

Teresa PAMUŁA, Wiesław PAMUŁA

ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH DO ROZPOZNAWANIA TABLIC REJESTRACYJNYCH POJAZDÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono algorytm identyfikacji tablicy rejestracyjnej pojazdu na obrazie z kamery telewizyjnej lub aparatu cyfrowego wykorzystujący sieci neuronowe. Algorytm ten składa się z procedur wstępnego przetwarzania obrazu, identyfikacji tablicy i odczytu znaków tablicy. W artykule zaprezentowano również aplikację realizującą ostatni etap algorytmu rozpoznawania tablicy. Może ona stanowić fragment systemu do monitorowania ruchu pojazdów lub nadzorowania parkingów.

APPLICATION OF NEURON NETWORKS FOR VEHICLE LICENSE PLATE OF RECOGNITION

Summary. The paper presents an algorithm for recognizing the contents of a licence plate on an image from a TV camera or digital photo camera, utilizing neural networks. The algorithm consists of image preprocessing, licence plate localization and character reading procedures. The paper presents also a software application implementing the character reading. This application may be incorporated in a system for traffic monitoring or parking supervision.

1. WSTĘP

Lokalizacja i rozpoznawanie tablic rejestracyjnych są procesami wymagającymi użycia nowoczesnych technologii, systemów i metod, w których coraz częstsze zastosowanie znajdują sieci neuronowe. Implementacja sieci neuronowych w tego typu systemach ma swoje uzasadnienie w zaletach, jakie posiada sztuczna sieć neuronowa wzorowana na biologicznym układzie nerwowym [1]:

- zdolność do generalizacji,
- interpolacja – wyznaczanie w pewnym przedziale funkcji, która przyjmuje z góry dane wartości dla danych liczb z tego przedziału,

- predykcja – przewidywanie przyszłych realizacji albo cech statystycznych procesu stochastycznego,
- mała wrażliwość na błędy (szумы) w zbiorze danych – w klasycznym programie komputerowym błąd danych może prowadzić do całkowicie błędnych wyników, sieć potrafi tego typu błąd pominąć,
- zdolność do efektywnej pracy po częściowym uszkodzeniu sieci, np. usunięcie kilku neuronów lub połączeń między nimi.

Systemy rozpoznawania tablic rejestracyjnych pojazdów wykorzystują kamery obserwujące drogę oraz komputer pobierający i przetwarzający obraz z tych kamer. Analiza obrazu polega na zlokalizowaniu pojazdu, odnalezieniu tablicy rejestracyjnej, odczytaniu jej i odpowiedniej kwalifikacji. Pozwala to na szybkie automatyczne rozpoznanie i identyfikację pojazdu bez potrzeby używania kart dostępu, dodatkowych oznaczeń czy nadajników. Dzięki temu systemy te znajdują zastosowanie m.in. w systemach pomiaru ruchu, poboru opłat lub poszukiwania skradzionych pojazdów.

2. ALGORYTM ODCZYTU TABLIC

Algorytmu odczytu tablic (a number-plate recognition system) składa się zasadniczo z trzech etapów:

- przetworzenie wstępne obrazu,
- lokalizacja tablicy na obrazie,
- rozpoznanie znaków na tablicy, tzw. OCR (Optical Character Recognition).

Sieć neuronowa może być wykorzystana w każdym z tych etapów.

W przetwarzaniu wstępnym obrazu sieć neuronowa może być stosowana do detekcji krawędzi, segmentacji czy klasyfikacji obiektów. Najczęściej jednak na tym etapie nie stosuje się sieci neuronowej ze względu na możliwość wykorzystania innych, znanych i sprawdzonych oraz bardziej efektywnych metod przetwarzania obrazu.

Lokalizacja tablicy obejmuje analizę obrazu, która polega na określeniu zawartości obrazu i wyszukaniu tablicy rejestracyjnej pojazdu na obrazie. Tablica zawiera znaki alfanumeryczne umieszczone na polu o zdefiniowanym tle i rozmiarach.

W literaturze zaproponowano wyszukiwanie tablicy przez:

- odnalezienie ciągów znaków alfanumerycznych [2],
- analizę histogramów jasności obrazu w pionie i poziomie pozwalającą na wykrycie obszaru zajmowanego przez tablicę [2],
- wykonywanie ciągu operacji morfologicznych znajdujących obrazy o dużych zmianach kontrastu [3],
- zastosowanie sieci neuronowej [4].

Metoda oparta na poszukiwaniu ciągów wymaga zastosowania zaawansowanych algorytmów OCR dla analizy obrazu, gdzie tablica rejestracyjna pojazdu stanowi tylko niewielki ułamek powierzchni obrazu. Stąd wyniki uzyskiwane są po długim czasie przetwarzania i występują przekłamania związane z odczytem znaków nie należących do tablic.

Druga metoda wykorzystująca analizę histogramów jasności obrazu przeprowadzona jest w czterech krokach:

- wyznaczenie otoczenia tablicy,
- binaryzacja pola tablicy,
- korekcja położenia znaków,
- segmentacja znaków.

Sieć neuronowa może np. na podstawie serii obrazów z kamery nauczyć się rozpoznawać obraz zawierający tablicę w określonym miejscu. Przykładem zastosowania sieci neuronowej do lokalizacji obiektów na obrazie z kamery może być system wczesnego ostrzegania i reagowania na zaistniałe zagrożenie na drodze, działający w czasie rzeczywistym (Real-time Precrash Vehicle Detection System) [4]. System został opracowany przez firmę Ford Motor Company. Najważniejszą częścią systemu jest komputer z oprogramowaniem wykorzystującym sieć neuronową. Sieć służy do klasyfikacji obiektów, tzn. sprawdza, czy dany obiekt jest pojazdem, czy też nie jest. Odbywa się to za pomocą wcześniej wyuczonych cech globalnych, takich jak obrys pojazdu, kształt i kontrast.

Zadanie rozpoznawania pisanych lub drukowanych znaków [6], dzięki dużym możliwościom zastosowań komercyjnych, stanowi jeden z najbardziej rozpowszechnionych obszarów zastosowań sieci neuronowych. Po wydzieleniu tablicy rejestracyjnej z obrazu wykonywana jest segmentacja, czyli wydzielenie obiektów (znaków), które następnie będą dalej przetwarzane lub bezpośrednio rozpoznawane. Następnymi etapami przetwarzania wstępnego dla rozpoznawania znaków pisanych i drukowanych są: normalizacja znaku do

zadanej matrycy i podanie tak przygotowanej informacji bezpośrednio na wejście sieci neuronowej lub wyznaczenie na tej podstawie wektora cech znaku, obliczonego w oparciu o cały znak lub jego kontur i podanie tej informacji na wejście sieci. W tym przypadku zakłada się, że potrzebne cechy zostaną automatycznie wydzielone przez sieć. Często zadanie to jest wspomagane przez odpowiednio projektowane struktury sieci, np. w formie pól receptronowych i stosowania techniki wag dzielonych. W drugim przypadku zazwyczaj stosuje się prostsze struktury sieci.

3. ODCZYT ZNAKÓW TABLICY REJESTRACYJNEJ Z WYKORZYSTANIEM SIECI NEURONOWEJ

Moduł odczytu znaków wykorzystuje sieć neuronową do rozpoznawania znaków tablicy rejestracyjnej. Algorytm odczytu przedstawiono na rys. 1.



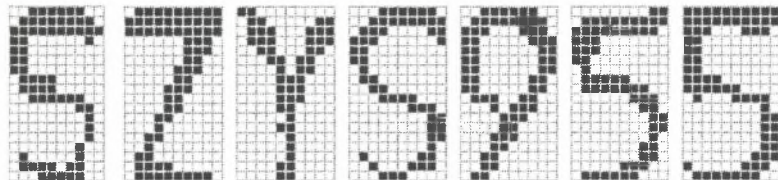
Rys.1. Schemat blokowy algorytmu rozpoznawania znaków tablicy rejestracyjnej
Fig.1. Block diagram of the vehicle license plate recognition algorithm

Segmentacja tablicy rejestracyjnej (rys.2) na pojedyncze znaki odbywa się na zasadzie obliczania sumy czarnych pikseli w osi Y. Jeżeli będzie ona równa 0 (biała linia), to przyjmuje się, że jest to koniec znaku. Czynności te powtarza się aż do chwili, gdy wartość współrzędnej X będzie równa szerokości tablicy.

Następnie każdy z takich obrazów zostaje poddany skalowaniu (rys. 3). Każdy znak rejestracyjny jest skalowany do rozmiarów 10 x 18 pikseli, zgodnie z wejściem sieci neuronowej. Tak wyskalowany znak zostaje wprowadzony na wejście sieci neuronowej. Sieć neuronowa rozpoznaje każdy ze znaków indywidualnie (rys. 5).



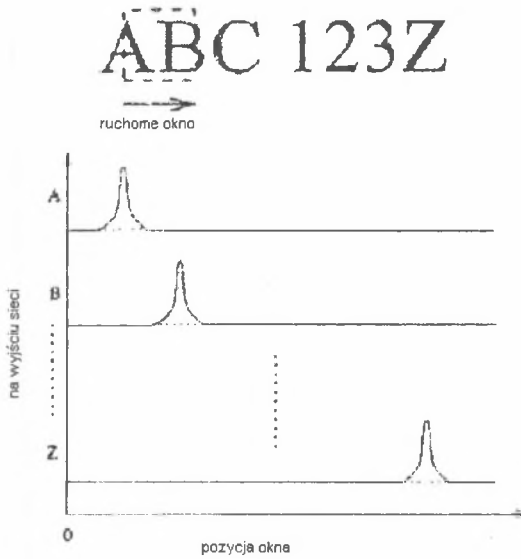
Rys. 2. Tablica rejestracyjna poddana procesowi segmentacji
Fig.2. Segmentation of characters of the licence plate



Rys. 3. Tablica rejestracyjna po procesie skalowania
Fig. 3. The vehicle licence plate after scaling

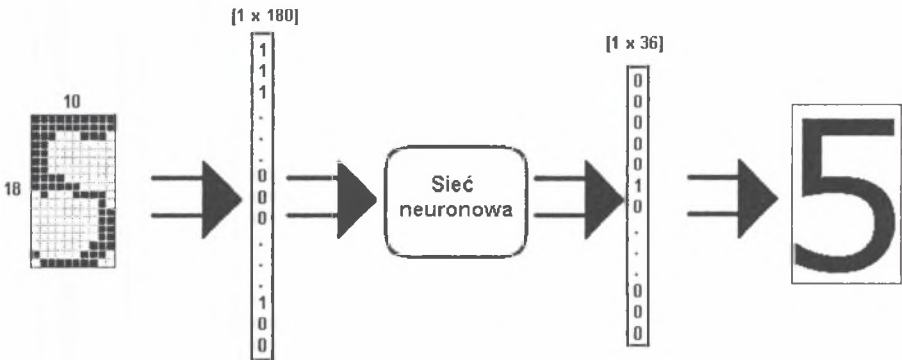
Wadą takiego sposobu segmentacji jest to, że nawet niewielkie zakłócenie w postaci czarnych pikseli może zostać potraktowane jako znak.

Innym sposobem segmentacji [5] może być przesuwanie wzdłuż obrazu rejestracji prostokątnej ramki. Podczas przesuwania okna wzdłuż przeskalowanej rejestracji dane n wyjść sieci (zarówno dla jednej dużej sieci, jak i dla n małych sieci) reprezentuje stopień pewności dopasowania n możliwych do wystąpienia znaków (rys.4). Kiedy stopień pewności dla danego znaku osiągnie wartość maksymalną, wówczas zostaje on wprowadzony do tablicy. Następnie tablica jest przekazywana do kontrolera składni, który wyciąga rozszyfrowane tablice.



Rys.4. Wyjścia sieci neuronowej podczas okienkowego przeglądania tablicy rejestracyjnej
Fig.4. Neural network output of window scan of license plate

Dobrze wytrenowanej sieci neuronowej podaje się na wejścia ciągi różniące się od ciągów uczących. Następuje etap testowania sieci neuronowej, który jest przeprowadzany na podstawie obrazu tablicy rejestracyjnej. Podczas etapu testowania ocenia się zdolność sieci neuronowej do rozpoznawania tablic rejestracyjnych. Schemat blokowy procesu rozpoznawania rejestracji przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Rozpoznawanie każdego znaku rejestracyjnego za pomocą sieci neuronowej
Fig. 5. Recognition of individual license plate characters using a neural network

Znaki podawane na wejście sieci neuronowej różnią się od wejściowych ciągów uczących, dzięki czemu można sprawdzić zdolność sieci do generalizacji danych i wrażliwość na zakłócenia w zbiorze danych. Najwięcej błędów sieć neuronowa wykazuje w rozpoznawaniu podobnych znaków, np. takich jak D i O, O i 0, B i 8 lub 5 i S. Znaki te są podobne, a zwłaszcza w przypadku, gdy obraz rejestracji jest mocno zakłócony. Wówczas następuje błędne rozpoznanie przez sieć neuronową (znak B wykazuje największe podobieństwo do matrycy wzorcowej znaku 8). W celu zminimalizowania wspomnianych błędów w rozpoznawaniu znaków rejestracyjnych dąży się wprowadzania podczas etapu uczenia sieci neuronowej jak największej liczby matryc wzorcowych dla danych znaków.

Algorytm odczytu zaimplementowano w programie: Analizator Tablic Rejestracyjnych (rys.5). Zadaniem tej aplikacji jest rozpoznanie numerów rejestracyjnych pojazdu, którego fotografia została wprowadzona do programu. Algorytm wyodrębnienia tablicy z obrazu jest w fazie realizacji, numer rejestracyjny zostaje rozpoznany natomiast z wcześniej wyciętej tablicy i umieszczonej w osobnym pliku.

Opracowany algorytm rozpoznawania znaków po ograniczonym treningu uzyskuje ponad 90% poprawność odczytu. Przewiduje się modyfikację parametrów sieci, aby doprowadzić do uzyskania rozpoznawalności zbliżonej do 100% i dużej odporności obrazu na zakłócenia, co jest cechą poprawnie zaprojektowanych oraz wytrenowanych sieci neuronowych [6].



Rys. 6. Okno programu z rozpoznanymi numerami tablicy

Fig. 6. The application window with recognized license plate contents

4. PODSUMOWANIE

Sieci neuronowe w systemach rozpoznawania tablic rejestracyjnych stanowią alternatywę dla metod korelacji i dopasowania do wzorca. W porównaniu do wspomnianych metod sieci neuronowe mają wiele cech przydatnych w systemach rozpoznawania tablic rejestracyjnych, takich jak: zdolność do generalizacji, interpolacji, predykcji oraz mała wrażliwość na zakłócenia.

Opracowana aplikacja pozwala na odczytywanie i rozpoznawanie wcześniej przygotowanych tablic rejestracyjnych. Duży wpływ na zdolność rozpoznawania miało wstępne przetwarzanie obrazu rejestracji. Rejestracje mocno zabrudzone lub o znacznym kącie pochylenia względem poziomu nie nadawały się do bezpośredniego rozpoznawania przez sieć neuronową.

Etap uczenia sieci neuronowej ma bezpośredni wpływ na wyniki rozpoznawania znaków. Moduł odpowiedzialny za ten etap jest dobrze rozbudowany, pozwalając na zmianę struktury sieci oraz na przeprowadzenie wystarczającej liczby iteracji w celu jej nauczania. Opracowany moduł trenowania sieci posiada możliwość przyporządkowania dla jednego znaku tylko dwóch matryc wzorcowych. Stanowi to liczbę 72 próbek wzorcowych dla ciągu uczącego. Efektywność rozpoznawania tablic rejestracyjnych na podstawie tych 72 matryc wzorcowych wynosi ok. 32%. Najlepszy uzyskany wynik wyniósł 39% prawidłowo rozpoznanych tablic rejestracyjnych i 83% znaków rejestracyjnych dla sieci neuronowej o strukturze 180-240-160-36. Biorąc pod uwagę liczbę matryc wzorcowych, uzyskany wynik jest wynikiem dobrym.

Opracowana aplikacja wykorzystująca sieci neuronowe może stanowić moduł do rozpoznawania tablic rejestracyjnych systemu.

Literatura

1. Tadeusiewicz R.: Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993.
2. Hermida X., Rodríguez F.M., Lijó J.L., Sande F., Iglesias M.: A System for the Automatic and Real Time Recognition of V.L.P.'s (Vehicle License Plate) <http://www.gpi.tsc.uvigo.es/pub/papers/iciap97.pdf>
3. Dąbrowski A. i in.: Przetwarzanie sygnałów przy użyciu procesorów sygnałowych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
4. Sun Z., Miller R., Bebis G., Dimeo D.: Computer Vision Lab. University of Nevada, Ford Motor Company, 2002 <http://www.cse.unr.edu/~bebis/vehicleWACV02.pdf>
5. Christopher John Setchell, Applications of Computer Vision to Road-traffic Monitoring, praca doktorska University of Bristol 1997.
6. Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna, monografia, tom 6: Sieci neuronowe pod redakcją W. Duch, J. Korbicz, L. Rutkowski, R. Tadeusiewicz, Polska Akademia Nauk, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2000.
7. Suganuma N, Boa Y., Fujiwara: Detecting Licence Plate of Moving Vehicle Using Neural Network In: IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, pp661-667, 1998.