

**WYBRANE OPERATORY DETEKCJI W AUTOMATYZACJI DOPASOWYWANIA
OBRAZÓW CYFROWYCH BLISKIEGO ZASIĘGU**

**SELECTED DETECTION OPERATORS IN MATCHING AUTOMATIZATION
FOR CLOSE RANGE DIGITAL IMAGES**

Dorota Zawieska

Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i SIP, Wydział Geodezji i Kartografii,
Politechnika Warszawska

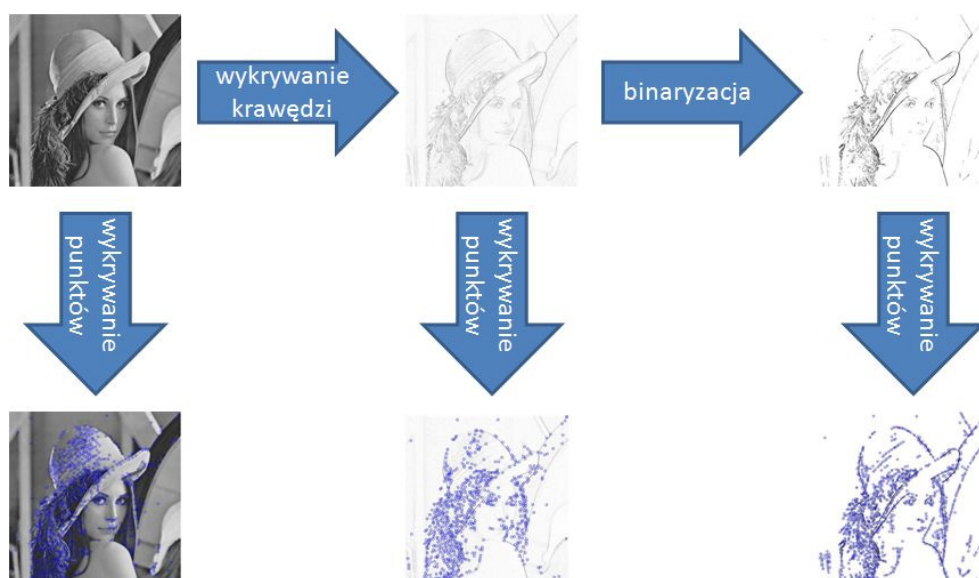
SŁOWA KLUCZOWE: operatory detekcji, automatyzacja dopasowywania obrazów, realistyczne modele 3D

STRESZCZENIE: Rekonstrukcja trójwymiarowych realistycznych modeli obiektów z obrazów cyfrowych jest od długiego czasu tematem badań w fotogrametrii i widzeniu komputerowym. Uzyskanie w praktyce, realistycznego 3D modelu jest niezmiernie trudne, biorąc pod uwagę dostępne technologie. Operatory detekcji stanowią pierwszy krok w procesie, który ma na celu znalezienie punktów obiektów służących do wzajemnego wpasowania wielu obrazów. W tym celu często korzysta się z podstawowych obiektów geometrycznych takich jak proste czy punkty. Popularnymi metodami wykrywania narożników są operatory Moravec i Harris. Ich zastosowanie powinno zapewnić wykrycie punktów charakterystycznych dla wykrywanych obiektów, jakimi są narożniki. Są to jednak operatory parametryczne i zmiany takich elementów jak rozmiar okna operatora, czy progów należy ustalać indywidualnie dla każdego analizowanego zdjęcia. W referacie przedstawiono metodę, która ma zapewnić dokładniejszą lokalizację wykrywanych punktów poprzez zastosowanie przekształceń oryginalnych obrazów filtrami wykrywającymi krawędzie. Dzięki tej operacji punkty wykrywane są tylko i wyłącznie na krawędziach. Zabieg ten zmniejsza istotność parametrów z jakimi wywoływane są detektory narożników, a więc ułatwia ich dobór. W badaniach zastosowano dwa rodzaje wykrywania krawędzi: ostre i rozmyte. Dla krawędzi ostrej obraz sprowadzany jest do postaci binarnej. Dla krawędzi rozmytej, punkty tworzące krawędź przyjmują różne wartości nasycenia. Wybór algorytmu wpływa w istotny sposób na liczbę i rozmieszczenie wykrytych punktów. Mając do dyspozycji trzy strategie wykrywania punktów, czyli pracę na obrazie oryginalnym, na krawędziach ostrych lub rozmytych, przeprowadzono szereg testów mających wykazać racjonalność zastosowania powyższych strategii dla zdjęć wykonywanych w różnych warunkach oświetleniowych i obiektów o różnych typach faktur.

1. STRATEGIE STOSOWANIA OPERATORA WYKRYWANIA NAROŻNIKÓW

Operatory detekcji narożników (ang. *corner detectors*) można zastosować do obrazu, który nie był wcześniej w żaden sposób przetworzony. Wystarczy, aby był on zapisany w odcieniach szarości. Jednak, gdy zastosujemy dodatkowe przekształcenia, to wpłyną one na liczbę wykrywanych narożników i sposób ich rozmieszczenia. W szczególności, jeżeli posłużymy się dwuetapowym przekształceniem, mającym na celu uzyskanie binarnego

obrazu wykrytych krawędzi, uzyskamy trzy schematy postępowania, sprowadzające się do tego, że operator detekcji stosujemy do obrazu uzyskanego z kolejnego etapu algorytmu wykrywania.



Rys. 1. Efekt działania filtra wykrywającego krawędzie (Parks, Gravel, 2010)

Pierwszą możliwością jest zastosowanie operatora wykrywania narożników na obrazie oryginalnym. Metoda ta zapewnia zachowanie całej informacji o obrazie, która mogłaby być usunięta w procesie filtracji. Jednak działanie algorytmu wykrywania narożników może być zakłócone przez nieistotne elementy tła.

Kolejną możliwością jest zastosowanie operatora wykrywania narożników dla obrazu, który został wcześniej poddany działaniu filtra wykrywającego krawędzie. Spowoduje to koncentrację rozpoznawanych punktów na wykrytych krawędziach, choć może prowadzić do usunięcia części punktów, które zostałyby wykryte na niezmodyfikowanym obrazie.

Ostatnie podejście zakłada przeprowadzenie operacji wykrywania narożników na obrazach poddanych binaryzacji. W takim wypadku możliwości umiejscowienia narożników są bardzo ograniczone. Ponadto, ponieważ kontrast między punktami krawędzi a otoczeniem jest znaczny, będą się one w praktyce pokrywać z wyznaczonymi krawędziami. Należy jednak zauważyć, że obraz w tym wypadku ulega znacznej redukcji, część detali może zostać z niego usunięta.

Działanie opisanych schematów na przykładowym pliku przedstawia rysunek 1. Na każdym etapie wykrywania linii można zastosować operator wykrywania punktów. Jednak w każdym przypadku da to inne rezultaty. Analizując rysunek 1, rozpoczynając od lewej, przedstawiono wyniki dla obrazu oryginalnego, poddanego działaniu filtra wykrywającego krawędzie i przekształconego do postaci binarnej.

2. OPERATORY DETEKCCI

Zaproponowany schemat postępowania wymaga zastosowania operatorów detekcji, które skrótowo zostaną przedstawione w niniejszym rozdziale.

2.1. Detekcja linii

Detekcja linii, mająca na celu wyodrębnienie konturów analizowanych obiektów może zostać wykonana przy użyciu filtrów wyspecjalizowanych do wykrywania krawędzi, takich jak operator Sobela. Przed jego zastosowaniem należy ograniczyć gamę kolorów obrazu do odcieni szarości. Operator tworzy obraz z pikseli o intensywności z przedziału $[0, 255]$. W celu jednoznacznego rozdzielenia krawędzi od tła należy przeprowadzić binaryzację, czyli sprawić, aby intensywność pikseli przybierała wartości ze zbioru $\{0, 1\}$.

Tak przetworzony obraz może zostać poddany dalszej obróbce przy pomocy filtra Sobela, który zalicza się do filtrów liniowych.

Filtry liniowe (alternatywnie splotowe) działają kontekstowo. Nowa wartość intensywności piksela zależy od intensywności pikseli w jego otoczeniu i od maski charakteryzującej dany filtr. Ich działanie można przedstawić za pomocą wzoru:

$$\forall p \in Dg(p) = \sum_{q \in M} f(p - q) \cdot m(q), \quad (1)$$

Gdzie p oznacza punkt, g jest obrazem wyjściowym (wynikiem filtracji liniowej), f obrazem początkowym, zaś m maską charakteryzującą zastosowany filtr. M określa otoczenie punktu p , dla którego stosowana jest maska.

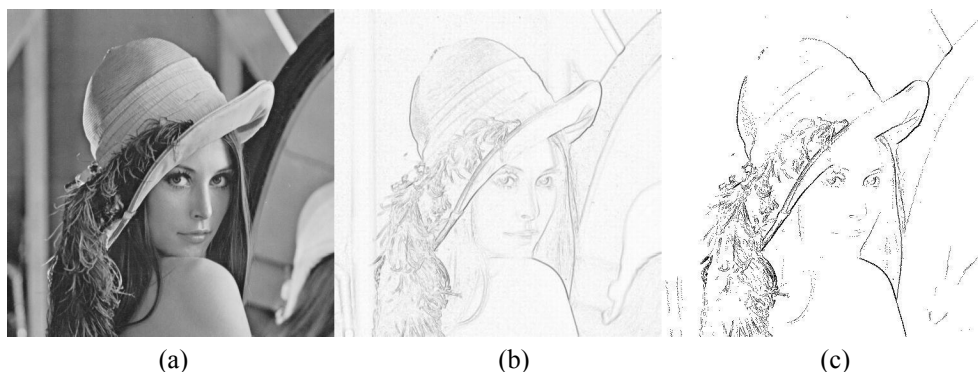
Operator Sobela jest powszechnie stosowany do wykrywania krawędzi. Może być przedstawiony jako operator różniczkowania dyskretnego, przybliżający gradient funkcji intensywności obrazu. Dla każdego punktu obrazu operator jest odpowiadającym mu gradientem. Matematycznie jest to pochodna cząstkowa funkcji $f(x, y)$ wyliczana dla otoczenia 3×3 o centrum w punkcie x, y . W zastosowaniu praktycznym operator sprowadza się do użycia filtra liniowego z zastosowaniem maski T_x w celu wykrycia krawędzi poziomych i T_y dla wykrycia krawędzi pionowych. Maski przedstawia równanie (2). Wykrycie obydwu typów krawędzi polega na zsumowaniu obu uzyskanych gradientów.

$$T_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad T_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Wynik filtrowania sprowadzono do postaci binarnej, poprzez przypisanie każdemu z pikseli intensywności 0 lub 1. Proces binaryzacji przeprowadza się na pikselu o intensywności S , w zdefiniowanej skali szarości, w oparciu o próg binaryzacji t ,

$$b(S) = \begin{cases} 0 & \text{dla } S < t \\ 255 & \text{dla } S \geq t \end{cases} \quad (3)$$

Wyniki poszczególnych etapów procesu, określonego jako detekcja linii, przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Przykład zastosowania wykrywania krawędzi i binaryzacji:
 (a) obraz oryginalny, (b) obraz po zastosowaniu filtru Sobela, (c) obraz po zastosowaniu binaryzacji (Parks, Gravel, 2010)

2.2. Detekcja punktów

Wszystkie rozpatrywane operatory detekcji punktów wykorzystywane są w trzyetapowym schemacie działania. Najpierw stosuje się operator detekcji. Następnie stosowany jest próg do eliminacji punktów o niskiej wartości operatora. Na koniec stosowana jest supresja punktów nie będących lokalnymi maksimumami, czyli eliminacja słabszych wskazań na istnienie narożnika.

Operator detekcji stosuje się do każdego piksela obrazu bazowego, aby określić w jakim stopniu może on być traktowany jako narożnik. Powstaje mapa narożników, której każdy punkt przyjmuje wartość tym większą, im silniej operator rozpoznaje w nim narożnik. Operatory są definiowane przez kilka parametrów.

Wiele punktów może osiągać relatywnie niskie wartości. Aby je usunąć stosuje się próg. Wszystkie punkty poniżej wartości progowej zostają wymazane z mapy narożników. Ten etap jest określany przez jeden parametr, wartość progową.

Ostatnim krokiem, jest zastosowanie supresji punktów nie będących lokalnymi maksimumami. Dla każdego, niezerowego, punktu określa się promień sąsiedztwa, w którym może pozostać tylko jeden punkt będący lokalnym maksimum. Wyznacza on narożnik. Przebieg tego kroku zależy od zastosowanego parametru, którym jest zasięg sąsiedztwa.

Po tym ogólnym zarysowaniu metody działania operatorów detekcji narożników omówione zostaną szczegółowo dwa z nich. Operator Harris i operator Moraveca.

W wypadku operatora Moraveca (Moravec 1977, 1979), dla każdego punktu obrazu wyznacza się wariancję dla przesunięcia (u, v) jako:

$$V_{u,v}(x, y) = \sum_{a,b} (I(x + u + a, y + v + b) - I(x + a, y + b))^2, \quad (4)$$

gdzie I jest funkcją intensywności, a i b są współrzędnymi rozpatrywanego okna, a rozpatrywane przesunięcia poziome u i pionowe v przyjmują wartości ze zbioru $\{-1, 0, 1\}$.

(Okno to rozpatrywany, ograniczony obszar. Jednak w przypadku np. okna Gaussa nie ogranicza się tylko do wycięcia obszaru, ale także modyfikuje uzyskiwany obszar, za istotniejsze uznając wartości ze środka okna).

Następnie wyznacza się miarę $C(x, y)$ określającą, czy dany punkt jest narożnikiem:

$$C(x, y) = \min\{V_{u,v}(x, y)\}. \quad (5)$$

Pozostaje wyzerowanie punktów, poniżej zadanej wartości progowej T i dokonanie supresji.

W wypadku operatora Harris (Harris 1988) dla każdego piksela (x, y) oryginalnego obrazu wyliczana jest macierz autokorelacji postaci:

$$M = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix}, \quad (6)$$

gdzie:

$$A = \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 \otimes w, B = \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \otimes w, C = \left(\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y}\right) \otimes w, \quad (7)$$

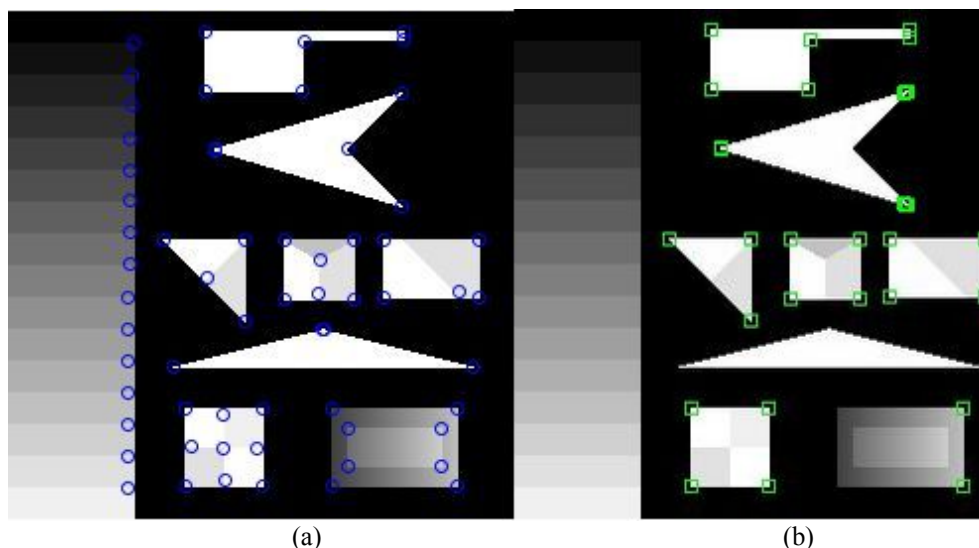
I jest funkcją intensywności, \otimes jest operatorem splotu, zwracającym część wspólną pola pod wykresem, a oknem w definiowanym przez rozkład Gaussa w otoczeniu punktu (x, y) , o zadanym odchyleniu standardowym.

Następnie wyznacza się miarę $C(x, y)$ określającą, czy dany punkt może być uznawany za narożnik jako:

$$C(x, y) = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2, \quad (8)$$

czyli jako różnicę między wyznacznikiem macierzy M , a kwadratem jej śladu, przemnożonym przez pewną stałą k .

Znów zerowane są punkty, poniżej wartości progowej T i dokonywana jest supresja.

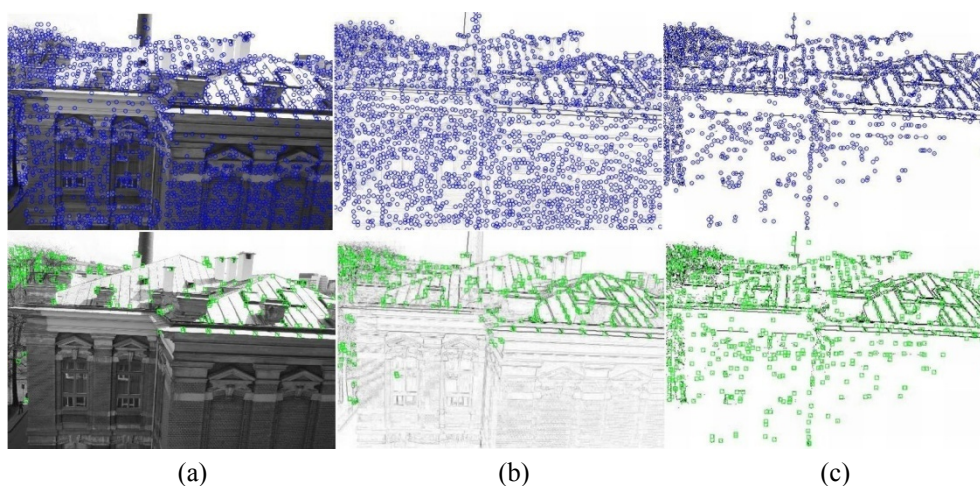


Rys. 3. Porównanie działania operatorów na planszy testowej:
(a) operator Harris, (b) operator Moravec (Parks, Gravel, 2010)

Porównując obydwa operatory (Zheng, 1999) można stwierdzić, że operator Harris wykrywa więcej narożników, lecz jest bardziej wrażliwy na szумы. Natomiast operator Moravec wymaga, aby narożnik wyraźnie odcina się od otoczenia (Rys. 3). Działanie operatorów w dużej mierze zależy od obranych parametrów. W wypadku operatora Moravec są to trzy parametry: rozmiar okna we wzorze (4), próg i rozmiar sąsiedztwa uwzględniany przy wyznaczaniu maksimum lokalnego. W wypadku operatora Harris występują cztery parametry, odchylenie standardowe okna Gaussa (7), stała k ze wzoru (8) oraz próg i rozmiar sąsiedztwa.

3. TESTY WYKRYWANIA NAROŻNIKÓW

Testy przeprowadzono dla ustalonych parametrów operatorów detekcji. Obrane wartości są zbliżone do zastosowanych dla planszy testowej z rysunku 3. Jedynie w przypadku operatora Moravec zwiększono rozmiar używanego okna do 5×5 , aby wymusić wykrywanie narożników na oryginalnych zdjęciach, które są mało kontrastowe.



Rys. 4. Zastosowanie operatora Harris (kolor niebieski) i Moravec (kolor zielony). Wykorzystane obrazy: (a) oryginalny, (b) po wykryciu krawędzi, (c) po binaryzacji

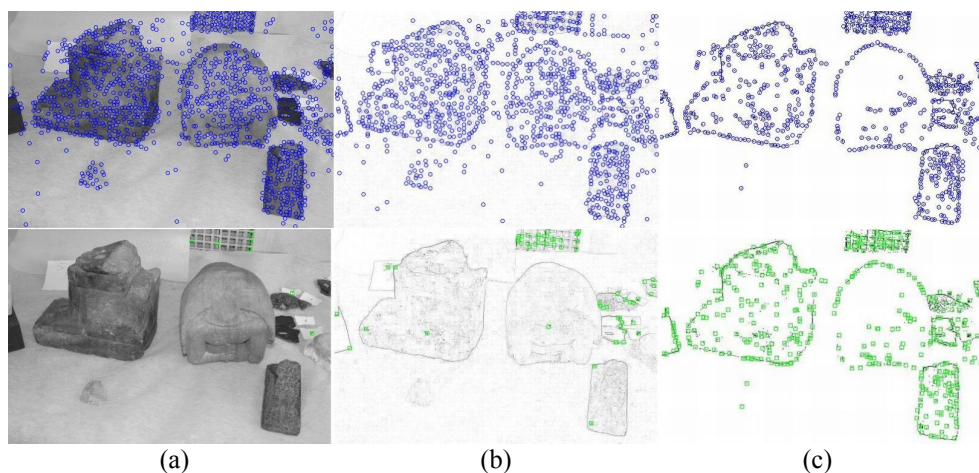
Jako materiał do testów posłużyły zdjęcia rzeczywistych obiektów, które zostały wykonane dla celów pomiarowych fotogrametrii bliskiego zasięgu.

Pierwsze analizowane zdjęcie (Rys. 4) przedstawia budynek sfotografowany przy silnym świetle słonecznym. Prześwietlone niebo odcina się silnie od zarysów obiektów. Słońce odbijające się od blaszanego dachu powoduje także prześwietlenie i prowadzi do wyodrębnienia pozostałych elementów, dzięki czemu zarys dachu jest dobrze widoczny po binaryzacji. Jednocześnie cała fasada pozostaje w cieniu i mimo wyraźnej ceglanej faktury nie zostaje wykryta na obrazie binarnym.

W wypadku zastosowania operatora Harris (na zdjęciu oryginalnym) widzimy, że środkowa część budynku nie została odwzorowana. Jeszcze gorzej jest w przypadku obrazu binarnego, gdzie zniknęła większość informacji o fasadzie budynku i jej fakturze. Wad tych jest pozbawione rozwiązanie polegające na zastosowaniu operatora detekcji narożników po wykryciu krawędzi. Odwzorowana jest całość budynku, przy czym więcej punktów

uzyskujemy na ceglanej fasadzie, a dla gzymsów i dachu punkty zostały wyznaczone regularnie, zgodnie z ich geometrią.

Operator Moravec ogranicza wykrycie narożników do obszaru dachu, przy czym w wypadku obrazu binarnego pokrywa także część fasady w sposób zbliżony do operatora Harris.



Rys. 5. Zastosowanie operatora Harris (kolor niebieski) i Moravec (kolor zielony). Wykorzystane obrazy: (a) oryginalny, (b) po wykryciu krawędzi, (c) po binaryzacji

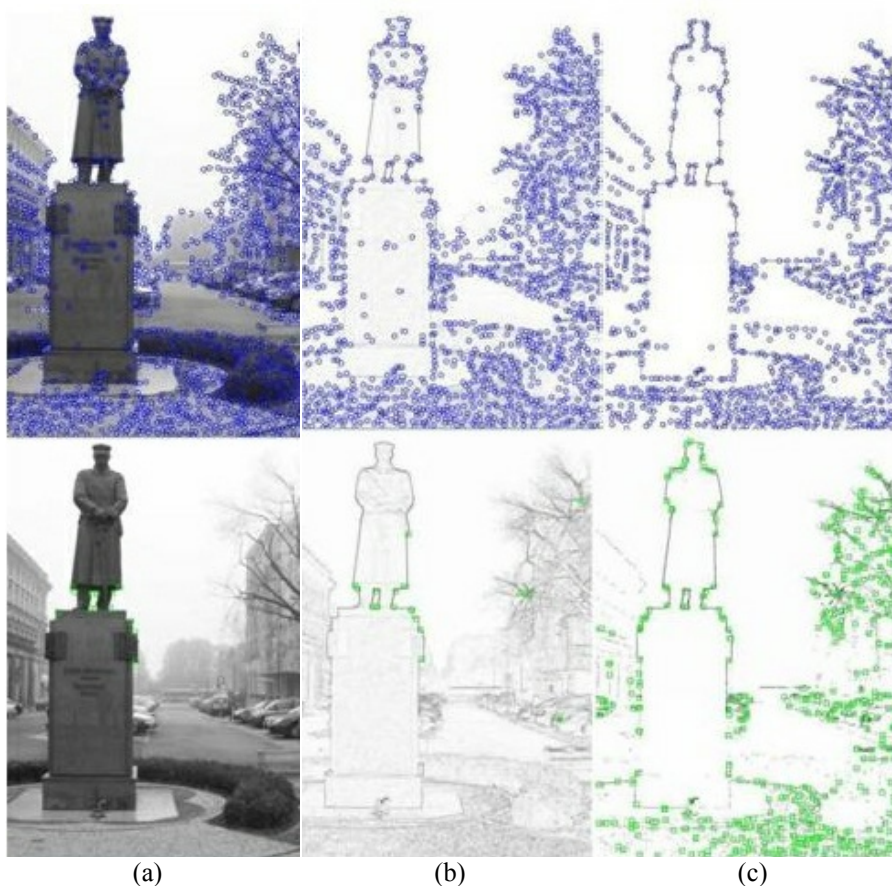
Kolejne zdjęcie (Rys. 5) zostało wykonane w pomieszczeniu, przy jednolitym sztucznym oświetleniu, bez wyrazistych cieni. Przedstawia obiekty kamienne o dość jednolitej strukturze, pozbawione znacznych kontrastów. W tym wypadku operator Harris koncentruje wykryte narożniki na obiektach, pozostawiając większość tła pustą. Jednak w przypadku zdjęcia oryginalnego, jak i poddanego wykrywaniu krawędzi, narożniki tworzą plamy na całej powierzchni obiektów, nie wykrywają charakterystycznych miejsc. Znacznie lepsze wydaje się zastosowanie detekcji narożników na obrazie binarnym. Narożniki tworzą wtedy wyraźny obrys obiektów. Kosztem jest utracenie informacji o mniejszych obiektach, takich jak kamyczek umieszczony w dolnej, lewej części zdjęcia.

Podobne, dobre rezultaty dla obrazu binarnego można uzyskać stosując operator Moravec. W wypadku zarówno zdjęcia oryginalnego, jak i z wykrytymi krawędziami, operator nie jest w stanie wykryć umieszczonych na nim obiektów, rejestruje tylko pojedyncze punkty.

Na następnym zdjęciu (Rys. 6) mamy do czynienia z kamiennym pomnikiem o jednolitej fakturze, lecz nie będącym tak bezkształtnym jak w wypadku obiektów z rysunku 6. Zdjęcie zostało wykonane pod słońce, jednak w pochmurny dzień i kontrast między obiektem, a niebem nie jest tak silny, jak w wypadku budynku z rysunku 5.

W wypadku zdjęcia pomnika, o jednolitej fakturze, zastosowanie wykrywania krawędzi pozwoli uzyskać kontur postaci, jednak znacznie słabiej wyodrębni detale, nawet dobrze widoczne, takie jak pas, kołnierz czy szabla. Dzieje się tak dlatego, że nie ma znaczącej różnicy między wartościami pikseli po jednej i drugiej stronie krawędzi. W takim wypadku, ponieważ filtr jest symetryczny co do wartości bezwzględnej, a współczynniki brane są z przeciwnym znakiem, dochodzi do wyzerowania wartości piksela. Dodatkowo stosowana binaryzacja spowoduje usunięcie mało kontrastowych krawędzi.

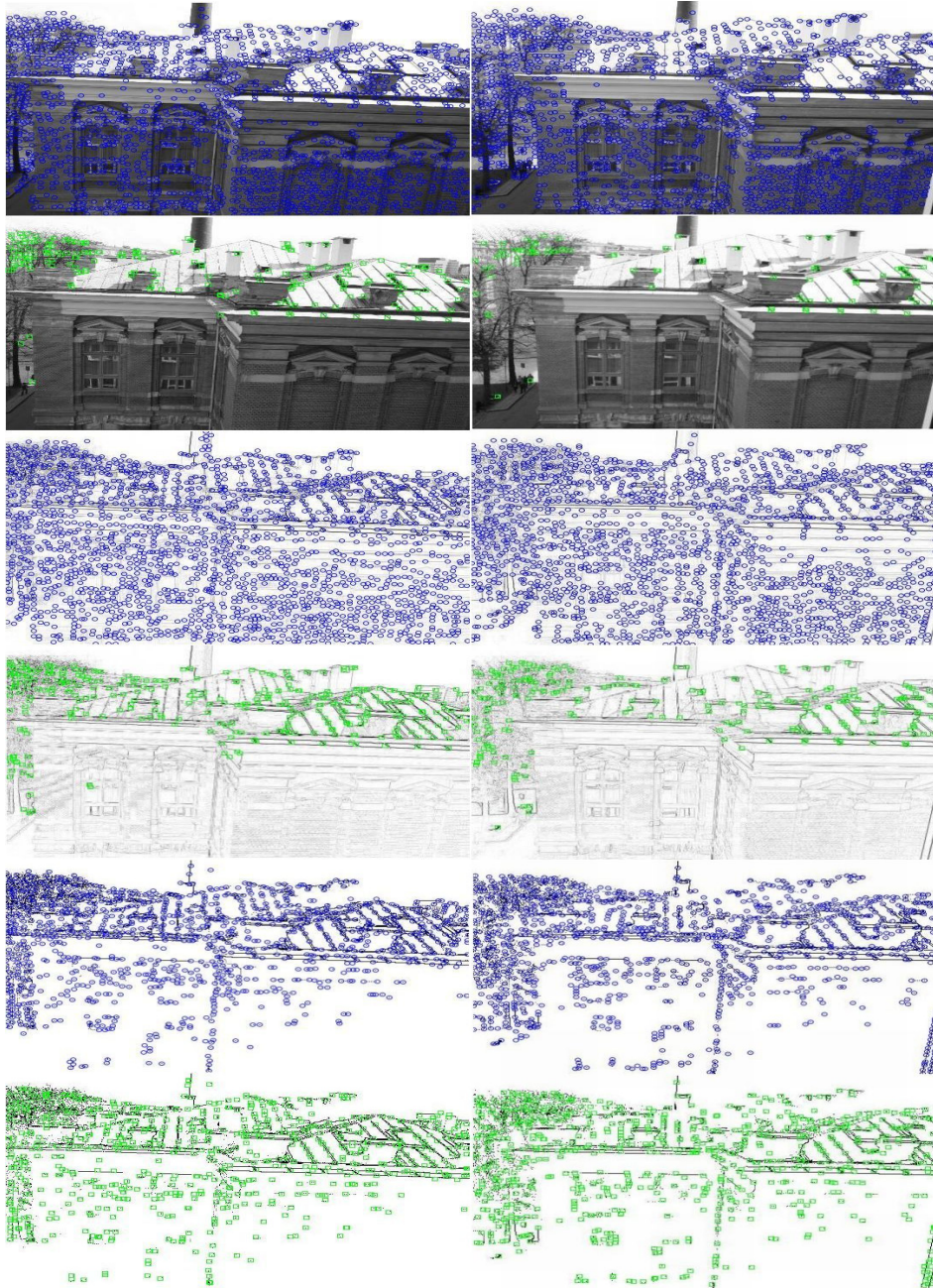
Z tego powodu, chcąc wykryć także narożniki odnoszące się do detali pomnika, należy zastosować detekcję na zdjęciu oryginalnym. Dotyczy to tylko operatora Harris, ponieważ operator Moravec zadziałał w sposób zadowalający dopiero na obrazie binarnym.



Rys. 6. Zastosowanie operatora Harris (kolor niebieski) i Moravec (kolor zielony). Wykorzystane obrazy: (a) oryginalny, (b) po wykryciu krawędzi, (c) po binaryzacji

4. TESTOWANIE OPERATORÓW NA STEREOGRAMIE

Testy działania operatorów przeprowadzono dla pary zdjęć (stereogramu) przy ustalonych parametrach operatorów detekcji narożników, w sposób identyczny jak dla pojedynczych zdjęć. Do porównania wykorzystano zdjęcie z rysunku 4 wraz z drugim zdjęciem tego samego budynku, wykonanym w celu opracowania fotogrametrycznego. Testy miały pokazać, która z proponowanych metod pozwoli na wykrycie narożników w sposób umożliwiający dokonanie automatycznego dopasowania wzorców. Działanie obu operatorów, dla wszystkich strategii, przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Porównanie zastosowania operatorów dla wybranego stereogramu:
operator Harris (kolor niebieski), operator Moravec (kolor zielony)

W przypadku obu zdjęć operator Moravec wykrył większą liczbę punktów dopiero na obrazie binarnym. Jest to spowodowane jakością radiometryczną drugiego zdjęcia, które jest prześwietlone. Należy przy tym jednoznacznie stwierdzić, że dopasowywanie wzorców można oprzeć tylko na tej strategii. Jednak nawet wtedy wykorzystać można tylko informację dotyczącą dachów, gdyż liczba punktów wykrytych na fasadzie jest znikoma.

W wypadku operatora Harris dla wszystkich strategii wykryto znaczną liczbę punktów. Jednak nie oznacza to, iż każda strategia będzie w jednakowy sposób nadawała się do przeprowadzenia dopasowania zdjęć. W wypadku zdjęcia oryginalnego punkty rozmieszczone są dość gęsto na fasadzie, jednak algorytm pomijał gzymsy, zaś w innych miejscach znaczne zagęszczenie uniemożliwi parowanie punktów. W wypadku obrazu z wykrytymi krawędziami, punkty z gzymsów wykryte zostały tylko na jednym zdjęciu, natomiast na fasadzie powstało jeszcze więcej skupisk punktów, które są trudne do dopasowania. Natomiast dla obrazu binarnego choć liczba punktów ulega znacznej redukcji, jednak ich rozmieszczenie pozwoliło na dopasowanie punktów leżących na fragmentach gzymsów, jak i na wyróżnienie niektórych krawędzi bryły budynku oraz dachu.

5. WNIOSKI

Niezależnie od rozpatrywanego zdjęcia, operator Moravec można stosować tylko do obrazów binarnych, przyjmując parametry zapewniające poprawne wykrywanie narożników na planszy testowej. Wtedy zachowuje się on w sposób zbliżony do operatora Harris.

Jednak obraz binarny nie zawsze jest najlepszym punktem wyjścia przy wykrywaniu narożników, jeśli stosujemy operator Harris. Widać to w przypadku jednolitych obiektów na rysunku 5, gdzie doszło do utraty części informacji. Fasada budynku z rysunku 4 była lepiej odwzorowana na obrazie z wykrytymi krawędziami. Natomiast, jeżeli zaznaczone mają być detale jednolitej figury, jak w wypadku pomnika z rysunku 6, lepiej wykrywanie narożników przeprowadzić na obrazie oryginalnym.

W przypadku porównywania zdjęć najlepszą okazała się strategia bazująca na obrazach binarnych. W wypadku operatora Moravec pozwoliła ona na wyodrębnienie liczby punktów, która powinna być wystarczająca, aby porównać przynajmniej niektóre partie obrazów, na co nie pozwalały pozostałe strategie. W wypadku operatora Harris doprowadziła do redukcji liczby punktów, w porównaniu z innymi strategiami, jednak ich rozmieszczenie okazało się korzystniejsze jako punkt wyjścia dla zadania dopasowania wzorców.

Testowane operatory detekcji stanowią pierwszy krok w procesie, który ma na celu znalezienie punktów obiektów służących do automatycznego, wzajemnego dopasowania wielu obrazów i w końcowym efekcie stworzeniu realistycznego modelu 3D rekonstruowanego obiektu. Przedstawione eksperymenty zostały przeprowadzone w ramach realizacji grantu habilitacyjnego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt.: „Wielooobrazowe dopasowanie zdjęć bliskiego zasięgu dla automatycznej rekonstrukcji fotorealistycznych modeli 3D obiektów” – N N526 147237.

6. LITERATURA

Harris C., Stephens M. 1988, “A Combined Corner and Edge Detector”. *Proc. Alvey Vision Conf.*, Univ. Manchester, pp. 147–151.

Moravec H. P. 1977, “Towards Automatic Visual Obstacle Avoidance”. *Proc. 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 584.

Moravec H. P. 1979, "Visual Mapping by a Robot Rover". *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 598–600.

Parks, D., Gravel J. P. 2010, "Corner Detectors: The Harris/Plessey Operator". *Published by Cesar Souza in Articles, Computer Science*.

Zheng Z., Wang H. 1999, "Analysis of Gray Level Corner Detection". *Pattern Recognition Letters*, Vol. 20, pp. 149–162.

SELECTED DETECTION OPERATORS IN MATCHING AUTOMATIZATION FOR CLOSE RANGE DIGITAL IMAGES

KEY WORDS: detection operators, automatic image matching, realistic 3D models

SUMMARY: The reconstruction of realistic 3D models from digital images is one of the main issues of photogrammetry and computer vision. In practice, it is exquisitely hard to generate a realistic model with available technologies. Detection operators are the first step in a measure process, which allows finding points useful for image matching. For this primitives are used such as lines or points. Common corners detection methods are the Moravec and Harris operators. They can be applied to detect characteristic points of objects, such as corners. However, the operators are determined by many parameters such as the threshold or window parameters, that should be adjusted for each image separately. In this paper the method that allows better localization of corners, by using an edge detection, is presented. The method enables detection of corners on the edges, that limits the influence of the corner detector's parameters. Two forms of edge detection were tested: sharp and soft. In the first case the image is transformed to a binary form. In the second, the edge points assume different intensities. The selection of an algorithm affects in a significant way the number and distribution of the detected corners. All the strategies, i.e. detection on the original image and with soft and sharp detection of the edges were compared for pictures with varied illumination and objects with different types of fracture. Experiments that have been done allow development of an automatic feature detection and an image measure, which constitutes the main process that aims at creating procedures for an automatic detection of a cloud of points with high accuracy in multi-image sets used to generate a realistic 3D model of a measured object.

dr inż. Dorota Zawieska
e-mail: d.zawieska@gik.pw.edu.pl
telefon: 22 2347694