

Koncepcja systemu oceniającego styl jazdy kierowcy w transporcie drogowym ładunków¹

SMOLEŃ PIOTR

inż., Navifleet, 34-600 Limanowa,
ul. Józefa Jońca 22, tel. +48 18
33 72 910, e-mail: imap.piotrek@
gmail.com

STAROWICZ WIESŁAW

prof. dr hab. inż., Politechnika Kra-
kowska, Wydział Inżynierii Lądowej,
Katedra Systemów Transportowych,
ul. Warszawska 24, 31-155
Kraków, tel. 12 628 30 93, e-mail:
wstar@pk.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję systemu oceny stylu jazdy kierowcy w oparciu o dane telematyczne, rejestrowane przez terminal GPS zainstalowany w pojeździe. Koncepcja obejmuje zespół wskaźników oceny, metod ich pomiaru oraz algorytm oceniający styl jazdy kierowcy prowadzącego pojazd, służący do drogowego przewozu towarów według zasad techniki prowadzenia pojazdu ecodriving (ang.: jazda oszczędna). Koncepcja systemu zakłada, że kierowca będzie oceniany według zaproponowanych parametrów, a jego końcowa ocena zostanie sprowadzona do mierzalnej i porównywalnej wartości liczbowej, dzięki której może być porównywany z innymi kierowcami oraz z wynikami archiwalnymi konkretnego kierowcy. Symulacja działania algorytmu została przeprowadzona na rzeczywistych danych telematycznych udostępnionych przez jedną z małopolskich firm przewozowych na przykładzie 11 kierowców.

Słowa kluczowe: transport drogowy ładunków, ecodriving, styl jazdy kierowców.

Wprowadzenie

Ecodriving to technika jazdy samochodem prowadząca do minimalizacji energochłonności przejazdu, w tym obniżenia ilości spalonego paliwa i emisji szkodliwych substancji do atmosfery oraz kosztów eksploatacyjnych pojazdu. Pierwsze założenia dotyczące techniki Ecodriving w Europie zostały opracowane przez Szwajcarię i Finlandię u schyłku XX wieku. W ślad za nimi poszły Niemcy, Holandia, Norwegia i Szwecja. W miarę rozwoju zainteresowania zagadnieniem techniki Ecodriving Unia Europejska przystąpiła do wspierania tej inicjatywy międzynarodowymi kampaniami promującymi ideę bezpiecznej i oszczędnej jazdy samochodem. Pierwszym projektem realizowanym przez UE był program Eco-driving Europe z 2001 roku, w którym udział wzięły Szwajcaria, Niemcy, Portugalia, Holandia, Hiszpania, Austria, Belgia i Finlandia. Polska uczestniczyła w dwóch kolejnych inicjatywach – w latach 2006–2008 w projekcie Ecodriven, a w 2010–2013 Ecowill [1], [2].

Pomimo wielu lat badań i rozwoju techniki Ecodriving nie udało się opracować jednolitych, globalnych sugestii dla kierowców. Idealnym przykładem różnic w założeniach tej techniki jest porównanie zaleceń dotyczących przyspieszenia w systemie japońskim i niemieckim. Japończycy sugerują delikatne ruszanie z miejsca w taki sposób, by przez pierwsze pięć sekund prędkość jazdy nie przekraczała 20

km/h. Niemcy rekomendują dynamiczne przyspieszenie z pedalem przyspieszenia wciśniętym na 75% jego zakresu ruchu. Oba systemy, prócz różnic, mają pewne podobieństwa, np. unikanie jazdy na biegu jałowym, częste (przynajmniej 1 raz w miesiącu) sprawdzanie ciśnienia w oponach i regularne dbanie o dobry stan techniczny pojazdu, ograniczenie przewozu zbędnych przedmiotów zwiększających masę lub opór powietrza lub dbanie o stałą prędkość podczas jazdy. [2]

Techniki Ecodriving można podzielić na trzy poziomy: strategiczny, taktyczny i operacyjny. Poziom strategiczny odpowiada za działania w perspektywie długofalowej, takie jak dobór marki i modelu pojazdu lub części eksploatacyjnych pojazdu. Poziom taktyczny odpowiada za wybór odpowiedniej trasy (np. charakteryzująca się małymi różnicami wysokości lub niskim natężeniem ruchu) oraz właściwe rozmieszczenie ładunku. Poziom operacyjny jest najbardziej uzależniony od umiejętności kierowcy, ponieważ składają się na niego wszystkie działania odnoszące się do sposobu pokonania zaplanowanej trasy dostępnym środkiem transportu [3]. Zasady techniki Ecodriving dla kierowców pojazdów ciężarowych są promowane przez producentów samochodów podczas kampanii reklamowych lub szkoleń. Przykładowo zalecenia techniki Ecodriving rekomendowane przez projekt DAF ECODRIVE+ [4] formułowano w następujący sposób:

- *Zmniejszenie prędkości maksymalnej* – według pomiarów zużycia paliwa przeprowadzonych przez firmę DAF, obniżenie prędkości maksymalnej z 90 km/h do 85 km/h spowoduje spadek zużycia paliwa o 3%. Obniżenie prędkości maksymalnej o kolejne 5 km/h spowoduje wygenerowanie następnych 3% oszczędności, co przekłada się średnio na 1 l/100 km. Przy średnio 11 500 km pokonywanych miesięcznie pozwala to wygenerować 115 litrów oszczędności dla każdego pojazdu.
- *Ograniczenie gwałtownych przyspieszeń* – badania przeprowadzone przez firmę DAF dowodzą, że nagłe przyspieszanie wpływa negatywnie na zużycie paliwa i rzadko prowadzi do oszczędzenia czasu. Zgodnie z tą zasadą wskazane jest częste używanie tempomatu oraz zachowywanie odpowiedniej odległości od poprzedzającego pojazdu.
- *Unikanie gwałtownych hamowań* – gwałtowne hamowania zwiększają zużycie opon i układu hamulcowego oraz powodują zagrożenia w ruchu drogowym

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2018. Wkład autorów w publikację: P. Smoleń 70%, W. Starowicz 30%.

(najechnanie innego pojazdu na tył). Należy również unikać częstego hamowania hamulcem nożnym. Zaleca się wykorzystywanie hamulca silnikowego (retarder lub intarder) lub górskiego (zwanego wydechowym) zamiast hamulca nożnego ze względu na minimalizację zużycia opon oraz klocków hamulcowych i tarcz.

- *Utrzymywanie stałej prędkości jazdy* – należy dbać o utrzymywanie stałej prędkości tak długo, jak to możliwe, ponieważ hamowanie i ponowne przyspieszanie generuje zbędne zużycie paliwa.
- *Rozsądne operowanie pedałem przyspieszenia* – ze względu na to, że silnik nie pobiera paliwa podczas jazdy bez użycia pedału przyspieszenia, firma DAF rekomenduje stosowanie tej zasady tak często, jak to możliwe. Wskazane jest przewidywanie manewrów na drodze i zwalnianie pedału przyspieszenia podczas zbliżania się do skrzyżowania lub szczytu wzniesienia, co minimalizuje zużycie paliwa.
- *Ograniczanie pracy silnika na biegu jałowym* – według badań, silniki PACCAR stosowane w pojazdach DAF podczas pracy na biegu jałowym pobierają średnio 1,6 l/h, dlatego należy unikać pozostawiania pojazdu z uruchomionym silnikiem na postoju. Rozpoczęcie jazdy powinno nastąpić zaraz po uruchomieniu silnika. Jeśli postój będzie trwał więcej niż 60 sekund, należy zaraz po zatrzymaniu pojazdu wyłączyć silnik.
- *Utrzymywanie odpowiedniej prędkości obrotowej silnika* – zaleca się jazdę z prędkością obrotową silnika zawierającą się w tzw. zielonym polu, oznaczonym graficznie na obrotomierzu. W pojazdach ciężarowych przyjmuje się ten zakres za przedział 1000–1500 RPM.
- *Zjeżdżanie ze wzniesień na biegu* – nie jest wskazane zjeżdżanie ze wzniesień na biegu jałowym ze względu na ryzyko samoczynnego rozpędzenia się pojazdu, co powoduje obniżenie sterowności. Późniejsze hamowanie hamulcem nożnym zwiększa eksploatację układu hamulcowego.
- *Pokonywanie zakrętów ze zbyt wysoką prędkością* – należy rozsądnie dobrać prędkość jazdy do geometrii drogi, ponieważ pokonywanie zakrętu ze zbyt wysoką prędkością może przyczynić się do wypadku.

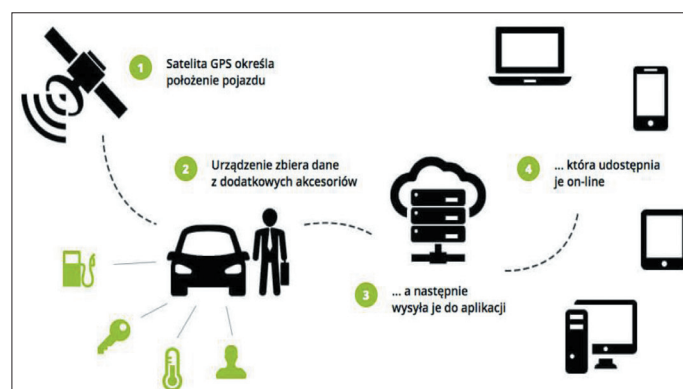
Pomiar wskaźników techniki Ecodriving

Wskaźniki oceny stylu jazdy kierowcy pojazdu ciężarowego są obliczane na podstawie parametrów eksploatacji pojazdu. Wszystkie samochody ciężarowe wyprodukowane od 2004 roku posiadają magistralę CAN, która odpowiada za monitorowanie podstawowych parametrów ruchu, takich jak stan zapłonu, stan pracy silnika, prędkość obrotowa silnika, prędkość jazdy, stopień nacisku na pedał przyspieszenia [%], chwilowa średnia spalania, ilość spalonego paliwa itp. Prócz tego rejestratorami danych będą akcelerometr oraz lokalizator GPS. Dostępne na rynku rozwiązania oferują terminale zawierające powyższe rejestratory w formie jednego niewielkiego urządzenia (max. wymiary: 10 mm

x 30 mm x 70 mm) [26]. Lokalizator GPS odpowiada za określanie pozycji geograficznej pojazdu, w którym jest zainstalowany, oraz parametrów lokalizacyjnych, takich jak kierunek jazdy, prędkość chwilowa oraz wysokość n.p.m. Akcelerometr posłuży do rejestrowania przeciążeń spowodowanych manewrami na drodze – przyspieszenia, hamowania i pokonywanie zakrętów. Dzięki temu zestawowi terminal będzie w stanie mierzyć parametry ruchu z magistrali CAN, w tym przekroczenia dopuszczalnych zakresów wartości, oraz gwałtowne hamowania. Terminal rejestruje punkty trasy w określonych odstępach czasu oraz po wykryciu zmiany kierunku jazdy o określony kąt, co spowoduje zagęszczenie punktów przy pokonywaniu zakrętów i rejestrowanie wartości przeciążeń powstałych w trakcie ich pokonywania.

Elementy systemu telematycznego

System telematyczny wykorzystywany w monitorowaniu floty pojazdów samochodowych opiera się na wymianie danych między terminalem komunikacyjnym zainstalowanym w pojeździe a serwerem odpowiadającym za przechowywanie i przetwarzanie danych. Usługa monitorowania floty jest usługą abonamentową. W Polsce stała się popularna głównie w gałęzi międzynarodowego transportu ładunków od 2004 roku, a więc odkąd zintensyfikował się transport międzynarodowy. W pierwotnych wersjach telematyczny system monitoringu GPS opierał się na śledzeniu położenia pojazdu, jednak wraz z rozwojem technologii od 2015 intensywnie ewoluuje. Obecnie w Polsce działa kilkadziesiąt firm oferujących usługę systemów telematycznych służących do zarządzania flotą, rozliczania tras i kontrolowania pozycji. W większości przypadków użytkownik otrzymuje dostęp do aplikacji internetowej w formie adresu logowania, loginu i hasła. Aplikacja posiada funkcje m.in. wizualnego prezentowania aktualnego położenia pojazdów na mapie, wyświetlania śladu przebytej trasy na mapie oraz generowania raportów i statystyk przebytych tras (rys. 1). Bardziej zaawansowane systemy posiadają funkcje wymiany komunikatów tekstowych między kierowcą a biurem, rozliczania dokumentów kadrowych takich jak druk płacy minimalnej, delegacji, ewidencji czasu pracy, a także alarmowania o zdarzeniach krytycznych.



Rys. 1 Schemat działania systemu telematycznego na przykładzie aplikacji Navifleet do śledzenia pojazdów

Źródło: [5]

Parametry oceny stylu jazdy kierowcy w systemach telematycznych

Telematyka może zostać wykorzystana jako narzędzie oceny stylu jazdy kierowcy. Badając pewne parametry pracy silnika, pobierane przez terminal komunikacyjny z komputera pokładowego, można określić styl jazdy kierowcy, który poruszał się wybranym pojazdem. Najbardziej użyteczne parametry odczytywane przez terminale komunikacyjne zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1

Lista parametrów oceny stylu jazdy kierowcy odczytywana przez lokalizator GPS		
Lp.	Nazwa	Opis
1.	Ruch	Wartość logiczna określana na podstawie wskazań akcelometru wskazuje, czy pojazd jest w ruchu, czy nie.
2.	Stacyjka	Wartość logiczna określana na podstawie wykrytego napięcia elektrycznego [5-30 V] na wejściu cyfrowym urządzenia.
3.	Chwilowa prędkość jazdy [km/h]	Wyznaczana na podstawie przemieszczenia geograficznego lub magistrali CAN.
4.	Akcelometr: oś X [mG]	Wartość przecięcia dla każdego z wektorów układu współrzędnych obliczana na podstawie akcelometru.
5.	Akcelometr: oś Y [mG]	
6.	Akcelometr: oś Z [mG]	
7.	Chwilowe położenie pedału przyspieszenia [%]	Wartość odczytywana z magistrali CAN.
8.	Chwilowa prędkość obrotowa silnika [rpm]	Wartość odczytywana z magistrali CAN.
9.	Chwilowa dawka paliwa [l/h]	Wartość odczytywana z magistrali CAN.
10.	Masa ładunku [kg]	Wartość odczytywana z magistrali CAN. Prezentuje masę ładunku pojazdu obliczoną na podstawie ciśnienia w zawieszaniu pneumatycznym. Wartość dostępna, tylko gdy pojazd posiada zawieszenie pneumatyczne. Dla pojazdów z zawieszaniem mechanicznym (resory) stosuje się czujniki pomiaru pionowej odległości między ramą a osią pojazdu
11.	Czas jazdy w trybie Cruise Control	Wartość odczytywana z magistrali CAN. Prezentuje skumulowany czas jazdy z włączoną funkcją tempomatu (ang. cruise control) od daty produkcji pojazdu.
12.	Obciążenie hamulca silnikowego [%]	Wartość odczytywana z magistrali CAN informuje o stopniu obciążenia hamulca silnikowego – retardera lub intardera.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie dokumentacji technicznej terminala na www.teltonika.lt

Projekt algorytmu systemu oceny stylu jazdy kierowcy

Założenia do algorytmu

System oceny stylu jazdy kierowcy jest przeznaczony do implementacji i użytku obrębie platformy do monitoringu GPS pojazdów [6]. Może zostać wykorzystany w dowolnej firmie przewozowej lub transportowej, która wykorzystuje własne pojazdy ciężarowe niezależnie od dopuszczalnej masy całkowitej (DMC) do przewozu towaru. Projekt w założeniu jest uniwersalny, to znaczy taki, który funkcjonuje w dowolnych warunkach, a w szczególności pozwala na:

- dowolny rodzaj floty – flota pojazdów ciężarowych jest zróżnicowana pod kątem typu, ładowności, modelu, marki oraz roku produkcji;
- rotację kierowców w pojazdach – kierowcy mogą poruszać się wszystkimi typami pojazdów w nieregularnych odstępach czasu;
- nieregularne trasy – trasy pokonywane przez kierowców nie pokrywają się lub pokrywają w niewielkim stopniu pod względem przebiegu, natężenia ruchu, warunków atmosferycznych i masy ładunku.

Aby system oceny stylu jazdy kierowcy działał zgodnie z założeniami, muszą zostać spełnione minimalne wymagania techniczne, tj.:

- dostęp do pełnych danych telematycznych – wszystkie wykorzystywane pojazdy muszą zostać wyposażone w lokalizator GPS z wbudowanym modułem odczytu danych z CAN. Terminal GPS może odczytywać z magistrali CAN parametry opisane w tabeli 6. i dodatkowo zapisywać ramki danych i wysyłać je do serwera warunkowo według zdefiniowanych ustawień z rozdziału 3.3. W chwili, gdy wybrana wartość spełnia warunek zapisania i wysłania ramki odczytywany jest pozostałych parametrów;
- identyfikacja kierowców – aby platforma poprawnie powiązała przejazd z kierowcą, wymagana jest identyfikacja kierowcy w pojeździe;
- interwał rejestrowania pozycji GPS – częstotliwość nadawania pozycji musi być dobrana racjonalnie, aby z jednej strony zapewniała wysokie odzwierciedlenie stanu faktycznego, a z drugiej strony generowała tylko niezbędne do analizy dane. Niewystarczająca liczba danych doprowadzi do niskiej wykrywalności zdarzeń niedokładnego określenia czasu ich trwania. Możliwości technologiczne terminala GPS zezwalają na rejestrowanie i wysyłanie ramki danych do serwera cyklicznie (co określony interwał czasu albo przemieszczenia) lub warunkowo (ramka danych jest wysyłana asynchronicznie, gdy zostaną spełnione wybrane warunki). Podczas pozyskiwania danych należy skonfigurować terminal tak, by podczas jazdy próbkowanie danych z CAN odbywało się najczęściej jak to możliwe, aby odwzorowany obraz stylu jazdy kierowcy był maksymalnie zbliżony do stanu faktycznego;
- stabilny montaż terminala oraz kalibracja akcelometru – terminalu z wbudowanym lokalizatorem GPS i akcelometrem musi zostać stabilnie przytwierdzony do konstrukcji pojazdu, aby zapewnić prawidłowe działanie akcelometru. Ważne, aby po zamontowaniu osie terminala pokrywały się z osiami konstrukcji pojazdu. Po montażu lokalizatora należy zaparkować pojazd na poziomym, równym terenie i przeprowadzić poziomowanie akcelometru oraz kalibrację kierunku jazdy. Kalibrację przeprowadza się manualnie przez rozpędzenie pojazdu do prędkości minimum 30 km/h i gwałtowne zatrzymanie się przez wciśnięcie pedału hamulca w 100%.

Kryteria oceny kierowcy i zasady punktacji

Przyjęto, że analizie i cenie będą poddawane następujące zachowania:

- zachowanie na postoju – trzy kryteria oceny,
- zachowanie podczas jazdy – sześć kryteriów oceny,
- zachowanie podczas hamowania – dwa kryteria oceny.

Przyjęto, że wynik uzyskany przez kierowcę będzie średnią arytmetyczną wyników uzyskanych w poszczególnych kryteriach. Algorytm przewiduje, że najniższy wynik, jaki kierowca może uzyskać, to 0, a najwyższy 10.

Zachowanie na postoju

W koncepcji przyjęto trzy kryteria opisujące zachowanie kierowcy na postojach:

- x_1 – średnia ilość spalonego paliwa podczas postojów trwających dłużej niż 3 minuty na każde 100 km trasy [l/100km],
- x_2 – średnia ilość postojów z uruchomionym silnikiem dłuższych niż 3 minuty [szt./1000 km],
- x_3 – średnia ilość zdarzeń „Wysoka prędkość obrotowa silnika na postoju” [szt./1000 km].

Zasady punktacji dla kryterium x_1

Przyjęto, że liczba punktów przyznawanych kierowcy jest odwrotnie proporcjonalna do średniej ilości spalonego paliwa. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, którego średnia ilość spalonego paliwa na postojach trwających dłużej niż 180 sekund wynosi 0 l/100 km. Minimalną liczbę punktów (0,00) przyznaje się kierowcy, gdy przekroczy 10% normatywnej średniej ilości spalonego paliwa podczas jazdy bez ładunku, tj. 2,5 l/100km.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_1 \in <0;2,5> \quad P_1 = 10 - 4 * x_1 \\ \text{dla } x_1 > 2,5 \quad P_1 = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_2

Przyjęto, że liczba punktów przyznawanych kierowcy jest odwrotnie proporcjonalna do średniej liczby zatrzymań powyżej 3 minut na 1000 km. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, którego średnia liczba zatrzymań powyżej 3 minut wynosi 0 na 1000 km. Przy liczbie zatrzymań większych od 10 liczba punktów wynosi 0.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_2 \in <0;10> \quad P_2 = 10 - x_2 \\ \text{dla } x_2 > 10 \quad P_2 = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_3

Przyjęto, że liczba punktów przyznawanych kierowcy jest odwrotnie proporcjonalna do średniej liczby zdarzeń „Wysoka prędkość obrotowa silnika na postoju” na 1000 km. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, którego średnia liczba zdarzeń „Wysoka prędkość obrotowa silnika na postoju” wynosi 0 na 1000 km. Przy liczbie zdarzeń większych od 5 liczba punktów wynosi 0. Wynika to z interpretacji, że wysoka prędkość obrotowa silnika na postoju może się pojawić tylko podczas uruchamiania silnika, a więc liczba dopuszczalnych przypadków jest mniejsza o połowę niż dla kryterium x_2 .

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_3 \in <0;5> \quad P_3 = 10 - 2 * x_3 \\ \text{dla } x_3 > 5 \quad P_3 = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Zachowanie podczas jazdy

W koncepcji przyjęto sześć kryteriów opisujących zachowanie kierowcy podczas jazdy:

- x_4 – udział przebytego dystansu bez użycia pedału przyspieszenia [%],
- x_5 – udział przebytego dystansu z funkcją Cruise Control (tempomat)[%],
- x_6 – średnia liczba zdarzeń „użycie zbyt niskiego biegu” [szt./1000km],
- x_7 – średnia liczba zdarzeń „użycie zbyt wysokiego biegu” [szt./1000km],
- x_8 – średnia liczba aktywnych przekroczeń prędkości 86 km/h [szt./1000 km],
- x_9 – wskaźnik spalania W_{s_m} lub W_{s1} [%].

Zasady punktacji dla kryterium x_4

Przyjęto, że kierowca może pokonać aż 50% dystansu bez pedału przyspieszenia. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który pokonuje więcej niż 50% dystansu bez użycia pedału przyspieszenia. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej wielkości udziału przebytego dystansu bez użycia pedału przyspieszenia.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_4 \in <0;50> \quad P_4 = \frac{x_4}{5} \\ \text{dla } x_4 > 50 \quad P_4 = 10 \end{aligned} \quad (4)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_5

Przyjęto, że kierowca może pokonać aż 50% dystansu z funkcją Cruise Control. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który pokonuje więcej niż 50% dystansu z funkcją Cruise Control. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej wielkości udziału przebytego dystansu z funkcją Cruise Control.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_5 \in <0;50> \quad P_5 = \frac{x_5}{5} \\ \text{dla } x_5 > 50 \quad P_5 = 10 \end{aligned} \quad (5)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_6

Przyjęto, że kierowca może 20 razy na 1000 km użyć zbyt niskiego biegu. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który ani raz nie użył zbyt niskiego biegu na 1000 km. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej liczby przypadków użycia zbyt niskiego biegu.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_6 \in <0;20> \quad P_6 = \frac{(20 - x_6)}{2} \\ \text{dla } x_6 > 20 \quad P_6 = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_7

Przyjęto, że kierowca może 20 razy na 1000 km użyć zbyt wysokiego biegu. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który ani raz nie użył zbyt wysokiego biegu na 1000 km. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej liczby przypadków użycia zbyt wysokiego biegu.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_7 \in <0:20> \quad P_7 &= \frac{(20-x_7)}{2} \\ \text{dla } x_7 > 20 \quad P_7 &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_8

Przyjęto, że kierowca może 20 razy na 1000 km przekroczyć zalecaną przez producentów prędkość 86 km/h. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który ani raz nie przekroczył zalecanej prędkości na 1000 km. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej liczby przypadków przekroczenia zlecanej prędkości.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_8 \in <0:20> \quad P_8 &= \frac{(20-x_8)}{2} \\ \text{dla } x_8 > 20 \quad P_8 &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_9

Przyjęto, że kierowca powinien uzyskać wskaźnik spalania na poziomie (90–110)% wartości normatywnej. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który uzyska wynik równy lub mniejszy niż 90% wartości normatywnej. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej liczby przypadków przekroczenia zlecanej prędkości. Gdy wynik uzyskany przez kierowcę będzie o 10% i więcej wyższy od normy, kierowca otrzyma 0 punktów.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_9 \in <0:90> \quad P_9 &= 10 \\ \text{dla } x_9 \in (90:110) \quad P_9 &= \frac{110-x_9}{2} \\ \text{dla } x_9 > 110 \quad P_9 &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Normatywną wartość wskaźnika spalania W_{sm} [%] można określić następującym wzorem:

$$W_{sm} = \frac{s_{sr}}{m_{sr} * \frac{(x_2-x_1)}{(y_2-y_1)}} * 100\% \quad (10)$$

gdzie:

- m_{sr} – średnia ważona masy przewiezonego ładunku w analizowanym okresie, s_{sr} – średnia ilość spalonego paliwa w analizowanym okresie [l / 100km],
- $y_{1,2}$ – średnia masa przewiezonego ładunku (lub pojazdu) w dowolnym okresie w przeszłości,
- $x_{1,2}$ – średnia ilość spalonego paliwa uzyskana podczas przewozu odpowiadającego ładunku y ,

Zachowanie podczas hamowania

W koncepcji przyjęto sześć kryteriów opisujących zachowanie kierowcy podczas jazdy:

- x_{10} – średnia liczba gwałtownych hamowań [szt./1000km],
- x_{11} – udział liczby hamowań silnikiem w całkowitej liczbie hamowań [%].

Zasady punktacji dla kryterium x_{10}

Przyjęto, że kierowca może 20 razy na 1000 km gwałtownie hamować. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który ani raz nie hamował gwałtownie na 1000 km. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej liczby przypadków gwałtownego hamowania.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_{10} \in <0:20> \quad P_{10} &= \frac{(20-x_{10})}{2} \\ \text{dla } x_{10} > 20 \quad P_{10} &= 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Zasady punktacji dla kryterium x_{11}

Przyjęto, że kierowca powinien ponad 90% hamowań z prędkości powyżej 30 km/h (a więc w normalnych warunkach ruchu) wykonać silnikiem. Maksymalną liczbę punktów (10,0) przyznaje się kierowcy, który więcej niż 90% hamowań realizuje silnikiem. Liczba przyznanych punktów jest wprost proporcjonalna do średniej liczby hamowań silnikiem.

Zatem:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_{11} \in <0:90> \quad p &= \frac{x_{11}}{10} \\ \text{dla } x_{11} > 90 \quad P_{11} &= 10 \end{aligned} \quad (12)$$

Symulacja działania algorytmu na rzeczywistych danych telematycznych

Za zgodą jednej z małopolskich firm transportowych wykorzystano dane rejestrowane przez terminale GPS zarejestrowane w pojazdach o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 3,5 tony do wykonania symulacji działania algorytmu oceniającego styl jazdy kierowcy. Analizie poddano wyniki uzyskane przez kierowców firmy w okresie między 01.01.2018 a 31.01.2018 podczas wykonywania międzynarodowego przewozu towarów. W symulacji uwzględniono 11 kierowców, którzy poruszali się pojazdami marki DAF, Renault i Volvo w ruchu miejskim, zamiejskim i autostradowym. Do zademonstrowania wyników działania algorytmu wybrano przejazdy między miejscem załadunku i rozładunku o długość przejazdu ponad 1000 km i przeprowadzono dla nich symulację działania algorytmu². Na czas zbierania danych niezbędnych do przeprowadzenia symulacji terminale GPS w pojazdach firmy zostały skonfigurowane zgodnie z wymogami algorytmu oceny kierowcy.

Obliczone wartości wg poszczególnych kryteriów dla badanych kierowców wg wzorów 1–12 przedstawiono w tabeli 2, a ocenę stylu jazdy kierowców wg wartości uzyskanych przez nich punktów w tabeli 3.

² Surowe dane telematyczne zarejestrowane przez terminale GPS w pojazdach firmy zostały udostępnione przez firmę Navifleet, która realizuje dla firmy usługę monitorowania floty.

Tabela 2

Obliczone wartości wg wszystkich kryteriów dla badanych kierowców											
Kryteria oceny	Kierowca 1	Kierowca 2	Kierowca 3	Kierowca 4	Kierowca 5	Kierowca 6	Kierowca 7	Kierowca 8	Kierowca 9	Kierowca 10	Kierowca 11
Kryteria oceniające zachowanie w czasie postoju											
x_1	0,73	0,07	1,41	0,35	0,61	0,33	1,31	0,85	0,03	0,54	0,08
x_2	7,50	1,85	18,46	7,35	5,02	3,43	18,26	19,19	1,54	12,65	2,51
x_3	0	0	2,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Kryteria oceniające zachowanie w czasie jazdy											
x_4	36,61	52,24	37,46	52,52	48,22	47,52	30,68	31,45	37,82	29,88	18,76
x_5	35,35	57,58	45,16	57,24	48,91	67,23	55,92	44,46	50,15	70,54	60,96
x_6	7,50	12,01	1,48	0	0	0,69	0	11,88	0	9,94	3,35
x_7	1,88	16,64	0,74	0	0	1,37	0	17,36	0	4,52	0,84
x_8	8,44	0	3,69	3,68	0	2,75	0	5,48	0	0	0
x_9	101,74	94,87	101,52	90,37	105,06	102,89	99,26	103,89	95,80	100,31	103,44
Kryteria oceniające zachowanie w czasie hamowania											
x_{10}	0	2,77	0	2,76	1,67	0,69	0	1,83	0	0	2,51
x_{11}	91,98	82,84	65,70	86,67	93,71	93,53	74,21	61,18	86,84	95,00	76,06

Tabela 3

Ocena stylu jazdy badanych kierowców (wg wartości punktów we wszystkich kryteriach)											
Kryteria oceny	Kierowca 1	Kierowca 2	Kierowca 3	Kierowca 4	Kierowca 5	Kierowca 6	Kierowca 7	Kierowca 8	Kierowca 9	Kierowca 10	Kierowca 11
Kryteria oceniające zachowanie w czasie postoju											
P1	7,07	9,70	4,36	8,60	7,58	8,69	4,78	6,60	9,87	7,84	9,67
P2	2,50	8,15	0	2,65	4,98	6,57	0	0	8,46	0	7,49
P3	10	10	6,00	10	10	10	10	10	10	10	10
Średnio	6,52	9,28	3,45	7,08	7,52	8,42	4,93	5,53	9,44	5,95	9,05
Kryteria oceniające zachowanie w czasie jazdy											
P4	7,32	10	7,49	10	9,64	9,50	6,14	6,28	7,56	5,98	3,75
P5	7,07	10	9,03	10	9,78	10	10	8,89	10	10	10
P6	6,25	3,99	9,26	10	10	9,66	10	4,06	10	5,03	8,33
P7	9,06	1,68	9,63	10	10	9,31	10	1,32	10	7,74	9,58
P8	5,78	10	8,15	8,16	10	8,63	10	7,26	10	10	10
P9	4,13	10	4,24	10	2,47	3,55	5,37	3,06	7,10	4,84	3,28
Średnio	6,60	7,61	7,98	9,69	8,65	8,44	8,58	5,15	9,11	7,27	7,49
Kryteria oceniające zachowanie w czasie hamowania											
P10	10	7,23	10	7,24	8,33	9,31	10	8,17	10	10	7,49
P11	10	10	6,57	10	10	10	7,42	6,12	10	10	7,61
Średnio	10	8,61	8,29	8,62	9,16	9,66	8,71	7,15	10	10	7,55
Łączna ocena	7,71	8,50	6,57	8,47	8,44	8,84	7,41	5,94	9,52	7,74	8,03

Jak widać z tabel 2 i 3 najlepszy wynik uzyskał kierowca 8 (9,52), a najgorszy kierowca 7 (5,94). Kierowca nr 7 (najgorszy) spalił więcej paliwa na postoju, częściej hamował gwałtownie i rzadziej używał hamulca silnikowego niż kierowca nr 8 (najlepszy). Podczas jazdy kierowca nr 7 nieodpowiednio zmieniał biegi w pojeździe, używając zarówno za niskich jak i za wysokich biegów, w przeciwieństwie do kierowcy nr 8, u którego nie zaobserwowano takich zdarzeń. Kierowca nr 7 rzadziej używał funkcji Cruise Control oraz mniejszy dystans pokonał bez użycia pedału przyspieszenia, co poskutkowało osiągnięciem wyższej średniej spalania wyrażonej w postaci wskaźnika spalania (Ws), który również uwzględnia stopień załadunku pojazdu. Kierowca nr 7 ma

również tendencje do przekraczania optymalnej z punktu widzenia konsumpcji paliwa prędkości jazdy ustalonej na poziomie 85 km/h. Różnice w stylu jazdy dwóch kierowców są wyraźne, a symulacja wyników potwierdza poprawność przyjętych przedziałów zmienności w poszczególnych kryteriach dla metody do oceny stylu jazdy.

Podsumowanie

Zaproponowana koncepcja stylu jazdy kierowcy może służyć do znacznego obniżenia kosztów przedsiębiorstw transportu drogowego. W trakcie formułowania założeń przeprowadzono szereg testów mających na celu dokładne zbadanie wszystkich zdarzeń, które mają wpływ na wskazania zużycia paliwa oraz eksploatację pojazdu. W trakcie opracowania założeń merytorycznych dotyczących metody pomiaru przyjęto zasadę, że system ma za zadanie ocenę umiejętności energooszczędnego prowadzenia pojazdu przez wszystkich kierowców według wspólnej skali oraz dostarczyć danych dla indywidualnej oceny każdego kierowcy.

Porównanie kierowców ze sobą jest możliwe bez względu na długość pokonanej trasy, marki model pojazdu oraz masę przewożonego ładunku, ponieważ wszystkie oceny są sprowadzone do mierzalnych i porównywalnych wartości liczbowych. Może to pozwolić na porównywanie kierowców między sobą oraz z wynikami archiwalnymi konkretnego kierowcy.

Na podstawie kompleksowej oceny stylu jazdy kierowcy, zaproponowanego w artykule, przedsiębiorstwo wykonujące zarobkowy przewóz towarów otrzymuje zestandaryzowane informacje na temat obszarów, w których kierowcy osiągają dobre wyniki i tych, w których muszą je poprawić. Ponadto zaproponowana szczegółowa analiza stylu jazdy kierowcy pozwala na precyzyjne określenie niekorzystnych nawyków posiadanych przez kierowcę, które odpowiadają za nadmierną ilość spalnego paliwa podczas jazdy. W skład takich nawyków wchodzi nieumiejętne dobieranie przełożeń skrzyni biegów, częste zmiany prędkości jazdy, przekraczanie optymalnej prędkości jazdy rekomendowanej przez producentów pojazdów i nadmierne używanie pedału przyspieszenia.

Przeprowadzone badania symulacyjne potwierdziły poprawność przyjętych przedziałów zmienności w poszczególnych kryteriach oraz przydatność algorytmu dla oceny stylu jazdy kierowców.

Literatura

1. Rzewnicki J., Pyza D., *Eco driving – wybrane aspekty*, „Logistyka”, 2015, nr 4.
2. Słowiński P., Burdzik R., Folegla P., Domin J., *ECO-DRIVING – nowe podejście do transportu w logistyce*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2016.
3. Rogaczewski R., Zimniewicz S., Zimny A., *Transport i logistyka w przedsiębiorstwie, mieście i regionie. Wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Naukowe Sophia, 2017.
4. <https://www.da.fecodrive.pl/warto-wiedziec> (17.02.2018).
5. www.navifleet.pl/ – Navifleet.pl – Profesjonalny monitoring pojazdów GPS.(14.02.2018)
6. Smoleń P., *Koncepcja systemu oceny stylu jazdy kierowcy pojazdu Wykorzystywanego do drogowego przewozu towarów w oparciu o dane telematyczne*, Praca inżynierska na Wydziale Inżynierii Lądowej w Politechnice Krakowskiej napisana pod kierunkiem W. Starowicza, Kraków 2018.