

Marcin STANIEK¹

IDENTYFIKACJA STANU SIECI DROGOWEJ NA PODSTAWIE ANALIZY OBRAZÓW CYFROWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę wizyjną oceny stanu nawierzchni drogowych. Przedstawiono wady obecnie stosowanych rozwiązań wizyjnych. Zaproponowano wykorzystanie metody stereowizyjnej do identyfikacji uszkodzeń nawierzchni. Przedstawiono także przykład opisu nawierzchni drogi w systemie obrazowania przestrzennego.

Słowa kluczowe. Diagnostyka stanu nawierzchni drogowych, stereowizja cyfrowa, System Oceny Stanu Nawierzchni.

IDENTIFICATION OF ROAD NETWORK CONDITIONS BASED ON ANALYSIS OF DIGITAL IMAGES

Summary. The visual evaluation of road pavement conditions was presented in the article. The disadvantages of currently used visual method were presented. The stereovision method for identification road pavement conditions was proposed to using. An example of 3d description of the road pavement was shown.

Keywords. Evaluation of road pavement conditions, digital stereovision, Pavement Management System.

1. WPROWADZENIE

Sieć drogowa to element infrastruktury drogowej, której podstawowym celem jest zapewnienie wymaganych warunków do przewozu osób i ładunków. Dotyczy to zarówno przewozów krajowych, jak i przewozów tranzytowych, realizowanych na drogach. Właściwa identyfikacja stanu sieci drogowej jest więc istotnym elementem w zarządzaniu infrastrukturą drogową. Zasadniczym kryterium właściwego zarządzania jest zapewnienie przejezdności dróg, niezależnie od pory dnia i roku. Dotrzymanie warunku przejezdności wynika z projektowania, budowania i utrzymywania stanu technicznego sieci drogowej [1].

Ograniczone środki finansowe przeznaczone na utrzymanie stanu sieci drogowej zmuszają organy zarządcze dróg do optymalnego wykorzystania posiadanych zasobów i przeciwdziałania dekapitalizacji majątku drogowego. Oprócz istotnych kwestii finansowych, dochodzą określone możliwości technologiczne, sprzętowe i materiałowe przeprowadzania zabiegów utrzymaniowych [1].

¹ Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, e-mail: marcin.staniek@polsl.pl

Właściwe zarządzanie infrastrukturą drogową jest zbiorem zabiegów technologiczno-organizacyjnych. Ma na celu utrzymanie stałego dobrego stanu nawierzchni oraz określonego standardu przejezdności. Poziom klasyfikacji stanu nawierzchni wynika z wymagań Systemu Oceny Stanu Nawierzchni, poziomy przejezdności dróg krajowych, np. w okresie zimowym, z zarządzenia Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad.

Degradacja stanu nawierzchni drogowych zależy m.in. od takich czynników jak:

- poziom natężenia ruchu,
- udział pojazdów ciężkich,
- konstrukcja jezdni,
- warunki gruntowo-wodne,
- warunki klimatyczne.

Prawidłowa identyfikacja stanu sieci drogowej pozwala na właściwe zarządzanie, wyborze kolejności odcinków drogowych przeznaczonych do przeprowadzania zabiegów utrzymaniowych lub remontowych. Precyzyjny opis stanu nawierzchni z wykorzystaniem zaawansowanych urządzeń pomiarowych pozwala na trafny dobór technologii i zakresu robót drogowych.

2. IDENTYFIKACJA STANU SIECI DROGOWEJ WG SOSN

Właściwe zarządzanie infrastrukturą drogową wymaga określonych czynności, procedur i metod dotyczących, diagnozowania i utrzymania sieci drogowej. W Polsce jest wykorzystywany do zarządzania drogami krajowymi Systemem Oceny Stanu Nawierzchni SOSN, opracowany przez Generalną Dyrekcję Dróg Krajowych i Autostrad GDDKiA. Systemem objęte są drogi krajowe zamiejskie, o nawierzchniach bitumicznych oraz nawierzchniach betonowych [2],[3].

Diagnostyka nawierzchni drogowej oraz ocena jej stanu to dwa zasadnicze elementy systemu SOSN. Wymagania SOSN dla diagnostyki określają procedury i metody pomiaru oraz sposoby rejestracji stanu nawierzchni. Wytyczne oceny wg SOSN obejmują procedury przetwarzania danych pomiarowych i kryteria wyznaczania stanu technicznego nawierzchni. Zawierają funkcje pomiędzy stanem nawierzchni drogowej, zabiegami remontowymi oraz zabiegami utrzymaniowymi, które należy wykonać natychmiastowo lub zaplanować w celu utrzymania lub poprawy stanu sieci drogowej [3].

Identyfikacja stanu sieci drogowej jest wykonywana na podstawie wideo rejestracji pasa drogowego oraz bezpośredniego pomiaru następujących cech nawierzchni drogi, takich jak:

- stan powierzchni,
- stan spękań,
- równość podłużna,
- równość poprzeczna,
- właściwości przeciwpoślizgowe.

Wymienione parametry cech nawierzchni są mierzone z wykorzystaniem badań instrumentalnych i wizualnych. Badania instrumentalne dotyczą pomiarów równości podłużnej i poprzecznej oraz nośności warstw drogi i właściwości przeciwpoślizgowych. Cyfrowe przetworniki pomiarowe umożliwiają precyzyjny opis stanu sieci dróg.

Badania wizualne stanu nawierzchni są popularnym rodzajem diagnostyki nawierzchni drogowej. Przy zastosowaniu systemów automatycznej rejestracji pomiar polega na zapisie danych wideo, dotyczących nawierzchni drogi, w postaci sekwencji klatek wideo. Zastosowanie technik przetwarzania obrazów umożliwia detekcję obiektów obrazu stanowiących nieprawidłowości nawierzchni drogi. Na przykład, detekcja występowania stanu spękań i ich charakteru pozwala określić nieciągłość górnych warstw jezdni [4].

Pojazd laboratorium z zastosowaną aparaturą do automatycznej wizyjnej oceny stanu nawierzchni przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Pojazd pomiarowy z rejestratorem wizyjnym stanu nawierzchni
Fig. 1. Vehicle with video recorder to register road pavement conditions

W Polsce, zgodnie z wytycznymi SOSN, opis stanu nawierzchni przeprowadza się, pasie na którym występuje największe natężenie ruchu. Do pomiaru wykorzystywane są następujące rejestratory:

- SOWA1 - do oceny nawierzchni asfaltowych,
- SOWA2 - do oceny nawierzchni betonowych,
- SOWA3 - do oceny nawierzchni na drogach ekspresowych i autostradach, o dużym natężeniu ruchu drogowego [5].

Szerokość rejestrowanego obszaru pasa ruchu w urządzeniach typu SOWA wynosi około 4 m. Pojazd pomiarowy rejestruje kolejne klatki co 0,6 m, co stanowi zbiór danych w postaci klatek opisujący 2,4 m² drogi. Rejestracja drogi jest wykonywana przy prędkości do 60 km/h.

Pojazd laboratorium drogowego GDDKiA z aparaturą SOWA3 przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Rejestrator SOWA3
Fig. 2. SOWA3 device

Podczas wykonywania procedury oceny obliczane są wskaźniki stanu spękań i stanu powierzchni. Mimo prostoty procedur obliczeniowych ocena jest wielowymiarowa i trudna do przeprowadzania. Pojawiają się błędy interpretacji uszkodzeń nawierzchni drogi.

W celu zminimalizowania wad pomiarów wizyjnych do systemu oceny nawierzchni wprowadzono cyfrową rejestrację, techniki przetwarzania obrazów i metody rozpoznawania obiektów w cyfrowym zapisie obrazu. Wprowadzenie zaawansowanych rozwiązań równocześnie odkryło problemy dotyczące interpretacji nowego zbioru danych. Pojawiły się problemy zdefiniowania parametrów pozyskiwanych obrazów dla późniejszej analizy, dotyczące m.in.:

- Identyfikacji uszkodzeń dla różnego typu nawierzchni drogowej,
- Opisu stanu wynikającego z warunków eksploatacyjnych,
- Opisu stanu nawierzchni w różnych warunkach atmosferycznych.

Do tych trudności dodatkowo dochodzą problemy cyfrowego przetwarzania obrazów jak filtracja, kalibracja, skalowanie, czy binaryzacja obrazów nawierzchni drogowych.[6] W konsekwencji oprowadza to do odsunięcia automatycznego systemu detekcji stanu sieci drogowej. Jego miejsc ponownie zastępuje wykwalifikowany inspektor, który korzystając z doświadczenia opisuje stan nawierzchni. Materiał wideo jest wtedy wykorzystywany tylko jako podgląd dla manualnej oceny stanu sieci drogowej. Taki rodzaj oceny wydłuża czas realizacji analizy i oceny stanu nawierzchni sieci drogowej, zwiększają się także koszty badań.

3. DIAGNOSTYKA STANU NAWIERZCHNI DROGOWYCH Z WYKORZYSTANIEM ANALIZY STEREO OBRAZÓW

W celu wyeliminowania błędów interpretacji uszkodzeń nawierzchni drogowych, dylematu określania parametrów obrazów, problemów wynikających z metod przetwarzania obrazów oraz zapewnienia automatycznego systemu oceny stanu nawierzchni autor pracy zaproponowały wykorzystanie technik stereowizyjnych do identyfikacji stanu sieci drogowej. Stereowizja cyfrowa to nowoczesna technika przetwarzania obrazów polegająca na wykorzystaniu w procesie odwzorowywania obiektu co najmniej dwóch obrazów tego samego obiektu przy zastosowaniu przesunięcia między urządzeniami rejestrującymi. Stosowana jest w m.in. w diagnostyce technicznej i medycznej, procesach kontroli wizyjnej produkcji, detekcji i śledzeniu obiektów ruchomych.

Na rysunku 3 przedstawiono system stereowizyjny zamontowany na pojeździe do rejestracji stanu sieci drogowej. Stanowisko pomiarowe zostało opracowane i wykonane przez autora tej pracy.



Rys. 3. Stereowizyjne stanowisko pomiarowe
Fig. 3. Stereovision test bench

W zaproponowanym przez autora rozwiązaniu stanowiska stereowizyjnego do opisu stanu sieci drogowej przyjęto niekanoniczny układ pomiarowy. Wykorzystując rektyfikację obrazów, przeprowadzona zostaje zmiana układu pomiarowego do współrzędnych układu kanonicznego, po wcześniejszym przeprowadzeniu procedury kalibracji układu pomiarowego. Efektem przeprowadzonych operacji są eliminacja złożonych przekształceń matematycznych i przyspieszenie procesu obliczeń. Szczegółowy opis zaproponowanego rozwiązania przedstawiono w pracy [7].

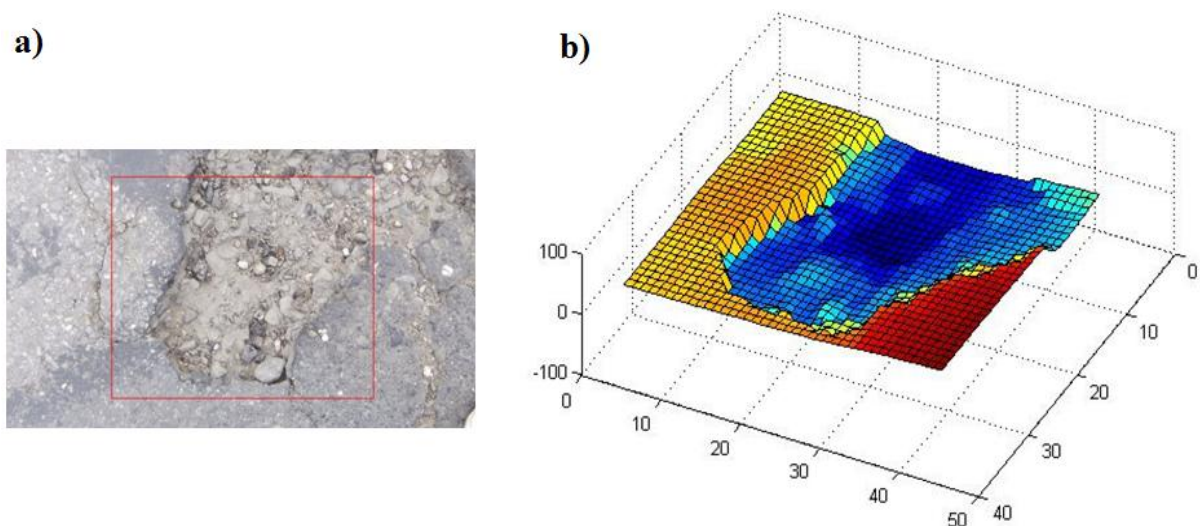
4. DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE

Odcinek badawczy, na którym przeprowadzono identyfikację stanu nawierzchni drogowej zlokalizowano na drodze lokalnej o długości 650 m. Pomiarzy zostały przeprowadzone w okresie godzin popołudniowych. Na odcinku drogi nie występowało duże natężenie ruchu w trakcie realizacji pomiarów. Badanie wizyjne polegało na zarejestrowaniu materiału wideo dotyczącego fragmentów badanego odcinka, na którym zaobserwowano znaczące zmiany stosunku do stanu wymaganego (stan dobry – poziom pożądany), określonego wytycznymi SOSN. Podczas pomiarów zostały zarejestrowane następujące uszkodzenia stanu nawierzchni:

- pojedyncze spękania poprzeczne,
- spękania z wykruszeniami,
- ubytki ziaren,
- wyboje.

Zarejestrowano kilkadziesiąt nieprawidłowości badanej nawierzchni jezdni (spękania, ubytki ziaren), w tym kilkanaście wybojów.

Przykład przestrzennego opisu nawierzchni drogi z zastosowaniem technik pomiaru stereowizyjnego przedstawiono na rys. 4. Rysunek 4a jest połączeniem dwóch obrazów, obejmuje część wspólną zdjęć drogi wykonanych z kamer układu pomiarowego. Rysunek 4b jest graficzną interpretacją zarejestrowanego wyboju drogi w układzie przestrzennym (wycinek rys. 4a -ograniczony czerwoną linią).



Rys. 4. Przykład przestrzennego opisu stanu nawierzchni drogowej
Fig. 4. Example of the 3d description of the road pavement

5. PODSUMOWANIE

Identyfikacja stanu sieci drogowej na podstawie analizy obrazów cyfrowych to właściwy kierunek rozwoju metod diagnostyki stanu nawierzchni. Precyzyjny opis nawierzchni drogowych z wykorzystaniem technik stereowizyjnych zwiększa trafność identyfikacji uszkodzeń i dokładność jego opisu. Przestrzenny opis stanu sieci drogowej pozwala wyznaczyć miejsca, na których występują zagrożenia bezpieczeństwa ruchu, wynikające ze złego stanu nawierzchni. Taki opis dodatkowo stwarza możliwość właściwego zarządzania zabiegami utrzymawczymi i remontowymi. Zgodnie z wymogami systemu SOSN zaproponowana metoda stereowizyjna może zostać wykorzystana do oceny stanu sieci drogowej w Polsce.

Bibliografia

1. Stypułowski B., Grzebska Z., Koba H., Komar Z., Spuziak W., Szydło A., Wolek Cz.: Zagadnienia utrzymania i modernizacji dróg i ulic. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
2. Heller S.: Pavement management system on the strategic and operative level. Proceedings of The 3rd European Pavement & Asset Management Conference, 2008 Portugal
3. Praca zbiorowa: System oceny stanu nawierzchni SOSN. Wytyczne stosowania. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych Biuro Studiów Sieci Drogowej, Warszawa 2000.
4. Sudyka J., Mechowski T., Harasim P.: Nowoczesne metody oceny stanu nawierzchni w utrzymaniu sieci drogowej. IV Międzynarodowa Konferencja „Nowoczesne technologie w budownictwie drogowym”, Poznań 2009.
5. Radzikowski M., Foryś G.: Raport o stanie technicznym nawierzchni sieci dróg krajowych na koniec 2007. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2008.
6. Cyganek B.: Komputerowe przetwarzanie obrazów trójwymiarowych. Wydawnictwo Exit, Warszawa 2002.
7. Staniek M.: Diagnostyka stanu nawierzchni drogowej z wykorzystaniem pomiarów stereoskopowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej s. Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z.59 (3/2012/IV) Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2012, s.339-346.