

Józef PAWELEC<sup>1</sup>  
Zbigniew KRAWCZYK<sup>2</sup>

## **BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU DROGOWYM MOŻLIWOŚCI I PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ NOWYCH TECHNOLOGII**

*Przedstawiono kilka pomysłów i przykładów zastosowań urządzeń radio-elektronicznych i informatycznych dla przeciwdziałania powstawaniu wypadków na drogach. Najszerszej opisano zaawansowany projekt i-radar służący do ostrzegania kierowców jadących w kolumnie przed zagrożeniami ruchu na froncie drogi. Omówiono także kilka pomysłów automatycznego sprawdzania stanu psychofizycznego kierowcy dla ostrzeżenia go przed możliwością zaśnięcia i spowodowania wypadku. Omówiono przyrządy kontrolujące wizualnie twarz i oczy kierowcy oraz ruchy głowy i rąk, przenoszone na kierownicę. Pomysły te wykorzystują cały arsenał nowoczesnych metod matematycznych i informatycznych. Wiele znanych firm uczestniczy w badaniach i testach.*

## **SAFETY IN ROAD TRAFFIC, THE POSSIBILITIES AND EXAMPLES NEW TECHNOLOGIES APPLIED**

*A series of radio-electronic and informatics devices for avoiding collisions in road traffic has been presented. The i-radar system for collision avoidance in column drive was described in detail. Moreover, a series of devices for controlling the drowsiness/fatigue of a driver to avoid crashes has been generally characterized. The most interest reveal devices, which control the eyes, face image and the pose of a head of driver. All advanced mathematical and informatics methods have been engaged to reach the goal. Many famous companies take part in research phase and tests.*

### **1. WSTĘP**

Stan bezpieczeństwa na drogach stale się poprawia. Mają w tym udział przede wszystkim zabezpieczenia techniczne w samych pojazdach oraz poprawa stanu dróg i organizacji ruchu. Polscy kierowcy jeżdżą nie gorzej, niż inni. Ich reprezentanci udowadniają to na co dzień na międzynarodowych imprezach. Polacy nie piją też więcej

---

<sup>1</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, tel: 0483617757, e-mail: pawelec@wil.waw.pl;

<sup>2</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, tel: 0483617714 e-mail: z.krawczyk@pr.radom.pl



Koncepcja projektu (zgłoszonego do konkursu w ramach *Mobile Platform of Europe* oraz do MNSW)<sup>3</sup> zakłada wykonanie systemu automatycznego ostrzegania kolumny pojazdów o stanie zagrożenia na drodze. Chodzi przede wszystkim o przeciwdziałanie tzw. karambolom. Pierwszy samochód w kolumnie, który ulegał wypadkowi, dachował, zatrzymał się lub ostro hamował wysyłał selektywne sygnały na tył kolumny, aby nadjeżdżające auta miały czas na ratunek. Na desce rozdzielczej zapalały się w takim przypadku niezwłocznie odpowiednie diody LED wskazujące na rodzaj i bliskość zagrożenia. Mógł być uruchamiany także alert akustyczny lub mechaniczny (wibracje pasów).

Projekt i-radar został szeroko opisany w polskiej i międzynarodowej literaturze fachowej [2-8] przez autorów niniejszego referatu.

### 3. INNE POMYSŁY I PROJEKTY

Jest wiele projektów i pomysłów z zakresu nowych technologii, jak czarne skrzynki dla samochodów, automatyczne systemy powiadamiania o wypadkach itp. Występuje co najmniej 5 grup instytucji zaangażowanych w tę działalność. Należą do nich:

- Producenci samochodów: Daimler-Chrysler, Volkswagen, Saab, Volvo, Nisan, Toyota.
- Producenci podzespołów do samochodów, w tym: Dephi, Bosch, Denso, Visteon, VDO.
- Organizacje rządowe: BASt (Niemcy), Canada Safety Council, Department of Defense and Transportation (USA), OMC (Japan), NHTSA, Naval Health Research Center, GHSA, FMCS.
- Uniwersytety: Berkeley University, Carnegie Mellon University, Rogal Institute of Technologie (Sweden), Murdoch University, University of Illinois, University of Michigan, University of Technology Berlin, University of Tokio.
- Specjalne firmy, w tym: AcuMine, ARRB, AssistWare Technology, BTE, ARTC, Smart Eye, Sleep Diagnostics, Seeing Machines, Security Electronic Systems, Pernix, Muirhead Remote Control Tech., Mobileye, International Mining Systems.

### 4. SYSTEMY DFD

W dalszym ciągu omówimy w skrócie dużą grupę pomysłów i projektów poświęconych przeciwdziałaniu wypadkom spowodowanym złym stanem psychofizycznym kierowcy, w szczególności zmęczeniem lub rozproszeniem uwagi. Autorom znanych jest ponad 100 prac z tego zakresu. Zmęczenie i/lub brak skupienia określa się w języku angielskim jako *drowsiness/fatigue* (drzemka/ zmęczenie) i określa skrótem DFD – *drowsiness/fatigue detection*. DFD obejmuje: zmęczenie długą jazdą, osłabienie czujności spowodowane środkami farmakologicznymi, brak koncentracji z powodu rozmowy przez komórkę lub z pasażerami itp.

W USA odsetek wypadków spowodowanych wymienionymi przyczynami sięga 20% i stale wzrasta, tablicy I. Kolizje wymienionego typu należą często do ciężkich i powodują

---

<sup>3</sup> W projekcie zadeklarowały udział, w kraju - Instytut Radioelektroniki PW oraz Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Samochodów Małolitrażowych, Bielsko-Biała. Z zagranicy mieliśmy deklaracje udziału ze strony renomowanego *Wessex Institute of Technology*, UK oraz *Communications Network Research Institute z Irlandii* plus kilka innych z Niemiec, Hiszpanii, Norwegii, Grecji.

ofiary śmiertelne. Tylko w roku 2002 pochłonęły one w USA 1500 ofiar i spowodowały 71.000 zranień [9].

Tab. I Kolizje w USA spowodowane zmęczeniem i/lub brakiem skupienia

| Kolizje/ lata | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ogółem        | 58.805 | 58.729 | 59.495 | 58.094 | 55.926 |
| Z tytułu DFD  | 8.835  | 9.122  | 8.949  | 9.837  | 9.797  |
| Odsetek       | 15%    | 15.5%  | 15%    | 16.9%  | 17%    |

#### 4.1. Detektory zjeżdżania z pasa jezdni

Często pierwszym sygnałem zmęczenia jest niezamierzona zmiana pasa jezdni, niekiedy pod prąd [10]. W terminologii angielskiej całą tę grupę określa się terminem *lane departure*. Większość rozwiązań bazuje na wizyjnym rozpoznawaniu malowanych pasów na jezdni (rozpoznanie błędne np. przy zaśnieżeniu drogi). Znane są także detektory radarowe i GPS. Niektóre nowe rozwiązania prezentowano na wystawach, np. w Nowym Jorku na *Auto Show 2007* tzw. *Lane departure warning* (General Motors) oraz *Lane departure prevention* (Nissan). Rozwiązania te zostały zastosowane w luksusowych wozach Cadillac STS oraz Infiniti FX, M.

#### 4.2. Detektory nienormalnych ruchów kierownicy

Urządzenia kontrolują kąt i szybkość obrotu kierownicy. Duże zainteresowanie wzbudza produkt firmy Pernix Ltd opracowany przy współpracy z Uniwersytetem Waszyngtona. Wykorzystuje on rozwiązanie stosowane na szeroką skalę w kopalniach, zwane jako ASTiD. Zastosowano w nim algorytmy sieci neuronowych (produkt uczy się w miarę postępu drogi). Ostatecznym celem obserwacji jest wykrycie momentu niebezpiecznego zmęczenia kierowcy [11,12] i zapobieżenie wypadkowi. W nowszych rozwiązaniach projektanci sięgają do tego celu po *multi-wavelety* (wielofalki), filtry Kalmana, teorię entropii, procesy Markowa i inne.

#### 4.3. Analizatory pulsu

Stan emocjonalny wynikający ze zmęczenia sygnalizowany jest również przez HRV – *heart rate variability* (EKG). W konkretnym rozwiązaniu DENSO prezentowanym na *Detroit Auto Show* wahania pulsu są analizowane na podstawie obserwacji ruchów kierownicy, a dodatkowo za pomocą kamery obserwowane są oczy kierowcy. Japończycy udoskonali to urządzenie przez włączenie do procesu sieci neuronowych [13] oraz analizę ciśnienia krwi, co służy za bezpośredni wskaźnik stresowych sytuacji, w tym zmęczenia. Wiodącą instytucją jest Uniwersytet Aichi, a kierunki poszukiwań koncentrują się na badaniu aktywności systemu nerwowego: *sympathetic nerv activity (SNA)*, *parasympathetic nerv activity (PNA)* oraz HRV.

#### 4.4. Mierniki EEG

Elektroencefalogram stanowi zapis aktywności elektrycznej ciała ludzkiego wytworzonej przez mózg. Wiele można by powiedzieć o stanie badanego na podstawie pomiaru widma mocy EEG. Podstawowym problemem jest jednak inwazyjność badania [14]. Są pierwsze raporty o udanych próbach pomiaru EEG za pomocą sieci bezprzewodowych (*National Highway Safety Administration Report*).

#### 4.5. Detektory nieuporządkowanych ruchów głową

Zmęczenie powoduje osłabienie mięśni szyi, co w konsekwencji ujawnia się okresowym opadaniem głowy do przodu lub na boki. W praktyce kontrola ruchów głowy jest łączona z innymi parametrami, głównie badaniem stanu oczu np. w produkcie *Smart Eye*, który wykorzystuje kamerę na podczerwień. Inne rozwiązanie (*Rensselaer Polytechnic Institute*) bada podobną metodą aż cztery parametry: wyraz twarzy (yawning) [15], ruchy głowy, spojrzenie (gaze) oraz ruchy powiek.

#### 4.6. Detektory stanu oczu

Oczy należą do najważniejszych sygnalizatorów stanu emocjonalnego u człowieka, w tym stanu zmęczenia [16]. Bada się zwykle następujące parametry: mruganie powiekami, zamykanie powiek (częstość średnia lub kwantylowa), kierunek spojrzenia (gaze), ruchy gałki ocznej, wielkość źrenicy (pupil response), tęczęwkę. Znanych jest wiele detektorów tych parametrów. Łączą one zwykle pomiar paru cech w jednym przyrządzie, np. *Alertnes Monitor*, *Blinkometer*, *Optalert*, *Insight*.

Wielkość źrenicy mierzy się drogą pobudzenia oka strumieniem światła. Przyrząd *EyeCheck* (MCJ) mierzy jednocześnie puls, ponieważ oba parametry są związane.

Kierunek spojrzenia ma upewnić system DFD, że kierowca ma oczy skierowane przed siebie. Parametr ten mierzą wcześniejsze przyrządy oraz *Driver Fatigue Monitor* i *Face ab*.

Częstość zamykania powiek określana jest w odniesieniu do czasu jednej minuty: kwantylowa oznacza zamknięte powieki przez 70/80 procent czasu obserwacji (*perclosse-70*, *-80*), a średnia (*aveclose*) - odsetek minuty, przez który oczy są prawie całkowicie zamknięte.

Wymienione parametry mierzą prawie wszystkie wcześniejsze przyrządy plus specjalnie *Co-Pilot* oraz *Driver State Monitor* (Delphi).

#### 4.7. Detektory zmian wyrazu twarzy i inne

Wyraz twarzy, szczególnie kolor skóry też zdradza stan emocjonalny kierowcy. Także mimika twarzy może zdradzać zdenerwowanie, złość, które są niebezpieczne w prowadzeniu auta. Nowoczesne kamery na podczerwień oraz przyrządy CCD (*charge coupled devices*) plus zaawansowane algorytmy analizy obrazu pozwalają wychwycić niebezpieczne stany emocjonalne, w tym zmęczenie grożące wypadkiem

## 5. WNIOSKI

Dano przegląd urządzeń i systemów radio-elektrono-informatycznych, służących badaniu stanu psychofizycznego kierowcy oraz zagrożeń na drodze. Najszerzej opisano system i-radar, służący do wczesnego ostrzegania kierowców w kolumnie przed zagrożeniami na froncie drogi: ostre hamowanie, zatrzymanie, kolizja pojazdów. Resztę publikacji poświęcono opisowi technik oraz przyrządów służących do kontroli stanu zmęczenia kierowcy. Największe perspektywy szerszego zastosowania autorzy dostrzegają w badaniu stanu oczu i wyrazu twarzy kierowcy za pomocą kamer na podczerwień i CCD. Systemy te zwykle wspomagane są kontrolą ruchów kierownicy oraz badaniem pozycji głowy kierowcy.

Zaangażowanie tematem w USA i Japonii jest bardzo duże. W różnych projektach uczestniczy kilkadziesiąt instytucji rządowych, wiele uniwersytetów i firm prywatnych. Lobby samochodowe partycypuje w badaniach z pewną ostrożnością. Zainteresowanie problemem w Polsce jest niewielkie. Kolizyjność jest łączona niemal wyłącznie z alkoholizmem, brawurą kierowców i złym stanem dróg.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Krawczyk Z., "Using Ad-Hoc WLAN to Vehicle Collision Avoidance", 5<sup>th</sup> Intern. Conference on Transport System Telematics, Katowice-Ustroń, November 2005.
- [2] Pawelec J., „An Information-Communication System for Early Warning and Collision Avoidance in Road Traffic”, *Journal of Communications* 2008 (invited paper).
- [3] Pawelec J., Krawczyk Z., Kosmowski K., "ICT Anti Collision Radar for Road Traffic", *IEEE Vehicular Technology Conference*, Baltimore, Oct. 2007.
- [4] Pawelec J., "Aktywne Systemy Bezpieczeństwa dla Ruchu na Autostradach", *Magazyn Autostrady*, 10/2007.
- [5] Pawelec J., "Radar Przyjazny Samochodom", *Magazyn Autostrady*, 12/2009.
- [6] Krawczyk Z., *Application of Wireless Sensor Networks to Early Warning and Collision Avoidance in Road Transport*, Doctoral Dissertation, Radom University of Technology, 2010.
- [7] Pawelec J., Krawczyk Z., Olszewski S., „Sposób Wczesnego Ostrzegania przed Zagroženiami w Ruchu Drogowym...”, Urząd Patentowy, nr 386895 (zgłoszenie)
- [8] Rębała M., „Kac po Europejsku” *Newsweek* nr 33, 2010.
- [9] National Highway Traffic Safety Administration, "Fatality Analysis Reporting System encyclopedia" (2008), <http://www-fars.nhtsa.dot.gov>.
- [10] Vanlaar W., Simpson H., Mayhew D., Robertson R., "Fatigued and Drowsy Driving: Attitudes, - Concerns and Practices of Ontario Drivers", Traffic Injury Research Foundation, 2007.
- [11] Carroll R. , "Impact of Sleeper Berth Usage on Driver Fatigue: Eye-activity Measures of Fatigue...", Federal Highway Administration, Office of Motor Carrier and Highway Safety (Tech Brief), 1999.
- [12] Ruijia F., Guangyuan Z., Cheng B., "An On-board System for Detecting Driver Drowsiness..." Networking, Sensing and Control, *ICNSC International Conference*, Okayama 2009.

- 
- [13] Yamakoshi T., Yamakoshi K. et al., "Hemodynamic Responses during Simulated Automobile Driving in a Monotonous Situation", Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. *EMBS '06. 28th Annual International Conference IEEE*, New York, 2006.
  - [14] Risser J., Kobus M., "Toward a Usable Closed-loop Attention Management System: Predicting Vigilance from Minimal Contact Head, Eye, and EEG Measures", *2<sup>th</sup> Intern. Conf. on Augmented Cognition*, San Francisco: ACI, 2006.
  - [15] Lang L., Qi H., "The Study of Driver Fatigue Monitor Algorithm Combined PERCLOS and AECS", *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, (CSSE 2008), Wuhan, China 2008
  - [16] Küblbeck C., Ernst A., "Face Detection and Tracking in Video Sequences using the Modified Census Transformation", *Image and Vision Computing*, Vol. 24, Issue 6, June 2006.