


Danuta Janczewska  <https://orcid.org/0000-0003-1013-5665>  
Społeczna Akademia Nauk w Łodzi  
e-mail: [janczewska@republika.pl](mailto:janczewska@republika.pl)

Jerzy Janczewski  <https://orcid.org/0000-0002-6994-2683>  
Akademia Humanistyczno-Ekonomiczna w Łodzi  
e-mail: [jerzyjanczewski@poczta.onet.pl](mailto:jerzyjanczewski@poczta.onet.pl)

## Sztuczna inteligencja w zarządzaniu mikromobilnością

### Artificial intelligence in micromobility management

<https://doi.org/10.25312/ziwgeb.830/>

#### Streszczenie

Artykuł omawia wykorzystanie sztucznej inteligencji (SI) w zarządzaniu mikromobilnością, skupiając się na korzyściach dla operatorów i użytkowników. Opisuje, jak SI optymalizuje rozmieszczenie pojazdów, prognozuje popyt, zwiększa bezpieczeństwo i efektywność, redukuje koszty oraz poprawia jakość usług. Prezentuje przykłady zastosowania SI przez wiodących operatorów mikromobilności na świecie, takich jak Lime, Bird i Voi. Analiza wskazuje na rosnące znaczenie SI w rozwoju zrównoważonych i inteligentnych systemów mikromobilności, integracji z innymi formami transportu i potencjał dla autonomicznych rozwiązań w przyszłości. Sztuczna inteligencja ma potencjał zrewolucjonizowania mikromobilności, czyniąc ją bardziej dostępną, efektywną, bezpieczną i zrównoważoną. Dla operatorów mikromobilności wdrożenie SI jest kluczowe, aby sprostać rosnącym wymaganiom rynku i zapewnić klientom najlepsze możliwe doświadczenia.

**Słowa kluczowe:** sztuczna inteligencja, mikromobilność, zarządzanie mikromobilnością

**Abstract**

The article discusses the use of artificial intelligence (AI) in micromobility management, focusing on the benefits for operators and users. It describes how AI optimizes vehicle deployment, forecasts demand, increases safety and efficiency, reduces costs and improves service quality. It presents examples of how AI is being used by the world's leading micromobility operators, such as Lime, Bird and Voi. The analysis points to the growing importance of AI in the development of sustainable and intelligent micromobility systems, integration with other forms of transportation and the potential for autonomous solutions in the future. Artificial intelligence has the potential to revolutionize micromobility, making it more accessible, efficient, safe and sustainable. For micromobility operators, deploying AI is key to meeting growing market demands and providing the best possible experience for customers.

**Keywords:** artificial intelligence, micromobility, micromobility management

**Wstęp**

Zarządzanie mikromobilnością można odnieść do koordynacji działań i usług, które umożliwiają bezpieczne i efektywne korzystanie ze środków transportu mikromobilności (Janczewski, Janczewska, 2023: 100), natomiast sztuczna inteligencja jest narzędziem wspomagającym to zarządzanie, a jej wykorzystanie powinno prowadzić do zwiększenia efektywności, redukcji kosztów, poprawy jakości usług i zwiększenia przewagi konkurencyjnej.

Celem artykułu jest przedstawienie istoty i wykorzystania sztucznej inteligencji w zarządzaniu mikromobilnością i zweryfikowanie hipotezy badawczej o zwiększającej się roli i znaczeniu sztucznej inteligencji w udostępnianiu i użytkowaniu środków transportu mikromobilności przeznaczonych do krótkich dystansów, takich jak elektryczne hulajnogi, rowery czy współdzielone skutery, a także mikrosamochody. Metodami badawczymi zastosowanymi w pracy były analiza literatury przedmiotu obejmującej pozycje literaturowe, raporty i informacje od interesariuszy. Posłużono się również metodą opisu, analizy i dedukcji. Całość zwięźcono podsumowaniem.

**Mikromobilność i sztuczna inteligencja – wprowadzenie do zagadnienia**

Mikromobilność odnosi się do lekkich, niewielkich środków transportu, które przeznaczone są na krótkie dystanse, zwykle nieprzekraczające kilku kilometrów. Przykłady obejmują elektryczne hulajnogi, rowery (tradycyjne i elektryczne), segwaye, deskorolki elektryczne oraz lekkie skutery i mikrosamochody. Urządzenia te zazwy-

czaj są jednoosobowe (za wyjątkiem tych ostatnich) i mogą być własnością indywidualną lub udostępnianą przez wyspecjalizowanych operatorów za pomocą przypisanej aplikacji, co umożliwi elastyczny i wygodny transport po mieście, zwłaszcza na odcinku pierwszej i ostatniej mili, a także w strefach czystego transportu.

Znaczenie mikromobilności w miejskim transporcie i zrównoważonym rozwoju wiąże się między innymi z redukcją zatłoczenia ulic, zwłaszcza w centrach miast, obniżeniem emisji dwutlenku węgla, wzrostem efektywności w podróżach na krótkie dystanse, nową infrastrukturą dla pieszych i rowerzystów, a także poprawą zdrowia i jakości życia.

Mikromobilność pozwala na sprawne poruszanie się po mieście bez zajmowania dużej przestrzeni. Korzystanie z jej form transportu zmniejsza zatłoczenie na drogach i odciąża transport publiczny, zwłaszcza w godzinach szczytu. Wiele środków transportu mikromobilności, takich jak elektryczne hulajnogi czy rowery, to pojazdy o zerowej emisji spalin. Ich popularność przyczynia się do ograniczania emisji dwutlenku węgla oraz innych charakterystycznych dla transportu zanieczyszczeń, co poprawia jakość powietrza w miastach i ma pozytywny wpływ na zdrowie mieszkańców. Mikromobilność doskonale sprawdza się na krótkich trasach, których pokonywanie samochodem lub komunikacją miejską bywa czasochłonne i nieracjonalne. Dzięki niej mieszkańcy miast mogą łatwo dotrzeć na przykład z domu do pracy, sklepu, stacji metra czy przystanku, co prowadzi do zwiększenia efektywności codziennych podróży.

Wraz z rozwojem mikromobilności miasta inwestują w budowę ścieżek rowerowych, stref pieszych i punktów postojowych dla hulajnóg czy rowerów. Sprzyja to tworzeniu przyjaznej infrastruktury miejskiej, promującej aktywne formy przemieszczania się, co jest zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju. Częstsze korzystanie z rowerów czy hulajnóg wpływa pozytywnie na zdrowie fizyczne i psychiczne, a jednocześnie zmniejsza hałas i zatłoczenie w mieście. Dzięki mikromobilności mieszkańcy zyskują większą elastyczność, mając do dyspozycji alternatywy transportowe, które poprawiają komfort życia. Wprowadzenie mikromobilności do miejskiego systemu transportu wspiera bardziej ekologiczne i zdrowe środowisko miejskie, zwiększając jednocześnie jego dostępność i funkcjonalność (zob. Janczewski, Janczewska, 2022).

Sztuczna inteligencja (SI) odgrywa coraz większą rolę w funkcjonowaniu i rozwoju mikromobilności, zwłaszcza w udostępnianiu i użytkowaniu środków transportu przeznaczonych do krótkich dystansów, takich jak elektryczne hulajnogi, rowery, współdzielone skutery czy mikrosamochody. Dzięki zastosowaniu i wykorzystaniu SI mikromobilność staje się bardziej efektywna, bezpieczna oraz przyjazna dla środowiska. Sztuczna inteligencja nie posiada jednolitej definicji. Dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto, że SI odnosi się do systemów<sup>1</sup> i technologii, które ze względu

---

<sup>1</sup> Systemy sztucznej inteligencji można również zaprojektować w taki sposób, aby uczyły się dostosowywać swoje zachowanie poprzez analizę wpływu poprzednich działań na otoczenie.

na złożony cel działają w świecie fizycznym lub cyfrowym poprzez postrzeganie swojego środowiska, interpretację zebranych ustrukturyzowanych lub nieustrukturyzowanych danych, wyciągając wnioski z wiedzy uzyskanej z tych danych i dokonując wyboru najlepszych działań (zgodnie z wcześniej określonymi parametrami) dla osiągnięcia wyznaczonego celu (zob. Zalewski, 2020: 6–8). Kluczowe obszary, w których SI wpływa na branżę udostępniania mikromobilności, to: prognozowanie popytu, monitorowanie środków transportu, zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników, redukcja emisji i śladu węglowego, usprawnianie środków transportu mikromobilności i doskonalenie jakości usługi.

Przykładowo w obszarze prognozowania popytu algorytmy SI analizują dane dotyczące historycznego popytu oraz wzorce użytkowania, co pozwala przewidzieć, gdzie i kiedy pojawi się zapotrzebowanie na pojazdy. Pomaga to operatorom dostarczać pojazdy do najbardziej potrzebnych lokalizacji, dzięki czemu maleją koszty operacyjne i poprawia się dostępność pojazdów. Natomiast w przypadku monitorowania środków transportu SI analizuje dane dotyczące użytkowania i stanu technicznego pojazdów, co umożliwia identyfikację pojazdów wymagających serwisu lub naprawy. Flota mikromobilności jest dzięki temu lepiej zarządzana, a czas przestojów minimalizowany. Z kolei w zwiększeniu bezpieczeństwa użytkowników pomaga wykrywanie ich niebezpiecznego stylu jazdy. Algorytmy SI mogą monitorować i analizować sposób jazdy użytkowników, co pozwala ujawniać ryzykowne zachowania, na przykład gwałtowne przyspieszenia, nagle hamowania czy użytkowanie we dwie osoby jednoosobowego środka transportu. W odpowiedzi operatorzy mogą ostrzegać użytkowników lub stosować inne środki zaradcze. SI jest w stanie przetwarzać dane o ruchu miejskim w czasie rzeczywistym i dostarczać użytkownikom informacje o trasach bezpieczniejszych oraz o mniejszym natężeniu ruchu. Pozwala to unikać prawdopodobieństwa kolizji i tym samym zwiększa bezpieczeństwo jazdy.

Redukcja emisji i śladu węglowego dotyczy między innymi optymalizacji tras pojazdów mikromobilności, a także ich zbiórki i działań serwisowych (na przykład w celu ładowania baterii). Pojazdy serwisowe mogą być kierowane przez SI na optymalne trasy, co zmniejsza zużycie energii i tym samym szkodliwe emisje. SI może także określać optymalne momenty ładowania baterii, dostosowane do potrzeb popytu oraz dostępności energii z sieci, co obniża koszty i zmniejsza obciążenie sieci elektrycznej. Doskonalenie jakości usługi to między innymi analiza danych o preferencjach użytkowników, która pozwala dostosować usługi, proponując na przykład najczęściej używane trasy lub optymalne godziny korzystania z pojazdów, a także usprawnienie płatności i dostępu do systemu współdzielenia. SI może automatyzować płatności i uprościć dostęp do usług na przykład poprzez płatności bezdotykowe, które poprawiają komfort użytkowania. Doskonalenie środków transportu to między innymi prace nad optymalizacją konstrukcji, jej masy, wytrzymałości i trwałości, a także zmniejszenie podatności na uszkodzenia wynikające z intensywnego użytkowania.

W mikromobilności tkwią duże możliwości, a wykorzystanie SI jeszcze bardziej je potęguje. Znaczenie i rola SI w mikromobilności wciąż rośnie, a w przyszłości może obejmować między innymi większą integrację z infrastrukturą inteligentnych miast, wdrażanie autonomicznych systemów kontroli pojazdów czy bardziej zaawansowane modele predykcyjne. W rezultacie mikromobilność powinna stać się jeszcze bardziej dostępna, bezpieczna i ekologiczna.

Dzięki sztucznej inteligencji możliwe jest projektowanie inteligentnych, adaptacyjnych i efektywnych systemów mikromobilności, które zaspokoją potrzeby miast oraz ich mieszkańców, jednocześnie dbając o środowisko i bezpieczeństwo użytkowników. SI powinno pomóc i przyspieszyć rozwiązanie problemów związanych z optymalizacją tras i zarządzaniem flotą, analizą bezpieczeństwa i wypadków, predykcją i zarządzaniem stanem technicznym pojazdów, analizą i optymalizacją zapotrzebowania na środki transportu, a także ich integracją, zarządzaniem danymi i oceną wpływu mikromobilności na środowisko.

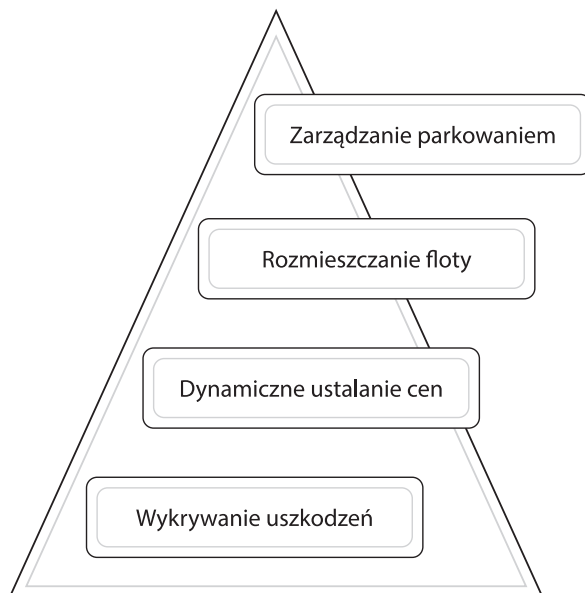
## **Wykorzystanie sztucznej inteligencji w mikromobilności**

Wykorzystanie sztucznej inteligencji (SI) jest jednym z kluczowych obszarów innowacji, pozwalającym operatorom mikromobilności na efektywne zarządzanie flotą pojazdów, rozmieszczenie punktów dostępności pojazdów i ich liczby oraz optymalizację tras. Optymalizacja tras i sprawne zarządzanie flotą przyczyniają się do efektywności operacyjnej oraz zrównoważonego rozwoju. Optymalizacja tras z użyciem SI to między innymi predykcyjne algorytmy ruchu, algorytmy oparte na zwinnych trasach, a także personalizacja tras dla użytkowników. Z kolei zarządzanie flotą pojazdów to predykcyjna konserwacja, optymalizacja liczby pojazdów i ich rozmieszczenie, analiza zachowań użytkowników, bezpieczeństwo, a także optymalizacja zużycia energii. Według ATOMmobility najważniejsze wyzwania dla branży mikromobilności, w których wykorzystuje się SI, to: zarządzanie parkowaniem, dynamiczne ustalanie cen, rozmieszczanie floty i wykrywanie uszkodzeń (tab. 1, rys. 1).

Dzięki analizie danych (historycznych i bieżących) o natężeniu ruchu oraz warunkach atmosferycznych predykcyjne algorytmy ruchu oparte na uczeniu maszynowym potrafią przewidzieć optymalne trasy i lokalizacje mikromobilnych pojazdów (elektrycznych hulajnóg, rowerów czy mikrosamochodów). Algorytmy te są stale doskonalone dzięki technikom głębokiego uczenia i analizie big data, co umożliwia dostosowanie tras do wciąż zmieniających się warunków drogowych i środowiskowych.

Rozwijane są również modele adaptacyjne wykorzystujące algorytmy oparte na zwinnych trasach, które dynamicznie reagują na zmianę sytuacji na trasie (na przykład zatłoczenie ulic czy szlaków rowerowych, zamknięcia dróg) i dostosowują je do potrzeb w czasie rzeczywistym. Takie podejście umożliwia na przykład minimalizację zużycia baterii, co jest kluczowym czynnikiem dla floty pojazdów elektrycznych. Personalizowane trasy, dostosowane do preferencji użytkowników,

pozwalają na oferowanie bardziej przyjaznych podróży – uwzględniających między innymi krótszy czas podróży lub unikanie ruchliwych szlaków.



Rys. 1. Przykłady możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w zarządzaniu mikromobilnością według ATOMmobility

Źródło: opracowanie własne na podstawie *How is AI transforming the micromobility industry?*, 2024.

Tab. 1. Wyzwania, istota i korzyści z wykorzystania sztucznej inteligencji w branży mikromobilności według ATOMmobility

Wyzwania	Istota	Korzyści
Zarządzanie parkowaniem	SI sprawdza, jak pojazd jest zaparkowany i wysyła do użytkownika i operatora informację o ewentualnej konieczności ponownego wykonania tej operacji.	Operator może szybko reagować na problemy z parkowaniem i przez system prewencji ograniczać liczbę niewłaściwych praktyk w obszarze postoju. Zmniejszenie liczby zgłoszeń do pomocy technicznej związanych z problemami parkowania.
Dynamiczne ustalanie cen	Cena ustalana na podstawie popytu, pory dnia i lokalizacji kosztów wynajmu pojazdów. Pakiety cenowe uzależnione od przebytych odległości i czasu użytkowania.	Maksymalizacja przychodów i retencji klientów.

Wyzwania	Istota	Korzyści
Rozmieszczanie floty	Sztuczna inteligencja przewiduje, gdzie pojazdy są najbardziej potrzebne i optymalizuje ich rozmieszczenie w mieście. Automatyczne przydzielanie zadań dla zespołów bezpośredniej obsługi systemu.	Zwiększenie wykorzystania floty i zapewnienie lepszej dostępności pojazdów. Zespoły bezpośredniej obsługi systemu korzystają z automatycznego przydzielania zadań, co usprawnia operacje i ogranicza liczbę zbędnych czynności.
Wykrywanie uszkodzeń	Rejestrowanie kamerami sferycznymi obrazu wszystkich pól pojazdu podczas odbioru i zwrotu. Wykrywanie i ocenianie zarysowań, wgnieceń, uszkodzeń. Generowanie raportów dotyczących historii uszkodzeń pojazdu i statusu ich wynajmu.	Zapewnienie przejrzystości szkód i przyspieszenie procesu oceny i naprawy pojazdów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie *How is AI transforming the micromobility industry?*, 2024.

Za pomocą SI operatorzy mikromobilnych flot mogą przewidywać, kiedy dany pojazd wymaga naprawy lub konserwacji. Dzięki analizie danych z czujników oraz bieżącej historii użycia pojazdów algorytmy potrafią przewidywać potencjalne awarie i wskazać, które pojazdy wymagają serwisu, zanim jeszcze dojdzie do poważnych uszkodzeń. Algorytmy SI potrafią analizować dane dotyczące lokalizacji użytkowników, natężenia ruchu i popytu, aby przewidywać, gdzie w danym momencie potrzebne będą pojazdy. Dzięki temu operatorzy mogą lepiej rozmieszczać hulajnogi lub rowery w różnych częściach miasta, zmniejszając problem „martwych punktów”, gdzie brak jest dostępnych pojazdów. Poprzez analizę danych z GPS oraz innych sensorów SI umożliwia dostarczanie operatorom szczegółowych informacji na temat nawyków użytkowników. Pozwala to na przykład dostosować lokalizację pojazdów na podstawie pory dnia lub dni tygodnia, a także identyfikować wzorce korzystania z pojazdów w zależności od sezonu. SI analizuje również bieżące poziomy naładowania baterii, lokalizacje stacji ładowania oraz tras użytkowników, aby efektywnie planować czas i miejsce ładowania. W konsekwencji możliwe jest zmniejszenie czasu przestoju i zwiększenie dostępności pojazdów dla użytkowników.

W transporcie systemy SI minimalizujące czas przejazdu i zużycie energii oparte na algorytmach analizujących dane w czasie rzeczywistym, takie jak ruch drogowy, warunki pogodowe oraz wzorce ruchu pojazdów, rozwijane są między innymi przez firmy Route4Me, OptimoRoute czy ANT-Logistics (zob. *Route4Me*, b.r.; *OptimoRoute*, b.r.; *ANT-Logistics*, b.r.). Systemy te wykorzystują również dostawcy usług mikromobilności. Warto też zwrócić uwagę na technologie wspomagające bezpieczeństwo oferowane operatorom mikromobilności przez firmę Luna (<https://luna.systems/>), technologie dla interesariuszy logistyki miejskiej oferowane przez firmę Switch (*AI-Copilot for Fleet Management and Planning*, 2024) i rozwiązania ATOM-mobility dotyczące na przykład prawidłowego parkowania elektrycznych hulajnóg

(*How Captur's AI-powered photo reviews lessen the burden of parking compliance for micromobility operators*, 2023). Nad inteligentną hulajnogą pracuje między innymi firma MorAmp. Pojazd można połączyć z aplikacją mobilną, dzięki czemu łatwiej przewidzieć zbliżającą się awarię. Firma dostarcza też inteligentne jednostki komunikacyjne, sterowniki silników i systemy zarządzania bateriami przeznaczone do pojazdów mikromobilnych. Urządzenia te umożliwiają zdalne zarządzanie pojazdami oraz wdrażanie w nich rozwiązań inteligentnych (Strągowski, 2020; *MorAmp*, b.r.).

W obszarze mikromobilności współdzielonej wykorzystanie sztucznej inteligencji rozwija się dynamicznie. Przykładowi operatorzy mikromobilności, którzy korzystają z SI do optymalizacji tras, to Lime, Bird, Voi Technology, Tier Mobility czy firmy Helbiz lub Bolt. Wymownym przykładem jest japoński operator sieci komórkowej NTT Docomo i dostawca usługi współdzielenia rowerów Docomo Bike Share, który wykorzystuje sztuczną inteligencję do przydzielania współdzielonych pojazdów mikromobilnych i wymiany wyczerpanych baterii w tych pojazdach (Rogerson, 2023).

Firma Lime wykorzystuje sztuczną inteligencję do analizy danych i przewidywania miejsc, gdzie będzie największe zapotrzebowanie na hulajnogę i rowery, a także do wykrywania niebezpiecznej jazdy po chodniku i przypominania użytkownikom o pozostawieniu hulajnogę w dozwolonym miejscu. Technologia potrafi odróżnić chodnik od jezdni za pomocą wykrywania obrazów z wykorzystaniem SI i może być dostosowana do miast o różnorodnej jakości nawierzchni dróg i chodników. Dzięki temu operator może dokładniej rozmieścić swoje pojazdy oraz optymalizować ich trasy i dostępność (*Innowacje*, b.r.).

Z kolei w firmie Bird sztuczna inteligencja służy nie tylko do monitorowania ruchu i rozmieszczania pojazdów, ale również do dynamicznego dostosowywania tras przejazdu, aby zmniejszyć ryzyko kolizji, szczególnie w godzinach szczytu i w zatłoczonych miejscach. Technologie SI zastosowane przez tę firmę – podobnie jak przez innych operatorów mikromobilności, na przykład Lime – obejmują optymalizację floty na podstawie danych historycznych i danych aktualnych. Bird wykorzystuje sztuczną inteligencję do przewidywania, gdzie i kiedy będą potrzebne pojazdy, co przekłada się na większą wygodę dla klientów oraz obniżenie kosztów operacyjnych. SI pomaga także w zarządzaniu konserwacją pojazdów, planując w firmie Bird zapotrzebowanie serwisowe. Dzięki integracji SI z systemami telematycznymi i internetem rzeczy (IoT) operator monitoruje stan techniczny hulajnog w czasie rzeczywistym, co ogranicza niepotrzebne przestoje floty i zwiększa bezpieczeństwo użytkownika (*Bird*, b.r.). Operator elektrycznych jednośladów stosuje również rozwiązanie, które pozwala śledzić sposób jazdy użytkowników i eliminować niebezpieczne zachowania (Duszczyk, 2021).

Szwedzki operator Voi Technology wykorzystuje sztuczną inteligencję do optymalizacji tras serwisowych (dla zespołów zajmujących się relokacją pojazdów), co zwiększa efektywność operacji (*Voi*, b.r.). Dodatkowo systemy predykcyjne pomagają



ją zidentyfikować miejsca o wysokim zapotrzebowaniu na środki transportu mikromobilności, a także pomagają w prawidłowym ich parkowaniu (*Parking*, b.r.).

Firma Tier Mobility stosuje SI w analizie danych o ruchu ulicznym, warunkach pogodowych oraz historii użytkownika. Na tej podstawie planuje najbardziej efektywne trasy, które mogą zmieniać się w czasie rzeczywistym w zależności od zmieniających się warunków ruchu. Operator kładzie duży nacisk na bezpieczeństwo i obniżanie kosztów operacyjnych, co przejawia się wykorzystaniem SI do identyfikacji nawierzchni, po której poruszają się hulajnogi elektryczne, oraz wykrywania jazdy we dwie osoby (Pinheiro, 2023; *Tier launches upgraded escooter brain pilot in London*, 2022). Interesująca jest też funkcja SOS, która pozwala użytkownikowi wezwać pomoc w przypadku, gdy czuje się niepewnie lub widzi zagrożenie podczas podróży. Poprzez aktywację głosową lub proste dotknięcie przycisku SOS sygnał jest wysyłany do wszystkich pobliskich użytkowników systemu, a także do pięciu kontaktów alarmowych użytkownika (Stone, 2022).

Firma Helbiz stosuje zaawansowaną analizę danych do optymalizacji tras, weryfikacji miejsca parkowania pojazdów, kontroli korzystania z kasku i wykrywania chodników. System opiera się na sztucznej inteligencji, co pomaga poprawić dostępność pojazdów i bezpieczeństwo użytkowników. Operator łączy sztuczną inteligencję z danymi o użytkownikach, ruchu miejskim oraz przewidywaniami popytu, aby lepiej odpowiadać na potrzeby użytkowników i zwiększać efektywność swojej floty (*Your last mile choice*, 2024). System weryfikacji parkowania, oparty na sztucznej inteligencji wykorzystuje również firma Bolt (zob. Frączak, 2022), a także firma Hop (zob. Dodds, 2024).

Sztuczna inteligencja jest na całym świecie wykorzystywana między innymi do walki z nieprawidłowym parkowaniem hulajnóg, co na przykład w Chicago nie tylko usprawniło organizację użytkownika hulajnóg, ale także pozytywnie wpłynęło na funkcjonowanie całego systemu miejskiej mikromobilności (Kaźmierczak, 2024).

Z kolei firma Nextbike wykorzystuje i rozwija rozwiązania do obsługi użytkowników bez udziału konsultantów (*chatbot*) i od wielu lat stosuje podejście oparte na danych (*data-driven*). Dzięki temu wprowadziła nowy model serwisowania rowerów, który pozwala realizować ponad 70% czynności obsługowych bezpośrednio w miejscu postoju rowerów. W konsekwencji zwiększono dostępność rowerów i efektywność systemu wypożyczeń, a także ograniczono redukcję własnej emisji CO<sub>2</sub> (Safański w: Kaźmierczak, 2024).

## **Sztuczna inteligencja w systemie rowerów elektrycznych firmy Bosch**

Firma Bosch wprowadza do systemu swoich rowerów elektrycznych rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji takie, jak: *Range Control*, spersonalizowane planowanie tras, poziom naładowania i ochrona baterii przed kradzieżą, rozszerzona

nawigacja i tzw. poszerzony monitoring jazdy czyli statystyki udziału ABS w hamowaniu, używania trybów jazdy, udziału mocy i tryb jazdy *Eco* + oszczędzającego energię.

Funkcja *Range Control* oblicza prawdopodobny procent rozładowania akumulatora po dotarciu do celu na podstawie takich danych jak całkowita masa roweru, przebyta trasa i zachowanie kierującego rowerem. System za każdym przejazdem uczy się, dzięki czemu prognozy dotyczące zasięgu stają się coraz bardziej precyzyjne. Użytkownik może również określić minimalny poziom rozładowania akumulatora po zakończeniu podróży. System dobierze wtedy takie wspomaganie silnika aby zapewnić osiągnięcie celu i określoną wielkość rozładowania akumulatora. W przypadku spersonalizowanego planowania tras inteligentny system roweru elektrycznego analizuje wcześniejsze zachowania rowerzysty na podobnych trasach i na tej podstawie oblicza oczekiwany czas dotarcia do celu. System tworzy również sugestie tras, uwzględniając preferencje użytkownika co do typu dróg, ich poziomu i nachylenia a także prędkości. Funkcja aktualny poziom naładowania pozwala użytkownikom sprawdzać poziom naładowania akumulatora w dowolnym miejscu i czasie za pomocą aplikacji eBike Flow a cyfrowa blokada uniemożliwia korzystanie z baterii w przypadku jej kradzieży (Patrz: *Battery Lock*, ..., 2025) Natomiast funkcja rozszerzona nawigacja zapewnia lepsze wyświetlanie nawigacji na wyświetlaczach, pokazując nie tylko zaplanowaną trasę i skrzyżowania, ale także wszystkie boczne drogi.

Statystyki udziału w hamowaniu ABS pozwalają w aplikacji eBike Flow na bezpośrednie porównanie udziału manewrów hamowania z użyciem ABS i bez niego. Funkcja „używanie trybów jazdy” pokazuje, który tryb jazdy i w jakim stopniu był używany podczas jazdy. Funkcja „udział mocy” informuje o średniej mocy własnej rowerzysty w porównaniu ze średnią wydajnością jednostki napędowej. Nowy tryb jazdy *Eco+* pozwala oszczędzać energię i uzyskać większy zasięg. Silnik pozostaje wyłączony do momentu przekroczenia progu aktywacji, który można dostosować w aplikacji eBike Flow. Tryb *Eco+* jest dostępny dla wszystkich jednostek napędowych z inteligentnym systemem Bosch eBike System.

Wprowadzenie SI do systemów rowerów elektrycznych Bosch ma na celu zwiększenie komfortu i bezpieczeństwa jazdy, a także ułatwienie planowania tras i monitorowania wydajności (zob. *Bosch wprowadza sztuczną inteligencję do rowerów elektrycznych*, 2024).

## Sztuczna inteligencja a perspektywy rozwoju mikromobilności

Rola SI w mikromobilności jest kluczowa dla uczynienia jej bardziej dostępnej, efektywnej i zrównoważonej. W miarę rozwoju technologii SI prawdopodobne jest odkrycie jeszcze bardziej innowacyjnych zastosowań, które przyczynią się do czystszej i lepiej skomunikowanej przyszłości miast. Już samo gromadzenie danych i uczenie maszynowe umożliwia operatorom mikromobilności porównywanie różnych czyn-

ników, takich jak dostępność w określonym czasie, powiadomienia o incydentach lub aktach wandalizmu, parametry energetyczne, efektywność, prędkość zwrotów oraz stabilność aplikacji. Ten zasób danych może być skutecznie wykorzystywany do optymalizacji działań zarówno pod kątem biznesowym, konsumenckim, jak i ekologicznym. Wykorzystanie rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji może dodatkowo wzmocnić kompetencje w tych obszarach i powiększać doświadczenie klientów. Przewiduje się, jak zauważa Kaźmierczak, że dalszy rozwój SI w mikromobilności będzie skupiał się na integracji z systemami zarządzania miastem oraz na rozwoju technologii autonomicznych i predykcyjnych, tak aby jeszcze bardziej poprawić efektywność, dostępność i wygodę użytkowników transportu. Dzięki współpracy z samorządami i innymi platformami miejskimi SI może wspierać integrację systemów mikromobilności z szerszą infrastrukturą transportową. Na przykład dane generowane przez flotę mikromobilności mogą być wykorzystywane do optymalizacji transportu publicznego i minimalizowania zatorów. Integracja zrewolucjonizuje branżę mikromobilności poprzez zwiększenie wydajności operacyjnej, doświadczenia użytkownika i bezpieczeństwa. W miarę rozwoju technologii SI jej rola w kształtowaniu przyszłości mikromobilności będzie rosła, kierując branżę w stronę inteligentniejszych, bardziej zrównoważonych rozwiązań transportu miejskiego. Dla operatorów mikromobilności wdrażanie technologii SI nie jest tylko opcją, ale koniecznością, aby pozostać konkurencyjnym i sprostać rosnącym wymaganiom klientów.

Tab. 2. Obszary i trendy w rozwoju mikromobilności z perspektywy SI

Obszary rozwoju mikromobilności	Przykłady działań i identyfikacja wyłaniających się trendów rozwoju
Analiza danych historycznych i bieżących	SI może analizować zbiory danych dotyczących użytkowania mikromobilności, preferencji użytkowników, natężenia ruchu, warunków pogodowych i innych czynników. Pozwala to na identyfikację wyłaniających się trendów, takich jak zmiany w popularności tras, preferowanych godzinach korzystania z usług czy wpływie pogody na popyt.
Prognozowanie przyszłych zachowań	SI może przewidywać przyszłe zachowania użytkowników, na przykład zmiany popytu na mikromobilność w określonych obszarach miasta, co umożliwi operatorom lepsze planowanie i alokację zasobów.
Identyfikacja nowych rynków i segmentów	SI może pomóc w identyfikacji nowych, potencjalnych rynków dla mikromobilności. Analizując dane demograficzne, społeczno-ekonomiczne i geograficzne, SI może wskazać obszary, gdzie usługi mikromobilności mogłyby się dobrze rozwijać.
Dostosowanie usług do potrzeb użytkowników	Analiza danych o preferencjach i potrzebach użytkowników może zainspirować tworzenie nowych, spersonalizowanych usług. Przykładowo SI może pomóc w opracowaniu aplikacji, która sugeruje trasy dostosowane do indywidualnych preferencji użytkownika (najszybsza trasa, trasa z najmniejszą liczbą wzniesień, trasa z widokami itp.).

Obszary rozwoju mikromobilności	Przykłady działań i identyfikacja wyłaniających się trendów rozwoju
Integracja z innymi usługami	SI może ułatwić integrację mikromobilności z innymi usługami, takimi jak transport publiczny, car-sharing. To może prowadzić do powstania nowych, kompleksowych rozwiązań, jak superaplikacje transportowe, które umożliwiają planowanie i płatności za różne formy transportu w jednym miejscu.
Rozwój nowych technologii	SI może przyspieszyć rozwój nowych technologii w obszarze mikromobilności, takich jak autonomiczne pojazdy, inteligentne systemy ładowania, systemy bezpieczeństwa oparte na sztucznej inteligencji.
Efektywne wykorzystanie zasobów	SI może pomóc w optymalizacji wykorzystania zasobów mikromobilności, co przekłada się na większą efektywność i niższe koszty. Przykłady obejmują optymalizację tras serwisowych, planowanie ładowania baterii czy przewidywanie awarii pojazdów.
Poprawa bezpieczeństwa	SI może identyfikować wzorce zachowań użytkowników i przewidywać potencjalne zagrożenia, co pozwala na wprowadzenie nowych funkcji bezpieczeństwa, na przykład systemów ostrzegania przed kolizjami czy systemów monitorowania stanu technicznego pojazdów.
Kreowanie nowych modeli biznesowych	Analiza danych z wykorzystaniem SI może zainspirować nowe modele biznesowe w sektorze mikromobilności. Przykłady obejmują dynamiczne ustalanie cen na podstawie popytu, systemy wynajmu długoterminowego, programy lojalnościowe oparte na analizie zachowań użytkowników.

Źródło: opracowanie własne autorów.

W ostatnich latach coraz większa liczba osób zwraca uwagę na potrzebę rozwijania wielomodalnego transportu publicznego, który nie ogranicza się jedynie do pociągów i autobusów. W całej Europie rośnie znaczenie usług typu Mobility as a Service (MaaS), które są reprezentowane przez superaplikacje transportowe. Dzięki nim użytkownicy mają możliwość rezerwacji i płacenia za taksówki, wynajmowania samochodów, zakupu biletów na pociągi, a także wypożyczania rowerów i hulajnóg za pośrednictwem jednego kanału (Kaźmierczak, 2024).

W miarę jak technologia sztucznej inteligencji rozwija się, coraz bardziej realne jest wdrożenie autonomicznych pojazdów komunikacji miejskiej. W przyszłości można oczekiwać, że pojazdy te będą wykorzystywane w różnych formach transportu publicznego, także w mikromobilności. Choć to obszar stale rozwijany, to SI może być wykorzystywana do tworzenia autonomicznych pojazdów mikromobilnych, które mogłyby samodzielnie przemieszczać się po mieście w celu ładowania, serwisowania, powrotu na miejsce parkowania i transportu użytkowników w wyznaczone miejsca (zob. Pieczonka, 2019; Von Santen, 2019; Góralczyk, 2019).

Sztuczna inteligencja może odegrać kluczową rolę w wyznaczaniu trendów (tab. 2), generowaniu pomysłów na nowe produkty i odkrywaniu ukrytych możliwości w obszarze mikromobilności. Wykorzystanie SI do tych celów może zrewolucjonizować sektor mikromobilności, czyniąc go efektywniejszym, bezpieczniejszym, bardziej zrównoważonym i lepiej dostosowanym do indywidualnych potrzeb użytkowników.

## Podsumowanie

Sztuczna inteligencja (SI) odgrywa coraz większą rolę w rozwoju mikromobilności, wprowadzając innowacje, które mogą znacząco zmienić sposób, w jaki poruszamy się po miastach. Kluczowe obszary mikromobilności, w których sztuczna inteligencja pełni ważną funkcję, to zarządzanie ruchem i optymalizacja tras, bezpieczeństwo, zarządzanie flotą pojazdów mikromobilnych, zrównoważony rozwój i indywidualizacja usług udostępniania. SI może analizować dane w czasie rzeczywistym, aby optymalizować trasy dla pojazdów mikromobilnych, takich jak hulajnoги elektryczne, rowery czy mikrosamochody. Dzięki temu możliwe jest unikanie kongestii i skracanie czasu podróży. Algorytmy SI mogą monitorować i przewidywać potencjalne zagrożenia na drodze, co zwiększa bezpieczeństwo użytkowników mikromobilności. Na przykład systemy mogą ostrzegać przed niebezpiecznymi warunkami pogodowymi lub zbliżającymi się pojazdami. SI umożliwi efektywne zarządzanie flotą pojazdów mikromobilnych, monitorując ich stan techniczny, lokalizację oraz zapotrzebowanie użytkowników. To pozwala na lepsze rozmieszczenie pojazdów w miejscach o największym zapotrzebowaniu. Wykorzystanie SI w mikromobilności może przyczynić się do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla poprzez promowanie bardziej ekologicznych środków transportu. Inteligentne systemy są w stanie wspierać integrację mikromobilności z innymi formami transportu publicznego, tworząc bardziej zrównoważone miasta. SI może analizować dane użytkowników, aby dostosować usługi do ich indywidualnych potrzeb. Aplikacje mogą sugerować najlepsze trasy lub preferowane środki transportu na podstawie wcześniejszych zachowań użytkownika. Sztuczna inteligencja ma potencjał zrewolucjonizowania mikromobilności, czyniąc ją bardziej dostępną, efektywną, bezpieczną i zrównoważoną. Dla operatorów mikromobilności wdrożenie SI jest kluczowe, aby sprostać rosnącym wymaganiom rynku i zapewnić klientom najlepsze możliwe doświadczenia.

## Bibliografia

- AI for Fleet Operations and Planning* (b.r.), <https://getswitch.io/> [dostęp: 3.12.2024].
- AI-Copilot for Fleet Management and Planning* (2024), <https://getswitch.io/> [dostęp: 3.12.2024].
- ANT-Logistics* (b.r.), <https://ant-logistics.com/pl/main.html> [dostęp: 7.11.2024].
- Battery Lock, czyli rowerowa bateria z cyfrowym kagańcem* (2025), <https://elektromobilni.pl/battery-lock-czyli-rowerowa-bateria-z-cyfrowym-kagancem/> [dostęp: 31.01.2025].
- Bird* (b.r.), <https://www.bird.co/sustainability/> [dostęp: 23.11.2024].

- Bosch wprowadza sztuczną inteligencję do rowerów elektrycznych* (2024), <https://transinfo.pl/infobike/bosch-wprowadza-sztuczna-inteligencje-do-rowerow-elektrycznych/> [dostęp: 29.12.2024].
- Dodds W. (2024), *Exclusive: Istanbul trial offers blueprint for solving micromobility parking conundrum*, <https://zagdaily.com/people/exclusive-istanbul-trial-offers-blueprint-for-solving-micromobility-parking-conundrum/> [dostęp: 30.11.2024].
- Duszczyc M. (2021), *Szalejesz na hulajnodze? Operatorzy znaleźli sposób*, <https://cyfrowa.rp.pl/technologie/art16937931-szalejesz-na-hulajnodze-operatorzy-znalezli-sposob> [dostęp: 30.11.2024].
- Frączak M. (2022), *Sztuczna inteligencja pomoże parkować hulajnogi*, <https://www.politykabezpieczenstwa.pl/pl/a/bolt-hulajnogi-sztuczna-inteligencja> [dostęp: 30.11.2024].
- Góralczyk J. (2019), *Mikrosamochody elektryczne mogą zrewolucjonizować transport w mieście. Zmniejszą problem smogu i braku parkingów*, <https://biznes.newseria.pl/news/mikrosamochody-elektryczne.p1255771085> [dostęp: 23.12.2024].
- How Captur's AI-powered photo reviews lessen the burden of parking compliance for micromobility operators* (2023), <https://www.atommobility.com/blog/captur-ai-powered-photo-verification> [dostęp: 3.12.2024].
- How is AI transforming the micromobility industry?* (2024), <https://www.atommobility.com/blog/how-is-ai-transforming-the-micromobility-industry> [dostęp: 21.12.2024].
- Innowacje* (b.r.), <https://www.li.me/pl-pl/why/innovation> [dostęp: 7.11.2024].
- Janczewski J., Janczewska D. (2022), *Mikromobilność w transporcie osób i ładunków*, Wydawnictwo Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi, Łódź.
- Janczewski J., Janczewska D. (2023), *Zarządzanie mikromobilnością – wybrane kwestie*, „Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie”, nr 1(36), s. 99–114.
- Każmierczak K. (2024), *Hulajnogą do pracy? Rynek mikromobilności ma świetlaną przyszłość!*, <https://obserwatorlogistyczny.pl/2024/01/15/hulajnoga-do-pracy-rynek-mikromobilnosci-ma-swietlana-przyszlosc/> [dostęp: 15.12.2024].
- Lime* (b.r.), <https://www.bird.co/sustainability/> [dostęp: 23.11.2024].
- Luna* (b.r.), <https://luna.systems/> [dostęp: 1.12.2024].
- MorAmp* (b.r.), <https://www.facebook.com/MorAmpTeam/> [dostęp: 23.12.2024].
- OptimoRoute* (b.r.), <https://optimoroute.com/> [dostęp: 6.11.2024].
- Parking* (b.r.), <https://www.voi.com/parking> [dostęp: 30.11.2024].
- Pieczonka K. (2019), *Będzie porządek z hulajnogami czy kolejne zagrożenie dla pieszych*, <https://antyweb.pl/segway-ninebot-autonomiczna-hulajnoga-sama-sie-naladuje> [dostęp: 23.12.2024].

- Pinheiro Y. (2023), *Tier's camera-less AI Module detects pavement and tandem riding*, <https://zagdaily.com/tech/tier-introduces-ai-to-detect-pavement-and-tandem-riding/> [dostęp: 30.11.2024].
- Rogerson S. (2023), *AI helps NTT Docomo plan micromobility resources*, <https://www.iotm2mcouncil.org/iot-library/news/connected-transportation-news/ai-helps-ntt-docomo-plan-micromobility-resources/> [dostęp: 30.11.2024].
- Route4Me (b.r.), <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.route4me.route-optimizer&hl=pl> [dostęp: 4.11.2024].
- Stone T. (2022), *Tier and AI app Flare unite to offer micromobility 'SOS' button for road user safety*, <https://www.traffictechnologytoday.com/news/multi-modal-systems/tier-and-ai-app-flare-unite-to-offer-micromobility-sos-button-for-road-user-safety.html> [dostęp: 30.11.2024].
- Strągowski M. (2020), *Sztuczna inteligencja napędza rozwój pojazdów. Hulajnogi same odnajdą miejsce ładowania, a samochody dopasują się do upodobań kierowcy*, <https://innowacje.newseria.pl/news/sztuczna-inteligencja.p1676176284> [dostęp: 23.12.2024].
- Tier launches upgraded scooter brain pilot in London* (2022), <https://www.tier.app/pl/press/tier-launches-upgraded-e-scooter-brain-pilot-in-london> [dostęp: 30.11.2024].
- Voi (b.r.), <https://www.voi.com/> [dostęp: 30.11.2024].
- Von Santen R. (2019), *IFA 2019: Hulajnogi elektryczne mają już zasięg 65 kilometrów. Przyszłością mikrokomunikacji miejskiej jest sztuczna inteligencja*, <https://innowacje.newseria.pl/news/ifa-2019-hulajnogi.p1686399118> [dostęp: 23.12.2024].
- Your last mile choice* (2024), <https://helbiz.com/mobility> [dostęp: 30.11.2024].
- Zalewski T. (2020), *Definicja sztucznej inteligencji*, [https://www.nexto.pl/upload/virtualo/c\\_h\\_beck/9a59863647cef198deb30efdbce39a7fd48a3cc8/free/9a-59863647cef198deb30efdbce39a7fd48a3cc8.pdf](https://www.nexto.pl/upload/virtualo/c_h_beck/9a59863647cef198deb30efdbce39a7fd48a3cc8/free/9a-59863647cef198deb30efdbce39a7fd48a3cc8.pdf) [dostęp: 16.11.2024].

### O autorach

**Jerzy Janczewski** – doktor inżynier, adiunkt w Katedrze Systemów Transportowych Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi, Wydział Techniki i Informatyki. Autor jest inżynierem mechanikiem, doktorem nauk ekonomicznych w zakresie zarządzania. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na logistyce zwrotnej, logistyce miejskiej i problematyce zarządzania przedsiębiorstwami mikro i małymi z branży usług motoryzacyjnych i transportu drogowego. Autor wielu artykułów w czasopiśmie naukowych, jak również w monografiach.

**Danuta Janczewska** – doktor inżynier, adiunkt w Katedrze Gospodarki Elektronicznej i Logistyki na Wydziale Zarządzania Instytutu Nauk Zarządzania i Prawa Społecznej Akademii Nauk w Łodzi. Posiada ponad 30-letnie doświadczenie menedżerskie w przemyśle z zakresu logistyki i zarządzania jakością. Zainteresowania naukowe są związane z problematyką zarządzania logistycznego oraz jakości w przedsiębiorstwie. Jest autorką licznych publikacji – dwóch książek, rozdziałów w monografiach, artykułów w czasopismach krajowych i zagranicznych. Uczestniczyła w 50 konferencjach krajowych i międzynarodowych.

### About the Authors

**Jerzy Janczewski** – PhD Eng., an assistant professor at the Department of Transportation Systems at the University of Humanities and Economics in Lodz, Faculty of Technology and Computer Science. The author is a mechanical engineer with a PhD in management. His research interests focus on reverse logistics, urban logistics and management issues of micro and small enterprises in the automotive service and road transport industries. He has authored many articles in academic journals, as well as monographs.

**Danuta Janczewska** – PhD Eng., an assistant professor at the Department of Electronic Economy and Logistics at the Faculty of Management, Institute of Management Sciences and Law at the University of Social Sciences in Lodz. She has more than 30 years of managerial experience in industry concerning logistics and quality management. Her academic interests are related to the problems of logistics management and quality in the enterprise. She is the author of numerous publications – two books, chapters in monographs, articles in national and international journals, and has participated in 50 national and international conferences.

