

BADANIA PARKINGOWE Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI CYFROWEGO ROZPOZNAWANIA OBRAZU

Artykuł przedstawia propozycje modyfikacji metod pomiaru parkowania. Identyfikacja charakterystyk procesów parkowania jest jednym z podstawowych zagadnień w inżynierii ruchu drogowego. Optymalizacja układów drogowych nie może być rozpatrywana w oderwaniu od problemów parkowania pojazdów. W artykule przedstawiono dwie propozycje metod badawczych. Jedna jest związana z modyfikacją techniki badań patrolowych parkowania – procedury uznanej i powszechnie stosowanej w zarządzaniu ruchem drogowym. Druga metoda bazuje na powszechnie wprowadzanej w ostatniej dekadzie, w wielu dziedzinach nauki, technice przetwarzania cyfrowego obrazów.

Wprowadzenie

Zagadnienia związane z parkowaniem pojazdów w miastach stanowią jeden z podstawowych problemów inżynierii ruchu drogowego [1,2,3]. Paradoksalnie, analiza literatury przedmiotu pokazuje, że zagadnienia te stanowią temat mniejszej liczby studiów, analiz i dociekań niż problemy wymiarowania węzłów i skrzyżowań drogowych. Tematyka badań nad procesami parkowania pojazdów skupia się ostatnio w obszarze ITS i systemów obszarowego zarządzania ruchem. Powszechna jest praktyka, stosowana przez zarządy drogowe w polskich miastach, przenoszenia problemów parkowania poza obszary śródmiejskie. Służą temu celowe ograniczenia w sferze organizacyjno-prawnej oraz promowanie rozwiązań typu Park&Ride[4]. Wskazany sposób postępowania podyktowany jest nie tylko ograniczoną podażą przestrzeni parkingowej, ale również szczupłymi zasobami w sferze zarządzania ruchem drogowym. Większość polskich miast funkcjonuje w warunkach permanentnego deficytu budżetowego.

Systemy obszarowego sterowania ruchem w Polsce występują obecnie w ograniczonej formie i są z reguły nie skoordynowane z zarządzaniem miejskimi systemami parkingowymi. W najbliższej perspektywie systemy obszarowe

w polskich miastach nie będą odgrywały większej roli. Zaledwie dwa miasta w Polsce mają systemy obszarowego sterowania ruchem, w ramach których zintegrowana jest większość funkcjonujących na ich obszarze skrzyżowań wyposażonych w sygnalizację świetlną. Inteligentne systemy parkowania właściwie nie istnieją[5–12]. Badania parkowania i rozwój systemów parkowania z reguły analizowane są w aspekcie modelowania ruchu. Zwłaszcza budowa modelu ruchu pod kątem dalszej analizy horyzontów prognozy powinna uwzględniać inwestycje w zakresie parkowania np. P&R [13–14].

Błędem jest konstruowanie systemów obszarowego sterowania ruchem niezintegrowanych z inteligentnymi systemami zarządzania parkingami. W Polsce koordynacja i optymalizacja ruchu sprowadzana jest głównie do celów sterowania ruchem drogowym w ciągach ulicznych. W tym kontekście optymalizacja płynności ruchu w węzłach i skrzyżowaniach drogowych powoduje często propagację zakłóceń z tych elementów sieci transportowej na zewnątrz. Zagadnienie optymalizacji układu drogowego, zwłaszcza tzw. gęstej sieci transportowej [12], należy prowadzić równocześnie pod kątem zwiększenia płynności ruchu węzłów i skrzyżowań drogowych, w połączeniu z optymalizacją efektywności systemów parkingowych. Wymaga to sprawniej akwizycji danych na temat procesów parkowania w miastach. Dlatego w artykule zostaną zaprezentowane dwie metody prowadzenia badań parkingowych z wykorzystaniem nowoczesnych technik recepcji i rozpoznawania obrazów cyfrowych. Pierwsza dotyczyć będzie modyfikacji znanej i powszechnie stosowanej metody patrolowej. Zaprezentowane zostanie jej znaczące usprawnienie poprzez wykorzystanie w badaniach urządzeń typu PDA (Personal Digital Assistant). Druga metoda polega na wykorzystaniu obrazowania powierzchni ziemi z wykorzystaniem zdjęć lotniczych i satelitarnych [15].

Badania parkingowe w kontekście modyfikacji metody patrolowej oraz propozycji wykonywania pomiarów na podstawie zdjęć satelitarnych i lotniczych

Badania parkingowe mają na celu poznanie podstawowych charakterystyk procesów parkowania za pomocą pomiarów ręcznych. W ramach badań patrolowych okre-

¹ Mgr inż., Katedra Inżynierii Ruchu, Wydział Transportu, Politechnika Śląska, Ireneusz.Celinski@polsl.pl.

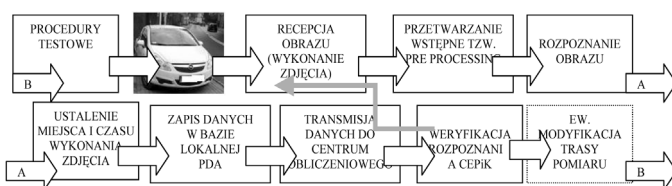
ślana jest akumulacja obszaru, wykorzystanie miejsc parkingowych, rotacja i inne charakterystyki. Są to najprostsze badania empiryczne. Patrol pomiarowy wykonuje obchód wyznaczonych miejsc parkingowych w oznaczonym podstawowym interwale pomiaru, spisując dane identyfikacyjne pojazdów. Spis jest sporządzany w relacji jeden do jednego, tj. jednemu miejscu parkingowemu przyporządkowuje się jeden pojazd w podstawowym interwale pomiarowym. Czas wykonania jednego obchodu określany jest w taki sposób, aby dało się ręcznie zarejestrować dane identyfikacyjne wszystkich pojazdów w wyznaczonym rejonie patrolowym. Proces elementarnego obchodu miejsc parkingowych powtarzany jest następnie w wyznaczonych ramach czasowych pomiaru. Efektywność procesu pomiaru parametrów parkowania ograniczona jest manualnym charakterem tych badań, spisaniem parametrów pojazdów w formie dokumentacji papierowej. Czas pojedynczego obchodu Δt może uniemożliwiać dokładne odwzorowanie charakterystyk parkowania. W charakterystykach parkowania pominięta zostanie część pojazdów parkujących w czasie $t_p < \Delta t$. Badania te mogą być obciążone błędem, zwłaszcza w wyniku wzrostu w ostatnich latach mobilności społeczeństwa, jak również dynamiki procesów transportowych. W związku z tą tendencją skróceniu ulegają czasy parkowania. W dalszej części opracowania zostanie zaprezentowana metoda znacznie usprawniająca ten proces, która eliminuje całkowicie dokumentację papierową związaną z badaniami, jak również znacząco skraca czas wykonywania podstawowych operacji spisowych. Jest to metoda, która może być stosowana w czasie rzeczywistym „on the fly” i ma także inne zalety, np. nie wymaga specjalnego przeszkolenia pracowników. Pominąć można również etap przygotowawczy badań, czyli określenie parametrów parkingów zlokalizowanych w obszarze, które będą patrolowane. Pomiaru wykonane zgodnie z proponowaną modyfikacją pozwalają również na uzyskanie bardziej precyzyjnych danych niż pozyskane sposobem klasycznym. Wynika to z faktu wykorzystania bardzo precyzyjnej technologii GPS, gdzie lokalizacje obiektów można określać z dokładnością do centymetrów.

Współcześnie coraz częściej wykorzystywane są do badań parametrów parkowania inteligentne systemy transportowe – ITS (ang. *Intelligent Transportation Systems*) [5–11]. Używane są systemy wizyjnej rejestracji obrazu, liczniki mechaniczne i bezkontaktowe pojazdów. Druga prezentowana w artykule metoda bazuje na rozpoznawaniu cyfrowego obrazu powierzchni ziemi na podstawie zdjęć lotniczych lub satelitarnych. Może zostać wykorzystana do obserwacji powierzchni parkingowych w miastach. Taka będzie z pewnością przyszłość badań parkowania, wynikająca z dalszego rozwoju zarówno motoryzacji, jak również techniki lotniczej i satelitarnej. W ramach systemów sterowania obszarowego ATMS (ang. *Advanced Traffic Management Systems*) instalowane są podsystemy mogące znaleźć zastosowanie w pomiarach procesów parkowania z pomocą obrazowania z powietrza. W systemach obszarowych za-

ządzania ruchem użytkowane są podsystemy: informacji geograficznej GIS (ang. *Geographic Information System*), elektronicznego rozliczania opłat za przejazd (ang. *Electronic Fare Collection*), lokalizacji pojazdów AVL – (ang. *Automatic Vehicle Locator*). Coraz częściej elementem wyposażenia fabrycznego pojazdów stają się podsystemy ITS. Dla przykładu, w związku z elektroniczną taryfikacją przejazdów pojazdów po drogach płatnych wyposażane są one w jednostki OBU (ang. *On Board Unit*). Elementy te mogą posłużyć do śledzenia „z powietrza” parametrów parkowania w miejskich układach drogowych. W dalszej części artykułu pokazana zostanie możliwość wykorzystania techniki satelitarnej do badań procesów parkowania.

Metoda patrolowa – recepcja parametrów parkowania z wykorzystaniem urządzeń PDA.

Do modyfikacji metody patrolowej badań parkowania pojazdów proponuje się wykorzystać urządzenia PDA, które są powszechnie dostępne na rynku, a koszt ich pozyskania, w konfiguracji spełniającej wymogi badań patrolowych ruchu, nie przekracza 1000 zł. Minimalne ceny takich urządzeń zaczynają się od 500 zł. Zakłada się, że jedno urządzenie typu PDA będzie na wyposażeniu ekipy patrolowej, która w czasie obchodu ustalonego obszaru wykonuje zdjęcie fotograficzne każdego napotkanego pojazdu. Zdjęcie powinno eksponować tablicę rejestracyjną pojazdu i nie musi być wykonane w żaden specyficzny sposób. Wystarczy, jeśli będzie na nim widoczna tablica rejestracyjna pojazdu. Zdjęcia można wykonywać pod niewielkim kątem, co ułatwia prowadzenie akwizycji danych identyfikacyjnych pojazdów. Fotografia jest rozpoznawana w urządzeniu PDA i następnie przechowywana w pamięci stałej. Możliwe są różne warianty dalszego postępowania. Zdjęcie równie dobrze może być tylko archiwizowane w pamięci PDA, by potem zostać przesłane, zarchiwizowane i udostępniane w dowolnym innym miejscu i czasie. Pożądane jest jednak prowadzenie badań z wykorzystaniem pełnych udogodnień technologii stosowanych w urządzeniach PDA, w tym transmisji bezprzewodowej. W związku z tym cały proces składać się będzie z następujących etapów: wykonania zdjęcia cyfrowego – recepcji obrazu pojazdu (w formie pliku graficznego), rozpoznania danych identyfikacyjnych pojazdu, rejestracji miejsca identyfikacji pojazdu i czasu, wprowadzenia danych pojazdu do bazy lokalnej, transmisji danych do centrum obliczeniowego. Cała procedura powtarzana jest dla każdego rejestrowanego pojazdu i po każdym kolejnym obchodzie. Procedurę przedstawiono na rysunku 1.



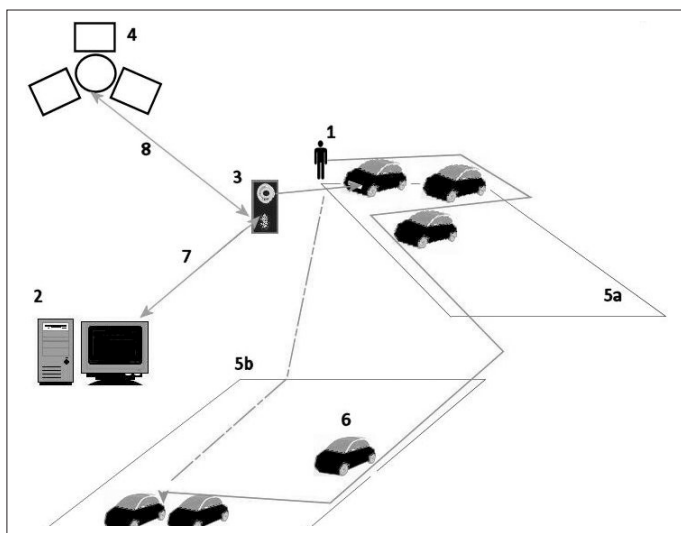
Rys. 1. Przykładowy proces odwzorowania tablic rejestracyjnych pojazdu z wykorzystaniem urządzenia PDA

Źródło: Opracowanie własne

Proponowana metoda wymaga określonych parametrów technicznych urządzenia typu PDA wykorzystywanego w badaniach. I tak, powinno ono posiadać wbudowany aparat cyfrowy, co nie jest już właściwie problemem, gdyż wszystkie urządzenia tego typu nim dysponują. Urządzenie powinno dysponować również wydajnym procesorem, w przypadku rozpoznawania obrazu w PDA i kartą pamięci zewnętrznej. Dysponując kartą o pojemności 2GB i wykonując zdjęcia o rozdzielczości VGA (640x480), kompresowanych do stratnego formatu JPG, można zapisać dane nawet 40 tys. pojazdów [28–32]. Przy założeniu normalatywnej pojemności dla parkingów wydzielonych (400 poj./ha) oznacza to możliwość zapisania danych o pojazdach parkujących na powierzchni 100 ha (100 tys. m²) [1][2]. Jest to więc wystarczająca w zupełności ilość pamięci do wykorzystania przez jeden patrol wykonujący pomiary. Kolejnym wymogiem technicznym stawianym urządzeniu PDA jest konieczność wyposażenia go w system identyfikacji pozycji geograficznej GPS (ang. *Global Positioning System*). Dzięki temu każde wykonane zdjęcie będzie miało przyporządkowany unikatowy czas ekspozycji tablicy rejestracyjnej pojazdu wraz z indywidualnymi współrzędnymi geograficznymi (długością i szerokością geograficzną). Standardowa dokładność pomiaru współrzędnych geograficznych systemu GSP wynosi 4÷12 m [16–19]. Jest więc wystarczająca dla zlokalizowania pojazdu z dokładnością do parkingu. Wystarcza to do większości badań parametrów parkowania. Mało znany jest fakt, że w chwili obecnej funkcjonują dwa systemy GPS: GPS-NAVSTAR (ang. *GPS Navigation Satellites with Timing and Ranging*) oraz mniej znany rosyjski GLONASS. W fazie rozwojowej znajduje się kilka innych, takich jak: Galileo, Gagan i Compass. Systemy te bazują na lokalizacji położenia pojazdu (obiektu) na ziemi na podstawie transmisji satelitarnej. Mało znany jest również fakt, że sygnał satelitarny GPS jest na ziemi przetwarzany, dzięki czemu precyzja pomiaru współrzędnych geograficznych wzrasta do objętości rzędu 2cm x 2cm x 4cm. Sygnał GPS przetwarzają, zwiększając jego dokładność, stacje naziemne np. systemu ASG-EUPOS. Dokładność sygnału GPS po korekcie jest wystarczająca dla celów lokalizacji sfotografowanego pojazdu z dokładnością do stanowiska postojowego [16–19].

Praktycznie wszystkie urządzenia typu PDA mają wbudowane podzespoły i procedury transmisji umożliwiające przesyłanie danych. Dzięki temu zbierane dane o obiektach parkujących mogą być transmitowane do centrum przetwarzającego-archiwizującego w czasie rzeczywistym. Czynności patrolu wykonującego pomiar sprowadzają się w wypadku takiej modyfikacji metody do absolutnego minimum. Zadaniem ekipy patrolującej obszar analizy jest wyłącznie sfotografowanie pojazdów parkujących w wyznaczonych miejscach. Sama trasa obchodu może również zostać opisana w systemie PDA, prowadząc osobę patrolującą „step by step”.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe zdjęcia wykonane urządzeniem PDA obrazujące tablice rejestracyjne samochodów parkujących w pewnym mieście. W zakresie



Rys. 2. Schemat modyfikacji procedury badania patrolowego. 1 – patrol, 2 – Centrum Obliczeniowe, 3 – PDA, 4 – system GPS, 5a, 5b – patrolowane parkingi, 6 – rejestrowany obiekt, 7 – transmisja danych, 8 – lokalizacja położenia

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Przykładowe odwzorowania tablic rejestracyjnych pojazdów z wykorzystaniem urządzenia PDA

Źródło: Opracowanie własne

rozpoznania i przetworzenia obrazu pojazdu na parkingu pojawiają się różne problemy techniczne: tablice mogą być zabrudzone, zgięte, znajdować się w trudno dostępnych miejscach, a może w ogóle ich nie być etc. (rys. 6). Problemy te zostaną poruszone w dalszej części opracowania w trakcie omawiania przygotowania obrazu celem jego dalszego rozpoznania.

Recepcja parametrów parkowania z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych i lotniczych

W ramach drugiej metody badań parkowania pojazdów proponuje się zastosowanie zdjęć lotniczych i satelitarnych. Tu problemem z pozyskiwaniem danych jest sposób, w jaki zdjęcia są robione, czyli cyklicznie, z określonym interwałem zależnym od parametrów satelity geostacjonarnej. Wykonywane są one bowiem w sposób dyskretny – jedno odwzorowanie na kilka, niekiedy kilkadziesiąt godzin. Interwał, w jakim można pozyskiwać zdjęcia tego samego obszaru, jest znaczny zarówno w przypadku zdjęć satelitarnych, jak również lotniczych. W dalszej przyszłości należy oczekiwać poprawy sytuacji w tej materii, gdyż jest tylko kwestią czasu wprowadzenie specjalizowanych satelitów geostacjonarnych wspomagających procesy inżynierii ruchu w dużych metropoliach. Zdjęcia lotnicze są, co prawda, możliwe do uzyskania z krótkim interwałem pomiarowym, tym niemniej jest to nieuzasadnione ekonomiczne.

Należy zastrzec, że pozyskiwanie szczegółowych danych identyfikujących pojazdy w przypadku obrazowania układu drogowego z powietrza nie jest możliwe z dokładnością 100%. Jest jednak możliwe określanie innych parametrów charakteryzujących procesy parkowania. Proponowaną metodę może wspomóc w niedalekiej przyszłości montowanie w pojazdach jednostek typu OBU. W przypadku zdjęć satelitarnych precyzja obrazowania dochodzi do odwzorowania za pomocą 1 punktu obrazu ok. 0,4 m terenu (rozdzielczość). W przypadku zdjęć lotniczych precyzja obrazowania dochodzi do 0,1 m na jeden punkt obrazu. W przypadku zastosowań wojskowych precyzja obrazowania dochodzi do 0,025 m na punkt ekranu. Tym niemniej technologia ta nie jest jeszcze dostępna do zastosowań cywilnych (rysunek 4 a, b).



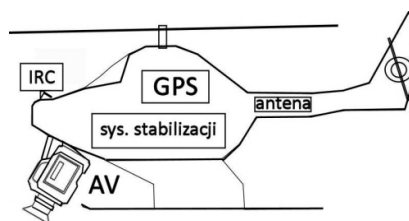
Rys. 4 a. Zdjęcie lotnicze powierzchni parkingowej (1 punkt = 0,1m); b. zdjęcie satelitarne (1 punkt = 0,4 m)

Źródło: na podstawie – Zumi.pl; Google.pl

Interesującą właściwością tej metody jest możliwość wykonywania zdjęć lotniczych lub satelitarnych w podczerwieni, które można następnie wykorzystać przy analizie charakterystyk parkowania. Na podstawie parametrów zdjęcia wykonanego w podczerwieni można modyfikować charakterystykę rotacji pojazdów.

Interesującą alternatywą wykonywania zdjęć parkingów z powietrza jest wykorzystywanie pojazdów typu UAV (ang. *Unmanned Aerial Vehicles*). Są to małe statki powietrzne: silnikowe lub helikoptery bezobsługowe i zdalnie sterowane, niewielkich rozmiarów. Pojazdy te ważą od pięciu do kilkuset kilogramów (>250 kg) i operują na pułapie od 200 do 3000 metrów, a ich zasięg dochodzi do kilkudziesięciu kilometrów (10÷70). Rynek tych pojazdów rozwija się w chwili obecnej dynamicznie. Urządzenia tego typu mogą zrewolucjonizować badania parkingowe z pominięciem jakichkolwiek urządzeń naziemnych identyfikujących pojazdy. Czas pracy pojazdów tego typu wynosi od 1 do 6 godzin [20–24], a parametry, jakie posiadają doskonale kwalifikują je do prowadzenia badań parkingowych z powietrza (rysunek 5).

Zdjęcia satelitarne i lotnicze poza akwizycją własną można na określonych zasadach pozyskiwać z popularnych serwisów informacyjnych, takich jak Google i Zumi. Z reguły są to zdjęcia lotnicze przekształcone w tzw. orthofotomapy. Ceny pozyskania fragmentów obszarów ustalane są w zależności od ich wymiarów. Więcej informacji czytelnik



Rys. 5. Pojazd typu UNV. Wyposażenie: AV – urządzenie rejestrujące obraz powierzchni ziemi z powietrza, GPS – rejestrator położenia pojazdu, system stabilizacji statku powietrznego, antena GPS, IRC – system wykrywania przeszkód. Proporcja wymiarów kamery AV w stosunku do wymiarów statku powietrznego rzeczywista

Źródło: Opracowanie własne.

znajdzie na ten temat w opracowaniu [15] i na stronach producentów oraz dystrybutorów tego typu opracowań kartograficznych. Autor proponuje również śledzenie informacji o statkach powietrznych typu UAV, gdyż jest to bardzo dynamicznie rozwijający się rynek.

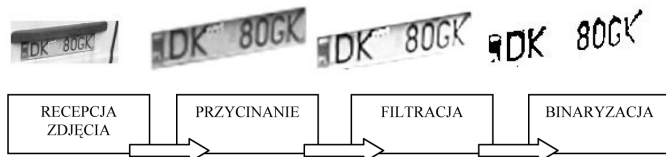
Przygotowanie obrazu celem jego dalszego rozpoznania – preprocessing

Proces przygotowania obrazu jest identyczny zarówno w przypadku proponowanej modyfikacji metody patrolovej, jak również przy wykorzystywaniu zdjęć lotniczych i satelitarnych. Proces akwizycji zdjęcia dla celów badań parkingowych z punktu widzenia osoby patrolującej parking lub obszar parkingowy sprowadza się do trzech czynności elementarnych: kontroli działania urządzenia PDA, obchodu trasy patrolu zgodnie z ustaleniami lub wskazówkami uzyskiwanymi z PDA i wykonanie zdjęcia dla każdego zaparkowanego pojazdu. Pozostałe elementy procesu wykonywane są niezależnie od osoby patrolującej, jak również zachodzą w tle jej pracy. Celem badania jest uzyskanie zdjęcia pojazdu zaparkowanego w określonym miejscu, a w dalszej kolejności na jego podstawie specjalistyczny program odczytuje dane identyfikacyjne pojazdu. Problem algorytmu odczytującego elementy tablicy rejestracyjnej na podstawie zdjęcia pojazdu opisany zostanie w dalszej części artykułu. Etapem przygotowawczym dla tego procesu jest obróbka zdjęcia przedstawiającego pojazd, pod kątem algorytmów rozpoznawania obrazów DIP (ang. *Digital Image Processing*). Etap przetwarzania wstępnego nazywany jest często w literaturze *preprocessing* [25–27]. Badanie mające na celu rozpoznanie danych identyfikacyjnych pojazdów sprowadza się do poprawnego odczytania numeru rejestracyjnego na podstawie jego zdjęcia. Pierwszym etapem przygotowania obrazu do rozpoznania jest usunięcie informacji nadmiarowej. Polega to na przycięciu obszaru zdjęcia do powierzchni odpowiadającej tablicy rejestracyjnej. W przypadku braku możliwości odczytu tablicy przedniej lub tylnej należy odczytać etykietę rejestracyjną (nalepkę) na szybie. Przeprowadzona operacja przycięcia zdjęcia do rozmiarów tablicy rejestracyjnej zmniejsza liczbę informacji podlegających dalszej analizie, bez strat danych niezbędnych dla celów realizacji dalszego procesu. Po otrzymaniu obrazu zawierającego obszar tablicy rejestracyjnej w pierwszej kolejności należy usunąć zniekształcenia obrazu takie,

jak pokazano na rysunku 6. Zniekształcenia z reguły usuwa się z zastosowaniem techniki filtracji, która jest dziedziną cyfrowego przetwarzania sygnałów DSP (ang. *Digital Signal Processing*). Z pomocą filtracji można usuwać szum (wykorzystuje się filtry: *min_max*, *medianowy* etc.). Można usunąć również rozmycie obrazu np. z pomocą filtru Gaussa. Stosuje się znane filtry dostępne w większości dobrych programów graficznych, takich jak *PhotoShop™* czy *Corel Paint Shop Pro™*. Po wyeliminowaniu zniekształceń i szumów w obrazie tablicy rejestracyjnej wykonywana jest jej binaryzacja. W ogólnym przypadku, w zagadnieniach DPI chodzi tu o zmniejszenie liczby kolorów w celu efektywnego prowadzenia dalszej operacji tzw. progowania. W przypadku przygotowywania obrazu tablicy rejestracyjnej dla celów rozpoznania danych postępowanie związane z binaryzacją jest uproszczone. Tablice rejestracyjne z reguły są dwubarwne na znacznym obszarze, wystarczy zatem przeprowadzić klasyczną binaryzację. Oznacza to sprowadzenie reprezentacji każdego punktu obrazu do maksymalnie dwóch kolorów – najlepiej obrazu biało-czarnego. Etap ten kończy przetwarzanie wstępne obrazu. Tak przygotowana reprezentacja tablicy rejestracyjnej pojazdu służy odczytaniu z niej informacji o numerze rejestracyjnym auta [25–27]. Poszczególne etapy *preprocessingu*: obcięcie obszaru analizy, filtracja i binaryzacja, rys. 7.

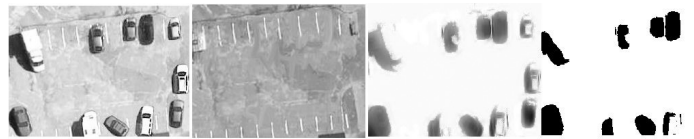


Rys. 6. Przykładowe odwzorowania tablic rejestracyjnych utrudniające rozpoznanie
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 7. Przetwarzanie wstępne obrazu tzw. *preprocessing*
Źródło: Opracowanie własne

W przypadku zdjęć powierzchni parkingowych wykonywanych z powietrza lub z wykorzystaniem techniki satelitarnej wstępna analiza obrazu wygląda zasadniczo podobnie. Można na etapie przygotowania obrazów parkingów w tej technice wykonać dla nich tzw. maski. Skraca to znacznie operacje segmentacji obrazu i selekcji obiektów występujących w jego reprezentacji. Maską jest najczęściej statycznym obrazem tła fotografowanego obszaru bez obiektów, które są celem analizy. W przypadku badań parkowania będzie to pusty parking bez zaparkowanych na nim pojazdów. Następnie wykonane zdjęcie parkingu porównuje się z przygotowaną wcześniej maską jego obszaru. Procedura ta umożliwia natychmiastową identyfikację rozpoznawanych elementów. Proces przygotowania wstępnego obrazu dla zdjęć lotniczych i satelitarnych przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Przetwarzanie wstępne obrazu tzw. *preprocessing* dla zdjęć lotniczych i satelitarnych. Licząc od lewej strony, wykonano następujące operacje: zdjęcie parkingu, jego maska, filtracja zdjęcia, operacja odjęcia w celu uzyskania obiektów parkujących
Źródło: Opracowanie własne na podstawie rys. 4

Proces porównywania wykonywany jest na podstawie operacji arytmetycznych na dwóch sąsiadujących zdjęciach, tj. zdjęcia oryginalnego i jego maski. W celu selekcji obiektów stanowiących przedmiot analizy można wybrać stosowną operację arytmetyczną na punktach dwóch sąsiadujących ze sobą obrazów. Na rysunku nr 8 zastosowano operację odejmowania. Można stosować również operacje: AND, NOT, XOR i inne w zależności od wzajemnych korelacji cech obrazów, które się porównuje.

Identyfikacja elementów obrazu parametryzujących proces parkowania

Identyfikacja numerów rejestracyjnych pojazdów na podstawie ich tablic nastęrcza wiele problemów, gdyż pojazdy mają zamontowane tablice rejestracyjne w różnych miejscach na masce samochodu. Jest to problem lokalizacji tablicy rejestracyjnej w obszarze widzenia aparatury rejestrującej, ale nie dotyczy on przedmiotowych badań. Tutaj za właściwą lokalizację tablicy rejestracyjnej na zdjęciu odpowiada patrol wykonujący badania terenowe. W badaniach tych jednak pojawiają się inne problemy związane z identyfikacją pojazdów na podstawie tablicy rejestracyjnej. Problemem takim jest kształt tablicy rejestracyjnej. Występuje wiele formatów tablic rejestracyjnych uzależnionych od modelu pojazdu (rysunek 9). Często pojazd nie ma możliwości instalacji tablic rejestracyjnych o standardowych wymiarach. W tym aspekcie często nawet, jeżeli takie możliwości występują, to tablica ta nie jest montowana w osi symetrii podłużnej pojazdu, lecz asymetrycznie, co powoduje jej odkształcenie, a z niego wynikają z kolei dalsze problemy z jej rozpoznawaniem – pojawia się dyspersja jasności na obrazie. Kolejnym problemem jest stosowanie różnych krojów czionki w opisie tablicy rejestracyjnej (rysunek 10).



Rys. 9. Różne kształty tablic rejestracyjnych: jednorzędowe i dwurzędowe
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 10. Różne formaty opisu tablic rejestracyjnych z lat 1976–2000, 2000 – nadal i zagraniczne tablice rejestracyjne
Źródło: Opracowanie własne

Standardowy opis tablicy rejestracyjnej przedstawiono na rysunku 11. Wzór tablic rejestracyjnych definiuje rozporządzenie Ministerstwa Infrastruktury z 22 lipca 2002 r. Tablice rejestracyjne posiadają różne wymiary w zależności od typu pojazdu: samochodowe jednowierszowe (520 × 114 mm), samochodowe dwuwierszowe (305 × 214 mm; tablice tylne), motocyklowe (190 × 150 mm) i motorowerowe (140 × 114 mm). Poza rozróżnieniem tablic, w zależności od liczby wierszy (woryginalie: rzędów) użytych do opisanie znaku identyfikującego pojazd, wyróżniamy jeszcze: tymczasowe, indywidualne, zabytkowe i dyplomatyczne. W wymienionych przypadkach wyróżnikiem jest kolorystyka stosowana do opisu tablicy rejestracyjnej, która nie ma istotnego znaczenia w przedmiocie analizy. Jeżeli chodzi o zestaw znaków wykorzystywanych dla identyfikacji pojazdu, wszystkie tablice składają się z dwóch pól: pola wyróżnika powiatu i pola wyróżnika zasobu (kombinacji). W zależności od typu tablicy pola te mogą mieć różne długości (różną liczbę znaków). Oczywiście nadal w ruchu drogowym występują tablice rejestracyjne tzw. czarne, które były używane na podstawie rozporządzenia z 15.03.1976 roku ministra komunikacji w sprawie oznaczania pojazdów samochodowych i przyczep. Powyższa czarna stylistyka obowiązywała auta rejestrowane od 1976 do 2000 roku. Litera stosowane na tablicach rejestracyjnych obecnie obowiązujących mają następujące parametry (w nawiasie podano wymiary: wysokość, szerokość, kontur): litery tzw. szerokie (80/54/10), litery wąskie (80/47/9) i cyfry (80/43/10). Tablice motocyklowe i motorowerowe mają odpowiednio mniejsze litery i cyfry w opisie. Znaki na tablicy rejestracyjnej tworzone są ze zbioru 25 liter alfabetu łacińskiego od A do Z (wyłącza się ze stosowania literę Q) oraz cyfr od 0 do 9. Nie jest wskazane stosowane w wyróżniku pojazdu liter: B, D, I, O oraz Z.



Rys. 11. Standard opisu tablic rejestracyjnych w latach 1976–2000 i aktualnie obowiązujący
Źródło: Opracowanie własne

Na drugim biegunie opisanych wyżej, niekorzystnych aspektów rozpoznawania tablic rejestracyjnych, jest istnienie baz danych identyfikujących pojazdy. Co prawda, ustawa prawo o ruchu drogowym, z 30 czerwca 1999 roku zakończyła funkcjonowanie instytucji Wojewódzkich Ewidencji Pojazdów (WEP), ale powołany został nowy system CEPIK (Centralna Ewidencja Pojazdów i Kierowców). W tym zakresie należy wspomnieć o istnieniu również innych systemów rejestracji i ewidencji, jak np. samorządowy rejestr „Kierowca”. Istnieje więc możliwość weryfikacji poprawności odczytanych danych z tablic rejestracyjnych poprzez porównanie ich z informacjami przechowanymi w ba-

zie CEPIK. Co więcej, takie porównanie umożliwi wykonanie dalszych szczegółowych analiz parkowania. Będzie bowiem można wykonać rozkłady osób parkujących w określonych miejscach wraz z informacją o ich miejscu zamieszkania. Na rysunku 9 i 10 przedstawiono różne, spotykane w Polsce kształty tablic rejestracyjnych. Różne odmiany kształtów stosowanych w tablicach rejestracyjnych na terenie danego kraju są przyczyną kolejnych problemów z ich odczytem. Ponadto inna forma z reguły towarzyszy nietypowemu umieszczeniu tablicy rejestracyjnej w stosunku do osi symetrii pojazdu. W chwili obecnej zmiana tego nie jest problemem możliwym do rozwiązania w zakresie regulacji prawnych. Kształt tablicy rejestracyjnej w wielu przypadkach uzależniony jest bowiem od linii nadwozia i jego wyglądu. W przypadku aut, które posiadają tablice rejestracyjne w innym kształcie, należy w pierwszej kolejności rozpoznawaną treść rozbić na poszczególne wiersze zawierające informacje. Z pomocą w takich przypadkach przychodzi detekcja krawędzi. W celu rozpoznania tablicy dwurzędowej (dzuwierszowej) należy przeprowadzić operacje detekcji krawędzi (filtracja i operacje morfologiczne). Osobno wykrywane są krawędzie pionowe, a następnie poziome. Dzięki temu jest możliwe rozpoznanie fragmentu obrazu zawierającego taką tablicę (rysunek 12). Decyzję dotyczącą stosowania odpowiednich filtrów w celu wykrycia krawędzi podejmuje się z uwagi na sposób i jakość wykonania zdjęcia pojazdu i tablicy rejestracyjnej. Doświadczenie z obróbką obrazów osoby analizującej zdjęcia jest niezmiernie istotne. Czasem wykonanie prostych czynności obróbki wstępnej upraszcza diametralnie dalsze postępowanie z obrabianym obrazem.



Rys. 12. Analiza nietypowej tablicy rejestracyjnej (tablica dwurzędowa), wykrycie krawędzi
Źródło: Opracowanie własne

W dalszej kolejności można np. analizować histogram rozkładu punktów na osi rzędnych rozpatrywanego obrazu w celu identyfikacji dwóch wierszy przedstawionej na rysunku 12 tablicy rejestracyjnej.

Kolejnym problemem w identyfikacji tablic rejestracyjnych jest stosowanie różnych krojów czcionek w ich opisie (rysunek 9 i 10). Sytuacja ta ma znaczenie w obszarach, gdzie parkuje dużo pojazdów z innych państw. W warunkach polskich sytuacja ta dotyczy od kilku do kilkunastu miast. Powyżej wspomniano o zaleceniu niestosowania niektórych znaków w opisie wyróżników tablic rejestracyjnych. Chodzi o takie znaki jak: B, D, I, O oraz Z, co jest związane z kłopotami przy odczycie tych znaków w oparciu o metodę rozpoznawania obrazów. Jednak nie tylko te znaki stanowią problem przy optycznej rejestracji i rozpoznawaniu danych z tablic rejestracyjnych. Jest pewien określony zbiór problemów związanych z przekłamywaniem odczytanych znaków. Przekłamanie tworzą różne czcionki stosowane do opisu tablic rejestracyjnych, jak również za-

klócenia obrazu np. w postaci brudu, odbłyśków światła i mechanicznych uszkodzeń tablic rejestracyjnych. Najczęstsze przekłamania dotyczą recepcji liter „B” i cyfry „8” oraz litery „O” z cyfrą „0”. Kolejno występują przekłamania recepcji litery „G” z cyfrą „6”. Czasami litera „B” odczytywana jest jako cyfra „3”. Inne problematyczne przykłady takich par: <„5”, „6”>, <„A”, „4”>, <„3”, „4”, „8”>, <„D”, „0”>. Konfiguracji litera–litera, litera–cyfra, cyfra–litera i cyfra–cyfra, które powodują błędne odczytanie znaku, jest więcej. Właściwie każda kombinacja znaków, w specyficznych warunkach, może być błędnie odczytania, a zależne jest to od stosowanych metod rozpoznawania obrazu i od jakości jego przygotowania. Specyficzne dla każdego przypadku recepcji tablicy rejestracyjnej zabrudzenia, deformacje fizyczne, artefakty świetlne mogą powodować przekłamanie dowolnego znaku na etapie jego odczytu. Dlatego tak istotna jest możliwość walidacji znaku z wykorzystaniem np. systemu CEPiK.

Przed odczytaniem znaków tablicy rejestracyjnej należy oddzielić od siebie pola reprezentujące poszczególne litery. Wykonuje się to albo poprzez podział fizyczny powierzchni tablicy rejestracyjnej zgodnie ze zdefiniowanymi standardami czcionki (wysokość x szerokość pojedynczego znaku), ewentualnie stosuje się standardowe metody segmentacji obrazu. Segmentację wykonuje się albo z zastosowaniem techniki podziału, albo poprzez rozrost obszaru. Szerszy opis metod segmentacji znajduje się w pracy [26,27].

Po zidentyfikowaniu tablicy rejestracyjnej na podstawie obrazu pojazdu kolejnym etapem jest odczyt jej zawartości. W literaturze przedmiotu określonych jest wiele algorytmów rozpoznawania pisma i jest to przedmiotem zainteresowania dziedziny wiedzy zwanej OCR (ang. *Optical Character Recognition*). W zakresie rozpoznawania tablic rejestracyjnych najpopularniejszymi algorytmami są: LPR (ang. *License Plate Recognition*), SIREVIA, APR, VLP. Do rozpoznawania znaków wykorzystywane są takie techniki, jak sieci neuronowe, metody heurystyczne etc. Objętość artykułu nie pozwala nawet na częściowe omówienie tych metod. Należy pamiętać, że w warunkach europejskich odczyt znaków sprowadza się do rozpoznania regularnych obrysów. W innych krajach trzeba odczytywać specyficzne znaki używane w alfabetach tych państw. Przykładem mogą być znaki alfabetu na perskich tablicach rejestracyjnych, które są bardzo specyficzne, jak pokazano to na rysunku 13. Podobnie rzecz ma się z chińskimi tablicami rejestracyjnymi.

Różnorodność kształtów tablic rejestracyjnych, krojów czcionek użytych do opisu nie jest wyłącznie specyfiką wymienionych powyżej krajów. Także w innych częściach świata funkcjonują specyficzne opisy tablic rejestracyjnych.

پارک های تحقیقاتی
روش گشت



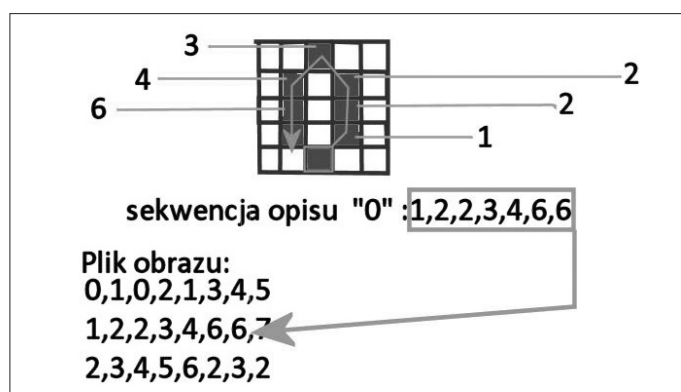
تهران-۱۴
۴۸۵۲۹۹

Rys. 13. Słowa „badania parkingowe” (pierwszy wiersz) i „metoda patrolowa” zapisane w języku farsi. (Kolejno fragmenty tablic rejestracyjnych perskich i chińskich [33][34]).

W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej spotyka się tablice rejestracyjne z różnymi znakami graficznymi. Wszystkie te okoliczności powodują, że odczytanie danych pojazdu nie jest możliwe w stu procentach. Rozwój technik z zakresu ITS zmieni prawdopodobnie tę sytuację w najbliższych latach. Dane identyfikacyjne pojazdu będą wtedy odczytywane z wykorzystaniem innych zjawisk fizycznych, takich jak: fale ultradźwiękowe, radiowe i inne.

W celu przybliżenia identyfikacji zawartości tablicy rejestracyjnej zostanie pokrótce omówiona jedna z prostszych a zarazem bardzo niedoskonałych metod. Do odczytu dowolnych znaków można stosować np. algorytmy poszukujące łańcuchów znaków (tzw. *Freeman Chain Codes*). Tablicę rejestracyjną dla takiego algorytmu sprowadza się do postaci obrazu binarnego (np. biały punkt – 1, czarny – 0). Algorytm poszukiwania łańcuchów znaków posługuje się kodowaniem ósemkowym lub czwórkowym. Każdy punkt obrazu ma przypisany – dla punktów z nim sąsiadujących – odpowiedni kod kierunkowy. Kodowanie jest przeciwne do ruchu wskazówek zegara. Punkt po prawej stronie ma kod „0”, punkt po lewej – „4”, punkt powyżej ma kod „2”, poniżej – „6” itd. Następnie wybiera się punkt wchodzący w skład znaku na tablicy rejestracyjnej (np. punkt o kolorze czarnym) i analizuje jego otoczenie, poszukując innych punktów reprezentujących część znaku. W ten sposób przeszukuje się punkty składające się na obraz tablicy rejestracyjnej. Ścieżka algorytmu przesuwająca się po sąsiadujących punktach. W efekcie każda iteracja trasuje pewien łańcuch znakowy np. „0”, „1”, „2”, „2”, „2”, „2”, „2” itd. Otrzymane w ten sposób łańcuchy zapisuje się w pliku. Następnie ten plik przeszukiwany jest na podstawie wzorca, gdzie stosowane litery w tablicach rejestracyjnych mają swoje odpowiedniki. Innymi słowy, rozpoznanie tablicy sprowadzi się do przeszukania tablicy łańcuchów zgodnie ze wzorcami definiującymi standardowe znaki a,b,c...1,2,3 itd. Metoda ta jest długa i czuła na jakiegokolwiek zniekształcenia rozpoznawanego obrazu.

Rozpoznanie parkującego pojazdu techniką badań patrolowych na podstawie zdjęcia sprowadza się do identyfikacji jego tablicy rejestracyjnej. Rozpoznawanie obrazu w przypadku zdjęć satelitarnych i lotniczych polega na rozpoznaniu faktu wystąpienia pojazdu (i ewentualnie jego typu) w określonych współrzędnych geograficznych. Generalnie rozpo-



Rys. 14. Metoda *Freeman Chain Codes*
Źródło: Opracowanie własne

znanie pojazdów parkujących składa się z tych samych działań, co w przypadku identyfikacji obrazów pojazdów fotografowanych z poziomu gruntu: akwizycji obrazu, kontroli jego współrzędnych geograficznych, przygotowania obrazu do obróbki tzw. *preprocessing*, segmentacji obrazu oraz identyfikacji ilościowej i jakościowej elementów obrazu. Różnica pomiędzy techniką badań patrolowych a satelitarnych jest zasadnicza. Za pomocą zdjęć satelitarnych jednorazowo można wykonać obrazowanie 100 km² powierzchni gruntu. Niestety parametry systemów satelitarnych nie pozwalają na prowadzenie takich pomiarów z interwałem dostatecznym dla wielu aspektów badań parkingowych. W tablicy numer 1 porównano metodę patrolową badań parkingowych z alternatywną, wykorzystującą zdjęcia satelitarne i lotnicze.

Tabela 1

| Porównanie metod pomiarów parkingowych | | |
|--|------------------------------|--|
| Własność | Metoda badań patrolowych | Metoda badań satelitarnych, UAV i lotniczych |
| rozpoznanie danych identyfikacyjnych pojazdu na stanowisku postojowym | TAK | NIE |
| rozpoznanie pojazdu bez szczegółowej identyfikacji | TAK | TAK |
| rozpoznanie typu pojazdu (SOD, SC, SCP itd.) | TAK | TAK (z błędem)** |
| ustalenie rotacji pojazdów na stanowisku postojowym | TAK (z błędem)* | TAK (UAV, lotnicze) |
| ustalenie akumulacji obszaru | TAK | TAK (z błędem)*** |
| dokładność pomiaru (współrzędne geograficzne) | H–2 cm V–4 cm | H– 0,1 AIR; 0,4 SAT; 0,1 UAV. V– n/a**** |
| obszar odwzorowania pojedynczego pomiaru | 1 km ² *n | 100 km ² |
| czas odwzorowania | $\Delta t = \text{const}(S)$ | $\Delta t \rightarrow 0$ |
| wrażliwość na warunki atmosferyczne | niska | wysoka |
| możliwość obserwacji parametru przemieszczenia parkującego pojazdu z dokładnością do adresu zameldowania właściciela | TAK | NIE |
| możliwość obserwacji parametru przemieszczenia parkującego pojazdu (kreślenie trajektorii ruchu pojazdu) | TAK | TAK |

* błąd taki występuje zawsze przy długim okresie obchodu.

** dokładność rozpoznania zależna od algorytmu rozpoznającego obraz i jakości zdjęcia.

*** błąd wynika z trudności obserwacji parkingów zadaszonych, podziemnych etc.

**** zależna od algorytmu szacującego wysokość pojazdu np. na podstawie cienia.

Oznaczenia: n – liczba ekip pomiarowych, S – pole powierzchni obszaru patrolowanego. Δt – czas jednego obchodu.

Charakterystyki procesów parkowania z wykorzystaniem metody patrolowej i metody zdjęć satelitarnych oraz lotniczych.

W zakresie określenia parametru akumulacji obszaru, definiowanego jako liczba pojazdów równocześnie zaparkowanych na danym terenie, istotną przewagę wykazuje system badań patrolowych. Systemy obrazowania procesów parkowania z powietrza ograniczone są przeszkodami terenowymi, jak również lokalizacją miejsc parkingowych w obiektach zadaszonych. Ponadto w przypadku rejestracji pojazdów z powietrza, przy małych prędkościach komunikacyjnych, trudno sklasyfikować jednoznacznie pojazd jako parkujący. Dotyczy to zwłaszcza pasa drogowego i pasów sąsiadujących. Czas parkowania pojazdów może być określony błędnie zarówno w metodzie patrolowej, jak i tej wykorzystującej zdjęcia lotnicze i satelitarne. W metodzie patrolowej krytycznym parametrem jest czas

obchodu obszaru objętego patrolem. Przy zbyt dużym czasie obchodu przez patrol Δt utracone zostaną dane odnośnie wszystkich lub części pojazdów parkujących z czasem mniejszym od $t_p < \Delta t$. Wymienioną trudność można oczywiście eliminować, skracając czas obchodu poprzez zmniejszenie patrolowanego obszaru. W przypadku badań parkingowych z wykorzystaniem techniki lotniczej i satelitarnej ograniczenia ekonomiczne i systemowe uniemożliwiają badania z interwałem zbliżonym do badań patrolowych. W przypadku badań satelitarnych interwał ten może dochodzić do dwóch dni, co całkowicie wyklucza tę technikę do pozyskiwania wybranych charakterystyk parkowania [15]. Bardzo ciekawym rozwiązaniem mogą stać się – wspomniane już powyżej – pojazdy typu UAV. Statki powietrzne tego typu testowane są na całym świecie w metropoliach. Dotychczasowe kierunki rozwoju tych systemów nakierowane są na monitoring imprez masowych i zapewnienie bezpieczeństwa obszarów miejskich. Nic nie stoi na przeszkodzie, by wykorzystywać tego typu urządzenia do badań parkowania. Parametry tych pojazdów powodują, że stają się one wprost idealnym środkiem dla badań parkingowych.

Wskaźnik wykorzystania powierzchni parkingowych określany jest jako stosunek liczby pojazdów parkujących na danym obszarze i okresie analizy do całkowitej podaży miejsc parkingowych w tym rejonie. Jest to bardzo ważny parametr wpływający na możliwość zarządzania systemem parkingowym, jak również na płynność ruchu w obszarach miejskich. Należy pamiętać, że pojazd poszukujący miejsca postojowego niepotrzebnie obciąża sieć drogową – często w godzinach szczytów komunikacyjnych. W zakresie oszacowania tego wskaźnika, zarówno metoda patrolowa, jak również satelitarna mają swoje ograniczenia. W metodzie patrolowej ograniczeniem tym jest czas pojedynczego patrolu. System zarządzania ruchem w mieście nadzorujący system parkingowy musiałby działać w kwantach czasu dostosowanych do czasu obchodu ekip patrolowych. Naturalną predyspozycję do określania tej charakterystyki mają obrazowania układu drogowego z powietrza. Wprowadzenie systemów OBU wyeliminuje wadę tych metod, czyli brak możliwości obserwowania pojazdów na parkingach zadaszonych. Oczywiście należy mieć na uwadze możliwość modyfikacji OBU do pracy w czasie postoju pojazdu. Możliwość określenia rotacji pojazdów na statystycznym stanowisku postojowym, określonej jako liczba pojazdów parkujących na nim w ustalonym okresie, w odniesieniu do proponowanych metod ma podobne ograniczenia jak wskaźnik wykorzystania powierzchni parkingowej. Precyzja określenia tego parametru zależy od częstotliwości obchodu ekipy patrolowej oraz okresu pozyskiwania obrazów rejestrujących powierzchnie rejonu.

Zarządzanie systemem parkowania w mieście

Hipotetyczny system zarządzania parkingami, wyposażony w dane zawierające parametry wymienione w poprzednim rozdziale, może efektywnie gospodarować miejscami postojowymi. Efektywność systemu zależy w takiej sytuacji

od dwóch czynników: czasu reakcji systemu na zmiany parametrów parkowania w obszarze analizy, jak również powiązania systemu z możliwością sterowania obszarowego ruchem. Krytycznym parametrem jest czas, w jakim system mógłby aktualizować dane na temat wskaźnika wykorzystania powierzchni parkingowej na każdym parkingu należącym do systemu.

W powiązaniu z systemem obszarowego sterowania ruchem system zarządzania parkingami może kierować ruch pojazdów na te parkingi, na których są dostępne wolne miejsca postojowe. Przykładem takiego systemu może być PGS (ang. *Parking Guidance Systems* – system kierowania pojazdów na parkingi – stosowany np. we Frankfurcie). W zależności od chwilowej sytuacji parkingowej centrum sterowania mogłoby reglamentować czas postoju na poszczególnych parkingach. System taki ponadto mógłby regulować system sterowania obszarowego w sposób ułatwiający dostępność parkingów, jak również umożliwiający dogodnie ich opróżnianie.

Wnioski i uwagi końcowe

Rozpoznawanie zdjęć pojazdów zarówno w ruchu, jak i w spoczynku ma bogatą literaturę dotyczącą zagadnień inżynierii ruchu drogowego. Wynika to z faktu, że techniki te mają różne i szerokie zastosowanie. Pierwszym obszarem, gdzie wykorzystuje się rozpoznawanie tablic rejestracyjnych, są wszelkiego typu systemy poboru opłat. Na podstawie zdjęcia tablicy rejestracyjnej identyfikowany jest właściciel pojazdu i czas, w jakim parkował na wybranym obszarze. Całkowicie eliminuje to z systemu transakcje gotówkowe, mechaniczną rejestrację i kontrolę procesu parkowania. W takim systemie wszystko jest kontrolowane i rozliczane zdalnie.

Systemy rozpoznawania tablic rejestracyjnych wykorzystywane mogą być również do identyfikacji potoków ruchu. Współczesne bazy ewidencji pojazdów umożliwiają rejestrację potoków źródłowo-celowych. Mając rejestrację i dane właściciela pojazdu istnieje możliwość określania rozkładu potoków ruchu w sieci. Może to być przydatne przy tworzeniu czterostopniowych modeli ruchu. Innym aspektem, gdzie rozpoznawaniem tablic rejestracyjnych może być przydatne, jest ochrona budynków zarówno indywidualnych, jak i użyteczności publicznej. Na podstawie rozpoznania tablicy rejestracyjnej pojazdu kontroluje się dostęp pojazdu do odpowiednich stref i obiektów, w tym do parkingów. Kolejnym zastosowaniem rozpoznawania tablic rejestracyjnych pojazdów jest identyfikacja pojazdów skradzionych. Systemy takie umożliwiają nie tylko pomoc w identyfikacji skradzionego pojazdu, ale również w ustaleniu okoliczności samego czynu.

W chwili obecnej zalety badań empirycznych procesów parkowania z wykorzystaniem metody patrolowej wydają się przeważać nad metodami satelitarnymi i lotniczymi (tablica 1). Zwłaszcza przy uwzględnieniu proponowanej w artykule zmodyfikowanej metody wsparcia tych pomiarów poprzez wykorzystanie urządzeń typu PDA. Pamiętać trzeba, że w ramach tej metody będzie się korzystać również z komputerowych baz danych. Technika satelitarna dopiero w ostat-

niej dekadzie zaczyna się intensywnie rozwijać w dziedzinach przydatnych dla celów cywilnych, ale z pewnością będzie służyła rozwojowi badań parkowania w najbliższych kilku lub kilkunastu latach. Kiedy większość pojazdów zostanie wyposażona w urządzenia OBU, służące do rozliczania opłat za korzystanie z płatnych odcinków infrastruktury drogowej, znikną ograniczenia techniki satelitarnej na tym polu. Co więcej, zmieni się podejście do badań parkowania z wykorzystaniem techniki satelitarnej. Wyeliminowany zostanie element recepcji i przetwarzania obrazu układu drogowego.

Przy postępującej metropolizacji półkuli północnej naturalnym kierunkiem rozwoju powinno być stworzenie konsorcjum zarządów transportowych dużych miast, które zrealizowałyby wspólny projekt na wzór GPS. Można w tym celu wykorzystać istniejące platformy satelitarne czy też nowo powstające, takie jak Galileo. Gdyby stworzyć, na wzór systemu GPS, sieć satelitarną monitorującą ruch w większych miastach półkuli północnej, można by sterować ruchem drogowym i zarządzać systemami parkingowymi w czasie rzeczywistym. Dynamiczny rozwój systemów ITS i systemów satelitarnych czyni taki scenariusz całkowicie realnym.

Literatura

1. Tracz M., *Pomiary i badania* ruchu drogowego, Biblioteka Drogownictwa, WKiŁ, Warszawa 1984.
2. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria Ruchu Drogowego*, WKiŁ, 2008.
3. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria Ruchu Drogowego*, WKiŁ, 1997.
4. Szarata A., *Ocena efektywności funkcjonalnej parkingów przesiadkowych Park&Ride*; Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Kraków 2005.
5. Stough R., *Intelligent Transport System*, C&P, Edward Elgar Pub. Limited, Cheltenham UK, 2001.
6. Maes W., *How the European Commission promotes co-ordinated ITS deployment in road transport in the EU Member Countries*, Innovation in Road Transport, Lisbon, 02/10/2009.
7. Chen K., Miles J.: *ITS, Handbook 2000*, World Road Association (PIARC), Artech House, 1999.
8. McQueen B., McQueen J., *Intelligent Transportation Systems Architectures*, Artech House, 1999.
9. Sussman J., *Perspectives on Intelligent Transportation Systems (ITS)*, 2005
10. Tracz M., Gondek S., Gaca S., Chodur J. i inni, *Koncepcja systemu sterowania ruchem dla miasta Krakowa*; Opracowanie wykonane dla WGK UM, Kraków 1996.
11. *Adaptive Traffic Control Systems: Domestic and Foreign State of Practice*, National Cooperative Highway research Program, NCHRP SYNTHESIS 403.
12. Woch J., *Kształtowanie płynności ruchu w gestych sieciach transportowych.*, Wyd. Szumacher, Kielce 1998.
13. Karoń G., Macioszek E., Sobota A., *Selected problems of transport Network model ling of Upper-silesian Agglomeration (In Poland)*, Vilnius Technika VGTU, Vilnius 2009.
14. Karoń G., Jarecki R., Sobota A. z zespołem, *Program inwestycyjny rozwoju trakcji szynowej na lata 2008–2011. Analiza ruchu*; Praca naukowo-badawcza, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice 2009.
15. Celiński I., *Wykorzystanie zdjęć lotniczych i satelitarnych w inżynierii ruchu drogowego*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2007, nr 1.

16. Lamparski J., Świątek K., *GPS w praktyce geodezyjnej*, Wydawnictwo GALL, 2007.
17. Specht C.M., *System GPS*, Wydawnictwo Bernardinum, 2007.
18. <http://www.geoforum.pl/pages/index.php> – odsłona 22_05_2010
19. <http://www.usno.navy.mil/USNO/time/gps/current-gps-constellation> – odsłona 22_05_2010
20. <http://www.asgeupos.pl/index.php> – odsłona 22_05_2010
21. Eisenbeiss H., *A mini unmanned aerial vehicle (uav): system overview and image acquisition*, Institute for Geodesy and Photogrammetry, ETH–Hoenggerberg, CH–8093, Zurich, Switzerland,
22. *Processing and visualization using high-resolution imagery*, 18–20 November 2004, Pitsanulok, Thailand.
23. Hongoh D., Kajiwara K., Honda, Y., *Developing Ground Truth Measurement System using RC Helicopter and BRDF Model in Forest Area*, 22nd Asian Conference on Remote Sensing.
24. *USC Autonomous Flying Vehicle Homepage*, <http://www-robotics.usc.edu>
25. Shakernia O., Ma Y., Koo T.J., Shankar S., *Landing an unmanned air vehicle: vision based motion estimation and non-linear control*, „Asian Journal of Control”, September 1999, vol. 1.
26. Conway A.R., *Autonomous Control of an Unstable Helicopter Using Carrier Phase GPS Only*, Ph.D. thesis, Stanford University, March 1995.
27. Tadeusiewicz R., *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Seria: Społeczeństwo globalnej informacji, Kraków 1997.
28. Tadeusiewicz R., *Systemy wizyjne robotów przemysłowych*, WNT, Warszawa 1992.
29. Pavlidis T., *Grafika i przetwarzanie obrazów*, WNT, Warszawa 1987.
30. Jianfeng X, Shaofa L, Zhibin Ch., *Color Analysis for Chinese Car Plate Recognition*, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics, Intelligent Systems and Signal Processing.
31. Jia W., Zhang H. He X., *Region-Based License Plate Detection*, „Journal of network and Computer Applications”, Elsevier, In Press, Corrected Proof, Available online 17 November 2006.
32. Barroso P, Amaral J, Mora A., Manuel J, Steiger-Garção A., *A Quadtree Based Vehicles Recognition System*, 4th WSEAS International Conference on Optics, Photonics, Lasers And Imaging
33. Huang Y, Lai S., Chuang W., *A Template-Based Model For License Plate Recognition*, Proceedings of the 2004 IEEE Inter. Conference on Networking, Sensing and Control, vol. 2, 2004.
34. Duan T, Hong T., Phuoc T., Viet Hoang N., *Building an Automatic Vehicle License-Plate Recognition System*, 3rd Int. Conference on Computer Science – Research, Innovation & Vision for the Future.
35. Yan D., Hongqing M., Jilin L, Susu R., *A high performance LPR system based on Web technique*, „Штучний інтелект”, 2001, nr 3.
36. Broumandnia A., Fathy M., *Application of pattern recognition for Farsi license plate recognition*, <http://www.icgst.com/> – odsłona 5–05–2010.

Dokończenie tekstu ze strony 47

VI. Podstawowe informacje dotyczące zgłoszonej do konkursu pracy

Załącznik nr 1

| WYSZCZEGÓLNIENIE | DANE |
|--|------|
| Tytuł, imię i nazwisko autora pracy | |
| Rodzaj pracy (habilitacyjna, doktorska, magisterska, inżynierska, dyplomowa szkoły średniej) | |
| Tytuł pracy | |
| Data obrony | |
| Adres domowy autora pracy Telefon, e-mail | |
| Imię i nazwisko, stopień naukowy promotora pracy Adres domowy, telefon kontaktowy | |
| Adres, telefon Instytucji | |

VII. Podstawowe informacje dotyczące zgłoszonej do konkursu książki

Załącznik nr 2

| WYSZCZEGÓLNIENIE | DANE |
|--|------|
| Tytuł, imię i nazwisko autora książki | |
| Tytuł książki | |
| Wydawnictwo | |
| Recenzenci | |
| Adres domowy lub służbowy autora książki, telefon, e-mail | |

VIII. Proponowane tematy do podjęcia w ramach konkursu na najlepszą pracę habilitacyjną, doktorską, magisterską i inżynierską z dziedziny TRANSPORT

1. Wpływ rozwoju infrastruktury transportowej na aktywizację wybranego regionu – Polska – Kraje UE.

2. Polityka transportowa w aspekcie integracji a UE.
3. Finansowanie inwestycji miejskich. Rola środków pomocowych i innych źródeł finansowania.
4. Finansowanie inwestycji infrastruktury transportowej z wykorzystaniem środków pomocowych Unii Europejskiej.
5. Prognozowanie potrzeb transportowych w warunkach przekształceń strukturalnych gospodarki.
6. Współpraca międzygałęziowa transportu (multimodalność).
7. Skutki wprowadzenia systemów logistycznych dla rozwoju transportu.
8. Rola transportu w rozwoju gospodarczym krajów Basenu Morza Bałtyckiego.
9. Perspektywy rozwoju przewozów intermodalnych na przykładzie wybranych operatorów transportu kombinowanego.
10. Nieniszczące metody badań w transporcie.
11. Nowe metody projektowania konstrukcji transportowych.
12. Materiały i technologie w transporcie zmniejszające hałas i drgania.
13. Ekologia i ergonomia w transporcie.
14. Modelowa struktura organizacji zarządzania sektorem infrastruktury transportu kolejowego.
15. Badania i prognoza rozwoju lotnisk w Polsce.
16. Analiza wpływu lotnisk na zagospodarowanie przestrzenne regionu i Polski.
17. Analiza możliwości rozwoju usług logistycznych na zmodernizowanych ciągach transportowych.
18. Analiza konkurencyjności polskich portów morskich.
19. Wpływ rozwoju portów na środowisko i zagospodarowanie.
20. Metody zarządzania siecią teletransmisyjną oraz optymalizacja ruchu w sieci szkieletowej.
21. Zintegrowane systemy transportowe.
22. Nowe rozwiązania techniczne, ekonomiczne i organizacyjne w transporcie.

Opracował: prof. Marek Starz – sekretarz Kapituły Nagród