteljesen átfestett kép a feltárást követően visszanyerte eredeti formavilágát és kvalitását, ugyanakkor a

12 2022-ben az Adobe még nem állt elő a DALL-E2-höz hasonló fejlesztéssel, így a külföldi kutatóknak a Photoshop megfelelő funkciója még nem volt elérhető.

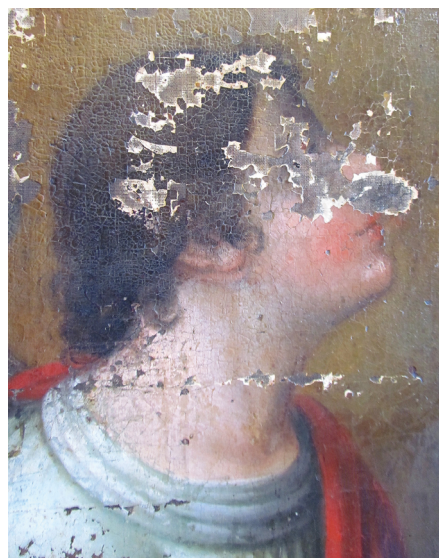
13 Mivel újítások hetente, havonta jelenhetnek meg ezen a robbanásszerűen fejlődő területen, az általam közölt adatok a cikk írásakor (2023 októbere) rendelkezésemre álló információkból származnak.

14 A DALL-E2 algoritmus a kiegészítés megalkotása érdekében a világhálón szinte teljes képadatbázisához hozzáférhet, beleértve a jogdíjas felvételeket is. Ez a tény esetleges szerzői jogi vitákat vonhat maga után. Ezzel szemben az Adobe mesterséges intelligenciája az Adobe Stock fotókból, szabad felhasználású képekből és a *public domain* kategóriába tartozó felvételekből (közincs, azaz olyan tartalmak, amelyeknél a szerzői jog lejárt) generál új képeket.

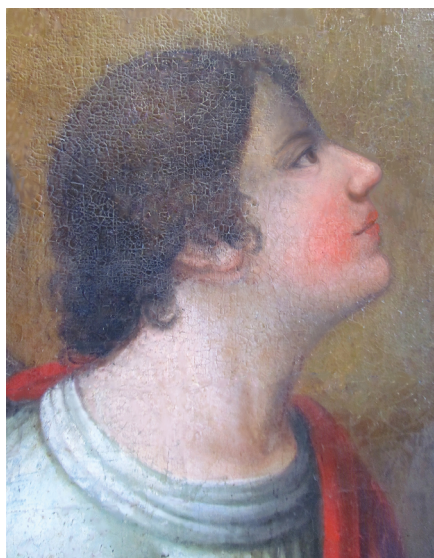
15 A DreamStudio SDXL Beta generatív mesterséges intelligenciája a kiegészített és az eredeti képrészlet egységesítésének céljából a felvétel intakt maradt részén is végez irreverzibilis módosításokat.

16 A DreamStudio SDXL Beta használati feltételeinek elfogadásával hozzájárulunk ahhoz, hogy az általunk generáltatott képeket a termék fejlesztése céljából felhasználhassák. Előfordulhat, hogy a műtárgy tulajdonosa vagy kurátora erre a lehetőségre nem adna engedélyt.

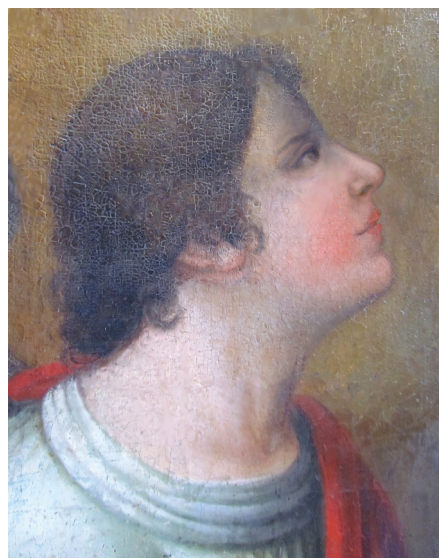
17 A programnak szöveges leírással (*prompt*) megadható, hogy milyen ábrázolásokat generáljon a kijelölt területekre.



a)



b)



c)



d)

3. kép. Az oltárkép részlete: az angyal arca, a) az angyal arcának hiányai, b) digitális rajzolással kiegészített hiányokkal, klasszikusabb profil, c) digitális rajzolással kiegészített hiányokkal, markánsabb profil, d) az alkalmazott digitális retus kiterjedése

Fig. 3. Detail of the altarpiece: the angel's face a) the losses on the angel's face, b) integrated losses with digital drawing, a classical profile, c) integrated losses with digital drawing, a profile with rugged features, d) extent of digital retouch

műtárgy hiányai is napvilágra kerültek. Az ábrázolás előterében térdelő angyal szeme és orra is hiányzott. Digitális rekonstrukciós próbáimat ezen a részleten végeztem. Elsőként a művész festményei közül kerestem profilból ábrázolt arcokat, amelyek analógiaként szolgálhatnak. A Schöffmühleben gyakorlatilag ugyanazon szignó alatt több generáció,

több festőművész és tanonc tevékenykedett. Így nem csoda, hogy az ábrázolt alakok vonásaiban viszonylag nagy változatosságot vélhetünk felfedezni annak ellenére, hogy bőven találkozhatunk jellegzetes sémákkal is. Ezért a két végletet, a klasszikus szépséget idéző¹⁸ (3b kép) és a markánsabb, darabosabb¹⁹ (3c kép) arcprofil ábrázolását is igyekeztem megragadni.

Digitális rajztábla segítségével Adobe Photoshop programban készítettem el a rekonstrukcióimat, melyek nem fotómontázsok, hanem kézzel alkotott vázlatok, a kiválasztott analógiákon alapulnak, és az adott felülethez igazodnak formailag. Azért tartom jobbnak a digitális rajztábla használatát, mint azt a módszert, hogy a hiányos területről készült felvételt kinyomtatjuk, ecsettel megfestjük a kiegészítést, majd beszkenneľjük vagy fotót készítünk az előképről,²⁰ mert az említett folyamatok rontanak a rekonstrukciónk minőségén. Másrészt a szkennelés a nyomtatott és az ecsettel készített felületek között jelentős szín- és felületbeli eltéréseket eredményezhet. Az általunk lefotózott, papíron lévő előkép pedig bizonyos esetekben nem adja vissza azt a színtelítettséget, mint a valódi festmény, ezért sokszoros digitális korrekció nélkül csak megközelítőleg tárja elénk a kívánt látványt. A digitális rajzoknak az az előnyük, hogy bármikor könnyen változtathatók, és egymással kombinálhatók.

A digitális előképek elkészítése után a mesterséges intelligencia képességeire bízam magam. Mielőtt az arc-rekonstrukción kezdtem dolgozni, több másik kiválasztott műtárgy felvételén, köztük gyümölcscsendéleten vagy drapériaábrázoláson végeztem próbákat. Tapasztalataim alapján a mesterséges intelligencia nagyon hitelesen átvette egy-egy festmény stílusát, színeit, még a régi festékfelület egyenetlenségeit is érzékeltette. Kiegészítései sok esetben első pillantásra beilleszkedtek a felvételekbe. Ám hosszabb szemlélés után rá kellett jönnöm, hogy egyes formák kissé logikátlanul kapcsolódnak egymáshoz. A megalkotott látvány a maga teljességében hiteles, ám az összetettebb részek az emberi gondolkodás általi felülbírálatra szorulnak.

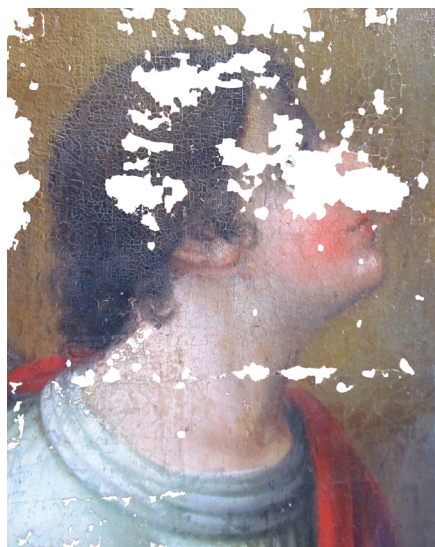
Az előzetes próbák alapján kezdtem elkészíttetni az MI-vel az angyal hiányzó arc-részleteit. Az első és legfontosabb tényező, amellyel tisztában kell lennünk, hogy akár csak számunkra, a mesterséges intelligenciának is könnyebb úgy hiteles kiegészítést készítenie, hogy minél több ép részlet áll rendelkezésre az adott ábrázolásból.²¹ Hamar rájöttem, hogy

18 „Mária oktatása” témájú vászonkép, 1837, Baja, Kálvária-kápolna, a gyermek Mária arca.

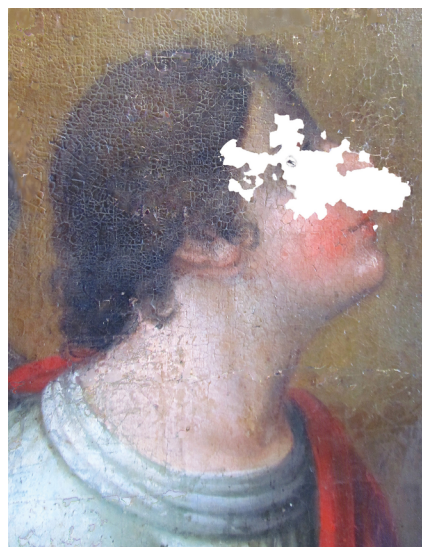
19 *Pestiszentek* oltárkép, 1810 körül, váci Székesegyházi Kincstár és Egyházmegyei Gyűjtemény, a Mária előtt térdelő angyal arca.

20 Julius Wentscher (1881–1961) *Sir Song Ong Siang* államférfiről készített vászonképén (1936) a hiányzó fül kiegészítését megelőzően a Szingapúri Restaurálási Központ szakemberei archiv fotókat gyűjtöttek az ábrázolt személyről. Ezután mintafelületen rekonstrukciót festettek, melyet beszkenneľtek, és Adobe Photoshop képszerkesztő programmal beillesztettek a festményről készült felvételbe. Ez szolgált mintaképül, melynek alapján végül megfestették a hiányzó részletet. Lizun 2019, 152–166.

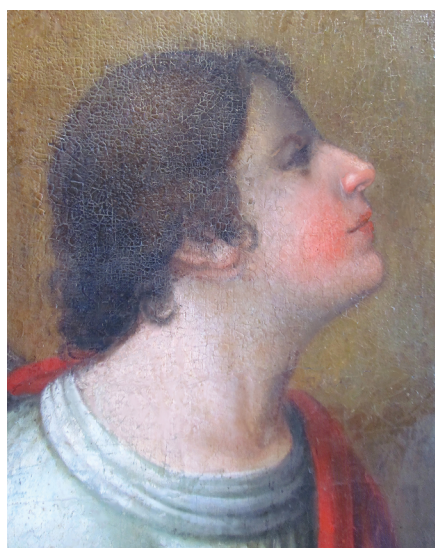
21 A DALL-E2-vel kiegészített antik mozaikok közül a két férfi mellszobrát ábrázoló alkotás (Kr. u. 5. század, Getty-gyűjtemény) központi része maradt csak fent, a körülötte lévő ábrázolás elpusztult. Az MI képes volt bizonyos szinten rekonstruálni a jelenetet, mivel azonban a mozaik nagy része hiányzik, vitatható, hogy a kiegészítés helyes-e. Ám ez a tény egy szabadkézi rekonstrukció esetében is kérdéses lenne. Az évszázakot megsemmisítő mozaikból (bizánci korszak, Getty-gyűjtemény) csak néhány kisebb részlet hiányzik. Ebben az esetben a kutatóknak úgy tűnt, hogy az AI hitelesen rekonstruálta a jelenetet. Mivel ezen a pél-



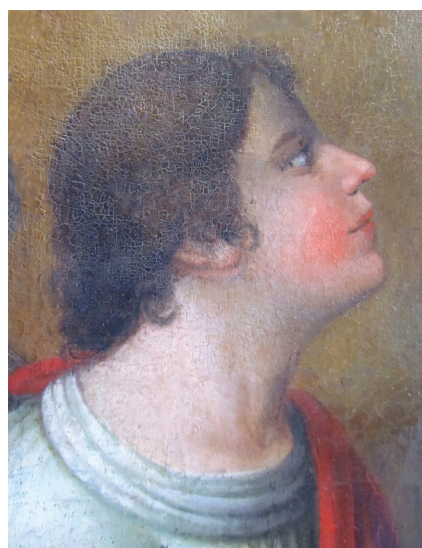
a)



b)



c)



d)

4. kép. Az oltárkép részlete: az angyal arca, a) a felület összes hiányának digitális kiemelése fehér színnel, b) a színbeli hiányok digitális retusa, a formai hiányok kiemelése fehérrel, c) az MI által kiegészített színbeli és formai hiányok, d) az MI által kiegészített formai hiányok

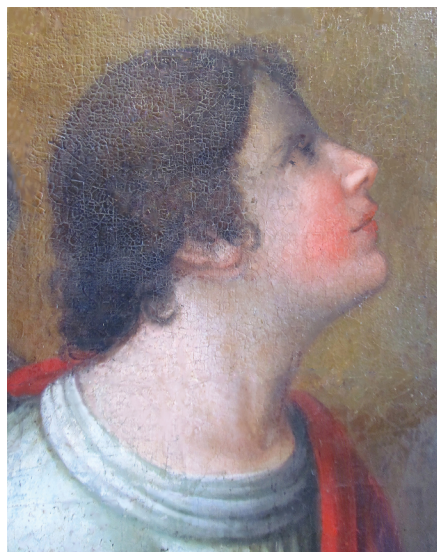
Fig. 4. Detail of the altarpiece: the angel's face, a) digital highlighting of all losses on the surface with white colour, b) digital retouching of the less significant losses, highlighting missing anatomical details with white colour, c) reconstruction of the less significant and anatomical losses by AI, d) reconstruction of the anatomical losses by AI

sokkal jobb eredményt érhetnek el a *Generatív kitöltéssel*, ha a nem formai, csak színbeli hiányokat a program beépített retusáló eszközeivel (például *Healing Brush Tool*, *Clone Stamp Tool*) előzetesen korrigálom. Így az MI-nek jóval kisebb területen kellett egyszerre dolgoznia, ezáltal anatómiailag sokkal pontosabb kiegészítéseket sikerült létrehoznia (4a–d kép).

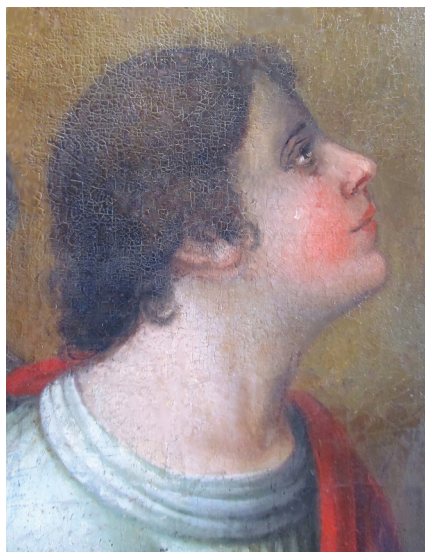
A *Generatív kitöltés* egyik legfontosabb összetevője a szöveges utasítás, illetve annak hiánya (5a–b kép). A mozaikokat DALL-E2-vel kiegészítő spanyol szakemberek igen egyszerű, általuk is általánosnak vélt *prompt*tal, a „római mozaik” (*Roman mosaic*) kifejezéssel dolgoztak. Az angyal arcának kiegészítéséhez az alábbi kifejezéseket használtam: *baroque painting*, *late baroque painting*, *altarpiece*, *eye*, *nose*. 2023 júliusában a Beta verzió szöveges utasításokkal még groteszk, stílusidegen eredményeket hozott, ezért mellőztem a leírást. Így a programnak sikerült olyan kiegészítési verziókat is előállítania, ahol az arcrészeket ábrázolása többé-kevésbé hiteles. Szöveges utasítás nélkül kevésbé részletgazdag ábrázolásokat alkotott az MI, ám ezek a verziók kiváló alapot nyújtottak a digitális utómunkákhoz. Digitális rajztáblával a képszerkesztő programban a mesterséges intelligencia által vétett apróbb hibákat korrigáltam: az értelmezhetetlen, sötét foltokat, a túlzó fény-árnyék kontrasztot, ám a megalkotott karakteren formailag nem változtattam (5c–d kép). A mesterséges intelligencia bámulatosan gyors fejlődését példázza, hogy két hónappal később megismételtem a kísérletemet, és ekkor már a *prompt*okkal irányított rekonstrukciók stílusukban sokkal jobban kezdtek igazodni az eredeti képrészlethez. Sőt, a „barokk vászonkép” kifejezéssel várokozásomon felül teljesített az MI (5b kép). A még kissé darabosnak és élesnek ható formák utólagos digitális tompításával hiteles kiegészítést kaphatnánk. Egyúttal a nyelvi, azaz fordításbeli akadályokat is teszteltem, és azt tapasztaltam, hogy a program számára teljesen mindegy, hogy angolul, vagyis a fejlesztés nyelvén vagy magyarul adom-e meg a szöveget, a generált variációk minőségén ez nem változtat. Ennek ellenére a szöveges leírás nélkül alkotott kiegészítések a további módosíthatóságuk szempontjából még mindig ígéretesebbnek tündek számomra.

A kísérlet záróakkordjaként a saját digitális rekonstrukcióimmal vetettem össze az MI által generált képeket (vagy azok utólagos módosításokkal ellátott változatait). A kiegészítések tónusát, színvilágát, felületét tekintve a két módszerrel létrehozott rekonstrukciók között kvalitásbeli különbség nem volt tapasztalható. Sőt, az MI töredék idő alatt képes érzékeltetni egy-egy karakteres festményfelületet. Digitális rajztáblával, manuálisan megrajzolva a rekonstrukció jóval hosszabb ideig készült, azonban a festő eredeti stílusához jobban igazodó karaktereket jeleníthettem meg az analógiák felhasználásával. Minden rekonstrukció kulcsa az előkép, és bár ebben az esetben a mesterséges intelligencia másodpercek alatt jóval kiterjedtebb referenciaanyaghoz fér hozzá, mint a restaurátor, nincs

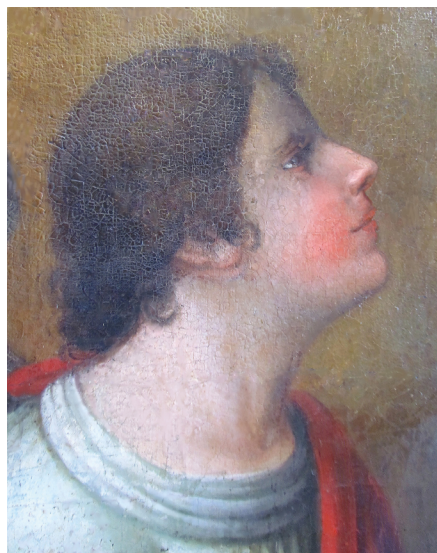
dán a hiányok mennyisége nem volt számottevő, a rekonstrukciót is könnyebben kivitelezte az algoritmus. Moral-Andrés–Merino-Gómez–Reviriego–Lombardi 2023, 24.



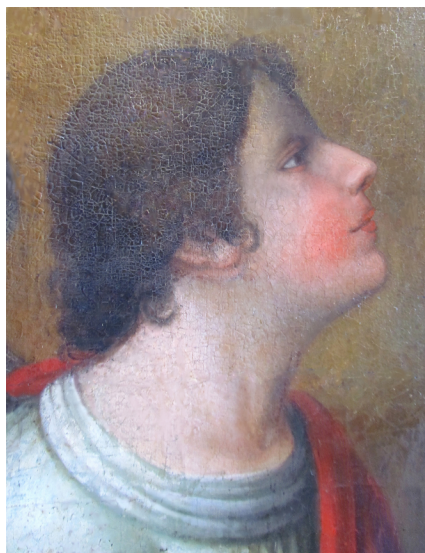
a)



b)



c)



d)

5. kép. Az oltárkép részlete: az angyal arca, a) az MI által szöveges utasítás nélkül generált kiegészítés (anatómiai hibákkal), b) az MI által szöveges utasítással generált kiegészítés, c) az MI által szöveges utasítás nélkül generált kiegészítés (anatómiai torzulás nélkül), d) az MI által kiegészített kép korrekciója digitális rajzolással

Fig. 5. Detail of the altarpiece: the angel's face, a) reconstruction generated by AI without a prompt, b) reconstruction generated by AI with a prompt, c) reconstruction generated by AI without a prompt (without anatomical distortion), d) modified version of the reconstruction generated by AI, digital drawing

specifikusan arra fejlesztve, hogy a festménynek leginkább megfelelő előképet válassza ki. Ennek számos tényező az oka, többek között az, hogy ezt a képalkotó mesterséges intelligenciát kreatív alkotások készítésére hozták létre, nem egy-egy művészettörténeti korszak vagy alkotó tanulmányozására. Másrészt az Adobe a jogtisztá fotók felhasználását alapelvnek tekinti, így az MI csak azoknak a Schöff-oltárképeknek a felvételéhez fér hozzá, melyeknek szabad felhasználása a licencük. 2023 szeptemberében három ilyen fotót találtam,²² ami igen csekély forrásanyagnak számít. A festményekről megtalálható minden más kép licence nem szabad felhasználású. *Generatív kitöltéskor* a stílus azonosítását lehetne szövegesen irányítani, azonban ez is a fejlesztők által meghatározott irányelvekbe ütközik.²³ Ugyanis mások személyes vagy magánjellegű adatainak, mint például teljes névnek (akár az alkotó teljes nevének) a közlése nem lehetséges, ilyenkor a létrehozott variációkat azonnal eltávolítja a program.²⁴

Egy Dunaföldvárról származó címertöredék digitális rekonstrukciója

A Dunaföldvárról származó, 18., esetleg 19. századi festmény egy másik kép restaurálása közben bukkant elő, a beavatkozás alatt álló műtárgy hátoldalára volt felragasztva, annak dublírvasznaként szolgált. A megerősítésként használt festmény rendkívül töredékessé vált (1a kép). A jelenet csak sejtelmesen bontakozik ki a hiányokkal tarkított felületről: feltételezhetően egy lefejezést ábrázol. Sárkányt és egyéb szereplőket vélhetünk felfedezni az erőteljesen szennyezett képen. A műtárgy adományozójának címere (körülbelül 30 × 20 cm-es terület) töredékesen, de viszonylag kivehetően maradt fenn (1b kép).

Annak ellenére, hogy a kép érdekes történeti adalékokkal szolgálhatna, a műtárgy restaurálására, kiegészítésére a közeljövőben nincs lehetőség. Ezért a digitális rekonstrukciókkal többek között az volt a célom, hogy esetleg azonosíthatóvá váljon az adományozó személye, miáltal megközelíthetőleg datálható lehetne a műtárgy. Még mielőtt a mesterséges intel-

22 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StFerencSebeiFotoThalerTamas15.jpg>; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint_Catherine_Church_Saint_Joseph_altar_Statues_of_Saint_Michael_and_Prince_Imre_-_Budapest.JPG; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint_Anne_altar_Church_of_Saint_Francis_Listed_ID_41_-_Budapest.JPG.

23 A felhasználó kerülje ezeknek a témáknak a megjelenítését: pornográf anyag vagy nyílt meztelenség; gyűlöletkeltő vagy erősen sértő tartalom, amely faji, etnikai, nemzeti származás, vallás, súlyos betegség vagy fogyatékosság, nem, kor vagy szexuális irányultság alapján támad vagy dehumanizál egy csoportot; erőszak vagy véres jelenetek; az erőszak népszerűsítése, dicsőítése vagy az azzal való fenyegetés; illegális tevékenységek vagy áruk; önkárosítás vagy önsérlemezés elősegítése; meztelen kiskorúak vagy kiskorúak szexuális jellegű ábrázolása; a terrorizmus vagy az erőszakos szélsőségek népszerűsítése; félrevezető, csaló vagy megtévesztő tartalom terjesztése, amely valós károkat okozhat; mások személyes vagy magánjellegű adatai (mint például teljes név, lakcím, telefonszám, e-mail-cím, hatósági igazolványok vagy bármely más, azonosítható személyre vonatkozó információ. Bővebben: <https://www.adobe.com/hu/legal/licenses-terms/adobe-gen-ai-user-guidelines.html>.

24 Következetlenségek azonban előfordulnak. Egy szobabelső felvételének falára sikerült Van Gogh stílusában tájképet generáltatnom az MI-vel, azonban a Rembrandt-hoz kötődő hasonló kérésemet már nem kívánatos tartalomnak tekintette a program. Feltételezhetően a barokk festő témáiban előforduló meztelenség vagy fegyverábrázolás előbb ütközik az Adobe alapelveivel, mint a 19. századi festő színes tájképei, virágcsendéletei.

ligencia segítségével éltem volna, digitálisan rekonstrukciós rajzokat készítettem Adobe Photoshop programban. A megsemmisült részletek pótlásában a heraldikai szabályok megismerése és a címerábrázolások tanulmányozása volt segítségemre.²⁵ A bizonytalanul azonosítható részleteket többféle verzióban vázoltam fel. A hiányzó elemek digitális megrajzolása és az analógiák megismerése párhuzamosan zajlott (6a–b kép).

A címet egy festett kartusban ábrázolta a festő. Azok a részletek, amelyek a felvételeen sárgának tűnnek, valójában eredetileg aranyozottak voltak. Rangjelként feltüntetett címerfödélként vörös színű kalap töredékét láthatjuk. A főpapi rangot a heraldika alapján fekete (apát), zöld (püspök, érsek) vagy vörös (bíboros) színű kalappal jelenítették meg a róla kétoldalt lehulló bojtokkal. Utóbbiak rangjelölő eszközök: a három sorba rendezett bojtokkal díszített kalap (1 + 2 + 3 bojt) a püspököt, a négysoros (1 + 2 + 3 + 4 bojt) az érseket, az ötsoros (1 + 2 + 3 + 4 + 5 bojt) pedig a bíborost illette meg. Tehát egy vörös bíborosi kalaphoz 15-15 bojt illeszkedne, a jelenlegi ábrázoláson azonban 14-14 bojt található, a szabályostól eltérő elrendezésben. Ebből arra következtethetünk, hogy a festmény alkotója nem volt igazán jártas a heraldikában. Ezért az adományozó rangjára vonatkozóan bizonytalan információkat kaphatunk. A kalap püspöke, infulált apaté (csak püspöki címmel és jelvényekkel bír, saját egyházmegye nélkül) vagy bíborosé is lehet. A címerpajzs tetejének jobb oldalán vörös színű, arany szegéllyel díszített mitra (infula) töredéke látható. A fejfedő az egyházi főméltóságok jelképe: bíborosok, pátriárkák, érsekek, püspökök, apátok is viselhették. A pajzs bal oldalán díszes arany pásztorbot figyelhet meg, amely szintén az egyházi méltóság jelképe.

A címer további részletei valószínűleg az adományozó ősi családi címerét mutatják be. A pajzs tagolása szerint két színre osztott, alul vörös, felül kék festéstöredékek találhatóak. Alsó részén erős lejtésű domb rajzolódik ki, középső részén arany oroszlán maradványaira bukkanunk, mely egykor egyik mancsában csillagot, másikban egyéb jelképet tarthatott. Griff ábrázolása kizárható, mivel a töredékeken karmokban végződő lábak és csőr nem láthatók. Az oroszlán gyakori címerállat a magyar nemesség körében. Viselhet koronát, mancsában tarthat csillagot, kardot vagy tört, botot (jogart), nyilakat. A szájában tört vagy kardot tartó oroszlán ábrázolásaival is találkozhatunk. A címereken az oroszlán farka a törzsének tengelyével megközelítőleg megegyező állású, felül, esetleg középen bolyhos. Léteznek kettős vagy hármás farkú oroszlánábrázolások is. A jelenlegi címeren ez a terület annyira töredékes, hogy nem tudjuk biztosan, az állatnak hány farkat festhettek, volt-e a fején korona, illetve hogy kardot, tört vagy egyebet tartott-e. A fennmaradt festékszigetek alapján viszont nagyon valószínű, hogy nem a szájában, hanem a mancsában hordozott bizonyos jelképeket. A pajzstakaró kék és vörös színű, sisakdíszként kiterjesztett szárnyak fölött arany csillag látható. A szárnyak alatti terület olyannyira sérült, töredékes, hogy

25 Bárczay 1897; Alapi–Dongó–Gyárfás–Gorzó–Magasházy 1913; https://hu.wikibooks.org/wiki/Heraldikai_Lexikon; <http://lexikon.katolikus.hu/>; <https://mek.oszk.hu/06700/06701/pdf/heraldika1.pdf>.

nem azonosítható egyértelműen egy motívum sem ezen a részen. Az analógiák alapján esetleg sisakot festhettek erre a helyre (6b kép). A pajzs végződésének töredékei ezzel a feltételezéssel megfelelhetnek. Azonban a rekonstrukció, avagy a töredékek értelmezése ezen a ponton a legbizonytalanabb. A címer számos azonosítható részlete ellenére az adományozó kilétét egyelőre még homály fedi, de ezúton is köszönettel tartozom Móricz Péter és Lakatos Bálint történészeknek eddigi segítségükért.



a)



b)

6. kép. A Dunaföldváról származó festményen lévő címer a) digitális rajztáblával készült rekonstrukciója, b) digitális rajztáblával készült rekonstrukciója a feltételezett sisakkal

Fig. 6. The coat of arms on the canvas from Dunaföldvár, a) digital reconstruction of the coat of arms, digital drawing b) reconstructed coat of arms with an assumed helmet, digital drawing

Miután elkészültek a digitális rajzok a rekonstruált címerről, a töredékes ábrázolást elkezdtem kiegészíteni a mesterséges intelligenciával. Az MI alkalmazásával azt a kérdést feszegettem, hogy a program fel tudja-e gyorsítani, vagy képes-e segíteni azt a folyamatot, ahogy analógiák után kutatunk, melyek alapján megfejthető a festéktöredékek jelentése. A munka során ebben az esetben is olyan mesterséges intelligenciát használtam, amelyet kreatív célokra hoztak létre, tehát tudásbázisa a heraldika szabályait nem tartalmazza, azonban az MI másodpercek alatt feldolgoz egy akkora képanyagállományt, amelyet az emberi elme talán csak napok, hetek alatt képes.

Az első próbáim egyike arra vonatkozott, hogy az MI a megfelelő utasítással („címer” – *coat of arms*) vagy anélkül képes-e egyetlen lépésben rekonstruálni a teljes címet. A kartus manuálisan megrajzolt kiegészítését megtartottam, hogy bizonyos támponttal

szolgálhassak az MI-nek a címerre vonatkozóan. Sajnos a festmény töredékességének mértéke még így sem tette lehetővé, hogy a program megfelelő kiegészítést készítsen. A rekonstrukciók groteszk, illusztratív, kacskaringós formákból álltak. Ezek a lehető legtávolabb voltak egy hiteles címerábrázolástól annak ellenére, hogy a mesterséges intelligencia a szabad licencű felvételek alapján viszonylag nagy forrásanyaghoz juthat hozzá.

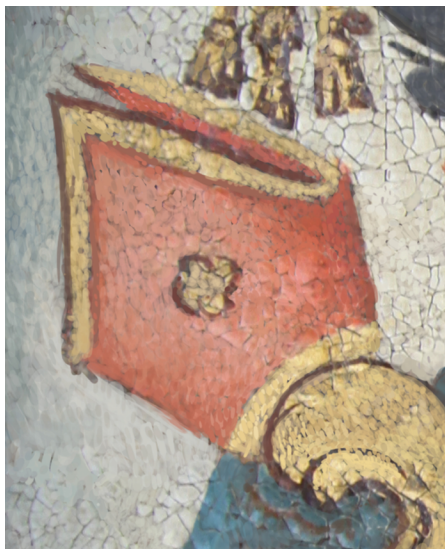
A továbbiakban nem törekedtem a teljes címer kiegészítésére a *Generatív kitöltéssel*, hanem különféle mértékben sérült részleteket választottam ki az ábrázolásból. Elsőként a viszonylag jól kivehető vörös mitra pótlására került sor (7a–d kép). A *red mitre* és „vörös mitra”, „mitra” utasításokkal próbálkoztam. Egy sor téves rekonstrukció mellett végül az MI *prompt* nélkül alkotta meg a legjobb kiegészítést. Ebből a változatból kismértékű digitális utómunkát (bizonyos részletek átrajzolását) eszközölve hiteles rekonstrukciót formálhatunk.

A következő választásom az arany oroszlánra esett (8a–d kép). Ez a részlet kevésbé maradt meg épen, mint a püspöksüveg, ám jóval könnyebben azonosítható, mint a címer felső része. Az oroszlán esetében a szöveges utasítás nélküli *Generatív kitöltés* nem hozott jó eredményt (8b kép). Az állat nem vált egyértelműen azonosíthatóvá, ugyanakkor a festett felület jellegzetes sérüléseit hitelesen átvette az MI. A kipróbált szöveges utasítások az alábbiak voltak: *golden lion*, *golden lion wearing a crown* (8c kép), *golden lion with its right paw holding a sword* (8d kép), „arany oroszlán”, „arany oroszlán fején koronával”, „arany oroszlán mancsában karddal”. A mesterséges intelligencia a dombot, valamint a pajzs vörös és kék mázát megfelelően helyreállította, a címerpajzs formájára vonatkozóan is felsorakoztatott lehetőségeket, az oroszlán megfelelő megjelenítésére azonban nem volt képes. Groteszk, túlzottan plasztikus vagy elnagyolt formákat hozott létre, és bizonyos esetben az állatot helytelen fejtartással ábrázolta. Ezekből a lehetőségekből digitális utómunkával sem lehetne hiteles kiegészítést alkotni.

Harmadik és egyben utolsó próbaként az ábrázolás egyik legkényesebb részletét adtam az MI-nek feladvánnyul: a bojtok számával és elrendezésével helytelenül megfestett vörös kalapot. A hiányok mértéke még nagyobb ezen a részen, mint a pajzson, így nem csoda, hogy az MI ezen az elemen még rosszabb eredményt produkált, mint az oroszlán esetében. Szöveges utasítás nélkül a program értékelhetetlen kiegészítéseket készített. Ennek oka, hogy a rekonstruálandó területen nem állt rendelkezésre az algoritmus számára elegendő vizuális információ, azaz épen maradt festményrészlet ahhoz, hogy azonosítani tudja az ábrázolást. *Prompt* hatására (*hat*, *ecclesiastical headwear*, „kalap”) fejfedőhöz hasonló formák jöttek létre, ezek azonban inkább hajpántnak látszottak, mintsem kalapnak. A mesterséges intelligenciának stílusában sem sikerült átvennie a festményt, fotószerű képi világot mutatott be. Erre a jelenségre az adhat magyarázatot, hogy túlon túl szűk képkivágást választottam a kísérlethez. Tanulásként szolgálhat ez a jövőben a rekonst-



a)



b)



c)



d)

7. kép. A címer részlete: a) a vörös mitra töredéke, b) digitális rajzolóval készült kiegészítés, c) az MI által szöveges utasítás nélkül generált kiegészítés (némi formai hibával), d) az MI által szöveges utasítással generált kiegészítés
Fig. 7. Detail of the coat of arms: a) fragments of the red mitre, b) reconstruction of the red mitre, digital drawing, c) reconstruction generated by AI without a prompt (with some distortion), d) reconstruction generated by AI with a prompt

ruándó részletek méretének kiválasztásában. Elegendő informatív pixel hiányában ismét segítséget kellett adnom a mesterséges intelligencia számára. A „festett kalap” szöveges utasítással próbálkoztam, hátha így a program felismeri, hogy festett felületet kell reprodukálnia. Ez a *prompt* nem működött, ellenben az alábbi angol kifejezéssel sikerült



a)



b)



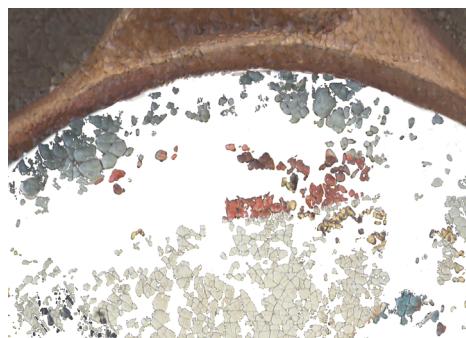
c)



d)

8. kép. A címer részlete: a) az arany oroszlán töredékei, b) az MI által szöveges utasítás nélkül generált kiegészítés, c) az MI által szöveges utasítással (*golden lion wearing a crown*) generált kiegészítés, d) az MI által szöveges utasítással (*golden lion with its right paw holding a sword*) generált kiegészítés

Fig. 8. Detail of the coat of arms: a) fragments of the golden lion, b) reconstruction generated by AI without a prompt, c) reconstruction generated by AI with a prompt ('golden lion wearing a crown'), d) reconstruction generated by AI with a prompt ('golden lion holding a sword in its right paw')



a)



b)



c)



d)

9. kép. A címer részlete: a) a vörös főpapi kalap töredékei digitálisan fehér háttérrel kiemelve; b) az MI által szöveges utasítással (*painted ecclesiastical headwear*) generált kiegészítés, 1. verzió; c) az MI által szöveges utasítással (*painted ecclesiastical headwear*) generált kiegészítés, 2. verzió; d) a mesterséges intelligencia által magyar nyelvű szöveges utasítással (kalap alulnézetből, festett lelógó aranszínű zsinórral, festmény) generált kiegészítés

Fig. 9. Detail of the coat of arms: a) fragments of the red ecclesiastical hat highlighted by white colour, b) reconstruction generated by AI with a prompt (*'painted ecclesiastical headwear'*) version 1, c) reconstruction generated by AI with a prompt (*'painted ecclesiastical headwear'*) version 2, d) reconstruction generated by artificial intelligence with a prompt in Hungarian (*'kalap alulnézetből, festett lelógó aranszínű zsinórral, festmény'* [*'hat viewed from below with a painted, hanging golden cord, painting'*])

elérnem, hogy a festmény felületét és jellegzetes sérüléseit visszaidézzé az MI: *painted ecclesiastical headwear* (9b–c kép). Azonban még ez a kiegészítés sem volt alkalmas rekonstrukciónak, hiszen a fejedőt nem a helyes nézőpontból ábrázolta. Több sikertelen próbálkozást követően a magyar „kalap alulnézetből, festett lelógó aranszínű zsinórral, festmény” (9d kép) utasítással elértem, hogy a mesterséges intelligencia érzékeltessen egy olyan tárgyat, amelyet kissé alulnézetből láthatunk, azonban a kalap hiteles megjelenítésére ez a változat sem volt alkalmas.

Az utolsó két kísérlet alapján nyilvánvalóvá vált, hogy ha a festett felület több mint ötven százaléka hiányos (9a kép), akkor a mesterséges intelligencia nem képes megfelelő kiegészítést készíteni. Még az utasításainkkal támogatva és a jelentős mennyiségű jogtiszta, szabad felhasználású előkép hatására sem volt képes az MI a címert rekonstruálni.

Egy ilyen helyzetben a rajzi tudás és a heraldikai ismeretek birtokában az emberi agy a kísérlethez kiválasztott mesterséges intelligencia fölé kerekedik. A feltevésem, miszerint az MI képes lesz lerövidíteni a címer digitális helyreállítását, a kísérletek során nem nyert megerősítést.

Az Adobe kreatív célokra fejlesztett mesterséges intelligenciájának hála szinte végtelen számú digitális kiegészítési lehetőséggel élhetünk rövid időn belül. A fentebb bemutatott korlátok és nehézségek okán az MI önmagában nem képes szakmailag is hiteles rekonstrukciókat készíteni. Azonban ha egy-egy valós kiegészítés kapcsán etikai kérdések merülnek fel, és a beavatkozás vizuális előrevetítése szükségessé válik, akkor az MI bizonyos esetekben képes jelentősen lerövidíteni a digitális előképekre szánt munkaórákat.²⁶ A csekély idő alatt készíthető számtalan képvariációjával pedig megsokszorozza a választási lehetőségeinket, hogy a műtárgy szempontjából a lehető legjobb döntés születhessen. Mivel az algoritmus kiterjedt tudásbázishoz fér hozzá, lehetséges, hogy olyan rekonstrukciós változatot is bemutat, amelyre a szakember nem is gondolt, azonban jó megoldásnak bizonyulhat. A mesterséges intelligencia tehát leváltani még nem, de segíteni nagymértékben tudja a restaurátort az esztétikai kiegészítések területén. Példaként szolgált erre a Schöfft-oltárkép angyalának arca, ahol jól körülhatárolható hiányokkal volt dolgunk. A színbeli hiányokat és kopásokat előzetesen virtuálisan kiegészítve az MI által generált képek kiváló kiindulópontot szolgáltattak a digitális rajzzal történő további finom korrekciókhoz.

Azokban az esetekben, amikor a hiányok nagy felületen és nem koncentráltan jelentkeznek, ráadásul a festett felület több mint felét érintik, a tesztelt mesterséges intelligencia jelenlegi fejlesztéseivel akadályokba ütközik, amint azt láthattuk a címerábrázolás kiegészítése kapcsán. Nemcsak a hiányok kiterjedése lehetett a problémák oka, hanem az is, hogy az AI nem volt betanítva a megfelelő heraldikai motívumok használatára, megjelenítésére.

Amíg a speciálisan egy-egy adott festő vagy korszak stílusának és ikonográfiai vagy heraldikai ábrázolásainak kiterjedt ismeretével felruházott mesterséges intelligenciák fejlesztése nem válik gyors, egyszerű, alacsony költségvetésű és széles körben hozzáférhető eszközzé, addig meg kell elégednünk az általános, kreatív céllal létrehozott MI-kel. Ezek

26 John Martin (1789–1854) Pompei és Herculanum pusztulását ábrázoló vászonképe (1822) a Temze kiáradásakor súlyosan megsérült a Tate Galleryben. A műtárgy középső része, amely magát az eseményt jelenítette meg, elpusztult. A szakemberek digitális rekonstrukciót készítettek Photoshop képszerkesztő programban a festményről egy archív felvétel, korabeli vázlat és a festő egyik hasonló témájú műve alapján. Ez a rendkívül komplex feladat mesterséges intelligencia használata nélkül történt, és körülbelül kétheti teljes munkaidős elfoglaltságot jelentett. A kutatók számára kérdéses volt, hogy a műtárgy kiállítható lehet-e valaha is esztétikai értéként, és nem csak történeti dokumentumként. A digitális rekonstrukció azonban bebizonyította, hogy a rendelkezésre álló források kellő alapot nyújthatnak a restaurátornak a kiegészítéshez, így a pótlást a festményen is kivitelezték. Maisey 2015, 191–198.

bizonyos szituációkban segítségünkre lehetnek a restaurátori munkában. A képgenerálásra alkalmas mesterséges intelligenciák teljesítménye a jövőben szinte biztosan javulni fog, ha a cégek kiterjedtebb adatbázist és képállományt használnak majd, és kifinomultabb algoritmusokat terveznek, valamint a már meglévő AI-kat folyamatosan fejlesztik.²⁷

A tanulmányban látható festményekről készült eredeti felvételek (1a–b, 2a–b, 3a, 7a, 8a) Korhecz Papp Zsuzsanna, a módosított verziók a szerző munkái.

Irodalom

- Alapi Gy. – Dongó Gyárfás G. – Gorzó B. – Magasházy B. (szerk.) 1913. *Magyarország címeres könyve. Liber amorum Hungariae*. Grill, Budapest, <https://mek.oszk.hu/06900/06911/06911.pdf>.
- Bárczay O. 1897. *A heraldika kézikönyve műszótárral*. Akadémia, Budapest, <https://mek.oszk.hu/06700/06701/pdf/heraldika1.pdf>
- Lizun, D. 2019. Reconstructing the Lost: Technical Analysis and Digital Reconstruction Supporting the Treatment of a Portrait of Sir Song Ong Siang. In: *Conference: COLLECTIONS CARE: Staying Relevant in Changing Times, ASEAN & BEYOND, Singapore*, Conference Proceedings, 152–166, https://www.researchgate.net/publication/339439703_Reconstructing_the_Lost_Technical_Analysis_and_Digital_Reconstruction_Supporting_the_Treatment_of_a_Portrait_of_Sir_Song_Ong_Siang
- Maisey, S. 2015. Retouching and Reconstruction of Major Compositional Losses In Paintings: The Use of Digital Reconstructions Based On Related Historical Material. In: Ana Bailão – Frederico Henriques – Ana Bidarra (eds.): *RECH3, III International Meeting on Retouching of Cultural Heritage*. Postprints, 191–198, <https://www.academia.edu/28094274/III-INTERNATIONAL-MEETING-ON-RETOUCHING-OF-CULTURAL-HERITAGE-Postprints-2015>
- Moral-Andrés, F. – Merino-Gómez, E. – Reviriego, P. – Lombardi, F. 2023. Can Artificial Intelligence Reconstruct Ancient Mosaics? *Studies in Conservation*, 24, <https://doi.org/10.1080/00393630.2023.2227798>; https://www.researchgate.net/publication/364529224_Can_Artificial_Intelligence_Reconstruct_Ancient_Mosaics
- Šustić, S. – Režić, I. – Cvetković, M. 2020. Recovery of a vandalized canvas painting Our Lady of the Rosary from Vrlika (Croatia). *Ge-conservacion* 18(1), 247–257, <https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.828>

Possibilities and limitations of the use of artificial intelligence in artefact reconstruction

Virtual completion of fragmented and incomplete painted surfaces using artificial intelligence and digital drawing

Tímea Bakonyi

Generative artificial intelligence is capable of visualising our imagination and creating different kinds of illustrations based on prompts. These handy, mainly online applications have not only brought significant changes to graphic design but also affected conservation, retouching, and digital reconstruction. Several international projects are in progress or have already been completed in which researchers relied on the help of AI specialised for a certain artist.

In this study, the Generative Fill feature of Adobe Photoshop has been used to create digital reconstructions of the selected paintings. This generative AI application is one of several developed for creative designers instead of conservators or restorers. Accordingly, these algorithms are not familiar with the proper art historical examples that could be used during the restoration process, and, therefore, their use in conservation has certain limitations. However, their great advantage is that they are now available to anyone, not just a narrow scientific circle.

Two paintings on canvas, both with significant losses, have been selected for the current experiments. One is a coat of arms depiction in an 18th–19th-century fragmentary painting from Dunaföldvár, and the other is a *Patrona Hungariae* altarpiece from Nagykökényes by Joseph Karl Schöfft (1776–1851), on which the missing parts of the face of the angel kneeling before the Virgin have been reconstructed digitally.

It has become clear during the current experiments that AI alone is not capable of creating professional and authentic reconstructions. However, whenever ethical questions arise about an actual restoration, AI can greatly shorten the working hours sentenced to make digital prefigurations and, with the countless image variations created in a short time, multiply our choices so that the best possible decision can be made from the painting's point of view. Since the algorithm has access to an extensive visual base, it may generate a reconstruction version that did not occur to the restorer. An example of this was the face of the angel in the Schöfft altarpiece, where well-defined losses had to be dealt with.

In cases where the losses affect more than half of the painted surface and are not concentrated, the tested AI version in its current stage of development has encountered problems. This happened in connection with the reconstruction of the coat of arms. The

problems include the extent of the losses and the fact that AI was not trained to use and display the appropriate heraldic motifs.

Until developing special AI applications trained in the style of a particular painter or period and heraldic depictions becomes a fast, simple, low-budget, and widely accessible option, we have to be satisfied with such extensions developed for general and creative purposes. In certain cases, these can also help the restoration process even in their current form.

Szerző / Author

Bakonyi Tímea

Festményrestaurátor-művész / Painting Conservator MA

Egyéni vállalkozó / Freelancer

bakonyitimea.restauralas@gmail.com