

# 3

## Wykorzystanie sztucznej inteligencji na rzecz rozwoju miast i regionów

<https://doi.org/10.18559/978-83-8211-245-0/3>

### The use of artificial intelligence for the development of cities and regions

**Abstract:** The use of AI is becoming omnipresent, also for territorial development. In the cities and regions one can observe diverse use cases of its implementation ranging from waste management, education support, traffic management, to climate change challenges and many others. The aim of this study is to discuss the importance of solutions based on artificial intelligence for the development of cities and regions by outlining its importance using the perspective of current literature studies and discussing examples of specific solutions based on AI used in selected cities and regions in Europe. The study uses literature review and case study as main research methods.

The study shows the growing importance of AI technologies for urban and regional purposes from the theoretical and empirical perspective. One cannot therefore forget to take into account potential threats that appear especially with the growing interest devoted to generative AI.

**Keywords:** city, smart city, artificial intelligence, digital transformation.

#### Sugerowane cytowanie:

Czyżewska-Misztal, D. (2024). Wykorzystanie sztucznej inteligencji na rzecz rozwoju miast i regionów. W: J. Ca-  
bańska, D. Czyżewska-Misztal i G. Mazur (red.), *Droga do zrównoważonej gospodarki światowej* (s. 43–52).  
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. <https://doi.org/10.18559/978-83-8211-245-0/3>



Ta książka jest udostępniana na licencji Creative Commons – Uznanie autorstwa-Użycie nie-  
komercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe

## Wstęp

Żyjemy w epoce transformacji cyfrowej, obserwujemy na co dzień gwałtowny wzrost ilości danych zarówno w kontekście ich produkcji i wymiany, jak i w odniesieniu do szybkości ich transferu i dostępności, co jest spowodowane szerokim wykorzystaniem internetu, mediów społecznościowych czy platform cyfrowych. Ogół tendencji związanych ze zmianą paradygmatu produkcji, powszechnością cyfryzacji, stałą komunikacją między ludźmi i urządzeniami, a także urządzeniami między sobą nosi nazwę czwartej rewolucji przemysłowej. Jest ona także związana ze zwiększeniem ilości innowacji przełomowych, analityką dużych zbiorów danych, zaawansowaną robotyzacją i automatyzacją (Ratajczak i Woźniak-Jęchorek, 2020; Schwab, 2016). Do najważniejszych technologii wykorzystywanych w ramach czwartej rewolucji przemysłowej zaliczamy m.in. internet rzeczy (Internet of Things, IoT), blockchain, robotykę, druk 3D, nanomateriały, rozszerzoną rzeczywistość czy sztuczną inteligencję (AI) (Bachtrögler-Unger i in., 2023). Nie ma jednej powszechnie obowiązującej definicji AI. Grupa ekspertów wysokiego szczebla ds. AI (High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, AI HLEG) Komisji Europejskiej definiuje systemy AI jako

systemy oprogramowania (i ewentualnie sprzętu) zaprojektowane przez ludzi, które mając złożony cel, działają w wymiarze fizycznym lub cyfrowym, postrzegając swoje otoczenie przez pozyskiwanie danych, interpretowanie zebranych danych ustrukturyzowanych lub nieustrukturyzowanych, wnioskowanie na temat wiedzy lub przetwarzanie informacji uzyskanych na ich podstawie oraz podjęcie decyzji o najlepszych działaniach, jakie należy podjąć, aby osiągnąć dany cel (European Commission, 2019, s. 6).

Sztuczną inteligencję coraz częściej wykorzystuje się w różnych obszarach życia społeczno-gospodarczego. Stanowi ona podstawę planowania działań w przedsiębiorstwach produkcyjnych, ułatwia zarządzanie łańcuchem dostaw, a ponadto służy jako narzędzie dla menedżerów różnych szczebli. Również miasta i regiony stosują rozwiązania oparte na AI do usprawnienia zarządzania procesami (szerzej na ten temat w dalszej części rozdziału).

Celem niniejszego opracowania jest omówienie znaczenia rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji dla rozwoju miast i regionów przez nakreślenie jej znaczenia na podstawie studiów literaturowych oraz omówienie konkretnych rozwiązań, których podstawą jest AI, zastosowanych w wybranych miastach i regionach w Europie.

### 3.1. Sztuczna inteligencja w rozwoju regionów i miast – ujęcie teoretyczne

Transformacyjna rola sztucznej inteligencji jest omawiana z różnych punktów widzenia, jednak analizy uwzględniające perspektywę terytorialną są nadal nieliczne. W tym kontekście należy wspomnieć, że znaczenie sztucznej inteligencji dla rozwoju regionalnego wyjaśniano w literaturze w ostatnich latach najczęściej nie bezpośrednio, ale z szerszej perspektywy – w kontekście technologii ICT (*information and communication technologies*) (np. różnorodność aplikacji, urządzeń, sieci i usług, które umożliwiają ludziom interakcję ze sobą w życiu codziennym) lub czwartej rewolucji przemysłowej, czy też przemysłu 4.0. Od kilku lat obserwuje się wzrost liczby prac naukowych badających znaczenie sztucznej inteligencji na poziomie regionalnym czy miejskim (m.in. Cicerone i in., 2023; Lazeretti i in., 2023; OECD, 2021; World Bank, 2023; Xiao i Boschma, 2023).

Jak sugerują Xiao i Boschma (2023), z perspektywy regionalnej dyfuzja sztucznej inteligencji daje regionowi nowe możliwości poszerzenia swojego portfolio technologicznego i stworzenia nowych ścieżek wzrostu, co ma wpływ na zmiany strukturalne i zrównoważony rozwój regionu. Autorzy badań w dziedzinie ewolucyjnej geografii ekonomicznej podkreślają, że nowe technologie „mają większe szanse na pojawienie się w regionie, gdy są powiązane z istniejącymi wcześniej lokalnymi możliwościami” (Xiao i Boschma, 2023, s. 2). Co zaskakujące, niewiele uwagi poświęca się temu, jak na gospodarki regionalne wpływają technologie ogólnego przeznaczenia (*general purpose technologies*, GPT). GPT są uważane za ważne narzędzie strategii inteligentnych specjalizacji (*smart specialisation*), ponieważ sądzi się, że rozpowszechnianie GPT (a ICT są obecnie dominującym rodzajem GPT) sprzyja wykorzystaniu technologii cyfrowych, a w szczególności technologii AI. Autorzy twierdzą, że ICT oferują bazę wiedzy, która zapewnia regionom infrastrukturę i możliwości cyfrowe odpowiednie do identyfikacji i wykorzystywania możliwości AI. Co więcej, dyfuzja technologii ICT odblokowuje nowe potencjalne sposoby wykorzystania sztucznej inteligencji na poziomie regionalnym, a w konsekwencji – zwielokrotnia możliwości rekombinacji technologii regionalnych.

Lazeretti i in. (2023, s. 1309–1317) podkreślają z kolei, że wśród artykułów naukowych odnoszących się do wątku AI w naukach regionalnych opublikowano w latach 1986–2020 najwięcej prac związanych z tematem przemysłu 4.0, *smart city* oraz *big data*; w dalszej kolejności sztucznej inteligencji w szerszym ekonomicznym ujęciu oraz robotyzacji, internetu rzeczy i poszerzonej rzeczywistości. Prace odnoszące się do sztucznej inteligencji (łącznie 2 artykuły teoretyczne i 2 artykuły empiryczne) pokazują, w jaki sposób ten sektor tworzy się

w ujęciu regionalnym, jakie są jego cechy charakterystyczne oraz warunki rozwoju. Wskazują także na ryzyka, które należy podjąć na poziomie regionalnym, w tym badając AI jako zjawisko społeczne oddziałujące na wiele obszarów ludzkiego życia, np. ryzyka związane z pojawieniem się algorytmicznego społeczeństwa (Lazzeretti, 2020).

Wykorzystanie sztucznej inteligencji w kontekście miasta jest często związane z koncepcją inteligentnego miasta (*smart city*)<sup>1</sup>, która wyrosła na kanwie czwartej rewolucji przemysłowej (Augustyn, 2020; Kozak, 2022). Powszechnie akceptowana definicja odnosi się do zintegrowanego zestawu inicjatyw wykorzystujących technologie ICT w różnych obszarach: w celu poprawy wydajności operacyjnej, dzielenia się informacjami z opinią publiczną i świadczenia lepszej jakości usług dla obywateli w celu podniesienia standardów ich życia, dla inteligentniejszych sieci transportu miejskiego. Wśród najczęściej wymienianych technologii ICT wykorzystywanych w inteligentnych miastach można wymienić: internet rzeczy, uczenie maszynowe, sztuczną inteligencję, przetwarzanie w chmurze, analizę danych z wykorzystaniem *big data* (Al Nuaimi i in., 2015). *Smart cities* są różne pod względem wielkości: od dużych miast, będących często stolicami, po miasta średnie i małe (Sulis i in., 2022). Połączenie sztucznej inteligencji z innymi technologiami ICT umożliwia rozwój inteligentnych miast (Pellegrin i in., 2021, s. 21), który winien iść w parze z uwzględnieniem potrzeb i możliwości adaptacyjnych do nowych technologii ich mieszkańców (Sulis i in., 2022). Kraje na całym świecie tworzą programy mające na celu wdrożenie tej koncepcji w praktyce. To samo podejście dotyczy światowych liderów technologii AI: Chin i USA. Inteligentne miasta są częścią długoterminowego wzorca chińskich programów rządowych, zmierzającego do cyfryzacji miast w Chinach w celu zwiększenia ich potęgi. Takie odgórne podejście współgra z regionalnymi wzorcami rozwoju. Chińskie władze wykorzystują technologie ICT do automatyzacji gromadzenia informacji i masowego nadzoru obywateli (np. w inteligentnych miastach). Rząd Stanów Zjednoczonych przyjął podejście oddolne, odgrywając raczej rolę zwołującą niż wiodącą, koncentrując się na bezpieczeństwie i prywatności jako zasadach projektowania pierwszego rzędu. W odniesieniu do rozwoju sztucznej inteligencji dowody sugerują, że chiński sprzęt jest na tym samym poziomie co produkty amerykańskie, podczas gdy chińskie oprogramowanie pozostaje w tyle za produktami amerykańskimi (Atha i in., 2020).

Wykorzystanie sztucznej inteligencji oraz innych technologii ICT w zarządzaniu miastem i regionem daje rosnące możliwości, ale wiąże się także z nowymi wyzwaniami, które trzeba podjąć. Niewątpliwie na początku należy wspomnieć o zwiększonym zapotrzebowaniu na energię elektryczną. Jak podaje Kozak (2022,

---

<sup>1</sup> Inne pojęcia ściśle powiązane z tym terminem to: miasto cyfrowe, miasto inteligentne, miasto oparte na wiedzy, miasto uczące się (Szczech-Pietkiewicz, 2015). Przegląd definicji *smart city* przedstawia w swej pracy Kozak (2022, s. 100–102).

s. 110), cytując dane International Energy Agency, globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną wzrosło w 2021 roku o 4,6%. W tym procesie dominującą rolę odgrywają miasta, które są odpowiedzialne za konsumpcję ok. 78% energii elektrycznej produkowanej na świecie i zajmują ok. 2% powierzchni planety. Zwiększona konsumpcja energii winna zatem stanowić przedmiot rozważań władz miejskich i regionalnych, aby podejmować działania optymalizujące jej zużycie, głównie w kontekście jednoczesnych działań w obszarze zrównoważonego rozwoju miast i regionów (takich jak efektywność energetyczna, zeroemisyjna mobilność, recykling odpadów, termomodernizacja budynków, wymiana systemów grzewczych). Wśród innych zagrożeń wymienić należy m.in. potencjalny wzrost cyberprzestępczości czy system zaufania społecznego (*social credit system*) stosowany przez Chińską Republikę Ludową (Backer, 2019).

### 3.2. Przykłady zastosowania rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji

Terytorialny wymiar AI można rozpatrywać na kilku poziomach. Władze miejskie i regionalne mogą wykorzystywać narzędzia, aplikacje, algorytmy oparte na AI do gromadzenia, interpretacji i analizy danych w celu wsparcia planowania przestrzennego, zarządzania nieruchomościami, zarządzania ruchem, ochrony środowiska, edukacji, usług opieki zdrowotnej na poziomie miejskim lub regionalnym (różnorodność tych zastosowań obrazuje tabela 3.1). Mogą także wspierać wykorzystanie AI przez innych interesariuszy regionalnych, takich jak małe i średnie przedsiębiorstwa (MSP), duże firmy, uniwersytety, start-upy. Ten drugi poziom może być wdrażany za pomocą różnych polityk regionalnych, krajowych lub europejskich (polityka regionalna, polityka zdrowia publicznego, polityka przedsiębiorczości, polityka ochrony środowiska). Niniejsze opracowanie dotyczyć będzie pierwszego ze wskazanych podejść.

Technologie AI mogą być stosowane przez różne typy podmiotów w mieście czy innej jednostce samorządu terytorialnego: władze regionalne, podmioty świadczące usługi miejskie, rady miejskie i inne zainteresowane strony zaangażowane w planowanie przestrzenne, zarządzanie usługami publicznymi itp. Lista potencjalnych zastosowań AI w tych organizacjach jest coraz dłuższa w miarę definiowania jej nowych sposobów wykorzystania. Tabela 3.1 daje obszerny przegląd wielu zastosowań technologii AI.

Jak wspomniano, systemy sztucznej inteligencji są coraz powszechniej wykorzystywane przez miasta, powiaty czy regiony w Polsce i innych częściach Europy. Jakie przykłady rozwiązań opartych na AI zostały wprowadzone w życie?

**Tabela 3.1. Obszary zastosowania sztucznej inteligencji w ujęciu terytorialnym**

Obszar	Przykłady zastosowania sztucznej inteligencji
Planowanie przestrzenne	Narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji inwestycyjnych (wizualizacja oddziaływań) Pomoc w znalezieniu lokalizacji dla obiektu miejskiego czy działalności gospodarczej Wykrywanie uszkodzonych obiektów małej architektury
Zarządzanie ryzykiem, bezpieczeństwo	Automatyczny monitoring mieszkańców Rozpoznawanie gwałtownych gestów lub wtargnięcia na teren obiektu Analiza predykcyjna ryzykownych zachowań Poprawa cyberbezpieczeństwa
Rozwój terytorialny	Identyfikacja i monitorowanie zmian na danym terytorium Studia wpływu lokalizacji obiektu handlowego, mieszkaniowej, nowej infrastruktury
Mieszkalnictwo i nieruchomości	Identyfikacja budynków mieszkalnych do renowacji za pomocą zdjęć satelitarnych Zarządzanie projektami renowacyjnymi
Ochrona środowiska	Optymalizacja zarządzania energią Optymalizacja wykorzystania lamp ulicznych, pojemników na odpady Zarządzanie terenami zielonymi Wykrywanie nielegalnych składowisk odpadów
Służba zdrowia	Pomoc w priorytetyzacji pacjentów Wsparcie dla personelu medycznego Wykrywanie momentów podatności na zakażenie Leczenie przypadków i przepływów zakażeń Lokalizowanie osób z chorobami psychicznymi zagubionych na ulicy
Rolnictwo	Mapowanie pokrycia terenu Kontrola płatności niektórych rodzajów pomocy Zarządzanie epidemiami Pomoc w tworzeniu i kontroli dokumentów
System opieki społecznej	Pomoc w integracji społecznej
Transport publiczny	Wykrywanie incydentów na drogach i redukcja liczby wypadków Optymalizacja ruchu drogowego i parkowania Optymalizacja usług mobilności
Relacje z obywatelami, efektywność administracji publicznej	Wirtualni asystenci ( <i>chatboty</i> ) Automatyczne przetwarzanie żądań Optymalizacja i automatyzacja zadań <i>back office</i> Tłumaczenie maszynowe Ewaluacja polityk publicznych
Edukacja, uczenie się, badania naukowe	Kursy w zakresie sztucznej inteligencji Optymalizacja poradnictwa zawodowego Zapobieganie przedwczesnemu kończeniu nauki Pomoc dla nauczycieli
Kultura, czas wolny, sport, turystyka	Optymalizacja wykorzystania infrastruktury

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Comment les collectivités..., 2022).

Koncepcja ekologicznego *smart city* została zastosowana w aglomeracji Angers Loire Metropolis w północno-zachodniej części Francji na podstawie projektu z 2019 roku, w którym grupa regionalnych przedsiębiorstw z branży energetycznej otrzymała wsparcie finansowe w wysokości 178 mln euro na 12 lat. W ramach

programu zainstalowano czujniki i sondy pozwalające regulować poziom nawodnienia gruntów. Ponadto 8% z zaplanowanych 600 miejsc parkingowych wyposażono w czujniki pozwalające na określenie godzin i dni tygodnia zajętości miejsc parkingowych. W oświetleniu miejskim zainstalowano także system czujników mających zbierać dane o miejscach, które powinny być oświetlone ze względu na częstą frekwencję mieszkańców (Angers Loire Metropole, 2023).

W departamencie Haute-Garonne na południu Francji rozwiązania oparte na AI są wykorzystywane do monitorowania stanu nawierzchni dróg. Za pomocą oprogramowania w smartfonach kierowców poruszających się po tamtejszych drogach zbiera się informacje, które następnie służą do oceny stanu zużycia nawierzchni. W tym departamencie natężenie ruchu rośnie corocznie o 4–6%, co oznacza wydatek rzędu 15 mln euro rocznie na utrzymanie dróg. Dzięki zastosowaniu wspomnianych rozwiązań drogi zostały skategoryzowane w trzech grupach: 1) drogi w dobrym stanie (4392 km), 2) drogi w średnim stanie (954 km) i 3) drogi o złym stanie nawierzchni, wymagające naprawy (277 km) (Tazrout, 2021). Przyniosło to rezultat w postaci zaoszczędzenia środków z budżetu departamentu i naprawy tych odcinków dróg, które faktycznie wymagały naprawy. Wcześniej nawierzchnia wszystkich dróg w departamencie była wymieniana co 12–15 lat.

Algorytmy sztucznej inteligencji zostały także wykorzystane w Warszawie w celu inwentaryzacji budynków, których dachy były pokryte azbestem. Wymiana pokryć dachowych z materiałów cementowo-azbestowych to jedno z ważniejszych wyzwań środowiskowych w kontekście realizacji Europejskiego Zielonego Ładu, również ze względu na ich silne właściwości rakotwórcze, a właściciele i zarządcy nieruchomości muszą usunąć je do końca 2032 roku. W stolicy algorytmy zidentyfikowały w sumie 4020 budynków, których dachy zawierają azbest. Ich łączna powierzchnia to 490 tys. m<sup>2</sup>; 1/3 tych budynków to budynki mieszkalne (UM Warszawa, 2022).

W dziewięciu departamentach we Francji, w tym w departamencie Bouches-du-Rhône, algorytmy AI zostały wykorzystane w celu wykrycia osób uchylających się od płacenia podatku od nieruchomości (dla właścicieli basenów i oczek wodnych o powierzchni powyżej 10 m<sup>2</sup> ten podatek jest we Francji obowiązkowy). Od września 2021 roku organy podatkowe wykryły ponad 12 000 basenów czy oczek wodnych, od których ich właściciele nie uiścili podatku od nieruchomości. W samym departamencie Bouches-du-Rhône wynik kontroli okazał się porażający: mieszkańcy zadeklarowali 97 667 basenów lub oczek wodnych, a sztuczna inteligencja wykryła ich 7244, co stało się przedmiotem wezwania podatkowego i oznacza odsetek oszustów na poziomie 7,4% (Capderon, 2023).

Wymienione przykłady to jedynie niewielki odsetek zastosowań AI oraz innych technologii ICT do zarządzania miastem czy inną jednostką samorządu terytorialnego.

## Podsumowanie

W ostatnich dziesięcioleciach prace nad rozwojem sztucznej inteligencji nabrały tempa i obecnie leży ono na krzywej podwójnie wykładniczej. Przewiduje się, że jeśli tempo rozwoju sztucznej inteligencji zostanie utrzymane w najbliższych latach, algorytmy będą w stanie przewyższać ludzi pod względem logicznego myślenia w perspektywie dziesięciolecia. Jesteśmy także świadkami coraz szerszego wykorzystywania systemów AI do zarządzania procesami miejskimi i regionalnymi, w tym w ramach koncepcji *smart city*. W rozdziale zaprezentowano znaczenie AI dla rozwoju miast i regionów w ujęciu teoretycznym, a także zarysowano możliwości wykorzystania tych rozwiązań w konkretnych obszarach w mieście czy regionie. Ponadto przedstawiono przykłady działań w tym obszarze w wybranych departamentach i miastach we Francji i w Polsce. Kolejne miasta i regiony, korzystając z doświadczeń pionierów w tym obszarze, pozyskują środki na implementację rozwiązań opartych na technologiach ICT, w tym na algorytmach sztucznej inteligencji. Obserwuje się także coraz większe zaangażowanie mieszkańców w wykorzystanie tych technologii, a w konsekwencji we współpracę z interesariuszami na szczeblu regionalnym i miejskim (Khoualène, 2023; Kozak, 2022). Ten trend będzie z pewnością wznoszący. Staniemy się świadkami coraz szerszej aplikacji rozwiązań opartych na AI do polityki miejskiej czy regionalnej. Nie można jednak zapominać, że rozliczne możliwości zastosowania AI rodzą także zagrożenia związane z jej niewłaściwym, szkodliwym wykorzystaniem, które wydają się coraz bardziej realne, zwłaszcza w perspektywie szybkiego rozwoju rozwiązań opartych na generatywnej AI.

## Bibliografia

- Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N. i Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(25). <https://doi.org/10.1186/s13174-015-0041-5>
- Angers Loire Metropole. (2023, 7 grudnia). *Territoire intelligent*. <https://www.angersloire-metropole.fr/un-territoire-en-mouvement/territoire-intelligent/index.html>
- Atha, K., Callahan, J., Chen, J., Drun, J., Francis, E., Green, K., Lafferty, B., McReynolds, J., Mulvenon, J., Rosen, B. i Walz, E. (2020). *China's smart cities development*. Research report prepared on behalf of the U.S.-China Economic and Security Review Commission. <https://www.uscc.gov/research/chinas-smart-cities-development>
- Augustyn, A. (2020). *Zrównoważony rozwój miast w świetle idei smart city*. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku.



- Bachtrögler-Unger, J., Balland, P. A., Boschma, R. i Schwab, T. (2023). *Technological capabilities and the twin transition in Europe: Opportunities for regional collaboration and economic cohesion*. WIFO studies.
- Backer, L. C. (2019). China's social credit system: Data-driven governance for a 'New Era.' *Current History*, 118(809), 209–214. <https://www.jstor.org/stable/48614454>
- Capderon, R. (2023, 20 marca). Le fisc épingle 7 224 piscines non déclarées dans les Bouches-du-Rhône grâce à l'intelligence artificielle. *La Province*. <https://www.laprovence.com/article/region/34811653040683/bouches-du-rhone-le-fisc-epingle-7-224-piscines-non-declarees>
- Cicerone, G., Faggian, A., Montresor, S. i Rentocchini, F. (2023). Regional artificial intelligence and the geography of environmental technologies: does local AI knowledge help regional green-tech specialization? *Regional Studies*, 57(2), 330–343. <https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2092610>
- Comment les collectivités territoriales adoptent-elles l'IA? (2022). *ActuaIA. Le magazine de l'intelligence artificielle*, 8, 20–27.
- European Commission. (2019). *A definition of AI: main capabilities and scientific disciplines*. High-level expert group on artificial intelligence.
- Khoulalène, S. (2023). *Une majorité des citoyens sondés a déjà utilisé une application liée au concept de smart city*. <https://www.getapp.fr/blog/4187/application-smart-city-enjeux-technologiques-pme>
- Kozak, A. (2022). *Wybrane obszary funkcjonowania miast w nowych realiach społeczno-gospodarczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Lazzeretti, L. (2020). What is the role of culture facing the digital revolution challenge? Some reflections for a research agenda. *European Planning Studies*, 30(9), 1617–1637. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1836133>
- Lazzeretti, L., Innocenti, N., Nannelli, M. i Oliva, S. (2023). The emergence of artificial intelligence in the regional sciences: a literature review. *European Planning Studies*, 31(7), 1304–1324. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2101880>
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). (2021). *Measuring smart city performance in COVID-19 times: Lessons from Korea and OECD countries*. Proceedings from the 2nd OECD roundtable on smart cities and inclusive growth, OECD Regional Development Papers.
- Pellegrin, J., Colnot, L. i Delponte, L. (2021). *Research for REGI Committee – Artificial intelligence and urban development*. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies.
- Ratajczak, M. i Woźniak-Jęchorek, B. (2020). Rewolucje przemysłowe i ich wpływ na rozwój ekonomii. *Studia BAS*, 3(63), 25–41. <https://doi.org/10.31268/StudiaBAS.2020.20>
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Sulis, P., Vandecasteele, I., Halmos, A., Ni Earcain, N., Maistrali, A., Aurambout, J. i Lavallo, C. (2022). *Cities fit for the digital age*. European Commission (JRC128724).
- Szczech-Pietkiewicz, E. (2015). Smart city – próba definicji i pomiaru. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 391, 71–82.
- Tazrout, Z. (2021). *Depuis un an, la Haute-Garonne exploite l'intelligence artificielle pour entretenir ses routes départementales*. <https://www.actuaia.com/actualite/depuis-un-an-la-haute-garonne-exploite-lintelligence-artificielle-pour-entretenir-ses-routes-departementales/>

- UM Warszawa. (2022). *Sztuczna inteligencja policzyła dachy z azbestem*. <https://um.warszawa.pl/-/sztuczna-inteligencja-policzyła-dachy-z-azbestem>
- World Bank. (2023). *The leaders of the twin transition in Asia: Mapping capabilities through digital and green patents*. <http://hdl.handle.net/10986/40222>
- Xiao, J. i Boschma, R. (2023). The emergence of artificial intelligence in European regions: the role of a local ICT base. *Annals in Regional Science*, 71(7), 747–773. <https://doi.org/10.1007/s00168-022-01181-3>