

Marcin Piotr Biernacki

MODELE TEORETYCZNE WYJAŚNIAJĄCE ZACHOWANIE KIEROWCÓW NA DRODZE

THEORETICAL MODELS OF DRIVERS BEHAVIOR ON THE ROAD

Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej / Military Institute of Aviation Medicine, Warszawa, Poland
Zakład Psychologii Lotniczej / Department of Aviation Psychology

STRESZCZENIE

Zrozumienie mechanizmów i czynników odpowiedzialnych za zachowanie kierowcy na drodze jest przedmiotem nieustającego zainteresowania psychologów transportu, lekarzy medycyny pracy i inżynierów. Modele zachowania kierowcy stanowią punkt wyjścia pozwalający na zrozumienie tych mechanizmów i lokalizację czynników stanowiących barierę w optymalnym funkcjonowaniu na drodze. Pozwalają one również systematyzować wiedzę na temat czynników odpowiedzialnych za zachowania kierowcy, a przez to są punktem wyjścia formułowania hipotez empirycznych lub diagnostycznych. Celem pracy jest przybliżenie modeli zachowania kierowcy zarówno z perspektywy opisowej, jak i funkcjonalnej. Med. Pr. 2017;68(3):401–411

Słowa kluczowe: psychologia transportu, modele teoretyczne, czynnik ludzki, prewencja wypadków, zachowania kierowców, badanie kierowców

ABSTRACT

Understanding of mechanisms and factors responsible for the driver behavior on the road is the subject of ongoing interest to transportation psychologists, occupational doctors and engineers. Models of driver behavior are a key point for the understanding the mechanisms and factors which may cause limitations to the optimal functioning on the road. They also systematize knowledge about the factors responsible for the behavior of the driver and thus constitute a starting point for formulating empirical or diagnostic hypotheses. The aim of this study is to present models of driver behavior from the descriptive and functional perspectives. Med Pr 2017;68(3):401–411

Key words: transportation psychology, theoretical models, human factor, accident prevention, drivers behavior, automobile driver examinations

Autor do korespondencji / Corresponding author: Marcin Piotr Biernacki, Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej, Zakład Psychologii Lotniczej, ul. Krasińskiego 54, 01-755 Warszawa, e-mail: mpbiernacki@gmail.com
Nadesłano: 14 kwietnia 2015, zatwierdzono: 7 czerwca 2016

WSTĘP

Określenie uwarunkowań błędu człowieka na drodze wciąż stanowi wyzwanie dla osób zajmujących się bezpieczeństwem ruchu drogowego. Błąd człowieka może być pochodną problemów zdrowotnych, np. cukrzycy, chorób neurologicznych czy zaburzeń wzroku. W tym sensie jest przedmiotem zainteresowania lekarzy medycyny pracy. Błąd człowieka może być również pochodną interakcji środowiska pracy, w jakim dane zadanie jest wykonywane, np. na ile jest ono obciążające dla kierowcy, co wynika z warunków drogowych (czytelność znaków, zagęszczenie reklam) lub rozmieszczenia informacji w samochodzie. W tym rozumieniu

jest przedmiotem zainteresowania osób związanych z inżynierią drogową i ergonomią. Wreszcie błąd człowieka może być pochodną cech osobowości, sprawności procesów przetwarzania informacji i koordynacji wzrokowo-ruchowej – czym zajmuje się psychologia transportu.

Niewątpliwie modele teoretyczne zachowania drogowego kierowcy stanowią tę płaszczyznę, na której w sposób kompleksowy, przy uwzględnieniu interakcji czynników na wielu poziomach, można rozpatrywać uwarunkowania błędu człowieka.

Modele teoretyczne zachowań drogowych kierowców stanowią tym samym ten poziom badań, na którym jest możliwe lokalizowanie kluczowych dla zacho-

wania kierowcy czynników i systematyzowanie wiedzy o interakcjach między nimi. Wiedza ta jest punktem wyjścia badań empirycznych i w efekcie pozwala na opracowywanie narzędzi służących zwiększeniu bezpieczeństwa na drodze – począwszy od prac nad wyświetlaczami przeziernymi czy rozmieszczeniem informacji na desce rozdzielczej, a kończąc na metodykach badań kierowców.

Za pierwszą próbę ujęcia zachowania kierowcy w model teoretyczny przyjmuje się pracę Gibsona i Crooksa [1]. Od tego czasu powstało wiele koncepcji, które w mniejszym lub większym stopniu zainteresowały badaczy i są rozwijane do dziś.

Modele zachowania kierowcy skupiają się na takich czynnikach jak osobowość, postawy, motywacja [2,3], doświadczenie, trening [2–4], stan psychofizyczny [2–4], świadomość sytuacyjna [5,6] czy intencjonalność [2,6]. Ponadto, w zależności od koncepcji teoretycznej, wszystkie wymienione czynniki są rozpatrywane z perspektywy albo opisowej, albo funkcjonalnej [7].

METODY PRZEGLĄDU

Psychologiczne modele zachowań kierowców mogą być rozpatrywane z perspektywy funkcjonalnej lub opisowej. Ten podstawowy podział był punktem wyjścia przeglądu literatury, który obejmował możliwie najdłuższy okres, począwszy od pracy Gibsona i Crooksa z 1938 r. [1], a skończywszy na pracach Wickensa z 2007 r. [5]. Wiedza ukierunkowana na rozbudowywanie modeli teoretycznych nie rozwija się tak dynamicznie jak badania empiryczne, jednak jest podstawą formułowania hipotez i wniosków z badań. Oczywiście psychologiczne modele zachowania kierowcy na drodze podlegają modyfikacjom. Z tego względu w niniejszym opracowaniu przedstawiono tylko te, które stanowią najbardziej aktualne podejście z danej perspektywy teoretycznej (funkcjonalnej bądź opisowej).

WYNIKI PRZEGLĄDU

Modele opisowe

Celem modeli opisowych jest jak najdokładniejsze określenie czynności kierowcy z uwzględnieniem zmiennych warunków środowiskowych. Według Michona [7] modele opisowe mają za zadanie jedynie rejestrować zachowania kierowcy bez rozpatrywania interakcji między jego poszczególnymi komponentami. Wartość pre-

dykcyjna tych modeli jest ograniczona, ponieważ nie uwzględniają one umiejętności operatorskich kierowcy, jego procesów motywacyjnych ani ograniczeń wynikających z warunków wykonywanych zadań (np. niskie vs wysokie wymagania zadania) [8]. Mimo tych ograniczeń modele te wywarły silny wpływ na badania nad zachowaniem kierowców [7,9].

Zachowanie kierowcy w ujęciu hierarchicznym

Podstawowym celem, jaki musi osiągnąć kierowca, jest bezpieczne przemieszczenie się z punktu A do punktu B. Żeby osiągnąć ten cel, w myśl podejścia hierarchicznego, podejmuje on decyzję na 3 następujących po sobie poziomach zachowania [7,10–12]. Najniższy z nich to poziom kontroli, nazywany także operacyjnym. Na tym poziomie decyzje są podejmowane w sposób automatyczny i opierają się na szybkiej reakcji na zachodzące w otoczeniu zmiany (np. zmiana pasa ruchu w sytuacji wymuszenia pierwszeństwa przez innego kierowcę).

Innymi przykładami działania na poziomie kontroli są: zmiana biegów, spojrzenie w lusterka przy zmianie pasa czy zatrzymanie się na czerwonym świetle – wymieniając tylko niektóre. Przetwarzanie na tym etapie jest więc związane z bezpośrednią interakcją otoczenia z działaniem kierowcy i można je opisywać w kontekście pętli sprzężenia zwrotnego działającego w myśl jednostki TOTE (test–operate–test–exit – sprawdzenie–działanie–sprawdzenie–wyjście) [13]. Przy tym sprzężeniu to ma miejsce nie tylko wewnątrz etapu kontroli, ale także między tym etapem a poziomem taktycznym.

Poziom kolejny, taktyczny, opiera się na kontroli działania i dotyczy tego, w jakim stopniu sytuacja na drodze jest opanowywana. Zachowania na tym poziomie są w mniejszym stopniu oparte o procesy zautomatyzowane. Podejmowanie decyzji na tym etapie jest ukierunkowane m.in. na unikanie przeszkód, kontrolowanie, kiedy i gdzie zmienić pas ruchu w celu przygotowania się do skrętu, czy też dopasowywanie prędkości pojazdu do warunków panujących na drodze. Przykładem takiego zachowania jest ustawienie się na odpowiednim pasie przed wjazdem na rondo.

Trzeci, ostatni, poziom działania ujęty w tym modelu jest określany jako strategiczny i nazywany także poziomem planowania. Obejmuje on decyzje, które są podejmowane z dłuższej perspektywy czasowej. Przykładem takich decyzji jest dokonanie wyboru, który uwzględnia takie czynniki jak zagęszczenie ruchu, rodzaj drogi, którą planowana jest podróż, wybór pory

dnia, o której planowana jest długotrwała podróż, a nawet to, czy decyzja o podróży w ogóle jest uzasadniona. Do czynników, które mogą modyfikować podejmowanie decyzji na tym poziomie, zalicza się m.in. dystans i czas przeznaczony na podróż czy informację o potencjalnym natężeniu ruchu podczas podróży (wynikającym np. z pory dnia).

Wszystkie decyzje przypisane do etapu strategicznego są więc podejmowane przed wejściem do samochodu. Podróż zaczyna się dużo wcześniej, zanim kierowca wsiądzie do samochodu. Zdaniem Michona [7] wraz z przebiegiem procesu uczenia się wykonywanie zadań w ruchu drogowym ewoluuje z poziomu ogólnego, wolnego i podlegającego łatwym modyfikacjom, do przetwarzania konkretnego, sztywnego i szybkiego.

Warto dodać, że w myśl modelu hierarchicznego podejmowane decyzje są związane z kryteriami, jakie są przyjmowane, żeby osiągnąć cel. Oznacza to, że jeżeli na poziomie strategicznym została podjęta decyzja o tym, żeby osiągnięcie celu podróży zajęło minimalną ilość czasu, to z reguły wybór padnie na samochód jako środek transportu, a nie na środki komunikacji miejskiej, prędkość przemieszczania się samochodu będzie oscylowała wokół maksymalnej dozwolonej prędkości, a częste zmiany pasów ruchu w celu wyprzedzenia jak największej liczby samochodów będą sprzyjały osiągnięciu celu podróży w teoretycznie krótszym czasie.

Ważne uzupełnienie modelu Michona [7] zostało zaprezentowane przez Rasmussena [14] oraz Rasmussena i wsp. [15], którzy opisują zachowanie kierowcy w kontekście stopnia zaangażowania zasobów w kontrolę działania. Zaproponowali oni, żeby decyzje kierowcy odnosić do 3 poziomów, które określili jako poziom umiejętności, poziom zasad i poziom wiedzy.

Zdaniem Rasmussena [14] poziom strategiczny obejmuje działanie oparte na wiedzy i zawiera w sobie takie komponenty, jak identyfikacja, decyzje i planowanie. Poziom taktyczny wykorzystuje działanie oparte na zasadach i zawiera takie komponenty, jak rozpoznawanie i kojarzenie. Wreszcie poziom kontroli zawiera w sobie tworzenie funkcji i automatyczną reakcję na bodźce [14,15]. Wraz ze spadkiem znajomości wykonywanego zadania kontrola działania przechodzi z poziomu umiejętności na poziom wiedzy.

Poziom wiedzy odgrywa szczególnie istotne znaczenie w sytuacjach nowych, kiedy zadanie stawiane przed kierowcą jest przez niego wykonywane pierwszy raz. Działanie na poziomie wiedzy opiera się na procesach w wysokim stopniu kontrolowanych i wymaga od kierowcy znacznego wysiłku poznawczego, ukie-

runkowanego na znalezienie właściwego rozwiązania w kontekście wymagań, jakie wynikają ze złożoności zadania.

W przypadku drugiego poziomu zachowanie odbywa się natomiast poprzez wdrażanie zasad, które kierowca musi stosować do wykonania znanych mu zadań. Działanie na tym poziomie opiera się na właściwym rozpoznaniu sytuacji i zastosowaniu właściwych zasad. Zaangażowanie poznawcze w działanie na tym poziomie jest duże i wymaga w wysokim stopniu aktywności procesów odpowiedzialnych za kontrolę poznawczą.

Ostatni poziom działania, określony jako poziom umiejętności, opiera się na rutynowych zachowaniach wynikających z nabytych wcześniej umiejętności. Zaangażowanie poznawcze na tym poziomie działania jest niskie, wykonywane czynności przebiegają w sposób automatyczny, a rozumowanie, jak to określa Rasmussen, jest nieświadome [14,15]. Model Rasmussena stanowił także podstawę rozróżnienia rodzaju błędów człowieka, które w swoich pracach przedstawił Reason [16].

Pętla sprzężenia zwrotnego jako podstawa zachowania kierowcy

W myśl tych modeli działanie kierowcy jest ukierunkowane, poprzez pętle sprzężenia zwrotnego, na kontrolę reakcji [17]. Zdaniem zwolenników tego podejścia modele te wprowadzają także płaszczyznę teoretyczną, pozwalającą na współpracę z modelami inżynierskimi, ukierunkowanymi na opracowanie systemów wsparcia przetwarzania informacji przez kierowcę [18].

Do kluczowych modeli sprzężenia zwrotnego zaliczane są Model Rozszerzonej Kontroli (Extended Control Model – ECOM) i Model Kontroli Opartej na Kontekście (Contextual Control Model – COCOM). Głównym założeniem sformułowanym przez autora obydwu modeli, Hollnagela [18,19], jest to, że do zrozumienia zachowania kierowcy nie jest potrzebne modelowanie procesów przetwarzania informacji, a wystarcza skupienie się na efektywności wykonywanych operacji, czyli wykonaniu. Innymi słowy, zdaniem Hollnagela działanie kierowcy jest nakreślone przez kontekst. Model Kontroli Opartej na Kontekście [18,19] został opracowany z myślą o organizacji kategorii wchodzących w skład działania kierowcy.

Na model COCOM składają się 3 główne komponenty: kompetencja (competence), kontrola (control) i konstrukty (constructs). Kompetencja odnosi się do możliwych działań, jakie może podjąć kierowca w kon-

tekście wymagań stawianych przez wykonywane zadanie. Kontrola (control) opisuje kolejność działania i sposób, w jaki kompetencja jest stosowana. Kontrola może być sprawowana zarówno na płaszczyźnie strategicznej, jak i taktycznej. Poziom określony jako konstrukty (constructs) odnosi się natomiast do tego, co system wie na temat sytuacji, w której działanie ma miejsce. Konstrukty stanowią sztuczny aspekt poznania w tym znaczeniu, że opierają się na konstrukcji czy też rekonstrukcji istotnych aspektów rzeczywistości.

Hollnagel [19] porównuje konstrukty do pojęcia schematów w rozumieniu Neissera [20] w tym sensie, że konstrukty stanowią podstawę selekcji i interpretacji informacji. Zasadniczym zadaniem kontroli jest więc planowanie działań w perspektywie krótkoterminowej. Planowanie to jest zależne od kontekstu działania, wiedzy i oczekiwań odnośnie do rozwoju sytuacji na drodze. Wynik kontroli prowadzi do następujących po sobie czynności, które z reguły są konstruowane niż z góry zdefiniowane.

Model COCOM został rozbudowany przez Hollnagela w postaci modelu ECOM [18,19]. Głównym założeniem modelu ECOM jest to, że na działanie kierowcy należy patrzeć nie z perspektywy zamkniętego koła, a raczej z perspektywy następujących po sobie działań i reakcji mających postać spirali.

Pętla śledzenia (tracking loop) opisuje działania niezbędne do utrzymywania samochodu w ramach czasowo-przestrzennych. Dotyczy to utrzymania zarówno właściwej prędkości i pozycji na drodze, jak i dystansu do pozostałych samochodów. Zadania na tym poziomie wykonywane są w sposób automatyczny – nie angażują znacznych zasobów uwagi ani nie wymagają wysiłku. W tym sensie działanie na tym poziomie jest charakterystyczne dla doświadczonych kierowców.

W przypadku osób, które dopiero zaczęły nabywać umiejętność prowadzenia pojazdu, wykonywane działania opierają się na regulacji procesów wykonania. Czynności na tym poziomie są wykonywane z reguły automatycznie, jednak zmienia się to wraz ze zmianą warunków drogowych. W myśl struktury działania przedstawionej w modelu ECOM kryteria działań wykonywanych na poziomie pętli śledzenia pochodzą z poziomu regulacji. Oznacza to, że większość działań operowanych na tym poziomie jest dobrze skoordynowana. Przykładem może być zastosowanie tempomatów czy innych systemów wspomagających prowadzenie pojazdu. Mimo niewątpliwych zalet tych systemów ich wadą jest zawodność w sytuacjach nowych i złożo-

nych – podobnie jak działanie autopilota w samolocie. W tym kontekście szczególnie sytuacja, w której następuje brak monitorowania otoczenia (utrzymywania świadomości sytuacyjnej), jest dla kierowcy dużym zagrożeniem.

Działania na poziomie pętli śledzenia wymagają zdefiniowania zarówno kryteriów wyboru określonych działań, jak i celów. Proces ten, jak już wcześniej wspomniano, odbywa się na poziomie regulacji. Poziom regulacji bezpośrednio poprzedza poziom śledzenia, uzupełniając go przez cele i kryteria działania. Operowanie na tym poziomie nie jest już jednak w pełni zautomatyzowane i wymaga od kierowcy regulacji działania w kontekście wykonywanych czynności. Działanie opiera się na planach i celach, które pochodzą z poziomu monitorowania. Przykładem działania na tym poziomie jest manewr wyprzedzania lub unikania przeszkód na drodze – czyli działania ukierunkowanego na osiągnięcie krótkoterminowych celów.

Podczas gdy operacje wykonywane na poziomie regulacyjnym mogą bezpośrednio prowadzić do realizacji celów związanych z poziomem śledzenia, to kolejny poziom – monitorowania – dotyczy głównie formułowania planów i celów działania. Przykładem takiego działania jest monitorowanie stanu pojazdu czy lokalizacja pojazdu na drodze. Hollnagel [18,19] podkreśla przy tym, że rolą wcześniejszych poziomów działania jest ocena pozycji samochodu na drodze, natomiast lokalizacja dotyczy oceny aktualnego położenia pojazdu z perspektywy podróży.

Najwyższy poziom działania obejmuje ustalenie celów podróży. Decyzje podjęte na tym poziomie determinują więc działanie na późniejszych etapach przetwarzania. Na przykład jeżeli kierowca zdecyduje się wyjechać później, niż początkowo zakładał, spowoduje to konieczność modyfikacji działania na poziomie regulacji i śledzenia, prowadząc do zwiększonego poziomu ryzyka.

Modele funkcjonalne

Celem podejścia funkcjonalnego jest opisanie zachowania kierowcy w zależności od rodzaju wykonywanych zadań i funkcji zachowania. Modele funkcjonalne skupiają się więc na opisywaniu tego, co i dlaczego kierowca robi. Obejmują one perspektywę zarówno procesów motywacyjnych, poznawczych, jak i zarządzania ryzykiem. Istotnym aspektem tych modeli jest także ukierunkowanie na przewidywanie zachowania kierowcy w kontekście określania czynników warunkujących błąd człowieka.

Model Fullera

Kluczowe w modelu Fullera [21] jest pojęcie trudności zadania (task difficulty). Wychodząc z założenia, że podstawowym zadaniem kierowcy jest osiągnięcie celu podróży przy jednoczesnym uniknięciu kolizji, okazuje się, zdaniem Fullera, że kluczowe dla procesu podejmowania decyzji przez kierowcę jest postrzeganie przez niego trudności, jakie mogą wystąpić podczas osiągnięcia założonego celu.

Fuller definiuje trudność zadania jako dynamicznie zmieniającą się zależność między wymaganiami wykonywanego zadania (task demands) na drodze a możliwościami kierowcy (drivers capability). W momencie, kiedy możliwości kierowcy przewyższają wymagania zadania, jest ono dla niego proste. Analogicznie w momencie, kiedy możliwości operatora równe są wymaganiom zadania, jest ono odbierane jako trudne. Wreszcie, kiedy możliwości nie spełniają wymagań zadania, jest ono odbierane jako zbyt trudne. Taka sytuacja prowadzi do utraty kontroli działania i może z dużym prawdopodobieństwem, zdaniem Fullera, skutkować kolizją [21]. Tak więc trudność zadania jest odwrotnie proporcjonalna do różnicy między wymaganiami zadania a możliwościami kierowcy.

Przy stałym poziomie możliwości każda okoliczność podwyższająca wymagania zadania przyczynia się więc do zmniejszenia marginesu bezpieczeństwa przez zwiększenie trudności zadania. Fuller do wyjaśnienia takiej relacji przytacza badania Vilolantiego i Marshalla dotyczące korzystania z telefonów komórkowych w trakcie prowadzenia samochodu, w których wykazano, że prawdopodobieństwo wypadku wzrasta wtedy 5-krotnie [21,22]. Moment, w którym wymagania zadania przewyższają możliwości operatora, nie jest jednak punktem, w którym nagle dochodzi do załamania działania i wypadku drogowego. Fuller raczej skłania się do stwierdzenia, że jest to moment, w którym dochodzi do stopniowego obniżenia działania, utraty świadomości sytuacyjnej czy kontroli nad pojazdem.

Do głównych czynników leżących po stronie możliwości kierowcy Fuller [21] zalicza: możliwości przetwarzania informacji, szybkość i dokładność reakcji, predyspozycje fizyczne i koordynację wzrokowo-ruchową. Na samym szczycie komponentów składających się na potencjał kierowcy Fuller umieścił wiedzę i umiejętności wynikające z treningu i doświadczenia.

Komponent wiedzy zawiera w sobie zarówno zasady związane z poruszaniem się na drodze, wiedzę proceduralną określającą, jakiego rodzaju czynność należy podjąć w określonych warunkach, jak i reprezentację

dynamicznie zmieniającej się sytuacji na drodze, dzięki czemu możliwa jest antycypacja zdarzeń.

Komponent możliwości jest ponadto zmienny, co jest uwarunkowane właściwościami indywidualnymi umieszczonymi po stronie czynnika ludzkiego. Wśród tych właściwości należy wymienić m.in. postawę, motywację, wysiłek, zmęczenie, senność, porę dnia, używanie substancji psychoaktywnych, emocje czy podatność na stres i poziom odczuwanego stresu. Czynniki te mogą obniżyć w sposób istotny możliwości operatora.

Należy także zwrócić szczególną uwagę, że w modelu tym komponenty związane z wymaganiami zadania i te przypisane możliwościom operatora oddziałują na siebie wzajemnie. Możliwości są zdeterminowane przez wiele zmiennych, wśród których jako najważniejsze Fuller wymienia poziom pobudzenia czy aktywacji. Na poziom pobudzenia wpływają m.in. czynniki endogenne, takie jak rytm dobowy. Także osoby z przewagą ekstrawersji, charakteryzujące się niskim poziomem pobudzenia, poprzez aktywne poszukiwanie bodźców zewnętrznych ukierunkowują swoje działanie na podniesienie poziomu pobudzenia.

Wymagania związane z wykonywanym zadaniem, będąc źródłem stymulacji zewnętrznej, mogą podnosić poziom pobudzenia i w ten sposób wpływać na wykonanie. Tego rodzaju sytuacja została opisana m.in. w badaniach Browna [23,24]. Wykazał on, że znużeni pokonywaną trasą kierowcy, u których występują objawy senności, wykazują skłonność do zwiększania prędkości pojazdu, podnosząc tym samym wymagania zadania. W rezultacie takie zachowanie prowadzi do wzrostu poziomu pobudzenia, co wpływa pozytywnie na poziom wykonania zadania.

Istnieje więc pewien optymalny poziom pobudzenia z perspektywy zarówno operatora, jak i utrzymania właściwego poziomu wykonania zadania. Oznacza to, że kierowca może w taki sposób modyfikować wymagania związane z zadaniem, żeby podtrzymywać optymalny poziom pobudzenia. Poziom pobudzenia określa więc w ten sposób poziom trudności zadania. Powoduje to, że osoby charakteryzujące się przewagą cech ekstrawertywnych będą w większym stopniu poszukiwały zwiększonej stymulacji zewnętrznej, akceptując przez to wyższy poziom wymagania zadania. Taka sytuacja może jednak skutkować większym prawdopodobieństwem utraty kontroli i kolizji na drodze.

Badania nad różnicami indywidualnymi przytaczane przez Fullera zdają się potwierdzać to przypuszczenie. Osoby charakteryzujące się wysokim poziomem cechy określanej jako poszukiwanie wrażeń (sensation

seeking) wykazują większą skłonność do przekraczania prędkości i wyprzedzania, preferują także krótkie podróże oraz – co kluczowe – są częstszymi sprawcami wypadków [25,26].

Przy bardzo niskim i bardzo wysokim poziomie wymagań zadania możliwości kierowcy mogą zacząć spadać i osiągać poziom poniżej wymagań zadania. Przykładem jest sytuacja, kiedy w warunkach niskich wymagań zadania kierowca staje się senny i zasypia za kierownicą. Badania de Waarda [27], de Waarda i Brookhuisa [28] oraz wcześniejsze Muldera [29] wskazują, że takie warunki wywołują u kierowców zachowania kompensacyjne, sprowadzające się do inwestowania większego wysiłku w wykonanie zadania.

Istotną funkcją komponentu możliwości jest także antycypacja zdarzeń, określana jako czytanie drogi w bliskiej perspektywie czasowej. Badania Quimby'ego i Wattsa [30] oraz Browna i Groegera [31] wskazują, że działanie niedoświadczonych kierowców w większym stopniu ogranicza się do reaktywnej kontroli niebezpieczeństwa na drodze, co sprawia, że w tej grupie obserwowana jest duża zmienność w poziomie wykonania zadania. To przekłada się z kolei na wysoki poziom subiektywnie odbieranej trudności zadania. Działanie doświadczonych kierowców w większym stopniu skupia się natomiast na przewidywaniu i unikaniu zagrożeń na drodze, np. poprzez dostosowywanie prędkości, zwiększonej czujności i podzielności uwagi. Takie funkcjonowanie doświadczonych kierowców sprawia, że obserwowana jest niewielka zmienność w poziomie wykonania zadania, co przekłada się na niższy poziom subiektywnie odbieranej trudności zadania. Co więcej, zdolność do antycypacji powoduje, że potencjalne zagrożenia są neutralizowane, zanim zostaną urzeczywistnione [21].

Teoria homeostazy ryzyka

Z perspektywy kierowcy jako operatora prawdopodobieństwo zdarzenia drogowego przybiera 2 wartości – 0 lub 1. Przy tym należy rozróżnić:

- Ryzyko obiektywne – definiowane jako prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku i szacowane post factum – opiera się więc na danych dotyczących wypadków drogowych. Przykładem takiego podejścia są analizy prowadzone przez policję, w których zwraca się uwagę na ryzyko wystąpienia zdarzenia drogowego w zależności od pory roku, pory dnia, warunków panujących na drodze czy też wieku kierowców.
- Ryzyko subiektywne – dotyczy, jak zresztą sama nazwa wskazuje, subiektywnej oceny kierowcy odnoszą-

nie do tego, jakie jest prawdopodobieństwo zdarzenia drogowego [32,33].

- Poczucie ryzyka – centralną rolę odgrywa w nim ocena afektywna [32–34]. W tym rozumieniu procesy zaangażowane w ocenę afektywną przebiegają w sposób automatyczny, szybszy i są ewolucyjnie starsze, podczas gdy ocena subiektywna opiera się na procesach poznawczych [34].

Teoria homeostazy ryzyka zakłada, że kierowca, żeby osiągnąć założony cel, przyjmuje pewien akceptowalny poziom ryzyka. Szacowanie ryzyka w trakcie prowadzenia samochodu przebiega w sposób ciągły, a jego poziom jest porównywany ze stanem pożądanym oraz, w przypadku powiększającej się różnicy między zakładanym a doświadczanym poziomem ryzyka, podejmowane są czynności zmierzające do zredukowania tej różnicy do zera.

Przy tym należy zwrócić uwagę, że w sytuacji, kiedy poziom subiektywnego ryzyka jest niższy od poziomu akceptowalnego, podejmowane są czynności mające na celu podwyższenie ekspozycji na ryzyko i na odwrót. W sytuacji, gdy subiektywnie doświadczane ryzyko jest wyższe niż poziom akceptowalny, podejmowane są działania mające na celu redukcję ryzyka. Tak więc koncepcja ta nie zakłada dążenia do jak najniższego poziomu ryzyka, lecz podkreśla potrzebę utrzymania stałego poziomu ryzyka oraz (w razie konieczności) minimalizowanie różnic między stanem pożądanym a doświadczanym.

Wilde [32,33] zależność tę opisał następująco: wraz ze zmianą prawdopodobieństwa ryzyka wypadku (np. spowodowanego zwiększeniem prędkości) wzrasta poziom potencjalnych strat i zysków. Większa prędkość oznacza krótszy czas podróży, ale jednocześnie zwiększa konsekwencje wypadku czy też prawdopodobieństwo otrzymania mandatu.

Posługując się dalej tym przykładem, można powiedzieć, że dla każdej wartości prędkości i subiektywnego ryzyka wypadku oczekiwany zysk netto jest określany przez różnicę między oczekiwanym zyskiem a stratami. Zarówno oczekiwane zyski, jak i poniesione straty wyrażone są w taki sposób, że zysk netto rośnie do pewnego momentu, po którym następuje spadek. Przy prędkości 0 km/h lub braku ryzyka zysk netto wynosi również 0. Analogicznie przy zbyt dużej prędkości oczekiwane straty są większe niż zysk, a tym samym zysk netto spada poniżej 0. Oznacza to, że zachowania skrajne powinny być unikane. Dotyczy to zarówno minimalizowania, jak i maksymalizowania ryzyka wypadku. Zdaniem Wilde'a [32] kierowcy powinni mak-

symalizować zysk netto poprzez utrzymywanie ryzyka wypadku powyżej 0.

Swoją koncepcję Wilde [32,33] oparł na badaniach Taylora [35], w których ustalono, że pobudzenie kierowcy, oceniane za pomocą reakcji skórno-galwanicznej, w określonych fragmentach drogi jest dodatnio związane z prawdopodobieństwem wypadku i ujemnie z prędkością. Taki wynik sugeruje, że kierowcy dążą do utrzymania stałego poziomu pobudzenia w danych jednostkach czasu poprzez dostosowywanie prędkości do określonych fragmentów drogi, czyli ryzyka wypadku. Wilde wynik ten interpretuje następująco – poziom oceny subiektywnego ryzyka dokładnie odzwierciedla poziom obiektywnego ryzyka w poszczególnych fragmentach drogi i determinuje przez to poziom pobudzenia, wymuszając tym samym korektę działania.

Zdaniem Wilde'a [32,33] poziom ryzyka, jaki ludzie są skłonni zaakceptować, zależy od 4 czynników:

1. Oczekiwany zysk związany z wyborem zachowania ryzykownego – np. zyskiwanie na czasie poprzez zwiększenie prędkości, wykonanie ryzykownego manewru, żeby zwalczyć nudę.
2. Oczekiwane straty związane z wyborem zachowania ryzykownego – np. mandaty, koszty związane z uszkodzeniem samochodu czy zwiększenie składki ubezpieczeniowej będącej efektem spowodowania wypadku.
3. Oczekiwany zysk związany z wyborem zachowania bezpiecznego – np. zmniejszenie składki ubezpieczeniowej za bezszkodową jazdę.
4. Oczekiwane straty związane z wyborem zachowania bezpiecznego – np. stosowanie niewygodnych pasów bezpieczeństwa, strata czasu czy bycie nazywanym „tchórzem” przez innych uczestników ruchu drogowego.

Podsumowując, im wyższe wartości w ww. punktach 1. i 4., tym wyższy poziom akceptowalnego ryzyka. Wraz ze wzrostem wartości w kategoriach 2. i 3. poziom ryzyka będzie natomiast malał. Tak więc poziom ryzyka rośnie wraz z równoległym wzrostem zachowań przypisanych do punktów 1. i 2. oraz spadkiem zachowań przypisanych do punktów 3. i 4. Wilde [32,33] podkreśla przy tym, że poziom akceptowalnego ryzyka nie należy rozpatrywać jako czegoś, co jest skrupulatnie kalkulowane przez człowieka. Raczej, jak twierdzi Wilde, poziom ten jest szacowany intuicyjnie.

Teoria marginesu bezpieczeństwa

Inną perspektywę w rozpatrywaniu czynników warunkujących podejmowanie decyzji i zachowanie w ru-

chu drogowym zaproponowali Näätänen i Summala [36–38].

Centralnym punktem tej koncepcji jest pojęcie „monitora subiektywnego ryzyka”. Badacze ci argumentują, że sama koncepcja ryzyka jest niewystarczająca do wyjaśniania zachowania kierowcy, twierdząc jednocześnie, że kierowcy wiedzą, w jaki sposób działać, żeby unikać wypadku. Zachowanie kierowcy jest natomiast zdeterminowane przez umiejętność zachowania marginesu bezpieczeństwa rozumianego jako „odległość” kierowcy od zagrożenia [36–38].

W myśl tej teorii kierowca porównuje dystans, jaki go dzieli od niebezpieczeństwa (do progu subiektywnego marginesu bezpieczeństwa), po czym, gdy próg ten zostanie przekroczony, kierowca podejmuje określone działania. W momencie przekroczenia granicy bezpieczeństwa kierowca doświadcza niekomfortowego dla siebie uczucia strachu, co powoduje nagłą zmianę zachowania.

Innymi słowy, podczas kierowania pojazdem kierowca jest skupiony na antycypowaniu ryzyka, przez co jego działanie jest ukierunkowane na unikanie nieprzyjemnych doznań wywołanych przez strach. Tak więc subiektywne ryzyko zarówno może być doświadczane w odniesieniu do percepcji teraźniejszej sytuacji na drodze, jak i odnosić się do procesów związanych z oczekiwaniem określonych zdarzeń.

Monitor subiektywnego ryzyka jest w tym modelu rozumiany jako komponent podlegający aktywacji, a którego rola polega na generowaniu różnych poziomów subiektywnego ryzyka, także strachu. Dzieje się to w zależności od znaczenia i natury ryzyka doświadczanego w kontekście zdarzeń teraźniejszych czy też oczekiwanych. Siła aktywacji „monitora subiektywnego ryzyka” zależy od 2 czynników – subiektywnego prawdopodobieństwa wystąpienia przykrego zdarzenia i subiektywnego znaczenia określonego zdarzenia dla kierowcy.

Model SEEV

Ostatni z prezentowanych modeli teoretycznych, który pokazuje mechanizmy odpowiedzialne za działanie kierowcy z innej perspektywy, został opracowany przez zespół kierowany przez Wickensa [5,39]. W tym modelu, w przeciwieństwie do wcześniej omówionych, największy nacisk położono na rolę procesów przetwarzania informacji.

W swoim podejściu Wickens i wsp. zakładają istotną rolę 2 perspektyw – dynamiki otoczenia, w jakim musi działać kierowca, i złożoności odnoszącej się do ograniczonych zasobów poznawczych, jakimi dyspo-

nuje operator. Interakcja obu tych komponentów powoduje, że w sytuacji drogowej dochodzi do momentu, kiedy istotne obiekty i zdarzenia, które w warunkach niezakłóconych byłyby spostrzeżone, są pomijane. Pomijanie istotnych elementów może być spowodowane działaniem 2 mechanizmów – ślepoty pozauwagowej i ślepoty na zmiany. Obydwa odnoszą się do błędów w dostrzeżeniu obiektów, zdarzeń lub też cech obiektów, które w niezakłóconych warunkach byłyby zauważone. Ślepotą pozauwagową odnosi się do sytuacji, kiedy ktoś patrzy na dany obiekt, ale go nie zauważa [39,40]. Wickens jako przykład takiego działania podaje sytuację, kiedy kierowca wykonujący manewr skrętu w lewo nie zauważa nadjeżdżającego samochodu. Ślepotą na zmiany odnosi się natomiast do błędu polegającego na niezauważeniu zmian w polu widzenia. Jako przykład podawana jest sytuacja, gdy kierowca nie zauważa przechodnia, ponieważ jego uwaga była zaangażowana gdzie indziej [39,40].

W modelu SEEV (objaśnienie skrótu poniżej) celem jest przewidywanie zaangażowania uwagi kierowcy w różne obszary zainteresowania (area of interest – AOI). W myśl modelu SEEV celem przeszukiwania wzrokowego jest przełączanie kluczowych informacji w centralny obszar widzenia (foveal vision). Przeszukiwanie wzrokowe jest zdefiniowane przez 4 komponenty – przebiegające w sposób oddolny wyrazistość (saliency – S) i wysiłek (effort – E) oraz przebiegające w sposób odgórny oczekiwanie (expectancy – E) i wartość (value – V).

Wyrazistość (saliency) opiera się na tych mechanizmach, które sprawiają, że uwaga jest przechwytywana przez te zdarzenia, które charakteryzują się pewnymi cechami decydującymi o ich istotności [41]. Migające światła, przechodzień ubrany w jasny strój, stojący na tle ciemnego muru czy też światła hamowania zapalające się nagle w samochodzie poruszającym się z przodu – są przykładami takich obiektów, które charakteryzują się cechami przyciągającymi uwagę, czyli są wyraziste. Przy tym to, czy zdarzenia będą odbierane jako istotne, zależy także od umiejscowienia ich obrazu na siatkówce [42,43].

Wysiłek (effort) rozumiany jest jako komponent „hamujący” w tym sensie, że określa zakres przeszukiwania wzrokowego między odległymi od siebie lokalizacjami. Wraz ze wzrostem fizycznej odległości między 2 źródłami informacji czy też czasem potrzebnym na uzyskanie koniecznych z punktu widzenia kierowcy informacji wskaźnik przeszukiwania wzrokowego maleje. Podobna sytuacja ma miejsce w warunkach wyso-

kiego obciążenia pracą, co sugeruje, że wysiłek poświęcony na dostarczenie informacji kierowcy jest ograniczony ilością dostępnych zasobów i konkurencyjnością zadań równoległych.

Oczekiwanie (expectancy) to wymiar opisujący skłonność kierowcy do kierowania uwagi na te źródła informacji, które są istotne z punktu widzenia wykonywanego zadania. Oczekiwanie stanowi kluczowy komponent przeszukiwania wzrokowego, umożliwiając kierowcy dostarczenie kluczowych informacji we właściwym czasie.

Wartość (value) dotyczy tendencji kierowcy do poszukiwania tych informacji, które są ważne z punktu widzenia wykonywanego zadania lub też których pominięcie może okazać się kosztowne. W tym rozumieniu w przypadku wykonywania manewru zmiany pasa ruchu na inny istotna jest dostępność informacji z lusterek bocznych i wstecznego, natomiast z perspektywy całego zadania większą wartość mają czynności ukierunkowane na bezpieczną zmianę pasa ruchu w porównaniu z aktywnością poświęconą na sterowanie pojazdem.

Łączny wpływ wyżej wymienionych czynników został wyrażony równaniem [39]:

$$P(A) = s(S) - ef(EF) + ex(EX) + v(V) \quad (1)$$

gdzie:

P(A) – prawdopodobieństwo zwrócenia uwagi w określonym obszarze zainteresowania (AOI),

S (wyrazistość) i EX (oczekiwanie) – właściwości poszczególnych obszarów zainteresowań (AOI) w obrębie pola widzenia,

EF – odległość między którymkolwiek z dwóch AOI,

V – wartość czy też ważność zadań wynikających z AOI,

s, ef, ex, v – siły poszczególnych komponentów w kierowaniu uwagą.

Dwa komponenty, które przebiegają w kierunku top-down (EX i V), mogą być rozumiane jako mające znaczenie dla optymalnego przydzielania uwagi i „budowania” obrazu umysłowego wykonywanego przez kierowcę zadania. Przeciwnie S i EF, które mogą być postrzegane jako czynniki zakłócające, mające znaczenie dla przeszukiwania wzrokowego pod warunkiem, że są bezpośrednio skorelowane z EX i V.

WNIOSKI

W niniejszej pracy przedstawiono kluczowe modele teoretyczne wyjaśniające zachowania kierowców na

drodze. Kolejność przedstawiania tych modeli została ustalona w taki sposób, żeby umożliwić rozpatrywanie czynników odpowiedzialnych za działanie kierowcy na różnych, wzajemnie uzupełniających się poziomach. Oznacza to, że przedstawione modele teoretyczne nie są alternatywne względem siebie, a rozpatrują zachowanie kierowcy z różnych perspektyw.

Celem modeli opisowych jest jak najdokładniejsze określenie czynności kierowcy z uwzględnieniem zmiennych warunków środowiskowych. Według Michona (1985) [7] modele opisowe mają jedynie za zadanie rejestrować zachowania kierowcy bez rozpatrywania interakcji między poszczególnymi jego komponentami. Wartość predykcyjna tych modeli jest ograniczona, ponieważ nie uwzględniają one umiejętności operatorskich kierowcy, jego procesów motywacyjnych i ograniczeń wynikających z warunków wykonywanych zadań (np. niskie vs wysokie wymagania zadania) [8].

Mimo wyżej wymienionych ograniczeń modele te wywarły jednak silny wpływ na badania nad zachowaniem kierowców [7,9]. Celem podejścia funkcjonalnego jest opisanie zachowania kierowcy w zależności od rodzaju wykonywanych zadań i funkcji zachowania. Modele funkcjonalne skupiają się więc na opisywaniu tego, co i dlaczego kierowca robi. Obejmują one perspektywę zarówno procesów motywacyjnych, poznawczych, jak i zarządzania ryzykiem. Istotnym aspektem tych modeli jest także ukierunkowanie na przewidywanie zachowania kierowcy w kontekście określania czynników warunkujących błąd człowieka.

Oczywiście każdy z prezentowanych modeli charakteryzuje się określoną użytecznością. Podejście hierarchiczne jest szczególnie wartościowe ze względu na to, że ujmuje działania kierowcy z perspektywy czasowej. Spojrzenie na działanie kierowcy z perspektywy nie tylko bieżącej aktywności, ale także czynności poprzedzających dane działanie (np. planowanie podróży, przygotowanie się do podróży) pozwala na lepsze zrozumienie udziału czynnika ludzkiego w przyczynach zdarzeń drogowych. Jednocześnie zbyt duża ogólność uzasadnia konieczność uzupełnienia o inne modele (np. modele poznawcze).

Podejście zaproponowane przez Hollnagela [18] wydaje się szczególnie atrakcyjne ze względu na wykazanie złożoności komponentów składających się na zachowanie na drodze, a ujęcie ich w sposób interakcyjny pozwala spojrzeć na przyczyny zdarzeń drogowych z perspektywy wielowymiarowej. W modelach funkcjonalnych szczególnie nacisk kładzie się na rolę

cech indywidualnych kierowcy w wykonywaniu zadań operatorskich. Rozważa się w nich zachowanie kierowcy z perspektywy interakcji człowieka z otoczeniem, z uwzględnieniem procesów motywacyjnych wynikających z cech osobowości czy też sprawności poznawczej. W tym sensie modele te są o wiele bardziej użyteczne w zrozumieniu zachowania kierowcy z perspektywy diagnostycznej.

Wydaje się, że najdynamiczniej rozwijającym się podejściem teoretycznym, mającym na celu wyjaśnianie zachowania kierowcy na drodze, jest podejście poznawcze ze szczególnym zwróceniem uwagi na koncepcję świadomości sytuacyjnej. Jest to niewątpliwie podyktowane rozwojem nauk poznawczych. Modele hierarchiczne stanowią wciąż atrakcyjne tło przedstawiania działania kierowcy i – mimo upływu czasu od pierwszych publikacji przedstawiających to podejście – zdają się wciąż użyteczne w lepszym rozumieniu czynników odpowiedzialnych za zachowanie kierowcy na drodze.

PIŚMIENNICTWO

1. Gibson J.J., Crooks L.E.: A theoretical field-analysis of automobile-driving. *Am. J. Psychol.* 1938;51(3):453–471, <https://doi.org/10.2307/1416145>
2. Näätänen R., Summala H.: A model for the role of motivational factors in drivers' decision-making. *Accid. Anal. Prev.* 1974;6(3–4):243–261, [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(74\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0001-4575(74)90003-7)
3. Rumar K.: *Transport safety visions, strategies and targets: Beyond 2000.* European Transport Safety Council, Brussels 1999
4. Fuller R.: Towards a general theory of driver behaviour. *Accid. Anal. Prev.* 2005;37(3):461–472, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2004.11.003>
5. Wickens C.D.: Situation awareness: Review of Mica Endsley's 1995 articles on situation awareness theory and measurement. *Hum. Factors* 2008;50(3):397–403, <https://doi.org/10.1518/001872008X288420>
6. Hollnagel E., Näbo A., Lau I.V.: A systemic model for driver-in-control. W: *University of Iowa [red.]. Proceedings of the 2nd International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*; 21–24 lipca 2003, Park City, USA. University, Iowa 2003, ss. 87–91
7. Michon J.A.: A critical review of driver behaviour models. W: *Evans L., Schwing R.G. [red.]. Human behavior and traffic safety.* Plenum Press, New York 1985, ss. 485–520
8. Carsten O.: From driver models to model ling the driver: What do we really need to know about the driver? W: *Cac-*

- ciabue P.C. [red.]. *Modelling driver behaviour in automotive environments*. Springer, London 2007, ss. 105–120
9. Parasuraman R., Riley V.: Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Hum. Factors* 1997;39(2):230–253, <https://doi.org/10.1518/001872097778543886>
10. Janssen W.H.: [Modelling driver's risk taking behavior]. W: Cacciabue C. [red.]. [Modelling driver behaviour in automotive environments: Critical issues in driver interactions with intelligent transport systems]. Springer-Verlag, London 2007, ss. 135–146. Po holendersku
11. Michon J.A.: Telling road users who they are and what they do: Can they profit? *Int. Rev. Appl. Psychol.* 1980; 29(4):399–413, <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.1980.tb01103.x>
12. Summala H.: Accident risk and driver behaviour. *Saf. Sci.* 1996;22(1–3):103–117, [https://dx.doi.org/10.1016/0925-7535\(96\)00009-4](https://dx.doi.org/10.1016/0925-7535(96)00009-4)
13. Miller G.A., Galanter E., Pribram K.H.: *Plany i struktura zachowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1980
14. Rasmussen J.: *Information processing and human-machine interaction*. North-Holland, Amsterdam 1986
15. Rasmussen J., Pedersen A.M., Goodstein L.: *Cognitive engineering: Concepts and applications*. Wiley, New York 1995
16. Reason J.: *Human error*. Cambridge University Press, Cambridge 1990, <https://doi.org/10.1017/CBO9781139062367>
17. Fastenmeier W., Gstalter H.: Driving task analysis as a tool in traffic safety research and practice. *Saf. Sci.* 2007;45(9): 952–979, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.08.023>
18. Hollnagel E.: *Models of cognition: Procedural prototypes and contextual control*. *Trav. Hum.* 1993;56(1):27–51
19. Hollnagel E.: *Context, cognition and control*. W: Waern Y. [red.]. *Co-operation in process management – Cognition and information technology*. Taylor Francis, London 1998, ss. 27–51
20. Neisser U.: *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*. W.H. Freeman, San Francisco 1976
21. Fuller R.: A conceptualization of driving behavior as threat avoidance. *Ergonomics* 1984;27(11):1139–1155, <https://doi.org/10.1080/00140138408963596>
22. Violanti J.M., Marshall J.R.: Cellular phones and traffic accidents: An epidemiological approach. *Accid. Anal. Prev.* 1996;28(2):265–270, [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00070-4](https://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00070-4)
23. Brown I.D.: Driver fatigue. *Hum. Factors* 1994;36(2): 298–314
24. Brown I.D.: *Methodological issues in driver fatigue research*. W: Hartley L. [red.]. *Fatigue and driving: Driver impairment, driver fatigue and driving simulation*. Taylor and Francis, London 1995, ss. 155–166
25. Jonah B.A.: Sensation seeking and risky driving: A review and synthesis of the literature. *Accid. Anal. Prev.* 1997;29(5):651–665, [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00017-1](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00017-1)
26. Loo R.: Role of primary personality factors in the perception of traffic signs and driver violations and accidents. *Accid. Anal. Prev.* 1979;11(2):125–127
27. De Waard D.: *Mental workload*. W: Fuller R., Santos J.A. [red.]. *Human factors for highway engineers*. Pergamon, Oxford 2002, ss. 161–176
28. De Waard D., Brookhuis K.A.: *On the measurement of driver mental workload*. W: Rothengatter T., Carbonell Vaya E. [red.]. *Traffic and transport psychology: Theory and application*. Elsevier Science, Oxford 1997, ss. 161–172
29. Mulder G.: *The concept and measurement of mental effort*. W: Hockey G.R.J., Gaillard A.W.J., Coles M.G.H. [red.]. *Energetics and human information processing*. Martinus Nijhoff, Dordrecht 1986, ss. 175–198
30. Quimby A.R., Watts G.R.: *Human factors and driving performance*. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne 1981
31. Brown I.D., Groeger J.A.: Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status. *Ergonomics* 1988;31(4):585–597, <https://doi.org/10.1080/00140138808966701>
32. Wilde G.J.S.: Risk homeostasis theory: An overview. *Inj. Prev.* 1998;4(2):89–91, <https://doi.org/10.1136/ip.4.2.89>
33. Wilde G.: *Target risk 2: A new psychology safety and health*. PDE Publications, Toronto 2001
34. Slovic P., Finucane M.L., Peters L.E., MacGregor D.G.: Risk as analysis and risk as feelings: Some thoughts about affect, reason, risk, and rationality. *Risk Anal.* 2004; 24(2):311–322, <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00433.x>
35. Taylor D.H.: Drivers' galvanic skin response and the risk of accident. *Ergonomics* 1964;7(4):439–451, <https://doi.org/10.1080/00140136408930761>
36. Näätänen R., Summala H.: *Zachowanie użytkowników dróg a wypadki drogowe*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1985
37. Summala H.: Risk control is not risk adjustment: The zero-risk theory of driver behaviour and its implications. *Ergonomics* 1988;31(4):491–506, <https://doi.org/10.1080/00140138808966694>
38. Summala H., Näätänen R.: *The zero-risk theory and overtaking decisions*. W: Rothengatter J.A., Bruin R.A. [red.]. *Road user behaviour: Theory and research*. Van Gorcum, Assen 1988, ss. 82–92
39. Horrey W.J., Wickens C.D., Consalus K.P.: *Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with*

- in-vehicle technologies. *J. Exp. Psychol. Appl.* 2006;12(2): 67–78, <https://doi.org/10.1037/1076-898X.12.2.67>
40. O'Regan J.K., Rensink R.A., Clark J.J.: Change-blindness to scene changes caused by “mudsplashes”. *Nature* 1999;398:34, <https://doi.org/10.1038/17953>
41. Itti L., Koch C.: A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vis. Res.* 2000;40:1489–1506, [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00163-7](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00163-7)
42. Nikolic M.I., Orr J.M., Sarter N.B.: Why pilots miss the green box: How display context undermines attention capture. *Int. J. Aviat. Psychol.* 2004;14(1):39–52, https://doi.org/10.1207/s15327108ijap1401_3
43. Sarter N.B., Mumaw R.J., Wickens C.D.: Pilots' monitoring strategies and performance on automated flight decks: An empirical study combining behavioral and eye-tracking data. *Hum. Factors* 2007;49(3):347–357, <https://doi.org/10.1518/001872007X196685>