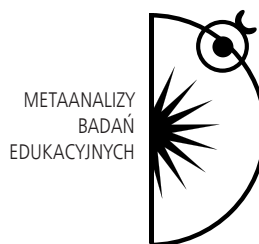


Przegląd Badań Edukacyjnych Educational Studies Review

ISSN 1895-4308
nr 34 (2021), s. 227–250



Dorota Siemieniecka

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0745-9960>

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Polska

e-mail: dsiemien@umk.pl

Technologie w edukacji 4.0

Digital Technology in 4.0 Education

<http://dx.doi.org/10.12775/PBE.2021.027>

Abstract

The purpose of the text is to depict selected problems of education, emerging in the context of industrial revolution 4.0, the inherent element of which is the relation thereof to the technological progress. Currently, the solutions introduced into the industry make the communication and industrial processes more efficient. Artificial intelligence manages the organization and goods manufacturing. Occupations are created, the performance of which involves new competences, and this a challenge for the Polish education system. Introducing of 4.0 technologies to schools requires profound, and not illusive, changes. Technologies in 4.0 education should be used as cognitive tools that develop the knowledge of students, their critical thinking and communication skills with others.

Keywords: educational technology, artificial intelligence, society and technology, future education, idiocracy, media education, education 4.0.

Wstęp

„Edukacja 4.0 to szkoła myślenia, ukierunkowana na zdobycie przez uczniów umiejętności przydatnych w przyszłej ich pracy” (w przemyśle 4.0). Edukację tę cechują: dostosowanie do wymagań uczniów i ich możliwości, rozwój kompetencji, umiejętności, indywidualizacja kształcenia, rozwój emocjonalny (empatia), edukacja przez całe życie (Moid, 2020).

Współczesny dyskurs nad edukacją przyszłości powinien uwzględniać zmiany wynikające z rewolucji przemysłowej 4.0, której oczekiwania wobec rynku pracy wiążą się z nowo powstałymi sektorami zatrudnienia. Nowe zawody wymagają ukierunkowania kształcenia na określone kompetencje, wśród nich istotną rolę odgrywają kompetencje miękkie i kreatywne (twórcze). Digitalizacja i rozwój środków przekazu sprawiają, że komputery, urządzenia mobilne wyposażone w dostęp do Internetu stanowią część środowiska życia – mogą one być narzędziami poznawczymi albo sprzyjać cyfrozie. W Internecie jesteśmy podmiotem poznającym, ale i poznawanym przez programy oparte na *Big Data*. Towarzyszy nam niepewność istnienia innych osób, niepewność informacji sugerowanej przez systemy (obecne możliwości pozwalają AI samodzielnie tworzyć wiadomości). Relacja człowieka z wytworami technologii (przedmiotami, robotami) może wzbogacać jego doświadczenie, może też pozwalać na poznawanie świata realnego z niedostępnej fizycznie perspektywy (drony), rozszerzać jego postrzeganie świata realnego lub go zastępować (wirtualna rzeczywistość) i symulować. Dzisiejsza technologia łączy się na poziomie fizycznym z człowiekiem, tworząc zintegrowany system (badania kognitywne). Pojęcie komputerowego wspomaganie edukacji (*Computer Aided Education*) można już dziś zastąpić pojęciem technologicznie wspomaganie istoty ludzkiej (aut. *Technology Aided Human Being*). Nigdy wcześniej media, rozumiane w najbardziej podstawowy sposób (jako pośrednik, pośredniczący), nie sprawiały, by aktualna wiedza była tak dostępna. Rzeczywistość ekonomiczna, technologiczna, możliwości stwarzane przez oprogramowanie zainstalowane na urządzeniach mobilnych stanowią odrębny świat daleki od szkoły, replikującej idee tradycyjnego systemu klasowo-lekcyjnego.

Tekst oparto na nowej literaturze wydanej w ostatnich latach (zwłaszcza w roku 2020 i 2021). Stanowi on zbiór wybranych zagadnień opisujących wyzwania stojące przed edukacją w obliczu postępu technologicznego. Pierwszym z podejmowanych problemów jest wpływ przemysłu i technologii 4.0 na edukację. Kolejno w tekście poruszane są kwestie barier uniemożliwiających korzystanie z technologii edukacyjnych jako narzędzi poznawczych, są nimi

cyfroza i idiokracja. Następnie skoncentrowano się na obecnym stanie edukacji, który został opisany na podstawie najnowszych badań z wykorzystaniem analiz *Big Data*. Wyniki badań, poza ich wartością poznawczą, stanowią zatem przykład realizacji badań edukacyjnych za pomocą nowych technologii internetowych. W ostatniej części artykułu określono również tendencje zmian obecnej sytuacji w szkole.

Rewolucja przemysłowa i technologie 4.0

Dzięki rozwojowi sieci komunikacyjnych i informacyjnych rozwinął się typ gospodarki globalnej, sieciowej, informacyjnej (Galas, 2020, s. 32). Żyjemy w czasach transformacji i dynamicznych przemian odbywających się pod wpływem nowych technologii, a szczególnie sieci Internet. O społecznych konsekwencjach usieciowienia piszą w swoich pracach m.in. Derrick De Kerckhove (2001), Byron Reeves i Clifford Nass (2003), Anthony Giddens (2006), Don Tapscott (2010), Manuel Castells (2001, 2013), Nicholas Carr (2013).

Postęp w rozwoju techniki i technologii istotnie wpłynął na funkcjonowanie współczesnego człowieka. Rewolucja przemysłowa (przemysł 4.0) wiąże się z digitalizacją i dynamicznym rozwojem środków przekazu takich jak Internet, narzędzi mobilnych oraz systemów inteligentnych (Morrar, Arman, Mousa, 2017, s. 13, za: Friess, Ibanez, 2014; Vermesan 2014). Wprowadzanie nowoczesnych rozwiązań obejmujących technologie cyfrowe oraz informacyjne i komunikacyjne skutkuje większą wydajnością przedsiębiorstw. Technologie te pełnią funkcje integrujące, np. pozwalają na łączenie oddalonych od siebie oddziałów firmy, zwiększenie tempa wdrażania nowych modeli biznesowych, elastyczne dostosowywanie produkcji do wymagań rynku, personalizację produktów, a także lepszą organizację pracy (Morrar, Arman, Mousa, 2017, s. 14; Bughin, Hazan, Lund, Dahlström, Wiesinger, Subramaniam, 2018). W raporcie OECD (2017, s. 15) zwrócono uwagę na znaczenie czwartej rewolucji przemysłowej, opierającej się na „różnych technologiach cyfrowych (np. druk 3D, Internet Rzeczy, zaawansowana robotyka) i wytwarzaniu nowych materiałów (np. opartych na bio- lub nanotechnologii) oraz nowych procesach (np. produkcji opartej na danych, sztucznej inteligencji i biologii syntetycznej)”. W literaturze różne aspekty rewolucji przemysłowej 4.0 podejmuje m.in. Klaus Schwab (2015), Daniel Buhr (2015), Henning Kagermann (2015), Yongxin Liao, Fernando Eduardo de Freitas Rocha Deschamps Loures i Luiz Felipe Pierin Ramos (2017), Ana C. Pereira i Fernando Romero (2017), Giovanna Culot, Guido Nassimbeni, Guido Orzes, Marco Sartor (2020), Li Da Xu, Eric L. Xu i Ling Li

(2018), Ercan Oztemel i Samet Gursev (2018). Wśród technologii przemysłu 4.0 wymienia się: Internet Rzeczy (IoT), *Big Data*, chmurę, druk 3D, systemy robotyki (Koh, Orzes, Jia, 2019, za: Piccarozzi i in., 2018; Kamble i in., 2018). Szczególnie ważną rolę w przemyśle odgrywają technologie, takie jak: sztuczna inteligencja (AI), uczenie maszynowe (ML), cyfrowy bliźniak i 5G (Koh, Orzes, Jia, 2019, s. 7). Wdrożenie technologii przemysłu 4.0 implikuje poważne zmiany w wymaganiach stawianych pracownikom, którzy komunikować się będą za pośrednictwem sieci nie tylko ze sobą nawzajem, ale także z inteligentnymi systemami, maszynami i ich produktami (Xu, Xu, Li, 2018; Koh, Orzes, Jia, 2019).

Przemysł 4.0 potrzebuje nie tylko wykwalifikowanych pracowników korzystających z różnych technologii cyfrowych, ale i specjalistów projektujących i rozwijających ich możliwości. Już dziś poszukiwani są programiści umiejący tworzyć systemy inteligentne (AI), analitycy dokonujący opracowywania, interpretacji i predykcji uzyskanych z rafinacji danych. W raporcie *The Future of Job Report 2020* (2020, s. 32) wymienia się zawody przyszłości, wykonują je osoby zajmujące się platformą Cloud (chmurą), specjaliści od mediów społecznościowych (m.in. producenci treści, autorzy, copywriterzy), specjaliści ds. sztucznej inteligencji (np. business intelligence, programiści pracujący w Python, Java Script), pracownicy posiadający kwalifikacje z obszaru handlu internetowego (e-commerce, marketing cyfrowy), rekruterzy informacyjni, specjaliści z zakresu zasobów ludzkich, testerzy jakości, menadżerowie produkcji, przedstawiciele handlowi. Warto dodać, że na rynek pracy w coraz większym stopniu będzie oddziaływać zmieniająca się demografia (starzejące się społeczeństwa), co wpłynie na konieczność zatrudniania w sektorze zdrowia, medycyny, opieki i rehabilitacji. Następnym istotnym obszarem implikującym zmiany są migracje (zespoły pracujące w firmach będą się składać z obywateli różnych krajów). Rozwój przemysłu i technologii wiąże się z wydobywaniem surowców oraz poszukiwaniem nowych źródeł energii lub recyklingiem.

Pojęcie technologii edukacyjnych (EdTech) obejmuje m.in. sprzęt techniczny oraz narzędzia technologii informacyjnej i komunikacyjnej w nauczaniu i uczeniu się (procesie edukacyjnym). Edukacja 4.0 wychodzi naprzeciw zapotrzebowaniu rynku pracy i rewolucyjnym zmianom. W przywołanym wcześniej raporcie (*The Future of Job Report 2020*) wymienianych jest 15 najważniejszych umiejętności, jakie powinien posiadać pracownik. Wśród nich znalazły się: analityczne myślenie, innowacyjność, umiejętność uczenia się, kompleksowego rozwiązywania problemów, twórczość, oryginalność i inicjatywa, przywództwo, oddziaływanie społeczne, umiejętność korzystania z technologii.

Istotne są również umiejętności przeprowadzania monitoringu i sprawowania kontroli, programowanie i projektowanie technologii, odporność na sytuacje stresowe, myślenie i rozwiązywanie problemów, serwis, analiza i ocena systemów, negocjacje (*The Future of Job Report 2020*, s. 36). Głomb (Głomb, 2020, s. 60, za: Deloitte, 2018) przywołuje pięć kluczowych umiejętności ważnych z punktu widzenia rynku pracy przyszłości. Są to: kompetencje cyfrowe, umiejętności technologiczne i komputerowe, umiejętności programowania robotów i rozwiązań automatyki, zdolność pracy z narzędziami i technikami, krytyczne myślenie. Ukierunkowanie sektora zatrudnienia na nowe zawody wymaga wąskich specjalizacji na poziomie kształcenia wyższego, zorientowania na rozwój potrzebnych kompetencji. Stefan Kwiatkowski (2018) zwraca uwagę na wyłaniającą się trudność, którą jest to, że „zawodom przyszłości, ze względu na ich mało precyzyjne opisy, nie jesteśmy w stanie przyporządkować konkretnych kompetencji” (s.24).

Edukacja zorientowana na nowe technologie wymaga zatem większego ukierunkowania na kompetencje odpowiadające specjalizacjom dostosowanym do wymagań przemysłu i sektorów branży cyfrowej. Zagadnienia te zawarto w następujących dokumentach: *European e-Competence Framework 3.0. A Common European Framework for ICT Professionals in All Industry Sectors* (2013), *The Digital Competence Framework for Citizens with Eight Proficiency Levels and Examples of Use* (2017) oraz *European e-Competence Framework (e-CF)* (2019).

W 2018 roku pojawiło się nowe pojęcie określane jako *T-shaped skills* (*T-shaped people* – ukształtowani ludzie). Na stronie McKinsey & Company czytamy: „W miarę jak pracownicy wchodzą w interakcję z coraz inteligentniejszymi maszynami, rośnie zapotrzebowanie na umiejętności miękkie”. W tekście opublikowanym na łamach *The Independent* zatytułowanym *Managers in Focus as the Skills Gap Closes: The Hunt Is on for the Renaissance Man of Computing* David Guest (1991) wskazuje na hybrydowy obraz oczekiwań stawianych przed pracownikiem przez współczesny rynek pracy. Dziś coraz bardziej pożądanymi pracownikami są osoby cechujące się: wysokim poziomem motywacji, znajomością jej mechanizmów, energią do działania, aspiracjami, intuicją i umiejętnością słuchania innych, znajomością technik zarządzania. W przyszłości ważna będzie umiejętność korzystania z gotowych programów, opracowanych przez innych, oraz zarządzanie systemami informacyjnymi. Rozwój oprogramowania *Open Source* (więcej o edukacyjnych aspektach otwartych zasobów edukacyjnych w: Tanaś, Galanciak (red.), 2020a) już dziś to umożliwiał. Osoba analizująca dane może korzystać z gotowych programów lub nakładek, bibliotek,

które zostały opracowane przez inne osoby (Głomb, 2020). Rośnie znaczenie wiedzy związanej z operowaniem informacją i jej właściwym przygotowaniem, tak by mogła stać się użyteczna i pozwalała na analizę, której dokonuje program komputerowy. W tym kontekście ważne jest operowanie wiedzą, dostrzeganie związków między informacjami, a także umiejętność tworzenia syntez i wnioskowania. Wśród obszarów ważnych kompetencji wyróżnia się kompetencje techniczne, związane z bezpieczeństwem, zarządzaniem i przedsiębiorczością, komunikacyjne, innowacyjne, inteligencję emocjonalną i etykę (PwC, 2018; Głomb, 2020). Można zauważyć, że sprostanie tym wymaganiom poprzez zdobycie wiedzy weryfikowanej przez rynek pracy będzie źródłem głębokiej transformacji społecznej. Jednak należy stwierdzić, że sytuacja ta może doprowadzić do pogłębienia się różnic ekonomicznych spowodowanych posiadaniem jedynie przez część społeczeństwa wymaganej wiedzy i umiejętności operowania nią. Zdobywanie wykształcenia zgodnego z wymaganiami współczesności zapewni osobom odnalezienie swojego miejsca w systemie pracy, jego brak natomiast może być czynnikiem wykluczającym i marginalizującym. Warto wspomnieć o konsekwencjach ciągłego używania interfejsów oprogramowania internetowego, wysoce angażującego uwagę odbiorców. W *Raporcie digital i mobile na świecie w 2020 roku* czytamy, że w Polsce internauci spędzają w Internecie średnio 6 godzin 26 minut, w tym 2 godziny w mediach społecznościowych.

Cyfroza i idiokracja a współczesne społeczeństwo

Nowe technologie informacyjne i komunikacyjne, rozwój techniki, automatyzacja produkcji wpłynęły na rynek pracy i edukacji. Dostrzegalny stał się wzrost znaczenia „edukacji na odległość, medialnej, cyfrowej czy wielokulturowej” (Galas, 2020, s. 32). Podkreśla się znaczenie wpływu nowych technologii na społeczeństwo przyszłości oraz jego ekonomię i strukturę demograficzną. Trudno jednak oddzielić przemysł, gospodarkę od jej produkcji, która nastawiona jest na sprzedaż i konsumpcję. Wśród nowych zjawisk opisujących współczesne społeczeństwo wymienia się idiokrację i cyfrozę (Graf, kanał YouTube „Cezary Graf”; Morbitzer, 2021). „Idiokracja” (*Idiocracy*) jest tytułem komedii science fiction z 2006 roku, której bohaterowie – przeciętny szeregowy żołnierz i prostytutka – w związku z prowadzonym eksperymentem wojskowym zostają zahibernowani i przypadkowo budzą się w świecie po upływie 500 lat. Okazuje się, że są oni najinteligentniejszymi ludźmi. Z pozycji dwójki bohaterów możemy ujrzeć realne problemy populistycznego społeczeństwa, bez wyobraźni, refleksji, w którym media stanowią główne źródło wiedzy, świat ten zdomino-

wany jest przez wielkie korporacje i wszechobecną reklamę. Janusz Morbitzer, pisząc o współczesnym społeczeństwie w kontekście idiokracji, podkreśla, że: „Mamy wręcz do czynienia z regresją antropologiczną i homodestrukcją większości ludzi. Szczególne znaczenie ma tu najpopularniejsze dziś medium – Internet, którego wprawdzie nie można obarczać winą za bezpośrednie poszerzanie obszaru głupoty, jest on jednak niewątpliwie katalizatorem, wzmacniającym i przyspieszającym jej społeczną cyrkulację. Zjawisko to jest szczególnie niepokojące dla osób związanych z edukacją” (Morbitzer, 2021, s.221). Funkcjonowanie w dzisiejszym społeczeństwie wymaga przystosowywania się do zmian, ale i mądrości, dlatego szczególną uwagę należy zwrócić na model edukacji ku mądrości i duchowości (Morbitzer, 2021).

Cezary Graf, znany ekonomista, bloger i doradca finansowy, na swoim kanale YouTube mówi o cyfrozie – rozszerzonej nomofobii, czyli uzależnieniu od urządzeń elektronicznych w ogóle. Cechami cyfrozy są rozkojarzenie i nieproduktywność ludzi zaangażowanych w ciągłą obecność w mediach społecznościowych. Społeczeństwo przyszłości będzie się dzieliło przede wszystkim na dwie grupy: tych, którzy będą umieli kontrolować dostęp do mediów – osoby te będą wykorzystywały te urządzenia i programy do samorozwoju, pozyskiwania wiedzy umożliwiającej im poprawę swojej sytuacji ekonomicznej i życiowej, oraz tych, którzy przez większość czasu będą przewijali w przeglądarce lub na portalu społecznościowym nieistotne treści (<https://www.youtube.com/watch?v=Dr8nb2DEGtY>). Podział ten będzie miał konsekwencje dla dwóch wymienionych grup ludzi w zakresie korzystania z czasu wolnego, realizacji celów życiowych, dietności, stanu posiadania, dostępu do służby zdrowia i edukacji. Oddzielnie będzie funkcjonował świat idiokracji – społeczeństwa mającego problem z rozwiązywaniem podstawowych problemów życiowych, społecznych, technicznych i in., zdominowanego przez niskiej jakości przekazy medialne i rozrywkę. Równolegle będzie też istniał świat, który autor ten określa jako „poukładany” – świat technologii (<https://www.youtube.com/watch?v=fb7zpWOj4n8>).

Graf szczególnie podkreśla znaczenie idiokracji i cyfrozy dla struktury demograficznej społeczeństwa przyszłości i wynikających z tego konsekwencji ekonomicznych. Antidotum na zjawiska cyfrozy i idiokracji jest edukacja ukierunkowana na rozwój zdolności twórczych i twórczego myślenia, wymaga to korzystania z technologii edukacyjnych jako narzędzi poznawczych (Jonassen, Reeves, 1996; Jonassen, Carr, Yueh, 1998). Narzędzia poznawcze pełnią jedynie funkcję pomocniczą, nie stanowią celu samego w sobie (Siemieniecka, 2005). Mogą być one nośnikiem informacji i pozwalać na dostęp do wysokiej

jakości materiałów multimedialnych i interaktywnych lub wirtualnych asystentów opartych na sztucznej inteligencji (przykładem może być Siri). Narzędzia poznawcze wymagają kontekstu ich zastosowania, czyli edukacji pozwalającej na zaistnienie sytuacji problemowych, w trakcie których uczniowie mają możliwość łączenia nabytej wiedzy z nowymi informacjami. Sytuacje te powinny umożliwiać uczniom prezentację własnych pomysłów, rozwiązań zadań oraz sposobów dochodzenia do nich. Istotne jest tu również łatwe przemieszczanie, restrukturyzacja wiedzy w miarę rozszerzania jej zakresu (Siemieniecki, 1999, s. 88). Warto podkreślić, że dyspozycje intelektualne, np. wysoki poziom inteligencji, nie gwarantują twórczego stylu korzystania z technologii informacyjnych i komunikacyjnych (Siemieniecka, 2005, 2013), który powinien charakteryzować się wykorzystaniem ich możliwości do poszukiwania nowych i niekonwencjonalnych rozwiązań, przełamywania ograniczeń, wychodzenia poza ustaloną strukturę problemu, wielością i odległością skojarzeń i różnorodnością poziomów poznania (abstrakcyjnością), a także refleksyjnością, czyli podejmowaniem przemyślanych decyzji, tolerancją, czyli wykorzystywaniem mediów do rozwiązywania problemów i przełamywania konserwatywnej i zachowawczej postawy, podejmowaniem aktywności twórczej, płynnością, giętkością i oryginalnością myślenia oraz motywacją do działania (Siemieniecka, 2005). Aby w sposób twórczy korzystać z technologii edukacyjnych, należy rozwijać analityczne i krytyczne myślenie oraz poczucie humoru.

Nowe technologie i edukacja

Kolejnym kontekstem, który wyłania się z relacji człowieka z technologią, są wyzwania związane z przygotowaniem współczesnego człowieka przez rodzinę i edukację do krytycznego rozumienia mediów w dobie *Big Data* i algorytmizacji. To zagadnienie jest nieobecne w programach szkolnych. Wspomniane wcześniej krytyczne myślenie Grzegorz Ptaszek (2019) określa jako jedno z nielicznych narzędzi demaskowania dezinformacji online. W książce *Edukacja medialna 3.0* autor ten opisuje metody analizy i śledzenia danych w sieci oraz manipulacje treściami przez boty sztucznej inteligencji, pisze również o specjalnie projektowanym interfejsie ukierunkowującym uwagę odbiorców i wywołującym w nich pełne zaangażowanie w teleobecność. Niesie ono ze sobą negatywne skutki dla człowieka, ale i dla świadomego kształtowania przez niego rzeczywistości społecznej poprzez dokonywane przez niego wybory. Wyszukując w sieci informacje na dany temat, każdy z nas widzi odmienne obrazy rzeczywistości – te, które sugerują nam algorytmy wyszukiwań. Może

to stanowić jeden z czynników wpływających na polaryzację poglądów politycznych, a także ich ukierunkowanie i manipulację (Ptaszek, 2019; Morbitzer, 2020). Problem pogłębia zjawisko bańki filtrującej, które polega na wybieraniu w swoim otoczeniu jedynie osób podzielających nasze poglądy, co w rezultacie zamyka możliwość poznawania innych punktów widzenia i stanowisk (Morbitzer, 2020).

Budowanie wiedzy uczniów na podstawie źródeł wiedzy (Internetu) wymaga dostępu do wiarygodnej informacji. Staje się to coraz trudniejsze ze względu na problemy związane z odróżnieniem fake newsów od rzeczywistych informacji (np. oprogramowanie DeepFake pozwala na tworzenie przekazów filmowych łączących obrazy w czasie rzeczywistym i nanoszeniu przez sztuczną inteligencję obrazu jednej osoby na drugą). Ważne są zatem działania szkoły, które powinny być ukierunkowane na „kształcenie kompetencji medialnych, w tym krytycznego rozumienia mediów oraz kontekstów, w jakich one funkcjonują i są wykorzystywane” (Ptaszek, 2019, s. 302). Przeformułowania wymaga więc myślenie o nauczaniu jako przekazywaniu wiedzy na rzecz rozwoju samodzielności uczniów i kształtowania ich umiejętności informacyjnych, informatycznych i twórczych. Praca z omawianym w trakcie nauki szkolnej materiałem edukacyjnym powinna wymagać krytycznej analizy, tworzenia syntez i szukania uzasadnień też na podstawie wartościowych źródeł wiedzy, umiejętności rozpoznawania fałszywych i niepewnych informacji i przekazów medialnych.

Edukacyjne możliwości sztucznej inteligencji opisano w książce *Big Data in Education. The Digital Future of Learning Policy and Practice* (Williamson, 2017). Wśród wielu jej zastosowań wyróżnia się: zbieranie i przetwarzanie danych, kontrolę procesu uczenia się, tworzenie przez program AI przewidywań postępów uczniów, wprowadzanie oprogramowania dostosowującego się do aktywności uczniów, analiza postępów w czasie rzeczywistym, możliwości wdrożenia systemu zarządzania procesem uczenia się (*learning management system*) oraz botów uczących (*teacher bot*) i kognitywnych tutorów (*cognitive tutors*). Wprowadzenie tych rozwiązań zdaniem autora pozwala na odejście od wpływu na proces nauczania-uczenia się tylko instytucji edukacyjnych. W literaturze dobrze opisane są systemy wykorzystujące głębokie uczenie się maszynowe w rozpoznawaniu twarzy uczniów w klasie, które mają zapobiegać fałszywej frekwencji w szkole (Othman, Aydin, 2019). Programy sztucznej inteligencji, w które wyposażone są roboty uczące, potrafią już dziś zbierać dane na temat interakcji i reakcji behawioralnych dziecka w trakcie procesu kształcenia na interakcję z robotem i treściami przez niego podawanymi. Dane pozyska-

ne w ten sposób (obejmujące bieżącą diagnozę, system ekspertowy i korektę) mogą być analizowane indywidualnie i również w odniesieniu do milionów przypadków, co otwiera nowe możliwości badań procesów poznawczych (na podstawie mimiki, reakcji źrenic, form werbalnych i in.) i procesu uczenia się (Siemieniecka, 2021).

Przykładem zastosowania AI w nauczaniu jest nauka wspomagana przez roboty uczące. Komunikacja człowieka z robotem stanowi złożony system o cechach interaktywności, obejmuje też ekwifinalność i multimodalność (Siemieniecka, 2021, za: Libin, Libin, 2004). Badania nad zastosowaniem robotów w nauczaniu języków obcych ukazały ich efektywność przejawiającą się w poprawie słownictwa dzieci i większym zainteresowaniu nauką (Siemieniecka, 2021, za: Movellan i in., 2009; Belpaeme i in., 2018). Badania wykazały również, że nauka wspomagana tą technologią przyspieszała rozwiązywanie zagadek poznawczych i wpływała na pozytywne postrzeganie zadań przez uczniów (Belpaeme i in., 2018).

Innym obiecującym obszarem badań mających istotne znaczenie dla lepszego poznania procesów uczenia się jest integracja chipa bezpośrednio z mózgiem człowieka. Przykładem takiego projektu jest *Neuralink* Elona Muska (Musk, Neuralink, 2019). Badania te mają na celu przywrócenie funkcji czuciowych i motorycznych oraz leczenie zaburzeń neurologicznych poprzez bezpośrednią stymulację mózgu przez wszczepionego chipa. Jest on połączony z urządzeniami mobilnymi za pośrednictwem sieci bezprzewodowej. Wszczepienie chipa pozwoliło na monitorowanie działania mózgu świnii w czasie rzeczywistym, zwłaszcza w odniesieniu do reakcji neuronów na bodźce zmysłowe (wąchanie, dotykanie). W oprogramowaniu monitorującym można było oglądać czynności, np. ruchowe, zanim jeszcze zostały one wykonane przez zwierzę (<https://www.youtube.com/watch?v=KsX-7hS94Yo>). Musk (2019) opisuje prace nad integracją mózgu z elektronicznym chipem za pomocą 96 nici polimerowych z elektrodami (łącznie 3072). Technologia ta pozwala na przesyłanie danych elektrofizjologicznych aktywności mózgu, co otwiera możliwości sterowania elektronicznymi urządzeniami zewnętrznymi, np. komputerem (kursorem, klawiaturą wirtualną), przez osoby niepełnosprawne z urazami kręgosłupa. Perspektywy tych badań dają nadzieję wielu sparaliżowanym osobom na przywrócenie funkcji motorycznych (Hochberg, Bacher, Jarosiewicz, Masse, Simeral, Vogel, 2012; Sharlene, BioRxiv, 2019). Technologie te pozwolą na komunikację z otoczeniem (np. poprzez systemy syntezy mowy). Komunikacja z przedmiotami i urządzeniami może odbywać się na poziomie sensorycznym (poprzez fale mózgowo – myśli i wzrok).

Postęp technologii w tych dziedzinach stawia przed edukacją nowe wyzwania, ważne jest zatem przygotowanie człowieka do rozumienia otaczającego go świata, mechanizmów działania narzędzi, maszyn i programów, kształcenie w nim umiejętności wytwórczych i rozwiązywania problemów, ale także etyki i świadomości zagrożeń (Kwieciński, 2016) płynących z nowych technologii.

Nowe wynalazki otwierają nieznaną dotąd obszary możliwości, które rysują się przed zastosowaniem ich w edukacji. Nadrealność, wirtualna rzeczywistość, drony, symulacje komputerowe, roboty, programy dydaktyczne oparte na sztucznej inteligencji pozwalają na spojrzenie na świat i wiedzę z innej perspektywy (również fizycznej). Warto wspomnieć, że „szybki przepływ informacji decyduje o sukcesie, a wiedza zgromadzona w bazach informacyjnych jest ważnym elementem wspierającym podejmowanie decyzji” (Siemieniecka, Siemieniecki, 2019, s. 10). Współczesne media już nie tylko pośredniczą w przekazie informacji, ale stały się także uczestnikiem gry komunikacyjnej i istotnym narzędziem wsparcia intelektualnego. Interesującą syntezę zawierającą opisy edukacyjnych zastosowań technologii w nauczaniu zaprezentowali w publikacji *Edukacja przyszłości. Raport* Piotr Wasyluk, Andrzej Kucner i Grzegorz Paćewicz (2020). Jednak korzystanie z tych możliwości wymaga od nauczycieli szerokiej wiedzy na temat technologii i umiejętności ich dydaktycznego zastosowania. Przykładem może być np. korzystanie przez uczniów z oprogramowania oraz drukarki 3D. Pozwalają one urzeczywistnić każdy pomysł, który da się narysować. Schematy, potrzebne elementy oraz filmy, jak samemu zrobić drukarkę 3D, są dostępne w Internecie. Użycie drukarki wymaga od nauczyciela wiedzy z zakresu skalowania i rzutów obiektów, ustawień czasu i temperatury drukowania i technicznych zasad działania samej drukarki.

W Internecie znajdują się ogólnodostępne materiały filmowe, np. w formie wykładów opracowywanych przez pasjonatów, specjalistów, youtuberów, których wiedza i poziom merytoryczny uznawane są przez społeczeństwo sieciowe i profesjonalnych odbiorców w skali globalnej – to zmienia perspektywę edukacji. Wiedza ta jest darmowa i często opracowana przez specjalistów (czasem poszerzana przez nich na płatnych wideoblogach lub w materiałach publikowanych na stronach WWW). Treści te nierzadko przedstawiają głęboko przeemyślany problem, np. ekonomiczny, skonfrontowany z praktyką (przykładem może być kanał Lyn Alden zajmującej się inwestycjami finansowymi). Jest to zupełnie nowa jakość w edukacji oraz perspektywa transferu wiedzy z wykorzystaniem serwisów społecznościowych. To wysokiej jakości merytoryczny materiał, składający się z tekstu zawierającego źródła (strona WWW), wywiadów i rozmów tematycznych w serwisie YouTube odnoszących się do wyników

badań czy analiz dostępnych pod linkiem filmu oraz komentarzy użytkowników sieci (krytycznych i często rzucających nowe światło na omawiany problem). Warto dodać, że prezentowane zagadnienia mają charakter dynamiczny, aktualizowany w zależności od czynnie zachodzących zmian. Ważna jest tu interakcja między odbiorcami i nadawcą, koncentracja wokół określonego zagadnienia problemowego, którego intelektualna i merytoryczna wartość stanowi o popularności tych przekazów. Społeczności uczących się w Internecie oferują bogate materiały edukacyjne, tutoriale, fora, filmy instruktażowe, poza teorią prezentują więc przykłady praktycznych zastosowań. Mogą to być strony przeznaczone dla osób chcących nauczyć się programowania w języku *Python*, który jest podstawą do pisania algorytmów sztucznej inteligencji.

Dynamicznie rozwijają się również darmowe internetowe narzędzia edukacyjne. Przykładem jest *Google for education* (<https://edu.google.com/teaching-resources/?topic=creativity-tools>). Dostępne są także nowatorskie i często mocno specjalistycznie ukierunkowane formy kształcenia zdalnego (Siemieniecka, 2020a, 2020b), są wśród nich darmowe kursy MOOC (*Massive Open Online Courses*). Rośnie znaczenie certyfikatów ukończenia szkoleń.

Świat technologii i świat nauki oddzieliły się od szkoły i stanowią odrębne byty. Nie ma między nimi związku. Centra nauki i dydaktyczne propozycje Grzegorza Karwasza (Karwasz, Kruk, 2012; Karwasz, 2020) w zakresie kształcenia interaktywnego, choć mają charakter innowacji, to raczej stanowią incydentalne uatrakcyjnienie całorocznej edukacji. Wiedza dostępna w sieci stawia pod znakiem zapytania przyszłość formalnej edukacji realizowanej w obecnym kształcie.

Perspektywy edukacji przyszłości – 4.0

Aktualny stan edukacji

Sytuacja pandemii COVID-19 obnażyła poważne braki w zakresie przygotowania infrastruktury technicznej edukacji i kompetencji nauczycieli do stosowania narzędzi technologii edukacyjnej (EdTech), zwłaszcza tych związanych ze zdalnym nauczaniem. Włodzimierz Gogołek i Piotr Pruchnik (2021) w tekście *Machine learning. Edukacja i koronawirus* przedstawili wyniki badań wykorzystujących analizy *Big Data*. Analizy zostały przeprowadzone za pomocą programów opartych na sztucznej inteligencji i objęły bazy polskojęzycznych tweetów (722 miliony tweetów aktualizowanych od marca 2020 roku). Wybrano z nich ponad 83 miliony materiałów (tweetów, wpisów), które dotyczyły

edukacji. Analizie poddano tradycyjne media, publikacje z zakresu technologii, biznesu, nauk społecznych i innych. Spośród 1 295 819 wpisów wyróżniono te, które były związane z szeroko pojętą edukacją. Badania objęły materiał opublikowany w sieci między 12 marca a 31 maja 2020 roku. Na podstawie analiz danych próbowano dokonać opisu edukacji w trakcie pandemii. Badacze ukazali, że w analizowanych wpisach i materiałach opublikowanych w Internecie (pochodzących ze źródeł polskich i zagranicznych) niewiele miejsca poświęcano metodyce zdalnego nauczania. Autorzy zauważyli: „Brak tego wątku w publikacjach ukazuje obraz dyskusyjnych kompetencji cyfrowych uczniów i nauczycieli oraz nieistniejącego problemu narzędzi służących komunikacji sieciowej. Dowodzi tego także ratunek sprawdzonego bohatera owej, niedostatecznie funkcjonującej, komunikacji w procesie zdalnego nauczania. Jest nim w Polsce – dom ucznia. Problem ten woła z chmury atrybutów edukacji w okresie pandemii, najważniejszym słowem – „Mamusz”! [...]”. Rola środowiska rodzinnego ucznia w kontekście badań w pedagogice medialnej (zwłaszcza w edukacji zdalnej) jest obszarem wymagającym analiz zwłaszcza w środowisku szkoły pozbawionej systemu klasowo-lekcyjnego.

We wnioskach z badań Gogołek i Pruchnik piszą: „Najważniejsza okazała się aborcja, seks, opinia ministra, a nie troska o przyjazny kontakt online z nauczycielem. Wątek narzędzi i metod nauczania online praktycznie nie istnieje” (Gogołek, Pruchnik, 2021). Inne badania oparte na rafinacji sieciowej zaprezentowane w trakcie XVII Międzynarodowej Konferencji „Technologie edukacyjne w nauczaniu”, zrealizowane przez zespół Włodzimierza Gogołka, objęły analizę 324 519 tweetów na temat edukacji (styczeń 2020–kwiecień 2021). Wśród najważniejszych słów (słupów) powiązanych z edukacją znalazły się: *mama, rodzic, rodzice, prawo, program, egzamin, nauczyciel, podstawówka, internet, uczeń, wychowywać, książka, komputer, sprzęt, podręcznik, kamera, hybrydowy, bezpieczny, laptop*. Związki, które ujawniły się w relacji z tymi słowami (połączeniach słupów z innymi słowami) pozwoliły na sformułowanie dominujących problemów edukacji w Polsce. Wyniki opracowywanych badań ukazują silny związek polityki edukacyjnej z decyzjami podejmowanymi przez ministra edukacji Przemysława Czarnka (Gogołek, Jarzyńska, Siemieniecka, 2021 [w opracowaniu]). Badania te potwierdzają ścisłą zależność kierunku rozwoju edukacji od decyzji ministra. Na brak istotnych zmian w kształcie edukacji w ponowoczesnym świecie, zależnej od formacji politycznej w MEN, zwraca uwagę Bogusław Śliwerski (2021), który pisze o fikcji i pozorach oraz braku zrozumienia warunków i istoty procesu uczenia się. W tekście zatytułowanym *Makropolityczne blokady i konstruktywistycz-*

ne ich zniesienie ze względu na turbocyfryzację szkolnej edukacji autor ten konkluduje, że władze oświatowe „tkwią w paradygmacie kształcenia jako wyłącznie transmisji wiedzy, jednokierunkowego formatowania osobowości dzieci i młodzieży w dobie, w której nasi podopieczni już tylko muszą, chociaż wcale częściowo nie chcą temu się podporządkowywać. Tak więc jedni udają, że jeszcze nauczają, a objekty-przedmioty ich wpływów udają, że się temu podporządkowują” (Śliwerski, 2021). Polityka edukacyjna zatem ma istotny wpływ na kształt i określenie kierunków rozwoju instytucji edukacyjnych przyszłości. Edukacja w dobie dynamicznego rozwoju technologii wymaga rewolucyjnych (a nie pozornych) zmian na uczelniach wyższych, które wciąż częściowo tkwią w ideach modernizmu i postmodernizmu. Niewielu naukowców podejmuje się trudu popularyzacji nauki wśród uczniów szkół średnich i podstawowych. Zmiana polega jedynie na poprawianiu istniejącego systemu kształcenia i jest zorientowana na utrzymanie *status quo*. Wprowadzane są tylko „płytkie innowacje” budzące niezadowolenie nauczycieli niedostrzegających wyników swoich wysiłków. A wszystko to (cały system edukacyjny) funkcjonuje w zbiurokratyzowanym systemie (Siemieniecka, Siemieniecki, 2019, s. 21). Od dwóch dekad nie realizowano w Polsce żadnych kompleksowych programów dedykowanych szkolnictwu, obejmujących zakup nowego sprzętu i oprogramowania dydaktycznego, połączonych z doskonaleniem kompetencji związanych z technologiami edukacyjnymi w dydaktykach szczegółowych. Niestety skutki tego stanu edukacji i braku kompetencji nauczycieli były widoczne w czasie lockdownu 2020/2021. Z pewnością trudna sytuacja pracy zdalnej przyspieszyła zmiany w edukacji w zakresie integracji technologii edukacyjnych z procesem nauczania.

Przyszłość zmian

Zmiany w dydaktyce wywołane globalizacją mogą pójść w następujących kierunkach: korekty istniejącego systemu kształcenia, fundamentalnej reorganizacji systemu kształcenia lub przyjęcia wielości rozwiązań. Korekta istniejącego systemu kształcenia polegająca na wprowadzaniu nowych technologii do tradycyjnego modelu kształcenia nie wpłynęła dotychczas na unowocześnienie kształcenia realizowanego na wszystkich poziomach edukacji. Dysonans między nauką, technologią, jej dynamicznym rozwojem a realną sytuacją edukacji i stanem wiedzy nauczycieli jest trudny do pokonania. Wprowadzanie technologii edukacyjnych bez organizacji i zmian w procesie kształcenia wzmocnił biurokratyczny wymiar systemu kształcenia. Nowe technologie wymagają

zmian w metodach i formach nauczania. Ta perspektywa zmian jest obecnie realizowana w instytucjach edukacyjnych. Chcąc mówić o szkole przyszłości, przyjmując scenariusz zmiany jako fundamentalnej reorganizacji systemu kształcenia, należy uznać, że nie jest możliwa realizacja tego postulatu bez zmian programu, treści, metod oraz form kształcenia, a te powinny uwzględniać dwa elementy: potrzeby społeczne i kulturowe oraz koncentrację na kształceniu wykorzystującym nowe technologie w obszarze nauczania-uczenia się. Należy przy tym mieć na uwadze postęp technologiczny w przestrzeni komunikacyjnej. Istotnym elementem jest tu rozwijanie współpracy grupy, klasy, szkoły i otoczenia społecznego, oznacza to wzrost znaczenia metod i form kształcenia uwzględniających pracę grupową. Wprowadzanie nowych technologii edukacyjnych wymaga oparcia się na wiedzy z zakresu badań kognitywnych, ale i zmian programowych odnoszących się do doboru nauczanych treści (Siemieniecka, Siemieniecki, 2019).

Zmiana ujmowana jako wielość rozwiązań zakłada przyjęcie propozycji płynących z wielu modeli kształcenia – taka perspektywa skutkuje załamaniem się tradycyjnego systemu klasowo-lekcyjnego na rzecz realizacji nauczania-uczenia się w oparciu o społeczeństwo sieci Manuela Castellsa lub rozwiązania konektywizmu, np. MIE (Minimalnie Inwazyjną Edukację) proponowaną przez Sugatrę Mitrę. Przywołanie tych autorów jest uzasadnione, dostrzegają oni bowiem rolę Internetu jako narzędzia zdobywania wiedzy, która wymaga interakcji z innymi i doświadczeń. Globalizacja i dostęp do sieci coraz wyraźniej będą wpływały na systemy kształcenia poprzez popularyzację wzorców kulturowych, co doprowadzi do unifikacji norm społecznych, prawnych i kulturowych oraz wpłynie na treści programów kształcenia. Zjawisko globalizacji nie może być pomijane przez współczesną dydaktykę (Siemieniecka, Siemieniecki, 2019). Można już dziś powiedzieć o tendencjach, które będą coraz częściej obecne w szkole, a mianowicie:

- ukierunkowanie edukacji na potrzeby przemysłu 4.0 i rozwoju kształcenia zawodowego zorientowanego na potrzeby rynku pracy;
- można oczekiwać odejścia od systemu klasowo-lekcyjnego na rzecz szerszego wykorzystania cyberprzestrzeni, będzie to wymagało zwrócenia szczególnej uwagi na czynniki indywidualne uczących się, uwzględnienia otoczenia społecznego (na rolę Internetu jako współczesnego medium komunikacji społecznej wskazuje w swoich publikacjach Stanisław Juszczyk (2006, 2011));
- nastąpi rozluźnienie i rezygnacja z kształcenia przedmiotowego na rzecz ukierunkowania na nauczanie interdyscyplinarne i problemowe;

- można oczekiwać ukierunkowania na częstsze stosowanie w edukacji gier i zabaw, zwłaszcza opartych na nowych technologiach (Internet i środowiska wirtualnej rzeczywistości);
- ważnym aspektem będzie łączenie komunikacji interpersonalnej, grupowej z kształtowaniem umiejętności intelektualnych i psychomotorycznych;
- można oczekiwać wzrostu znaczenia i dostępności narzędzi i oprogramowania dydaktycznego rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (Dunwill, 2016; Hussin, 2018) oraz interaktywnego nauczania;
- oparcie nauczania na znaczeniu i kontekście informacji (na ich podstawie budowanie wiedzy);
- ukierunkowanie na aktywność ucznia zorientowaną na tworzenie wiedzy i zasobów (realizacja własnych projektów, portfolio na podstawie informacji zdobytych w sieci);
- ukierunkowanie procesów nauczania i uczenia się na rozwiązywanie problemów poprzez wykorzystanie w tym celu sieci i jej zasobów (narzędzi społecznościowych, kanału YouTube);
- ukierunkowanie na budowanie wiedzy oparte na rozumieniu;
- rozluźnianie systemu kształcenia w szkole przez udział w edukacji pozaszkolnej i domowej, uczestnictwo w różnych formach kształcenia zdalnego;
- wzrost roli rodziców/opiekunów w procesie edukacji domowej (Gogołek, Jarzyńska, Siemieniecka, 2021);
- rozwijanie umiejętności samokształcenia z wykorzystaniem nowych technologii edukacyjnych;
- ukierunkowanie na indywidualizację i wykorzystanie narzędzi sztucznej inteligencji do analiz postępów uczniów (rozwój *Data Mining* w edukacji) (Siemieniecka, Siemieniecki, 2019), uwzględnienie w projektowaniu dydaktycznym stylów uczenia się;
- wprowadzenie przedmiotów związanych z nauką i wynalazczością (na których uczniowie poznawaliby historię i zasady działania wynalazków);
- wprowadzenie zajęć z robotyki i podstaw programowania i tworzenia algorytmów;
- wiedza na temat zagrożeń płynących z Internetu, mechanizmów manipulacji, ich rozpoznawania i przeciwdziałania tym zjawiskom.

Szkoła powinna być miejscem spotkania z technologią edukacyjną, technologią 4.0, co implikuje również zmianę w projektowaniu przestrzeni edukacyjnych, a także w organizacji klas lekcyjnych, w których uczniowie mogliby swobodnie pracować w zespołach. Nauczanie powinno uwzględniać m.in.:

- rozwój umiejętności komunikowania i rozumienia innych (aktywne słuchanie, parafrazy, rozwijanie pomysłów innych osób, konstruktywna krytyka);
- rozwój myślenia twórczego, w czym pomocna jest realizacja treningów twórczego myślenia i rozwiązywania problemów;
- użycie oprogramowania do działalności artystycznej, wyrażania siebie.

Istotne znaczenie ma również wdrożenie uczniów do umiejętności uczenia się, planowania wolnego czasu, aktywnego wypoczynku i radzenia sobie ze stresem.

Warto wspomnieć, że współczesny młody człowiek potrzebuje wiedzy łączącej teorię, umiejętności i zastosowanie zdobytej wiedzy (Tanaś, 2020; Kolek, Czarkowski, 2020). Żyjemy w świecie ciągłych zmian, dlatego edukacja przyszłości powinna być zorientowana na rozwój dyspozycji twórczych i myślenia heurystycznego. Wynalazczość i otwartość na nowe rozwiązania mogą być rozwijane jedynie poprzez głębokie przeżycie i żywe doświadczanie nauki (np. w centrach naukowych). Pomocna w nauce rozwiązywania problemów i logicznego myślenia jest również nauka programowania (np. myślenie komputacyjne). Ważnym obszarem dla edukacji jest też wykorzystywanie nowych technologii w edukacji twórczej i artystycznej. Dostosowanie edukacji do potrzeb zmian dokonujących się pod wpływem technologii 4.0 wymaga poważnych przeobrażeń polityki edukacyjnej wiążących się z przeznaczaniem nakładów finansowych rządu na zakup nowego sprzętu komputerowego i oprogramowania dydaktycznego, opracowania wysokiej jakości podręczników oraz podjęcia na szeroką skalę szkoleń nauczycieli w zakresie wykorzystania technologii w nauczaniu przedmiotowym. Szczególny nacisk powinien być położony na technologie edukacyjne (metodykę) oraz wdrażanie narzędzi i oprogramowania AI w procesie dydaktycznym.

Brak krytycznej i twórczej edukacji szkolnej wspieranej możliwościami nowych technologii sprawi, że sytuację części młodych ludzi w przestrzeni Internetu można będzie porównać do pobytu człowieka pierwotnego w Bibliotece Aleksandryjskiej – nie potrafi on czytać i pisać, ocenić, które z dzieł jest bardziej wartościowe, nie odróżnia baśni od prawdziwych wydarzeń, potrafi tylko bez końca oglądać zawarte w książkach obrazki.

Bibliografia

- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., Tanaka, F. (2018). Social Robots for Education. *Science Robotics*, 21(3), <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat5954>.
- Bughin, J., Hazan, E., Lund, S., Dahlström, P., Wiesinger A., Subramaniam, A. (2018). Skill Shift: Automation and the Future of the Workforce. Pobrano 22 września 2021 z: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce>.
- Buhr, D. (2015). *Social Innovation Policy for Industry 4.0*. Tübingen, Germany: Eberhard Karls University of Tübingen.
- Carr, N., (2013). *Płytki umysł. Jak Internet wpływa na nasz mózg*. Gliwice: Wydawnictwo Helion.
- Carretero Gomez, S., Vuorikari, R., Punie, Y. (2017). *DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with Eight Proficiency Levels and Examples of Use*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, <https://doi.org/10.2760/38842>.
- Castells, M. (2001). *The Internet Galaxy: Reflections on the Internet, Business, and Society*. Oxford: Oxford University Press.
- Castells, M. (2013). *Spoleczeństwo sieci*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Ciftci, U. A., Demir, İ., Yin, L. (2020). How Do the Hearts of Deep Fakes Beat? Deep Fake Source Detection via Interpreting Residuals with Biological Signals. *2020 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)*, 1–10, <https://doi.org/10.1109/IJCB48548.2020.9304909>.
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., Sartor, M. (2020). Behind the Definition of Industry 4.0: Analysis and Open Questions. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>.
- De Kerckhove, D., (2001). *Inteligencja otwarta. Narodziny społeczeństwa sieciowego*. Warszawa Wydawnictwo MIKOM.
- Deloitte (2018). Deloitte and The Manufacturing Institute Skills Gap and Future of Work Study, Deloitte Insights.
- Dunwill, E. (2016). 4 Changes that Will Shape the Classroom of the Future: Making Education Fully Technological. Pobrano 22 września 2021 z: <https://elearningindustry.com/4-chang-es-will-shape-classroom-of-the-future-making-education-fully-technologica>.
- European e-Competence Framework 3.0. A common European Framework for ICT Professionals in All Industry Sectors. CWA 16234:2014 Part 1.(2013). Pobrano 22 września 2021 z: <http://www.ecompetences.eu/e-cf-3-0-download/>.

- Friess, P., Ibanez, F. (2014). Putting the Internet of Things Forward to the Next Level. W: O. Vermesan, P. Friess (red.), *Internet of Things Applications – From Research and Innovation to Market Deployment* (s. 3–6). Gistrup, Denmark: Rivers Publishers.
- The Future of Job Report 2020* (2020). Pobrano 22 września 2021 z: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf.
- Galas, B. (2020). Przemiany więzi w globalnym społeczeństwie sieci – szkice z pogranicza dystansu społecznego. W: J. J. Czarkowski, M. Malinowski, M. Strzelec, M. Tanaś (red.), *Zdalne kształcenie dorosłych w czasie pandemii* (s. 27–51). Warszawa: Wydawnictwo DiG.
- Giddens, A. (2006). *Przemiany intymności. Seksualność, miłość i erotyzm we współczesnych społeczeństwach*. Wałbrzych: Wydawnictwo WWSZiP.
- Głomb, K. (2020). *Kompetencje 4.0. Część 1: cyfrowa transformacja rynku pracy i przemysłu w perspektywie roku 2030*. Pobrano 23 września 2021 z: https://kometa.edu.pl/uploads/publication/1005/b26d_Kompetencje%20cyfrowe_ARP_part%20I_digitalfinal.pdf?v2.8.
- Gogołek, W., Jarzyńska, K., Siemieniecka, D. (2021). Dominujące problemy edukacji 2020 – VI 2021, wystąpienie na XVII Międzynarodowej Konferencji „Technologie edukacyjne w nauczaniu perspektywy badawcze” 20.09.2021, UMK, Toruń.
- Gogołek, W., Pruchnik, P. (2021). Machine learning. Edukacja i korona wirus. W: D. Siemieniecka, K. Majewska (red.), *Teoretyczne i praktyczne aspekty pedagogiki medialnej*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Graf, C., <https://www.youtube.com/watch?v=Dr8nb2DEGtY>.
- Guest, D. (1991). Managers in Focus as the Skills Gap Closes: The Hunt Is on for the Renaissance Man of Computing, David Guests Reports. *The Independent* (London, England), wtorek, 17 wrzesień, s. 27.
- Hochberg, L. R., Bacher, D., Jarosiewicz, B., Masse N. Y., Simeral, J. D., Vogel, J. (2012). Reach and Grasp by People with Tetraplegia Using a Neurally Controlled Robotic Arm. Pobrano 22 września 2021 z: <http://europemc.org/article/MED/22596161>.
- Hussin, A. (2018). Education 4.0 Made Simple: Ideas For Teaching. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 6, 92–98, <https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.6n.3p.92>.
- Jakob Nielsen’s Alertbox, How Little Do Users Read?, <http://bit.ly/vdDmsa>.
- Janus, A. (2020). Refleksje z pierwszych dni i pierwszych wrażeń. W: J. J. Czarkowski, M. Malinowski, M. Strzelec, M. Tanaś (red.), *Zdalne kształcenie dorosłych w czasie pandemii* (s. 15–26). Warszawa: Wydawnictwo DiG.
- Jastrzębski, J. (2010). Edukacja medialna i media alternatywne. W: M. Sokołowski (red.), *Edukacja medialna. Nadzieje i rozczarowania*. Warszawa: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Janusza Korczaka.

- Jonassen, D. H., Carr C., Yueh, H. P. (1998). Computers as Mindtools for Engaging Learners in Critical Thinking. *TechTrends*, 43, 24–32, <https://doi.org/10.1007/BF02818172>.
- Juszczyk, S. (2006). Education in the Knowledge-based Society: Chosen Aspects. *The New Educational Review*, 3/4, 15–31.
- Juszczyk, S. (2011). Internet – współczesne medium komunikacji społecznej. Pobrano 22 września 2021 z: <http://www.ktime.up.krakow.pl/symp2011/referaty2011/juszczyk.pdf>.
- Kagermann, H. (2015). Change Through Digitization Value Creation in the Age of Industry 4.0. W: H. Albach, H. Meffert, A. Pinkwart, R. Reichwald (red.). *Management of Permanent Change* (s. 23–45). Wiesbaden: Springer Gabler, https://doi.org/10.1007/978-3-658-05014-6_2.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 Framework: A Systematic Literature Review Identifying the Current Trends and Future Perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>.
- Karwasz, G., Kruk, J. (2012). *Idee i realizacje dydaktyki interaktywnej. Wystawy, muzea i centra nauki*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Karwasz, G. (2020). *Toruński podręcznik do fizyki. 4: Fizyka współczesna i astrofizyka*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Koh, L., Orzes, G., Jia, F.(J). (2019). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): Technologies Disruption on Operations and Supply Chain Management. *International Journal of Operations & Production Management*, 39, 6/7/8, 817–828, <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2019-788>.
- Kolek, A., Czarkowski, J. (2020). Psychoandragogiczne uwarunkowania procesu nauczania-uczenia się dorosłych. W: J. J. Czarkowski, M. Malinowski, M. Strzelec, M. Tanaś (red.), *Zdalne kształcenie dorosłych w czasie pandemii* (s. 37–52). Warszawa: Wydawnictwo DiG.
- Kurs online jak rozpoznać DeepFake*. Pobrano 23 września 2021 z: <https://www.wirtualnemedia.pl/artykul/facebook-i-reuters-kurs-online-jak-rozpoznać-deepfake-co-to-jest-jak-walczyć>.
- Kwiatkowski, S. (red.) (2018). *Kompetencje przyszłości*. Warszawa: Wydawnictwo FRSE. Pobrano 23 września 2021 z: <https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/18342/3-kwiatkowski-kompetencje-przyszlosci.pdf?sequence=1>.
- Kwieciński, Z. (2016). Społeczeństwo wychowujące w zagrożeniu? Kryzys jako źródło nadziei. Zaproszenie do dyskusji. *Pedagogika Szkoły Wyższej*, 2, 7–8.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., Ramos, L. F. P. (2017). Past, Present and Future of Industry 4.0 – A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal. *In-*

- ternational Journal of Production Research*, 55(12), 3609–3629, <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>.
- Libin, A. V., Libin, V. (2004). Person-Robot Interactions from the Robopsychologists' Point of View: The Robotic Psychology and Robototherapy Approach. *IEEE*, 92/11, s. 1789–1803.
- McKinsey Global Institute (2018). *The Future of Work in Europe*. Pobrano 22 września 2021 z: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-organizations-and-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce>.
- Moid, S. (2020). Education 4.0: Future of Learning With Disruptive Technologies. W: S. Buckley (red.), *Promoting Inclusive Growth in the Fourth Industrial Revolution* (s. 181–200). IGI Global, <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4882-0.ch007>.
- Morbitzer, J. (2017). Edukacja w epoce sieci – między intelektem a rozumem. W: Ł. Badowski (red.), *Pokazać – przekazać*. Warszawa: Centrum Nauki Kopernik (s. 26–29). Pobrano 22 września 2021 z: https://www.kopernik.org.pl/sites/default/files/2021-02/PP_2017_Publikacja_PP.pdf.
- Morbitzer, J. (2020). Edukacja w epoce współczesnych kryzysów. *Studia Edukacyjne*, 56, 7–26.
- Morbitzer, J. (2021). Idiokracja jako współczesny problem społeczny i wyzwanie dla edukacji. W: D. Siemieniecka, K. Majewska (red.), *Teoretyczne i praktyczne aspekty pedagogiki medialnej*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Morrar, R., Arman, H., Mousa, S. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7, 12–20.
- Movellan, J. R., Eckhardt, M., Virnes, M., Rodriguez, A. (2009). Sociable Robot Improves Toddler Vocabulary Skills. *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (ACM)*, 307–308.
- Musk, E., Neuralink (2019). An Integrated Brain-Machine Interface Platform With Thousands of Channels. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e16194, <https://doi.org/10.2196/16194>.
- Musk, E. (2019). An Integrated Brain-Machine Interface Platform with Thousands of Channels. Pobrano 22 września 2021 z: <https://www.jmir.org/2019/10/e16194>.
- Nilsen, J., Tahir, M.(2006). *Funkcjonalność stron www. 50 witryn bez sekretów*. Gliwice: Helion.
- OECD (2017). *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*. Paris: OECD.
- Othman, N. A., Aydin, I. (2019). A Smart School by Using an Embedded Deep Learning Approach for Preventing Fake Attendance. *2019 International Artificial Intel-*

- ligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, 1–6, <https://doi.org/10.1109/IDAP.2019.8875883>.
- Oztemel, E., Gursev, S. (2018). Literature Review of Industry 4.0 and Related Technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(4), 1–56, <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>.
- Pereira, A. C., Romero, F. (2017). A Review of the Meanings and the Implications of the Industry 4.0 Concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>.
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 10(10), 3821, <https://doi.org/10.3390/su10103821>.
- Piechowska, M., Romanowska, S. (2020). Proces edukacji w cyfrowej przestrzeni według nauczycieli i rodziców uczniów w dobie pandemii COVID-19. *com.press*, 3(2), 24–37. Pobrano 22 września 2021 z: <https://compress.edu.pl/e-wydania/item/process-edukacji-w-cyfrowej-przestrzeni-wedlug-nauczycieli-i-rodzicow-uczniow-w-dobie-koronawirusa-covid-19>
- Pietrasinski, Z. (1996). Rozwój dorosłych. W: T. Wujek (red.), *Wprowadzenie do andragogiki*. Radom: Instytut Technologii Eksploatacji.
- Ptaszek, G. (2019). *Edukacja medialna 3.0. Krytyczne rozumienie mediów cyfrowych w dobie Big Data i algorytmizacji*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- PwC, Skills for Smart Industrial Specialisation and Digital Transformation. Interim Report (2018). Komisja Europejska. Pobrano 22 września 2021 z: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/21a549e7-05c8-11ea-8c1f-01aa75ed71a1>.
- Raport digital i mobile na świecie w 2020 roku. Pobrano 22 września 2021 z: <https://mobi-rank.pl/2020/01/31/raport-digital-i-mobile-na-swiecie-w-2020-roku/>.
- Reeves, B., Nass, C. (2003). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. Chicago: University of Chicago Press.
- Schwab, K. (2015). The Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum. Pobrano 22 września 2021 z: https://timreview.ca/sites/default/files/Issue_PDF/TIMReview_November2017.pdf#page=12.
- Sharlene, N. F., BioRxiv. (2019). Restored Tactile Sensation Improves Neuroprosthetic Arm Control? Pobrano 22 września 2021 z: <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2019/05/31/653428.full.pdf>.
- Siemieniecka, D. (2012). *Metoda projektów w budowie i realizacji systemu kształcenia studentów*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika & Wydawnictwo Adam Marszałek.
- Siemieniecka, D. (2020a). Narzędzia społecznościowe w nauczaniu: wskazania do praktyki edukacyjnej w sytuacji koronawirusa COVID-19 – raport z badań pilotażowych.

- W: J. J. Czarkowski, M. Malinowski, M. Strzelec, M. Tanaś (red.), *Zdalne kształcenie dorosłych w czasie pandemii* (s. 177–194). Warszawa: Wydawnictwo DiG.
- Siemieniecka, D. (2020b). Communicators in E-Learning – Recommendations for Teaching Practice at the Times of Coronavirus COVID-19 – Report from Pilot Research. *Edukacyjna Analiza Transakcyjna*, 9, 189–205, <http://dx.doi.org/10.16926/eat.2020.09.12>.
- Siemieniecka, D. (2021). Z jakimi materiałami do e-learningu pracuje Ci się najciekawiej? – czyli o źródłach informacji wykorzystywanych przez studentów w procesie uczenia się on i off-line w czasie pandemii COVID-19. W: D. Siemieniecka, K. Majewska (red.), *Teoretyczne i praktyczne aspekty pedagogiki medialnej*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Siemieniecka, D., Kwiatkowska, W., Majewska, K., Skibińska, M. (2017). The Potential of Interactive Media and Their Relevance in the Education Process. *International Journal of Psycho-Educational Sciences*, 6/3, 1–10.
- Siemieniecka, D., Kwiatkowska, W., Majewska, K., Skibińska, M. (2018). Interaktywne media w kształceniu. W: E. Baron-Polańczyk (red.), *ICT in Educational Design: Processes, Materials, Resources*, 12 (s. 63–75). Zielona Góra: Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego.
- Siemieniecka, D., Siemieniecki, B. (2019). *Teorie kształcenia w świecie cyfrowym*. Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Siemieniecka-Gogolin, D. (2005). *Postawa i zdolności twórcze nauczycieli a styl użytkownika elektronicznych mediów*. Toruń: Wydawnictwo Adam Marszałek.
- Siemieniecki, B. (2013). *Pedagogika kognitywistyczna. Studium teoretyczne*. Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Siemieniecki, B. (2008). *Pedagogika medialna*, t. 1, 2. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Smicklas, M. (2013). *Infografiki. Praktyczne zastosowanie w biznesie*. Gliwice: Helion.
- Śliwerski, B. (2021). Makropolityczne blokady i konstruktywistyczne ich zniesienie ze względu na turbocyfryzację szkolnej edukacji. W: D. Siemieniecka, K. Majewska (red.), *Teoretyczne i praktyczne aspekty pedagogiki medialnej*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Tanaś, M. (2020). Kształcenie komplementarne (po pandemii). W: J. J. Czarkowski, M. Malinowski, M. Strzelec, M. Tanaś (red.), *Zdalne kształcenie dorosłych w czasie pandemii* (s. 277–297). Warszawa: Wydawnictwo DiG.
- Tanaś, M., Galanciak, S. (red.) (2020a). *Otwarte zasoby edukacyjne w perspektywie pedagogicznej*. Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Tapscott, D. (2010). *Cyfrowa dorosłość. Jak pokolenie sieci zmienia nasz świat*. Warszawa: Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne.

- Wasyłuk, P., Kucner, A., Pacewicz, G. (2020). *Edukacja przyszłości. Raport*. Pobrano 22 września 2021 z: <http://www.uwm.edu.pl/trendy/gfx/raporty/EDUKACJA%20PRZYSZ%20C5%81O%20C5%9ACI%202020.pdf>.
- Williamson, B. (2017). *Big Data in Education. The Digital Future of Learning, Policy and Practice*. Los Angeles–London–New Delhi: Sage, <https://doi.org/10.1080/09620214.2019.1690546>.
- Xu, L. D., Xu, E. L., Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the Art and Future Trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962, <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>.

Dorota Siemieniecka – doktor habilitowana, prof. UMK, kierownik Katedry Dydaktyki i Mediów w INP WFiNS UMK. Członkini sekcji pedagogiki mediów PAN. Organizatorka cyklu międzynarodowych konferencji poświęconych twórczości i dydaktyce nowych mediów. Autorka książek nt. twórczych aspektów mediów. Współautorka książki *Teorie kształcenia w świecie cyfrowym* (Impuls, 2019, współaut. B. Siemieniecki).