

BOBKOWSKA Katarzyna¹
 JANOWSKI Artur²
 PRZYBORSKI Marek¹
 SZULWIC Jakub¹

Koncepcja analizy stanów emocjonalnych użytkowników w kontekście systemów zabezpieczeń transportowych

WSTĘP

Rozwój automatyzacji w branży transportowej oraz bezpieczeństwie i logistyce związanych z transportem w ostatniej dekadzie osiągnął taki poziom rozwoju, w którym funkcjonują autonomiczne systemy zarządzania ruchem i nadzorowania bezpieczeństwa transportu. Zasadniczo jednak kierunek rozwoju związany jest z technologią pozycjonowania połączoną z algorytmami z systemów informacji przestrzennej (SIP, ang. GIS – *Geographical Information Systems*) oraz nawigacją dla pojazdów autonomicznych (bez udziału kierowcy np. Google driverless car). Szczególnie w transporcie miejskim (tu: metro) udział pojazdów z ograniczonym wsparciem człowieka jest szczególnie wysoki. System ATO (ang. *Automatic Train Operation*) po raz pierwszy został wprowadzony w metrze w Barcelonie oraz na linii Victoria w Londynie (lata 60. XX wieku), ale dopiero współcześnie system ten osiąga poziom GoA3 i GoA4 (ang. *Grades of Automation*) czyli definiuje zakres i funkcjonalność zautomatyzowania w sterowaniu pojazdem [1-10].

W przestrzeni transportowej pojawiają się także pojazdy sterowane zdalnie, wśród których rewolucję przeżywa transport lotniczy wsparty technologią bezzałogowych statków latających (UAV, ang. *Unmanned Aerial Vehicle*), kolokwialnie zwanych „dronami” (ang. *drone* – truteń).

Jednocześnie szczególne znaczenie dla tak zautomatyzowanego transportu ma system nadzoru nad taborem i poszczególnymi pojazdami. Nadzór ten dzięki postępowi technologicznemu może posiadać autonomiczne systemy zabezpieczające bazujące na ocenie stanów emocjonalnych operatorów. Autorzy sygnalizują w artykule konieczność stosowania rozwiązań zabezpieczających, ale nie ograniczają ich użycia tylko do centrów logistycznych; rozsądne wydaje się także uruchamianie monitoringu w pojazdach, których bezpieczne poruszanie się związane jest ze szczególną troską o ładunek lub otoczenie, a jednocześnie obsługiwanych przez swoich niezależnych operatorów – kierowców i pilotów. Do tego grona można zaliczyć pojazdy szynowe, statki powietrzne i morskie.

W artykule autorzy wskazują na możliwość zastosowania koncepcji analizy stanów emocjonalnych operatora i wykorzystanie efektów tej oceny do wzmocnienia bezpieczeństwa ruchu pojazdów. Ocena stanów emocjonalnych opiera się w koncepcji na analizie zapisu z kamery wideo obrazu twarzy i ocena emocji w oparciu o autorską koncepcję śledzenia identyfikowalnych na twarzy niesferycznych punktów na skórze ludzkiej.

1 NIENATURALNE ZACHOWANIE KIEROWCY A BEZPIECZEŃSTWO JAZDY

Z roku na rok odnotowuje się mniejszą liczbę wypadków. Niestety nadal wskaźniki nie są zadowalające. Rozważając przyczyny wypadków w transporcie lądowym morskim i powietrznym można uznać, że czynnik ludzki ma zasadnicze znaczenie. Ograniczenie wpływu tego czynnika przez szybsze rozpoznanie problemu niż dopiero po popełnieniu błędu wydaje się rozwiązaniem doskonałym, aczkolwiek nawet w prezentowanej tutaj koncepcji raczej nie jest to stan łatwy do osiągnięcia. Roztargnienie, zdenerwowanie, zmęczenie, osłabienie organizmu czy nadużycie alkoholu to podstawowe przyczyny obniżenia koncentracji u osób będących w bezpośredni i pośredni sposób odpowiedzialnych za prowadzenie jednostek transportowych. Gdyby pojawiła się możliwość

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
 e-mail katarzyna.bobkowska@pg.edu.pl, marek.przyborski@pg.edu.pl, jakub.szulwic@geodezja.pl

² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, ul. Oczapowskiego 2,
 10-957 Olsztyn, e-mail artur.janowski@geodezja.pl

automatycznego (w tym także zdalnego) wykrycia takowych stanów u ludzi i w bezpieczny sposób odsunięcia ich od wykonywanych czynności, obniżyłoby to liczbę popełnianych przez nich błędów.

Wywołanie silnych emocji zakłóca prawidłowy przebieg wykonania czynności. Wiele publikacji dotyczących psychologii transportu [11-14] mówi o tym, że stan emocjonalny kierowcy ma znaczący wpływ na prawidłowe prowadzenie pojazdu. W danych warunkach drogowych wywołanie skrajnych emocji może być przyczyną zmian w podejmowaniu decyzji, w wyborze odpowiedniego zachowania, natomiast w ekstremalnych sytuacjach, może prowadzić do całkowitej dezorganizacji prawidłowego zachowania na drodze. Nie tylko stan emocjonalny ma wpływ na zachowanie operatora danego pojazdu. Znużenie podczas długiej podróży, jak i zmęczenie po całonocnym wysiłku pracy, są ogromnym wrogiem bezpiecznej jazdy. W skrajnym przypadku takie zachowanie może prowadzić do nie tylko do opóźnionej reakcji kierowcy, ale do całkowitego jej barku. Zupełnie innym problemem jest prowadzenie pojazdu pod wpływem alkoholu czy środków odurzających. Coraz częściej się mówi o wypadkach spowodowanych przez pijanych kierowców.

Możliwość wykrycia, przed jazdą lub w jej trakcie, u kierowcy stanów, pod wpływem których zachowanie staje się dla niego nienaturalne w normalnych warunkach, niewątpliwie przyczyniłoby się do zwiększenia bezpieczeństwa w ruchu drogowym.

2 ANALIZA RUCHÓW CZĄSTECZEK NA TWARZY

Identyfikacja stanów, mających wpływ na sterowanie pojazdem jest problematyczna. Na świecie prowadzi się wiele badań dotyczących wykrywania różnych stanów emocjonalnych, rozpoznania zachowania pod wpływem alkoholu i środków psychoaktywnych, czy stwierdzenie zmęczenia. Metoda badań zaproponowana przez autorów, polega na analizie obrazów twarzy, przy pomocy anemometrii obrazowej (PIV, ang. *Particle Image Velocimetry*).

Podczas akwizycji obrazowej ustala się stałe parametry nagrywania, w szczególności prędkość nagrywania i rozdzielczość obrazu. Dane parametry powinny być dokładnie przemyślane, bo od nich zależy wybór kamery rejestrującej emocje. Na rynku jest dostępnych wiele urządzeń, które rejestrują obraz: od amatorskich kamer w telefonach komórkowych po kamery specjalistyczne, przeznaczone do konkretnych zadań. Jednak należy mieć świadomość, że im większa rozdzielczość i wyższa prędkość nagrywania, tym więcej danych jest uzyskiwane, co za tym idzie zwiększa się potrzeba posiadania komputera o wyższej mocy obliczeniowej.

W koncepcji autorów przygotowanie materiału do analiza składa się kilka etapów:

- konwersacja obrazu do odcieni szarości,
- detekcja konturów poziomych i pionowych, wykorzystując filtr Prewitt'a (jeden z popularniejszych filtrów w dziedzinie teledetekcji),
- konwersacja filmu do pojedynczych klatek,
- zapisanie pojedynczych klatek z nagrania wideo jako oddzielnych plików tiff.

Seria zdjęć przedstawiających obiekty składające się z pikseli o określonej jasności, poddana analizie cyfrowej pozwala na wyodrębnienie trajektorii poszczególnych mikro-obiektów dla tej serii. Przemieszczanie się poszczególnych charakterystycznych punktów może być obliczona za pomocą wzoru (1), a proces i efekt takiej analizy widoczny jest na rysunku 1 i 2.

$$\Theta(r, t) = \sum_{i=1}^N \delta(r - r_i(t)) \quad (1)$$

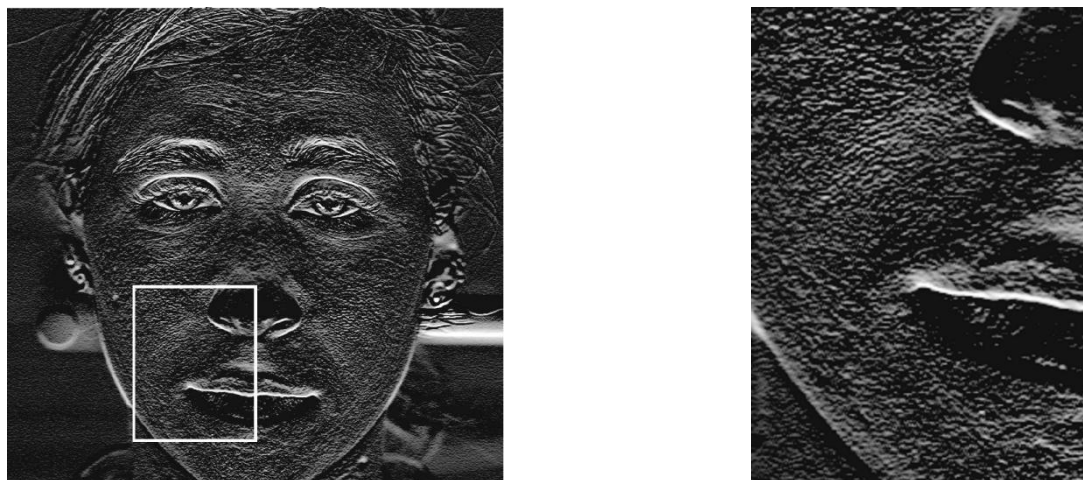
gdzie:

$r_i(t)$ jest położeniem i -tego obiektu w zbiorze N w czasie t .

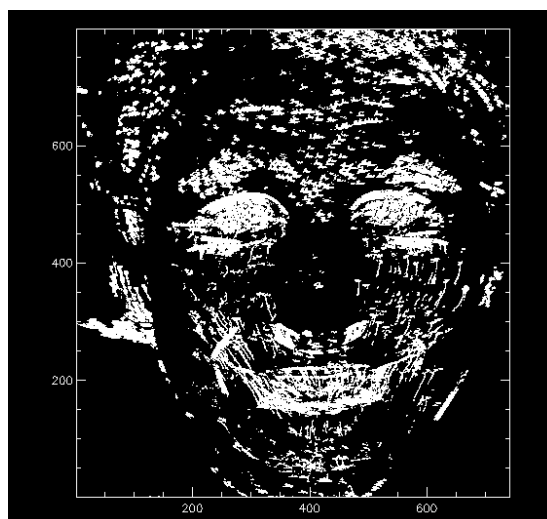
Zazwyczaj wyodrębnienie danych z przygotowanych wcześniej obrazów cyfrowych składa się z pięciu etapów logicznych:

- korygowanie „niedoskonałości” obrazów,
- ustalenie pozycji cząstek,
- ustalenie pozycji rafinacji,
- usunięcie „fałszywych” obiektów,
- tworzenie trajektorii cząstek.

Proces analizy cyfrowej został wykonany z wykorzystaniem IDL (ang. *Interface Description Language*), języka programowania stworzonego do analizy obrazowej.



Rys.1. Przetworzony obraz twarzy (lewy obraz) i powiększony fragment z widocznymi niesferycznymi charakterystycznymi punktami na skórze twarzy (prawy obraz).



Rys.2. Obliczone trajektorie charakterystycznych punktów na twarzy.

Analizując przetworzony obraz, można wyróżnić kilka charakterystycznych obszarów, które spełniają określone warunki. Filtr dolnoprzepustowy, skutecznie eliminuje szумы oraz obszary, które nie spełniają określonych warunków. W ramach analiz zostały wykorzystane wartości, takie jak: jasność oraz tzw. promień bezwładności (promień wokół zidentyfikowanego obiektu, w obszarze którego znajdują się inne cząstki). Dzięki wyborze konkretnych wartości jest możliwość zidentyfikowania danych cząsteczek na poszczególnych następujących po sobie obrazach, a następnie wygenerowania trajektorii ruchu dla tych obiektów. Takie podejście do analiz wywodzi się z badań dynamiki płynów, gdzie korzysta się z wartości przesunięcia średnio-kwadratowego (MSD – ang. *Mean Squared Displacement*; z mechaniki statycznej jest najczęstszą miarą stopnia przestrzennego przemieszczenia się cząsteczki podlegającej przypadkowemu ruchowi) [15-16], która jest obliczana za pomocą wzoru:

$$MSD(\tau) = \langle \Delta r(t)^2 \rangle = \langle [r(t + \tau) - r(t)]^2 \rangle \quad (2)$$

gdzie:

$r(t)$ jest pozycją cząsteczki w czasie t ,

τ jest opóźnieniem pomiędzy dwiema pozycjami cząsteczek,

operator $\langle \rangle$ ogranicza i określa uśrednienie zbioru trajektorii cząstek w czasie t .

Wartości MSD mogą być ujęte w charakterystykach przypisanych poszczególnym emocjom i ludziom. Zgodność wykresów w czasie analizy w pojeździe może powodować wykrycie stanu niebezpiecznego oraz uruchomienie procedury bezpieczeństwa

3 KONCEPCJA

Autorzy w tym miejscu nie proponują konkretnych procedur, ale jedynie wskazują możliwość wskazania momentu, w którym występuje emocja określona jako niebezpieczna. Dotychczasowe badania i koncepcje [17-21] wskazują na możliwość analizowania emocji z wykorzystaniem obrazów wideo, a także poszerzają wykorzystanie prezentowanej metody do wielu dziedzin życia – w tym również transportu.

Prowadzone badania przez autorów [17, 19] nad identyfikacją stanów emocjonalnych, ukazują nowe podejście do badań w dziedzinie psychologii. Możliwość wykrycia nienaturalnych stanów człowieka za pomocą analizy obrazu z wykorzystaniem anemometrii obrazowej, pozwala na stworzenie zupełnie nowej koncepcji analizy stanów emocjonalnych użytkowników w systemach zabezpieczeń transportowych. Wykrywanie niepożądanych zachowań u operatora pojazdu i sygnalizowanie o danym stanie, mogłoby ograniczyć niektóre możliwości, jakie ma kierowca podczas prowadzenia pojazdu (np. prędkość), sygnalizować przerwanie jazdy lub całkowicie uniemożliwić poruszanie się pojazdu.

W przypadku analizy emocji lub stanów psychologicznych operatorów pojazdów bezzałogowych lub nadzoru ruchu, możliwe jest także wykorzystanie szybkich kamer (rejestracja 1000 klatek wideo na sekundę), które nie wprowadzają ograniczenia związanego z ewentualnym transferem obrazu wideo lub nie wymuszają montażu kosztownych systemów wizyjno-komputerowych w pojazdach. Z dotychczasowych badań nad analizą emocji ludzkich z użyciem szybkich kamer [19] jest wiadome, że analiza obrazu może dowieść niestabilności emocjonalnej i cech psychicznych, które powinny wyeliminować operatora z obsługi systemów i urządzeń komunikacyjnych.

WNIOSKI

Wprowadzenie proponowanych rozwiązań nie jest w obecnym stanie technicznym rozwiązaniem ekonomicznym, jednak technologicznie możliwym i realnym. Współcześnie szczególnie korzystne pod względem ekonomicznym jest użycie systemów do wizyjnego monitoringu emocji w przywołanych wyżej rozwiązaniach odnoszących się do operatorów systemów i statków bezzałogowych. Docelowo jednak, wraz z rozwojem techniki transferu obrazu oraz postępowaniem technologicznym w budowie przenośnych systemów wideo, wydaje się możliwe wdrożenie proponowanych rozwiązań w pojazdach komunikacji zbiorowej, gdzie ograniczenie prywatności kierowcy może być uznane jako możliwe ze względu na bezpieczeństwo publiczne.

Takie działania przyczyniłyby się do zwiększenia bezpieczeństwa nie tylko posiadaczy danego systemu, ale i innych użytkowników ruchu drogowego. Wyeliminowanie jednej z przyczyn popełniania błędów przez kierowców, mogłoby się przełożyć na ogromne korzyści w systemach zabezpieczeń transportowych.

Streszczenie

Autorzy, przywołując własne i światowe badania nad rozpoznawaniem emocji ludzkich z obrazu twarzy, wskazują na możliwość zastosowania algorytmów komputerowych i ich implementacji w komputerach osobistych (i innych urządzeniach personalnych wyposażonych w dostatecznie silny procesor obliczeniowy). Zastosowanie takiego rozwiązania może poprawić bezpieczeństwo użytkowania urządzeń, maszyn i pojazdów, których operatorzy muszą gwarantować niezawodność systemu. Wskazana koncepcja nadaje się do zastosowania w pojazdach, w których występuje bezpośrednia (kontaktowa) obsługa przez człowieka, ale także w rozwiązaniach wykorzystujących zdalne sterowanie (drony, nadzór ruchu).

Badania realizowane przez autorów wskazują na możliwość oceny stanu emocjonalnego oraz wykrycia problemów psychologicznych na podstawie teledetekcyjnej oceny twarzy człowieka. Dotychczasowe rozwiązania opierają się na analizie obrazów z szybkich kamer, jednak postęp badań oraz rozwój technologiczny wskazuje, że rozwiązanie takie może być skutecznym elementem zabezpieczeń transportowych.

Concept of an analysis of emotional states of users in the context of transportation safety systems

Abstract

The authors, citing their own and global researches over the recognition of human emotions from the face image indicate that there is a possibility to use computer algorithms and their implementation in personal computers (and other devices equipped with personnel sufficiently powerful processor). Such a solution can improve the safety of use of the equipment, machinery and vehicles for which the operators must guarantee the system reliability. The indicated concept is suitable for use in vehicles where there is a direct (contact) service by human, but also in solutions using a remote control (drones, traffic control)

Research conducted by the authors indicate the possibility of evaluation of the emotional condition and possibility to detect the psychological problems on the basis of remote sensing assessment of the human face. Existing solutions are based on the analysis of images from high-speed cameras, but the progress of research and technological development indicate that such a solution can be an effective element of transport security.

BIBLIOGRAFIA

1. Ferrari A., Spagnolo G. O., Martelli G., Menabeni S.: From commercial documents to system requirements: an approach for the engineering of novel CBTC solutions. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 2014. DOI: 10.1007/s10009-013-0298-6
2. Janowski, A., Nowak, A., Przyborski, M., Szulwic, J.: Mobile indicators in GIS and GPS positioning accuracy in cities. M. Kryszkiewicz et al. (Eds.): *Proceedings of RSEISP 2014. Joint Rough Set Symposium. Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Vol. 8537, s. 309–318. Springer. Granada-Madryt, Hiszpania, 2014. DOI: 10.1007/978-3-319-08729-0_31
3. Keevill D.: Communication Based Train Control Technology Selection. 2014 Joint Rail Conference, Colorado Springs, Colorado, USA, 2-4.04.2014, ISBN: 978-0-7918-4535-6, ID artykułu JRC2014-3705, s. V001T03A002. DOI: 10.1115/JRC2014-3705
4. Liu G., Luo F., Zeng G.: The metro project construction safety risk managing system of GMC. *Open Journal of Safety Science and Technology*, Vol. 4 Nr 1 (2014), ID: 43634,6, 2014. DOI:10.4236/ojsst.2014.41005
5. Wanga J., Fangb W.: A structured method for the traffic dispatcher error behavior analysis in metro accident investigation. *Safety Science*, Vol. 70, s. 339-347, 2014. DOI: DOI: 10.1016/j.ssci.2014.07.014
6. Xiaolu Rao X., Montigel, M., Weidmann, U.: Potential railway benefits according to enhanced cooperation between traffic management and automatic train operation. *Intelligent Rail Transportation (ICIRT), 2013 IEEE International Conference*, s. 111-116, 30.08.2013, Pekin Chiny, 2013. DOI: 10.1109/ICIRT.2013.6696278
7. Yin J. Chen D.: An intelligent train operation algorithm via gradient descent method and driver's experience. *Intelligent Rail Transportation (ICIRT), 2013 IEEE International Conference*, s. 54-59, 30.08.2013, Pekin Chiny, 2013. DOI: 10.1109/ICIRT.2013.6696267
8. Zajac J., Malopolski W.: Weryfikacja efektywności sterowania podsystemem transportowym zbudowanym z automatycznie sterowanych pojazdów w programie symulacyjnym Arena. *Logistyka*, 3/2012] [Artur Janowski A., Szulwic J.: Indykatory mobilne GIS w analizie ruchu miejskiego. *Logistyka*, 3/2014
9. Zajac J. Więk T. Jurek A.: Wykorzystanie skanera laserowego do zapewnienia bezpieczeństwa autonomicznego pojazdu mobilnego. *Logistyka*, 3/2011
10. Zhao Z., Gao C.: A New Control Method of Automatic Train Operation in Urban Rail Transit Based on Improved Generalized Predictive Control Theory. *Proceedings of the 2013 International Conference on Electrical and Information Technologies for Rail Transportation (EITRT2013)*, tom I, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, Vol. 287, s. 567-573, 2014. DOI: 10.1007/978-3-642-53778-3_56

11. Andysz A., Waszkowska M., Merecz D., Drabek M.: Zastosowanie symulatorów jazdy w badaniach psychologicznych. *Medycyna Pracy* Vol. 61(5), s.573-582, 2010.
12. Bąk J. Bąk-Gajda D.: Proces szkolenia kandydatów na kierowców - wymagania bezpieczeństwa ruchu drogowego. *Logistyka* 2/2010.
13. Gössling S.: Advancing a clinical transport psychology. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Vol. 19, s. 11-21, 2013. DOI: 10.1016/j.trf.2013.02.003
14. Vaa T.: From Gibson and Crooks to Damasio: The role of psychology in the development of driver behaviour models. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Vol. 25, cz. B, s. 112-119, 2014. DOI: 10.1016/j.trf.2014.02.004
15. Debye P: Interferenz von Röntgenstrahlen und Wärmebewegung. *Ann. d. Phys.*, 348(1), s.49-92. 1913 DOI: 10.1002/andp.19133480105
16. Langevin P.: Sur la théorie du mouvement brownien (On the Theory of Brownian Motion)". *C. R. Acad. Sci. (Paris)* Vol. 146, s. 530-533. ; Paul Langevin's 1908 paper "On the Theory of Brownian Motion". *Am. J. Phys.* 65, 1079, 1997. DOI:10.1119/1.18725
17. Błazek M., Janowski A., Kaźmierczak M., Mokwa K., Przyborski M., Szulwic J. : An unorthodox view on the problem of tracking facial expressions.9th International Symposium Advances in Artificial Intelligence and Applications, Warszawa, Polska, Proceedings of the 2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, M. Ganzha, L. Maciaszek, M. Paprzycki (eds). ACSIS, Vol. 2, s. 85-91, 2014. DOI: 10.15439/2014F495
18. Błazek M., Janowski A., Kaźmierczak M., Przyborski M., Szulwic J. : Web-cam as a means of information about emotional attempt of students in the process of distant learning. ICERI2014 Proceedings. Sewilla Hiszpania, 2014.
19. Błazek M., Kaźmierczak M., Majkowicz M., Mokwa K., Przyborski M.: Identyfikation of Emotional States Using Phantom Miro M310 Camera. *Internal Security*. Vol 5, cz. 2, s. 207-221, 2013.
20. Picard R. W.: Emotion Research by the People, for the People. *Emot. Rev.*, vol. 2, no. 3, pp. 250–254, Jun. 2010. DOI: 10.1177/1754073910364256
21. Vanhala T., Surakka V.: Facial Activation Control Effect (FACE). *Affective Computing and Intelligent Interaction, Second International Conference, ACII 2007 Lisbon, Portugal, September 12-14, 2007*. DOI: 10.1007/978-3-540-74889-2