

Damian Kociemba *  <https://orcid.org/0000-0002-6604-858X>

Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji w tworzeniu pojazdów autonomicznych

Artykuł poświęcony został zagadnieniom sztucznej inteligencji i wchodzących w jej zakres sztucznych sieci neuronowych uprzednio scharakteryzowanych, które zostały wykorzystane w tworzeniu pojazdów autonomicznych. Autor skupia się na historycznym aspekcie, począwszy od osiągnięć człowieka w naukach humanistycznych, czego przykładem mogą być historie pochodzące z mitologii starożytnej Greków, poprzez osiągnięcia techniczne, wśród których można wymienić projekty mechanicznych ramion (manipulatorów). W dalszej części artykułu autor omawia prawny aspekt sztucznej inteligencji, posilując się rozporządzeniami Parlamentu Europejskiego, komunikatami Komisji do Parlamentu Europejskiego, rezolucjami Parlamentu Europejskiego, a także nowelizacjami ustaw stworzonych przez polskiego ustawodawcę. Zaprezentowane zostały poziomy autonomizacji pojazdów, jej definicja, jak również korzyści wynikające z wykluczenia człowieka z prowadzenia samochodów w przyszłości.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, autonomiczne pojazdy, prawo

„Boję się nie tyle sztucznej inteligencji, ile naturalnej głupoty”

Joël de Rosnay

Wprowadzenie

Wraz ze wzrostem wykonywanej pracy przewozowej dóbr rzeczowych oraz pasażerów przez różne gałęzie transportu, a w szczególności przez pojazdy drogowe, nie tylko w Polsce, ale i na świecie, zaszła konieczność unowocześniania samocho-

* Damian Kociemba – student kierunku transport na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu w Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi.

dów. Modernizacje te integralnie połączone i częściowo uzależnione od rozwoju technologicznego mają na celu zwiększenie komfortu, a co za tym idzie również i bezpieczeństwa dla użytkowników dróg. Przykładowym współczesnieniem jest wykorzystanie metod sztucznej inteligencji (oznaczanej skrótem SI, z ang. *AI – artificial intelligence*). Sztuczna inteligencja definiowana jest często niejednoznacznie i w różnym stopniu szczegółowości. Pierwszy raz to wyrażenie zostało zaproponowane i zdefiniowane przez Johna McCarthy'ego (1927–2011) jako „Nauka i inżynieria tworzenia inteligentnych maszyn” (ang. „the science and engineering of making intelligent machines”, Peart, 2017). Od tego czasu pojawiło się wiele różnych definicji. Następną została stworzona przez Włodzisława Duchą (1956): „Sztuczna Inteligencja to dziedzina nauki, zajmująca się rozwiązywaniem problemów efektywnie niealgorytmizowalnych, w oparciu o symboliczną reprezentację wiedzy”. Celem niniejszego artykułu jest wyjaśnienie wybranych pojęć sztucznej inteligencji, jej historii, przykładowych implementacji w pojazdach autonomicznych oraz poruszenie problematyki aspektu prawnego SI oraz pojazdów autonomicznych w ustawodawstwie na poziomie krajowym oraz europejskim.

Definicja i historia sztucznej inteligencji

Posiłkując się Słownikiem języka polskiego warto najpierw wyjaśnić dwa pojęcia: *sztuczny* i *inteligencja*. *Sztuczny* oznacza „[...] stworzony przez człowieka w celu zastąpienia naturalnego odpowiednika” (zob. Słownik języka polskiego PWN). *Inteligencja* zgodnie z definicją jest to „zdolność rozumienia, uczenia się oraz wykorzystywania posiadanej wiedzy i umiejętności w sytuacjach nowych” (zob. *Słownik języka polskiego PWN*).

Sztuczna inteligencja jest stosunkowo młodą dziedziną informatyki, która swoim zakresem obejmuje: algorytmy ewolucyjne, logikę rozmytą, metody probabilistyczne, sieci neuronowe, zbiory przybliżone, zmienne niepewne (Józwiak, Świdorski, 2017: 2, 98). Zajmuje się konstruowaniem algorytmów oraz maszyn posiadających zdolność adaptacji do zmiennych warunków, dedukcji służącej wyborowi optymalnej decyzji, uczenia się, a nawet myślenia abstrakcyjnego. Skupia się więc na tworzeniu narzędzi posiadających znamiona inteligencji. Fascynacja człowieka tematem stworzenia całkowicie niezależnego życia posiadającego własny umysł wbrew pozorom nie pochodzi wyłącznie z lat pięćdziesiątych XX wieku, a swoje źródła ma już w historii starożytnej, kiedy w mitologii greckiej funkcjonował mit o królu Cypru imieniem Pigmalion, który za żonę wziął ożywiony przez Afrodytę wyrzeźbiony w kości słoniowej posąg kobiety o imieniu Galatea (co można przetłumaczyć jako *mlecznobiała*). Kolejna opowieść dotyczy greckiego boga ognia i kowali Hefajstosa, który według wierzeń stworzył mechanicznych podwładnych wspomagających jego codzienną pracę. W V wieku p.n.e. Arystoteles (384–322 p.n.e.) stworzył pojęcie logiki sylogistycznej, będące jednocześnie pierwszym systemem rozumowa-

nia dedukcyjnego (Buchanan, 2005: 3–5). Ów sylogizm oznacza logiczny wniosek płynący z przesłanek zawierających tę samą definicję, który złączony został w jedno twierdzenie (zob. *Sylogizm*, w: *Słownik języka polskiego PWN*). W 1818 roku Mary Shelley (1797–1851) opublikowała dzieło literackie pod tytułem *Frankenstein*. Jest to opowieść o żywej istocie będącej połączeniem różnych części ciała pochodzących od zmarłych. Czeski pisarz Karel Čapek (1890–1938) po raz pierwszy używa w 1923 roku i popularyzuje za pomocą swojej sztuki o nazwie *R.U.R. (Roboty Uniwersalne Rossuma)* słowo *robot*. W 1945 roku Vannevar Busha (1890–1974) publikuje esej pod tytułem *As We May Think* w treści umieszcza swoje postulaty o podjęcie wysiłków prowadzących do stworzenia komputerów asystujących człowiekowi w wielu codziennych aktywnościach (Buchanan, 2005: 11).

Działania człowieka w dziedzinach humanistycznych przeplatały się z osiągnięciami technicznymi, do których możemy zaliczyć projekt humanoidalnego (przypominającego kształtem ludzką sylwetkę) robota Leonarda da Vinci (1452–1519). Potrafił on wykonywać kilka prostych ruchów, między innymi poruszanie rękoma, szczęką, głową oraz siadanie. Blaise Pascal (1623–1662) zaprojektował i skonstruował w 1645 roku maszynę liczącą umożliwiającą wykonywanie prostych działań, takich jak dodawanie i odejmowanie sześciocyfrowych i ośmiocyfrowych liczb. W późniejszym okresie została nazwana na jego cześć Pascaliną. Do 2019 roku przetrwało osiem egzemplarzy. W 1822 roku wynalazca o imieniu Charles Babbage (1791–1871), zirytowany dużą liczbą błędów występujących w tablicach astronomicznych wykorzystywanych przez astronomów, bankierów, marynarzy, rachmistrzów, rozpoczął prace nad skonstruowaniem maszyny różnicowej, która w swojej pracy wykorzystywała metodę różnic skończonych. Prototypowa wersja o pojemności sześciu cyfr upubliczniona została w 1822 roku. Rok później uzyskał on rządowe wsparcie na budowę, która według jego szacunków powinna była zająć maksymalnie trzy lata. Dalsze prace nad projektem zostały wstrzymane w 1833 roku, a więc 11 lat po zaprezentowaniu pomysłu. Przyczyną takiego stanu były narastające konflikty z głównym konstruktorem Josephem Clementem (1779–1844), które dotyczyły w głównej mierze braku rozwiązań technologicznych mogących sprostać wizji pomysłodawcy. Kolejnym aspektem była niewystarczająca ilość finansów. W 1842 roku rząd zrezygnował z projektu, co skutkowało złożeniem go wraz z całą dokumentacją techniczną w budynkach King's College w Londynie. Dopiero osiągnięcia techniki, do których dochodziło w XX wieku, pozwoliły na ukończenie jego pomysłu. Pomimo poniesionej porażki wkrótce ogłosił rozpoczęcie prac nad projektem bardziej zaawansowanej maszyny analitycznej, której koncepcja została upubliczniona w 1837 roku. Projektowi temu poświęcił resztę swojego życia, nigdy go nie dokańczając (*Historia informatyki*: 1–6; Buchanan, 2005: 8–10).

Po drugiej wojnie światowej Alan Turing (1912–1954) w 1950 roku opublikował w czasopiśmie „Mind” artykuł pod tytułem *Machinery and Intelligence*. Jego tematyka dotyczyła propozycji gry, podczas której można określić zdolność i biegłość

poprawnego posługiwania się przez maszynę językiem naturalnym, czyli stosowanym podczas komunikacji interpersonalnej. Test polega na prawidłowym określeniu przez człowieka pełniącego rolę sędziego, czy prowadzi konwersację z maszyną lub też z innym człowiekiem. Jeżeli nie jest w stanie bezspornie wskazać odpowiedzi, czy rozmowa odbyła się z jednym z dwóch uczestników, oznacza to, że maszyna przeszła test pozytywnie (Łupkowski, 2010: 5–8). Podczas festiwalu Technical Fest w 2011 roku w Indiach łącznie 59,3% ankietowanych z 1300 osób stwierdziło, że rozmawia z człowiekiem, podczas gdy de facto rozmawiali z botem o nazwie Cleverbot. Dla porównania współczynnik poprawnych odpowiedzi w przypadku rozmów pomiędzy ludźmi wyniósł podczas tego badania 63,3% (Burda, 2019).

Wspomniany we wstępie twórca pojęcia SI John McCarthy (1927–2011) publikuje w 1958 roku język programowania o nazwie Lisp. Jest on matematyczną notacją (umownym sposobem zapisu) dla programów komputerowych. Szybko zdobywa popularność i pozostaje przez ponad 30 lat najpopularniejszym programem w obszarze badań i rozwoju sztucznej inteligencji (Sowiński, Walkowicz, 2009: 7). Amerykański wynalazca George Devol (1912–2011) tworzy w 1954 roku pierwszego robota przemysłowego – mechaniczne ramię (manipulator robotyczny) o nazwie Unimate. W 1961 roku pierwszy robot rozpoczyna pracę na linii montażowej General Motors, wykonując spawy punktowe w karoserii. Niedługo po tych doniesieniach świat motoryzacji skupia się na wdrażaniu podobnych rozwiązań w swoich przedsiębiorstwach. Rok później wraz z Josephem Engelbergiem (1925–2015) zakładają pierwszą firmę o nazwie Unimation. Do głównych celów nowo powołanego przedsiębiorstwa należał rozwój oraz wdrażanie rozwiązań robotyki. Podstawowym zamierzeniem twórców była produkcja urządzeń przystosowanych do pracy w warunkach uciążliwych i szkodliwych dla zdrowia ludzkiego (Norman, 2019). Gordon Moore (1929) będący współzałożycielem firmy Intel, formułuje „prawo Moore’a”. Dotyczy ono sukcesywnego podwajania się gęstości tranzystorów na centymetr kwadratowy w procesorach co dwa lata (Chustecki, 2018).

Szybko postępujący rozwój sztucznej inteligencji powoduje zdające się nie mieć końca sporne dyskusje na temat jej końcowego kształtu i posiadanych uprawnień. Parlament Europejski (PE) wraz z Europejskim Komitetem Ekonomiczno-Społecznym (EKES) w rezolucji z dnia 16 lutego 2017 roku (2015/2103(INL)) zawierającej zalecenia dla Komisji w sprawie przepisów prawa cywilnego dotyczących robotyki wyraża chęć zdefiniowania pojęcia SI w sposób umożliwiający jej dalszy rozwój, wyznaczając tym samym ramy dla jej twórców, w jakich będą mogli się poruszać, jednocześnie swoimi działaniami nie wyrządzając szkód dla ludzkości. Definicja ta zdaniem PE oraz EKES powinna zawierać unormowanie takich obszarów, jak: możliwość zdobywania autonomii poprzez interakcję (a tym samym wymianę i analizę danych) ze środowiskiem zewnętrznym, konieczność dostosowywania swojego zachowania do otoczenia, w którym aktualnie się znajduje, nadanie jej „minimalnej formy fizycznej” (w wielu systemach prawnych świata istnieje definicja osoby fi-

zycznej¹), niemożność posiadania funkcji życiowych w sensie biologicznym. Aktualnie na próżno szukać aktów prawnych, które w sposób ostateczny i jednoznaczny mogłyby unormować sytuację prawną SI we wszystkich krajach Unii Europejskiej. Pomimo to w rozporządzeniu o ochronie danych osobowych (RODO), konkretnie w art. 22 ust. 1 Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), który brzmi następująco: „Osoba, której dane dotyczą, ma prawo do tego, by nie podlegać decyzji, która opiera się wyłącznie na zautomatyzowanym przetwarzaniu, w tym profilowaniu, i wywołuje wobec tej osoby skutki prawne lub w podobny sposób istotnie na nią wpływa” przewidziane zostało prawo wniesienia sprzeciwu w celu ograniczenia przetwarzania danych osobowych przez sztuczną inteligencję. Tym samym obywatele Unii Europejskiej zyskali możliwość egzekwowania ingerencji ludzkiej w rozpatrywaniu danego przypadku, z jakim zwracamy się do jakiegokolwiek instytucji.

Podział sztucznej inteligencji

W literaturze poświęconej zagadnieniom sztucznej inteligencji można znaleźć informacje o jej podziale na dwa kierunki, takie jak (Różanowski, 2007: 3–4, 111–112):

1. Silna sztuczna inteligencja (ang. *strong AI, full AI, Artificial General Intelligence*, oznaczana jest skrótem *AGI*), która odnosi się do twierdzenia, że możliwe jest stworzenie maszyn wykonujących zadania na tyle umiejętnie, że procesy myślowe towarzyszące temu procesowi są porównywalne do tych występujących w ludzkim mózgu. A więc urządzenia są w posiadaniu między innymi świadomości, możliwości tworzenia wzorców mogących posłużyć do

¹ Osoba fizyczna – zagadnienie występujące w prawie cywilnym oznaczające człowieka. Wprawdzie polski kodeks cywilny nie definiuje pojęcia osoby fizycznej, jednakże w art. 8 § 1 wskazuje, że „każdy człowiek od chwili urodzenia ma zdolność prawną”. Zdolność ta potwierdzona zostaje przez kierownika urzędu stanu cywilnego sporządzeniem aktu urodzenia i trwa aż do momentu śmierci, która może zostać potwierdzona za pomocą: aktu zgonu – dokumentu sporządzonego przez kierownika USC na podstawie karty zgonu wystawionej przez lekarza; sądowego stwierdzenia zgonu – w przypadku gdy śmierć danej osoby jest niewątpliwa, ale nie jest możliwe wystawienie przez lekarza karty zgonu z powodu braku zwłok (np. nieszczęśliwy wypadek i możliwość jego potwierdzenia przez obecnych świadków); orzeczenia o uznaniu za zmarłego – następującego po 10 latach od końca roku kalendarzowego, w którym według informacji dana osoba jeszcze żyła, jednakże w przypadku ukończenia 70 lat w chwili uznania za zmarłego okres ten może zostać skrócony do 5 lat. Natomiast zdolnością prawną jest inaczej możliwość do bycia podmiotem, a więc posiadaczem praw i obowiązków wynikających z prawa cywilnego, co przykładowo może oznaczać: bycie dzierżawcą, właścicielem czy też spadkobiercą (art. 29 § 1 i art. 30 § 1 Ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny; Wiatrowski (b.r.): 1–2). Obecnie kwestią budzącą największe kontrowersje jest możliwość posiadania podobnych praw przez robota.

rozwiązywania problemów itp. W celu dokładniejszego poznania ludzkiego umysłu i implementacji zaobserwowanych działań wykorzystuje się dwie zasadnicze metody badań ludzkiego umysłu:

- a) bottom-up – zastosowanie metod właściwych dla inżynierii wstecznej, które najlepiej można zobrazować powiedzeniem „od szczegółu do ogółu”, a więc dążenie do poznania każdego jednego prawa, którym cechuje się dany proces i późniejsze łączenie ich w całość. W 2005 roku na Szwajcarskiej Politechnice Federalnej w Lozannie rozpoczęty został projekt o nazwie Blue Brain Project, którego celem jest stworzenie symulacji komputerowej ludzkiego mózgu;
 - b) top-down – nazywane jest podejściem funkcjonalistycznym i związane ściśle z psychologią. Opiera się na studiowaniu ludzkiego zachowania i wyszukiwaniu w ten sposób rozwiązań. Fundamentalnym celem funkcjonalizmu jest ustalenie odpowiedzi na pytanie, dlaczego człowiek dąży do rozwiązania danego problemu i na podstawie jakich przesłanek jest w stanie stwierdzić, że ta ścieżka jest zasadna.
2. Wąska/słaba sztuczna inteligencja (ang. *narrow AI*, *weak AI*) jest zbiorem reguł oraz algorytmów skupiających się przede wszystkim na przetworzeniu komunikatu, czyli jego analizie, a w końcowej fazie przedstawieniu danych wyjściowych, czyli odpowiedzi. Podstawą ich istnienia jest tzw. uczenie maszynowe. *Weak AI* stanowi aktualnie dziedzinę, która ulega bardzo szybkiemu rozwojowi, ponieważ jest szeroko stosowana na przykład w asystentach głosowych lub pojazdach autonomicznych i to ona będzie stanowić punkt dalszych rozważań w niniejszym artykule.

Definicja pojazdów autonomicznych

Ustawodawca krajowy zdaje się czynić postępy w kwestii pojazdów autonomicznych (ang. *autonomous vehicles*) nazywanych również bezzałogowymi, ponieważ lutowa nowelizacja z 2019 roku Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (tekst jednolity: Dz.U. 1997, nr 98, poz. 602 z późn. zm.) wprowadziła do niego definicję pojazdu autonomicznego. Została ona zawarta w rozdz. 6, art. 65k: „[...] pojazd samochodowy wyposażony w systemy sprawujące kontrolę nad ruchem tego pojazdu i umożliwiające jego ruch bez ingerencji kierującego, który w każdej chwili może przejąć kontrolę nad tym pojazdem”. Dodatkowo znalazł się w wyżej przytoczonej ustawie zapis o konieczności uprzedniego uzyskania zgody na przejazd autonomicznego pojazdu na danej trasie. Informacja ta musi zostać uprzednio przekazana właścicielom nieruchomości położonych w pobliżu drogi przejazdu, którzy mają prawo wyrazić swój sprzeciw. Ponadto organizator badań nad pojazdami autonomicznymi ma obowiązek zagwarantować, że pojazd zostanie obsadzony osobą posiadającą uprawnienia do kierowania pojazdem mogącą w każdej chwili przejąć kontrolę nad pojazdem (art. 65k, art. 65l, art. 65m i art. 65n).

W 2017 roku Komisja Etyki powołana przez Ministerstwo Transportu i Infrastruktury Cyfrowej Republiki Federalnej Niemiec (ang. Ethics Commission appointed by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure) wydała raport o nazwie *Automated and Connected Driving* zawierający 20 etycznych zasad postępowania dla pojazdów autonomicznych, wśród których znalazł się zapis o nadzędności życia ludzkiego i jego ochronie za wszelką cenę, nawet z poświęceniem życia zwierząt, oraz zakaz dyskryminacji ze względu na płeć, wiek, pochodzenie, stan zdrowia itp. (zob. *Automated and Connected Driving*, 2017: 11).

Pojazdy autonomiczne są stosunkowo nową koncepcją przemieszczania się użytkowników po drogach, która jest sukcesywnie rozwijana, a tym samym unowocześniana. Wizja odbywania podróży bez kierowcy na pokładzie ma swoje początki w 1926 roku, kiedy w Stanach Zjednoczonych firma Houdina Radio Control zaprezentowała samochód sterowany drogą radiową. Kolejną sensacją wzbudził projekt firmy Mercedes-Benz w 1980 roku, ponieważ postanowiła pokazać samochód wyposażony w system wizyjny LIDAR², GPS³ oraz widzenie komputerowe⁴. Innowacje te przyczyniły się do powstania i rozwoju takich technologii, jak tempomat adaptacyjny, asystent pasa, asystent parkowania wraz z czujnikami czy też wspomaganie kierowcy. W 2004 roku na pustyni Stanów Zjednoczonych odbyły się pierwsze wyścigi o nazwie DARPA Grand Challenge z udziałem pojazdów autonomicznych. Finansowane są one ze środków agencji rządowej zajmującej się rozwojem technologii wojskowej.

Według informacji zawartych w komunikacie Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 17.05.2018 r. oraz organizacji SAE International pojazd autonomiczny jest to samochód znajdujący się na poziomie 5 (najwyższym), który został wyposażony w kluczowe narzędzia dla zapewnienia bezpieczeństwa wszystkich uczestników ruchu drogowego podczas trwania podróży. Projekt ten przewiduje, że pojazd dostarczy kierowcę wraz z pasażerami do miejsca wprowadzonego w systemie nawigacyjnym bez jakiegokolwiek pomocy człowieka. Dodatkowo wyróżniamy następujące poziomy:

- Poziom 4 – pojazdy wyposażone w narzędzia pozwalające kierowcy na kontrolowanie najbardziej krytycznych obszarów, takich jak bezpieczeństwo

² LIDAR (anglojęzyczny akronim pochodzący od słów *Light Detection and Ranging*), czasem zapisywane jako Lidar, jest to urządzenie służące do wykrywania obiektów oraz określania ich odległości za pomocą widzialnego światła lasera. Przypomina więc zasadą działania zwykły radar, z tą różnicą, że nie emituje ani nie odbiera fal radiowych.

³ GPS (ang. *Global Positioning System*) jest systemem nawigacyjnym, który do swojej pracy wykorzystuje fale radiowe pochodzące z 31 sztucznych satelitów rozmieszczonych wokół całej kuli ziemskiej. Jego głównym zadaniem jest wskazywanie pozycji użytkownika, doprowadzenie go do celu oraz określenie przybliżonego czasu przybycia.

⁴ Widzenie komputerowe (ang. *computer vision*) jest inaczej przetwarzaniem sygnału optycznego (obrazu) za pomocą urządzeń, takich jak kamera i zapisanie go w postaci cyfrowej celem dalszego przetwarzania.

(w skład którego wchodzi na przykład układ hamowania, kierowniczy, napędowy). Na tym poziomie przewiduje się możliwość całkowitego oddania kontroli nad pojazdem człowiekowi (tylko i wyłącznie, gdy pojazd zostanie wyposażony w pedały oraz kierownicę). Co ważne, na tym poziomie nie przewiduje się stałej uwagi kierującego. Pojazdy te będą w stanie komunikować się między sobą i przekazywać informacje na temat wykonywanych w niedalekiej przyszłości manewrów, na przykład zmiany pasa. Innym zastosowaniem będzie wykorzystanie tych pojazdów do wykonywania regularnych kursów po określonych trasach (na przykład wykorzystanie ich w komunikacji miejskiej).

- Poziom 3 – przewidywana jest możliwość prowadzenia pojazdu przez komputer, ale tylko w wybranych sytuacjach, takich jak jazda w korku.
- Poziom 2 obejmuje co najmniej jedną bądź więcej określonych funkcji kontrolnych, takich jak asystent pasa (ang. *lane centering*), który utrzymuje ruch pojazdu w obrębie ścieżki, bądź też wstępnie przygotowane hamulce (ang. *pre-charged brakes*, *BAS* lub *EBA*) przyczyniające się do zmniejszenia drogi hamowania poprzez wykorzystanie maksymalnej siły hamowania w sytuacji naciśnięcia pedału hamulca z siłą odpowiadającą hamowaniu nagłemu, awaryjnemu. Inną funkcją *EBY* jest pomoc kierowcy w odzyskaniu wcześniej utraconej kontroli nad pojazdem.
- Poziom 1 – przewidywana jest co najmniej jedna funkcja z wymienionych: aktywny tempomat (ang. *Adaptive Cruise Control*, *ACC*) nazywany również tempomatem adaptacyjnym, tj. urządzenie utrzymujące żadaną prędkość z możliwością jej adaptacji do otaczających warunków), lub asystent pasa.
- Poziom 0 – kierowca jest całkowicie odpowiedzialny za funkcjonowanie krytycznych układów: hamulcowego, kierowniczego, napędowego, a więc ma możliwość kierowania pojazdem wzdłuż osi wzdłużnej oraz poprzecznej.

Sieć neuronowa jako osiągnięcie sztucznej inteligencji zastosowane w pojazdach autonomicznych

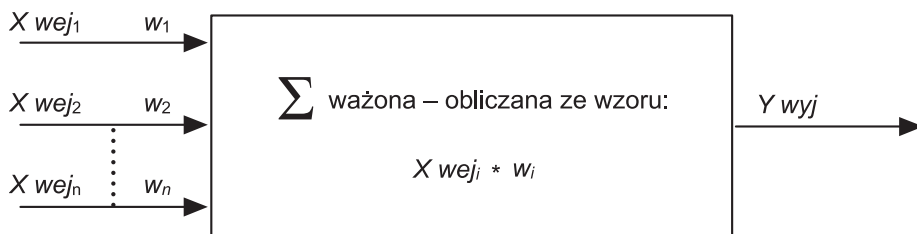
Człowiek, widząc niezwykłość i złożoność ludzkiego mózgu pod względem budowy oraz pełnionych funkcji, zarówno tych będących kluczowymi dla funkcjonowania organizmu, jak i dotyczących rozwiązywania problemów, postanowił sprowadzić go do zapisu w postaci modelu matematycznego – sztucznych sieci neuronowych (SSN, ang. *artificial neural networks*, *ANN*). Zamierzeniem było skonstruowanie takiego obiektu, którego elementy będą odpowiadać tym występującym w mózgu, a więc z neuronów kontaktujących się ze sobą za pomocą synaps, tworząc podczas tego procesu sieci neuronowe. Zasada działania i model neuronu przedstawiony został na rysunku 1. Nim sieć neuronowa rozpocznie pracę, konieczne jest przejście procesu nazywanego uczeniem sieci. Są to działania podejmowane przez system, często

w sposób autonomiczny, które mają na celu wprowadzenie aktualizacji, a tym samym zmian w swoich zbiorach danych. Przedsięwzięcia te prowadzą do zwiększenia efektywności i udoskonalenia działania maszyny w przyszłości (Orchel, b.r.: 23, 30). Sieć po przejściu takiego procesu potrafi w sposób automatyczny dobierać wartości wag, co powoduje, że każdy neuron wykonuje czynności prowadzące do najefektywniejszego rozwiązywania problemów.

Uczenie sieci można podzielić na (Różanowski, 2007: 10–12, 118–120; Artun, 2019):

- Naukę nadzorowaną (ang. *supervised learning*) – zakłada ona obecność człowieka podczas tworzenia wielkości wyjściowej (odpowiedzi) przez maszynę na podstawie wielkości wejściowej. Człowiek dostarcza na etapie przetwarzania danych zbiór danych zawierający oczekiwane odpowiedzi.
- Naukę częściowo nadzorowaną (ang. *semi-supervised learning*) – wprowadzane są dane zawierające częściową informację o oczekiwanej odpowiedzi. Stanowią one również schemat przydatny podczas samodzielnego konstruowania przez maszynę odpowiedzi na pytania nieposiadające zdefiniowanej i oczekiwanej odpowiedzi.
- Naukę nienadzorowaną (ang. *unsupervised learning*) – człowiek nie pełni funkcji nadzorczej i nie kontroluje konstruowanych odpowiedzi, jego rola ogranicza się tylko do wprowadzenia zbioru danych bez gotowych odpowiedzi.
- Naukę ze wzmocnieniem (ang. *reinforcement learning*) – specjalnie stworzone algorytmy mają za zadanie określić w sposób samodzielny działania przynoszące najlepsze rezultaty z wykorzystaniem metody prób i błędów. Do systemu nie są wprowadzane dane wejściowe (włącznie z tymi zawierającymi gotowy wzorzec odpowiedzi).

Do każdej wielkości wejściowej (X_{wej_i}) została przypisana odpowiednia waga (w_i), co w konsekwencji po dokonaniu obliczeń pozwoli ustalić sygnał wyjściowy (Y_{wyj}). Można zauważyć, że neuron posiada wiele wejść i tylko jedno wyjście (Jóźwiak, Świdorski, 2017: 3–4, 99–100).

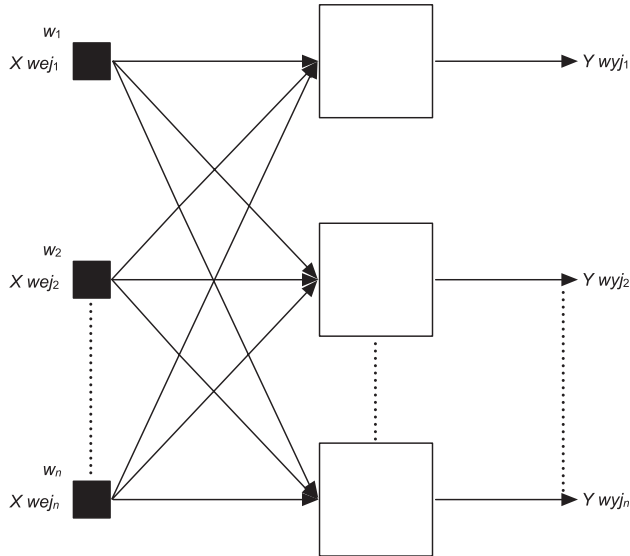


Rysunek 1. Zasada działania i model neuronu

Źródło: opracowanie własne na podstawie Jóźwiak, Świdorski, 2017: 3, 99.

Sposób połączenia neuronów, czyli estymacji, warunkuje rodzaj sieci oraz występującą w niej strukturę. Wyróżniamy takie sieci, jak (Różanowski, 2007: 10–12, 118–120):

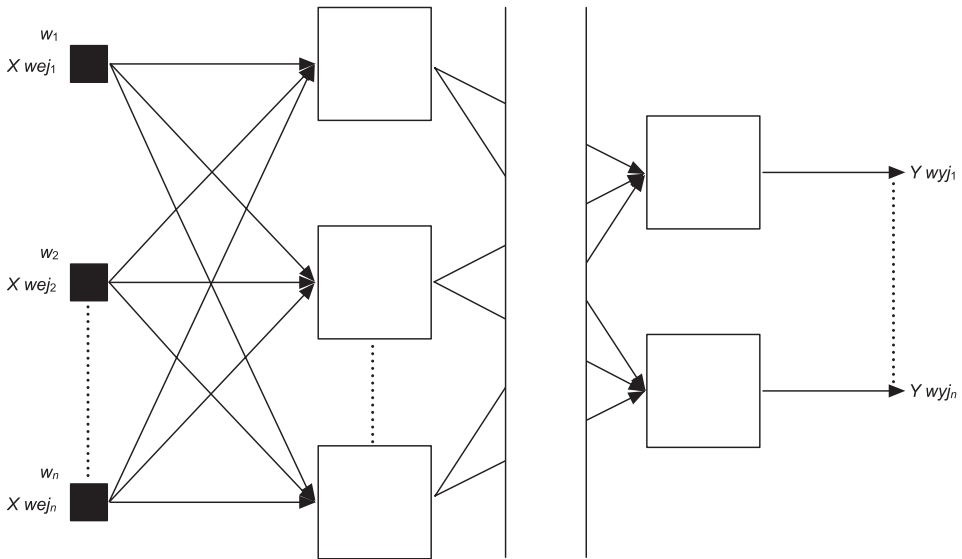
1. Sieć jednokierunkowa jednowarstwowa – neurony są ułożone w jednej warstwie. Przebieg sygnału przebiega od warstwy wejściowej do warstwy wyjściowej. Na węzłach początkowych nie znajdują się neurony, ponieważ nie zachodzi tam żaden proces obliczeniowy.



Rysunek 2. Schemat sieci jednokierunkowej jednowarstwowej

Źródło: opracowanie własne na podstawie Różanowski, 2007: 10, 118.

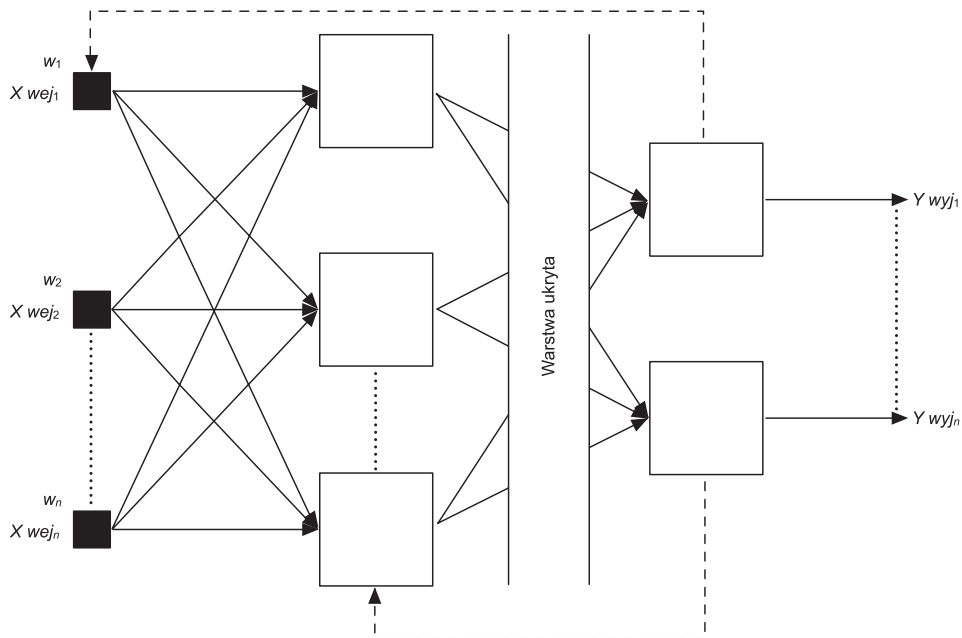
2. Sieć jednokierunkowa wielowarstwowa (perceptron wielowarstwowy) – cechą odróżniającą ten typ sieci od jednokierunkowej jednowarstwowej jest występowanie co najmniej jednej warstwy ukrytej między wejściową a wyjściową. Jest to najczęściej wykorzystywany typ sieci neuronowej. Przetwarzanie sygnałów w warstwie ukrytej nie zależy od wag warstwy wyjściowej.



Rysunek 3. Schemat sieci jednokierunkowej wielowarstwowej (perceptron wielowarstwowy)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Różanowski, 2007: 11, 119.

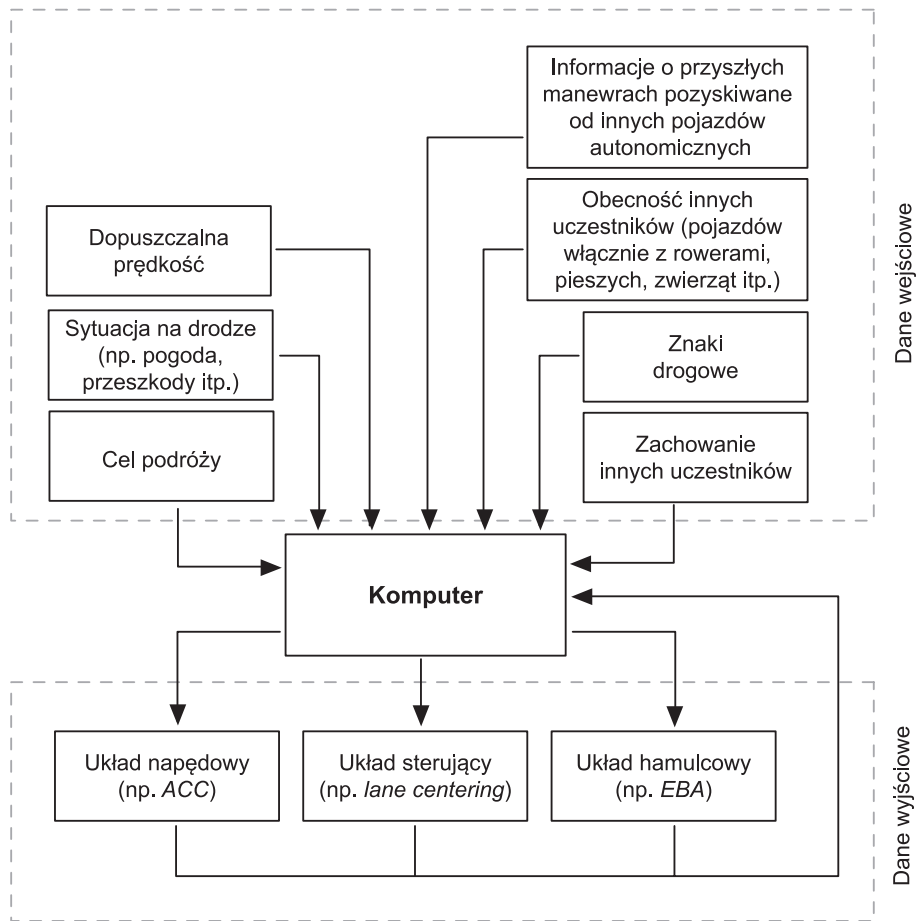
3. Sieć rekurencyjna wielowarstwowa – zasadniczą różnicą pomiędzy sieciami jednokierunkowymi a rekurencyjnymi wielowarstwowymi jest występowanie sprzężenia zwrotnego (ang. *feedback*) między warstwami wyjściowymi i wejściowymi. Feedback w tym przypadku jest procesem przekazywania przez układ informacji o własnym działaniu. Zmiana stanu dowolnego neuronu posiadającego funkcję przekazywania powoduje przeniesienie tej zmiany na całą sieć. Skutkiem takiego działania jest wywołanie stanu przejściowego kończącego się określonym stanem ustalonym, który jest różny od wcześniej występującego. Oprócz sieci wielowarstwowej rekurencyjnej posiadającej warstwę ukrytą (rys. 4) wyróżnić można sieć rekurencyjną jednowarstwową, która cechuje się brakiem tejże warstwy.



Rysunek 4. Schemat sieci rekurencyjnej wielowarstwowej (perceptronu wielowarstwowego)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Różanowski, 2007: 12, 120.

SSN z powodzeniem zostały zaimplementowane w pojazdach autonomicznych. Złożoność tego procesu została przedstawiona na rysunku 5. Jak widać, sieć posiada sprzężenie zwrotne, które poddaje dane wyjściowe procesowi ponownej analizy w celu korygowania na bieżąco wszystkich kluczowych układów, przyczyniając się tym samym do ciągłości w zapewnieniu bezpieczeństwa wszystkich uczestników ruchu (rys. 5).



Rysunek 5. Przykładowa, uproszczona konstrukcja sieci neuronowej pojazdu autonomicznego

Źródło: opracowanie własne na podstawie SAE International Releases Updated Visual Chart for Its "Levels of Driving Automation" Standard for Self-Driving Vehicles, 2018; Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 17.05.2018 roku.

Cele i korzyści wynikające z autonomizacji pojazdów

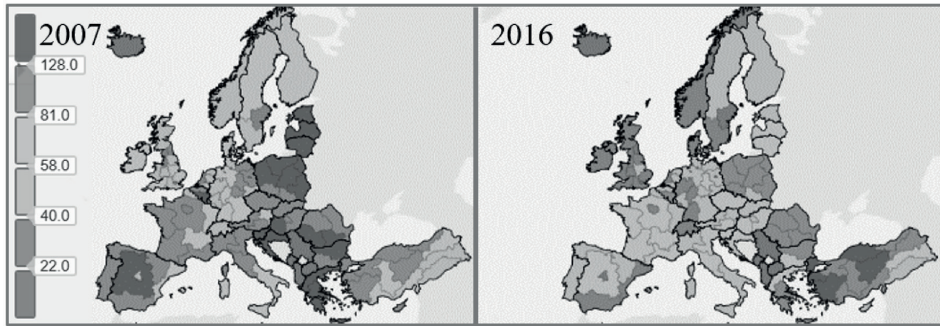
Według informacji zawartych w sprawozdaniu Komisji dla Parlamentu Europejskiego z dnia 12 grudnia 2016 r. aż 95% wypadków drogowych nosi znamiona błędu ludzkiego, z czego 75% bez wątpienia wynika z niewłaściwej reakcji człowieka. Jak wskazuje Komisja, do przyczyn należą: nadmierna prędkość, brak skupienia, prowadzenie pojazdu w stanie nietrzeźwości. Koszty leczenia ofiar wypadków, jak i koszty wynikające z uszkodzenia infrastruktury szacowane są na co najmniej 100 mld euro rocznie. Producenci samochodów tworzą pojazdy często wytrzymalsze i wyposa-

żone w większą liczbę systemów bezpieczeństwa, niż jest wymagana przez UE⁵. Konsekwencją zwiększania bezpieczeństwa jest możliwość otrzymania większej liczby gwiazdek⁶ w testach zderzeniowych czołowych (ang. *front impact*), bocznych (ang. *side impact*), bocznych ze słupem (ang. *pole test*) oraz z pieszymi (ang. *pedestrian impact*). Zamiarem Unii Europejskiej jest urzeczywistnienie do 2050 roku programu o nazwie „wizja zero”, którego głównym założeniem jest obniżenie śmiertelności, jak i poważnych obrażeń ciała na drogach do poziomu bliskiego zera. Wizja ta może zostać zrealizowana poprzez rozwój autonomizacji, dzięki czemu zostanie wykluczony czynnik ludzki jako jedna z najczęstszych przyczyn nieszczęśliwych zdarzeń.

Na rysunku 6 pokazano, że w 2007 roku śmiertelność na polskich drogach wyniosła średnio 146 ofiar śmiertelnych na 1 milion mieszkańców. Najwyższa śmiertelność występowała w regionie centralnym (województwo mazowieckie, łódzkie) i osiągnęła liczbę 181 na milion mieszkańców. Najmniejsza natomiast – w regionie południowym (województwo śląskie, małopolskie) i wynosiła 103 ofiary na milion mieszkańców. W przypadku roku 2016 śmiertelność na polskich drogach wyniosła średnio 81 ofiar na milion mieszkańców. Podobnie jak w poprzednim okresie najwyższa śmiertelność występowała w regionie centralnym (województwo mazowieckie, łódzkie) i osiągnęła liczbę 93 ofiar na milion mieszkańców. Najmniejszą natomiast odnotowano w regionie południowym (województwo śląskie, małopolskie): 56 na milion mieszkańców. Widoczna jest więc powolna tendencja spadkowa liczby ofiar w wypadkach.

⁵ Obowiązkowym wyposażeniem pojazdów jest: kontrola stateczności, systemy hamowania awaryjnego oraz systemy ostrzegania kierowcy przed niezamierzoną zmianą pasa montowane w autobusach oraz pojazdach ciężarowych.

⁶ Najwyższą liczbą gwiazdek, którą można otrzymać w teście bezpieczeństwa jest 5, co oznacza bardzo dobrą wydajność w ochronie przed zderzeniami. Pojazd wyposażony jest w technologię unikania zderzeń; 4 gwiazdki są przyznawane za dobrą wydajność w ochronie przed zderzeniami; 3 gwiazdki oznaczają średnią ochronę pasażerów pojazdu przed skutkami zderzeń i poświadczają, że pojazd nie został wyposażony w żadne systemy unikania zderzeń; 2 gwiazdki poświadczają normalną ochronę przed wypadkiem, pojazd również nie jest wyposażony w żadne technologie przyczyniające się do unikania zderzeń; 1 gwiazdka oznacza zapewnioną na minimalnym poziomie ochronę przed zderzeniami. Możliwą oceną jest również przyznanie zerowej liczby gwiazdek, co oznacza, że pojazd nie jest w stanie zapewnić minimum bezpieczeństwa (*How To Read The Stars*, 2016).



Rysunek 6. Śmiertelność na drogach Unii Europejskiej w 2007 i 2016 roku

Źródło: Eurostat.

Prognozy dla pojazdów autonomicznych w kwestii ekologii wydają się bardzo optymistyczne. Z szacunków wynika bowiem, że do 2050 roku pojazdy autonomiczne mogą przyczynić się do redukcji zużycia paliwa o 18% dla pojazdów ciężarowych oraz 44% dla samochodów osobowych. Jako główną przyczynę zmniejszonego spalania wymienić można sterowanie pojazdem przez komputer, który będzie potrafił przewidywać sytuację na drodze (planowane manewry innych pojazdów), dzięki czemu uniknie gwałtownego hamowania i ponownego zwiększania prędkości. Dodatkowo aktualnie występująca symbioza pomiędzy pojazdami autonomicznymi a zasilanymi energią elektryczną (np. Tesla) może wpłynąć na ograniczenie emisji gazów oraz zanieczyszczeń do środowiska (McMahon, 2017).

Podsumowanie

Artykuł przedstawia rozwój sztucznej inteligencji oraz autonomizacji obejmującej różne pojazdy reprezentujące wybrane gałęzie, a w szczególności samochody, które są środkiem transportu najczęściej wybieranym przez społeczeństwo. Z artykułu można wyciągnąć wnioski, że największym problemem, z którym zmierzają się ustawodawcy wszystkich krajów należących do Wspólnoty, będzie uregulowanie statusu prawnego SI i pojazdów autonomicznych. Zostały już wprowadzone podjęte działania przez polski parlament, jednakże w ciągu kilku najbliższych lat mogą one okazać się niewystarczające bądź nieaktualne. Również przed inżynierami stanie konieczność sprostania wszystkim wymaganiom technicznym związanym z aspektami funkcjonalności i bezpieczeństwa, co oznaczać będzie brak konieczności, a nawet możliwości kierowania pojazdem w przyszłości. Wizja ta rodzi mnóstwo pytań, między innymi o ubezpieczenie pojazdu, odpowiedzialność cywilną oraz karną podczas wypadku: osób znajdujących się w pojeździe, producenta bądź zarządcy infrastruktury drogowej.

Bibliografia

- Artun O. (2019), *How Machine Learning Is Transforming the Way Marketers Engage With Customers*, <https://www.cmswire.com/digital-experience/how-machine-learning-is-transforming-the-way-marketers-engage-with-customers/> [dostęp: 16.09.2019].
- Automated and Connected Driving* (2017), Ethics Commission appointed by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission.pdf?__blob=publicationFile [dostęp: 16.09.2019].
- Buchanan B. (2005), *A (Very) Brief History of Artificial Intelligence*, "AI Magazine", No. 26(4).
- Burda K. (2019), *Genialny Alan Turing. Dziś BBC uznaje go za najwybitniejszą postać XX wieku, kiedyś o jego zasługach milczano*, <https://www.newsweek.pl/swiat/genialny-alan-turing-dzis-bbc-uznaje-go-za-najwybitniejsza-postac-xx-wieku-kiedys-o/4s9ve7t> [dostęp: 16.09.2019].
- Chustecki J. (2018), *Prawo Moore'a – wygląda na to, że dochodzimy do ściany*, https://www.computerworld.pl/news/Prawo-Moore-a-wyglada-na-to-ze-dochodzimy-do-sciany_410789.html [dostęp: 16.09.2019].
- Duch W., *Sztuczna inteligencja*, <http://www.is.umk.pl/~duch/Wyklady/komput/w12/ai.html> [dostęp: 16.09.2019].
- Eurostat, Europejski Urząd Statystyczny, <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/RCI/#?vis=nuts1.transport&lang=en> [dostęp: 16.09.2019].
- Historia informatyki*, <http://math.uni.lodz.pl/~malfil/pliki/Historia%20informatyki-zakres1.pdf> [dostęp: 16.09.2019].
- How To Read The Stars* (2016), Euro NCAP, <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/how-to-read-the-stars/> [dostęp: 16.09.2019].
- Inteligencja*, [w:] *Słownik języka polskiego PWN*, <https://sjp.pwn.pl/sjp/inteligencja:2561737.html> [dostęp: 16.09.2019].
- Jóźwiak A., Świdorski A. (2017), *Algorytmy sztucznej inteligencji w logistyce*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej”, z. 17.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 17.05.2018 roku* (2018), <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/PL/COM-2018-293-F1-PL-MAIN-PART-1.PDF> [dostęp: 16.09.2019].
- Łupkowski P. (2010), *Test Turinga. Perspektywa sędziego*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań, <https://repozytorium.amu.edu.pl/bitstream/10593/1022/1/testturinga.pdf> [dostęp: 16.09.2019].
- McMahon J. (2017), *Big Fuel Savings From Autonomous Vehicles*, <https://www.forbes.com/sites/jeffmcmahon/2017/04/17/big-fuel-savings-from-autonomous-vehicles/#6275f3114390> [dostęp: 16.09.2019].

- Norman J. (2019), *The First Industrial Robot*, <http://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4071> [dostęp: 16.09.2019].
- Orchel M. (b.r.), *Podstawy uczenia maszynowego*, <https://docplayer.pl/70409374-Podstawy-uczenia-maszynowego.html> [dostęp: 16.09.2019].
- Peart A. (2017), *Homage to John McCarthy, the father of Artificial Intelligence (AI)*, <https://www.artificial-solutions.com/blog/homage-to-john-mccarthy-the-father-of-artificial-intelligence> [dostęp: 16.09.2019].
- Różanowski K. (2007), *Sztuczna inteligencja: rozwój, szanse i zagrożenia*, „Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki”, nr 2.
- SAE International Releases Updated Visual Chart for Its “Levels of Driving Automation” Standard for Self-Driving Vehicles (2018), <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-“levels-of-driving-automation”-standard-for-self-driving-vehicles> [dostęp: 16.09.2019].
- Sowiński D., Walkowicz K. (2009), *Lisp – język programowania*, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie, Tarnów, http://home.agh.edu.pl/~ligeza/wiki/_media/presentations:lisp.pdf?id=presentations%3Alanguages&cache=cache [dostęp: 16.09.2019].
- Sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12.12.2016 r. Ratowanie życia: zwiększanie bezpieczeństwa samochodowego w UE* (2016), <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/PL/COM-2016-787-F1-PL-MAIN-PART-1.PDF> [dostęp: 16.09.2019].
- Stawiarska E. (2016), *Logistyczne systemy informatyczne wykorzystujące sztuczną inteligencję w branży motoryzacyjnej*, Politechnika Śląska, Katowice.
- Sylogizm, [w:] *Słownik języka polskiego PWN*, <https://sjp.pwn.pl/sjp/sylogizm;2576756.html> [dostęp: 16.09.2019].
- Sztuczny, [w:] *Słownik języka polskiego PWN*, <https://sjp.pwn.pl/sjp/sztuczny;2527224.html> [dostęp: 16.09.2019].
- Wiatrowski P. (b.r.), *Podstawy prawa. Prawo cywilne*, <http://www.wiatrowskipiotr.eu/pliki/prawocywilne.pdf> [dostęp: 16.09.2019].

Akty prawne i rezolucje

- Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 16 lutego 2017 r. zawierająca zalecenia dla Komisji w sprawie przepisów prawa cywilnego dotyczących robotyki (2015/2103(INL)).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych).
- Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny, tekst jednolity: Dz.U. 1964, nr 16, poz. 93 z późn. zm.

Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym, tekst jednolity: Dz.U. 1997, nr 98, poz. 602 z późn. zm.

Summary

The use of artificial intelligence methods in the creation of autonomous vehicles

This article describes artificial intelligence and associated artificial neuron networks which have been used to create autonomy vehicles. The article reflects on historical aspects, beginning with achievements in the humanities. It refers to stories from ancient Greece, technical achievements (mechanical arms). Legal aspects of artificial intelligence in the light of European Parliament Ordinance, Statements of European Parliament Commissions, Resolutions of European Parliament, but also amendments of law created by the Polish Government, are also discussed. The article considers different vehicle autonomy levels, and the advantages stemming from future autonomous vehicles.

Keywords: artificial intelligence, autonomous vehicles, law