

# Wybrane aspekty pomiaru zakłóceń ruchu pojazdów ze szczególnym uwzględnieniem przedmiotowej problematyki w sieci drogowej

Ireneusz Celiński, Grzegorz Sierpiński

*W artykule przedstawiono wybrane problemy dotyczące licznych gałęziowych prób definiowania oraz pomiaru zjawiska zakłócenia pojazdów w ruchu. W krótkiej formie przedstawiono definicje zakłócenia pojazdów w ruchu kolejowym, lotniczym i drogowym. Szczególną uwagę poświęcono przedmiotowej problematyce w odniesieniu do ruchu drogowego dla którego inne gałęzie transportu stanowią kontekst odniesienia. Autorzy zaproponowali ponadto propozycję metodyki identyfikacji zakłóceń pojazdów w ruchu drogowym poprzez obserwację zachowań kierujących pojazdami. Proponowana metodyka kładzie nacisk na behawioralne aspekty omawianego zagadnienia poprzez zmianę perspektywy odniesienia oraz sposobu oceny.*

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW

data zgłoszenia do redakcji: 29.05.2012

data akceptacji do druku: 02.07.2012



dr inż. Grzegorz Sierpiński  
Katedra Inżynierii Ruchu,  
Wydział Transportu,  
Politechnika Śląska  
grzegorz.sierpinski@polsl.pl



mgr inż. Ireneusz Celiński  
Katedra Inżynierii Ruchu,  
Wydział Transportu,  
Politechnika Śląska  
ireneusz.celinski@polsl.pl

Zwięzłą definicję terminu zakłócenie (ang. disruption) podaje angielski słownik Oxford Dictionary, zgodnie z którą: „jest to przerwa w zdarzeniu, aktywności lub procesie spowodowana dowolną przyczyną jej powstania” [26]. Ogólnie zakłócenie jest przerwą w czasie realizacji procesu ciągłego. Szeroko rozumiane zdarzenia i procesy w systemach transportowych są stosunkowo dobrze rozpoznane i opisane w literaturze [18]. Powyższego wniosku nie można odnieść bezpośrednio do terminu zakłócenia w procesach ruchu drogowego. Jest tak mimo tego, że termin zakłócenia w procesach transportowych ma odzwierciedlenie w bogatej literaturze przedmiotu na przestrzeni ponad 60 lat. Przedmiotowy niedostatek wynika przede wszystkim z braku jednoznacznie sformułowanych sposobów pomiaru wartości miar zakłóceń jak to ma miejsce np. w ruchu drogowym. Wynika on również z innych przeszkód, np. natury technicznej,

uniemożliwiających dokładne oszacowanie miar zakłócenia ruchu. Zdaniem autorów sposoby określania miar zakłóceń pojazdów w sieciach transportowych stosowane obecnie obciążone są trudnym do oszacowania błędem(ami). Przyczyną takiego stanu rzeczy w ruchu drogowym jest wiele – podstawową i najważniejszą jest pomijanie w analizach ruchu drogowego wielu zdarzeń związanych z różnorodnymi zakłóceniami. Ponadto zwraca uwagę niemożliwość rejestracji pewnych zakłóceń ruchu w obecnych systemach pomiarowo-detekcyjnych sieci drogowych. Problemy oceny zakłóceń w ruchu drogowym są więc zarówno natury subiektywnej jak również obiektywnej. Dla przykładu, można postawić pytanie: jak zmierzyć we współczesnych systemach sterowania ruchem drogowym, systemach monitoringu, takie procesy, jak np. hamowanie związane z zakłóceniem wynikającym z zachowania kierującego pojazdem na drodze? Osoba korzystająca z telefonu komórkowego, w trakcie jazdy, zwalnia z reguły prędkość pojazdu, a więc i cały strumień ruchu (abstrahując od kwestii prawnych związanych z tym przypadkiem). Jest tu zawarty problem obiektywny – związany z brakiem urządzeń rejestrujących tego typu zakłócenia. Subiektywne problemy oceny zakłóceń wynikają z nadmiernego uproszczenia lub pominięcia problemów skorelowanych z tymi charakterystykami.

W artykule przedstawiono wybrane aspekty problematyki analizy zakłóceń w ruchu nie tylko drogowym, aczkolwiek inne gałęzie transportu stanowią wyłącznie tło kontekstowe poruszanych tu zagadnień. Zakłócenia w ruchu sklasyfikowano bez ich rodzajowego podziału, w zależności od konsekwencji materialnych i pozamaterialnych tj. na wypadki, kolizje i konflikty. Omówione wybrane definicje zakłócenia w ruchu lotniczym i kolejowym są istotnym elementem

odniesienia dla analogicznych definicji w ruchu drogowym. Jest to jedna z możliwych, przykładowych taksonomii przedmiotowego problemu.

Zakłócenia, jak wspomniano wyżej, traktowane są w niniejszym tekście jako dowolna niezaplanowana przerwa w procesie ruchu lub ewentualnie zmiana parametrów ruchu pojazdów (w przypadkach, gdy trudno jest oszacować taką przerwę). Autorzy proponują wykonanie zdecydowanego kroku „do przodu” i kwalifikowanie jako konfliktów w ruchu drogowym również wybranych zachowań uczestników ruchu drogowego. Transport, jako interdyscyplinarna dziedzina wiedzy, korzysta z osiągnięć obserwowanych na innych polach nauki. Trudno nie dostrzec intensywnych prac, które w ostatnich latach realizowane są w dziedzinach systemów informacyjnych, neurobiologii i kognitywistyce. Prace te umożliwią w najbliższej przyszłości włączenie szerokiego spektrum analiz, prowadzonych w chwili obecnej w wyżej wymienionych dziedzinach nauki, do inżynierii ruchu drogowego. Przyszłością inżynierii ruchu i motoryzacji są systemy inteligentne. Jest to pozorny truizm – ogrom możliwych badań i przedsięwzięć w tej dziedzinie jest trudny do oszacowania w chwili obecnej. Pytania w materii wdrażania systemów inteligentnych w transporcie należy stawiać głównie na płaszczyźnie „jak” i „w jakim celu”, a nie „czy” i „kiedy”. Ogólnie można założyć, że dalsze prace w przedmiocie poruszanego problemu powinny być rozwijane również w kierunku badań behawioralnych (być może przede wszystkim w tym kierunku).

## Pojęcie zakłócenia w ujęciu różnych gałęzi transportu

Historycznie pierwsze prace związane z badaniem zakłóceń w procesach ruchu realizo-

wane były w ramach studiów i analiz w zakresie ruchu kolejowego. Autorzy abstrahują tu od prac ściśle związanych z badaniami ruchu, gdzie pewnego rodzaju pionierskich prac można doszukiwać się w tym zakresie w dziedzinie ruchu drogowego. Należy podkreślić, że w dziedzinie szerokiego opisu zakłóceń ruchu, historycznie widoczny jest prymat kolejnictwa. Wynika on wprost z faktu, że problemy w zakresie przepustowości sieci transportowych pojawiły się najwcześniej w ruchu kolejowym. Dobite motto dotyczące istoty zakłóceń w ruchu kolejowym sformułował J. Węgierski używając w tym celu stwierdzenia: „dobry ruch kolejowy to ruch płynny” [36]. Kontynuacją prac J. Węgierskiego były badania prowadzone przez J. Wocha w ramach rozwijania systemu SOUT (System Oceny Układów Torowych) [38]. W bibliografii zachodniej, w tym okresie zwracają uwagę głównie prace realizowane w tym temacie przez R. Potthoff'a [27].

W ruchu kolejowym zakłócenie definiowane jest jako regulacja trasy pociągu na etapie konstrukcji harmonogramu ruchu pociągów [38]. W odróżnieniu od ruchu drogowego zakłócenia te, jako zmienne deterministyczne, są zapisywane w systemie transportowym „a priori” w postaci harmonogramu ruchu. Oczywistym jest, że na etapie realizacji procesu transportowego w ruchu kolejowym pojawiają się kolejne zakłócenia – losowe. Ruch kolejowy jest ruchem regulowanym – stąd powyższe podejście. Miarą zakłócenia w ruchu kolejowym jest funkcja oczekiwanej płynności ruchu wyrażona wzorem [38]:

$$\bar{r}(q) = q_n - q_m = (1 - \bar{p}(q_n)) \cdot q_n \quad (1)$$

gdzie:

- $q$  – intensywność ruchu [poc./dobę],
- $n, m$  – liczba pojazdów niezakłóconych i odpowiednio zakłóconych,
- $p(q)$  – prawdopodobieństwo wystąpienia zakłócenia (regulacji ruchu),
- $(1-p(q))$  – prawdopodobieństwo płynnego przejazdu (bez regulacji ruchu).

Zdaniem autorów badanie zakłóceń w ruchu kolejowym jest stosunkowo jasno określone i wpisane w stosowane powszechnie procedury jego organizacji.

Ruch drogowy w odróżnieniu od kolejowego jest samoregulującym się procesem transportowym. W tym sensie zakłócenia ruchu nie mogą być dokładnie ocenione „a priori” – możliwości takie występują głównie na podstawie oceny dysfunkcyjności w sieci drogowej „a posteriori”.

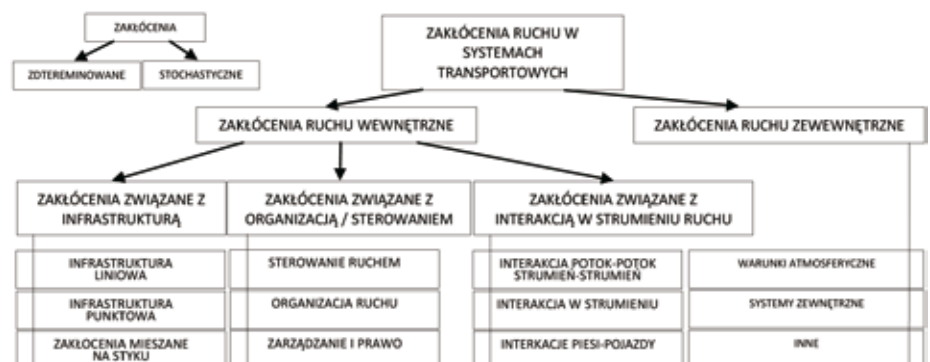
Poważne utrudnienia w ruchu drogowym pojawiły się później aniżeli w ruchu kolejowym – związane były z „boomem” samochodowym w latach 60. i 70. XX wieku. Trudno

jednoznacznie wskazać definicje zakłócenia ruchu w sieci drogowej. Można traktować jako takie pochodne zakłóceń w postaci kolejki pojazdów, która jest pewną miarą tego procesu. Zjawisko kolejek w ruchu drogowym opisywał Height w latach 60-tych XX wieku [7]. Nie tylko kolejki mogą być miarą i ilustracją zakłóceń w ruchu drogowym. Inne charakterystyki ruchu drogowego związane z zakłóceniami definiowali Drew [6] i Haide-mann [10]. Tym niemniej są to pewne miary pochodne zależne od charakteru procesu zakłóceń pojazdów w ruchu. Sama definicja zakłócenia w ruchu jest trudna do określenia z uwagi na trudności w oszacowaniu wartości miar tego zjawiska. Próbę definicji zakłócenia podjęto w różnych aspektach w pracach [31], [32], [33], [34]. Przykładowa definicja zakłócenia: „(...) pojazd uznany za zakłócony to taki, który przejeżdżając dany, jednorodny geometrycznie odcinek układu komunikacyjnego drogi wielopasowej zmienia prędkość jazdy o pewną wartość, ustaloną na podstawie badań empirycznych, a także zmienia trajektorię jazdy” [32]. W pracy [32] autor powołuje się głównie na prędkość pojazdów, jako główne kryterium zakłócenia ruchu. Prędkość jako charakterystyka arbitralnie wykorzystywana dla celów oszacowania zakłóceń w ruchu nie wzbudza większych zastrzeżeń merytorycznych. Wątpliwości wzbudza jednak ocena miar (poziomów prędkości), dla których klasyfikowane są te zakłócenia. Ocena zakłóceń zgodnie z [33] może zostać również wyrażona jako „najmniejszy stosunek pojazdów zakłóconych do niezakłóconych”. W pracy [33] autorzy ponadto wiążą proces zakłócenia ruchu ze sposobem organizacji ruchu w danym elemencie infrastruktury transportu (w tym wypadku chodzi o parking wielostanowiskowy). W pracy [31] zwracana jest uwaga na subiektywne postrzeganie ruchu drogowego przez jego uczestników. Czytamy tam: „(...)ruch płynny jest postrzegany przez 26% użytkowników transportu indywidualnego jako potencjalna możliwość poruszania się w sieci objętej kongestią ruchu” [31]. Na marginesie zauważyć należy, że zjawisko kongestii opisywane jest między innymi częstotścią zakłóceń ruchu lub miarami czasu z tym

związanymi [18]. Problem zakłóceń w ruchu drogowym wymaga, z uwagi na powyższe, dalszych wnikliwych analiz i poszukiwania alternatywnych dróg rozwoju w zakresie estymacji tego parametru(ów) strumienia ruchu.

Stabilniejsze podstawy merytoryczne od definicji miar i ich wartości ma z pewnością klasyfikacja ontologiczna zakłóceń w ruchu drogowym. Klasyfikacja taka może zostać przeprowadzona poprzez odniesienie do różnych przekrojów analizy sieci drogowej. Sieć drogowa pod kątem zakłóceń ruchu może być badana w odniesieniu do parametrów infrastruktury liniowej i punktowej. Kolejną warstwą analizy może być poziom organizacji, sterowania i zarządzania siecią drogową. Konsekwencją analizy zakłóceń w pierwszych dwóch przekrojach jest stosowanie dalszego przekroju analizy zakłóceń w sieci drogowej w odniesieniu do użytkowników dróg. Taka analiza dotyczyć może potoków ruchu, strumieni ruchu i pojedynczych pojazdów lub ich grup. Nieodłącznym atrybutem funkcjonowania systemu transportowego jest jego otoczenie, w którym należy wyróżnić czynniki zewnętrzne wpływające na zakłócenia w ruchu drogowym. Jest to kolejny przekrój analizy zakłóceń w sieciach drogowych. Ontologię konkurencyjną można zbudować w oparciu o przekrój deterministyczny i stochastyczny analizy zakłóceń drogowych. Wymienione przekroje analizy zakłóceń w ruchu drogowym przedstawiono na rysunku 1.

Podobnie, jak w innych systemach klasyfikacji natury ontologicznej, wymienione zakłócenia ruchu mogą posiadać mieszany charakter. Dla przykładu wymuszenie pierwszeństwa na łącznicy z drogą szybkiego ruchu przy: złej geometrii połączenia, dużym natężeniu potoku i złych warunkach atmosferycznych, jest zespołem różnych jednostek klasyfikacyjnych przedstawionych na rysunku 1. Zakłócenia w ruchu związane z grupą powiązaną z infrastrukturą drogową omawiane były w pracy [1]. W pracy tej omawiano głównie zakłócenia związane z systemami detekcji w ruchu drogowym. Zakłócenia te są często marginalizowane, a z pewnością jest to ważne źródło analiz. Zakłócenia



1. Zakłócenie ruchu w systemie transportowym – podział  
Źródło: Opracowanie własne

w ruchu są przedmiotem analizy w jednej z głównych dla przedmiotu inżynierii ruchu drogowego klasyfikacji elementów infrastruktury liniowej i punktowej. Chodzi tu o ocenę poziomów swobody ruchu akronim PSR (w lit. anglosaskiej poziomów obsługi LOS – Level of Service). Poziomy obsługi pojazdów w danym elemencie infrastruktury definiowane są na bazie charakterystyki zakłóceń pojazdów związanych z ich lokalizacją i bieżącym pasem ruchu, jak również utrudnieniami związanymi z możliwością zmiany tego pasa ruchu [8]. Analizę wpływu łączenia różnych elementów infrastruktury punktowej i liniowej o różnej organizacji/sterowaniu ruchu w ciągach drogowych i wpływ ich na powstanie zakłóceń przedstawiono w pracy [23]. Interesującym źródłem analizy zakłóceń w ruchu drogowym, powiązanych z konkretnymi elementami infrastruktury, są zwłaszcza wszelkie przewężenia w przekrojach infrastruktury liniowej sieci drogowej. Zaliczyć do nich należy wszelkie: zmiany liczby pasów ruchu, tunele, mosty i szerzej wszystkie tzw. „wąskie gardła” [3], [37], [40].

Jednym z istotnych obszarów badawczych w zakresie inżynierii ruchu drogowego jest analiza ruchu na łącznicach dróg szybkiego ruchu. Analiza zakłóceń w tych przypadkach określa poprawność estymacji przepustowości dla elementów punktowych, w których stykają się elementy infrastruktury liniowej o różnych parametrach technicznych [24]. Oddziaływanie pojazdów w strumieniu ruchu i związane z tym zakłócenia ruchu, wpływ tego procesu na charakterystyki ruchu, omawiane są szeroko w dostępnej literaturze na temat mikro i makrosymulacji w ruchu drogowym. Interesujący przykład połączenia tego typu analiz z badaniem wpływu zakłóceń atmosferycznych na ruch drogowy przedstawiono w pracy [9].

Analiza zakłóceń w ruchu drogowym ma również istotne znaczenie dla budowy systemów sterowania obszarowego ang. Advanced Traffic Management System (ATMS). Jest to zwłaszcza istotne pod kątem budowy automatycznych systemów detekcji zdarzeń drogowych Automatic Incident Detection (AID) i przetwarzania obrazów w ruchu drogowym Video Image Processing (VIP).

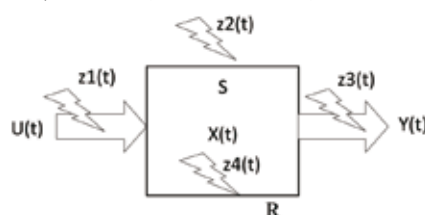
Zakłócenia w ruchu drogowym analizowane są w literaturze również w ujęciu sieciowym [2]. Analizy te wykonywane są w kontekście zaadoptowania w analizach sieci drogowych metod związanych z dynamicznym modelowaniem ruchu drogowego. Wszystkie opisane wyżej metody – poprawne zdaniem autorów merytorycznie – nie uwzględniają jednak w sposób dostateczny natury zakłóceń w ruchu drogowym. W ruchu drogowym problemem wydaje się być stosowana perspektywa analizy zakłóceń – nie do końca zgodna z ich naturą.

Zakłócenia definiowane są również w innych systemach transportowych – wszędzie tam, gdzie istnieje formalny sposób opisu procesów transportowych i systemu transportowego. Płynność ruchu stosowaną w ruchu kolejowym i drogowym przystosował dla potrzeb inżynierii ruchu lotniczego Malarski [22]. Przypadek ten potwierdza fakt, że problem zakłóceń ruchu narasta wraz z wyczerpywaniem pojemności układu komunikacyjnego w określonych systemach transportowych (obecnie w systemach transportu powietrznego np. lotniska w Atlantycie i Memphis). Problemy te dotyczą nie tylko ruchu statków powietrznych, lecz również przepustowości terminali pasażerskich i systemów transportowych w otoczeniu dworców lotniczych. Ciekawe analizy w tym zakresie prowadzone są również w przedmiocie systemów teleinformatycznych, a ściślej ich sieci przesyłowych. Tam również pojawiają się problemy z przepustowością warstwy fizycznej sieci, a co za tym idzie powstaje konieczność badania i identyfikowania zakłóceń w procesach przesyłowych informacji. Autorzy celowo wskazują liczne konotacje gałęziowe systemu transportowego w aspekcie przedmiotowego zagadnienia dla podkreślenia specyfiki w tym zakresie ruchu drogowego. W żadnym bowiem innym rodzaju ruchu (procesu transportowego) zakłócenia stochastyczne nie występują z taką siłą i w takiej liczbie, jak w ruchu drogowym. Można stwierdzić, że sieć drogowa w tym zakresie charakteryzuje się istotną specyfiką.

Niezależnie od systemu transportowego, w którym analizowane są zakłócenia w ruchu należy zwrócić uwagę na pewne aspekty wspólne takich badań. Przede wszystkim zakłócenia odnoszone są do podstawowych miar ilościowych strumienia ruchu (jego intensywności, gęstości, natężenia, kolejek pojazdów itp.). Miary ilościowe zakłóceń procesu ruchu odnoszone są do charakterystyk czasoprzestrzennych ich wystąpienia w sieci drogowej. W tym znaczeniu każde zakłócenie ruchu kwantyfikowane jest w dyskretnym czasie i przestrzeni sieci transportowej. Pochodną charakterystyk ilościowych są miary jakościowe takie jak Poziom Swobody Ruchu.

Lokalizacja zakłócenia ruchu w procesie transportowym przedstawiona została na rysunku 2.

Na rysunku 2 przedstawiono proces trans-



2. Zakłócenie ruchu w procesie transportowym  
Źródło: [18]

portowy w ujęciu systemowym. Na rysunku 2 odpowiednio:  $U(t)$  – oznacza wejścia systemu transportowego,  $Y(t)$  odpowiednio jego wyjścia. Kolejny symbol  $X(t)$  – oznacza stany wewnętrzne systemu transportowego,  $S$  – system transportowy. W określonym w pracy [18] systemie transportowym w kontekście poruszanego problemu należy zdefiniować zakłócenia. Kolejno są to:  $Z1(t)$  – zakłócenia na wejściach,  $Z2(t)$  – zakłócenia zewnętrzne w systemie,  $Z3(t)$  – zakłócenia na wyjściach,  $Z4(t)$  – zakłócenia wewnętrzne elementów systemu. Klasyczne obserwacje zakłóceń dla strumienia ruchu delimitują zakłócenia w obszarze analizy systemu – nie odnosi się ich jednak z reguły do zakłóceń generowanych na wejściu do systemu i poza nim. Poza tym zakłócenia nie są kwantyfikowane w podziale na te, które pochodzą z systemu, jak również te, które są dla systemu czynnikiem zewnętrznym. Wynika to na ogół z braku dostępnych obecnie technik umożliwiających prowadzenie klasyfikacji zakłóceń w tych przekrojach analizy. Mało tego, ustalenie miar zakłóceń wewnętrznych często nastęrcza poważne problemy. Często rozwiązywany jest ten problem metodą „czarnej skrzynki”.

Zakłócenia w systemie transportowym jak zaznaczono powyżej występują w czasie i przestrzeni. Charakter tych procesów jest obszarowy (delimitowany przestrzennie). Należy zatem określić metodę wiążącą miary zakłóceń z dowolnym miejscem i czasem ich występowania w sieci transportowej. Zdaniem autorów jest to możliwe z wykorzystaniem proponowanej w tym artykule koncepcji pomiaru zakłóceń w ruchu drogowym.

## Wpływ perspektywy obserwatora na pomiar zakłóceń w ruchu drogowym

Zauważyć należy, że w aspekcie badania zakłóceń ruchu w sieciach transportowych (systemach), stosowaną w tym celu perspektywą jest punkt widzenia obserwatora zewnętrznego. Może to być organizator ruchu (dyspozytor kolejowy), obserwator ruchu (pomiaru ruchu drogowego, operator systemu sterowania obszarowego) itp. W przypadku ruchu kolejowego lub lotniczego jako przykładów procesów regulowanych, wydaje się, że jest to podejście zasadne (ruch regulowany). Czy takie podejście do problemu zakłóceń w ruchu drogowym jest również właściwe? Ruch drogowy jest ruchem samoregulującym się. Regulacja strumienia ruchu w przypadku stosowania sygnalizacji świetlnej jest procesem chwilowym (dyskretnym). Zasięg przedmiotowej regulacji zwykle wynosi kilkaset metrów (400-600 m) [13] i jest istotny głównie w centrach miast. Regulacja ta ma zdecydowanie ograniczony obszarowo zasięg oddziaływania. Nawet w przypad-

kach obszarowego sterowania ruchem –  
 – natura procesów ruchu powoduje szybkie generowanie istotnych zakłóceń losowych i niwelowanie efektów regulacji ruchu (dispersję strumienia ruchu w czasie i przestrzeni). Można mówić o silnej heteroskadystyczności charakterystyk ruchu w przestrzeni. W przypadku ruchu drogowego można zatem mówić o dwóch różnych aspektach pomiaru zakłóceń ruchu. Ujmując problem systemowo można zdefiniować dwie zupełnie różne metodyki podejścia do tego zagadnienia, w których obserwować można zakłócenia w ruchu drogowym. Pierwszym ujęciem problemu będzie obserwacja sieci drogowej pod kątem występujących w niej zakłóceń z punktu widzenia obserwatora zewnętrznego ruchu (tak jak w praktyce i powszechnie wykonuje się to obecnie). Drugim sposobem analizy jest system obrazujący sieć drogową, w której zakłócenia określane będą z punktu widzenia obserwatora wewnętrznego (właściwie n-obserwatorów, (n–kierowców pojazdów w strumieniu ruchu)). Systemy takie poglądowo przedstawiono na rysunku 3.

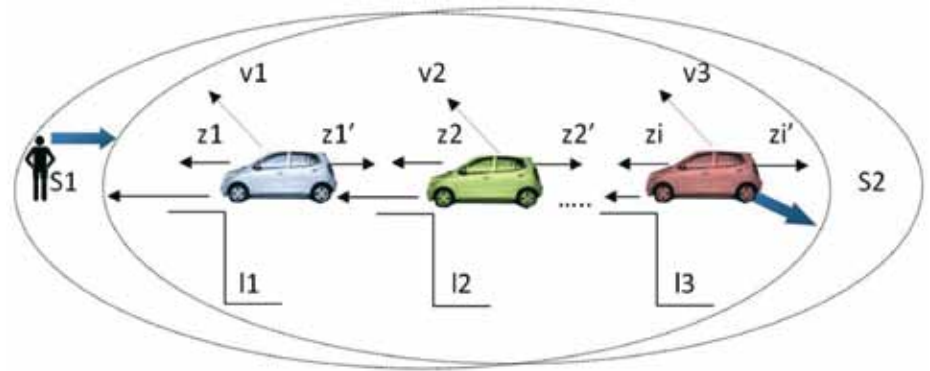
W pierwszym sposobie rozwiązania problemu analizy zakłóceń S1 charakterystyki związane z zakłóceniem strumienia ruchu pojazdów zbierane są i analizowane z punktu widzenia obserwatora zewnętrznego. Charakterystyki oceniane są na podstawie prędkości pojazdów w strumieniu ruchu:  $V1, V2, \dots$  oraz np. natężenia ruchu pojazdów rejestrowanego na detektorach:  $I1, I2, \dots$ . W odróżnieniu od tego podejścia w przypadku pomiaru S2 dla odmiany wszelkie zakłócenia rejestrowane są w układzie odniesienia obserwatora/obserwatorów wewnętrznych (lokalnych) uczestniczących w strumieniu ruchu. Rejestrowane są lokalnie zdarzenia dla n-pojazdów w strumieniu ruchu:  $z1, z1', z2, z2', \dots$ . W ujęciu formalnym metodologii te można wyrazić jako pewną ogólną funkcję pięciu argumentów:

$$S1/2 = f(O, Z, E, R, J) \quad (2)$$

gdzie:

O – obserwator (S1), obserwatorzy (S2),  
 Z – zadanie, E – elementy, R – relacje,  
 J – język opisu systemu.

W odniesieniu do typowego zapisu formalnego systemu (2) (w tym wypadku transportowego) w obu rozpatrywanych przypadkach zupełnie inne będą składowe zależności funkcyjnej opisującej analizowane dwa przypadki. Można oczekiwać, że również mierzone zakłócenia prowadzić będą do otrzymania odmiennych ich wartości, a więc i kryteriów decyzyjnych np. na potrzeby sterowania ruchem drogowym. W przypadku S1 obserwatorem jest analityk ruchu, organ administracji organizujący lub



3. Zakłócenie ruchu w różnych systemach opisujących proces zakłócania strumienia ruchu  
 Źródło: Opracowanie własne

nim zarządzający itp. W ujęciu S2 obserwatorem jest zbiór użytkowników sieci drogowej – należy oczekiwać, że zmiana układu odniesienia obserwowanych charakterystyk zakłócenia istotnie zmienia ich wartości. W opisie systemu S1 zadaniem zdefiniowanym Z – jest sterowanie siecią drogową lub jej organizacja, ew. zarządzanie. Z kolei dla systemu S2 mimo, że zdefiniowane jest inne zadanie – przemieszczanie się kierujących pojazdami w potokach źródłowo-celowych – to w sposób niezależny mogą być obserwowane, tak jak w S1, charakterystyki zakłóceń. Różnica tkwi w sposobie obserwacji tych charakterystyk. W podejściu S1 elementami obserwacji są poszczególne pojazdy strumienia ruchu z zewnątrz, zaś w S2 elementami tymi są podzespoły pojazdów, jak również parametry biometryczne kierujących pojazdami (podejście od wewnątrz – analizy behawioralne). W sposobie opisu S1 relacje zdefiniowane są na poziomie mikroskopowym ruchu, a w S2 na poziomie nanoskopowym i biologicznym (podzespoły pojazdów, zachowanie kierowców, pomiar parametrów biometrycznych). Różny jest również język opisu obydwu systemów, aczkolwiek prowadzący w jakże odmiennych przypadkach do określania tych samych charakterystyk zakłóceń (nie rozstrzygając na tym etapie, które procedury będą właściwe). W pierwszym przypadku systemu S1 są to typowe charakterystyki stosowane w inżynierii ruchu drogowego (język inżynierii ruchu, matematyki). W przypadku systemu S2 językiem opisu jest ogólnie rzecz ujmując zbiór parametrów sterowania pojazdem i cechy psychofizyczne sterującego pojazdem (automatyka, neurobiologia, informatyka stosowana). Można oczekiwać, że różnica miar zakłóceń w opisywanym systemie dla dwóch sposobów będzie równa:

$$\Delta = (p(q_{S1}^{(G1)} + \xi_{S1})S - (p(F_{S2}^{(G2)} + \xi_{S2})t)q \quad (3)$$

gdzie:

$p(q_{S1})$  – prawdopodobieństwo zakłócenia określane w systemie typu S1 (obserwator zewnętrzny),  
 $\xi_{S1}$  – błędy pomiarów w systemach, s, t

(udział procentowy pominiętych zakłóceń na skutek niedoskonałości metody pomiaru),

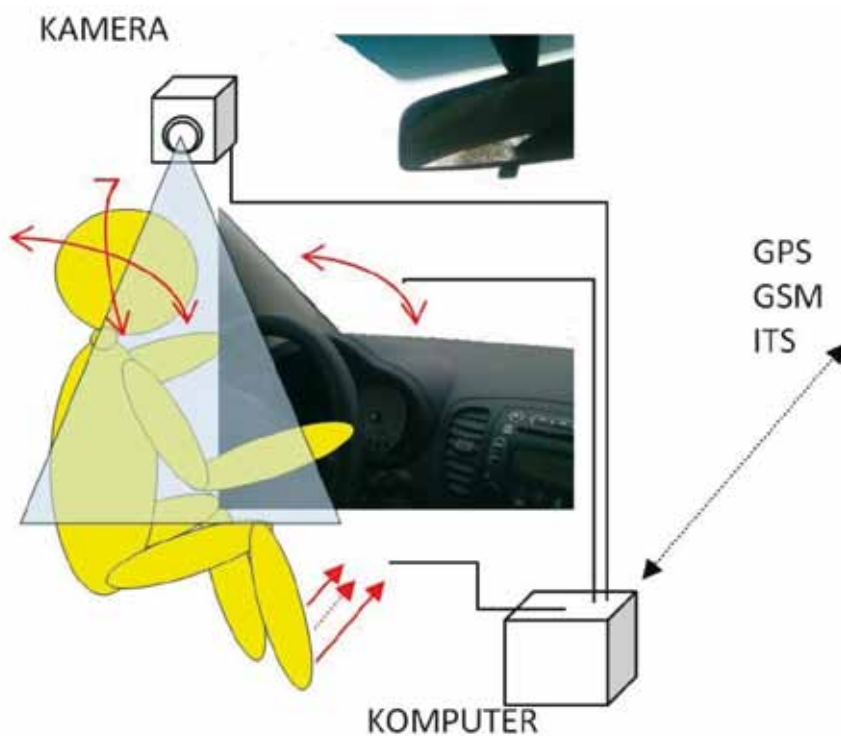
G1 – zbiór parametrów strumienia ruchu obserwowanych z zewnątrz,  
 $p(F_{S2})$  – prawdopodobieństwo zakłócenia w systemie typu S2 dla zbioru obserwatorów wewnętrznych F przy analizie zbioru G2 parametrów.

Kluczową kwestią z punktu widzenia omawianej problematyki jest uwzględnienie we wzorze (3) błędów pomiarowych. Wzory (2) i (3) różnią się uwzględnieniem błędów pomiarowych. Przy czym w proponowanym podejściu jest to „duża” liczba „drobnych” błędów. Kwestią dalszych dociekań jest weryfikacja, jak charakterystyki tych błędów wpływają na dokładność szacowania zakłóceń w sieci drogowej. Bez wątpienia realizacja pomiaru z wykorzystaniem systemu S2 dostarczać będzie charakterystyki zakłóceń strumienia ruchu różne w odniesieniu do przypadku S1. Wynika to z prostej przyczyny – w systemie pomiaru S2 istnieje możliwość obserwacji charakterystyk, które nie są lub nie mogą być obserwowane z zewnątrz strumienia ruchu. Rozwój pojazdów inteligentnych w perspektywie najbliższej dekady stwarza możliwość obserwacji zbioru parametrów G2, co z kolei umożliwia w sposób inny – być może dokładniejszy – szacowanie zakłóceń ruchu w strumieniu pojazdów. Należy „a priori” założyć, że z samej swej natury system S2 będzie dokładniejszy – wprowadza do obliczeń więcej zmiennych egzogenicznych wpływających na zakłócenia ruchu. W przypadku analiz dla systemu pierwszego S1 zbiorem parametrów G1 są: prędkości, liczba pojazdów w kolejce, natężenie itp. W systemie S2 na zbiór parametrów obserwowanych G2 składają się: sposób i liczba operacji użycia sprzęgła, hamulca, siła przyspieszenia, dyskretne zmiany w układzie kierowniczym, zachowanie kierującego pojazdem (obserwowane i analizowane przez wewnętrzny system wizyjny pojazdu), parametry biometryczne kierowcy itp.

Przykładem ilustrującym różnicę w prezentowanych podejściach do problemu

niech będzie proces „zamiaru” wyprzedzenia pojazdu poprzedzającego w strumieniu ruchu (klasyczny przykład z mikrosymulacji ruchu – tzw. model zmiany pasa ruchu). Jeśli zamiar ten zostanie przez kierującego pojazdem wyprzedzającym poprzedzony „wychyleniem” pojazdu z toru opisującego strumień pojazdów bez zmiany prędkości to w większości przypadków nie zostanie on zarejestrowany w podejściu systemowym S1. Jeśli również kierujący zrezygnuje z wyprzedzenia na skutek poczynionych w toku manewru obserwacji – to faktycznie zaistniałe zdarzenie (zakłócenie w ruchu – jakkolwiek drobne) w żaden sposób nie będzie i nie może w praktyce być obserwowane z zewnątrz strumienia ruchu (w systemie S1). Sieć drogowa traktowana holistycznie jest bardzo „czuła” na bardzo „duże” liczby „drobnych” zakłóceń. To jest istota proponowanej metodyki szacowania zakłóceń w sieciach drogowych. Podobnie zilustrować można zamiar zmiany pasa ruchu na wlocie skrzyżowania. Zamiar ten można rejestrować np. śledząc w pojeździe ruch głowy kierowcy w powiązaniu np. ze stanem pracy kierunkowskazów. Jeśli kierowca rejestruje wizualnie brak możliwości zmiany pasa ruchu – występuje zakłócenie ruchu, które – podobnie jak poprzednio – w żaden sposób nie może być rejestrowane w systemie S1. Zakładając „a priori” istnienie systemu umożliwiającego monitoring z zewnątrz pojazdów, ukierunkowany na twarze i gesty kierujących – jest to technicznie praktycznie nierealizowalne z powodu licznych problemów technicznych. W praktyce, analizując możliwości budowy systemu S2, przy założeniu monitoringu podzespołów pojazdu (w podstawowym zakresie), jak również obserwowanie zachowania kierującego, można identyfikować istotnie większą liczbę zakłóceń ruchu aniżeli w systemie S1. Prawdopodobnie w przypadku miejskiego transportu zbiorowego można zdefiniować znacznie obszerniejszy katalog zakłóceń, które w żaden sposób nie mogą być obserwowane w systemie S1. Takim przypadkiem mogą być np. odroczone w czasie decyzje włączenia się kierującego autobusem do ruchu spowodowane w terenie miejskim nieuprawnionym blokowaniem pasa ruchu przez pojazdy osobowe. Schemat realizacji części systemu S2 (w pojeździe) przedstawiono na rysunku 4.

W literaturze przedmiotu [6], [7], [22], [27] zakłócenie ruchu drogowego definiowane jest w różnorodny sposób. Z reguły definiowanie to dotyczyło cech ilościowych lub jakościowych, ale prawie zawsze podstawowych charakterystyk strumienia ruchu. Taką miarą mogła być długość kolejki, prędkość



4. Schemat ideowy działania systemu S2 w pojeździe  
Źródło: Opracowanie własne

pojazdu itp. Powstaje jednak problem ścisłej kwantyfikacji zakłócenia. Dotyczy to sytuacji np. oceny prędkości pojazdu (jej zmiany), którą należy traktować jako powstawanie zakłócenia w ruchu. W systemie S2 można założyć, że – przy wsparciu pomiaru parametrów pojazdów badaniami zachowania kierującego nim człowieka – można zbudować znacznie bardziej precyzyjny (czuły) system mierzenia zakłóceń w ruchu ulicznym. W tym sensie zakłócenie w ruchu drogowym można zdefiniować, w ogólnej postaci, jako zmianę wybranych parametrów pojazdu, z którą skorelowana jest możliwa do zarejestrowania zmiana systemu neurobiologicznego, jakim jest człowiek (kierujący pojazdem). Nawiązanie do tak sformułowanej definicji zostanie rozwinięte poniżej w odniesieniu do dynamicznie rozwijającej się w ostatnich latach neurobiologii i kognitywistyki. Kompletny zbiór danych dotyczący analizy zakłóceń (w tym przypadku suma

miar zakłóceń w strumieniu) z reguły nie jest prostą sumą części (z punktu widzenia holistycznego). Z uwagi na co system typu S2 wydaje się być predestynowanym dla celów realizacji poprawnych pomiarów zakłóceń w ruchu drogowym. Różnicę w podejściu w dwóch omawianych systemach, w jeszcze innym horyzoncie, prezentuje rysunek 5.

Poniżej w tabeli 1 przedstawiono korelaty zakłócenia pojazdu w strumieniu ruchu drogowego.

## Przedmiotowy problem w ujęciu rozwoju systemów komputerowych pojazdów i metod analizy danych biometrycznych człowieka

Zgodnie z proponowaną koncepcją obserwacji i pomiaru zakłóceń w sieci drogowej należy analizować w tym celu parametry fizyczne pojazdów z dokładnością do ustalenia pracy poszczególnych podzespołów



5. Różnica w działaniu systemów S1 i S2  
Źródło: Opracowanie własne

Tab. 1: Korelaty zakłócenia ruchu pojazdu

	Scenariusz S1	Scenariusz S2
Korelaty zakłócenia pojazdu	kolejka, prędkość, natężenie, zmiana pasa itp.	stopień użycia sprzęgła, hamulca, gazu; użycie kierunkowskazów, wycieraczek, świateł przeciwmgielnych, prędkość pojazdu, obroty silnika, zachowanie kierującego pojazdem

Źródło: Opracowanie własne

(silnik, sprzęgło, podsystem elektryczny itp.). Wymagane w takim podejściu jest również obserwowanie (rejestrwanie) zachowań kierującego pojazdem i wysyłanie zbioru zebranych w ten sposób informacji do centralnego systemu sterowania ruchem. Obecne wyposażenie pojazdów nie umożliwia realizacji takiego podejścia do pomiaru zakłóceń w ruchu drogowym (dotyczy to zarówno samochodów nowych i używanych). Przy czym należy zauważyć, że systemy komputerów pokładowych montowanych obecnie w pojazdach produkowanych seryjnie umożliwiają już w praktyce realizację monitoringu stanów pracy urządzeń (podzespołów) pojazdów samochodowych w czasie rzeczywistym. Podobnie gwałtownie rozwija się segment systemów audio-video w pojazdach samochodowych. Kamery są montowane praktycznie we wszystkich nowych pojazdach segmentu średniego. Koszt kamery samochodowej montowanej w praktycznie dowolnym miejscu pojazdu nie przekracza 120 PLN (bez montażu). Większość pojazdów, zarówno nowych, jak i używanych posiada lub jest systematycznie wyposażona w systemy nawigacji satelitarnej. Połączenie systemów nawigacji satelitarnej z systemami mobilnymi telefonii komórkowej umożliwia dwukierunkową łączność: pojazd samochodowy – centralny system sterowania ruchem drogowym [30]. Problemem pozostanie przepustowość teleinformatycznych systemów telefonii mobilnej. Przy założeniu komercyjnego wykorzystania proponowanej koncepcji jest to wyłącznie przeszkoda techniczna. Należy oczekiwać, że problemy przedstawione w tym tekście w przedmiocie poruszanego zagadnienia zostaną rozwiązane w ciągu najbliższej dekady. Brakującym ogniwem proponowanego w artykule rozwiązania jest więc w praktyce powiązanie podsystemu monitoringu stanu pracy pojazdu i podsystemu monitoringu neurobiologicznego i wizyjnego kierującego pojazdem w jedną spójną całość w pierwszym etapie rozwoju systemów typu S2. W drugim etapie rozwoju tego typu systemów należy oczekiwać powiązania podsystemu pojazdu samochodu uczestniczącego w ruchu z centralnym systemem sterującym ruchem miejskim np. systemem sterowania obszarowego.

Powstaje pytanie czy możliwe jest w praktyce skorelowanie stanów podsystemów pojazdu samochodowego ze stanami neurobiologicznymi kierowcy? Rozwój systemów monitorujących, neurobiologii i kongnitywistyki umożliwia zdaniem autorów zestawienie w najbliższej przyszłości (w okresie 2,3 dekad XXI w.) systemów analizujących zakłócenia w ruchu drogowym. Problem w tym kontekście sprowadza się głównie do analizy stanów bio-fizycznych kierującego pojazdem (stan fizyczny rozumiany jako położenie kończyn i głowy kierującego w układzie odniesienia pojazdu). Monitoring tych stanów umożliwiają wszelkie systemy wizyjne zainstalowane w pojeździe na podstawie obserwacji mimiki kierującego pojazdem. Są to zagadnienia związane z szeroko omawianą w literaturze problematyką rozpoznawania wzorców twarzy (np. [14], [16], [21], [29], [35], [39]). Wymienione prace dotyczą co prawda głównie rozpoznawania twarzy dla celów identyfikacji osób fizycznych, tym niemniej osiągnięcia w tej dziedzinie znajdują się „o krok” od rozpoznawania stanów emocjonalnych (mniej czytelnych niż uśmiech, abstrahując od różnych konotacji emocjonalnych różnych wyrazów twarzy). Dzięki zastosowaniu algorytmów rozpoznawania wzorców twarzy będzie można w przyszłości rozpoznawać stany emocjonalne kierujących pojazdami w ruchu drogowym. Kilka grup mięśniowych zlokalizowanych na twarzy ludzkiej pozostaje poza jakąkolwiek kontrolą świadomą [4]. Podobnie systemy detekcji montowane w kierownicy lub pasach bezpieczeństwa ewentualnie w fotelu są w stanie analizować podstawowe funkcje życiowe kierującego pojazdem. Do takich systemów można zaliczyć pomiar pulsu kierującego, pomiar temperatury ciała – ogólnie różnorodny system pomiaru danych biometrycznych. W tym przedmiocie również następuje w ostatnich dekadach dynamiczny przyrost wiedzy (np. [5], [15], [17], [25], [28]). Podobnie, jak ma to miejsce w procedurach rozpoznawania twarzy, tak również w zagadnieniach związanych z analizą biometryczną należy oczekiwać ich dalszego rozwoju w kierunku dokładnego rozpoznawania stanów emocjonalnych kierującego pojazdem. W przyszłości będą rozpoznawane nie tylko takie

parametry, jak puls, ciśnienie, temperatura, ale również niepokój, lęk itp. Dla przykładu problem zaśnięcia za kierownicą będzie mógł być analizowany z wykorzystaniem systemu wizyjnego wewnątrz pojazdu. Pomiar parametrów biometrycznych kierującego w połączeniu z obserwacją jego oczu może znacząco poprawić bezpieczeństwo ruchu. Jest to więc przykład odejścia od regulacji normatywnych w transporcie w kierunku regulacji z wykorzystaniem specjalistycznych rozwiązań technologicznych.

Procesom zakłócenia ruchu pojazdu będą na ogół towarzyszyły zmiany parametrów biometrycznych kierowcy – tym silniejsze im większe zagrożenie w ruchu drogowym stwarza wykonywany manewr, potencjalna kolizja, konflikt. Ciekawych analiz może dostarczyć dalszy rozwój bezinwazyjnych metod pomiaru czynności kory mózgowej takich, jak elektroencefalografia – EEG (w dalszej perspektywie być może również rozwój pewnych form elektrokortykografii (ECoG) [11], [12]. Już w tej chwili na rynku znajdują się przenośne urządzenia do stymulacji fal mózgu – wielkości mobilnych słuchawek do uszu. Idąc tym tropem (rozwój neurobiologii i neurochirurgii) można wskazać interesujące prace umożliwiające nie tylko analizę zakłóceń w ruchu drogowym, ale również ich likwidację i przewidywanie. Do takich prac należy zaliczyć eksperymenty B. Libeta, które pozwalają sądzić, że interpretacja zachowań w ruchu drogowym nie może być jednoznaczna (pewne reakcje mogą być podejmowane poza świadomym odbiorem procesu ruchu) [19], [20]. Zgodnie z tymi eksperymentami ruchy wykonywane przez kierującego pojazdem poprzedzają często decyzje (ruchy uświadamiane są z pewnym opóźnieniem). Pobudzenie kory mózgowej trwa dłużej aniżeli planowanie ruchów. Różnica pomiędzy reakcjami w ruchu drogowym, a ich uświadomionym odbiorem może dochodzić do 0,4 sek. W gęstych sieciach drogowych czas ten może rozstrzygać o wielu kluczowych kwestiach w tym o przejściach stanu zakłócenia na drodze w inne stany: konflikt→kolizja→wypadek. Mówiąc potocznie kora mózgu (sieci neuronowe działają stosunkowo wolno) potrzebuje znacznie więcej czasu na interpretację sytuacji związanej z określoną sceną w ruchu drogowym, niż organizm na wykonanie określonych reakcji. W tym sensie systemy typu S2 mogą wspomagać kierujących pojazdami w zakresie bezpieczeństwa pojazdów. W Białej Księdze transportu KE UE zapisano śmiały postulat wyeliminowania w perspektywie do roku 2050 wszystkich wypadków śmiertelnych na drogach państw członkowskich. Autorzy artykułu stawiają

równie śmiały postulat, że taki rezultat nie będzie możliwy bez systemów podobnych, jak proponowany w tym artykule.

## Kolejny krok w przyszłość

Proponowana koncepcja ma jeszcze jedną niezaprzeczalną zaletę w odniesieniu do obecnie możliwych do realizacji technik obserwacji zakłóceń w ruchu drogowym. Mianowicie charakterystyka zakłócenia w ruchu może być przypisywana do pojedynczego pojazdu. Taka kwantyfikacja zakłóceń (indywidualna) może posłużyć dla celów inteligentnego sterowania pojedynczymi pojazdami w ruchu drogowym w systemach typu ITS. W tym sensie pojazdy, które na skutek poruszania się w sieci doznały na przebytej drodze największych opóźnień mogą być sterowane poprzez określenie dla nich priorytetowych pasów ruchu, a w konsekwencji szybszy przepływ w sieci drogowej. Naturalnymi technikami pomocnymi w definiowaniu priorytetów i miar zakłóceń mogą być logika rozmyta i sieci neuronowe. Należy oczekiwać, że zbiór parametrów pojazdu zakłócanego w ruchu (liczba hamowań, ich siła, miary procesu sprzęgania, parametry biometryczne kierującego itp.) stanowią pewien wzorec, który rozpoznawany w sieci neuronowej może stanowić kryterium decyzyjne dla takiego systemu sterowania. Można przypuszczać, że tak organizowany ruch drogowy będzie, w coraz większym stopniu, z ruchu nieregulowanego przekształcał się w kierunku ruchu regulowanego – by nie rzec kolokwialnie: regulowanego kompletnie. Dopóki techniki śledzenia zachowania kierującego pojazdem zmierzają do ułatwienia przemieszczania się go w sieci drogowej jest to przykład pozytywnego stosowania tych metod. Taki rozwój nie powinien napotykać na sprzeciw i opór społeczny.

Jak metody biometryczne mogą pomóc w przewidywaniu i zmniejszaniu liczby zakłóceń w ruchu drogowym? Pewne prace poczyniono już w tym zakresie. Dotyczy to sytuacji uniemożliwienia rozruchu silnika przez osoby nietrzeźwe. Kolejnym krokiem rozwoju metod biometrycznych jest wyłączenie z ruchu pojazdu, którego kierowca w trakcie jazdy poczuł się źle. Monitoring procesów biometrycznych umożliwi wcześniejsze wykluczenie z ruchu potencjalnych sprawców kolizji (np. przypadki zasłabnięcia za kierownicą) na drodze predykcji rozwoju sytuacji (odpowiednik tzw. czuwaka w ruchu kolejowym). Podobnie rzecz ma się z monitoringiem pracy podzespołów pojazdów w ruchu. Układy biometryczne połączone z systemem komputera pokła-

dowego mogą również wyłapywać niebezpieczne zachowania kierującego pojazdem w ruchu drogowym. Użytkownik taki może być napominany przez system, a w skrajnych przypadkach sytuacje takie mogą być przekazywane dla informacji w systemie centralnym sterowania ruchem.

## Podsumowanie

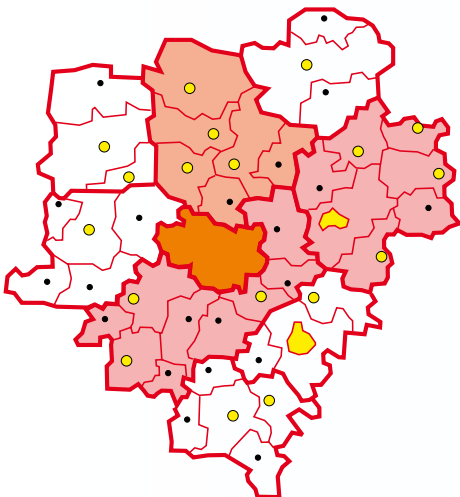
Pomiary zakłóceń w ruchu drogowym jakie mogą być realizowane obecnie dotyczą pewnej wypadkowej charakterystyki obserwowanej przez obserwatora zewnętrznego w odniesieniu do strumienia ruchu. Trudno wyobrazić sobie w systemie typu *S1* obserwację czterech różnych klas zakłóceń takich, jak pokazano to na rysunku 2. W koncepcji systemu *S2* informacja o zakłóceniu pojazdu w sieci drogowej przemieszcza się wraz z pojazdami w przestrzeni układu drogowego i w czasie jego funkcjonowania (tu: systemu sterowania). System typu *S1* nie jest w stanie fizycznie zmierzyć charakterystyki zakłóceń, których pomiar możliwy jest w systemie *S2*. Zaletą podejścia typu *S2* jest więc nie tylko jakość pomiaru zakłóceń w ruchu, lecz również możliwość odniesienia tych charakterystyk w czasie i przestrzeni sieci drogowej do rzeczywistych sytuacji. Przeszkodą w realizacji systemu typu *S2* jest obecnie stan rozwoju tzw. pojazdów samochodowych inteligentnych. Dla działania takiego systemu niezbędny jest poza rozwojem podzespołów analitycznych pojazdów (komputer pokładowy, system wizji wewnętrznej i zewnętrznej pojazdu) również rozwój systemu komunikacji dwustronnej: pojazd – zewnętrzny system typu ITS – sterujący lub nadzorujący ruch drogowy w sieci (przez sieć GSM lub WiFi). Konkludując autorzy zalecają, aby definiować przyszłościowo ruch zakłócony jako zmiany parametrów podzespołów pojazdów skorelowane ze zmianami neurobiologicznymi kierujących pojazdami. W tym ujęciu charakterystyka zakłócenia przekazywana jest jednokierunkowo od strumienia ruchu do systemu zarządzającego ruchem. Demonstruje to rysunek 4. Proponowana koncepcja umożliwia nie tylko dokładne rozpoznawanie zakłóceń w ruchu drogowym, lecz również stopniowe ich eliminowanie z przestrzeni sieci drogowej. ◀

## Materiały źródłowe

- [1] Barria J. A., Thajchayapong S.: Detection and Classification of Traffic Anomalies using Microscopic Traffic Variables. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 10/2011.
- [2] Chodur J.: Funkcjonowanie skrzyżowań drogowych w warunkach zmienności ruchu. Monografia 347, Seria Inżynieria Lądowa, Kraków 2007.
- [3] Das S., Levinson D.: Queuing and Statistical Analysis of Freeway Bottleneck Formation, Journal of Transportation Engineering; 2004, Vol. 130 Issue 6, p787-795.
- [4] Dijksterhuis, A., Nordgren, L. F.: A Theory of Unconscious Thought. Perspectives on Psychological Science, 2006.
- [5] Draňanský M.: Liveness Detection in Biometrics, Advanced Biometric Technologies, Rijeka, HR 2011.
- [6] Drew D.: Traffic flow theory and control. Mc Graw – Hill Book Company, New York 1968.
- [7] Haight F.: Mathematical theories of traffic flow. Academic Press, New York 1963.
- [8] Hallmark S. L., Fitzsimmons E. J., Isebrands H. N., Giese K. L.: Evaluating the traffic flow impacts of roundabouts In Signalized corridors, Annual Meeting of the Transportation Research Board, Paper #10-1309, 2010.
- [9] He X.: Modeling the Traffic Flow Evolution Process after a Network Disruption. October, 2010 (PhD dissertation)
- [10] Heidemann D.: A queueing theory model of nonstationary traffic flow. Transportation Science, Vol. 35, No. 4, pp. 405–412, November 2001.
- [11] <http://www.cyberkineticsinc.com/> (odsłona 8-11.05.2012)
- [12] <http://www.hhmi.org/senses/> (odsłona 8-11.05.2012)
- [13] <http://www.omed.pitt.edu/> (odsłona 8-11.05.2012)
- [14] Inseong Kim, Joon Hyung Shim, Jinkyu Yang: Face detection. Computer and Information Science, Volume: 3, Issue: 6, Pages: 71-90, 2010.
- [15] International Biometric Group, <http://www.biometricgroup.com/>
- [16] Intron L. D., Nissenbaum H.: Facial Recognition Technology A Survey of Policy and Implementation Issues Lancaster University, UK; Centre for the Study of Technology and Organization 2009.
- [17] Izquierdo-Fuente A., del Val L., Jiménez M. I., Villacorta J. J.: Performance Evaluation of a Biometric System Based on Acoustic Images: [www.mdpi.com/journal/sensors](http://www.mdpi.com/journal/sensors)

- [18] Leszczyński J.: Modelowanie systemów i procesów transportowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- [19] Libet B., Freeman A., Sutherland J. K. B.: The volitional brain: Towards a neuroscience of free will. Imprint Academic, 1999.
- [20] Libet B.: Mind time - The temporal factor in consciousness, Perspectives in Cognitive Neuroscience. Harvard University Press, 2004.
- [21] Lin S.-H.: An Introduction to Face Recognition Technology, IC Media Corporation, May 2004.
- [22] Malarski M.: Inżynieria ruchu w lotniczym systemie transportowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Nr kol. 1586, seria Transport z. 47, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003, s. 367 – 385.
- [23] Martin P. T., Feng Y., Wang X.: Detector Technology Evaluation, Department of Civil and Environmental Engineering University of Utah Traffic Lab, 2003.
- [24] Martin P. T., Perrin J., Hansen B., Kump R., Moore D.: Incident Detection Algorithm Evaluation, University of Utah, Prepared for Utah Department of Transportation, March 2001.
- [25] Mordini E., Massari S.: Body, Biometrics And Identity Bioethics Volume 22 Number 9 2008, pp. 488–498.
- [26] Oxford Dictionaries On-line <http://oxforddictionaries.com> (odsłona 8-11.05.2012)
- [27] Potthoff G.: Teoria potoków ruchu kolejowego. WKŁ, Warszawa 1973.
- [28] Sarkar S., Liu Z.: Gait Recognition. [In:] AK Jain, P. Flynn and AA Ross (eds.) Handbook of Biometrics, Springer, New York 2008, p.109–129.
- [29] Shakhnarovich G., Moghaddam B.: Face Recognition in Subspaces. Mitsubishi Electric Research Laboratories <http://www.merl.com> May 2004.
- [30] Sierpiński G.: Nawigacja samochodowa i zachowania kierowców a zakłócenia na drogach. Logistyka – Nauka nr 6/2009.
- [31] Sobota A., Karoń G.: Postrzeganie warunków ruchu miejskiego – płynność ruchu – wyniki badań ankietowych (praca niepublikowana)
- [32] Sobota A., Karoń G.: Próba zdefiniowania pojazdu zakłóconego na wybranych odcinkach dróg wielopasowych w aspekcie płynności ruchu, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr kol. 1825, seria: Transport z. 66, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [33] Sobota A., Gościński D., Celiński I.: Analiza wpływu parkingu zlokalizowanego przy wielkopowierzchniowym centrum handlowym na zakłócenia i parametry ruchu drogowego, Materiały konferencyjne, VI Konferencja Naukowo-Techniczna „Systemy Transportowe. Teoria i Praktyka”, Katowice 2009.
- [34] Sobota A.: Traffic Smoothness In The Light Of Research. [w:] Janecki R., Sierpiński G. (red.): Contemporary Transportation Systems. Selected Theoretical and Practical Problems. The Development of Transportation Systems. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Monografia nr 256. Gliwice 2010.s. 165-172.
- [35] Starovoitov V.V., Samal D.I., Briliuk D.V.: Three Approaches For Face Recognition, The 6-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis, October 21-26, 2002, pp. 707-711.
- [36] Węgierski J.: Metody probabilistyczne w projektowaniu transportu szynowego. WKŁ, Warszawa 1971.
- [37] Woch J.: Kształtowanie płynności ruchu w gęstych sieciach transportowych. Wydawnictwo Szumacher, 1998.
- [38] Woch J.: Podstawy inżynierii ruchu kolejowego. WKŁ, Warszawa 1983.
- [39] Yang M.-H.: Face Detection, University of California, Merced, 2008.
- [40] Zhang J., Li X., Wang R., Sun X., Cui X.: Traffic bottleneck characteristics caused by the reduction of lanes in an optimal velocity model. Physica A; 2012, Vol. 391 Issue 7, p2381-2389.

## Call for Papers — zaproszenie do publikacji „Plany Transportowe”



Redakcja „Przeglądu Komunikacyjnego” planuje wydać w połowie roku 2013 numer tematyczny dotyczący zagadnień związanych z opracowywaniem „Planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego” zgodnie z zakresem definiowanym w „Ustawie o publicznym transporcie zbiorowym”.

Prosimy o nadsyłanie materiałów dotyczących prowadzonych prac oraz opisów wdrożonych lub planowanych rozwiązań.

Termin nadsyłania artykułów: **30.04.2013 r.**

**O zakwalifikowaniu do druku decyduje także kolejność zgłoszeń.**

Artykuły przygotowane zgodnie z wytycznymi Przeglądu Komunikacyjnego należy nadsyłać na adres: [artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl](mailto:artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl)

Informacje dotyczące sugerowanych obszarów tematycznych publikacji dostępne są na stronie <http://przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl/> w zakładce „Call for Papers”