

dr inż. GRZEGORZ OWCZAREK
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Czy termowizja znajdzie zastosowanie w samochodach?

Publikacja opracowana w ramach statutowej działalności naukowej temat III-10 pn. „Analiza możliwości konstruowania termowizyjnych systemów ostrzegania kierowców w trudnych warunkach widoczności”

Kierowanie pojazdem w warunkach ograniczonej lub niekiedy „zerowej” widoczności (spowodowanej przeważnie gęstą mgłą, opadami lub dużym zachmurzeniem) prowadzi niejednokrotnie do groźnych w skutkach wypadków. Przeszkody w postaci nieoświetlonych pojazdów lub pieszych i zwierząt pojawiających się na drodze są wymieniane jako najczęstsze (po nadmiernej prędkości) przyczyny wypadków samochodowych.

Światło reflektorów samochodowych, w trudnych warunkach atmosferycznych, nie jest w stanie zapewnić widoczności pozwalającej na bezpieczne prowadzenie pojazdu. Wynika to z możliwości ludzkiego oka, ograniczonych do postrzegania w zakresie widmowym od około 400 do 800 nm. Mogłoby się wydawać, że natura hojnie obdarowała np. niektóre owady. Mogą one rejestrować i przetwarzać obrazy zarówno w paśmie widzialnym dla człowieka, jak i w określonym

zakresie podczerwieni. Mnogość przypadków, które świadczą o wykorzystaniu promieniowania podczerwonego do odbierania bodźców zewnętrznych w świecie zwierząt, może świadczyć o znaczeniu tego promieniowania w procesie odbioru i analizy płynących z zewnątrz informacji [1].

Termowizja jest obecnie coraz szerzej stosowaną metodą detekcji promieniowania podczerwonego. Może być wykorzystana wszędzie tam, gdzie promieniowanie to niesie ze sobą istotne do wykorzystania informacje. Zakres stosowania termowizji jest bardzo szeroki ze względu na fakt, że wszystko co nas otacza emituje promieniowanie cieplne. W przemyśle technika pomiarów termowizyjnych wykorzystywana jest m.in. do monitorowania wysokoenergetycznych procesów produkcyjnych (np. produkcja stali) [2] oraz oceny sprawności instalacji izolacyjnych (tzw. audit ciepły) [3] i energetycznych.

Wraz z coraz większymi możliwościami cyfrowej obróbki obrazów termograficznych, m.in. metody segmentacji obrazu i zastosowanie sieci neuronowych [4], metoda pomiarów w podczerwieni jest coraz szerzej stosowana w specjalistycznej diagnostyce medycznej [5], takie nowe metody rejestracji obrazów termalnych, jak termografia impulsowa pozwalają również na prowadzenie badań materiałowych i technologicznych [6,7].

Historycznie najstarszym obszarem zastosowania termowizji jest przemysł zbrojeniowy.

Przemysł motoryzacyjny od dawna interesuje się wykorzystaniem techniki termowizyjnej w procesie diagnostyki samochodowej [8]. Obecnie jedna z firm zajmujących się produkcją systemów termowizyjnych – „Raytheon Infrared” (USA) – wyprodukowała kamerę termowizyjną, montowaną z przodu samochodu oraz system projekcji rejestrowanego obrazu termicznego na fragment przed-

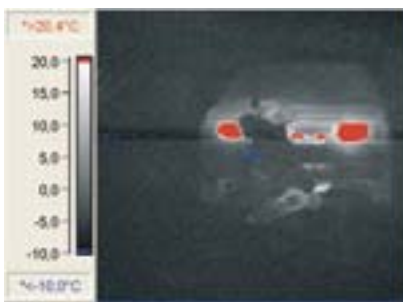


Rys. Wykorzystanie centralnych wyświetlaczy LCD w samochodzie: A – obraz z kamery cofania, B – wyświetlanie funkcji wskaźników, C – wyświetlanie systemu nawigacji satelitarnej, D – zdjęcie wykonane metodą termowizji wklejone w miejsce ekranu LCD (ze zbiorów autora)

TERMOWIZJA W SYSTEMACH OSTRZEGANIA KIEROWCÓW



Olśnienie oczu światłem reflektorów sprawia poważne trudności w identyfikacji dziecka na sankach znajdującego się tuż przed maską nadjeżdżającego z przeciwną stronę samochodu (ze zbiorów autora)



Przykładowa rejestracja, przedstawiona obok obiektu, wykonana z wykorzystaniem termowizji (ze zbiorów autora)

Tabela

niej szyby samochodowej [9,10]. Rozwiązanie to, o nazwie „NightVision”, jest dostępne jedynie w USA. Cena tego rozwiązania szacowana jest na 20 000 USD. Proponowany system ma jedynie możliwość „podglądania” warunków na drodze w warunkach nocnych.

Projektowane rozwiązania, oparte na metodzie detekcji promieniowania podczerwonego do układów ostrzegania kierowców różnią się zasadniczo od powszechnych już zastosowań wojskowych. Do prowadzenia obserwacji nocą lub w warunkach złej widoczności, w wojsku wykorzystywane są głównie noktowizory, montowane na hełmie. Osoba wyposażona w noktowizor ma więc możliwość obserwacji tylko w podczerwieni. W przypadku sys-

temów dla kierowców urządzenie powinno zapewnić możliwość „podglądania” w podczerwieni, przy zachowaniu normalnej zdolności obserwacji drogi. Ma więc to być układ wspomagający, a nie zastępujący „normalną” obserwację drogi.

Informacja, jaką otrzymuje kierowca od systemu termowizyjnego może więc być:

- wzrokowa, w postaci obrazu ruchomego termowizyjnego
- wzrokowa, polegająca na zapaleniu się świateł ostrzegawczych montowanych w desce rozdzielczej samochodu

• słuchowa, polegająca na wysyłaniu ostrzegawczych sygnałów dźwiękowych.

Pierwsza z wymienionych metod jest najbardziej zaawansowana technologicznie, i wydaje się być najkorzystniejsza. Co najważniejsze, wprowadzenie dodatkowego elementu, na którym prezentowana jest (w podczerwieni) w sposób ciągły informacja o sytuacji na drodze nie powinno rozpraszać kierowcy, a nawyk „podglądania” takiej informacji może być analogiczny z obserwacją lusterka lub szybkościomierza.

Istnieje obawa, że informacje pojawiające się w postaci krótkich sygnałów świetlnych lub dźwiękowych mogą być niewłaściwie interpretowane, powodując rozproszenie kierowcy, jak również mogą „zlewać się” z innymi sygnałami tego typu, emitowanymi w kokpicie samochodu (np. radio, telefon komórkowy, informacja o braku płynu w zbiorniku spryskiwaczy). Założenia ergonomiczne jakim musi podlegać system ostrzegania kierowców w trudnych warunkach oświetlenia, powinien spełniać również wiele warunków. Najważniejsze z nich to:

- system nie może rozpraszać uwagi kierującego pojazdem
- w czytelny i łatwy do odbioru sposób system ten powinien informować o sytuacji na drodze (np. o pojawiającej się przeszkodzie)
- czas, od chwili pojawienia się informacji do chwili, w której kierujący pojazdem znalazłby się w niebezpiecznej sytuacji musi być wystarczający do podjęcia przez kierującego stosownej decyzji (np. hamowanie)
- możliwość niezawodnej pracy w dużym zakresie temperatur zewnętrznych (np. od -30°C do $+50^{\circ}\text{C}$)
- koszt systemu musi być dostosowany do obowiązujących na rynku cen dodatko-

wego wyposażenia samochodowego.

Na podstawie analizy trendów w zakresie rozwiązań ergonomicznych kokpitów samochodowych można stwierdzić, że najkorzystniejsze jest rozwiązanie polegające na możliwości „podglądania” ruchomego obrazu termowizyjnego. Obecnie znane są dwa sposoby. Jeden polega na wyświetlaniu obrazu termowizyjnego na fragment przedniej szyby samochodu, drugi na wyświetlaniu obrazu na dodatkowym ekranie.

Możliwość „podglądania” obrazu termograficznego, jest zagadnieniem z zakresu ergonomii rozwiązań w zakresie rozmieszczenia wskaźników samochodowych. W nowoczesnych rozwiązaniach dąży się do możliwie optymalnego rozłożenia wszystkich wskaźników (szybkościomierz, obrotomierz itp.), w taki sposób, aby była możliwa ich ciągła obserwacja.

Producenci aut osobowych i ciężarowych prześcigają się w nowatorskich (przy zachowaniu zasad ergonomii obserwacji) rozwiązaniach rozmieszczania przyrządów w desce rozdzielczej. Na uwagę zasługują coraz większe ekrany ciekłokrystaliczne, które przejmują funkcje informacyjne poprzez wyświetlanie potrzebnych informacji. Polega, to na tym, że wiele lampek kontrolnych i temu podobnych wskaźników zostaje zastąpione jednym dużym ekranem (centralnym ekranem LCD) oraz konsolą sterowania.

Nie sposób również pominąć taką funkcję ekranów, jak przekazywanie obrazu z kamery wspomagającej manewry parkowania. Rozwiązania tego typu wydają się iść naprzeciw rozwiązaniom, które mają na celu wyświetlanie ważnych dodatkowych informacji, o „dynamicznym” charakterze. Należy podkreślić, że umacnia się tendencja w montowaniu stosunkowo dużych (5-calowych i większych) ekranów kolorowych, które dają możliwości wyświetlania obrazów ruchomych. Można sądzić, że w niedalekiej przyszłości ekrany montowane w samochodach (obecnie ekrany przejmują głównie funkcje wskaźników) będzie można wykorzystywać do oglądania filmów (oczywiście nie w czasie jazdy) z zamontowanych odtwarzaczy DVD. Jeśli tendencja zastępowania wskaźników przez ekrany ciekłokrystaliczne zostanie utrzymana, mogą one w przyszłości spełniać również do-

datkową funkcję, jaką będzie wyświetlanie obrazu termograficznego, co przedstawiono schematycznie na rysunku (D).

Jeśli kierowcy zaakceptowałyby dodatkową informację otrzymywaną na drodze detekcji promieniowania podczerwonego, która dociera do nich podczas prowadzenia pojazdu, nie będzie przeciwwskazań do montażu systemów termowizyjnych.

W tej publikacji przedstawiono jedynie wybrane zagadnienia dotyczące ergonomii sposobu „podglądania” rejestrowanego obrazu termowizyjnego. Naturalnie na ergonomię kompleksowego rozwiązania składają się również zagadnienia dotyczące sposobu obrazowania, czyli metod komputerowego dopasowania parametrów obrazu, aby informacja jaką niesie ze sobą ten obraz była możliwie najbardziej czytelna dla użytkownika. Przykład obrazowania termowizyjnego przedstawiono w tabeli.

Wnioski, jakie wypływają na podstawie analizy zagadnień ergonomicznych odnoszących się do systemów ostrzegania kierowców w trudnych warunkach widoczności są następujące:

- informacja uzyskiwana poprzez rejestrację termowizyjną, jaka dociera do kierowcy, powinna być przedstawiona w formie ruchomego obrazu (rejestracja w czasie rzeczywistym)
- najbardziej korzystne będzie „podglądanie” obrazu termowizyjnego na tzw. centralnym ekranie LCD.

Prognozując rozwój systemów termowizyjnych do zastosowań w samochodach, można przewidzieć dwa możliwe sposoby ich wdrażania. Po pierwsze, system będzie integralną częścią nowego pojazdu. Po drugie, mogą pojawić się zestawy do indywidualnego montażu. Niektórzy kierowcy pamiętają jeszcze (autor również się do nich zalicza), jak popularne było montowanie dodatkowych urządzeń kontrolnych i pomiarowych w składzinach prymitywnych (w porównaniu z dzisiejszymi) samochodach. Czy w związku z tym układy do obserwacji termowizyjnych również mogą być montowane przez amatorów (na zasadzie zestawów dających możliwość uniwersalnego dopasowania do różnych modeli samochodów)? Jeśli tak, to powinny w tym względzie być opracowane odpowiednie przepisy formułujące choćby dwa najważniejsze zagadnienia, tzn.:

- sposoby instalacji systemu (nie można zmieniać fabrycznej konstrukcji samochodu)
- zasady homologacji systemu termowizyjnego.

Powinno znaleźć się również ostrzeżenie, że układ nie zastępuje normalnej obserwacji drogi, lecz jest systemem wspomagającym. Oznacza to, że w razie sytuacji spornych (wypadek drogowy) nie można powoływać się na informacje płynące do kierowcy za pomocą systemu termowizyjnego.

Być może w przyszłości konstrukcje systemów termowizyjnych staną się na tyle powszechne i technologicznie zaawansowane, że ich działanie będzie brane pod uwagę w przypadku analizy zdarzeń drogowych. **Należy spodziewać się, że zastosowanie termowizji w samochodach stanie się kolejnym kierunkiem rozwoju przemysłu samochodowego i będzie rozwijać się równoległe z postępem technologicznym w przemyśle motoryzacyjnym.**

PIŚMIENNICTWO

- [1] Cliff W. i in. *Infrared thermometry in the real world*, Proceedings of SPIE, Thermosense XXIII 2001
- [2] Wilchem i in. *Termowizja jako narzędzie do monitorowania procesów produkcyjnych w hutnictwie*, IV Konferencja Krajowa „Termografia i termometria w podzerwieni”, Łódź 2000
- [3] Dziomdziora D. *Wykorzystanie aparatury termowizyjnej w diagnostyce transformatorów energetycznych*. IV Konferencja Krajowa „Termografia i termometria w podzerwieni”, Łódź 2000
- [4] Darabi A. Maloague X. *Defect Depth Estimation Using Neuro-Fuzzy System in TNDE*, QIRT 2000
- [5] Nowakowski A. i in. *Medical applications of model-based dynamic thermography*, Proceedings of SPIE, Thermosense XXIII 2001
- [6] Owczarek G. *Zastosowanie termowizji do badania środków ochrony oczu na przykładzie filtrów szklanych*. Bezpieczeństwo Pracy 9(350) 2000
- [7] Więcek B. i in. *Zastosowanie termografii w badaniach nieniszczących. Metoda fali cieplnej, termografia impulsowa*, IV Konferencja Krajowa „Termografia i termometria w podzerwieni”, Łódź 2000
- [8] Kastek M. i in. *Fast scanning pyrometer for temperature measurements for car wheels*, QIRT 1998
- [9] Materiały firm (przykładowo): FLIR, RAYTHEON, Mikron Thermal Imageering, ALST, Leica, CEDIP, EMX Inc., JANOS TECHNOLOGY, JENOPTIK
- [10] Klapper S. i in. *Night Vision-Changing the Way We Drive*, Proceedings of SPIE, Thermosense XXIII 2001

Drgania mechaniczne (wibracje), występujące powszechnie w różnych dziedzinach aktywności ludzkiej, zwłaszcza zawodowej, są zaliczane do szkodliwych czynników fizycznych środowiska pracy. Przenoszone do organizmu człowieka drogą bezpośredniego kontaktu pracownika z drgającą strukturą, mogą negatywnie oddziaływać na poszczególne tkanki i naczynia krwionośne bądź też mogą spowodować wzbudzenie do drgań całego ciała lub jego części, a nawet struktur komórkowych. Długotrwała zawodowa ekspozycja na drgania może zatem wywołać wiele zaburzeń w organizmie, a w konsekwencji doprowadzić do trwałych, nieodwracalnych zmian chorobowych o niespecyficznym charakterze [1].

Niepożądane objawy w stanie zdrowia pojawiają się w ciągu kilku do kilkunastu lat od rozpoczęcia pracy w warunkach narażenia na ten czynnik, a lokalizacja i rodzaj skutków zdrowotnych zależą m.in. od miejsca wnikania wibracji do organizmu. Stanowiło to podstawę do umownego podziału drgań mechanicznych na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka (ogólne), wnikające do organizmu przez stopy lub też przez pośladki i plecy z powierzchni, na której pracownik stoi lub siedzi oraz drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne (miejscowe), przekazywane do organizmu przez ręce, bezpośrednio z trzymanych lub prowadzonych rękami narzędzi wibracyjnych lub pośrednio, z elementów obrabianych na urządzeniach.

Powszechność występowania obu rodzajów drgań mechanicznych w środowisku pracy oraz wynikające z tego faktu szkodliwe skutki dla zdrowia pracowników, uzasadniają konieczność ustalenia, w odniesieniu do drgań mechanicznych, najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) ze względu na ochronę zdrowia i mierzenia tego czynnika na stanowiskach pracy.

Przepisy i normy krajowe

Podstawą do ustalania wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) danego czynnika fizycznego są badania

doświadczalne prowadzone w laboratoriach z udziałem wolontariuszy, w kontrolowanych warunkach narażenia na czynnik, badania w warunkach rzeczywistych ekspozycji na czynnik, czyli na stanowiskach pracy, badania epidemiologiczne nad skutkami zdrowotnymi narażonej populacji oraz badania doświadczalne na zwierzętach.

Zebrane do 1999 r. wyniki takich badań w odniesieniu do drgań, zostały przedstawione w dokumentacji proponowanych wartości dopuszczalnych narażenia zawodowego na drgania mechaniczne [1], zatwierdzonej 20 grudnia 1999 r. przez Zespół Ekspertów, a przez Międzyresortową Komisję ds. NDS i NDN – w dniu 17 marca 2000 r.

Proponowane tam dopuszczalne wartości drgań mechanicznych, działających na człowieka przez kończyny górne oraz o działaniu ogólnym, zostały wprowadzone do wykazu wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń fizycznych czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, stanowiącego załącznik nr 2 do właściwego w tej sprawie rozporządzenia ministra pracy i polityki społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r., a następnie, bez zmian, do takiego wykazu stanowiącego załącznik nr 2 do obowiązującego od 18 czerwca 2003 r. rozporządzenia ministra pracy i polityki społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [2].

Zgodnie z tym rozporządzeniem:

- dla drgań działających na organizm człowieka przez kończyny górne wartość sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych x , y i z nie powinna przekraczać **2,8 m/s²**, przy 8-godzinny działaniu drgań na organizm człowieka; dla ekspozycji trwających 30 minut i krócej maksymalna dopuszczalna wartość sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych x , y i z nie powinna przekraczać **11,2 m/s²**.

- dla drgań o ogólnym działaniu na organizm człowieka wartość sumy wek-