

Analiza efektywnych metod rozpoznawania wybranych obiektów w obrazach cyfrowych

mgr inż. Andrzej Matiolański

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Zapewnienie bezpieczeństwa oraz odpowiedniego poziomu prewencji związanych z zagrożeniami dla obywateli stają się w ostatnim okresie coraz ważniejszym i aktualniejszym problemem. Od kilku lat w powszechnym użyciu są kamery monitoringu, które pozwalają na stałą obserwację wielu miejsc. Używane są one na ulicach, w budynkach publicznych i komercyjnych, środkach transportu. Liczba kamer w obszarach miejskich stale rośnie, budowane są coraz bardziej rozległe struktury systemów monitoringu. Przykładami może być Londyn (UK), który posiada ponad 4 miliony kamer czy Warszawa, gdzie miejskie centrum monitoringu dysponuje ponad 13 tysiącami kamer (stan na 22.01.2016).

Niniejsza rozprawa doktorska dotyczy problemu przetwarzania i analizy obrazu na potrzeby systemów monitoringu wizyjnego. **Celem nadrzędnym rozprawy jest opracowanie efektywnych metod rozpoznawania obiektów w aspekcie ich zastosowania w systemach inteligentnego monitoringu zagrożeń. Zaproponowane metody pozwolą na szczegółową analizę treści w systemach detekcji i identyfikacji zagrożeń. Możliwość parametryzacji metod umożliwi polepszenie jakości i szybkości detekcji w kontekście konkretnych, zaproponowanych zastosowań.**

Rozprawa składa ze spójnego tematycznie zbioru publikacji naukowych w którego skład wchodzi następujące pozycje:

1. Andrzej Matiolański, Aleksandra Maksimova, and Andrzej Dziech. CCTV object detection with fuzzy classification and image enhancement. *Multimedia Tools and Applications*, pages 1–16, 2015. ISSN 1380-7501. doi: 10.1007/s11042-015-2697-z. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-015-2697-z>
2. Michał Grega, Andrzej Matiolanski, Piotr Guzik, and Mikołaj Leszczuk. Automated detection of firearms and knives in the CCTV image. *Sensors*, 74(12):4437–4451, 2015. ISSN 1380-7501. doi: 10.1007/s11042-013-1544-3. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-013-1544-3>
3. Remigiusz Baran, Andrzej Glowacz, and Andrzej Matiolanski. The efficient real- and non-real-time make and model recognition of cars. *Multimedia Tools and Applications*, 74(12): 4269–4288, 2015. ISSN 1380-7501. doi: 10.1007/s11042-013-1545-2. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-013-1545-2>
4. Piotr Guzik, Andrzej Matiolanski, and Andrzej Dziech. Real data performance evaluation of CAISS watermarking scheme. *Multimedia Tools and Applications*, 74(12):4437–4451, 2015. ISSN 1380-7501. doi: 10.1007/s11042-013-1544-3. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-013-1544-3>

5. Andrzej Matiolański and Piotr Guzik. Automated optimization of object detection classifier using genetic algorithm. In Andrzej Dziech and Andrzej Czyżewski, editors, *Multimedia Communications, Services and Security*, volume 149 of *Communications in Computer and Information Science*, pages 158–164. Springer Berlin Heidelberg, 2011. ISBN 978-3-642-21511-7. doi: 10.1007/978-3-642-21512-4_19. URL http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-21512-4_19
6. Piotr Boryło, Andrzej Matiolański, and Tomasz M. Orzechowski. Face occurrence verification using haar cascades - comparison of two approaches. In Andrzej Dziech and Andrzej Czyżewski, editors, *Multimedia Communications, Services and Security*, volume 149 of *Communications in Computer and Information Science*, pages 301–309. Springer Berlin Heidelberg, 2011. ISBN 978-3-642-21511-7. doi: 10.1007/978-3-642-21512-4_36. URL http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-21512-4_36

Motywacja badań

Obecnie zauważalny jest intensywny wzrost zainteresowania technologiami mogącymi usprawnić i podnieść skuteczność systemów wizyjnych. Potwierdzają to liczne publikacje naukowe, a także szereg komercyjnych produktów oferujących nowoczesne rozwiązania dla systemów monitoringu wizyjnego. Zaproponowane metody pozwolą na szczegółową analizę treści w systemach wizyjnej detekcji i analizy zagrożeń. Rozprawa zawiera opis możliwych modyfikacji algorytmów i ich parametryzacji w celu polepszenia jakości i szybkości działania w kontekście konkretnych, zaproponowanych zastosowań. Obecne możliwości techniczne pozwalają na wykorzystanie zaawansowanych algorytmów przetwarzania obrazu i jego analizy. Co za tym idzie są one skuteczniejsze i pozwalają na wprowadzenie nowych funkcjonalności. Zbiór tych funkcjonalności można rozpatrywać jako wprowadzenie nowego typu systemów monitoringu wizyjnego, tak zwanego **inteligentnego monitoringu zagrożeń**, który pozwala na:

- uniknięcie stałej obserwacji obiektów oraz zdarzeń i przesyłanie informacji tylko w przypadku zaistnienia zagrożenia,
- maksymalne wsparcie operatora systemu przy obserwacji wizyjnej,
- znaczącą automatyzację procesu monitorowania przestrzeni, system informuje na bieżąco operatora,
- przeniesienie obciążenia z człowieka na komputer, unikanie błędów natury ludzkiej powodowanych przez zmęczenie i brak koncentracji,
- przetwarzanie przez algorytmy wielu strumieni wizyjnych w tym samym czasie,
- stały dozór przez człowieka, algorytm sam nie reaguje na zdarzenie, ale informuje operatora o wyniku analizy obrazu.

Wymienione cechy monitoringu inteligentnego, patrząc z perspektywy systemu monitoringu jako całości, pozwalają na poprawę jego skuteczności, obniżenie kosztów działania oraz stanowią naturalną ewolucję dotychczasowych rozwiązań. Nie bez znaczenia jest także społeczna użyteczność prowadzonych badań, gdzie efektywne systemy monitoringu wizyjnego służą do poprawy bezpieczeństwa obywateli i co jest szczególnie istotne do ochrony prywatności poprzez uniknięcie ciągłej obserwacji.

Inteligentny monitoring zagrożeń jest obecnie aktywnym tematem badań naukowych. Świadczą o tym liczne publikacje w renomowanych czasopismach oraz referaty wygłaszane na czołowych konferencjach tego obszaru nauki. Prace badawcze są również prowadzone w wielu projektach naukowych (m. in. realizowanych przeze mnie projektach INDECT, INSIGMA). Biorąc pod uwagę obszar rozwiązań komercyjnych zauważa się tendencję do wprowadzania pojedynczych funkcjonalności inteligentnych rozwiązań do oferowanych produktów. Ewolucja ta sprawia, że zapotrzebowanie na tego rodzaju funkcjonalności będzie widoczne na rynku jeszcze przez długi czas.

Algorytmy identyfikacji obiektów w systemach monitoringu wizyjnego

W pracy doktorskiej poruszam zagadnienia związane z algorytmami analizy obrazu, które mogą znaleźć zastosowanie w systemach inteligentnego monitoringu zagrożeń. Wśród nich znajdują się zarówno moje autorskie rozwiązania jak i już istniejące, które zostały przeze mnie udoskonalone. Podczas prac badawczych starałem się mieć na uwadze, że opracowywane algorytmy będą działać w rzeczywistych systemach monitoringu. Istotnymi czynnikami, jakie wpływały na efektywność rozwiązania były szybkość działania oraz wysoka skuteczność, a także możliwość dostosowania do zmiennych warunków. Każdy z zaprezentowanych algorytmów można parametryzować czyli dostosować do szczególnych warunków w jakich ma pracować. Zdolność ta jest istotna z uwagi na mnogość rozwiązań sprzętowych oraz warunków w których pracują systemy monitoringu. Dzięki parametryzacji istnieje możliwość optymalnego wykorzystania metod rozpoznawania obrazu we współpracy z różnymi modelami kamer, możliwość adaptacji do zmieniających się warunków atmosferycznych czy realizowanie dedykowanych scenariuszy użycia. Zgodnie z założeniami inżynierii kluczowe jest zachowanie równowagi pomiędzy szybkością działania, jakością rozwiązania i kosztem wdrożenia (*ang. engineering triangle*). Parametryzacja pozwala na wzmocnienie pożądaných cech rozwiązania np. poprawę szybkości działania kosztem jakości rozpoznawania obiektów. Różne scenariusze użycia prezentowanych algorytmów mogą wymagać odmiennego dostosowania.

W pracy rozważam kilka przykładowych scenariuszy użycia opracowanych algorytmów. Służą one do przedstawienia działania i możliwości metod przetwarzania obrazu. Nie wyczerpują one wszystkich możliwości omawianych rozwiązań, które mogą zostać dostosowane także do innych celów. W pracy rozważone zostały następujące przypadki użycia prezentowanych algorytmów przetwarzania i analizy obrazu:

- detekcja wybranych obiektów:
 - twarzy człowieka,
 - niebezpiecznego narzędzia (na przykładzie noża),
 - pojazdu (na przykładzie samochodu osobowego),
- rozpoznawanie marki i modelu pojazdu,
- zapisanie metadanych w obrazie za pomocą techniki cyfrowego znaku wodnego w celu efektywnego zabezpieczenia przechowywanych danych.

Skuteczność opisanych w rozprawie algorytmów została udowodniona na podstawie przeprowadzonych testów. W tym celu wykorzystano kilka niezależnych scenariuszy użycia. Walidacja nastąpiła w oparciu o znaczącej liczebności zbiory testowe w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Tym samym nie ma podstaw, aby zaproponowane rozwiązania nie mogły być wykorzystane w komercyjnych systemach monitoringu wizyjnego.

Własnym indywidualnym wkładem autora w stan wiedzy wniesiony przez powyższą rozprawę jest:

- zaproponowanie optymalizacji algorytmu detekcji twarzy stosując algorytm genetyczny,
- opracowanie metody zastosowania wielu równoległe działających klasyfikatorów oraz łączenia ich wyników, co skutkowało polepszeniem skuteczności detekcji i skróceniem czasu przetwarzania,
- opracowanie algorytmu identyfikacji obiektów wykorzystujący deskryptory wizyjne do opisu specyficznych obiektów,
- zaproponowanie wykorzystania klasteryzacji na zbiorach rozmytych i metod uczenia maszynowego w procesie identyfikacji obiektów,
- opracowanie metody identyfikacji obiektów pozwalającej na szeroką parametryzację i wykorzystanie w różnych scenariuszach użycia,
- walidacja opisanych algorytmów na dużej liczbie zbiorach danych testowych,
- zaproponowanie algorytmu zapisu metadanych w obrazie, który pozwala na uzyskanie braku separacji pomiędzy obrazem, a metadanymi.

Część opisywanych rozwiązań zostało stworzonych w ramach krajowych i międzynarodowych projektów badawczo-rozwojowych. Mają one duży potencjał na wdrożenie w tworzonych systemach monitoringu wizyjnego i bezpieczeństwa. Zaprezentowane algorytmy stały się częścią prototypowego systemu INPROT, który został uhonorowany złotym medalem na 113. Międzynarodowych Targach Wynalazczości „Concours Lépine”, 30.04. - 11.05. 2014 r. w Paryżu oraz srebrnym medalem za innowacje na 2015 Kaohsiung International Invention and Design EXPO, 4.12. - 6.12. 2015 r., Kaohsiung, Taiwan.