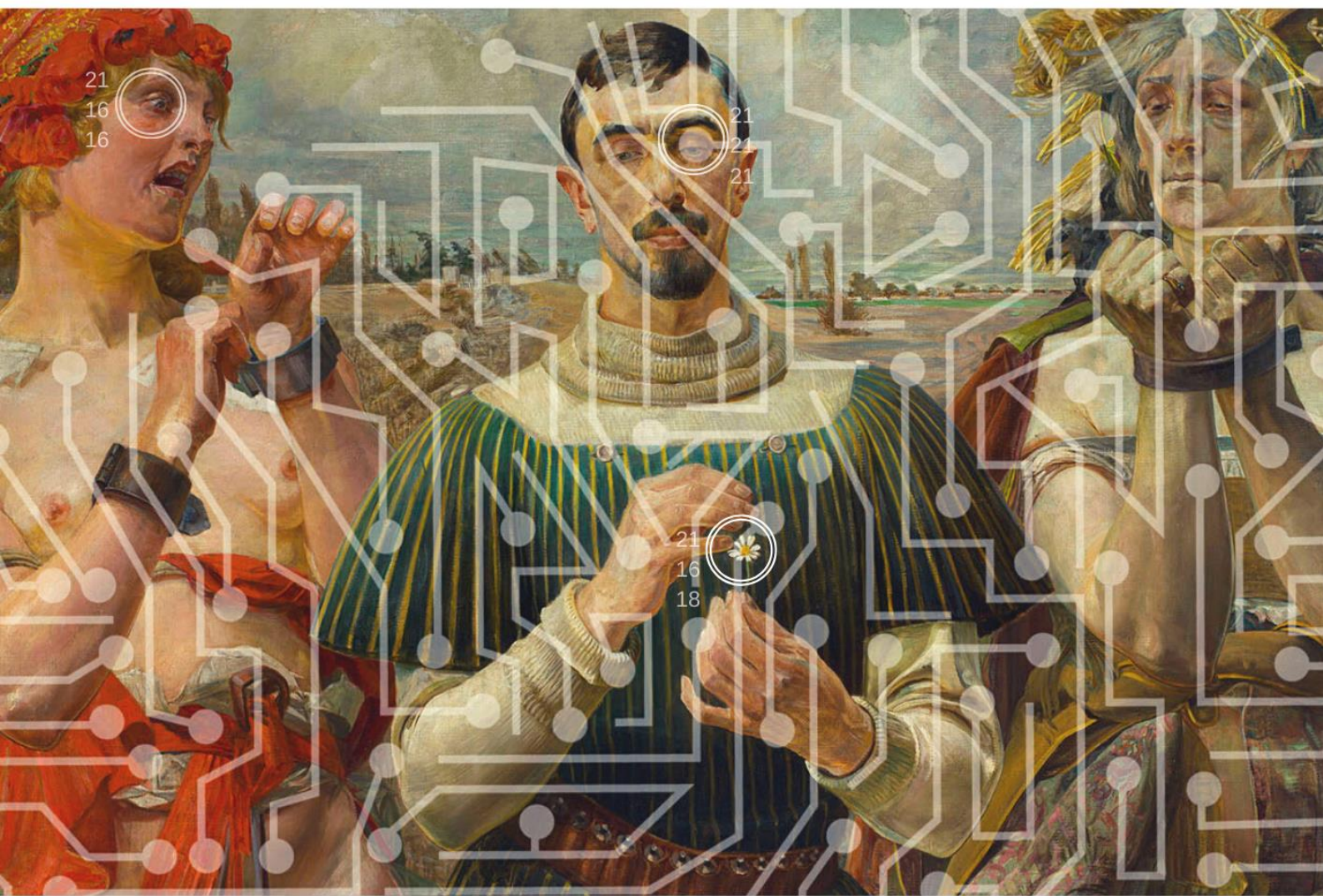


2019/2020

SI

WYKORZYSTANIE ALGORYTMÓW SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W INSTYTUCJACH KULTURY

Ekspertyza Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego



WYKORZYSTANIE ALGORYTMÓW SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W INSTYTUCJACH KULTURY

Ekspertyza przygotowana na zlecenie Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego

Autorzy:

dr Aleksandra Przegalińska
Leon Ciechanowski

Ze strony Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego:

Marta Mejzner
Zespół Kultury Cyfrowej
Departament Własności Intelektualnej i Mediów

Okładka:

Grafika z wykorzystaniem odwzorowania obrazu [Hamlet polski – Portret Aleksandra Wielopolskiego](#) ze zbiorów Muzeum Narodowego w Warszawie

**Ministerstwo
Kultury
i Dziedzictwa
Narodowego.**

Warszawa
2019/2020

Spis treści

Wstęp teoretyczny	4
Definicja SI	4
Technologie SI	6
UCZENIE MASZYNOWE	6
PRZETWARZANIE JĘZYKA NATURALNEGO	10
WIDZENIE KOMPUTEROWE	11
Sztuczna inteligencja a kontekst europejski	13
Strategia rozwoju SI w Polsce	16
Potencjał SI w sektorze GLAM	17
Sztuczna inteligencja dla dziedzictwa kulturowego – przykłady zastosowań	23
Analiza sentymentu	28
Roboty i chatbooty w muzeach	32
Artysta - Robot	34
SI jako Kurator	36
Analiza kolekcji i wizualizacja danych	37
TIME MACHINE	44
Cyfrowa rekonstrukcja zabytków	45
SI w archeologii	46
Odszyfrowanie starożytnych języków	47
Rekonstrukcja i tworzenie muzyki	48
SI - Pisarzem	49
Kinematografia	49
Polskie instytucje kultury a SI	51
MUZEA	51
PROJEKT CoArt - MUZEUM NARODOWE WE WROCŁAWIU	51
HACKATHONY	52
WYSTAWY WYKORZYSTUJĄCE AI	55
BIBLIOTEKI	56
ARCHIWA	57
INSTYTUCJE AUDIOWIZUALNE	60
INNE	61
Podsumowanie	64
Bibliografia	67

Wstęp teoretyczny

Obecnie, w dobie gospodarki algorytmicznej, opartej na danych jak i cyfrowego środowiska usług oraz automatyki procesów sztuczna inteligencja, a zwłaszcza uczenie maszynowe znajduje coraz szersze zastosowanie. Sztuczna inteligencja (SI) rozwija się w szybkim tempie. Głównymi siłami napędowymi są niewątpliwie ogromne zbiory dostępnych danych oraz coraz większa moc obliczeniowa komputerów, a także nowe algorytmy potrafiące te zasoby wykorzystać. Ostatnie osiągnięcia w dziedzinie sztucznej inteligencji widzimy przede wszystkim w szeregu zastosowań i wdrożeń w biznesie, administracji publicznej, edukacji czy zdrowiu. Systemy oparte na SI można znaleźć w wielu aplikacjach, od smartfonów po systemy CRM, a także w wielu organizacjach w zakresie implementacji systemów wspomaganie decyzji (np. na giełdzie papierów wartościowych). Co więcej, od kilku lat poza ciekawostkami obserwujemy także coraz liczniejsze praktyczne zastosowania sztucznej inteligencji tj.: autonomiczne samochody, zrobotyzowane i samo-zarządzające się magazyny, inteligentne sieci energetyczne, doskonałe systemy *voice-to-text* oraz tłumaczenia maszynowe, a także trafne rekomendacje platform takich jak *Netflix* czy *Spotify*. Jednocześnie sztuczna inteligencja wiąże się z szeregiem potencjalnych zagrożeń takich jak nieprzejrzyste podejmowanie decyzji, dyskryminacja ze względu na płeć lub inne czynniki, ingerencja w nasze życie prywatne czy wykorzystanie w celach przestępczych.

Definicja SI

Sam termin “sztuczna inteligencja” jest trudny do zdefiniowania. **Sztuczna inteligencja** (SI lub AI od ang. *artificial intelligence*) zwykle rozumiana jest jako szerokie pojęcie obejmujące wszelkie próby naśladowania inteligencji człowieka: od prostych systemów opartych o kilka zdefiniowanych przez programistę reguł (np. do gry w kółko i krzyżyk), po złożone modele potrafiące rozpoznawać obiekty na zdjęciach czy interpretować wypowiedzi w języku naturalnym. Warto tutaj wyróżnić silną SI (ang. *Strong AI*), do której dopiero zmierzamy i która w niczym nie ustępowałaby inteligencji ludzkiej, oraz słabą SI (ang. *Weak AI* lub *Narrow AI*), która już dzisiaj potrafi rozwiązać konkretne, z góry określone problemy w sposób zbliżony do tego, w jaki podszedłby do nich człowiek.

Sztuczną Inteligencję możemy traktować także jako multidyscyplinarny obszar, który powstał na przecięciu filozofii, matematyki, ekonomii, psychologii, neuronauki, teorii kontroli, robotyki oraz inżynierii komputerowej, w ramach którego rozwijanych jest

szereg technologii obliczeniowych (informatycznych)¹. Ich główną funkcją jest uczenie maszynowe, przetwarzanie języka naturalnego, automatyczne wnioskowanie, przewidywanie, optymalizowanie, nawigowanie i rekomendowanie, rozpoznawanie oraz generowanie mowy i obrazu.

Wciąż jednak sztuczna inteligencja nie doczekała się jeszcze definicji legalnej, czyli wynikającej z aktu prawnego. W przygotowanej w 2019 r. przez Ministerstwo Cyfryzacji *Polityce Rozwoju Sztucznej Inteligencji w Polsce na lata 2019 – 2027* w ślad za rekomendacją HLEG (ang. *High - Level Expert Group*) on AI dla KE wyrażoną w dokumencie *Definition of Artificial Intelligence*² oraz za rekomendacją grupy AIGO³ (dla grupy krajów OECD), przyjęto następującą definicję techniczną:

“Sztuczna inteligencja jest systemem informatycznym (działającym w postaci oprogramowania software lub w postaci zintegrowanej w urządzeniu fizycznym hardware) stworzonym przez człowieka, który rozwiązuje złożone problemy i funkcjonuje w wymiarze zarówno fizycznym jak i cyfrowym. System taki funkcjonuje postrzegając swoje otoczenie poprzez pozyskiwanie i interpretację zgromadzonych, ustrukturyzowanych i nieustrukturyzowanych danych, wyciąganie wniosków z dostępnej wiedzy, przetwarzanie informacji uzyskanych na podstawie tych danych po to, aby podejmować decyzje co do najlepszego działania dla osiągnięcia założonego celu. Systemy oparte na Sztucznej Inteligencji mogą zarówno wykorzystywać wzorce symboliczne, jak i analizować modele numeryczne. Mogą one również być refleksyjne, tzn. dostosowywać własny model postępowania poprzez analizę wpływu swoich wcześniejszych działań na otoczenie.”⁴

Dyskusje na temat sztucznej inteligencji sięgają lat czterdziestych i pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Od momentu powstania tej dziedziny sześćdziesiąt lat temu tempo postępów w sztucznej inteligencji było niejednolite i nieprzewidywalne. Jej historia obejmuje zarówno okresy obfitego finansowania i żywotnego zainteresowania (możemy je nazwać “latem SI”), jak i okresy rozczarowania i ogólnego braku inwestycji - tak zwane “zimy SI” [Hendler 2008]. Warto zauważyć, że wiele wynalazków i innowacji z zakresu SI, które opinia publiczna dzisiaj postrzega jako całkowicie nowe, również pochodzi sprzed kilkudziesięciu lat. Dobrym przykładem są tutaj sztuczne sieci neuronowe, które zostały opracowane koncepcyjnie najpierw w latach 40-tych XX wieku, później w latach 80-tych, ale dopiero teraz stają się najważniejszym paradygmatem sztucznej inteligencji.

¹ *Polityka Rozwoju Sztucznej Inteligencji w Polsce na lata 2019 – 2027*, Ministerstwo Cyfryzacji, 2019, s.10-11 [dostęp: 6.03.2020]

² <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines> [dostęp: 6.05.2020]

³ <https://www.oecd.org/going-digital/ai/oecd-moves-forward-on-developing-guidelines-for-artificial-intelligence.htm> [dostęp: 6.05.2020]

⁴ Tamże s. 10

Sztuczna inteligencja jest technologią dynamicznie transformującą. Jeśli weźmiemy pod uwagę historyczny rozwój sztucznej inteligencji, możemy wymienić trzy główne paradygmaty rozwoju w tej dziedzinie:

- **symboliczną SI** – składającą się m.in. z indukcyjnego programowania logicznego, automatyzacji procesów robotycznych i systemów eksperckich (w tym systemów rozmytych);
- **statystyczną SI** – składającą się z sieci decyzyjnych, programowania probabilistycznego (w tym syntezy programów bayesowskich), widzenia maszynowego (tworzenia i adekwatnego rozpoznawanie obrazu) przetwarzanie języka naturalnego i uczenia maszynowego;
- **subsymboliczną SI** – polegającą na budowaniu wieloagentowych, rozproszonych systemów (w tym inteligencji roju), przetwarzania afektywnego (tzw. informatyki emocjonalnej), inteligencji ucieleśnionej i różnych systemach autonomicznych [Knight 1989; West 2018; Kaplan and Haenlein 2019].

Szeroki wachlarz aplikacji biznesowych SI, wynikających zarówno z rozwoju paradygmatu symbolicznego, sub-symbolicznego, jak i statystycznego, obejmuje m.in. ocenę ryzyka finansowego, optymalizację cen, personalizację usług, diagnostykę medyczną, systemy rekomendacyjne oraz wirtualnych asystentów (*chatboty*).

Technologie SI

Sztuczna inteligencja to złożona dziedzina obejmujące kilka kluczowych obszarów:



widzenie komputerowe (maszynowe) (ang. *computer vision*);



przetwarzanie języka naturalnego (ang. *natural language processing*);



tworzenie wirtualnych asystentów i robotów (ang. *robotics*);



automatyzację procesów (ang. *process automation/ digital automation*);



uczenie maszynowe (ang. *machine learning*) w tym najbardziej zaawansowane techniki, takie jak głębokie uczenie się (ang. *deep learning*), czy rozpoznawanie wzorców (ang. *pattern recognition*) [Simon 1996; Rasmussen, Pejtersen i Goodstein 1994; Woods and Hollnagel 2005; Ogiela i Ogiela 2012]⁵.

UCZENIE MASZYNOWE

Najpowszechniej obecnie stosowaną dyscypliną w ramach SI jest **uczenie maszynowe** (ang. *machine learning, ML*), które jest ściśle powiązane z analityką danych oraz programowaniem eksploracji danych (*data mining*). Zarówno *machine learning*, jak

⁵ [Artificial Intelligence Technology Landscape](#) [dostęp: 20.04.2020]

i *data mining* wykorzystują algorytmy matematyczne do przeszukiwania danych oraz wyszukiwania wzorców, dzięki którym maszyny uczą się rozwiązywać określone zadania np. rozpoznawanie obiektów. Podstawę do nauczenia maszyny wykonywania danych działań są odpowiednie zestawy danych tzw. szkoleniowych. Uczenie maszynowe wykorzystuje różne metody uczenia komputera logicznego rozumowania. Zwykle są one wyrażone w algorytmie tj. skończonym zestaw instrukcji, opisującego rozwiązanie konkretnego problemu. Można także powiedzieć iż uczenie maszynowe polega głównie na 4 działaniach:

1. kategoryzacji / katalogowaniu informacji;
2. przewidywaniu określonych zdarzeń na podstawie zidentyfikowanych wzorców;
3. identyfikacji nieznanymi do tej pory wzorców i zależności między danymi;
4. wykrywaniu anomalii oraz nieprzewidywalnych zdarzeń.

Uczenie maszynowe nie jest jednolitą technologią. Sposób jej działania zależy w dużej mierze od tego, z jakich algorytmów korzysta i jakimi danymi zostanie zasilona. Wyróżnia się 3 podstawowe techniki uczenia maszynowego:

- **uczenie nadzorowane** (ang. *supervised learning*);
- **uczenie nienadzorowane** (ang. *unsupervised learning*);
- **uczenie przez wzmocnienie** (ang. *reinforcement learning*).

Uczenie nadzorowane ma za zadanie wyszukiwać w danych wzorce, które mogą być wykorzystywane w procesach analitycznych. Do uczenia nadzorowanego niezbędne jest zbudowanie zestawu danych i zrozumienie sposobu, w jaki dane są klasyfikowane. Takie dane mają charakterystyczne cechy, które określają ich znaczenie. Dzięki temu można np. zbudować aplikację wykorzystującą uczenie maszynowe, która na podstawie obrazów i pisemnych opisów rozróżnia miliony zwierząt. Uczenie nadzorowane korzysta także z takich metod jak regresja, często stosowana w prognozowaniu wzrostu populacji lub szacowaniu oczekiwanej długości życia i klasyfikacji oraz m.in. w wykrywaniu oszustw tożsamościowych [Zhu 2005; Triff, Wiechert, and Lingras 2017]. Inne przykłady zastosowania: zarządzanie ryzykiem, wykrywanie nadużyć, personalizacja interakcji, rozpoznawanie mowy, tekstu i obrazu oraz segmentacji klientów.

Nienadzorowane uczenie jest stosowane, gdy problem wymaga przetworzenia ogromnej ilości nieoznaczonych danych. Polega na redukcji wymiarowości (*dimensionality reduction*), która pozwala na wizualizację dużych wolumenów danych oraz klastrowania (*clustering*). W ramach uczenia nienadzorowanego przeprowadzany jest proces iteracyjny polegający na przeanalizowaniu danych bez udziału człowieka. Ma on zastosowanie w narzędziach do wykrywania spamu. Ten typ uczenia maszynowego często wykorzystywany jest także w biznesie w procesie segmentacji klientów [Srivastava, Mansimov, and Salakhudinov 2015] oraz budowania systemów rekomendacji produktów i usług (Netflix, Amazon, etc.).

Najbardziej podstawową wadą każdego algorytmu uczenia nadzorowanego jest to, że zbiór danych musi być ręcznie oznakowany przez inżyniera uczenia maszynowego lub naukowca danych. Jest to bardzo kosztowny proces, szczególnie w przypadku dużych ilości danych. Z kolei główną wadą uczenia bez nadzoru jest to, że jego spektrum zastosowań jest ograniczone. W związku z czym, aby zapobiegać nierówności obu technik wyróżnia się także **uczenie częściowo nadzorowane** (ang. *semi-supervised learning*). Jest to dziedzina uczenia maszynowego, której celem jest połączenie tych dwóch zadań [Chapelle i in. 2006b; Zhu 2008]. Zazwyczaj częściowo nadzorowane algorytmy uczenia się próbują poprawić wydajność jednego z tych dwóch zadań, wykorzystując informacje ogólnie powiązane z drugim. Na przykład przy rozwiązywaniu problemu z klasyfikacją dodatkowe punkty danych, dla których etykieta jest nieznana, mogą być wykorzystane w celu ułatwienia procesu klasyfikacji. Przykłady zastosowania: rozpoznawanie mowy i obrazu, klasyfikacja stron internetowych.


Uczenie przez wzmocnienie to behawioralny model uczenia się. W rezultacie analizy danych algorytm otrzymuje informację zwrotną, która prowadzi użytkownika do uzyskania najlepszego wyniku. Uczenie przez wzmocnienie różni się od innych rodzajów uczenia maszynowego tym, że system nie jest trenowany za pomocą przykładowego zestawu danych. Zamiast tego system uczy się metodą prób i błędów. Z tego powodu sekwencja właściwych decyzji spowoduje wzmocnienie procesu, ponieważ stanowi on najlepsze rozwiązanie danego problemu⁶. Jest wykorzystywane w nawigacji robotów, nabywaniu przez roboty fizycznych umiejętności (*skill acquisition*) oraz w grach, w których SI konkuruje z człowiekiem (w tym w szachy lub gry wideo) [Arel 2012; Rabinowitz et al. 2018], a także nawigacji (wybór trasy na podstawie informacji o natężeniu ruchu i warunkach na drodze). Źródła takie jak *Nature Machine Intelligence*⁷ oraz zbiór *Intelligent Technologies and Robotics*⁸, wydany przez Springer Nature, oferują szerokie spojrzenie na trendy w sztucznej inteligencji i związanych z nią technologii.

Wśród kategorii uczenia maszynowego można wyróżnić jeszcze **głębokie uczenie** (ang. *deep learning, DL*), które jest jedną z podstaw kognitywnego przetwarzania danych (*cognitive computing*). Głębokie uczenie to specyficzna metoda uczenia maszynowego, która łączy sieci neuronowe (często zwane ANN) w kolejne warstwy, by metodą iteracji uczyć się na podstawie danych. Złożone sieci neuronowe głębokiego uczenia są projektowane tak, by działały podobnie do ludzkiego mózgu, co pozwala trenować komputery pod kątem radzenia sobie z trudnymi do zdefiniowania abstrakcjami i problemami. Modele DL zazwyczaj wymagają bardzo dużej ilości danych trenujących oraz mocy obliczeniowej niezbędnej do ich przetworzenia – dlatego efekty ich działania obserwujemy dopiero od kilku lat. Głębokie uczenie sprawdza się szczególnie dobrze przy szukaniu wzorców w nieustrukturyzowanych danych. Znajduje szerokie zastosowanie w dziedzinach, które wymagają działań na danych nienumerycznych, na

⁶ Tamże, [dostęp: 4.12.2019]

⁷ <https://www.nature.com/natmachintell/> [dostęp: 15.11.2019]

⁸ <https://www.springer.com/gp/about-springer/media/press-releases/corporate/springer-nature-announces-new-ebook-collection--intelligent-technologies-and-robotics/16116560> [dostęp: 15.11.2019]



przykład w klasyfikacji obrazów, rozpoznawaniu mowy, wykrywaniu obiektów i opisywaniu zawartości takich zbiorów danych⁹.

Zastosowanie metod głębokiego uczenia, w tym rekurencyjnych sieci neuronowych, zwiększa także możliwości wirtualnych asystentów oraz chatbotów. W przeciwieństwie do botów opartych na klasycznych metodach uczenia maszynowego oraz zestawach reguł, boty wykorzystujące głębokie sieci neuronowe potrafią w bardziej naturalny sposób komunikować się z wykorzystaniem tekstu lub syntetyzowanej mowy, lepiej rozumieją kontekst dialogu i potrafią odpowiedzieć na nietypowe pytania. Oczywiście działanie botów może i powinno być wsparte klasycznymi modelami analitycznymi, które dobierają rekomendowane oferty, oceniają ryzyko związane z danym klientem, czy też informują o segmencie do którego należy dany klient. Sieci głębokie i rekurencyjne doskonale radzą sobie także z innymi zadaniami przetwarzania języka naturalnego (NLP) takimi jak analiza sentymentu, automatyczne streszczanie dokumentów czy też kategoryzacja tekstów.

Warto także zauważyć, że wdrażanie oprogramowania opartego na mechanizmach uczenia maszynowego stało się obecnie jednym z bardziej powszechnych trendów technologicznych. Co więcej rozwój usług publicznych w zakresie infrastruktury chmurowej, spowodował, iż coraz więcej firm oferuje narzędzia uczenia maszynowego jako usługi *MLaaS* (and. *Machine Learning as a Service*). *MLaaS* to zestaw usług, dostarczanych zwykle przez duże firmy korporacyjne tj. Amazon, Google, Microsoft czy IBM, które oferują gotowe, nieco ogólne narzędzia uczenia maszynowego, które mogą być dostosowane przez każdą organizację w ramach ich potrzeb roboczych. Usługi te obejmują między innymi wizualizację danych, mnóstwo interfejsów programowania aplikacji, rozpoznawanie twarzy, przetwarzanie języka naturalnego, analizę predykcyjną i głębokie uczenie się. Niewątpliwie dzięki skorzystaniu z tego typu usług mniejsze instytucje mogą łatwo skorzystać z wstępnie zbudowanych algorytmów i rozwiązań, tym samym oszczędzając czas jak ograniczając ryzyka i środki związane m.in. zatrudnieniem wykwalifikowanego zespołu specjalistów. Obecnie można wyróżnić cztery wiodące usługi *MLaaS* w chmurze, które umożliwiają szybkie szkolenie i wdrożenie modeli ML. Są to *Amazon Machine Learning*, *Azure Machine Learning*, *Google Cloud AI* i *IBM Watson*.

⁹ <https://www.ibm.com/pl-pl/analytics/machine-learning> [dostęp: 4.12.2019]

PRZETWARZANIE JĘZYKA NATURALNEGO

Przetwarzanie języka naturalnego (ang. *natural language processing*, NLP) stanowi połączenie sztucznej inteligencji i lingwistyki. Przetwarzanie języka naturalnego stosuje algorytmy, których zadaniem jest identyfikowanie oraz wyodrębnienie reguł języka naturalnego, w taki sposób, aby niestrukturalne dane były konwertowane w postać zrozumiałą dla komputerów. Następnie komputer wykorzystuje algorytm, aby zebrać niezbędne dane i wydobyć znaczenie z każdego zdania. NLP poczyniło znaczne postępy w ostatnich latach ze względu na szybki postęp w głębokim uczeniu się, szczególnie przy wykorzystaniu sztucznych głębokich sieci neuronowych (ANN). Niemniej NLP wciąż stanowi duże wyzwanie dla naukowców. Problem tkwi w naturze języka ludzkiego, a w zasadzie wieloznaczności jego wypowiedzi, wymaga znajomości kolejności słów, gramatyki, sensu, zaimków, czasu i idiomów, które różnią się znacznie w różnych językach. Zasady te nie są proste do zrozumienia oraz przeanalizowania przez komputery. Należy wziąć także pod uwagę, że przeprowadzenie tego procesu dla języka angielskiego czy niemieckiego będzie łatwiejsze niż dla języka polskiego, który charakteryzuje się także dość skomplikowaną gramatyką.

Przetwarzanie języka naturalnego ma zastosowanie w inteligentnych domach, samochodach, jak również w synteźatorach mowy, które pomagają ludziom niepełnosprawnym, niedowidzącym czy niedosłyszącym w komunikowaniu się z zewnętrznym światem. NLP wykorzystywana jest także w aplikacjach IVR (*Interactive Voice Response*) używanych w *call center*, aplikacjach do tłumaczenia języków, takich jak *Google translate* oraz edytorach tekstu, takich jak *Microsoft Word*, w celu sprawdzania dokładności gramatyki w tekście. Wyciąganie i podsumowywanie informacji, tj. przetwarzanie danych w języku naturalnym, pozwala również wyodrębnić i zsyntetyzować informacje z różnych źródeł tekstowych, takich jak raporty informacyjne, instrukcje obsługi itp. Technologia NLP jest jedną z ważniejszych technologii zarządzania wiedzą, ponieważ daje możliwość automatycznego przetworzenia treści (np. *www*), wyszukiwania elementów wiedzy oraz poszerzenia możliwości poznania rzeczywistości o nowe elementy, takie jak twierdzenia, relacje czy pojęcia. NLP jest także podstawową technologią stojącą za narzędziami takimi jak *chatboty*. Modele oprogramowania do rozpoznawania mowy umożliwiają aplikacjom zrozumienie języka mówionego i konwersję konwersacji na tekst. Najczęściej programiści łączą rozpoznawanie mowy z rozumieniem języka naturalnego i analizą intencji, aby określić, czego chce użytkownik. Najbardziej znanym przykładem tej technologii jest *Siri Apple'a*, *Google Home* i *Alexa Alexa*. Innym ciekawym przykładem zastosowania NLP na rynku może być aplikacja *SignAll*¹⁰, która pozwala na konwersję języka migowego na tekst, dzięki czemu osoby niesłyszące mogą się komunikować się z tymi, które nie znają języka migowego.

¹⁰ <https://techcrunch.com/2018/02/14/signall-is-slowly-but-surely-building-a-sign-language-translation-platform/>
[dostęp: 20.05.2020]

WIDZENIE KOMPUTEROWE

Computer Vision, nazywane też **widzeniem komputerowym** lub - nieco mniej dosłownie - **komputerowym rozpoznawaniem obrazów**, to jedna z umiejętności sztucznej inteligencji, zorientowana na rozpoznawanie zawartości obrazów - znajdujących się na wszelkiego rodzaju materiałach audiowizualnych (fotografiach, materiałach wideo etc.) [Klette 2014]. W zależności od dostępnych algorytmów widzenie komputerowe może z mniejszą lub większą skutecznością rozróżniać różne elementy obrazów. Inaczej działają algorytmy, śledzące ruch drogowy na podstawie obrazu z kamer, inaczej te rozpoznające emocje i wiek na podstawie zdjęć twarzy, a jeszcze inaczej te, które służą za pomoc dla niewidomych i opisują im dźwiękowo cały kontekst sytuacyjny. Tego rodzaju algorytmy pojawiały się już w latach 60-tych, niemniej ostatnie postępy w nauczaniu maszynowym, jak również znaczny rozwój technologii w zakresie przechowywania danych, możliwości obliczeniowych i dostępności wysokiej jakości urządzeń (m.in. kart graficznych), znacznie przyspieszyły rozwój oprogramowania do analizy treści wizualnych.

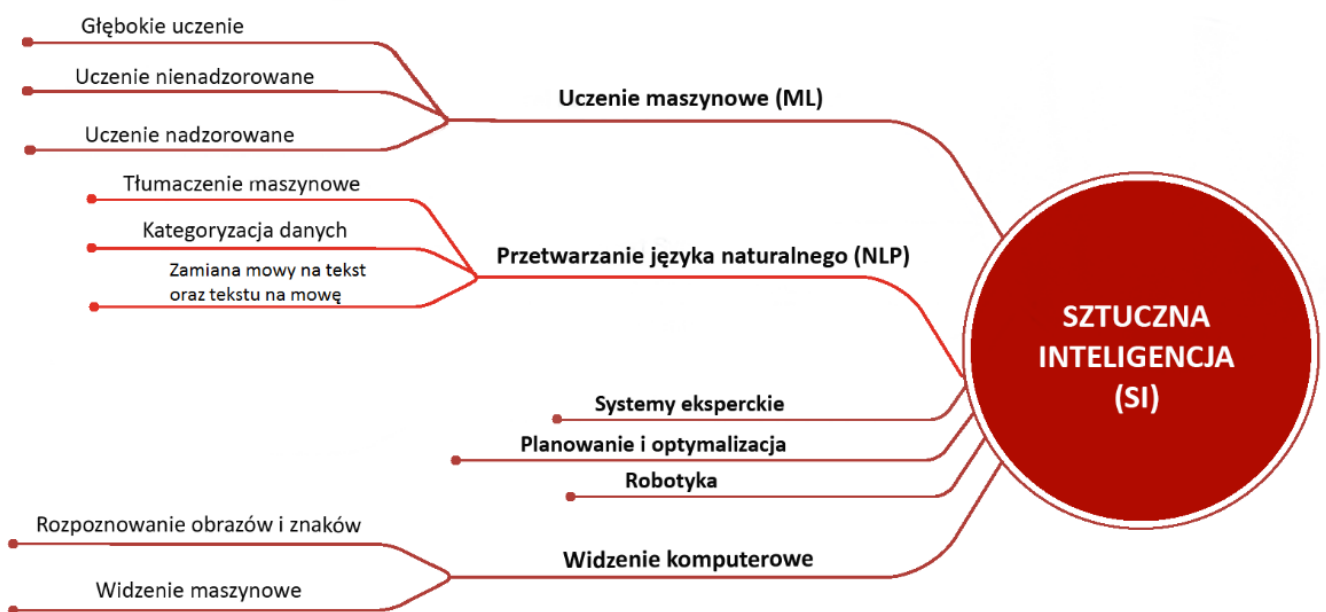
Widzenie komputerowe najczęściej wykorzystywane jest do:

- **Klasyfikacji obrazów** (ang. *image classification*) w celu m.in. grupowania obrazów pod kątem zdefiniowanego zapytania.
- **Identyfikacji** (ang. *identification*) – tj. analizy i rozpoznawania informacji pobranych na etapie wyodrębniania obiektów np. w celu identyfikacji twarzy lub odcisku palca konkretnej osoby czy też odczytanie tablic rejestracyjnych pojazdu.
- **Detekcji obrazu** (ang. *object detection*) – w celu do wykrywania i klasyfikowania danych obiektów na obrazach czy filmach.
- **Segmentacji semantycznej** (ang. *semantic segmentation*) - lub segmentacja obrazu w celu grupowania części obrazu, które należą do tej samej klasy obiektów.
- **Tworzenia obrazów** (ang. *image generation*), które polega na generowaniu nowych obrazów z istniejącego zestawu danych.
- **Transferu stylów** (ang. *style transfer*) – poprzez zmianę stylu np. malarskiego.
- **Oszacowania pozy** (ang. *pose estimation*) – w celu ustalania pozy lub orientacji danego obiektu względem kamery.

W dzisiejszych czasach widzenie komputerowe stało się jedną z najpopularniejszych dziedzin uczenia maszynowego, głównie z uwagi na szerokie spektrum wykorzystania. Aplikacje wykorzystujące *computer vision* obecnie mogą nie tylko rozwiązać trywialne zadania dotyczące np. rozpoznawania obiektów, ale także te bardziej skomplikowane tj. rekonstrukcje scen czy analizy ruchu drogowego. Widzenie komputerowe ma fundamentalne znaczenie dla szerokiego zestawu aplikacji Internetu rzeczy (ang. *Internet of things, IoT*). Roboty i drony używają przetwarzania obrazu do mapowania swojego środowiska i unikania przeszkód w locie. Okulary rzeczywistości rozszerzonej wykorzystują obraz komputerowy do „nakładania” informacji na widok użytkownika, a samochody łączą obrazy z wielu kamer zamontowanych w pojeździe, aby zapewnić

kierowcom widok przestrzenny, co pomaga zapobiegać kolizjom. Wizja komputerowa powszechnie wykorzystywana jest także w fotogrametrii i modelowaniu 3D jak i łączeniu zdjęć generowanych komputerowo (CGI) [Sivic, Zitnick, Szeliski 2006]. W bibliotekach cyfrowych zaś powszechnie używane jest oprogramowanie do rozpoznawania znaków (znane jako OCR).

Jak wskazano sztuczna inteligencja obejmuje szeroki zakres różnego typu technik i aplikacji. Powyżej starano się opisać te najważniejsze. I chociaż omówione obszary SI na pierwszy rzut oka bardzo się od siebie różnią, to jednak wszystkie z nich opierają się na uporządkowanych, dużych zbiorach danych, które są podstawą tworzenia „inteligentnych” algorytmów. Im więcej przygotowanych jest dobrych danych treningowych, tym więcej i lepiej będą działać zbudowane systemy.



Ryc. 1 Powyższa grafika stanowi podsumowanie najczęściej wykorzystywanych aplikacji i technologii SI, tłum. własne [Claudé & Combe 2018, Dejoux & Léon, 2018].

Sztuczna inteligencja a kontekst europejski

Obecnie sztuczna inteligencja stała się obszarem o strategicznym znaczeniu, który może być kluczowym motorem rozwoju gospodarczego. Dlatego też wiele krajów kładzie nacisk na rozwój sztucznej inteligencji oraz budowanie mechanizmów wsparcia projektów z zakresu SI. W wielu państwach członkowskich UE powstały (lub są w trakcie powstawania) strategie dotyczące sztucznej inteligencji¹¹, bowiem rozwój SI mimo iż stwarza niesamowite możliwości, niesie za sobą także wiele wyzwań natury finansowej jak i prawnej. Dlatego też niezbędne jest odpowiednie podejście do SI i wypracowanie strategii, w celu opracowania jednolitych ram, które z jednej strony zmaksymalizują korzyści, jakie płyną z SI dla społeczeństwa, a z drugiej, zidentyfikują kluczowe zagrożenia, których wskazanie jest niezbędne dla bezpiecznego rozwoju tej technologii.

Ostatnie lata to okres stosunkowo aktywny, jeśli chodzi o działania instytucji Unii Europejskiej w zakresie SI. Już na początku 2017 r. Parlament Europejski opublikował *Sprawozdanie zawierające zalecenia dla Komisji w sprawie przepisów prawa cywilnego dotyczących robotyki*¹² stanowiące rekomendacje adresowane do innych instytucji UE.

W tym samym roku również Europejski Komitet Ekonomiczno-Społeczny (EKES) wydał z inicjatywy własnej *Opinię na temat wpływu sztucznej inteligencji na jednolity rynek (cyfrowy), produkcję, konsumpcję, zatrudnienie i społeczeństwo*¹³. W swoim opracowaniu, Komitet wymienił 11 kluczowych dziedzin, gdzie SI stwarza obecnie największe wyzwania społeczne: etyka, bezpieczeństwo, prywatność, przejrzystość i odpowiedzialność⁴, praca, kształcenie i umiejętności, (nie)równość społeczna, ramy prawne i regulacyjne, demokracja, działania wojenne, superinteligencja.

Głównym dokumentem, w którym zostało wyrażone europejskie podejście do SI jest Komunikat Komisji Europejskiej pn. ***Sztuczna Inteligencja dla Europy***¹⁴ opublikowany pod koniec kwietnia 2018 roku. Motywem jego utworzenia była chęć ułatwienia obywatelom UE czerpania korzyści z SI oraz zwiększenia konkurencyjności gospodarki UE na tle innych światowych graczy. W dokumencie wskazano kluczowe obszary działalności na rzecz rozwoju Sztucznej Inteligencji tj.:

1. wzrost inwestycji (publicznych i prywatnych) w SI;
2. przygotowanie na społeczno-ekonomiczne zmiany, jakie niesie rozwój SI;
3. zapewnienie, że rozwój technologii odbędzie się z poszanowaniem etyki, prawa i europejskich wartości.

¹¹ <https://www.digitalpoland.org/assets/publications/przeegl%C4%85d-strategii-rozwoju-sztucznej-inteligencji-na-swiecie/prze%C4%85d-strategii-rozwoju-ai-digitalpoland-report.pdf> [dostęp: 7.05.2020]

¹² https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0005_PL.html [dostęp: 7.05.2020]

¹³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A52016IE5369> [dostęp: 7.05.2020]

¹⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0237> [dostęp: 7.05.2020]

W tym samym roku KE opublikowała *Skoordynowany Plan dla Sztucznej Inteligencji*¹⁵. Powołała również grupę niezależnych ekspertów (*High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (HLEG AI)*)¹⁶, której zadaniem było przygotowanie rekomendacji, które mają się przyczynić do rozwoju godnej zaufania sztucznej inteligencji: zgodnej z prawem, etycznej i rzetelnej. W wyniku prac, w 2019 r. opublikowano przewodnik z zakresu etyki: *Sztuczna Inteligencja Godna Zaufania (Ethics Guidelines for Trustworthy AI)* oraz raport: *Zalecenia dot. regulacji i inwestycji dla godnej zaufania Sztucznej Inteligencji (Policy and Investment Recommendations for Trustworthy AI)*. Opracowany Przewodnik prezentuje przyjęte w Unii Europejskiej podejścia do SI, różniące się od stanowisk innych liczących się ośrodków światowych. Według ekspertów HLEG AI sztuczna inteligencja powinna być rozwijana z poszanowaniem praw podstawowych, demokracji i zasad etyki. Podejście to możemy zdefiniować jako „zorientowane na człowieka”.

W 2018 r. podpisana została również deklaracja współpracy na rzecz sztucznej inteligencji (*Declaration of cooperation on Artificial Intelligence (AI)*)¹⁷. Sygnatariusze państw europejskich (29 państw, w tym Polska) zadeklarowali gotowość do współpracy w zakresie najważniejszych kwestii związanych ze sztuczną inteligencją, od zapewnienia konkurencyjności Europy w zakresie badań i wdrażania sztucznej inteligencji, po rozwiązywanie kwestii społecznych, gospodarczych, etycznych i prawnych. Rok później podpisana (również przez Polskę) została także deklaracja współpracy w zakresie digitalizacji dziedzictwa kulturowego (*Declaration of cooperation on advancing digitisation of cultural heritage*)¹⁸ w której wyróżniono działania na rzecz wspieranie inicjatyw wykorzystujących nowe technologie - m.in. algorytmy sztucznej inteligencji, w celu rozwijania narzędzi cyfrowych pozwalających na wykorzystanie potencjału drzemiącego w zasobach kultury.

Niezwykle istotnym dokumentem jest opublikowana przez Komisję Europejską w lutym 2020 r. *Biała księga w sprawie sztucznej inteligencji (White paper On Artificial Intelligence – A European approach to excellence and trust)*¹⁹. Dokument jest częścią nowej europejskiej strategii cyfrowej, która ma przyczynić się do zwiększenia innowacyjności i konkurencyjności Europy na arenie międzynarodowej. *Biała księga w sprawie sztucznej inteligencji* nie jest aktem prawnym, ale zbiorem propozycji działań, które wyznaczają przyszły kierunek unijnych regulacji i inicjatyw w obszarze sztucznej inteligencji. KE zakłada, że nowe SI zostaną oparte na kryteriach doskonałości (ang. *ecosystem of excellence*) i zaufania (ang. *ecosystem of trust*). Przyjęcie kryterium doskonałości ma


¹⁵ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/coordinated-plan-artificial-intelligence> [dostęp: 7.05.2020]

¹⁶ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence> [dostęp: 7.05.2020]

¹⁷ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-member-states-sign-cooperate-artificial-intelligence> [dostęp: 7.05.2020]

¹⁸ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-member-states-sign-cooperate-digitising-cultural-heritage> [dostęp: 7.05.2020]

¹⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:65:FIN> [dostęp: 7.05.2020]. Wraz z publikacją *Białej księgi* rozpoczął się proces konsultacji dokumentu ze środowiskiem akademickim, biznesowym i społeczeństwem obywatelskim. Konsultacje zakończą się 19 maja 2020r.



doprowadzić do utworzenia jednolitych ram prawnych sztucznej inteligencji na poziomie unijnym, krajowym i regionalnym. Rozwijanie drugiego kryterium ma zwiększyć zaufanie społeczne do sztucznej inteligencji. Rozwój SI ma być przede wszystkim ukierunkowany na człowieka i oparty na poszanowaniu europejskich wartości. W praktyce oznacza to, że systemy SI powinny być przejrzyste, użytkownik powinien mieć świadomość ich wykorzystania i powinny one być nadzorowane przez człowieka. I to właśnie człowiek, a nie maszyna powinien podejmować ostateczne decyzje. Komisja chce również objąć specjalną kontrolą stosowanie SI w systemach o wysokim ryzyku, czyli takich, które mogłyby naruszyć prawa obywateli, np. prawo do prywatności. Zdaniem KE takie podejście zachęci obywateli do korzystania z nowych technologii, a przedsiębiorstwa do jej rozwijania. Dużą część dokumentu poświęcono także danym, które są podstawową materią do rozwoju SI. Opublikowany na stronach KE dokument podkreśla także, że Europa powinna połączyć trzy swoje atuty: zaawansowane technologie i przemysł, wysokiej jakości infrastrukturę cyfrową oraz przepisy oparte na europejskich wartościach, by stać się globalnym liderem innowacji w gospodarce opartej na danych. Dzięki powyższemu, Europa może stworzyć takie środowisko sztucznej inteligencji, które przyniesie korzyści całej europejskiej gospodarce i społeczeństwu stając się wzorcem do naśladowania.

W polskich realiach istotne jest także przyjęte w 2018 r. przez państwa Grupy Wyszehradzkiej (Polska, Czechy, Słowacja i Węgry) z inicjatywy Polski wspólne stanowisko dotyczące SI oraz jej potencjału dla gospodarek europejskich (*Stanowisko krajów Grupy Wyszehradzkiej na temat sztucznej inteligencji i maksymalizacji korzyści z niej płynących przed oficjalną publikacją komunikatu Komisji Europejskiej*)²⁰. W dokumencie wskazano m.in. możliwości rozwoju jakie daje sztuczna inteligencja – zarówno dla przedsiębiorców (szczególnie innowacyjnych start-upów), jak i dla administracji. Wskazano także propozycje priorytetów w zakresie prac nad rozwojem SI, w tym zaproponowano konkretne rozwiązania tj. utworzenie wirtualnych magazynów danych czy powołanie, na poziomie UE, obserwatorium SI. Podkreślono, także że w pracach nad rozwojem sztucznej inteligencji dla V4 kluczowy będzie m.in. dostęp do danych – uregulowany tak, aby jednostki badawcze i firmy mogły z danych szeroko korzystać, np. poprzez tzw. hurtownie danych (ang. *data warehouses*), w ramach wymiany. Kraje V4 zwróciły także uwagę na potrzebę prawnego podejścia, które dotyczy sposobu definiowania sztucznej inteligencji, kwestii odpowiedzialności, praw autorskich produktów, których twórcą jest SI, a także obowiązków operatorów robotów opartych na sztucznej inteligencji.

²⁰ <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/stanowisko-grupy-wyszehradzkiej-dotyczace-sztucznej-inteligencji> [dostęp: 7.05.2020]

Strategia rozwoju SI w Polsce

Uznając, że sztuczna inteligencja jest przełomową technologią horyzontalną XXI w. oraz mając świadomość, że jej rozwój będzie miał bardzo głęboki wpływ na polskie społeczeństwo, jak również na funkcjonowanie państwa i administracji, w sierpniu 2019 r. Ministerstwo Cyfryzacji zaprezentowało przywoływany już wcześniej projekt ***Polityki Rozwoju Sztucznej Inteligencji w Polsce na lata 2019-2027, godna zaufania sztuczna inteligencja autonomia i konkurencja +PL.***

Projekt Polityki to 117-stronicowy dokument zawierający wizję, misję oraz cele, a także diagnozę stanu polskiego sektora ICT (ang. *information and communications technology*). Za kluczowe dla rozwoju sztucznej inteligencji w naszym kraju uznane zostały cztery obszary: gospodarka oparta na danych, finansowanie i rozwój, edukacja, prawo i etyka. Szczególny nacisk położono na kształcenie specjalistów – zarówno potrafiących tworzyć i wdrażać rozwiązania bazujące na sztucznej inteligencji, jak i umiejących z nich korzystać. Jednocześnie dokument wskazuje, że dla Polski włączenie się w rozwój SI i gospodarski algorytmicznej jest wciąż dużym wyzwaniem. Mimo to, dokument zakłada kompleksowe wdrożenie SI niemal we wszystkich obszarach funkcjonowania państwa. Projekt Polityki wymienia przykładowe obszary wdrożeń m.in. takie jak: systemy diagnostyczne wspomagające lekarzy, cyfrowe zarządzanie polem walki, spersonalizowane narzędzia edukacyjne (także wspomagające nauczycieli), zarządzanie siecią energetyczną nasyconą rozproszonymi instalacjami OZE, zautomatyzowane procesy administracyjne usprawniające pracę urzędników, inteligentne oprogramowanie redukujące złożoność decyzji zarządczych w organizacjach, płynne przemieszczanie strumieni ludzi i towarów (miasta, magazyny, porty), handel elektroniczny, prace naukowe oparte na niedostępnych dotąd unikalnych źródłach danych.

Dokument został wypracowany przez międzyresortowy zespół analityczno-redakcyjny Ministerstwa Cyfryzacji i Ministerstwa Przedsiębiorczości i Technologii, ustanowiony na podstawie memorandum zawartego w dniu 26 lutego 2019 r. przez Ministra Cyfryzacji, Ministra Przedsiębiorczości i Technologii, Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Ministra Inwestycji i Rozwoju²¹. *Polska droga do strategii SI* została opisana na stronach Ministerstwa Cyfryzacji²².

²¹ <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/konsultacje-spoleczne-projektu-polityki-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-polsce-na-lata-2019--2028> [dostęp: 7.05.2020]

²² <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/droga-do-polskiej-strategii-ai> oraz <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/ai> [dostęp: 10.05.2020]

Potencjał SI w sektorze GLAM

Podobnie jak w innych obszarach naszego życia, sztuczna inteligencja wprowadza zmiany również do funkcjonowania instytucji kultury. Obecnie instytucje tworzące sektor GLAM (Galerie, Biblioteki, Archiwa, Muzea) coraz odważniej wykorzystują potencjał cyfrowej rewolucji, w którym interoperacyjność oraz sztuczna inteligencja odgrywają główną rolę. Instytucje kultury starają się dostosować SI do swoich potrzeb, tak by stała się ona rzeczywiście przydatna, służyła kontaktom z odbiorcami oraz usprawnieniu i automatyzacji procesów. Co więcej wyuczone algorytmy i sieci neuronowe stają się istotnym wsparciem, zwłaszcza przy analizowaniu gigantycznych ilości danych, wyszukiwaniu powtarzających się wzorów i zależności, a także rekonstrukcji cyfrowej. SI przydaje się również w interakcji z cyfrowymi repozytoriami, których liczba powiększa się w szybkim tempie, jako efekt masowej digitalizacji zbiorów. Inteligentne silniki wyszukiwania to także łatwiejsze docieranie do informacji, korzystanie z archiwów, pomoc w eksplorowaniu kolekcji zarówno tych wirtualnych, jak i fizycznie dostępnych w bibliotekach, muzeach czy archiwach.

W ciągu ostatniej dekady instytucje kultury zarówno w Polsce, jak i na świecie poczyniły znaczne postępy w zakresie digitalizacji zasobów dziedzictwa, strukturyzacji danych jak i udostępniania cyfrowych zasobów opinii publicznej w celu ponownego wykorzystania (*re-use*). Jednak mimo iż digitalizacja jest niezbędnym, pierwszym krokiem w kierunku lepszego dostępu do informacji, aby w pełni odblokować wiedzę zawartą w tych kolekcjach, użytkownicy muszą mieć możliwość łatwego przeglądania oraz wyszukiwania tych zbiorów. Powyższe rodzi jednak rozmaite wyzwania przed którymi stają profesjonaliści zajmujący się dziedzictwem cyfrowym jak i badacze, próbujący wykorzystać transformacyjną siłę sztucznej inteligencji w kontekście gromadzenia, analizy i udostępniania cyfrowych zasobów kultury.

Aktualnie, wśród najważniejszych tematów z punktu widzenia oddziaływania społecznego oraz możliwości technologicznych, w kontekście budowania rozwiązań inspirowanych SI jest:

1. zapewnienie wysokiej jakości zasobów cyfrowych opatrzonych metadanymi;
2. zapewnić heterogeniczność danych;
3. unikanie tzw. przechyłów algorytmicznych (ang. *algorithmic bias*), które mogą być obecne w *training sets* (czyli zbiorach danych wykorzystywanych do efektywnego uczenia modelu);
4. radzenie sobie z niepewnością, kwestiami jakości i lukami w zbiorach danych;
5. budowanie platform multimodalnego dostępu do gromadzenia danych, geograficzne/przestrzenne wzbogacanie zbiorów i dostępu do nich;
6. zapewnienie nowych sposobów dostępu do kolekcji, np. poprzez wyszukiwanie skojarzone;
7. efektywne wykorzystanie analizy sieciowej;

8. realizowanie prac związanych z tematem przetwarzania języka naturalnego dla dziedzictwa kulturowego (ang. *Natural Language Processing for the Heritage Domain*)²³.

Bez wątplenia technologie informacyjne takie jak sztuczna inteligencja, mogą pomóc w zautomatyzowaniu powyżej wymienionych zadań, szczególnie tych żmudnych i czasochłonnych. Co więcej, przetwarzanie języka naturalnego może odegrać kluczową rolę w zakresie przetwarzania i wzbogacania danych na poziomie metadanych tekstowych. Jednocześnie różnorodność obiektów dziedzictwa kulturowego stanowi duże wyzwanie dla technologii językowej i wymaga opracowania bardzo solidnych i elastycznych rozwiązań.

TECHNOLOGIE SI dla GLAM

Jedną z najpowszechniejszych form implementacji SI są oparte na rozmaitych formach przetwarzania języka naturalnego *chatboty*, które mogą obsługiwać kierunkowe pytania z poziomu strony internetowej biblioteki lub innej instytucji kultury, a także wskazywać użytkownikowi odpowiednie zasoby biblioteki czy muzeum lub odpowiadać na proste prośby o informacje. Dodatkowo wprowadzenie i utrzymanie prostej usługi wykorzystującej *chatbota* może być kilka razy tańsze niż stworzenie przygotowanej specjalnie dla muzeum aplikacji mobilnej, która często oferuje mniej interakcji i funkcjonalności. *Chatbot* może działać jako element profilu w mediach społecznościowych, czy stronie internetowej lub aplikacji, dzięki czemu jego zasięg jest znacząco większy. Na rynku pojawiły się nieskomplikowane narzędzia, takie jak *Chatfuel*²⁴ lub *Mychat*²⁵, dzięki którym stworzenie *chatbota* staje się proste i przystępne.

Chatboty nie tylko zapewniają duże wsparcie w komunikacji z użytkownikami, ale także stanowią doskonałe narzędzie badania publiczności (ang. *audience development*), w celu otrzymania formacji zwrotnej. Dzięki nim, pracownicy instytucji kultury mogą mieć wgląd w to, w jaki sposób ich odbiorcy poszukują i wykorzystują informacje, co przekłada się na lepsze zarządzanie instytucją, zasobami ludzkimi, a także rozwijanie oferty kulturalnej dostosowanej do potrzeb różnych grup docelowych. Kolejnym ciekawym i angażującym rozwiązaniem jest stworzenie *chatbota* jako personifikacji postaci historycznych, artystów, naukowców. Pokazanie historii poprzez losy bohatera to skuteczny zabieg *digital storytelling*, który wzmaga empatię i pomaga utożsamić się odbiorcy z losami postaci, dzięki czemu łatwiej jest zrozumieć historię i kulturę. Coraz więcej muzeów używa także chatbotów SI jako spersonalizowanych przewodników. W 2017 r. IBM połączył siły z Pinacoteca z São Paulo w Brazylii, tworząc *A Voz da Arte*²⁶

²³ http://www.coli.uni-saarland.de/~csporled/papers/compass_preprint.pdf [dostęp:20.05.2020]

²⁴ <https://chatfuel.com/> [dostęp: 18.05.2020]

²⁵ <https://nsoft-s.com/en/aboutmychat.html> [dostęp 18.05.2020]

²⁶ <https://it-eam.com/ibm-watson-pinacoteca-voz-arte/> [dostęp 18.04.2020]

oparty na platformie IBM Watson, aby ożywić trudną sytuację instytucji kulturalnych w Brazylii.

Chatboty mogą być także doskonałym narzędziem pozwalającym na zarządzanie wewnętrznym zbiorem danych, a w połączeniu z innymi narzędziami do wizualizacji danych mogą także wyszukiwać nowe informacje jak i nieoczywiste powiązania między poszczególnymi zbiorami lub kolekcjami. *Chatboty* rozwijane są poprzez uczenie maszynowe, które pozwala botom na analizowanie danych oraz uczenie się na bazie wcześniejszych interakcji, by kolejne interakcje były bardziej dopasowane do kontekstu danej sytuacji.

Korzystanie z *botów* może jednak prowadzić także do mniej poważnych działań, takich jak czysta kreatywna rozrywka, której podstawowym celem jest promocja kolekcji muzealnej. Dobrym przykładem może być tu np. Muzeum Sztuki Nowoczesnej w San Francisco, które postanowiło wdrożyć „artbota” **Send Me SFMOMA**, który poprzez usługę SMS udostępniał zasoby muzeum w odpowiedzi na indywidualne zapytania odbiorców. Każda wiadomość tekstowa uruchamiała zapytanie do interfejsu API kolekcji SFMOMA, który następnie odpowiadał obrazem jednego z 34.678 dzieł sztuki, który najlepiej dopasowany był do przesłanego zapytania typu np. „wyślij mi ocean”. Co ciekawe, podczas wersji beta, *Send Me SFMOMA* zwróciło tak wiele odpowiedzi, że oryginalny numer znalazł się na czarnej liście głównych operatorów komórkowych którzy myśleli, że SFMOMA spamuje ludzi sztuką! W ciągu czterech dni otrzymano ponad 12 000 próśb SMS, generując ponad 3000 odpowiedzi z różnymi dziełami sztuki (to więcej niż obecnie oglądane w SFMOMA) wysyłanych do użytkowników na całym świecie²⁷.

Z kolei narzędzia do analizy *Big Data* wspomagają również pracę kustoszy i historyków sztuki. Sztuczna inteligencja może pomóc „przeszukiwać dane i zamieniać je w informacje, które w innym przypadku mogłyby być niedostępne”. I odwrotnie, połączenie dużych zbiorów danych i postęp w zakresie dostępnej infrastruktury sprawiły, że przechowywanie danych jest łatwe i tanie, co także napędza badania nad sztuczną inteligencją. Jak wskazał *TrendsWatch* z 2014²⁸ r. *American Alliance of Museums*, organizacje non-profit już tworzą zestawy danych, które czerpią z danych muzealnych. *Tate* i *Hewitt Museum Cooper* zapewniły swobodny dostęp do zbiorów danych, poprzez m.in. zastosowanie licencji *Creative Commons* do treści cyfrowych oraz tworzenie interfejsów API (*Application Programming Interfaces*), które pozwalają programistom na budowę własnego oprogramowania na danych muzeum.

Uczenie maszynowe umożliwiło znaczne postępy w zakresie wyszukiwania wizualnego, dając pracownikom instytucji kultury nowe możliwości automatyzacji i poprawy przepływu pracy przy tworzeniu metadanych opisowych. Ponadto, uczenie maszynowe, jak również bardziej zaawansowane technologie rozpoznawania dźwięku i obrazu (np.

²⁷ <https://www.sfmoma.org/read/send-me-sfmoma/> [dostęp: 12.10.2019]

²⁸ https://www.aam-us.org/wp-content/uploads/2017/12/2014_trendswatch.pdf [dostęp: 12.10.2019]

oparte na wielowarstwowych sieciach neuronowych) są wykorzystywane do analizy cyfrowych kolekcji, identyfikacji tematów, przypisywania metadanych jak zaawansowanego wyszukiwania zasobów i danych. Obecnie bibliotekarze i muzealnicy technologie uczenia maszynowego wykorzystują najczęściej do udoskonalania schematów klasyfikacji danych w celu poprawy precyzji wyszukiwania i przywoływania danego zasobu.

Również technologie **widzenia komputerowego** i optycznego rozpoznawania znaków (ang. *computer vision*) oferują wiele praktycznych rozwiązań dla instytucji kultury. Pozwalają maszynom skanować lub przechwytywać obrazy i konwertować zdjęcia zawierające tekst na tekst. Technologie te mają znaczącą rolę w zapewnianiu maszynom możliwości zrozumienia i rozpoznania otaczającego ich świata, a tym samym rozwój SI. W instytucjach kultury mogą być wykorzystywane m.in. do:

- identyfikacja obiektów kultury;
- rozpoznawanie elementów na obrazie/wideo;
- potwierdzanie autentyczności obiektów kultury.

Możliwość łatwego wyodrębnienia tekstu ze zdigitalizowanych zasobów piśmienniczych tj. drukowane książki czy czasopisma jest już od dawna możliwa dzięki algorytmom rozpoznawania znaków oraz całych tekstów. Służy do tego narzędzie powszechnie znane jako OCR - „optyczne rozpoznawanie znaków” (ang. *optical character recognition*), które w ostatnich latach, dzięki rozwojowi technologii stało się dużo bardziej dostępne, szybsze oraz dokładniejsze w użyciu, a także tańsze. Rozwój tego typu systemów poprzez wdrożenie mechanizmów sztucznej inteligencji może dawać obiecujące efekty także w zakresie przetwarzania tekstu z dokumentów ręcznie pisanych (m.in. listów czy dokumentów historycznych tzw. starodruków), tak aby można je było przeszukiwać i łatwo klasyfikować. Niemniej projekty tego typu rozwiązań są obecnie dopiero w fazie eksperymentów.

Kolejny przykład może dotyczyć możliwości automatycznego rozpoznawania obrazów. Do niedawna umiejętność interpretacji np. zdjęć była domeną ludzi. Sytuacja zmieniła się wraz z powstaniem tzw. sieci konwolucyjnych (ang. *Convolutional Networks*, CNN). Jest to specjalny rodzaj głębokich sieci neuronowych dedykowany do analizy obrazów w którym struktura połączeń w sieciach CNN inspirowana jest korą wzrokową mózgu. Obecnie komputery wykorzystujące sieci konwolucyjne potrafią prześcignąć człowieka w zadaniach takich jak rozpoznawanie twarzy na zdjęciu czy odnajdowanie i klasyfikowanie obiektów w obrazie. Głównie sieci CNN znajdują więc zastosowania w obszarach takich jak zapewnienie bezpieczeństwa czy wykrywanie incydentów na podstawie obrazu z kamer monitoringu, z powodzeniem mogą być wykorzystywane także przez muzea sztuki do eksploracji zasobów cyfrowych czy biblioteki np. do wyodrębniania ilustracji z czasopism zwartych.

Technologie widzenia maszynowego mogą być także wykorzystywane do analizy kompozycji kolorystycznej np. obrazów czy innych dzieł sztuki gromadzonych przez

muzea i galerie²⁹. Z pomocą algorytmów widzenia komputerowego możliwe jest także wyodrębnianie osób czy przedmiotów lub innych elementów obrazów, co z kolei może pozwolić na nowe sposoby tworzenia wystaw i ich oglądania, a także eksplorowania cyfrowych treści. Ponadto, widzenie maszynowe jest w stanie rozpoznawać podobieństwa i wzorce dzieł sztuki, oraz porównywać je ze sobą, pod kątem nie tylko tematycznym, ale też kompozycji wizualnej, a następnie opisać te relacje i określić ilościowo różnice i podobieństwa.


Co więcej „inteligentne” algorytmy mogą być przydatne także do potwierdzenia autentyczności dzieł sztuki. Już w 2008 roku mieliśmy do czynienia z przypadkiem programów komputerowych pomagających odróżnić sztukę sfałszowaną od oryginalnych dzieł. *NOVA scienceNOW*, współpracując z Muzeum Van Gogha w Amsterdamie, zleciła ekspertowi ds. rekonstrukcji sztuki wykonanie skrupulatnej kopii obrazu van Gogha³⁰, którą następnie udostępniono trzem różnym zespołom programistów - z Princeton, Penn State i Uniwersytetu w Maastricht – w celu weryfikacji, czy będą w stanie dostrzec fałszykat w grupie, w skład której wchodziło pięć autentycznych obrazów van Gogha³¹. W wyniku tego projektu stworzono narzędzie do analizy struktury obrazów i identyfikacji fałszykatów.

Wśród technologii opartych na algorytmach widzenia maszynowego odpowiadających za rozpoznawanie obrazów oraz analizę tekstu, wyróżnić można także takie które w swojej pracy wykorzystują analizę sentymentu (ang. *sentiment analysis*). Jest to dziedzina badań, która analizuje opinie ludzi, sentymenty, oceny, postawy i emocje wobec obiektów takich jak produkty, usługi, organizacje, osoby, problemy, wydarzenia, tematy i ich atrybuty. Algorytmy analizy sentymentów służą do znajdowania i wydobywania subiektywnych informacji znalezionych w tekście w celu określenia postawy osoby piszącej. Ta technika, choć niedoskonała, jest powszechnie stosowana przez firmy w różnorodnych branżach w celu określenia emocjonalnego nasycenia opinii, komentarzy lub recenzji w mediach społecznościowych. Rezultatem analizy sentymentu jest zwykle wskaźnik, który jest interpretowalny jako dodatnia lub ujemna wartość liczbowa. Zastosowanie analizy sentymentu do dzieł artystów generuje dodatkową warstwę danych. Chociaż sama metryka może nieść subiektywną informację na temat dzieła lub artysty, to z czasem ujawnia podstawowe i uśrednione nastroje konsumentów kultury w stosunku do obiektów kultury lub samych artystów. Dotychczas analiza sentymentu była wykorzystywana do przewidywania wyników sprzedaży [Liu i in., 2007], rankingu produktów [McGlohon, Glance and Reiter, 2010] czy też powiązania analizy emocji na Twitterze z badaniami opinii publicznej [O'Connor i in., 2010] lub przewidywania wyników wyborów [Tumasjan i in., 2010].

²⁹ <https://arxiv.org/pdf/1703.06003.pdf> [dostęp: 20.05.2020]

³⁰ <https://www.pbs.org/wgbh/nova/tech/art-authentication.html> [dostęp:20.10.2019]

³¹ http://infolab.stanford.edu/~wangz/project/imsearch/ART/SP08/sp_vangogh.pdf [dostęp: 20.10.2019]



Dopiero od niedawna bada się wpływ algorytmów uczenia maszynowego na sprzedaż biletów i frekwencję w muzeach. Muzea i galerie mają często ogromne zasoby danych o zakupie biletów i ruchu odwiedzających. Dane te można załadować do systemów SI, aby szukać korelacji pomiędzy nimi, a aktywnością w mediach społecznościowych, pogodą, wydatkami reklamowymi i innymi zmiennymi. Pozwala to, na przykład, na przewidywanie popularności danej wystawy, ilości zwiedzających, czy automatycznego ustalania ceny biletów. Do tej pory, tego typu analizy były wykorzystywane, na przykład, w przypadku przewozów lotniczych (Walker et al. 1998; C. Wang 2016). Z kolei badacze na *Pennsylvania State University* przeanalizowali sposoby na gromadzenie i analizowanie danych, które mogą być wykorzystane do przewidywania frekwencji zwiedzających muzea, przydzielania zasobów kadrowych i ogólnego planowania działań instytucji w sposób bardziej wydajny [Zhang, Zhao, and Cao 2015].

Rozpoznawanie wzorców w wielkich zbiorach danych mogłoby dodatkowo pomóc instytucjom kultury w identyfikacji członków lub stałych klientów, którzy są najbardziej skłonni do odnowienia, uaktualnienia lub unieważnienia swoich biletów okresowych bądź kart członkowskich/lojalnościowych, jeśli dana instytucja takie wystawia. Nowe narzędzia mogą pomóc zespołom rozwojowym w ich kampaniach fundraisingowych poprzez odczytywanie trendów, czy też automatyzację aspektów docierania do darczyńców. Na przykład stosunkowo nowe na rynku firmy programistyczne, takie jak np. *Gravyty*³² wykorzystywały niektóre z wyżej wymienionych technik, aby skuteczniej pomagać w fundraisingu organizacji typu non-profit.

Główne serwisy e-commerce, takie jak Amazon, eBay i AliExpress używają silników rekomendacji i personalizacji już od dłuższego czasu. Analizując zachowanie swoich użytkowników, tj. odwiedzane strony, oglądane produkty i przeszukiwane kategorie, sprzedawcy internetowi stworzyli silnik rekomendacji, aby zapewnić bardziej spersonalizowane doświadczenie dla każdego odwiedzającego. Tego typu silniki powoli są także wdrażane w sklepach internetowych muzeów np. The Met czy MoMA.

³² <https://www.gravyty.com/stewardship/> [dostęp: 12.11.2019]

Sztuczna inteligencja dla dziedzictwa kulturowego – przykłady zastosowań

Koncepcja nowoczesnego archiwum oraz biblioteki publicznej powstała na fali rewolucji przemysłowej przełomu XIX i XX wieku. Maszyny stają się coraz bardziej kompetentne w uczeniu się, mówieniu, rozpoznawaniu wzorców i podejmowaniu decyzji. Obecnie zadawanie pytań algorytmom szybko staje się normalną, codzienną czynnością. W miarę jak SI staje się coraz lepsza w rozumieniu naszych potrzeb informacyjnych i dostarczaniu odpowiednich odpowiedzi, wydaje się prawdopodobne, że będziemy na niej bardziej polegać. Najwięcej projektów wykorzystujących technologie SI realizowane jest w Stanach Zjednoczonych, jednak europejski sektor kultury także prowadzi własne, szeroko zakrojone działania. Najczęściej są to inicjatywy jednostek muzealnych jak i bibliotek. Zwykle wprowadzenie rozwiązań wykorzystujących technologie SI przez instytucje dziedzictwa ma na celu ułatwienie dostępu do gromadzonych przez dzieł sztuki i eksponatów jak i zachęcenie do dalszej interakcji. W tym celu budowane są m.in. zaawansowane wyszukiwarki pozwalające na eksplorację zasobów zupełnie w nowy sposób np. poprzez kompozycję kolorystyczną.

Jeszcze kilka lat temu niewątpliwym liderem wprowadzania nowoczesnych technologii do muzeum było *Rijksmuseum*, które w 2012 r. uruchomiło *Rijksstudio*. Aplikacja umożliwiała m.in. przeszukiwanie kolekcji za pomocą tagów, technik i kolorów. *Rijksmuseum* było też jednym z pierwszych muzeów, dla których uruchomiono aplikacje o nazwie *Smartify*³³, która wykorzystuje rozpoznawanie obrazu do identyfikacji zeskanowanych dzieł sztuki i zapewnia dodatkowe informacje na ich temat. *Rijksmuseum* od jakiegoś już czasu znane jest ze swojej otwartości, udostępniania zbiorów na licencjach *Creative Commons* i zachęcania programistów do tworzenia nowych aplikacji na podstawie danych publikowanych przez muzeum. Na podstawie interfejsu API *Rijksmuseum* opracowano już wiele interesujących aplikacji m.in. program rekomendujący, który obraz z Rijks będzie najlepiej pasował do ścian naszego salonu czy łączący zbiory muzeum z serwisem *Spotify*³⁴. Ponadto całą kolekcję można przeszukiwać pod kątem elementów ikonograficznych za pomocą aplikacji internetowej *Iconclass*³⁵. Inną ciekawą aplikacją jest *Faces of the Rijksmuseum*³⁶, połączenie API i Face.com. Niemniej, mimo, że coraz więcej instytucji kultury (także i polskich) udostępnia swoje kolekcje poprzez API³⁷, to niestety wciąż żadna z innych instytucji nie może się pochwalić takim zainteresowaniem.

³³ <https://www.rijksmuseumtwenthe.nl/content/2111/en/smartify-app-in-rijksmuseum-twenthe> [dostęp: 22.05.2020]

³⁴ <https://github.com/floreskul/rijksmuseum-spotify> [dostęp: 15.05.2020]

³⁵ <https://www.arkyves.org/HIM/RIJKSMUSEUM/?language=en> [dostęp: 15.05.2020]

³⁶ <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-39949092> [dostęp: 15.05.2020]

³⁷ API w instytucjach dziedzictwa – przegląd inicjatyw <http://museum-api.pbworks.com/w/page/21933412/Cool%20stuff%20made%20with%20cultural%20heritage%20APIs> [dostęp: 12.03.2020]

W ostatnim czasie niewątpliwie duży wkład w zwiększenie wykorzystania nowoczesnych technologii, w tym SI, w instytucjach kultury wniosły także duże firmy komercyjne tj. Microsoft, Google czy IBM. W ramach Programu *AI for Cultural Heritage*³⁸ Microsoft współpracując z różnymi instytucjami buduje rozwiązania wskazując jak można wykorzystać technologie SI do innowacyjnych zastosowań, które mają szansę pomóc społeczeństwu w zwiększeniu dostępu do ich kultury oraz odkrywaniu nowych perspektyw i powiązań dzięki wspólnym doświadczeniom. Dotychczas Microsoft realizował m.in. działania we współpracy z *The Metropolitan Museum of Art* i *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) w celu zbadania, w jaki sposób SI może sprawić, że kolekcja *The Met's Open Access*³⁹ stanie się bardziej atrakcyjna i dostępna dla użytkowników. W ramach współpracy skupiono się przede wszystkim na narzędziu *proof-of-concept* o nazwie *Art Explorer*, które korzysta z funkcji wyszukiwania kognitywnego usługi *Azure Search* w celu tworzenia kreatywnych wizualizacji połączeń pomiędzy dziełami sztuki.

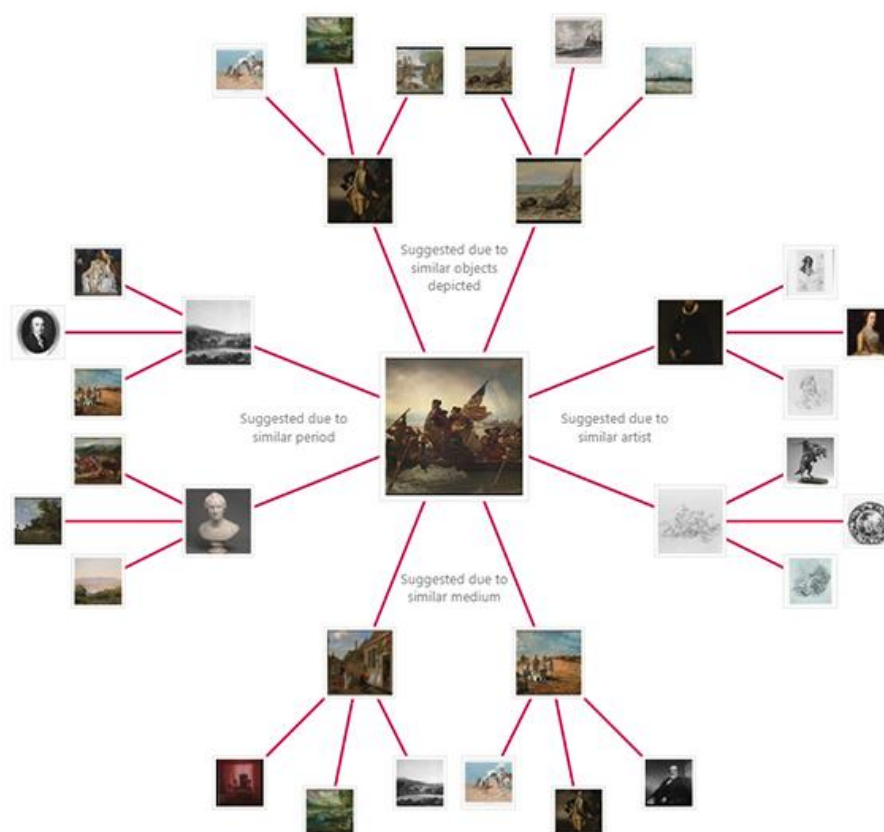
*Art Explorer*⁴⁰ pozwala użytkownikom zasobów cyfrowych wyszukiwać wizualnie podobne dzieła sztuki. Na przykład użytkownik oglądający *Drzewa Oliwne* Van Gogha zobaczy także inne prace przedstawiające drzewa o podobnych kolorach, takie jak *Cyprysy* Van Gogha czy *Widok z okna artysty, Grove Street* Roberta Fredericka Bluma. W wynikach mogą się znaleźć także mniej oczywiste obiekty jak np. XVII-wieczny indyjski obraz *Demony walczące o zwierzęcą kończynę*, którego nie powiązalibyśmy z pracami Van Gogha, mimo ich podobieństw w kolorze i kształcie drzew przedstawionych w obu pracach. Na tym polega siła sztucznej inteligencji - potrafi wykrywać wzorce niezauważalne przez ludzi. *Art Explorer* dzięki możliwości wykrywania obiektów pozwala także na tagowanie zasobów muzeum za pomocą słów kluczowych. Choć przewidywanie tagów przez SI nie zawsze jest idealne, pozwala na znaczny postęp w zakresie opisywania zbiorów, zwłaszcza, że algorytmy sztucznej inteligencji można szkolić przy użyciu już istniejących tagów w celu ulepszenia modeli widzenia komputerowego, a tym samym uzyskania dokładniejszych wyników. Ponadto dzięki funkcji wyszukiwania poznawczego *Art Explorer* może wzbogacać dane m.in. w przypadku dzieł znanych artystów z kolekcji The Met narzędzie pobiera biografie artystów z innych źródeł internetowych, głównie Wikipedii. Co więcej funkcja wykresu sieciowego w *Art Explorerze* pozwala użytkownikom zobaczyć wizualne połączenia między dziełami sztuki. Użytkownicy mogą przeglądać prace o podobnej tematyce, podobnych artystów, z podobnych przedziałów czasowych etc. co pozwala na odkrywanie zupełnie nowych połączeń między zbiorami.

³⁸ <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-cultural-heritage> [dostęp:15.05.2020]

³⁹ <https://www.metmuseum.org/blogs/now-at-the-met/2019/met-microsoft-mit-art-open-data-artificial-intelligence> [dostęp: 25.05.2020]

⁴⁰ <https://www.metmuseum.org/blogs/now-at-the-met/2019/met-microsoft-mit-exploring-art-open-access-ai-whats-next> [dostęp:25.05.2020]

Other items that may interest you



Ryc. 2 Zrzut ekranu z funkcją wykresu sieciowego w *Art Explorerze*, która sugeruje dzieła o podobnych cechach⁴¹

W ramach współpracy Muzeum Met, MIT i Microsoftu zorganizowano hackaton⁴² w ramach którego dzięki interdyscyplinarnej współpracy opracowano prototypy 5 aplikacji wykorzystujących *Art Explorer* oraz zasoby The Met.

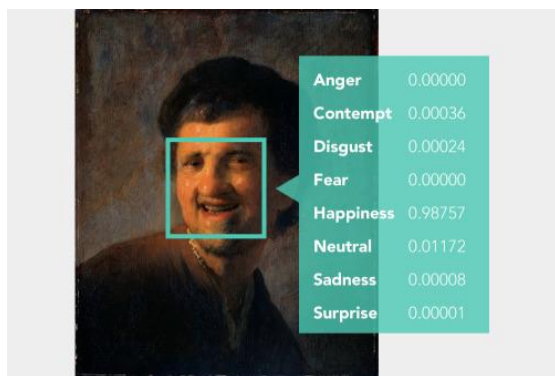
- *Artwork of the Day* to aplikacja, która każdego dnia dostarcza użytkownikom obiekt z kolekcji Met, który odpowiada bieżącej sytuacji czy wydarzeń na świecie. Odbyna się to poprzez analizę otwartych zestawów danych, w tym lokalizacji, pogody, wiadomości i danych historycznych. Zaletą aplikacji jest wysoki poziom personalizacji, który byłby niemożliwy do osiągnięcia przez ludzi.
- *Tag, to wszystko!* Pozwala zwiększyć dostępność kolekcji The Met dla milionów użytkowników na platformach Wikimedia, dzięki zastosowaniu *Microsoft AI* do generowania dokładniejszych słów kluczowych.
- *Narrator* to aplikacja umożliwiająca na zilustrowania dowolnej historii zbiorami z kolekcji Met. Narrator używa sztucznej inteligencji rozpoznawania głosu.

⁴¹ <https://www.metmuseum.org/blogs/now-at-the-met/2019/met-microsoft-mit-exploring-art-open-access-ai-whats-next> [dostęp:25.05.2020]

⁴² <https://www.metmuseum.org/about-the-met/policies-and-documents/open-access/met-microsoft-mit> [dostęp: 25.05.2020]

- *My Life, My Met* wykorzystuje *Microsoft AI* do analizy postów z Instagrama oraz wyszukiwania powiązań z najbardziej pasującymi dziełami Open Access z kolekcji The Met. Dzięki aplikacji np. zdjęcie z kolacji w restauracji może zostać zastąpione przez wydruk Ryūryūkyo Shinsai z jedzeniem Sushi (Ryba z Ryżem i Ryż). Powyższe daje możliwość odkrywania wizualnych związków między sztuką, a życiem codziennym.
- W Gen Studio⁴³ zaś wykorzystano *Generative Adversarial Network (GAN)* do eksplorowania oraz wizualizacji powiązań między zbiorami The Met.

Firma *Microsoft* w ramach narzędzi ML⁴⁴ przygotowała także API do identyfikacji emocji (*Emotion API Microsoft Cognitive Services*), którą wykorzystał m.in. Brendan Ciecko z firmy Cuseum do analizy portretów muzealnych.



Ryc. 3 Obraz „Popiersie roześmianego młodego człowieka” (1629) autorstwa Rembrandta (krąg), Rijksmuseum⁴⁵.



Ryc. 4 Obraz „Autoportretu” (1912) autorstwa Otto Dix, Detroit Institute of the Arts.

Z kolei *Google* już od 2011 roku prowadzi platformę *Google Art&Culture* opracowaną przez *Google Cultural Institute*, małe, non-profit skrzydło firmy z siedzibą w Paryżu, którego celem jest znalezienie ciekawych sposobów na połączenie technologii i kultury zwłaszcza sztuki. *Google Art&Culture* nie tylko zapewnia jej użytkownikom dostęp do wysokiej rozdzielczości odwzorowań cyfrowych dzieł sztuki znajdujących się w zbiorach partnerskich muzeów (zarówno ze świata jak i Polski) – uczestników inicjatywy, ale także oferuje wiele ciekawych aplikacji tj.: *Art Selfie*, *Art Transfer*, *Art Palette*.

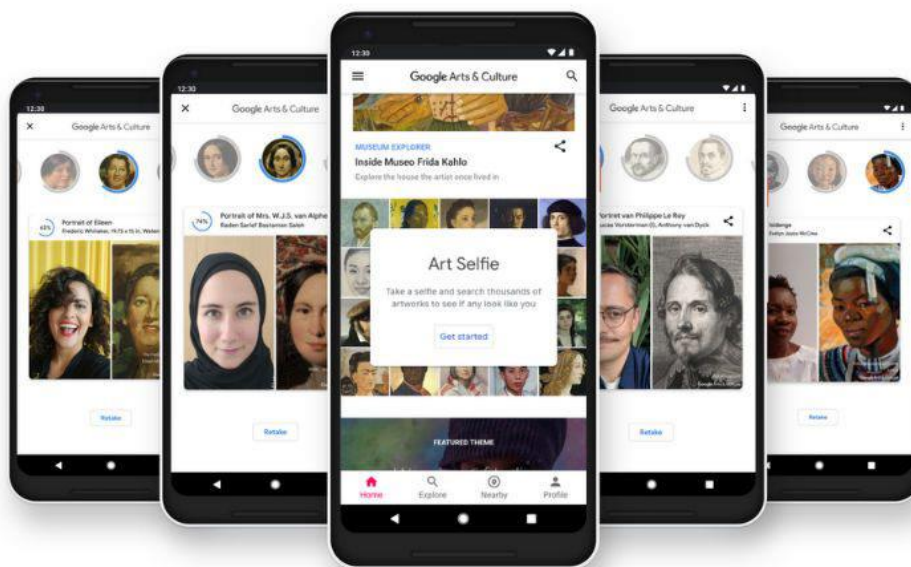
W 2018 internet, a zwłaszcza media społecznościowe, szturmem podbiła aplikacja *Art Selfie*, która pozwala dopasować zdjęcie *selfie* do dzieła sztuki z kolekcji zgromadzonych w *Google Arts & Culture*. W samych USA skorzystano z niej ponad 78 mln razy. W aplikacji wykorzystano technologię rozpoznawania twarzy, aby utworzyć skan twarzy użytkownika, identyfikujący unikalne cechy, np. wielkość oczu lub przestrzeń między

⁴³ <https://gen.studio/> [dostęp: 25.05.2020]

⁴⁴ <https://azure.microsoft.com/pl-pl/services/machine-learning/#features> [dostęp:12.05.2020]

⁴⁵ <https://mw17.mwconf.org/paper/exploring-artificial-intelligence-in-museums/> [dostęp: 10.11.2019]

nosem, a ustami by następnie porównać go do dziesiątków tysięcy portretów gromadzonych w bazie danych. W odpowiedzi *Google* oferował kilka dzieł sztuki o największym stopniu podobieństwa do przesłanego selfie.



Ryc. 5 Aplikacja *Art. Selfie*

Po sukcesie aplikacji gigant technologiczny przygotował kolejną aplikację – *Art Palette*, która wyszukuje dzieła sztuki na podstawie wybranej palety kolorów. Używając aparatu w smartfonie możemy też np. wyszukać obrazy o zbliżonej kolorystyce do wykonanego smartfonem zdjęcia. Aplikacja korzysta z algorytmów widzenia komputerowego, aby szybko określić szesnastkowe kody kolorów składowych pikseli, a następnie uśrednić je i obliczyć pięć nowych reprezentatywnych kodów. Google przygotował też aplikację *Art Transfer* wykorzystującą transfer stylów, która pozwala wystylizować zdjęcia według schematów kilkudziesięciu popularnych dzieł sztuki. Podobną aplikację przygotowali także naukowcy z *MIT – IBM Watson AI Lab*. *AI Portraits Ars* pozwala na przekształcenie zdjęć selfie w portrety które wygląda jak namalowany przez artystę np. epoki renesansu⁴⁶.

W ramach realizacji projektów „eksperymentalnych” z pogranicza kultury i nowych technologii, Google we współpracy z Muzeum Sztuki Nowoczesnej MOMA stworzyła narzędzie do identyfikacji dzieł sztuki z archiwalnych fotografii wystaw zrealizowanych w I połowie XX w. w MoMA celem połączenia ze współczesnymi odwzorowaniami tych dzieł dostępnych w kolekcjach Google Art&Culture. W tym celu wykorzystano algorytmy uczenia maszynowego⁴⁷.

Co więcej, przykładem Microsoft, Google również opracowało szereg narzędzi opartych na uczeniu maszynowym, które z powodzeniem mogą być wykorzystywane

⁴⁶ <https://www.slashgear.com/ai-portraits-ars-transforms-selfies-into-a-piece-of-art-22584843/> [dostęp:25.05.2020]

⁴⁷ <https://www.moma.org/calendar/exhibitions/history/identifying-art> [dostęp: 25.05.2020]

w instytucjach kultury. Jednym z nich jest *Google Vision API*, które wykorzystano m.in. do przeanalizowania obrazu Canaletta: *Canale Grande w Wenecji* znajdującego się w Muzeum J. Paul Getty w Los Angeles w celu wykrycia przedmiotów i obiektów przedstawionych na obrazie. Algorytm w wyniku przeprowadzonej analizy zwrócił cztery wiodące terminy: wioślarstwo, gondola i malowanie, które mogą posłużyć jako tagi do opisu dzieła.



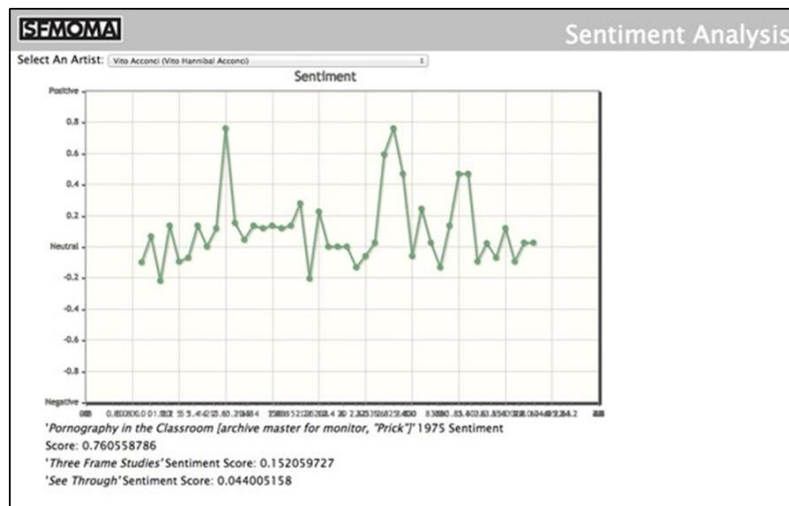
Ryc. 6 Obraz Canaletta analizowany przez algorytm SI.

Analiza sentymentu

Instytucje kultury, które korzystały z metod automatycznego rozpoznawania emocji to m.in.:

- **Muzeum Sztuki Współczesnej w San Francisco** (SFMOMA) w 2015 roku

Programista John Higgins napisał aplikację, która wygenerowała wykres analizy sentymentu dla wszystkich dzieł wybranego artysty z kolekcji SFMOMA. Badacz sprawdził, czy z czasem artyści mają tendencję do tytułowania swoich dzieł bardziej pozytywnie czy negatywnie, oraz zadał pytania badawcze na temat tego czy po serii pozytywnie zatytułowanych dzieł pojawiłaby się odpowiednia liczba negatywnych, oraz czy można odnotować korelację między miejscem pochodzenia artysty a nastawieniem do tytułów dzieł sztuki. Do zbudowania analizy sentymentu wykorzystano dwa interfejsy API: interfejs API SFMOMA Collection i interfejs API do silnika analizy sentymentów. Interfejs API Collection został użyty, aby uzyskać listę tytułów i dat dla dzieł artysty oraz przekazać każdy tytuł do interfejsu API silnika analizy nastrojów, który z kolei wygenerował wartości liczbowe od -1 (negatywny sentyment) do +1 (pozytywny sentyment).



Ryc. 7 Wykres analizy sentymentów tytułów dzieł artysty Vito Acconci. Wartość środkowa oznacza neutralny sentyment, wartości skrajne pozytywny oraz negatywny⁴⁸.

W wyniku przeprowadzonych analiz dla obrazu np. *The Lonely Metropolitan*, autorstwa Herberta Bayera, otrzymano wynik -0,92, co zważając na temat dzieła jest wynikiem satysfakcjonującym. Niemniej już instalacja zatytułowana *Pornography in the Classroom [archive master for monitor, "Prick"]* otrzymała niepokojąco wysoki wynik pozytywny (0,76). Z kolei *Skull of a Gorilla*, wizualnie mroczny i złożony obraz Francisa Bacona otrzymał wynik obojętny równy 0, w przeciwieństwie do emocjonalnej reakcji widzów, wywołanej wizualnym doświadczeniem tego dzieła sztuki. Autor algorytmu odkrył, że wiele tytułów dzieł sztuki, takich jak *Untitled* czy numery w serii lub edycji, zostało ocenionych jako neutralne przez analizę sentymentu i w ten sposób zwracało wartość liczbową równą zero. Według analizy nastrojów te neutralne tytuły nie niosą ze sobą żadnego nacechowania emocjonalnego, co jest pewnym ograniczeniem w stosunku do palety uczuć wywołanych u odbiorców kultury. Ten eksperyment pokazał że analiza sentymentu mimo swojej logiki na poziomie programowym nie jest w stanie wykrycia bardziej złożonych sentencji dzieła sztuki.

- **Carnegie Museum of Art w Pittsburghu: Gulf Tower Project.**

W ramach projektu *Carnegie Museum of Art* zatytułowanego *Antoine Catala: Distant Feel*, Gulf Tower, budynek w centrum Pittsburgha, stał się odzwierciedleniem nastroju mieszkańców tego miasta.

Artysta David Newbury, korzystając z interfejsu Instagram API, zbierał zdjęcia z całego obszaru metropolitalnego Pittsburgha i analizował je pod kątem ogólnego nastroju panującego w mieście. Przeanalizowane emocje zdjęć umieszczanych na Instagramie wykorzystano do obliczenia pozytywnych i negatywnych wyników dla całego miasta.

⁴⁸ <https://www.sfmoma.org/read/sentiment-analysis/> [dostęp:12.04.2020]

Wynik ten został następnie wykorzystany do stworzenia gigantycznej wizualizacji danych przy użyciu oświetlenia w Gulf Tower.



Ryc. 8 Gulf Tower podczas eksperymentu – kolorem zielonym oznaczano pozytywne, natomiast czerwonym negatywne emocje mieszkańców⁴⁹.

- **Muzeum Tate w Londynie w 2013 roku**

Wiele muzeów posiada obecnie profil na portalach społecznościowych, który umożliwia zamieszczanie najważniejszych wiadomości, promowanie wystaw lub rozpowszechnianie treści, a także organizowanie projektów partycypacyjnych lub tworzenie inicjatyw mających na celu interakcję z odwiedzającymi oraz rozpoczęcie rozmów i debat. Jednak ocena wpływu mediów społecznościowych w przypadku instytucji kultury nie jest zadaniem łatwym [Russo et al. 2007; Fletcher and Lee 2012]. W ciągu ostatnich kilku lat różne inicjatywy koncentrowały się na wskaźnikach w mediach społecznościowych, w tym na stronie internetowej *Museum Analytics*⁵⁰, która automatycznie pobiera główne wskaźniki z Facebooka i Twittera (np. polubienia, obserwujących lub retweety), tworząc listy rankingowe setek muzeów na całym świecie. Pomimo faktu, że platformy te są doskonałym źródłem danych do analizy porównawczej, to jednak należy pamiętać, że opierają się jedynie na pomiarach ilościowych, pomijając kontekst i cele instytucji.

⁴⁹ <http://www.workerghome.com/work/gulf-tower/> [dostęp: 12.05.2020]

⁵⁰ <http://www.museum-analytics.org> [dostęp: 12.05.2020]

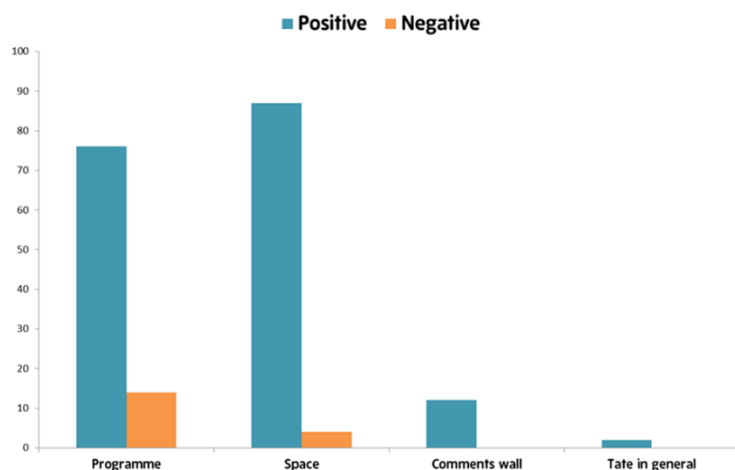
W lipcu 2012 roku *Tate Modern* otworzyło nową przestrzeń nazwaną *The Tanks*, pierwszą na świecie stałą wystawę/przestrzeń, w której prezentowane są dzieła sztuki tworzone na żywo, performance'y, instalacje i dzieła filmowe ⁵¹.

Podczas festiwalu *The Tanks* Twitter był kluczowym instrumentem kampanii komunikacyjno-marketingowej, uruchomionej w celu rozpowszechniania informacji o istnieniu nowej przestrzeni oraz promowania instalacji i wydarzeń, które miały miejsce podczas festiwalu. Wykorzystano go również do prowadzenia rozmów i dyskusji na temat sztuki na żywo. W galerii zainstalowano interaktywny *comments wall*, na którym automatycznie były wyświetlane komentarze odwiedzających publikowane na Twitterze z hashtagiem #thetanks. W oparciu o zebrane dane, twórcy projektu mierzyli wpływ Twittera jako narzędzia komunikacji i rozpowszechniania, a także jako środka do zaangażowania odwiedzających w tworzenie przestrzeni *The Tanks*. Ponadto, twórcy byli zainteresowani zrozumieniem reakcji ludzi, spostrzeżeń i przemyśleń na temat tej nowej przestrzeni wystawienniczej. To, co odwiedzający tweetowali podczas wizyty lub po jej zakończeniu, stanowiło doskonałą okazję do zastosowania analizy treści i nastrojów (analizy sentymentu) oraz poznania głównych tematów, o których mówili odwiedzający, a także ich ogólnych odczuć w stosunku do przestrzeni i programu artystycznego na żywo. W wyniku tych analiz powstała publikacja naukowa [Villaespesa 2013].



Ryc. 9 Wykres słów używanych do opisu wystawy w przypadku pozytywnych tweetów. Im większe słowo, tym bardziej dominowało w tweetach osób odwiedzających galerię i dyskutujących o wystawie [Villaespesa 2013].

⁵¹ <https://mw2013.museumsandtheweb.com/paper/diving-into-the-museums-social-media-stream/>
[dostęp:10.05.2020]



Ryc. 10 Analiza tweetów w podziale na poszczególne kategorie. Analiza sentymentu może być używana do przetwarzania informacji na temat różnych aspektów danej placówki kultury [Villaespesa 2013].

Powyższa analiza została przeprowadzona w Tate w określonym kontekście, niemniej może mieć duże szersze spektrum zastosowania w celu badania postrzegania muzeum przez społeczeństwo. Ten rodzaj analizy można również zastosować do innych platform mediów społecznościowych, w których muzeum może mieć profil, takich jak Facebook, Instagram lub YouTube, i gdzie użytkownicy komentują muzeum i jego działania. Zawsze jednak należy brać pod uwagę specyfikę każdej platformy. Bez wątpienia konieczne są dalsze prace w celu eksperymentowania i stosowania metod badawczych w mediach społecznościowych w celu dalszego definiowania wskaźników i stworzenia podstaw do dokonywania porównań między różnymi przypadkami w sektorze kultury.

Roboty i chatbooty w muzeach

Niewątpliwie jedną z bardziej powszechnych form wykorzystania sztucznej inteligencji w instytucjach kultury są roboty i chatbooty. W 2016 roku paryskie **Musee du quai Branly** stworzyło dom dla **Berensona**, krytyka sztuki robotycznej, który cicho wędrował po salach muzeum, wkładając melonik, płaszcz i szalik. Berenson wykorzystał sztuczną inteligencję do rejestrowania reakcji ludzi na dzieła sztuki, tym samym rozwijając własną percepcję oceny i interpretacji dzieł sztuki. Ten niecodzienny eksperyment miał odpowiedzieć na pytanie: czy robot byłby w stanie budować preferencje estetyczne podczas interakcji z zwiedzającymi muzeum? I tak się właśnie stało.

Podobnie jak ludzie ewoluowali, podobnie robią roboty muzealne. W 2018 r. humanoidalnego robota wprowadziło **Smithsonian** ze Stanów Zjednoczonych. Roboty **Pepper** zostały przekazane Smithsonianowi w ramach znaczącego prezentu od Softbank Robotics, światowego lidera w dziedzinie robotów humanoidalnych. Roboty Softbank są szeroko stosowane w środowiskach edukacyjnych i komercyjnych w Azji, a ostatnio zostały wprowadzone w Stanach Zjednoczonych. Są używane na lotniskach, centrach handlowych i kampusach uniwersyteckich, aby pomóc w znalezieniu drogi i obsłudze

klienta. Pepper może odpowiadać na często zadawane pytania lub opowiadać historie, używając głosu i gestów, a także interaktywnego ekranu dotykowego. Pepper tańczy, gra w gry i pozuje do selfie, oferując zabawne wrażenia, które często przyciągają tłum. Odwiedzający, którzy chcą wejść w interakcję z Pepper, znajdą go m.in. w *National Museum of African American History and Culture*, *Hirshhorn Museum and Sculpture Garden*, *the Smithsonian Castle*, *National Museum of African Art* oraz *the Smithsonian Environmental Research Center*.

Z kolei autorzy: Ioannakis, Bampis, and Koutsoudis 2019 w artykule z 2019 roku opisali działanie **CiceRobota**⁵², robota opartego na widzeniu komputerowym oraz innych elementach zaawansowanej architektury poznawczej. Celem projektu było zintegrowanie percepcji wizualnej i działań związanych z reprezentacją wiedzy, aby wygenerować głębokie zrozumienie otoczenia przez robota. Podstawowe zasady tej architektury to integracja percepcji, działania i wiedzy symbolicznej, opierająca się na wprowadzeniu reprezentacji pośredniej opartej na koncepcji mapowania przestrzeni Gärdenforsa, czyli mapowanie ilościowych zależności z domeny źródłowej na abstrakcyjną domenę. Prototypowa wersja tej architektury informacyjnej została przetestowana na autonomicznym robocie **RWI B21**, który był przewodnikiem wycieczek po muzeum w Agrigento.

Innymi, pokrewnymi choć opartymi na innych technologiach przykładami systemów SI oprowadzających po muzeum są "zatrudnione" w **Museum of Science w Bostonie** awatary **Ada** (na cześć Ady Augusty Lovelace) oraz **Grace** (na cześć Grace Hopper). W muzeum awatary mogą być wykorzystane nie tylko jako przewodnicy, ale także jako eksponat technologiczny jak np. na wystawie *Science Behind Virtual Humans*. Łącząc komputerowo generowaną animację postaci ze sztuczną inteligencją i badaniami nad autonomicznymi agentami (ang. *autonomous agent systems*), wirtualni przewodnicy po muzeach mówią bezpośrednio w językach naturalnych do zwiedzających. Ada i Grace są nie tylko w stanie dyskutować o zawartości naukowej eksponatu muzealnego, ale również mogą być zabawne i symulować przekonujący zakres ludzkich emocji, zapewniając bezprecedensową możliwość zainspirowania młodzieży i uczniów w każdym wieku.

Z kolei w ramach projektu **Dali Lives**⁵³ na 115. rocznicę urodzin Salvadora Dali, **Muzeum Dali** na Florydzie we współpracy z Goodby Silverstein & Partners z San Francisco (GS&P), przy użyciu technologii uczenia maszynowego i *deepfake* ożywili mistrza surrealizmu. Aby uzyskać maksymalną wiarygodność, sztuczna inteligencja opierała się na ponad 6000 dostępnych zdjęciach i nagraniach Dalego. Twórcy przeanalizowali też i starannie wybrali cytaty artysty na koniec łącząc wszystko tak, aby otrzymać jak najbardziej realistyczny rezultat. Do ożywienia Salvadora zatrudniono także aktora przypominającego do złudzenia artystę, dzięki któremu sztuczna inteligencja mogła nauczyć się mimiki twarzy i innych charakterystycznych gestów. Ostatecznie udało się

⁵² <https://www.robotshop.com/community/blog/show/cicerobot-gives-museum-tours> [dostęp: 12.11.2019]

⁵³ <https://thedali.org/press-room/dali-lives-museum-brings-artists-back-to-life-with-ai/> [dostęp: 12.05.2020]

wyprodukować 45 minut unikalnego materiału zdolnego do wygenerowania ponad 190 000 możliwych scenariuszy, co czyni każdą interakcję wyjątkowym przeżyciem. Wirtualny Dalí może m. in. opowiedzieć zwiedzającym historię swojego życia i porozmawiać z nimi o aktualnej pogodzie. Niewątpliwie jest to przykład jak muzea mogą w ciekawy sposób wykorzystywać technologie SI, aby angażować swoich gości w poznawanie sztuki w niekonwencjonalny sposób.

Artysta – Robot

Z kolei **Ai-Da** to **artysta robot**, który potrafi rysować, malować, a nawet przy pomocy człowieka – rzeźbić. Co więcej dzięki technologii 3D robot wygląda jak prawdziwy człowiek. Co ciekawe Ai-Da na podstawie wbudowanych w gałkach ocznych kamer potrafi także malować portrety. Ai-Da została zaprojektowana przez *Engineered Arts*, firmę zajmującą się robotyką w Kornwalii, we współpracy z naukowcami *University of Oxford* (którzy opracowali algorytm wykorzystujący sieci neuronowe do interpretacji płaszczyzny kartezjańskiej) oraz inżynierami SI z *Leeds University*⁵⁴. Ai-Da została zbudowana w oparciu o technologię „Mesmer” pozwalającą na stworzenie robota z ludzkimi rysami twarzy – tą samą którą wykorzystali m.in. twórcy serialu produkcji HBO *WestWorld*. Prace Ai-Dy inspirowane są stylem artystów z początku XX wieku, takich jak Max Beckmann, Käthe Kollwitz i Pablo Picasso. W czerwcu 2019 r. wystawa prac tego humanoidalnego robota została zaprezentowana w galerii o nazwie *Unsecured Features w St. Johns College*⁵⁵.



Ryc. 11 Rysunki Ai-Da są wprowadzane do algorytmów AI w celu tworzenia abstrakcyjnych obrazów. Zdjęcie Nicky Johnston⁵⁶

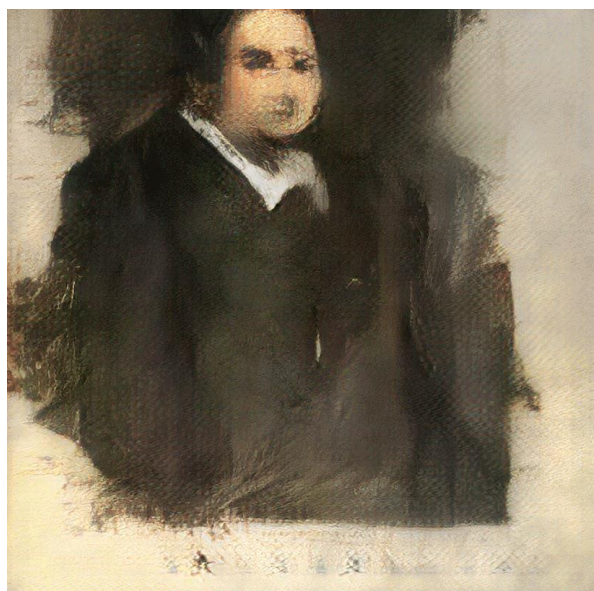
Ai-Da nie jest pierwszym robotem SI, który produkuje dzieła sztuki. Wystawy, projekty artystyczne i badawcze wykorzystujące technologię SI, które rozpoczynają się w każdym zakątku świata, zwiastują pojawienie się zupełnie nowego rynku sztuki. W 2018 r. dom

⁵⁴ <https://www.express.co.uk/news/science/1137207/Artificial-intelligence-news-AI-robot-artist-paintings-robot-painter-AiDa> [dostęp: 25.05.2020]

⁵⁵ <https://www.sjc.ox.ac.uk/discover/events/unsecured-futures-art-ai-da-robot/> [dostęp: 25.05.2020]

⁵⁶ <https://www.dezeen.com/2019/06/14/ai-robot-ai-da-artificial-intelligence-art-exhibition/> [dostęp: 25.05.2020]

aukcyjny Christie's New York po raz pierwszy, na aukcji wystawił obraz wygenerowany przez sztuczną inteligencję⁵⁷. **Portret Edmonda Belamy'ego** kolektywu artystycznego Obvious⁵⁸ sprzedano za 435 tys. dolarów. Niewątpliwie obraz ten prezentujący zupełnie wyimaginowaną postać nie jest cenny ze względu na swoje walory artystyczne. Jest cenny, bo już teraz stał się pewnego rodzaju symbolem. Dzieło stworzono przy wykorzystaniu mechanizmu sztucznej inteligencji tzw. *generative adversarial network* (GAN). Na algorytm składają się dwie części: Generator oraz Dyskryminator. Do systemu wprowadzono zestaw 15 000 portretów namalowanych pomiędzy XIV a XX wiekiem. Na ich podstawie Generator stworzył nowy obraz, a następnie Dyskryminator miał wskazać różnicę między obrazem stworzonym przez człowieka, a obrazem utworzonym przez Generator. Celem całego eksperymentu było zmylenie Dyskryminatora, by pomyślał, że nowe obrazy to portrety, namalowane ludzką ręką. Wówczas eksperyment uznaje się za udany i powstaje finalne dzieło sztuki.



Ryc. 12 Portret stworzony przez SI⁵⁹



Ryc. 13 Portret Rembrandta wygenerowany przez SI⁶⁰

Innym, równie znanym przykładem „twórczości” SI jest projekt **The Next Rembrandt**⁶¹, w którym zacierając granice między sztuką, a technologią, dzięki algorytmom sztucznej inteligencji stworzono dzieło, które mogłoby uchodzić za namalowane przez barokowego mistrza. Realizację projektu rozpoczęto od analizy 346 prac Rembrandta, badając każde dzieło piksel po pikselu. W celu otrzymania danych, na których można było prowadzić powyższe czynności, skorzystano z takich materiałów jak skany 3D o wysokiej rozdzielczości oraz pliki cyfrowe, które zostały przeskalowane za pomocą algorytmów głębokiego uczenia oraz technik rozpoznawania twarzy. Pozwoliło to uzyskać możliwie

⁵⁷ <https://time.com/5357221/obvious-artificial-intelligence-art/> [dostęp: 25.05.2020]

⁵⁸ <https://obvious-art.com/portfolio/edmond-de-belamy/> [dostęp: 10.06.2020]

⁵⁹ <https://obvious-art.com/portfolio/edmond-de-belamy/> [dostęp: 10.06.2020]

⁶⁰ <https://medium.com/@DutchDigital/the-next-rembrandt-bringing-the-old-master-back-to-life-35dfb1653597> [dostęp: 15.06.2020]

⁶¹ <https://www.nextrembrandt.com/> [dostęp: 10.06.2020]

najwyższą rozdzielczość i jakość obrazu. Utworzona w ten sposób, bardzo rozbudowana baza danych pozwoliła na przeszkolenie SI w celu stworzenia „kolejnego dzieła Rembrandta”. Zastosowane narzędzia zostały określone w literaturze jako procesy z pogranicza eksploracji danych (*data mining*) i uczenia maszynowego. Ustalono, że portret powinien przedstawiać spoglądającego w prawo białego mężczyznę pomiędzy 30, a 40 rokiem życia, z zarostem, w czarnym ubraniu z białym kołnierzem. Następnie rozpoczęto ekstrakcję twarzy, które odpowiadają temu profilowi. Opracowano jak gdyby uśrednione rembrandtowskie oczy, nos i inne elementy, a także przeanalizowano ok. 60 punktów na twarzach, by wyznaczyć odległości, takie jak rozstaw oczu itd. W kolejnym etapie skupiono się na cechach charakterystycznych dla stylu i techniki malarza w celu „namalowania” wygenerowanego obrazu. Ustalono liczbę warstw farby, stworzono mapę wysokości, uwzględniono typowe dla malarza ruchy pędzla. Obraz wydrukowano na drukarce 3D. Można powiedzieć, że w tym projekcie oprogramowanie SI stało mózgiem malarza, a drukarka 3D jego pędzlem. Nowy obraz Rembrandta powstał 347 lat po jego śmierci. Jest on doskonałym przykładem jak nowe technologie mogą zmieniać obecny rynek sztuki.

SI jako Kurator

Coraz więcej instytucji wystawienniczych, aby przyciągnąć odbiorców, eksperymentuje z wystawami, których kuratorami jest sztuczna inteligencja. **Recognition**⁶² to kuratorski projekt **Muzeum Tate** wykorzystujący SI, a także tytuł kolejnej wystawy otwartej w 2016 r., która okazała się globalnym sukcesem. W ciągu trzech miesięcy firma *Recognition* wykorzystwała algorytmy SI do przeszukiwania ogromnej bazy danych kolekcji Tate i wykrywania podobieństw między dziełami sztuki, a bogactwem zdjęć dostarczanych przez agencję prasową *Reuters*, w wyniku czego otrzymano zarówno humorystyczne, jak i kontrowersyjne zestawienia.

W ramach projektu *Recognition* wykorzystano cztery różne algorytmy tj.:

- Rozpoznawania obiektów – wykorzystujące głębokie sieci neuronowe, opracowane przez *JoliBrain*⁶³ przy użyciu *DeepDetect*⁶⁴ i *Densecap* do identyfikacji obiektów, w których algorytmy uczą się dopasowywać i rozróżniać wzorce za pomocą analizy opartej na wyglądzie lub funkcji.
- Rozpoznawania twarzy przy użyciu interfejsu *API Microsoft Cognitive Services*⁶⁵, które oprócz identyfikacji ludzkich twarzy na obrazie mogą określać także wiek, płeć, emocje.
- Analizy kompozycji (składu), opracowane za pomocą *DeepDetect*, gdzie zestaw głębokich sieci neuronowych odczytuje piksele obrazu i na ich podstawie

⁶² <http://recognition.tate.org.uk/#intro> [dostęp: 25.05.2020]

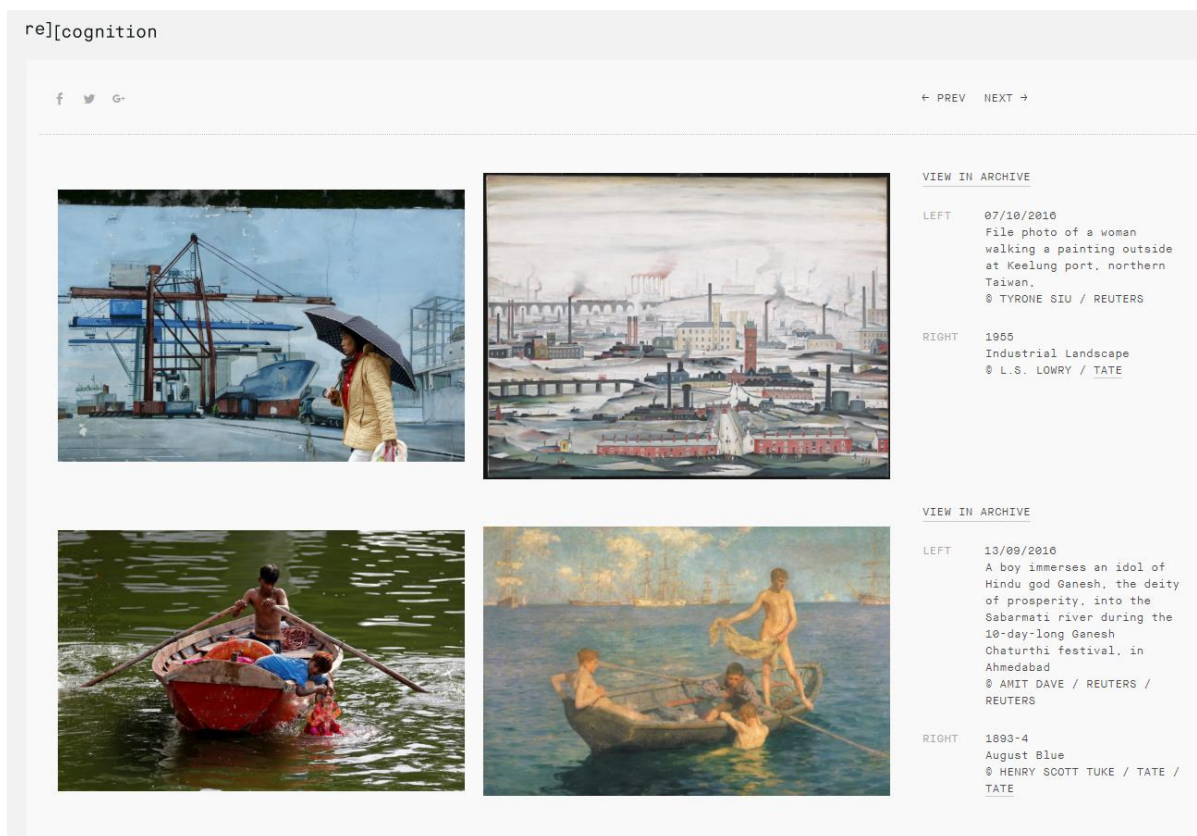
⁶³ <https://www.jolibrain.com/> [dostęp: 25.05.2020]

⁶⁴ <https://www.deepdetect.com/> [dostęp: 25.05.2020]

⁶⁵ <https://azure.microsoft.com/pl-pl/services/cognitive-services/> [dostęp: 25.05.2020]

wyodrębnia indywidualne cechy w celu identyfikacji widocznych kształtów, struktur, układu wizualnego czy kolorów.

- Analizy kontekstu opracowane przy użyciu *DeepDetect* i *word2vec*, w których głębokie sieci neuronowe przetwarzają zarówno obrazy, jak i ich opisy, próbując następnie znaleźć powiązania oparte na lokalizacji lub semantycznym dopasowaniu słów i zdań. Rozpoznawanie kontekstu to proces analizujący tytuły, daty, tagi i opisy związane z każdym obrazem.



Ryc. 14. Efekty dopasowania algorytmu współczesnych zdjęć do dzieł ze zbiorów Tate.

Eksperymentalny projekt *Tate* oraz *Recognition* obejmowała nie tylko utworzenie strony internetowej do porównywania przez sztuczną inteligencję współczesnych zdjęć do dzieł ze zbiorów *Tate*, ale także interaktywną instalację, gdzie odwiedzający mieli to samo zadanie, choć z mniejszym zestawem danych, bo zaledwie 50 dzieł. Celem tego działania było porównanie decyzji podejmowanych przez algorytmy sztucznej inteligencji z decyzjami podejmowanymi przez ludzi.

Analiza kolekcji i wizualizacja danych

Niewątpliwym krokiem naprzód w innowacjach muzealnych z wykorzystaniem SI są projekty oparte na wizualizacji cyfrowych danych. Uczenie maszynowe z powodzeniem już od kilku lat wykorzystywane jest do analizy obrazów. Babak Saleh i jego koledzy z *Rutgers University* w *New Jersey* już w 2014 r. sklasyfikowali muzealne obrazy według koloru, stylu oraz namalowanych na nich przedmiotów w celu odnalezienia

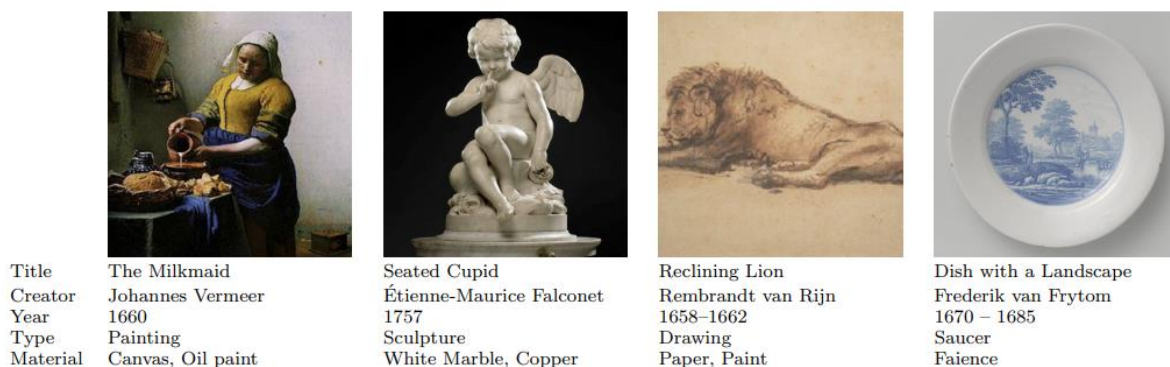
nieoczywistych powiązań między nimi [Saleh, et all, 2014]. Z kolei **Norweskie Muzeum Narodowe** zbudowało eksperymentalny prototyp, który przekształca cyfrową kolekcję muzeum w mapę obrazów do klasyfikacji zasobów na podstawie ich podobieństwa, pozwalając na zupełnie nowy sposób eksploracji treści. W projekcie zastosowano technologie uczenia maszynowego i głębokich sieci neuronowych (koncepcja tożsama do użytej w *Generative Adversarial Network*), aby ułatwić czasochłonne publikowanie jak największej ilości informacji o historycznych katalogach sztuki. Cała aplikacja została opracowana przez studio BENGLER dla Muzeum Narodowe w ramach projektu **Principal Components** wspieranego przez *Arts Council Norway*. Projekt realizowano w latach 2016-2017. Twórcy pozwolili algorytmowi analizować podobieństwa w zgromadzonych obrazach i wizualizować wyniki na stronach internetowych. Dzięki temu użytkownicy mogli "wędrować" po tematycznej mapie kolekcji", czyli przeglądać całe kolekcje w ramach jednego wyszukiwania wraz z możliwością przybliżania szczegółów poszczególnych dzieł⁶⁶. Dodatkowo użytkownicy mogli szkolić sieci neuronowe do generowania nowych obrazów. Powyższe było możliwe dzięki połączeniu dwóch sieci - jedna z nich uczy się rozpoznawać obrazy, podczas gdy druga uczy się tworzyć obrazy, które mogą je oszukać. Technika ta nosi nazwę *Deep Convolutional Generative Adversarial Networks* (DCGAN). Pod poszczególnymi pracami w kolekcji online użytkownicy znajdują także link do zbadania podobieństw z innymi obiektami w kolekcji. Aplikacja udostępnia również interaktywne narzędzia do malowania, drukowania, rysowania i projektowania obiektów. W ramach interaktywnej pracy ze zbiorami, zaproponowano inicjatywę polegającą na generowaniu "obrazów" krajobrazowych na wzór tych, które są w kolekcji.⁶⁷

Z kolei w ramach **Rijksmuseum Challenge 2014**⁶⁸ opracowano algorytmy pozwalające na prowadzeniu klasyfikacji wizualnej dostępnych zasobów cyfrowych Rijksmuseum. Opracowane narzędzie pozwala na prowadzenie automatycznej analizy cyfrowych odwzorowań w zakresie: twórcy, użytego materiału, typu obiektu (obraz, rzeźba etc.) oraz roku powstania danego obiektu. Niniejsze narzędzia mogą być wykorzystywane wspomagająco w celach analizy i badania treści kulturowych, historycznych i artystycznych oraz ich konserwacji, a także np. uwierzytelnianiu twórcy. W ramach projektu twórcy wykorzystali modele wektorów nośnych SVM (*ang. Support Vector Machines.*) oraz algorytmy uczenia maszynowego t-SNE (*ang. t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding*).

⁶⁶ W wyniku prac powstała strona: <http://vy.nasjonalmuseet.no/#> do eksploracji zasobów muzeum [dostęp:24.05.2020]

⁶⁷ <https://bengler.no/principalcomponents> [dostęp:24.05.2020]

⁶⁸ <https://staff.fnwi.uva.nl/t.e.j.mensink/uva12/rijks/> [dostęp: 15.06.2020]



Ryc. 15 Przykładowe reprodukcje cyfrowe z zasobu *Rijksmuseum* wraz z wygenerowanymi opisami⁶⁹

Inną ciekawą inicjatywą jest **GallicaPix**⁷⁰ – ikonograficzna wyszukiwarka utworzona w ramach *Gallica Studio* przez *Bibliothèque nationale de France* (BnF). *GallicaPix* to narzędzie wyszukiwania koncentrujące się na ikonografii z I wojny światowej. Prototyp aplikacji ma na celu identyfikację obrazów na wszystkich rodzajach druków (książki, czasopisma, prasa etc.) przy użyciu sztucznej inteligencji w cyfrowych kolekcjach poddanych OCR (*Optical Character Recognition*) lub OLR (*Optical Layout Recognition*: struktura optyczna struktury dokumentów). Dzięki *GallicaPix* możliwe jest zidentyfikowanie, a tym samym szersze wykorzystanie zasobów ikonograficznych tj. fotografie, rysunki, ryciny czy mapy, które dotychczas pozostawały trudno dostępne z uwagi na ich umieszczenie w wydawnictwach zwartych. Dzięki aplikacji możemy np. dla zapytania „Georges Clémenceau” otrzymać ponad 900 wyników wyszukiwania (podczas gdy w *Gallica images* jest ich jedynie 140).

GallicaPix umożliwia przeszukiwanie zasobów na kilka sposobów:

- według słowa kluczowego (wyszukiwane w metadanych lub w OCR, jeśli istnieje);
- zgodnie z kryteriami bibliograficznymi (wybrane zbiory, tytuł dokumentu, data, temat itp.);
- według kryteriów wizualnych (koncepcja zawarta w obrazie, rodzaj ilustracji, kolor, rozmiar itp.).

Precyzyjne wyszukiwanie możliwe jest nie tylko dzięki motywom opisanym w metadanych bibliograficznych obiektu, ale także typom ilustracji, które są wykrywane zarówno za pomocą metadanych jak i technik głębokiego uczenia się, które wykorzystują sztuczną sieć neuronową przeszkoloną na podstawie 10 000 obrazów i 12 klas (zdjęcie, rysunek, grawer, mapa, partytura itp.). *GallicaPix* wykorzystuje także indeksowanie wizualne w celu wyodrębnienia treści obecnych na ilustracjach, w szczególności wykrywania osób, przedmiotów i dominujących kolorów. Proces indeksowania można aktywować za pomocą listy CBIR (*IBM Watson Visual Recognition, Google Cloud Vision,*

⁶⁹ <https://ivi.fnwi.uva.nl/isis/publications/2014/MensinkICMIR2014/MensinkICMIR2014.pdf> [dostęp: 15.06.2020]

⁷⁰ <http://gallicastudio.bnf.fr/bo%C3%A0-%C3%A0-ouils/plongez-dans-les-images-de-14-18-en-testant-un-nouveau-moteur-de-recherche> [dostęp: 15.06.2020]

OpenCV). Do klasyfikacji typów obrazów wykorzystano *Google TensorFlow Inception-V3*⁷¹. Narzędzie zostało opracowane przez Jean-Philippe Moreux, eksperta OCR pracującego w BnF oraz Guillaume Chiron, badacza w laboratorium informatyki, obrazu i interakcji (L3i) na uniwersytecie w La Rochelle.

Warto także zwrócić uwagę na tzw. „Boite à outils”⁷² czyli zestaw narzędzi i zasobów do ponownego wykorzystania udostępniany przez *Bibliothèque nationale de France*. Materiały tj. dokumentacja techniczna dotycząca interfejsów API, formaty danych, kody nowych funkcji etc. przygotowywane są zarówno przez zespół BnF jak i zewnętrznych programistów. „Laboratorium” umożliwia także testowanie wersji beta nowych rozwiązań.

SUL AI Studio Experiments

Niewątpliwym liderem w zakresie testowania rozwiązań wykorzystujących algorytmy SI jest Biblioteka Stanforda (*Stanford University Library*), która posiada bogate i różnorodne cyfrowe zbiory tekstów, dokumentów rękopiśmiennych, fotografii, map i wielu innych. W lipcu 2018 roku Stanford rozpoczął działalność w zakresie SI w ramach realizacji projektów, w których zastosowania sztucznej inteligencji mogą pomóc pracownikom w wewnętrznym przetwarzaniu informacji i sprawić, że kolekcje staną się łatwiejsze do okrycia a tym samym dostępne dla użytkowników. Z Biblioteką Stanforda w ramach rozszerzania swoich kompetencji współpracowała Biblioteka Narodowa w ramach warsztatu dotyczącego projektowania sztucznej inteligencji w bibliotekach i archiwach⁷³.

Lista projektów realizowanych w ramach SUL⁷⁴:

Transkrypcja archiwum Allena Ginsberga (Transcribing the Allen Ginsberg Tapes)

Biblioteka Stanforda posiada bogatą dokumentację twórczości Allena Ginsberga z lat 1937-1934, która zawiera korespondencję, rękopisy Ginsberga i innych poetów i autorów, zapiski ze spotkań, zeszyty i czasopisma, wycinki prasowe, książki, kasety, taśmy wideo, fotografie i plakaty. Projekt przede wszystkim opiera się na transkrypcji typu *speech to text* (mowy do tekstu z wdrożeniem opartego na sieciach neuronowych narzędzia *Google's Cloud Speech-to-Text*⁷⁵, które przekształca mowę w języku naturalnym na tekst pisany). W ramach projektu prowadzone są także prace mające na celu identyfikację i rejestrowanie powtarzających się sygnałów w nagraniu (np. kliknięcie i wyłączenie magnetofonu). Istnieje również potrzeba przepisywania pisma odręcznego z wykorzystaniem technologii OCR.

⁷¹ https://altomator.github.io/Image_Retrieval/ [dostęp:16.05.2020]

⁷² <http://gallicastudio.bnf.fr/articles/1> [dostęp:16.05.2020]

⁷³ <https://library.stanford.edu/blogs/digital-library-blog/2018/12/design-ai-libraries-and-archives-fantastic-futures-conference> [dostęp:20.10.2019]

⁷⁴ <https://library.stanford.edu/projects/artificial-intelligence/sul-ai-studio> [dostęp:20.10.2019]

⁷⁵ <https://cloud.google.com/speech-to-text> [dostęp:20.10.2019]

Używanie modelowania tematów do opisywania powieści XIX wieku (Entity Extraction Single Volume Novels 19th early 20th C)

Celem tego projektu jest zwiększenie „odkrywalności” dwóch dużych kolekcji niedokończonych, dziewiętnastowiecznych, rzadko czytanych powieści jednotomowych, które są przechowywane w głównych bibliotekach naukowych (aktualna liczba to około 1600) poprzez ich automatyczną indeksację. Kolekcja obejmuje szeroki wachlarz gatunków (powieści przygodowe, detektywistyczne, religijne, fantasy etc.), które były popularne w tym okresie. Obecnie istnieje jedynie minimalny opis tego, o czym jest każda powieść, co utrudnia badaczom zrozumienie, jakie gatunki, tematy, miejsca, postacie i okresy czasu są reprezentowane. Pierwszą kolekcją, zgromadzoną przez Annette Keough, jest Kolekcja *Jarndyce* (1101 tytułów). Z uwagi iż autorzy tych powieści są mało znani, często brakuje także informacji katalogowych, co powoduje, że dzieła te są trudno dostępne. Zespół SUL (Rebecca Wingfield, Arcadia Falcone, Javier de la Rosa, Scott Bailey) zdecydował się na wykorzystanie modelowania tematycznego (czyli probabilistycznych modeli statystycznych służących odkrywaniu istotnych tematów występujących w danym zbiorze dokumentów) do opisywania tych powieści. W ramach tego projektu zbadano, w jakim stopniu modelowanie tematyczne może zostać wykorzystane w celu ułatwienia dostępu podmiotu do kolekcji.

Raporty Oceanograficzne (Oceanographic Field Notebooks)

W ramach projektu zdigitalizowano unikalne fizyczne egzemplarze raportów oceanograficznych w celu udostępnienia ich zainteresowanym, m.in. badaczom. Poddany cyfryzacji materiał składał się z raportów sporządzonych w ciągu 23 lat, często pisanych ręcznie, czasem wpisywanych na maszynie, które są częścią *CalCOFI Hydrobiological Survey of Monterey Bay*. Materiał ten jest niezwykle cenny z uwagi, że istnieje bardzo niewiele badań oceanograficznych z lat 50-tych i 70-tych. Co więcej te, poddane cyfryzacji, istnieją tylko w jednym egzemplarzu przechowywanym w Bibliotece Stanforda. Dane te stanowią ważny wkład w badania w dziedzinie nauk o morzu, zmian klimatu i ekologii wybrzeża. Było to zadanie niezwykle istotne także z uwagi, że sama biblioteka znajduje się w strefie dotkniętej tsunami, a ponieważ w jej zbiorach jest jedyna kopia tych danych, istnieje duże ryzyko ich utraty. W projekcie wykorzystane zostało narzędzie *Google CloudVision*.

Umożliwienie bogatej analizy dokumentacji próbnej (Enabling Rich Analysis of Trial Records)

Centrum Praw Człowieka i Sprawiedliwości Międzynarodowej (*Handa Center for Human Rights and International Justice*) oraz Biblioteka Stanforda współpracują nad trzema projektami archiwów cyfrowych, aby udostępnić publicznie akta międzynarodowych postępowań karnych przy wsparciu finansowym Fundacji Flory i Williama Hewletta. Celem jest stworzenie platformy dla badań nad procesami dotyczącymi zbrodni wojennych. Największym wyzwaniem jest przekształcenie heterogenicznych materiałów drukowanych i rękopiśmiennych w formę cyfrową, tak aby mogły być skutecznie odkrywane, czytane i analizowane. Rozwiązaniem pierwszego wyboru okazuje się OCR

połączony z sieciami neuronowymi analizującym obraz (Deep Convolutional Generative Adversarial Network - DCGAN).

Rękopisy otomańskie (Ottoman Manuscripts)

Profesor nadzwyczajny historii, Ali Yaycioglu, zgromadził próbne archiwa dokumentujące życie zamożnych i potężnych osób, które zginęły podczas rewolucji na Bałkanach w połowie XIX wieku. Zachowane dokumenty rejestrują relacje handlowe, długi i kredyty łączące ludzi ze sobą. Osoby prywatne miały relacje dłużne z całymi wsiami lub społecznościami, co zaowocowało skomplikowanymi negocjacjami. Dług mógł zostać umorzony lub odsprzedany innej stronie prywatnej. W tym okresie ludzie byli jak firmy, więc śmierć jednostki mogła wywołać cały łańcuch zdarzeń, który można łatwo prześledzić za pomocą OCR-owej analizy tych dokumentów.

Archiwa uniwersyteckie: Projekt Południe (University Archives: Project South)

Projekt ten koncentruje się na wykorzystaniu rozpoznawania mowy (*speech recognition*) do generowania transkryptów dla 220 cyfrowych nagrań audio związanych z wywiadami przeprowadzonymi na południu USA w ramach projektu realizowanego przez rozgłośnię radiowa Stanford, czyli KZSU, nadająca na częstotliwościach 90.1 MHz FM. Latem 1965 r. ośmiu studentów z Uniwersytetu Stanforda spędziło dziesięć tygodni w południowych Stanach nagrywając informacje na temat aktywnego ruchu na rzecz praw obywatelskich. Sponsorowani przez KZSU, ankieterzy zbadali ponad pięćdziesiąt projektów z zakresu praw obywatelskich w sześciu stanach i zapewnili trzysta trzydzieści godzin nagrań audio, w tym ponad dwieście godzin nagrań dotyczących osobistych kontaktów międzyludzkich.

W wydaniu *Library Technology Reports* z 2019 r. stwierdzono, że najbliższa przyszłość pracy archiwalnej i bibliotecznej będzie miała ogromny wpływ i być może na zawsze ulegnie zmianie w wyniku upowszechnienia się sztucznej inteligencji i systemów uczenia maszynowego⁷⁶. W tym kontekście na uwagę zasługuje na przykład **projekt HAMLET** autorstwa Andromedy Yelton, obecnie pracującej w *Berkman Klein Center for Internet and Society na Harvardzie*⁷⁷. Będąc jeszcze w MIT w Bostonie stworzyła i rozwinęła HAMLET – sieć neuronową, która nauczyła się przestrzeni koncepcyjnej z kolekcji prac dyplomowych *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). HAMLET wykorzystuje uczenie maszynowe do tworzenia eksperymentalnych, odkrywczych interfejsów służących do nowatorskiego przeglądania kolekcji prac dyplomowych obronionych na MIT.

Aktualnie HAMLET, nadal w wersji alfa, nie posiadający jeszcze przyjaznego UX, oparty jest na modelu wektorów paragrafowych (*Paragraph vector model*) (Le and Mikolov

⁷⁶ <https://journals.ala.org/index.php/ltr/issue/view/709> [dostęp:15.05.2020]

⁷⁷ <https://hamlet.andromedayelton.com/> [dostęp:20.10.2019]

2014), które rozszerzają algorytm word2vec (Mikolov et al. 2013). W tradycyjnym katalogowaniu bibliotecznym dokumentom przypisuje się jeden lub więcej nagłówków tematycznych (np. *Space flight* => *Fiction*). Podobne dokumenty można znaleźć szukając innych dokumentów z tymi samymi nagłówkami tematycznymi.

Nagłówki tematyczne rozumiemy zazwyczaj jako listę (np. „pięć tematów przypisanych do danej książki”). Jednak zamiast tego możemy myśleć o nich bardziej algorytmicznie – jak o wektorze. W tym duchu, dla każdego z milionów możliwych nagłówków tematycznych, przypisać można logiczną funkcję Boolowską (umożliwiającą modelowanie zjawisk fizycznych reprezentowanych jako odwzorowanie wektorów binarnych) w zależności od tego, czy opisują daną książkę.

Przykład: *Zabójcza sprawiedliwość (Ancillary Justice)* to książka, która dotyczy w dużym stopniu kwestii płci, ale także podróży kosmicznych. *Lewa Ręka Ciemności (Left Hand Darkness)* to również książka poruszająca tematykę płci, ale w małym jedynie stopniu odnosząca się do tematyki eksploracji kosmosu.

Można sobie jednak wyobrazić, że mogą być więcej niż dwa pojęcia, i dlatego zamiast dwuwymiarowego wykresu można zbudować trójwymiarową przestrzeń (lub czterowymiarową). Każdy dokument ma wektor, z jedną liczbą na pojęcie, który wskazuje jego współrzędne w tej przestrzeni.

Myślenie o dokumentach w ten sposób otwiera wiele interesujących możliwości. Można na przykład zadać pytanie, czy *Zabójcza sprawiedliwość* jest bardziej podobna do *Marsjanina* czy jednak do sagi *Star Wars*. I można otrzymać odpowiedź, która jest liczbą oraz porównać odległość tematyczną między każdą książką. Wszystkie pytania, które daje się w przypadku takiej przestrzeni zadać, mają znaczenie matematyczne i komputery mogą obliczyć na nie odpowiedzi.

Doc2Vec zasadniczo czyta w dokumentach i generuje przestrzenie takie jak ta powyżej, z dwoma ważnymi wyjątkami:

1. W przestrzeni koncepcyjnej znajdują się potencjalnie setki wymiarów, a nie tylko dwa;
2. *Doc2Vec* określa przestrzeń pojęciową w miarę jej rozwoju i prawdopodobnie nie odwzorowuje znaczących ludzkich pojęć, takich jak “płeć” czy “statki kosmiczne”. Można wyobrazić sobie przestrzeń, która ma setki wymiarów i nie ma etykiet - ale znowu, każdy dokument jest punktem w tej przestrzeni i możemy zadawać pytania, które są zarówno interesujące semantycznie, jak i matematycznie znaczące.

Jak widać biblioteki już aktywnie od kilku lat eksperymentują z technologiami uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji. We wspomnianym *Library Technology Reports* (vol. 55, no. 1) oprócz powyższego projektu opisano także inicjatywę *Artificial Intelligence Lab* prowadzoną na *University of Rhode Island Libraries*, a także eksperyment Craiga Bomana wykorzystujący technologie ML do zbudowania systemu do przypisywania formalnych

nagłówków tematów do niesklasyfikowanych prac pełnotekstowych. W obszarze bibliotek warto przyjrzeć się także eksperymentom z *Machine Learning* prowadzonym przez Norweską Bibliotekę Narodową, która w projekcie “Nancy” pracowała nad opartym na uczeniu nadzorowanym katalogowaniem, jak i nad opartą na sieciach neuronowych analizą swoich zasobów⁷⁸.

TIME MACHINE

Projekt *Wehikułu Czasu* (ang. Time Machine)⁷⁹ Komisji Europejskiej to kolejna próba analizy dużych zbiorów danych w oparciu o analityczną moc sztucznej inteligencji. W marcu 2019 r. Komisja Europejska zaproponowała inicjatywę badawczą na masową skalę, aby zapewnić wgląd w historię i dziedzictwo Europy. Na projekt przyznano fundusze w wysokości 1 000 000 EUR. Uczestniczy w nim ponad 200 organizacji z 33 krajów europejskich: biblioteki narodowe, archiwa państwowe, muzea, instytuty akademickie i badawcze, firmy prywatne i organy rządowe (w tym obecnie 10 instytucji z Polski: głównie ośrodki naukowe, ale także Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe, Archiwum Narodowe w Krakowie, Biblioteka Jagiellońska oraz Miejska Biblioteka w Słupsku)⁸⁰ dostarczając ogromne ilości danych opisujących tysiące lat historii Europy. *Time Machine* ma umożliwić przekształcenie fragmentarycznych danych – od średniowiecznych rękopisów i obiektów historycznych po zdjęcia ze smartfonów i satelitów – w niezwykle cenną, skonsolidowaną bazę wiedzy. Ostatecznym rezultatem będzie wygenerowana komputerowo symulacja kompleksowej historii społecznej, gospodarczej, politycznej, kulturalnej i geograficznej Europy. Sztuczna inteligencja używana w *Wehikule Czasu* jest szkolona do zbierania i analizowania danych z szerokiego obszaru czasowego i geograficznego. Będzie identyfikować i łączyć ze sobą dokumenty, artefakty, zabytki i inne formy rozdrobnionych historycznych zbiorów danych zgodnie z ich podobieństwami. Celem przedsięwzięcia jest zapewnienie równego i bezpłatnego dostępu do informacji o dziedzictwie kulturowym Europy, które mogą być cennym zasobem gospodarczym, tym samym zapewniając rozwój usług m.in. edukacyjnych, naukowych czy turystycznych.

Częścią niniejszej inicjatywy jest projekt *Venice Time Machine*⁸¹, w ramach którego od 2012 r. trwa digitalizacja milionów rękopisów. Zespoły naukowców stworzyły półautomatyczne skanery, roboty do obracania stron, a nawet automatyczny system rozpoznawania pisma odręcznego do transkrypcji notatek. Zebrane dane będą udostępnione w specjalnej wyszukiwarce, w ramach której upoważnieni użytkownicy będą mogli edytować błędy skanowania, zwiększając dokładność informacji. Projekt ma na celu prześledzenie obiegu wiadomości, pieniędzy, towarów handlowych, migracji,

⁷⁸ <https://www.nb.no/hva-skjer/ai-conference/> [dostęp: 20.04.2020]

⁷⁹ <https://www.timemachine.eu/> [dostęp: 15.05.2020]

⁸⁰ <https://www.timemachine.eu/members/> [dostęp: 16.06.2020]

⁸¹ <https://www.nature.com/news/the-time-machine-reconstructing-ancient-venice-s-social-networks-1.22147> [dostęp: 15.05.2020]

wzorów artystycznych i architektonicznych, między innymi w celu stworzenia *Big Data of the Past*.

Cyfrowa rekonstrukcja zabytków

Sztuczna inteligencja może być także przydatnym narzędziem do ochrony dziedzictwa kulturowego zarówno w związku z postępującą degradacją zabytków spowodowaną warunkami naturalnymi jak i działalnością człowieka. Ponadto zdarzają się nieoczekiwane klęski żywiołowe i katastrofy spowodowane przez człowieka, jak w przypadku niedawnych pożarów, które pochłonęły 200-letnie Muzeum Narodowe Brazylii i jego zbiory oraz katedrę Notre Dame, wpisaną na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO, we Francji. W 2018 r. firma Intel nawiązała współpracę z *China Foundation for Cultural Heritage Conservation* (CFCHC) w celu ochrony i zachowania fragmentu Wielkiego Muru Chińskiego w Jiankou. Ten znany odcinek starożytnego muru jest jednym z najbardziej stromych i gęsto zarośniętych, a przez to też trudno dostępnych. Pochodzi z 1368 r., z czasów dynastii Ming, i po tak wielu latach jest mocno podniszczony, w związku z czym wymaga pilnej konserwacji. Ekspersi z laboratorium LIESMARS (*Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing*) na Uniwersytecie Wuhan wykorzystali drona Intel® Falcon™ 8+ i technologię sztucznej inteligencji Intel® do zdalnej inspekcji i mapowania odcinka Jiankou⁸², do którego wcześniej konserwatorom trudno było dotrzeć. Drony służą do wykonywania zdjęć lotniczych w celu uzyskania trójwymiarowych obrazów o wysokiej rozdzielczości, które pomogą ocenić stan muru. Następnie przy wykorzystaniu opracowanej przez firmę Intel i opartej na sztucznej inteligencji technologii gromadzenia danych tworzy się wizualny model muru, tak aby łatwo było wskazać odcinki wymagające naprawy. Sztuczna inteligencja pomaga analizować nie tylko rodzaje koniecznych napraw, ale także obliczyć czas, pracę i koszt materiałów – nawet dokładną liczbę cegieł potrzebnych do rekonstrukcji. Zespół wykorzystuje algorytmy również do wykrywania wad strukturalnych na ścianie Jiankou. W przeszłości ręczne inspekcje Wielkiego Muru trwały około miesiąca i polegały na kontroli wzrokowej oraz pomiarach przy użyciu tradycyjnych narzędzi. Jednak teraz drony z technologiami Intel umożliwiają przeprowadzenie tych samych kontroli w ciągu zaledwie trzech dni, przy czym zebrane dane są dokładniejsze i na ich podstawie konserwatorzy zabytków mogą opracować bardziej efektywny harmonogram napraw.

⁸² <http://www.lmars.whu.edu.cn/index.php/en/research/2214.html> [dostęp: 18.06.2020]

SI w archeologii

Uczenie maszynowe może okazać się przydatnym narzędziem również w archeologii. Naukowcy z Argentyny i Hiszpanii wykorzystali je do analizy zależności pomiędzy kulturą technologiczną, a mobilnością społeczeństw zbieracko-łowieckich, zamieszkujących Patagonię od czasów wczesnego holocenu aż do końca XIX wieku. Archeolodzy postanowili zbadać problem mobilności za pomocą zaawansowanych narzędzi uczących się i narzędzi statystycznych. Olbrzymie ilości danych pochodzących z ponad dwustu stanowisk archeologicznych w Patagonii, informacje z 250 publikacji, raportów i rękopisów na ten temat zostały wprowadzone do pamięci komputera, który je poklasyfikował i wyciągnął wnioski. „Algorytmy klasyfikacji wykryły (...) istotne wzorce między rodzajami mobilności a technologią – piszą autorzy badań, dodając: Analiza przestrzenna zmiennych technologicznych w grupach żeglarskich i pieszych pozwala nam na identyfikację krajobrazów technologicznych – terminu odnoszącego się do geograficznego rozkładu cech technicznych lub praktyk, w tym zastosowań, wzorów i wiedzy, w określonym przedziale czasowym”⁸³. Komputer wygenerował więc m.in. mapę, na której widzimy dwa rodzaje „krajobrazów technologicznych” – jeden charakterystyczny dla grup „pieszych”, drugi dla grup „żeglujących”, a także obszary, na których dochodziło do częstych kontaktów między nimi i wymiany wiedzy.

Innym projektem w zakresie archeologii jest **Repozytorium obrazów stanowiska archeologicznego Catalhöyük**. Niniejsza inicjatywa realizowana jest w ramach *SUL AI Studio Experiments* (opisanej powyżej). Obrazy w ramach tego repozytorium zostały przekazywane do długoterminowej ochrony w Repozytorium Cyfrowym Stanford (Stanford Digital Repository – SDR). Po 25 latach badań, projekt zgromadził około 150.000 zdjęć. Wyciągnięcie bogactwa istotnych informacji z tych obrazów do badań pozostaje wyzwaniem, ponieważ metadane są niekompletne lub niespójne. Ponadto naukowcy są zainteresowani także informacjami, które do tej pory były nieuchwytnie. Pracownicy (Claudia Engel i Justine Issavi) zbadali możliwości wykorzystania SI do znakowania obrazów i rozpoznawania obiektów archeologicznych. W podobny sposób działa algorytm predykcyjny opracowany przez Dylan Davis, doktoranta na Wydziale Antropologii Uniwersytetu Stanowego w Penn, który pomaga zlokalizować stanowiska archeologiczne przy użyciu ogólnodostępnych zdjęć satelitarnych. Jego zespół był w stanie zbadać i zidentyfikować ponad 70 nowych stanowisk archeologicznych, w tym z epoki holocenu, mapując obszar ponad 1000 kilometrów kwadratowych w ciągu roku. Bez użycia systemu zajęłoby to lata. Zautomatyzowany algorytm identyfikuje duże wały ziemne (kopce) i obiekty, które zostały zbudowane na długo przed przybyciem na Madagaskar Europejczyków [Dylan, 2020]. Z kolei naukowcy z *Institut Catalàn d'Arqueologia Clàssica* we współpracy z *McDonald Institute for Archaeological Research*

⁸³ <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.180906> [dostęp: 18.06.2020]

wykorzystali algorytmy uczenia maszynowego do odtworzenia przebiegu ponad 20 tysięcy kilometrów nieistniejących dzisiaj rzek wzdłuż doliny Indusu.

Niewątpliwie równie ciekawą inicjatywą było odkrycie przez archeologów z japońskiego Uniwersytetu Yamagata ponad 140 nowych rysunków w Nazca. Naziemne rysunki położone na pustyni w południowo-zachodniej części Peru są najbardziej znanym na świecie przykładem geoglifów. Te ogromne przedstawienia ludzi, zwierząt oraz figur geometrycznych liczą sobie w niektórych przypadkach nawet 2500 lat. Naukowcom pomogła sztuczna inteligencja opracowana przez inżynierów z IBM. Algorytmy wykorzystane w badaniach działają na systemie analizy geoprzestrzennej o nazwie IBM *PAIRS Geoscope*. Sztuczna inteligencja – *IBM Watson Machine Learning Accelerator* (WMLA) – analizowała ogromne ilości zdjęć satelitarnych oraz pozyskanych z dronów, aby sprawdzić, czy może wykryć jakieś ukryte, pominięte przez ludzi rysunki. Najmniejsze zidentyfikowane rysunki miały ok 5 m⁸⁴.

Odszyfrowanie starożytnych języków

Obecnie w trakcie realizacji jest także wiele projektów badawczych mających na celu rozpoznawanie tekstów w starożytnych językach. Na świecie mówi się w tej chwili ponad 7 tys. językami – donosi *The Ethnologue, Languages of the World*. Szacuje się, że w sumie, na przestrzeni dziejów, ludzkość mówiła około 31 tysiącami języków, z czego połowa zniknęła w ciągu ostatnich 500 lat. Dlatego też językoznawcy postulują, aby wzmocnić działania na rzecz ochrony języków, tak samo jak staramy się chronić zabytki czy zagrożone gatunki. Dotychczas z powodzeniem algorytm uczenia maszynowego stworzony przez Naukowcy z MIT i Google Brain poprawnie przetłumaczył starożytne tabliczki z Knossos, co jeszcze niedawno wydawało się zadaniem niemożliwym. Algorytm wytrenowany na rozszyfrowanych językach linearnym B i ugaryckim porównał je ze wszystkimi językami i wyszukał podobieństwa strukturalne i znaczeniowe, tym samym znajdując pokrewieństwo pisma linearnego B z greckim aż w 67 procentach [Luo, et al, 2019]. Dla człowieka tak ogromna praca – porównanie języka z każdym innym – byłaby niemożliwa. Od 2018 na uniwersytecie w Toronto trwają prace nad projektem automatycznego tłumaczenia 69 tysięcy tekstów mezopotamskich z XXI w. p.n.e. Do naszych czasów zachowało się wiele mezopotamskich tabliczek, ale tylko 10 procent z nich odczytano [Pagé-Perron, 2018]. Z kolei w Japonii naukowcy próbowali opracować narzędzie, które pozwoli rozpoznawać teksty pisane w zapomnianych stylach, zwanych *kuzushiji* – obejmujące zapomniane style i rodzaje pisma, używane w Japonii od VIII do końca XIX wieku. Wiele zespołów naukowych podejmowało się tego zadania, używając programu do optycznego rozpoznawania znaków (OCR). W przypadku *kuzushiji* jest to jednak bardzo trudne z powodu ogromnej różnorodności stylów i liter lub trudności w odseparowaniu jednego znaku od drugiego. Dlatego też trzy japońskie instytucje:

⁸⁴ <https://www.ibm.com/blogs/research/2019/11/nasca-lines-geoglyphs/> [dostęp:15.06.2020]

Center for Open Data in the Humanities (CODH), The National Institute of Japanese Literature (NIJL) i The National Institute of Informatics (NII) ogłosiły konkurs, który pozwoli znaleźć najlepsze metody rozpoznawania pisma kuzushiji. Powstała też otwarta baza danych – *Kuzushiji MNIST*. Konkurs zatytułowany „Rozpoznawanie pisma kuzushiji: otwarte drzwi do tysiącletniej historii literatury i kultury japońskiej” ogłoszono na platformie Kaggle – największej na świecie platformie zrzeszającej ponad 3 miliony specjalistów od uczenia maszynowego⁸⁵.

Niewątpliwie powyższe przykłady mogą być początkiem do odszyfrowania starożytnych języków, których do tej pory nikt jeszcze nie przetłumaczył.

Rekonstrukcja i tworzenie muzyki

Coraz szerzej algorytmy SI wykorzystywane są również do tworzenia muzyki, w tym dokończenia dzieł nieżyjących twórców. W 2019 r. podczas festiwalu *Ars Electronica*⁸⁶ w Austrii zaprezentowano niedokończoną X symfonię Gustava Mahlera, wzbogaconą o 6-cio minutowe zakończenie stworzone przez algorytm sztucznej inteligencji. Z kolei okazji 250 rocznicy urodzin Ludwiga van Beethovena trwają prace nad dokończeniem jego X symfonii przy wykorzystaniu algorytmów sztucznej inteligencji⁸⁷. Co więcej po 197 lat algorytmy Huawei skomponowały brakujące partie VIII Symfonia h-moll Franza Schuberta w 1822 roku. Oparty na sztucznej inteligencji system, stosowany już w smartfonach Mate 20 Pro, przeanalizował barwę, wysokość i taktowanie istniejących już części symfonii i wygenerował melodię dla brakującej muzyki⁸⁸. Google zaś zaprezentowało możliwości SI w komponowaniu muzyki na przykładzie barokowych fug, toccat, menuetów i etiud Jana Sebastiana Bacha. Maszyna przeanalizowała ponad 300 takich utworów. Dzięki temu w 334. rocznicę urodzin kompozytora zaprezentowano publiczności minikreator muzyki, zdolny upodobnić do stylu barokowego mistrza każdą melodię. Z kreatora można korzystać za pośrednictwem internetowej przeglądarki, co nie obciąża pamięci komputera. To zasługa otwartej biblioteki danych *TensorFlow*. Jednego z najśmielszych wyzwań w dziedzinie algorytmicznego komponowania podjął się również start-up AIVA (*Artificial Intelligence Virtual Artist*). Maszynowy artysta SI stworzył między innymi hymn miasta Dubaj „Oda do Dubaju”, który powstał dzięki analizie 30 tysięcy partytur muzyki symfonicznej największych kompozytorów w historii, takich jak Mozart, Beethoven i Bach. Utwór otworzył *Future Technology Week* w Dubaju w 2018 roku⁸⁹.

Ciekawą inicjatywą w zakresie badań styku SI i muzyki jest także AIM – *Artificial Intelligence and Music* wspólnota naukowców akademickich, przedstawicieli przemysłu

⁸⁵ <https://www.kaggle.com/c/kuzushiji-recognition> [dostęp: 18.06.2020]

⁸⁶ <https://ars.electronica.art/index.html> [dostęp: 6.06.2020]

⁸⁷ <https://www.classicfm.com/composers/beethoven/news/computer-completes-unfinished-tenth-symphony/> [dostęp: 6.06.2020]

⁸⁸ <https://www.classicfm.com/composers/schubert/unfinished-symphony-completed-by-ai/> [dostęp: 16.04.2020]

⁸⁹ <https://www.khaleejtimes.com/nation/dubai/dubai-gets-worlds-first-ai-composed-theme-song> [dostęp: 16.04.2020]

i instytucji rządowych, zajmujących się wzmocnieniem interakcji między muzyką a sztuczną inteligencją. Jednym z celów działań niniejszej grupy zebranie informacji o istniejącej obecnie infrastrukturze technicznej UE w celu inteligentnego zarządzania informacjami muzycznymi oraz opracowania między nimi możliwych połączeń jak i zebranie danych nt. badań multidyscyplinarnych i działań edukacyjnych w zakresie SI oraz muzyki.

SI – Pisarzem

Mechanizmy sztucznej inteligencji wykorzystywane są również do generowania różnego rodzaju tekstów, artykułów czy nowel. Szerokim echem odbiła się informacja o wykorzystaniu przez japońskich naukowców algorytmu SI do stworzenia noweli o znamienym tytule *Dzień, w którym komputer napisał powieść*. Nowela opowiada o sztucznej inteligencji, która porzuca swoje obowiązki wobec ludzi, bo poznaje swój talent pisarki⁹⁰. Inną z książek stworzonych przez sztuczne sieci neuronowe jest „1 the Road”, nawiązująca do słynnej powieści *W drodze* Jacka Kerouaca z 1957 r.⁹¹. Z kolei David Jhave Johnston nauczył sieci neuronowe pisać wiersze na podstawie ogromnej bazy poezji amerykańskiej⁹². Przykładów tego typu twórczości Si jest coraz więcej. Prof. Nick Montfort z MIT gromadzi książki wygenerowane komputerowo. W jego kolekcji jest około 80 tytułów, w tym niektóre wygenerowane przez SI. Co więcej dwaj Duńczycy wykorzystując algorytmy uczenia maszynowego stworzyli *Booksby.ai* – księgarnie internetową, w której książki, okładki, recenzje, a nawet ceny wygenerowała sztuczna inteligencja. Książki są z gatunku *science fiction*, okraszone odrobiną kryminału. Do stworzenia tekstów wykorzystano bibliotekę *char-rnn-tensorflow*, która zasila algorytm setkami tysięcy stron istniejących tekstów science fiction napisanych przez ludzi i szkoli go do tworzenia nowego oryginalnego tekstu w tym samym stylu. Z kolei okładki do książek powstały dzięki użyciu *Progressive Growing of GANs* i zdjęć szkoleniowych istniejących okładek książek z *OpenLibrary*⁹³.

Kinematografia

Kino od zawsze posiłkowało się trikami i efektami specjalnymi, niemniej obecnie nowe technologie otwierają przed kinematografią zupełnie nowy rozdział. Wydaje się, że SI będzie odgrywać coraz większą rolę w produkcji filmów. Już teraz istnieją rozwiązania, która potrafią przewidzieć czy film, albo serial osiągnie finansowy sukces (belgijski system *ScriptBook*⁹⁴). W 2016 r. zaś SI samodzielnie wygenerowała zwiastun filmu

⁹⁰ <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/ai-written-novella-almost-won-literary-prize-180958577/> [6.06.2020]

⁹¹ <https://www.jbe-books.com/products/1-the-road-by-an-artificial-neural> [dostęp:16.04.2020]

⁹² <http://glia.ca/rerites/> [16.04.2020]

⁹³ <https://andreasrefsgaard.dk/project/booksby-ai/> [dostęp: 20.04.2020]

⁹⁴ <https://www.scriptbook.io/#/> [dostęp: 18.06.2020]

„Morgan”, w reżyserii Luke’a Scotta (syna Ridleya Scotta). Również technologia SI jest w stanie podpowiedzieć, kogo zatrudnić, do jakiego filmu, a także oszacuje, ile będzie można zarobić na danej produkcji [Parikh, 2019]. Z bardziej pragmatycznych zastosowań, choć wciąż związanych z tworzeniem, jest wykorzystanie SI do tworzenia kadrów Flintstone’ów.

Sztuczna inteligencja pozwala także dać drugiego życia produkcjom czarno-białym. Ostatnio także dzięki algorytmom interpolacji możliwe było m.in. przeskalowanie wideo braci Lumière pn. *L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat* z 1896 r. do wersji w jakości 4K UHD w 60 klatkach na sekundę. Wspomniany algorytm analizuje obraz i jest w stanie identyfikować szczegóły oraz struktury, które następnie są one uzupełniane⁹⁵. Z kolei badacze z *International Institute of Information Technology* w indyjskim Hajdarabadzie wykorzystali technologię *deepfakes*, aby stworzyć narzędzie, które automatycznie tłumaczy film z jednego języka na drugi z dopasowaniem ruchu ust mówiącego. Ich narzędzie składa się w istocie z kilku osobnych algorytmów. Pierwszy z nich rozpoznaje mowę oryginału i zamienia na tekst. Drugi – tłumaczy tekst na język docelowy. Trzeci zamienia przetłumaczony tekst na mowę w języku docelowym. Czwarty zaś dopiero kwestię aktora „wkłada w usta” postaci na filmie, czyli dopasowuje ruchy warg do dźwięków słów w obcym języku. Badacze wytrenowali algorytmy uczenia maszynowego na niemal 30 godzinach nagrań anglojęzycznych, co pozwala teraz na stworzenie dziesięciosekundowego tłumaczenia wideo w minutę. Głos postaci mówiącej na oryginalnym filmie może przy tym zostać zachowany lub zastąpiony maszynowym⁹⁶.

Wykorzystywanie SI do tworzenia różnego rodzaju dzieł może mieć zarówno wymiar artystyczny, jak i użyteczny. Mamy więc eksperymenty artystyczne, takie jak portrety Edmonda de Belamy i jego rodziny, a z drugiej strony sztuczną inteligencję, która w przyszłości może być w stanie rysować kadry kreskówek, a nawet tworzyć zwiastuny filmów na szeroką skalę, oszczędzając tym samym czas i koszty producentów.

Powyższe przykłady pokazują, że twórczość sztucznej inteligencji ma również potencjał gospodarczy i najprawdopodobniej będzie mogła generować przychody. Niemniej zanim to nastąpi niezwykle ważne jest uregulowanie w prawie, kto powinien mieć prawa do dzieł wygenerowanych przez SI.

⁹⁵ <https://www.engadget.com/2020-02-04-how-ai-helped-upscale-an-antique-1896-film-to-4k.html> [dostęp: 18.06.2020]

⁹⁶ <https://cvit.iiit.ac.in/research/projects/cvit-projects/facetoface-translation> [dostęp: 18.05.2020]

Polskie instytucje kultury a SI

Choć digitalizacja i udostępnianie cyfrowych zasobów dziedzictwa on-line stało się podstawowym zadaniem polskich instytucji kultury, to wciąż niewiele z nich w swojej pracy wykorzystuje „inteligentne” technologie. Niemniej mimo braku powszechności tego typu praktyk również w Polsce można odnaleźć przykłady projektów w których instytucje kultury sięgają po nowe technologie m.in. w celu udostępniania swoich zasobów i przygotowania oferty kulturalnej. Na podstawie przeprowadzonego *desk research* poniżej zebrano inicjatywy inspirowane SI prowadzone przez polskie instytucje kultury oraz jednostki naukowe.

MUZEA

PROJEKT CoArt – MUZEUM NARODOWE WE WROCŁAWIU⁹⁷.

Muzeum Narodowe we Wrocławiu jest pierwszym muzeum w Polsce (oraz jednym z pierwszych na świecie), które zdecydowało się wdrożyć aplikację *CoArt*, wykorzystującą sztuczną inteligencję *IBM Watson Assistant* i publiczną chmurę *IBM Cloud*, umożliwiając zwiedzającym interakcję z obrazem *Raj* Michaela Willmanna, który prezentowany jest na wystawie *Willmann. Opus magnum* w Pawilonie Czterech Kopuł Muzeum Sztuki Współczesnej. Zwiedzający mogą skorzystać ze smartfonu z zestawem słuchawkowym, na którym znajduje się aplikacja *CoArt*, dzięki której mogą zadawać pytania na temat obrazu i otrzymywać na nie odpowiedzi. Pierwszym krokiem projektu było zbudowania bazy wiedzy o obrazie, zawierającej intencje pytających. W kolejnym etapie baza wiedzy została wykorzystana do treningu sztucznej inteligencji *IBM Watson* pod kątem uzyskanie najlepszych odpowiedzi na zadawane pytania. Co więcej wdrożone rozwiązanie posiada zdolność uczenia się, więc każdy dialog ze zwiedzającym powoduje, że jest ona w stanie odpowiadać na kolejne pytania.

Aplikacja powstała w wyniku trwającej ponad rok współpracy zespołu *IBM Services* ze specjalistami i historykami sztuki Muzeum Narodowego we Wrocławiu oraz wykładowcami i studentami wrocławskiej Akademii Sztuk Pięknych, którzy zajmowali się budową bazy wiedzy o obrazie. Zespół *IBM Services* był odpowiedzialny za algorytmy, czyli budowę rozwiązania, utrzymanie i rozwój aplikacji w chmurze IBM, i we współpracy z wrocławskim *Client Innovation Center*, szkolenie *Watsona* w zakresie udzielania odpowiedzi na pytania w języku polskim.

Podobne projekty opierające się na sztucznej inteligencji *IBM Watsona* i umożliwiające zwiedzającym interakcję z dziełem sztuki IBM zrealizował w Meksyku i Brazylii.

⁹⁷ <https://mnwr.pl/pionierska-aplikacja-ibm-w-muzeum/> [dostęp: 18.05.2020]

HACKATHONY

Wzrastającą dynamikę rozwijania projektów z zakresu SI widać także po zainteresowaniu organizacją różnego typu hackathonów przez instytucje kultury. Hackathon, to „maraton projektowania”, wydarzenie podczas którego programiści (także amatorzy), stają przed zadaniem rozwiązania pewnego problemu w wyznaczonym czasie, tworząc prototyp lub gotowy produkt albo usługę. Hackathony z powodzeniem od wielu lat organizowane są na całym świecie. To sprawdzona formuła wymiany kompetencji, a także miejsce do eksperymentowania i dzielenia się wiedzą. Na uwagę zasługuje szczególnie HackArt zorganizowany w maju 2018 r. przez Muzeum Narodowe w Warszawie, który był pierwszym hackathonem organizowanym przez muzeum sztuki w Polsce.

HackArt - Hackathon Muzeum Narodowego w Warszawie⁹⁸

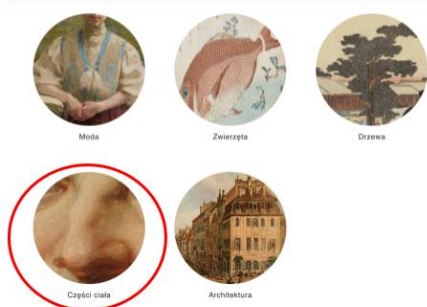
Do udziału w HackArt zostały zaproszone osoby doświadczone jak i początkujące: programiści, graficy, projektanci interakcji, analitycy danych oraz osoby zajmujące się marketingiem czy sztuką. Powstało osiem zespołów, jeden czteroosobowy i pozostałe pięcioosobowe. Głównym celem HackArt było wypracowanie wspólnie z uczestnikami rozwiązań inspirowanych sztuczną inteligencją i sztuką generatywną, które włączą nowe technologie do codziennej pracy muzeum, pomogą w jego promocji, wprowadzą elementy automatyzacji, służące upowszechnianiu jego działań i zasobów.

W odpowiedzi na potrzeby i oczekiwania zarówno odbiorców jak i pracowników Muzeum sformułowano pięć wyzwań, które stały się podstawą do opracowania nowoczesnych rozwiązań inspirowanych SI:

1. Jak zachęcić użytkowników mediów społecznościowych (Facebook, Instagram, Twitter) do interakcji z Muzeum, do poznawania jego zasobów, oferty kulturalnej i edukacyjnej?
2. Jak udostępniać i upowszechniać zasoby Muzeum młodym odbiorcom w sposób zabawny i niesztampowy?
3. Jak zachęcić osoby niezainteresowane wcześniej sztuką ani zasobami Muzeum, jego ofertą kulturalną i edukacyjną?
4. Jak pomóc użytkownikom Muzeum eksplorować kolekcje zarówno te wirtualne jak i znajdujące się na terenie budynku Muzeum?
5. Jak ułatwić sprzedaż biletów online i dostęp do informacji praktycznych dotyczących działalności Muzeum?

⁹⁸ www.hackathon.mnw.art.pl [dostęp: 20.11.2019]

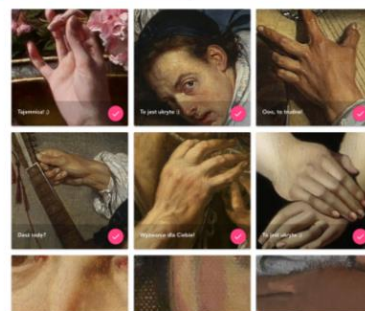
Skarby muzeum - znajdź ukryte szczegóły w obrazach!



Automatyczne losowanie fragmentów danej kategorii



Skarby muzeum - znajdź ukryte szczegóły w obrazach!



Ryc. 17 Schemat działania aplikacji Skarby Muzeum

SKARBY MUZEUM

Pomysł, który został uznany za najlepszy, to aplikacja webowa przygotowana przez zespół „DS.” *Skarby Muzeum*⁹⁹ oparta na głębokich sieciach neuronowych, wykorzystująca algorytmy rozpoznawania obrazu, które pozwalają wyszukiwać różne szczegóły na obrazach z repozytorium Muzeum Narodowego.

Do realizacji aplikacji wykorzystano poniższe technologie¹⁰⁰:

- *Tensorflow Object detection API*

Wykrywanie obiektów – 545 klas

- *Google Cloud Vision API*

Etykiety per obraz

Wykrywanie twarzy

Safe Search

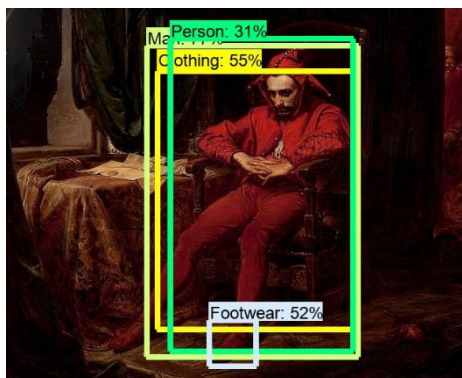
- *Vue.js*

Aplikacja web

- *Microsoft Azure Cognitive Services*

Wykrywanie twarzy

Ocena wieku i płci



Do bazy fragmentów (słownik kategorii)



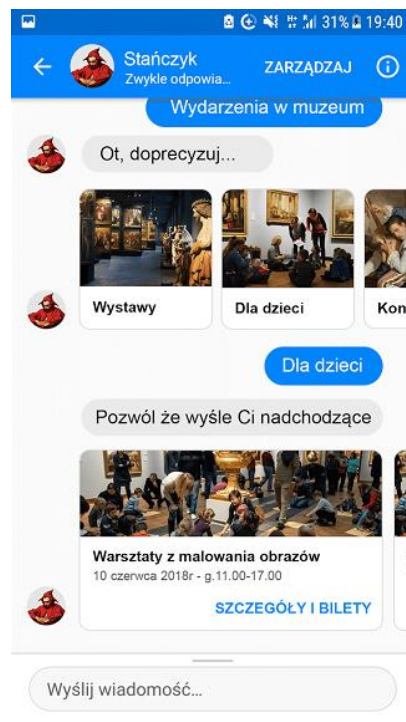
Ryc. 18 Wyodrębnianie elementów obrazów.

⁹⁹ Wizualizacja rozwiązania na YouTube: “Hackart - Hackathon Muzeum Narodowego - zespół DS” <https://www.youtube.com/watch?v=9uqrdjAgZxg> [dostęp: 12.10.2019]

¹⁰⁰ <https://deepdrive.pl/hackart-hackathon-muzeum-narodowego-w-warszawie/> oraz <http://p.migdal.pl/hackart-you-in-artwork/> oraz <https://github.com/stared/hackart-you-in-artwork> [dostęp: 12.05.2020]

CHATBOT „STAŃCZYK”

Drugie miejsce zdobyła drużyna, która stworzyła *chatbota* „Stańczyka” wirtualnego asystenta Muzeum, korzystając z bezpłatnego narzędzia *Chatfuel*, które pozwoliło zautomatyzować komunikację z odbiorcami oferty MNW w aplikacji Messenger FB, odpowiadając na najczęściej zadawane pytania dotyczące dojazdu oraz aktualnych wystaw lub zbiorów Muzeum.¹⁰¹



Ryc. 19 Przykładowy screen z aplikacji

APLIKACJA ZESPOŁU InterARTive

Trzecie miejsce zajął zespół „InterARTive” za projekt aplikacji wykorzystującej rozszerzoną rzeczywistość, nakładającą na dzieła ze zbiorów MNW punkty informacyjne w czasie rzeczywistym. Do budowy aplikacji wykorzystano technologie tj. Android+ Kotlin AR Core, Python,, JavaScript + React¹⁰².

HackHate Antisemitism

Drugim ciekawym wydarzeniem tego typu, był zorganizowany we współpracy z Muzeum Historii Żydów Polskich POLIN, *HackHate Antisemitism*, który odbył się w październiku 2019 roku z inicjatywy Ambasady Izraela, Fundacji Tikkunology (by PI Startups) oraz Fundacji Digital University. Na warszawskim hackathonie przeciw antysemityzmowi zawodnicy mogli wykorzystać aż 5 milionów źródeł: stron internetowych, forów, komentarzy i postów w mediach społecznościowych, pod kątem hejtu i antysemityzmu. Nagrodę główną zdobył międzynarodowy zespół (z Polski, Niemiec i Izraela), który przygotował aplikację *Heat Map*, korzystająca z algorytmów SI i uczenia maszynowego w celu zidentyfikowania lokalizacji, z której zostały napisane komentarze w mediach społecznościowych wykorzystujące mowę nienawiści¹⁰³.

¹⁰¹ <https://medium.com/nowe-technologie-w-muzeum/chatbot-sta%C5%84czyk-dla-muzeum-narodowego-w-warszawie-ffc228b6dafa> oraz <http://stanczyk.surge.sh/> [dostęp: 23.11.2019]

¹⁰² Prezentacja projektu <https://www.mnw.art.pl/aktualnosci/zwyciezcy-1-edycji-hackart-hackathonu-mnw.454.html> [dostęp: 18.05.2020]

¹⁰³ www.hackhate.com [dostęp: 12.10.2010]

WYSTAWY WYKORZYSTUJĄCE AI

Wśród ciekawych inicjatyw wykorzystujących sztuczną inteligencję warto wyróżnić wystawę *Syntetyczny folklor* Janka Simona, która miała miejsce w Centrum Sztuki Współczesnej Zamek Ujazdowski w 2019 roku. Artysta stworzył algorytmiczną sieć neuronową, która nauczyła się na podstawie różnych motywów etnicznych, m.in. z kaukaskich dywanów, tkanin z południowej Ameryki, ale też z Polski, generować nowe wzory i zdobienia, których autorem nie jest już człowiek, ale wyuczona przez niego sztuczna inteligencja. Z podobnym mechanizmem mamy do czynienia w pracy *Syntetyczni Polacy*, w której algorytm SI wygenerował portrety nieistniejących osób na podstawie dostarczonych mu przez artystę 20 tys. zdjęć z różnych baz danych z internetu, np. agencji castingowych¹⁰⁴. Zaprezentowane przez Simona prace pokazują jak SI uczy się oceniać bazy danych oraz w jaki sposób przetwarza i produkuje nowe obrazy.



Ryc. 20 Widok wystawy Janka Simona *Syntetyczny folklor*, fot. Bartosz Górka¹⁰⁵.

Kwestie sztucznej inteligencji były również omawiane podczas *Festiwalu Przemiany*, który odbył się w 2018 roku w Centrum Nauki Kopernik w Warszawie. W ramach festiwalu została przeprowadzona między innymi wystawa *Machina Sapiens*, przybliżająca odbiorcom różne koncepcje z dziedziny sztucznej inteligencji, ale również przedstawiająca wpływ SI na świat społeczny i osobiste relacje z technologią¹⁰⁶.

¹⁰⁴ www.dzieje.pl/wystawy/wystawa-syntetyczny-folklor-janka-simona-w-zamku-ujazdowskim
[dostęp:18.10.2019]

¹⁰⁵ <https://sztukauniwersalna.pl/2019-04-23-wystawa-syntetyczny-folklor/> [dostęp:18.10.2019]

¹⁰⁶ www.kopernik.org.pl/projekty-specjalne/festiwal-przemiany/festiwal-przemiany-2018/machina-sapiens/
[dostęp:18.10.2019]

BIBLIOTEKI


Jednymi z wiodących instytucji kultury w Polsce, aktywnie rozwijających procesy cyfryzacji oraz zapewniających dostęp do e-usług są biblioteki. Niewątpliwym liderem jest zwłaszcza Biblioteka Narodowa (BN), która udostępnia swoje zasoby poprzez platformę *Academica* i *POLONA*.

Cyfrowa Biblioteka Narodowa *POLONA* jest największym w Polsce serwisem pozwalającym na przeszukiwanie zbiorów znajdujących się w domenie publicznej, udostępnionych przez BN oraz inne instytucje w ramach połączonych katalogów. Cyfrowa Biblioteka *POLONA* zapewnia dostęp przede wszystkim do zasobów Książnicy Narodowej. Na portalu prezentowane są najróżniejsze typy zdigitalizowanych materiałów, w tym najważniejsze wydania tekstów literackich i naukowych, dokumenty historyczne, czasopisma, grafiki, fotografie, druki, rękopisy muzyczne oraz mapy. Obecna dostępna wersja, posiada otwarte API, brak ograniczeń w pobieraniu dostępnych formatów plików, możliwość wyświetlania warstwy tekstowej na zdigitalizowanych obiektach, panele prasy i instytucji. Prócz tego system posiada możliwość zaawansowanego wyszukiwania, korzystania z filtrów oraz pracy z aktywną warstwą tekstową w przypadku dokumentów OCR, w tym umożliwia tworzenie notatek, tagów oraz tworzenie własnych kolekcji¹⁰⁷. *POLONA* jest regularnie aktualizowana i rozwijana o nowe funkcjonalności. *POLONA* tak jak i biblioteki cyfrowe prowadzone przez mniejsze jednostki takie jak m.in. Biblioteki Wojewódzki stanowią znakomity zbiór pod potencjalne prace z wykorzystaniem sieci neuronowych oraz uczenia maszynowego.

Projekt BN-OCR

Obecnie Biblioteka Narodowa pracuje nad opracowaniem oprogramowania wykorzystującego modele uczenia maszynowego do optycznej analizy dokumentów ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki dokumentów historycznych. Głównym celem projektowanego rozwiązania jest automatyczne pozyskiwanie tekstu starodruków, oprogramowanie może też służyć do wyodrębniania i indeksowania innego rodzaju elementów, takich jak ilustracje albo notacje muzyczne. W *POLONIE* dostępne są tysiące cyfrowych wersji starodruków w wysokiej rozdzielczości, które stanowią bezprecedensowy potencjał do budowy niezwykle obszernego diachronicznego korpusu polszczyzny. Niestety pozyskiwanie tekstu starodruków pozostaje poza możliwościami wiodących komercyjnych programów do OCR (ang. *Optical Character Recognition*). Proces OCR wymaga przede wszystkim określenia zestawu znaków, które ma rozpoznawać. Kluczowy algorytm sprowadza się do wyodrębnienia w danej macierzy pikseli (bitmapie) konkretnego obiektu i jego przyporządkowaniu do jednego z tych znaków. Jeśli chodzi o tekst wyraźnie wydrukowany standardowym krojem łaćnińskiego

¹⁰⁷ Blog Polona Labs, <http://labs.polona.pl/2018/08/praca-w-interfejsie-polony-notuj-taguj-zbieraj-2/>, [dostęp: 22.11.2019]



alfabetu i zeskanowany w wysokiej rozdzielczości, kwestię jego automatycznego odczytania uważa się dziś powszechnie za problem rozwiązany. I faktycznie współczesne programy OCR radzą sobie w tej materii na tyle dobrze, że odsetek błędów jest marginalny. W przypadku tekstów wydanych setki lat temu, czyli wspomnianych wyżej starodruków, zanim daleko idąca standaryzacja i automatyzacja pozwoliła na uzyskanie wysokiej jednolitości druku, sytuacja przedstawia się zgoła inaczej. Dlatego też BN pracuje nad narzędziem umożliwiającym OCR tego typu materiałów¹⁰⁸. Projekt BN-OCR realizowany od 2019 r. bezterminowo przez pracowników etatowych BN, obejmuje również współpracę o charakterze rozwojowo-badawczym z Instytutem Informatyki Techniczne Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Obecne prace skupiają się przede wszystkim na przygotowaniu danych treningowych dla SI, oraz opracowaniu algorytmów „uczących” poprzez zastosowanie sieci konwolucyjnych (rozpoznających co jest tekstem, a co obrazkiem) oraz sieci rekurencyjnych (analizujących sekwencję czyli tekst: nazwy własne, imiona, nazwy geograficzne, nazwy instytucji, etc). Jest to obecnie stricte projekt eksperymentalny.

Biblioteka Narodowa planuje również prace mające na celu przygotowanie oraz wdrożenie narzędzia do automatycznego indeksowania dokumentów bibliotecznych Deskryptorami Biblioteki Narodowej, projekt realizowany przez pracowników etatowych BN.

Jednocześnie Książnica Narodowa prowadzi prace rozwojowe w ramach konsorcjum IIF (*International Image Interoperability Framework*), które w ostatnich latach koncentrują się na użyciu sztucznej inteligencji w bibliotekach cyfrowych oraz użyciu zasobów bibliotek jako danych treningowych dla SI. Pracownicy Biblioteki Narodowej aktywnie uczestniczą także w konferencjach i wydarzeniach dotyczących SI.

ARCHIWA

Wdrażaniem rozwiązań inspirowanych SI żywo zainteresowane są także archiwa Państwowe. Naczelną Dyrekcja Archiwów Państwowych obecnie realizuje m.in. projekt Archiwum Dokumentów Elektronicznych (ADE), którego celem jest budowa systemu teleinformatycznego umożliwiającego przejmowanie, przechowywanie, zabezpieczanie a także późniejsze udostępnianie materiałów archiwalnych w postaci elektronicznej. W zakresie przyszłego rozwoju systemu planowane jest wykorzystanie technologii SI, w tym uczenia maszynowego do obsługi procesu weryfikacji poprawności przekazanych materiałów archiwalnych w strukturze paczki archiwalnej i ich udostępniania. Z uwagi iż są to jedynie wstępne założenia, a projekt Archiwum Dokumentów Elektronicznych jest

¹⁰⁸www.bn.org.pl/zapraszamy/3810-sztuczna-inteligencja-jako-usluga-w-bibliotece-narodowej-%5B...%5D-referat-jacka-tlaci.html [dostęp:18.10.2019]

jeszcze w trakcie realizacji, nie opracowano szczegółowej analizy planowanego do wdrożenia rozwiązania.

Z kolei Narodowe Archiwum Cyfrowe realizuje projekt wykorzystania sztucznej inteligencji do tagowania skanów zdjęć. Dotychczasowe prace realizowane były z wykorzystaniem zasobów Narodowego Archiwum Cyfrowego (bez zewnętrznego finansowania).

Dotychczasowa współpraca NAC z firmą Linux Polska, zaowocowała także opracowaniem oprogramowania do automatycznego rozpoznawania twarzy, w oparciu o dostępne zasoby fotografii NAC¹⁰⁹. Pomysłodawcą projektu było dwoje młodych pracowników działu przetwarzania obrazu i sztucznej inteligencji firmy Linux Polska. Impulsem do przygotowania niniejszej aplikacji był fakt, iż obecnie zaledwie wycinek całej kolekcji został zdigitalizowany i opisany - pracownicy archiwum szacują, że w ciągu roku są w stanie opracować jedynie ok. 7-8 tys. zdjęć z 15,5 mln. Autorzy aplikacji wytrenowali sieci neuronowe na podstawie pobranych zdjęć oraz opisów stworzonych przez archiwistów, powszechnie dostępnych w serwisie szukajwarchiwach.gov.pl. Co prawda podobne rozwiązania nie zastąpią w pełni pracy archiwisty, ale niewątpliwie mogą ją wspomóc i przyspieszyć. Wciąż trwają prace nad odpowiednim wyszkoleniem SI, jest to projekt badawczo-eksperymentalny.

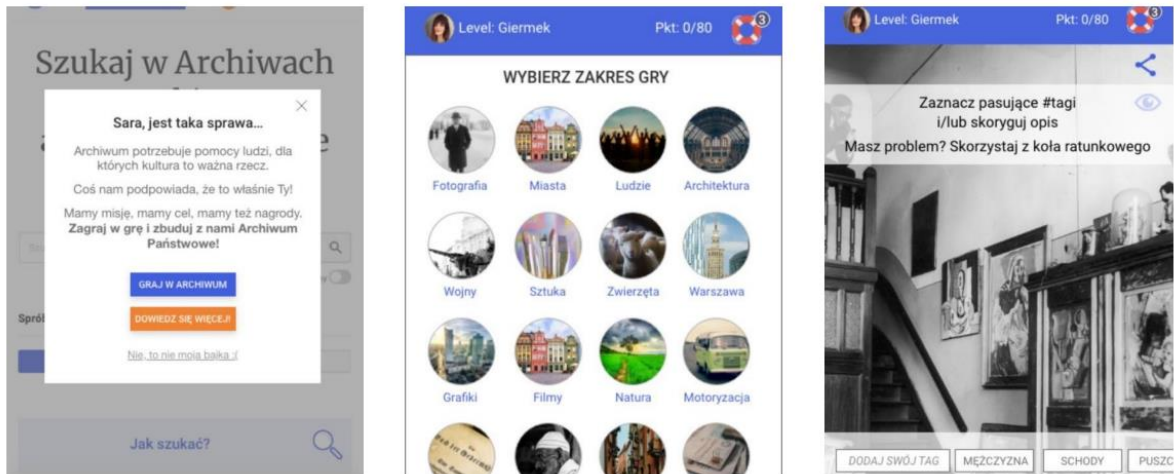
Hack w Archiwum¹¹⁰

Podobnie jak Muzeum Narodowe w Warszawie w wrześniu 2019 r. Narodowe Archiwum Cyfrowe we współpracy z Filmoteką Narodową – Instytutem Audiowizualnym zorganizowało hackathon archiwalny, którego celem było wypracowanie narzędzi pomagających w poznawaniu i ponownym wykorzystaniu materiałów archiwalnych w codziennej pracy branży kreatywnej, projektach artystycznych, w szkole, a także do tworzenia aplikacji, gier i multimediiów. Wśród projektów finałowych znalazło się m.in. zautomatyzowanie procesu tagowania dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji w chmurze oraz wprowadzeniu elementów grywalizacji w celu zmotywowania społeczności do współtworzenia szukajwarchiwach.gov.pl. Proces uczenia SI w zaprojektowanym rozwiązaniu odbywa się m.in. na podstawie gry, gdzie użytkownicy wybierają tagi do opisu danego zdjęcia. W aplikacji wykorzystano także *Image Vision MS Azure*¹¹¹, dzięki której możliwe jest wyodrębnianie szczegółowych informacji z obrazów oraz analiza ich zawartości.

¹⁰⁹ <https://www.sztucznainteligencja.org.pl/pilsudski-z-czarnej-skrzynki/> [dostęp: 14.05.2020]

¹¹⁰ <https://www.nac.gov.pl/hack-w-archiwum-hackathon-archiwalny-nac/> oraz <https://www.nac.gov.pl/hackathon/zwycieskie-projekty/> [dostęp: 14.05.2020]

¹¹¹ <https://azure.microsoft.com/en-ca/services/cognitive-services/computer-vision/#security> [dostęp: 14.05.2020]



Ryc. 21 Przykładowe screeny z aplikacji¹¹²



Ryc. 22 Przykład zastosowania *Image Vision MS Azure*¹¹³

Deep.AI Image Colorization



Autorzy zwycięskiego projektu wykorzystali *DeepAI Image Colorization API*¹¹⁴, dzięki czemu możliwe były utworzenie bazy czarno-białych archiwalnych zdjęć w kolorze.

Ryc. 23. Przykład zastosowania *DeepAI Image Colorization API* na zasobach NAC¹¹⁵

¹¹² <https://www.nac.gov.pl/wp-content/uploads/2019/11/Prezentacja-z-Archiwum-UX1.pdf> [dostęp: 14.05.2020]

¹¹³ Tamże [dostęp: 14.05.2020]

¹¹⁴ <https://deepai.org/machine-learning-model/colorizer> [dostęp: 14.05.2020]

¹¹⁵ <https://www.nac.gov.pl/wp-content/uploads/2019/11/Prezentacja-wtyczka.pdf> [dostęp: 14.05.2020]

INSTYTUCJE AUDIOWIZUALNE

Również instytucje audiowizualne śledząc obecne trendy technologiczne coraz chętniej wykorzystują potencjał SI. Liderem w tej dziedzinie jest Wytwórnia Filmów Dokumentalnych i Fabularnych, która od 2019 r. prowadzi projekt pn. *Udostępnianie filmowych zasobów kultury przy zastosowaniu technologii nowej generacji – AI (artificial intelligence), digitalizacja fonoteki WFDiF oraz cyfrowa rekonstrukcja polskich filmów dokumentalnych*¹¹⁶. Kluczowym założeniem technologicznym Projektu jest wdrożenie do aktualnie projektowanej platformy streamingowej (dedykowanej do upowszechniania online materiałów audiowizualnych, rekonstruowanych i digitalizowanych w ramach projektów POPC ¹¹⁷) – zaawansowanej wyszukiwarki z kontekstowym wyszukiwaniem, opartej na mechanizmach sztucznej inteligencji.

Wdrożony silnik będzie umożliwiał przeszukiwanie cyfrowych zasobów i opisywanie każdej klatki zdigitalizowanych materiałów filmowych za pomocą uczenie maszynowe, w tym: rozpoznawania obrazu i zadanych wzorców (aktor, miasto, drzewo, itp.) oraz SI opartej na sieciach neuronowych (*deep learning*), umożliwiającej np. identyfikację osób czy przedmiotów w danej scenie. Połączeniu obu rozwiązań ma za zadanie zwiększyć skuteczność analizy obrazu. Dzięki funkcjonalnościom przygotowanym w oparciu o uczenie maszynowe tj.: rozpoznawanie twarzy, ruchu ludzi w kadrze, identyfikację miejsca akcji czy opisu scen, e-Użytkownicy zyskają możliwość wyszukiwania materiałów video według nazwisk aktorów/postaci filmowych (Perepeczko, Janosik, Maklakiewicz, Inżynier Mamoń), miejsc akcji (Warszawa – Stare Miasto, Saska Kępa, Wawel, Piwna 6), architektury (Pałac Kultury i Młodzieży, Stara Prochownia), określonych dat (13.12.1981), wydarzeń (Stan Wojenny, Okrągły Stół) czy charakterystycznych przedmiotów (okulary Cybulskiego). Z kolei dzięki wykorzystaniu detekcji mowy możliwe będzie wyszukiwanie tekstu przypisanego do danego aktora, np. „Mnie się podobają te melodie, które już raz słyszałem” - Rejs – inż. Mamoń.

Powyższe funkcjonalności wyszukiwarki – wsparte obszernymi bazami twarzy, miejsc i transkrypcji dla uczenia maszynowego, stworzą użytkownikom możliwość przeszukiwania dowolnych szczegółów we wszystkich filmach dostępnych na platformie WFDiF. e-Użytkownik będzie mógł wyszukać fragmenty filmów z dowolnie zadany słowem kluczowym, przykładowo: monolog Pazury, samochody lata 70., Pałac Kultury, Wawel, Pola Raksa uśmiech, „Panie! Tu nie jest salon damsko-męski!”. Ze względu na fakt, iż funkcje oparte na sztucznej inteligencji operują na znacznikach czasu, możliwe będzie wyświetlenie dokładnego fragmentu filmu jako wyniku wyszukiwania.

Ponadto wyszukiwarka WFDiF będzie korzystała również z baz metadanych opisujących parametry techniczne i formalne filmu, takie jak: rok produkcji, liczba klatek,

¹¹⁶Niniejszy projekt opisano dzięki uprzejmości pracowników WFDiF, którzy przygotowali materiały na bazie których opisano planowane do wdrożenia rozwiązanie.

¹¹⁷ POPC – Program Operacyjny Polska Cyfrowa, z którego finansowany jest opisywany projekt.

rozdzielczość, opis wydarzenia, jeśli dotyczy to filmu dokumentalnego lub recenzji. Wyszukiwarka zostanie także wyposażona w bazę synonimów, aby możliwe było wyszukiwanie niezależnie od deklinacji językowych. Dodatkowo, bazy będą moderowane przez administratorów, którzy będą mogli wprowadzać korekty, dodawać własne indeksy i dowiązywać je do konkretnych pozycji filmowych np. najlepsze teksty Bogusława Lindy. Po połączeniu ze sobą wszystkich utworzonych baz oraz wdrożeniu powyżej opisanych rozwiązań, możliwe będzie dowolne i naturalne przeszukiwanie zasobów polskiej kinematografii, otrzymując w sposób natychmiastowy - dostęp do wybranego fragmentu filmu lub całego zestawu filmów, które pasują do wskazanej frazy.

Co więcej wdrożenie SI umożliwi: wykrywanie niewłaściwych treści czy scen z filmu, przetwarzanie mowy na tekst, tekstu na mowę, tworzenie napisów dla osób niedosłyszących, dubbing czy tłumaczenia. Dzięki powyższym funkcjonalnościom – WFDiF zapewni ochronę nieletnich, dostosuje wybrany materiał filmowy dla osób niesłyszących lub głuchoniemych oraz zwiększy zasięg dotarcia z polskim kontentem filmowym do obywateli każdego kraju na świecie, poprzez możliwość przetłumaczenia wybranego materiału filmowego na dowolny język.

W przypadku niniejszego Projektu celem jest zaangażowanie możliwości sztucznej inteligencji do przetwarzania obrazu pochodzącego z filmu i/lub pojedynczych klatek filmowych oraz przetwarzania mowy na tekst i vice versa. Planowana data uruchomienia platformy to IV kwartał 2021 r.

INNE

W Polsce działają również zespoły naukowców łączących sztuczną inteligencję i sztukę. Jako ciekawostkę poniżej opisano aplikację *Comixify* oraz *DeepArt.io*.

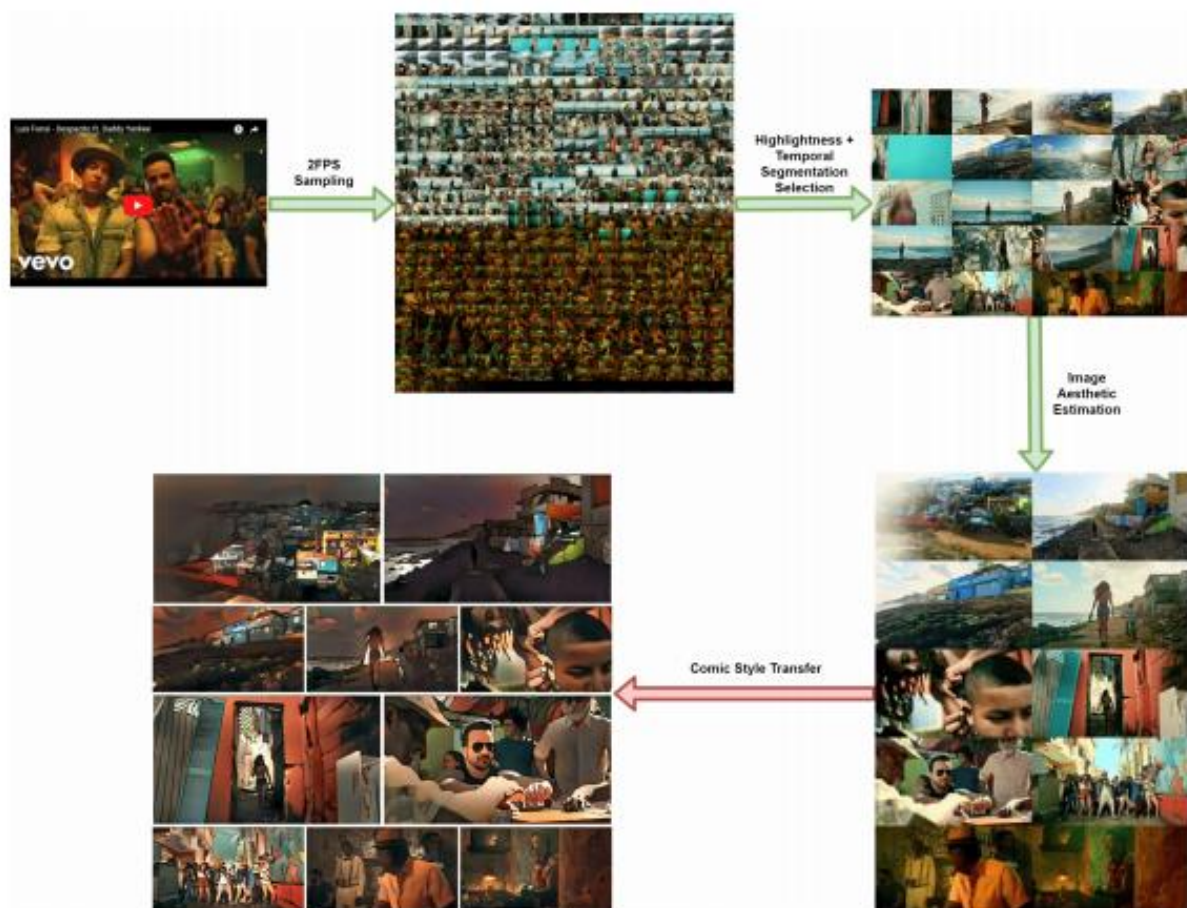
Comixify¹¹⁸

Comixify jest rezultatem projektów dyplomowych realizowanych przez studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Aplikacja automatycznie wybiera najciekawsze i najważniejsze klatki z przesłanego filmu, a potem układa je, dopasowuje do ramek i przerabia graficznie. Tak powstają kadry komiksu. Przekształcanie filmu w komiks jest podzielone na dwa główne etapy: ekstrakcję klatek i transfer stylu. Najpierw wyodrębniane są reprezentatywne sceny z nagrania. Żeby to zrobić, naukowcy rozwinęli algorytm oparty o metodę uczenia ze wzmocnieniem (ang. *reinforcement learning*). Technika ta odpowiada za ułożenie klatek filmu w jedną, spójną całość, która jednocześnie opowie historię i nie zanudzi jej odbiorców. Poprzez dodanie modułu estymującego jakość zdjęcia opartego o algorytm NIMA oraz o metodę do przewidywania popularności treści w mediach społecznościowych, opracowaną na

¹¹⁸ <https://comixify.ai/> [dostęp: 15.11.2019]

Politechnice¹¹⁹, *Comixify* jest w stanie nie tylko wybrać z filmu klatki najbardziej reprezentatywne, ale również te, które prezentują najwyższy potencjał estetyczny i mają największą szansę na popularność [Maciej Pęsko i in., 2018].

Po uzyskaniu ramek odbywa się transfer stylu do obrazów, czyli nadanie im komiksowego charakteru. W tym celu naukowcy wdrażają generatywny model sieci neuronowych typu GAN. GAN to technika uczenia maszynowego za pomocą dwóch różnych sieci: generatora i dyskryminatora. Podczas trenowania algorytm otrzymuje dane (np. obrazki), które generator wykorzystuje do tworzenia nowych instancji danych. Dyskryminator zaś ma na celu sprawdzenie, czy instancja pochodzi z zestawu danych treningowych (prawdziwych), czy wygenerowanych przez sieć generatora (fałszywych). Proces trwa do momentu, w którym generator będzie tworzył instancje tak podobne do zestawu treningowego, że dyskryminator nie będzie już w stanie stwierdzić różnicy¹²⁰.



Ryc. 24 Schemat działania aplikacji *Comixify*¹²¹

¹¹⁹ Metoda do przewidywania popularności treści w mediach społecznościowych, wykorzystuje algorytmy, które zostały "nauczone" jak oceniać jakość zdjęcia na bazie materiałów z Instagrama, Facebook'a czy Google Photos oraz liczby ich polubień.

¹²⁰ <https://arxiv.org/pdf/1812.03473.pdf> [dostęp: 14.05.2020]

¹²¹ Tamże.

Obecnie komiksy (w różnych formach: od rysunkowej do filmowej) cieszą się ogromną popularnością na całym świecie. Twórcy aplikacji prowadzą aktualnie prace mające na celu rozbudowę aplikacji o nowe funkcjonalności: generowanie kolejnych layoutów oraz rozpoznawanie głosu, które umożliwi dodawanie do obrazów także tekstu. Niewątpliwie rozwiązanie stworzone na PW może ułatwić, a nawet zrewolucjonizować sposób, w jaki przetwarza się wideo na komiksowe obrazy.

DeepArt.io

Międzynarodowy zespół pięciu badaczy (w tym dwoje Polaków) opracowało aplikację przeglądarkową *DeepArt.io* która, pozwala na zmianę stylu zdjęcia na podstawie dzieł sztuki¹²². To nowatorskie narzędzie do malowania artystycznego, „pozwała tworzyć i udostępniać zdjęcia artystyczne za pomocą kilku kliknięć”¹²³. Użyty w aplikacji algorytm wykorzystuje głębokie sieci neuronowe oparte na 19-warstwowej sieci VGG¹²⁴ do replikacji, odtwarzania i łączenia stylów w celu tworzenia obrazów artystycznych¹²⁵. Często technika ta nazywa się inteligentnym transferem stylu (ang. *neural style transfer*).



Ryc. 25 Generowanie obrazu artystycznego ze zdjęcie za pomocą *DeepArt.io*¹²⁶

¹²² <https://deepart.io/> [dostęp: 12.11.2019]

¹²³ <https://deepart.io/page/about/> [dostęp: 14.05.2020]

¹²⁴ http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/research/very_deep/ [dostęp: 14.05.2020]

¹²⁵ <https://arxiv.org/abs/1508.06576> [dostęp: 14.05.2020]


¹²⁶ <https://deepart.io/> [dostęp: 12.11.2019]

Podsumowanie

Niewątpliwie sztuczna inteligencja jest jedną z najszybciej rozwijających się obecnie technologii. Jak wskazano w przeglądzie inicjatyw nowoczesne techniki z pogranicza sztucznej inteligencji nie tylko stwarzają nowe możliwości, ale także mogą istotnie poprawić skuteczność już istniejących w organizacji procesów, w tym np. dostarczania przez instytucje kultury bardziej elastycznych i spersonalizowanych usług. Aplikacje wykorzystujące algorytmy sztucznej inteligencji, takie jak *chatboty* czy zaawansowane mechanizmy rekomendacji już pomagają organizacjom świadczyć te responsywne usługi. W dobie *big data*, SI dzięki szybkiemu wzrostowi generowania danych, może pomóc także „przeszukiwać dane i zamieniać je w informacje, które w innym przypadku mogłyby być niedostępne”. Niemniej pomimo szybkiego rozwoju sztucznej inteligencji na świecie, w polskich instytucjach kultury jest ona zagadnieniem dość „egzotycznym”, poruszonym głównie podczas wystaw oraz festiwali. Brakuje natomiast projektów *stricte* implementujących SI w sposób, w który robi się to w krajach Zachodu.

Dobłą praktyką sprzyjającą rozwojowi badań oraz inicjatyw w zakresie SI byłoby stworzenie holistycznej platformy dedykowanej społeczności bibliotekarzy, muzealników i archiwistów, skupiającej się na przeglądzie zastosowań szerokiej gamy technologii SI w procesach wewnętrznych instytucji sektora LAM, jak również projektowania usług, które instytucje dostarczają swoim użytkownikom. Bardzo ważne jest także zwiększenie nacisku na podnoszenie kompetencji cyfrowych pracowników instytucji kultury, zwłaszcza w obszarze nowych technologii czy też programowania, aby Ci mogli tworzyć nowoczesne rozwiązania odpowiadające na potrzeby użytkowników. Sztuczna inteligencja wymaga także uzyskania pewnego poziomu dojrzałości mentalnej i kulturowej niezbędnej, aby przejść z klasycznego, opartego na intuicji i doświadczeniu, modelu zarządzania działalnością w kierunku podejmowania decyzji na podstawie danych, analiz, symulacji i prognoz.


W przypadku braku wewnętrznych kompetencji warto rozważyć znalezienie odpowiedniego partnera dysponującego wiedzą i doświadczeniem w obszarze wdrożeń systemów zaawansowanej analityki lub skorzystanie z usług np. *MLaaS*. Instytucje kultury, z uwagi na ograniczone możliwości kadrowe czy w zakresie posiadanej infrastruktury powinny także otworzyć się na budowanie partnerstw publiczno-prywatnych oraz z sektorem nauki w zakresie usług SI, w których np. infrastrukturę chmurową czy też kompetencje mógłby zapewnić technologiczny partner (tak jak np. ma to miejsce w ramach inicjatywy *AI for Cultural Heritage*). Warto rekomendacji jest także korzystanie z gotowych, testowanych (nierzadko typu open-source tj.: *Apache Spark*, *MLFlow*, *Tensorflow*, *Knime*, *Tesseract OCR*, *Python Sklearn*, *Keras*, *Weka*) framework'ów, bibliotek oraz gotowych produktów SI/ML. Dzięki tego typu rozwiązaniom instytucje kultury mają możliwość wprowadzania innowacji i optymalizacji w obszarach, które wcześniej były zbyt kosztowne lub co do których brakowało zasobów ludzkich.



Zastosowanie sztucznej inteligencji wymaga ogromnej liczby danych, wiedzy o ich wzajemnych, skomplikowanych powiązaniach oraz zdolności do przetwarzania gigantycznych zbiorów zmieniających się informacji. W miarę wzrostu wykorzystania sztucznej inteligencji wiele rządów i organizacji pozarządowych szuka lepszych danych do modeli szkoleniowych SI i ulepszonych praktyk gromadzenia danych. Niewątpliwie instytucje kultury mogą odegrać kluczową rolę w wytwarzaniu danych treningowych dla SI. W tym celu niezwykle istotna jest jak największa automatyzacja w ich gromadzeniu, czyszczeniu i integracji. Kluczowe jest monitorowanie ich jakości w czasie gdyż nawet najbardziej zaawansowane algorytmy analityczne nie są odporne na liczne błędy w danych wejściowych. Niezbędne jest także powszechne wdrożenie w instytucjach kultury mechanizmu udostępniania danych na otwartych licencjach, poprzez API oraz tworzenie interoperacyjnych systemów dających możliwość integracji z innymi środowiskami, np. dedykowanymi do głębokiego uczenia narzędziami typu *open source*. Wyszukani pracownicy instytucji kultury mogą również aktywnie pomagać w etycznych badaniach nad sztuczną inteligencją, oferować wiedzę na temat umiejętności korzystania z danych oraz promować etyczne metody przetwarzania i gromadzenia danych, szczególnie w kontekście lokalnym.

SI ogólnie mówiąc odnosi się do systemu komputerowego, który może analizować ogromne ilości danych, wyciągać wnioski z analizy i wykonywać działania w niekonwencjonalny sposób, z czasem bez potrzeby interwencji człowieka. W związku z tym, należy pamiętać, że inteligentne technologie, w tym SI mogą być nie tylko szansą, ale także zagrożeniem. Istotne jest żeby na początku odpowiedzieć sobie na pytanie w jaki sposób zamierzamy wykorzystać tę nowoczesną technologię oraz jak ją dostosować do misji danej instytucji. Należy przy tym pamiętać iż wspieranie innowacji przy jednoczesnym ograniczaniu ryzyka implikuje wiele problemów natury etycznej jak prawnej. Najważniejsze z nich obejmują:

1. Prawo do prywatności: do trenowania algorytmów wymagane są duże zbiory danych. Te zestawy danych często zawierają dane osobowe, które podlegają ochronie prywatności. Opracowanie dobrych praktyk zarządzania danymi i polityk oceny prywatności są kluczem do ułatwienia innowacji SI.
2. Cyberbezpieczeństwo: Systemy SI muszą gwarantować bezpieczeństwo, i to na dwóch poziomach: nie powodować szkód oraz być odporne na ataki z zewnątrz. Instytucje planujące wdrożenie nowoczesnych technologii powinny opracowywać plany bezpieczeństwa cybernetycznego w celu zarządzania ryzykiem naruszenia bezpieczeństwa danych i cyberataków.
3. Prawo własności intelektualnej: systemy SI są zarówno użytkownikami, jak i twórcami własności intelektualnej. W związku z tym podnoszą kilka unikalnych pytań z perspektywy własności intelektualnej. Mogą one obejmować patenty na produkty utworzone przez SI, naruszenie praw autorskich i prawa własności. Niewątpliwie sposób traktowania tych systemów w odniesieniu do własności intelektualnej będzie miał także długotrwały wpływ na to, w jaki sposób instytucje



kultury będą mogły wykorzystywać, gromadzić, udostępniać i archiwizować tzw. obiekty *born digital* w przyszłości.

Wiele osób myśli o sztucznej inteligencji jako o czymś w fazie rozwoju, która nie będzie częścią naszego codziennego życia aż do pewnego momentu w przyszłości. Choć aspekty SI są z pewnością w ciągłym rozwoju, wiele form SI jest już częścią naszego codziennego życia, a coraz mniej obszarów życia pozostaje bez wsparcia rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję. Osobiści asystenci, tacy jak *Siri* lub *Cortina*, są obecni na naszych telefonach i komputerach. Nawet nasze filtry antyspamowe są obsługiwane przez sztuczną inteligencję. Warto także przy tym pamiętać, że sztuczna inteligencja i inne programy oparte na uczeniu maszynowym działają przede wszystkim poprzez ocenę i wykrywanie wzorców oraz wyciąganie wniosków i połączeń na podstawie tych wzorców. To rozpoznawanie wzorców może ujawnić ważne informacje zarządcze, takie jak czas przebywania publiczności na wystawach lub nastroje społeczne organizacji. Może nawet zautomatyzować rozmowy między organizacjami a gośćmi. Krajobraz SI jest niezwykle różnorodny, a każda forma ma inne możliwości i rodzi inne wyzwania, dlatego też nie należy lekceważyć ryzyk związanych z implementowaniem rozwiązań SI, gdyż te mogą wypaczyć wiarygodność wyników, jak i powodować różnego rodzaju nierówności np. społeczne, płci etc. Mimo, że wykorzystanie algorytmów SI w instytucjach kultury nie jest zadaniem powszechnym posiada duży potencjał. Należy mieć także świadomość, że zmiany w powyższych obszarach wymagają obecnie znacznych inwestycji nie tylko w samą infrastrukturę, ale także przede wszystkim kompetencje, dzięki których pracownicy instytucji kultury będą w stanie m.in. pisać lepsze wytyczne dotyczące projektów, zapewniając w ten sposób bardziej odpowiednie, etyczne i skuteczne zastosowania tych technologii w swoich instytucjach. Przełoży się to także na ukształtowanie nowego sposobu pracy oraz wesprze rozwój bardziej solidnych i zrównoważonych projektów technologicznych.

Bibliografia

- Arel, Itamar. 2012. "Deep Reinforcement Learning as Foundation for Artificial General Intelligence." In *Theoretical Foundations of Artificial General Intelligence*, edited by Pei Wang and Ben Goertzel, 89–102. Paris: Atlantis Press.
- Broersma, Marcel, and Frank Harbers. 2018. "Exploring Machine Learning to Study the Long-Term Transformation of News." In *Digital Journalism*. <https://doi.org/10.1080/21670811.2018.1513337> [dostęp: 26.06.2020].
- Ciecko, Brendan,. n.d. *Examining the Impact of Artificial Intelligence in Museums*. <https://mw17.mwconf.org/paper/exploring-artificial-intelligence-in-museums/> [dostęp: 6.06.2020].
- Chapelle, O., Schölkopf, B., & Zien, A. (2006b). *Semi-supervised learning* (1st ed.). Cambridge: The MIT Press.
- Claudé M., Combe D., 2018 *The roles of artificial intelligence and humans in decision making: towards augmented humans? : A focus on knowledge-intensive firms*. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1230135/FULLTEXT01.pdf> [dostęp: 6.06.2020].
- Davis Dylan S. et al, 2020 „Satellite-based remote sensing rapidly reveals extensive record of Holocene coastal settlement on Madagascar” In *Journal of Archaeological Science Volume 115*,
- Dejoux, C.; Léon, E. (2018) *Métamorphose des managers à l'ère du numérique et de l'intelligence artificielle*.1st edition. France: Pearson
- Evans, Woody. 2009. *Building Library 3.0: Issues in Creating a Culture of Participation*. Elsevier.
- Fletcher, Adrienne, and Moon J. Lee. 2012. „Current Social Media Uses and Evaluations in American Museums” In *Museum Management and Curatorship* <https://doi.org/10.1080/09647775.2012.738136> [dostęp: 26.06.2020].
- Frankish, K& Ramsey, W.M. 2014, *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*.
- Gatys Leon A., Ecker Alexander S., Bethge Matthias, 2015 r. *A Neural Algorithm of Artistic Style* <https://arxiv.org/pdf/1508.06576.pdf> [dostęp: 26.06.2020].
- Huy Q. Phan, Hongbo Fu, and Antoni B. Chan 2017, *Color Orchestra: Ordering Color Palettes for Interpolation and Prediction* <https://arxiv.org/pdf/1703.06003.pdf> [dostęp: 26.06.2020].
- Ioannakis, George, Loukas Bampis, and Anestis Koutsoudis. 2019. "Exploiting Artificial Intelligence for Digitally Enriched Museum Visits." *Journal of Cultural Heritage* <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.07.019> [dostęp: 26.06.2020].
- Johnson Richard C. et al, *Image Processing for Artist Identification, Computerized Analysis of Vincent van Gogh's Painting Brushstrokes*. http://infolab.stanford.edu/~wangz/project/imsearch/ART/SP08/sp_vangogh.pdf [dostęp: 26.06.2020].
- Kaplan, Andreas, and Michael Haenlein. 2019. "Siri, Siri, in My Hand: Who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations, and Implications of Artificial Intelligence." *Business Horizons* 62 (1): 15–25.
- Knight, Kevin. 1989. *A Gentle Introduction to Subsymbolic Computation: Connectionism*

-
- for the AI Researcher. Carnegie Mellon University, Computer Science Department.
- Klette R., 2014, *Concise Computer Vision*. Springer
- Le, Quoc, and Tomas Mikolov. 2014. "Distributed Representations of Sentences and Documents." In *International Conference on Machine Learning*, 1188–96.
- Liu, Bing. 2012. *Sentiment Analysis and Opinion Mining*. Morgan & Claypool Publishers.
- Luo J., Cao Y., Barzilay R., 2019, *Neural Decipherment via Minimum-Cost Flow: from Ugaritic to Linear B* <https://arxiv.org/pdf/1906.06718.pdf> [dostęp: 26.06.2020].
- Marecki, Piotr. 2019. "Atari, Creative Making & Zombie Computers: Robbo. Solucja." In *Journal of Creative Writing Studies* 4 (1): 5.
- Mensink T. and Gemert J., 2014, *The Rijksmuseum Challenge: Museum-Centered Visual Recognition*, ISLA Lab – Informatics Institute University of Amsterdam <https://ivi.fnwi.uva.nl/isis/publications/2014/MensinkICMIR2014/MensinkICMIR2014.pdf> [dostęp: 26.06.2020].
- Mikolov, Tomas, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg S. Corrado, and Jeff Dean. 2013. "Distributed Representations of Words and Phrases and Their Compositionality." In *Advances in Neural Information Processing Systems 26*, edited by C. J. C. Burges, L. Bottou, M. Welling, Z. Ghahramani, and K. Q. Weinberger, 3111–19. Curran Associates, Inc.
- Pagé-Perron E., 2018, „Expanding Digital Assyriology with Open Access and Machine Learning” In *Digital Humanities Quarterly*,
- Parikh P., 2019, *AI Film Aesthetics: A Construction of a New Media Identity for AI Films* https://digitalcommons.chapman.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=film_studies_theses [dostęp: 26.06.2020].
- Pesko Maciej, Svystun Adam, Andruszkiewicz Paweł, Rokita Przemysław and Trzcinski Tomasz. 2018. *Comixify: transform video into a comics* <https://arxiv.org/pdf/1812.03473.pdf> [dostęp: 26.06.2020].
- Rabinowitz, Neil C., Frank Perbet, H. Francis Song, Chiyuan Zhang, S. M. Ali Eslami, and Matthew Botvinick. 2018. "Machine Theory of Mind." *arXiv [cs.AI]*. arXiv. <http://arxiv.org/abs/1802.07740> [dostęp: 26.06.2020].
- Russo, Angelina, Jerry Watkins, Lynda Kelly, and Sebastian Chan. 2007. "Social Media and Cultural Interactive Experiences in Museums." *Nordisk Museologi*, no. 1: 19–19.
- Saleh B., Abe K., Arora R.S., Elgammal A., *Toward Automated Discovery of Artistic Influence* <https://arxiv.org/pdf/1408.3218.pdf> [dostęp: 26.06.2020].
- Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition 2016 <http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/publications/2015/Simonyan15/simonyan15.pdf> [dostęp: 26.06.2020].
- Sporleder C., Natural Language Processing for Cultural Heritage Domains http://www.coli.uni-saarland.de/~csporled/papers/compass_preprint.pdf [dostęp: 26.06.2020].
- Srivastava, Nitish, Elman Mansimov, and Ruslan Salakhudinov. 2015. "Unsupervised Learning of Video Representations Using LSTMs." In *International Conference on*

-
- Machine Learning*, 843–52.
- Triff, M., G. Wiechert, and P. Lingras. 2017. “Nonlinear Classification, Linear Clustering, Evolutionary Semi-Supervised Three-Way Decisions: A Comparison.” In *2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*, 1–6.
- Villaespesa, Elena. 2013. “Diving into the Museum’s Social Media Stream. Analysis of the Visitor Experience in 140 Characters.” In *Museums and the Web*, 17–20.
- Walker, Jay S., T. Scott Case, James A. Jorasch, and Thomas M. Sparico. 1998. Method, apparatus, and program for pricing, selling, and exercising options to purchase airline tickets. USPTO 5797127. *US Patent*, filed December 31, 1996, and issued August 18, 1998.
<https://patentimages.storage.googleapis.com/f2/1a/c7/68e9ef6ac3d111/US5797127.pdf> [dostep: 26.06.2020].
- Wang, Chunyan. 2016. “The Influence of Electronic Word-of-Mouth on the Decision-Making of Online Travel Booking.” *2016 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C)* <https://doi.org/10.1109/is3c.2016.237> [dostep: 26.06.2020].
- West, Darrell M. 2018. *The Future of Work: Robots, AI, and Automation*. Brookings Institution Press.
- Zhang, X., J. Zhao, and G. Cao. 2015. “Who Will Attend? -- Predicting Event Attendance in Event-Based Social Network.” In *2015 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management*, 1:74–83.
- Zhu, Xiaojin Jerry. 2005. *Semi-Supervised Learning Literature Survey*. University of Wisconsin-Madison Department of Computer Sciences.
<https://minds.wisconsin.edu/handle/1793/60444> [dostep:12.10.2019].