

D E B I U T Y S T U D E N C K I E

2023

INFORMATYKA W BIZNESIE

pod redakcją
Heleny Dudycz



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2023

Recenzja naukowa

Marcin Hernes

Redakcja wydawnicza

Małgorzata Tadrzak-Mazurek

Korekta

Aleksandra Śliwka

Skład i łamanie

Małgorzata Myszkowska

Projekt okładki

Beata Dębska

Na okładce wykorzystano zdjęcie z zasobów Adobe Stock

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa

Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0).

Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>



ISBN 978-83-67400-80-0 (wersja papierowa)

ISBN 978-83-67400-81-7 (wersja elektroniczna)

DOI: 10.15611/2023.81.7

Druk i oprawa: TOTEM

Adam Chomicki

e-mail: 186548@student.ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0007-4691-2928

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Obszary zastosowania technologii i technik do rekonstrukcji obrazów

DOI: 10.15611/2023.81.7.03

JEL Classification: Y80, O39

Streszczenie: Artykuł skupia się na analizie zastosowania technologii i technik rekonstrukcji obrazów w różnych obszarach. Jego celem jest przedstawienie potencjału tych rozwiązań w procesach decyzyjnych, takich jak rekonstrukcja obrazów medycznych, dzieł sztuki i obiektów trójwymiarowych. Badanie opiera się na metodzie analizy wybranych studiów przypadku. Wyniki wskazują, że wdrożenie takiej technologii może przynieść korzyści poprzez uzyskanie bardziej kompletnych i autentycznych obrazów, co przyczynia się do poprawy diagnostyki medycznej, a w przypadku dzieł sztuki do zachowania oryginalnego wyglądu obiektu. Jednak skuteczność tych technik rekonstrukcji obrazów jest zależna od specyfiki problemu, jakości danych wejściowych oraz zastosowanej metody rekonstrukcji.

Słowa kluczowe: uczenie maszynowe, metody rekonstrukcji obrazów, diagnostyka obrazowa, rekonstrukcja dzieł sztuki

1. Wstęp

Sztuczna inteligencja (ang. *Artificial Intelligence*, AI) znacząco zmienia współczesny świat, stając się czynnikiem napędzającym procesy gospodarcze. Powodem wciąż rosnącego nią zainteresowania są możliwości algorytmów, dzięki którym koszty utrzymania wielu rozwiązań maleją, przy jednoczesnym zwiększeniu ich wydajności. Harari opisuje, jak będzie ona zaspokajać wciąż rosnący popyt na energię i surowce (Harari, 2015, s. 270). Z przeprowadzonych badań firmy Accenture zajmującej się doradztwem biznesowym oraz konsultingiem w takich obszarach, jak doradztwo technologiczne i cyberbezpieczeństwo, wynika, że AI może podwoić wzrost PKB do roku 2035 w państwach rozwiniętych oraz zwiększyć ich produktywność o 40%. Natomiast w opinii osób z sektora bankowego sztuczna inteligencja bezpośrednio wpłynie na zwiększenie przychodów banków i będzie miała największy wpływ na innowacyjność i rozwój usług (Grzywacz i Jagodzińska-Komar, 2021, s. 19). Umożliwi to gromadzenie i przetwarzanie nowych danych, które posłużą m.in. do przygotowywania prognoz giełdowych, analizy zachowań klientów czy automatyzacji wewnętrznych procesów w firmach. Do rozwiązań wdrażanych przez sektor finansowy należą także technologie biometryczne, które umożliwiają weryfikację tożsamości z wykorzystaniem takich cech, jak linie papilarne, weryfikacja podpisu czy rozpoznawanie twarzy. Dlatego tak ważnym sektorem uczenia maszynowego jest gałąź odpowiedzialna za rozpoznawanie obrazów.

Widzenie komputerowe (ang. *computer vision*) polega na interpretacji obrazu przez maszynę. Potencjał ten został dostrzeżony w branżach o różnych obszarach działalności: w przemyśle – identyfikując wady fabryczne już na liniach produkcyjnych, jak również w sektorze publicznym – wykrywając niebezpieczne ładunki na lotniskach, w trakcie kontroli granicznych lub przy analizie nagrań z kamer monitoringu. Natomiast w sektorze ochrony zdrowia sztuczna inteligencja szybko zajęła szczególne miejsce, analizując zdjęcia z rezonansu magnetycznego, tomografii komputerowej czy ultrasonografii. Medycyna jest także obszarem, w którym od lat konsekwentnie tworzone są ustrukturyzowane bazy danych. Ich objętość stale rośnie i według prognoz International Data Corporation jest to wzrost szybszy niż w innych sektorach. Dlatego branża ta wykorzystuje uczenie maszynowe do zarządzania i korzystania z bazy wiedzy, zwiększając tym samym efektywność specjalistów. Natomiast samo zautomatyzowanie procesu interpretacji zdjęcia pozwala z dużą precyzją, niekiedy większą niż w przypadku człowieka, dokonać właściwej diagnozy, likwidując bariery utrudniające dostęp do usług medycznych (Patrzyk i Woźniacka, s. 12). Z tego powodu analiza przydatności widzenia komputerowego w diagnostyce wskazuje na ogromne szanse związane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji dla zarówno pacjentów, jak i samych lekarzy.

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania technologii rekonstrukcji obrazów (ang. *image inpainting*) w takich obszarach, jak rekonstrukcja obrazów medycznych, dzieł sztuki oraz obiektów 3D. W obszarze medycyny zaprezentowano różnorodne metody rekonstrukcji obrazów, w tym modelowanie oparte na krawędziach i strukturze, sieci neuronowe, oraz podejścia oparte na algorytmach uczenia maszynowego. Badania wykazały, że zastosowanie technologii rekonstrukcji obrazów prowadzi do uzyskania bardziej kompletnych i autentycznych obrazów, co przekłada się na poprawę jakości i dokładności diagnozy medycznej. W dziedzinie sztuki skupiono się na istotnej roli technologii rekonstrukcji obrazów w ochronie dziedzictwa kulturowego. Badania pokazują, że technologia ta może być wykorzystana do zachowania oryginalnego wyglądu uszkodzonych dzieł sztuki oraz do odnowienia ich fragmentów. Analiza przeprowadzona w ramach artykułu jednoznacznie wykazuje, że skuteczność technologii rekonstrukcji obrazów ściśle zależy od jakości dostępnych danych wejściowych, właściwie dobranych technik rekonstrukcji oraz odpowiednio dostrojonych parametrów i hiperparametrów modelu.

Struktura artykułu jest następująca: poniżej omówiono podstawowe technologie i techniki używane do rekonstrukcji obrazów, punkty 3-5 poświęcono zastosowaniu metod rekonstrukcji obrazów w kontekście zdjęć medycznych, rekonstrukcji dzieł sztuki oraz obiektów 3D, w ostatnim zaś przedstawiono główne wnioski wynikające z analizy wybranych studiów przypadku, podsumowując tym samym całość pracy.

2. Technologia i techniki rekonstrukcji obrazów

Algorytmy rekonstrukcji obrazów to matematyczne techniki, które służą do uzupełniania brakujących fragmentów w obrazie. Ich różnice polegają na metodzie i podejściu do rekonstrukcji uszkodzonych elementów. W przypadku metod tradycyjnych techniki te dzieli się na pięć kategorii, takich jak: synteza tekstury oparta na przykładach (ang. *exemplar-based texture synthesis*), synteza struktury oparta na przykładach (ang. *exemplar-based structure synthesis*), metoda oparta na dyfuzji (ang. *diffusion-based methods*), metoda reprezentacji rzadkiej (ang. *sparse representation methods*) oraz metoda hybrydowa (ang. *hybrid methods*) (Qin i in., 2021, s. 3).

W tabeli 1 przedstawiono zalety i wady każdej z wymienionych metod. Po dokonaniu ich analizy zostaną one krótko scharakteryzowane.

Tabela 1. Zalety i wady tradycyjnych metod rekonstrukcji obrazów

Metoda	Zalety	Wady
Synteza tekstury oparta na przykładach	<ul style="list-style-type: none"> zachowuje informacje zarówno strukturalne, jak i tekstowe nie występuje rozmycie obrazu 	<ul style="list-style-type: none"> może prowadzić do powtarzających się schematów występują problemy w rekonstrukcji obrazów o złożonych uszkodzeniach
Synteza struktury oparta na przykładach	<ul style="list-style-type: none"> dobrze sprawdza się podczas rekonstrukcji dużych, teksturowanych części przywraca strukturę, teksturę i kolor 	<ul style="list-style-type: none"> czasochłonna wymaga dodatkowej pamięci
Metoda oparta na dyfuzji	<ul style="list-style-type: none"> dobre wyniki przy rekonstrukcji szczegółów zachowuje informacje o krawędziach zachowuje strukturę zrekonstruowanego obrazu 	<ul style="list-style-type: none"> nie udaje się zamalować dużych obszarów teksturowanych, co skutkuje rozmytymi artefaktami na obrazie
Metoda reprezentacji rzadkiej	<ul style="list-style-type: none"> umożliwia zmianę natężenia światła 	<ul style="list-style-type: none"> przy rekonstrukcji obrazu piksele uszkodzeń muszą być w kierunku pionowym
Metoda hybrydowa	<ul style="list-style-type: none"> zachowuje krawędzie imponujące wyniki na liniowej strukturze obrazu 	<ul style="list-style-type: none"> duża złożoność obliczeniowa

Źródło: (Jam i in., 2021).

Metody syntezy tekstury oparte na przykładach wykorzystują różne narzędzia pomiaru odległości w celu tworzenia nowych obrazów tekstury, które są wizualnie podobne do oryginalnego obrazu, ale nie są jego identyczną kopią. Te metody opierają się na modelowaniu MRF (ang. *Markov Random Field*), aby określić rozkład

pikseli. Proces ten uwzględnia wszystkie sąsiednie piksele i pozwala na syntezę początkowej tekstury w celu uzyskania nowego obrazu. Metody te są dobrze znane ze względu na ich zdolność do generowania wynikowych tekstur, które są podobne do pierwowzoru. Dodatkowo zachowują lokalne tekstury i są w stanie syntetyzować nawet nieciągłe wzory. Niemniej jednak należy zauważyć, że mają one pewne ograniczenia, szczególnie w przypadku próby uzyskania wysokiej jakości wyników dla przykładów o dużej strukturze (Jam i in., 2021, s. 3).

W przypadku metody syntezy struktury opartej na przykładach uzyskuje się bardziej realistyczne wyniki dla obszarów o dużych rozmiarach w porównaniu z metodą rekonstrukcji tekstury. Metoda ta uwzględnia nie tylko samą teksturę, lecz także strukturę i układ elementów w obrazie, co przyczynia się do generowania spójnych i wiarygodnych elementów. W przeciwieństwie do metody rekonstrukcji tekstury, która skupia się głównie na odwzorowywaniu wzorców, metoda syntezy struktury opartej na przykładach uwzględnia również zależności między elementami, co przekłada się na bardziej realistyczne wyniki. Sam proces polega na wykorzystaniu podobieństwa pikseli poprzez pobieranie próbek tekstury z istniejących fragmentów obrazu. Należy jednak zaznaczyć, że metoda ta ma pewne ograniczenia i może nie dostarczać właściwych rezultatów w przypadku próby syntezy obszarów, na których brak jest podobnych pikseli (Jam i in., 2021, s. 3-4).

Inną metodą stosowaną w procesie rekonstrukcji jest technika oparta na dyfuzji, która wykorzystuje ten proces w celu przekazywania informacji z otaczających fragmentów do brakującego obszaru. Wspomniana metoda używana jest również do redukcji szumów oraz do segmentacji obszarów w celu rozdzielenia różnych obiektów na obrazie. Pomimo skuteczności w rekonstruowaniu obrazów o mniejszych rozmiarach, podejście oparte na dyfuzji ma pewne wady, ponieważ może prowadzić do utraty ostrości krawędzi i innych istotnych cech obrazu. Dlatego nie jest dobrze dostosowane do obrazów o większych rozmiarach, czego przyczyną jest sam proces rekonstrukcji, który działa poprzez uśrednianie wartości pikseli w sąsiedztwie, co powoduje rozmycie szczegółów na obrazie (Salem, 2021, s. 3-4).

Metoda rekonstrukcji rzadkiej powiązana jest z założeniem, że większość informacji na obrazie skoncentrowana jest w niewielkiej liczbie pikseli, co oznacza, że zebrane dane mają niską rozdzielczość lub brakuje w nich pewnych informacji. Metoda ta stara się uzyskać pełniejszy obraz na podstawie ograniczonych danych. Przykładem takiego obrazu jest zdjęcie po badaniu angiograficznym, na którym kilka pikseli jest jasnych (o wysokiej intensywności sygnału), a reszta jest ciemna (o niskiej intensywności sygnału) (Yang i in., 2016, s. 3).

Ostatnią z metod przedstawionych w artykule jest metoda hybrydowa, która charakteryzuje się innowacyjnym podejściem łączącym różne techniki i metody w celu osiągnięcia jak najlepszych rezultatów. Wykorzystuje ona synergiczne efekty poszczególnych metod, tworząc potężne narzędzie o szerokim zakresie zastosowań. Dzięki swojej elastyczności i zdolności do adaptacji do różnych scenariuszy metoda hybrydowa staje się coraz bardziej popularnym rozwiązaniem w dziedzinie analizy

i przetwarzania obrazów. Jej zaletą jest możliwość wykorzystania najlepszych cech różnych metod, co prowadzi do osiągnięcia lepszych efektów, które przekraczają możliwości metod pojedynczych (Jam i in., 2021, s. 6).

Na podstawie analizy literatury można wyciągnąć wnioski, że każda z przedstawionych metod rekonstrukcji obrazów posiada swoje indywidualne cechy, które przekładają się zarówno na zalety, jak i wady, a wybór najskuteczniejszej zależy od specyfiki danego zadania. Natomiast sama technologia do rekonstrukcji obrazów może być skutecznym narzędziem wspomagającym procesy decyzyjne w dziedzinie rekonstrukcji obrazów medycznych oraz rekonstrukcji dzieł sztuki.

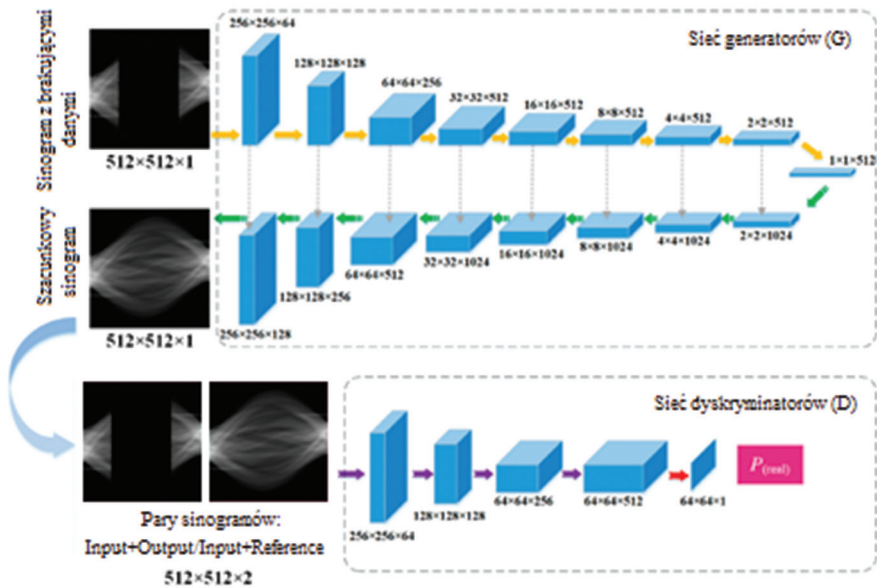
3. Rekonstrukcja obrazów medycznych

Obrazy medyczne, takie jak rezonans magnetyczny (MRI), tomografia komputerowa (CT) czy ultrasonografia (USG), stanowią podstawę właściwej diagnostyki i planowania leczenia pacjenta. Jednakże, zanim lekarz będzie mógł zinterpretować uzyskane obrazy, zasadne jest przeprowadzenie procesu ich rekonstrukcji. W tym celu wykorzystuje się zaawansowane algorytmy matematyczne oraz techniki obliczeniowe, które umożliwiają uzyskanie dokładnych i precyzyjnych obrazów.

Rekonstrukcja obrazów z MRI jest konieczna ze względu na sposób działania aparatury, która opiera się na pomiarze sygnałów elektromagnetycznych generowanych przez tkanki ciała w odpowiedzi na pole magnetyczne i fale radiowe. W niektórych przypadkach zdarza się, że dane obszary ciała nie emitują wystarczająco silnych sygnałów, aby zostać zarejestrowane przez MRI. Ponadto ruch pacjenta podczas skanowania może także wpłynąć na jakość obrazu (Wang i in., 2021, s. 2). Innym z powodów rekonstrukcji obrazów MRI jest fakt, że są one często tworzone za pomocą sekwencji skanów, a każda z nich wykorzystuje różne parametry, takie jak czas trwania impulsu i czas powtórzeń. Te zmienne parametry mogą wpłynąć na jakość zdjęcia, powodując zakłócenia w obrazie końcowym.

W przypadku CT wykonywane są obrazy przekrojowe ciała za pomocą promieniowania rentgenowskiego, które zawierają informacje o różnych tkankach i organach wewnętrznych ciała. Działa to na zasadzie przepuszczenia promieni rentgenowskich przez organizm pacjenta, jednak czasami pewne obszary mogą nie zostać właściwie pokryte promieniami, co skutkuje brakującymi fragmentami na obrazie (Li i in., 2019, s. 1-2). Rysunek 1 przedstawia sinogram (tablice danych uzyskanych podczas CT) zawierający brakujące dane, które zostały uzupełnione przez sieć generatywną.

Dodatkowe dane uzyskane za pomocą sieci generatywnej w procesie uzupełniania brakujących fragmentów sinogramu mają istotne znaczenie w poprawie jakości obrazów tomograficznych. Poprzez precyzyjne wypełnianie luk i fragmentów sieć generatywna umożliwia lekarzom i radiologom dokładniejszą analizę tkanki i organów wewnętrznych pacjenta. Dzięki temu możliwe jest wykrycie i diagnozowanie różnych patologii oraz monitorowanie postępu terapii.



Rys. 1. Struktura sieci dla generatora (górną) i dyskryminatora (dół)

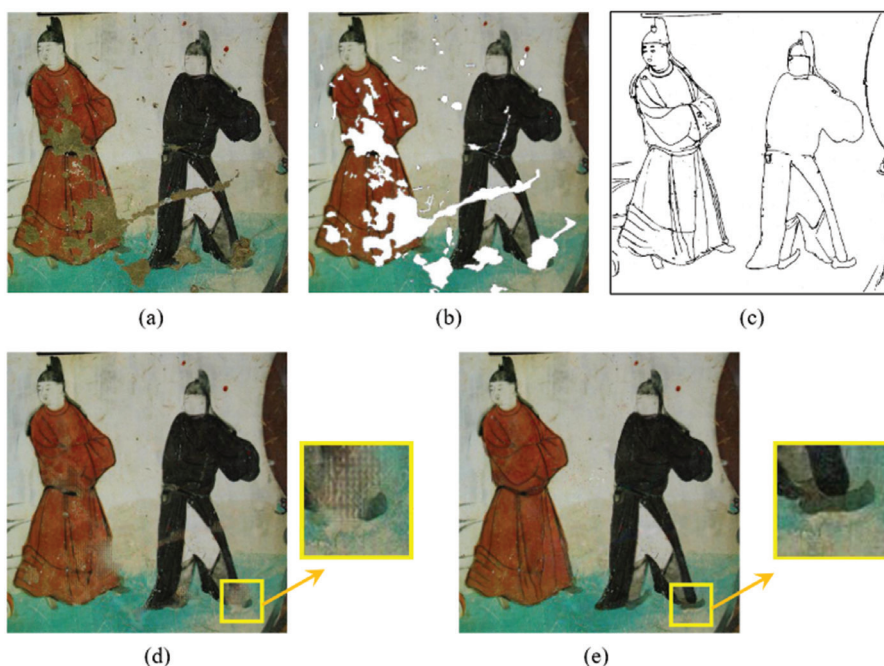
Źródło: (Li i in., 2019).

W przypadku USG obraz tworzony jest przez analizę odbitego od tkanek ultradźwięku. Sygnał ultradźwiękowy jest wysyłany przez sondę USG i po odbiciu od tkanek wraca do sondy. Aparat rejestruje sygnał i przekazuje go do systemu przetwarzania, gdzie jest analizowany i konwertowany na obraz. Jakość tego obrazu zależy od wielu czynników, takich jak: jakość sondy i sygnału, kąt nachylenia sondy, grubość tkanki czy ruch pacjenta. Dlatego rekonstrukcja obrazów USG jest kluczowa dla poprawy dokładności stawianej diagnozy (Chen i in., 2023, s. 1-2), a wykorzystane do tego techniki pozwalają na uzyskanie dokładniejszych i bardziej szczegółowych obrazów, co jest szczególnie istotne w przypadku diagnostyki chorób i urazów wewnętrznych ciała. Natomiast sam proces rekonstrukcji zdjęcia pozwala dodatkowo na dogłębne zrozumienie struktury i kontekstu obrazu.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zastosowanie technologii i technik do rekonstrukcji obrazów medycznych umożliwia uzupełnienie brakujących fragmentów – artefakty są zwykle spowodowane przez metalowe implanty lub ograniczone pole widzenia. Wykorzystanie tej technologii pozwala uzyskać bardziej kompletne obrazy, co może wpływać na lepszą jakość diagnoz i skuteczniejsze podejmowanie decyzji przez lekarzy. Ponadto omawiana technologia może również pomóc w rekonstrukcji obrazów 3D, które są przyszłością obrazowania medycznego.

4. Rekonstrukcja dzieł sztuki

Rekonstrukcja uszkodzonych dzieł sztuki to praktyka sięgająca początków twórczości artystycznej człowieka, a jej pierwotne zastosowanie obejmowało przywracanie brakujących obszarów lub modyfikowanie uszkodzonych pól w sposób niewykrywalny przez obserwatora (Richard i Chang, 2001, s. 1). Ponieważ proces ten wymagał szczegółowej znajomości danego dzieła, pierwotnie konserwacją obrazów zajmowali się ich właściciele, a następnie wykształceni w tej dziedzinie specjaliści. Jednakże przed wynalezieniem fotografii oraz przed zastosowaniem rozwiązań matematycznych restauracje były często niemożliwe lub bardzo trudne do osiągnięcia. Dopiero wraz z rozwojem techniki przetwarzania obrazów pojawiły się nowe metody ich rekonstrukcji wykorzystujące algorytmy uczenia maszynowego, które zostały zastosowane m.in. do rekonstrukcji wpisanych na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO malowideł ściennych w Jaskiniach Mogao w Chinach. Przedstawione na rysunku 2 obiekty pochodzą z okresów panowania dynastii Jin do okresu panowania dynastii Song, tj. od III do XIII w. Naturalne wietrzenie skał i szkody dokonane przez człowieka spowodowały pęknięcia oraz zblaknięcie kolorów.



Rys. 2. Rekonstrukcja malowidła: (a) obraz oryginalny; (b) wykrycie obszarów wymagających rekonstrukcji; (c) obraz linii pomocniczych; (d) wynik rekonstrukcji bez linii pomocniczych; (e) wynik rekonstrukcji z liniami pomocniczymi

Źródło: (Li i in., 2022).

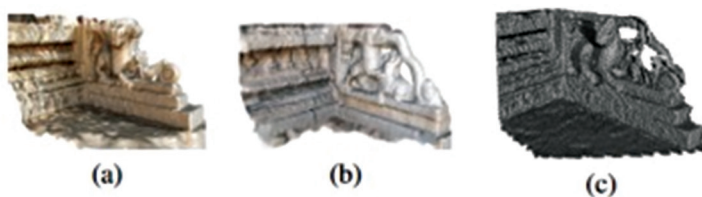
Mimo iż renowacja malowideł jest możliwa bezpośrednio na skale, istnieje ryzyko, że błędy konserwatorskie mogą trwale uszkodzić polichromię. Dlatego ich digitalizacja nie tylko pozwala na trwałe przechowywanie kopii w formacie cyfrowym, ale przede wszystkim umożliwia wykonanie dowolnej liczby odwzorowań, które zawierają brakujące obszary, dając tym samym gotowy wzorec dla konserwatorów przed przystąpieniem do ostatecznej pracy nad oryginałem (Li i in., 2022, s. 1).

Algorytmy do rekonstrukcji obrazów, mimo braku intuicji, znajdują swoje zastosowanie w tak kreatywnym obszarze, jak sztuka, wspomagając tym samym wykwalifikowanych artystów w pracach konserwatorskich. Dodatkowo wykorzystanie uczenia głębokiego eliminuje ograniczenia ludzkiego systemu wzrokowego, który wraz z czasem pracy słabnie, co skutkuje utratą koncentracji.

Podsumowując, należy stwierdzić, że w obszarze rekonstrukcji dzieł sztuki technologie mogą pomóc w odnowieniu i przywróceniu oryginalnej formy uszkodzonych malowideł, co może mieć znaczący wpływ na zachowanie dziedzictwa kulturowego. Ich wykorzystanie może również pomóc w przywróceniu oryginalnych detali dzieł sztuki, co może poprawić ich jakość i autentyczność.

5. Rekonstrukcja obiektów 3D

Rekonstrukcja obiektów 3D polega na uzupełnieniu brakujących danych w trójwymiarowym modelu za pomocą informacji o jego otoczeniu. Algorytmy odpowiedzialne za rekonstrukcję analizują strukturę trójwymiarowego obiektu, szukając w jego sąsiedztwie informacji, które pozwalają na uzupełnienie brakujących obszarów. Na rysunku 3 przedstawiono proces rekonstrukcji uszkodzonego ramienia bocznego świątyni za pomocą algorytmu uczenia głębokiego.



Rys. 3. Proces rekonstrukcji uszkodzonego ramienia bocznego świątyni: (a) uszkodzona konstrukcja; (b) podobny przykład; (c) rekonstrukcja

Źródło: (Sahay i Rajagopalan, 2015).

Istnieją różne metody rekonstrukcji obiektów 3D, a wybór odpowiedniej zależy od konkretnych potrzeb i rodzaju modelu trójwymiarowego. Jedną z popularnych jest tzw. metoda propagacji fali, polegająca na wykorzystaniu informacji z otoczenia brakującego fragmentu do przewidywania kolorów i tekstur w uzupełnionym elemencie (Sahay i Rajagopalan, 2015, s. 1).

Przyszłość rekonstrukcji 3D wydaje się bardzo obiecująca, ponieważ zastosowania tej techniki obejmują wizualizację medyczną, odwzorowania pomieszczeń, wirtualną rzeczywistość, a także produkcję filmową i telewizyjną. Natomiast jednym z wyzwań związanych z tą metodą jest opracowanie takich algorytmów, które będą działać skutecznie i wydajnie na dużych zbiorach danych.

6. Podsumowanie

W niniejszym artykule przeanalizowano obszary zastosowania technologii i technik rekonstrukcji obrazów. Wykorzystanie tego typu rozwiązań w medycynie może prowadzić do osiągnięcia bardziej kompletnych i autentycznych obrazów, co wpływa na poprawę jakości i dokładności stawianej diagnozy. Natomiast w kontekście sztuki jej zastosowanie pełni istotną rolę w ochronie dziedzictwa kulturowego.

Do rekonstrukcji obrazów wykorzystuje się różnorodne metody, takie jak modelowanie oparte na krawędziach i strukturze, sieci neuronowe oraz podejścia oparte na algorytmach uczenia maszynowego. Analiza zastosowania technologii rekonstrukcji uszkodzonych obrazów w procesach decyzyjnych wykazuje zarówno korzyści, jak i potencjalne zagrożenia. Korzyści obejmują możliwość odtworzenia brakujących fragmentów obrazów, co przyczynia się do poprawy diagnostyki medycznej oraz rekonstrukcji dzieł sztuki. W medycynie rekonstrukcja obrazów wpływa na poprawę dokładności diagnoz oraz na skrócenie czasu oczekiwania na wyniki badań. W odniesieniu do dzieł sztuki umożliwia natomiast zachowanie oryginalnego wyglądu obiektu i odnowienie jego uszkodzonych fragmentów. Jednakże istnieją pewne zagrożenia i ograniczenia związane z tymi technologiami. Jednym z głównych jest potencjalna utrata informacji diagnostycznych w wyniku rekonstrukcji, co może prowadzić do nieprawidłowych interpretacji lub pominięcia istotnych cech patologicznych. Ponadto jakość danych treningowych wykorzystanych do uczenia modeli może wpływać na dokładność i wiarygodność odtworzonych obiektów. Istnieje również ryzyko utraty spójności kolorów i tekstur w samym procesie, mogące prowadzić do zniekształceń lub nieodpowiedniego odwzorowania pierwotnego obrazu. Dodatkowo niejednoznaczność hiperparametryzacji modeli może wymagać eksperymentów i dostosowań, co wpływa na ostateczną jakość obrazów. W związku z tym sugeruje się dalsze badania w celu doskonalenia technologii i technik ich rekonstrukcji.

Reasumując, należy stwierdzić, że skuteczność technologii do rekonstrukcji obrazów jest zależna od jakości dostępnych danych wejściowych, właściwie dobranych technik rekonstrukcji oraz odpowiednio dostrojonych parametrów i hiperparametrów modelu.

Literatura

- Chen, L., Qiao, C., Wu, M., Cai, L., Yin, C., Yang, M., ... Bai, W. (2023). Improving the Segmentation Accuracy of Ovarian-Tumor Ultrasound Images Using Image Inpainting. *Bioengineering*.
- Grzywacz, J. i Jagodzińska-Komar, E. (2021). Nauki ekonomiczne (t. XXXIV). *Rola sztucznej inteligencji w rozwoju sektora bankowego*.
- Harari, Y. (2015). *Homo Deus. Krótka historia jutra*. Wydawnictwo Literackie.
- Jam, J., Kendrick, C., Walker, K., Drouard, V., Hsu, J. i Yap, M. (2021). A Comprehensive Review of Past and Present Image Inpainting Methods. *Computer Vision and Image Understanding*.
- Li, L., Zou, Q., Zhang, F., Yu, H., Chen, L., Song, C., ... Wang, X. (2022). *Line Drawing Guided Progressive Inpainting of Mural Damages*.
- Li, Z., Cai, A., Wang, L., Zhang, W., Tang, C. i Li, L. (2019). Promising Generative Adversarial Network Based Sinogram Inpainting Method for Ultra-Limited-Angle Computed Tomography Imaging. *Sensors*.
- Patrzyk, S. i Woźniacka, A. (2022). *Sztuczna inteligencja w medycynie*. Uniwersytet Medyczny w Łodzi.
- Qin, Z., Zeng, Y. i Xu, F. (2021). Image inpainting based on deep learning. *Displays*, 69(102028).
- Richard, M. i Chang, M. (2001). Fast Digital Image Inpainting. *Proceedings of the IASTED International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP 2001)*. Department of Computer Science State University of New York at Stony Brook Stony Brook.
- Sahay, P. i Rajagopalan, A. (2015). Geometric inpainting of 3D structures. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*.
- Salem, N. (2021). A Survey on Various Image Inpainting Techniques. *Future Eng*.
- Wang, Q., Chen, Y., Zhang, N. i Gu, Y. (2021). Medical Image Inpainting with Edge and Structure Priors. *Measurement*, 185.
- Yang, A., Kretzler, M., Sudarski, S., Gulani, V. i Seiberlich, N. (2016). Sparse Reconstruction Techniques in MRI: Methods, Applications, and Challenges to Clinical Adoption. *Investigative radiology*.

Areas of application of technologies and techniques for image reconstruction

Abstract: The article focuses on the analysis of the application of image reconstruction technologies and techniques in various areas. It aims to demonstrate the potential of these solutions in decision-making processes, such as the reconstruction of medical images, works of art, and three-dimensional objects. The study is based on the method of analysing selected case studies. The analysis of the results shows that the implementation of such technology can benefit by obtaining more complete and authentic images, which contributes in medicine to the improvement of diagnosis and, in the case of works of art, to the preservation of the original appearance of the works. However, the effectiveness of these image reconstruction techniques is dependent on the specific problem, the quality of the input data, and the reconstruction method used.

Keywords: machine learning, image reconstruction methods, image diagnostics, artwork reconstruction