

Aleksander SOKOŁOWSKI

UKŁAD SORTUJĄCY OBIEKTY NA PODSTAWIE ROZPOZNAWANIA KSZTAŁTÓW

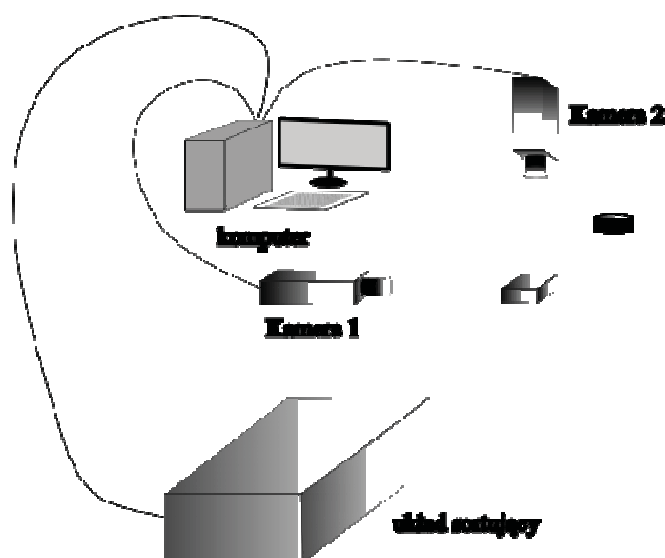
Streszczenie

W pracy przedstawiony został projekt urządzenia sortującego obiekty na podstawie ich kształtu. Proces sortowania odbywa się z wykorzystaniem wybranych transformacji całkowych, tutaj z wykorzystaniem transformacji Fouriera. Urządzenie sterowane jest z wykorzystaniem systemu ekspertowego.

WSTĘP

Transformacja Fouriera jest transformacją całkową, która wykorzystywana jest w wielu dziedzinach nauki i techniki. Jest stosowana w wielu obszarach badań nad rozpoznawaniem, np. rozpoznawaniem sygnałów [5, 6], rozpoznawaniem odcisków palców [4], rozpoznawaniem wzorów (pattern recognition) [2, 3]. Wydaje się naturalną rzeczą zastosowanie tej transformaty do rozpoznawania kształtów pojedynczych obiektów dla celów sortowania.

1. ZASADY FUNKCJONOWANIA UKŁADU



Rys. 1. Układ sortujący obiekty na podstawie rozpoznania kształtu.

Schemat układu został przedstawiony na rys. 1. Kamery rejestrują obraz obiektu z góry i boku, następnie obrazy przesyłane są do pamięci komputera, gdzie specjalny program oblicza transformacje Fouriera dla każdego z nich. Następnie obrazy transformacji trafiają do systemu ekspertowego, zawierającego transformacje dla różnych kształtów i następuje porównanie z próbkami zawartymi w systemie ekspertowym w celu rozpoznania danego kształtu. Kolejną czynnością układu jest przesłanie odpowiedniego sygnału do układu sortującego, który odpowiednio przekierowuje obiekt. Taśma przesuwana się i rozpoznawany jest kolejny obiekt.

2. ZASADY DZIAŁANIA OPROGRAMOWANIA

Część software'owa systemu operuje na module szybkiej transformacji Fouriera. Sama transformacja jest przekształceniem całkowym, które opisuje równanie (1).

$$F(v_x, v_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \exp[-i2\pi(xv_x + yv_y)] dx dy, \quad (1)$$

gdzie v_x, v_y są tzw. częstościami przestrzennymi, będącymi współrzędnymi na płaszczyźnie Fouriera. x, y są współrzędnymi na płaszczyźnie obrazu obiektu. W powyższym równaniu $f(x, y)$ symbolizuje funkcję opisującą sam obiekt (zdjęcie), zaś $F(v_x, v_y)$ symbolizuje transformatę Fouriera. Ponieważ istotna jest szybkość działania programu, najlepiej jest zastosować numeryczną szybką transformację Fouriera. Wiąże się to z przyjęciem określonych założeń. Załóżmy, że rozmiar obrazu wynosi $M \times N$ pikseli, oraz $M = N$. Najszybsza odmiana algorytmu szybkiej transformacji Fouriera funkcjonuje dla M i N będącymi całkowitą potęgą liczby 2. Numeryczne obliczenie transformacji Fouriera polega na wykonaniu następującej operacji:

$$F(k, l) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^M f(m, n) \exp(-i2\pi mk \Delta x \Delta v_x) \exp(-i2\pi nl \Delta y \Delta v_y), \quad (2)$$


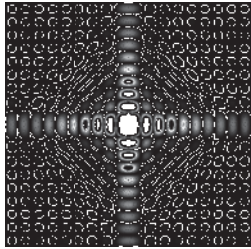
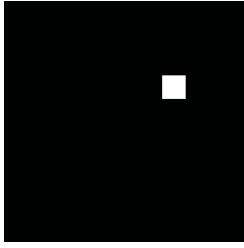
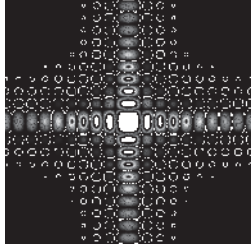
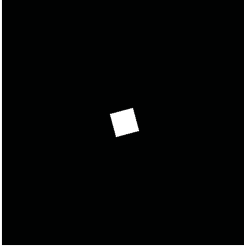
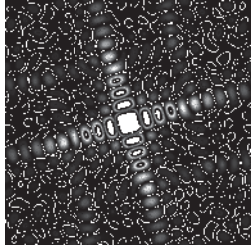
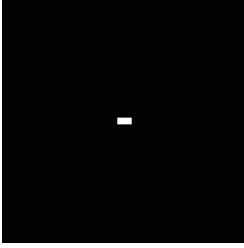

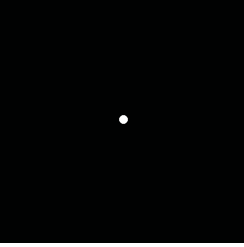
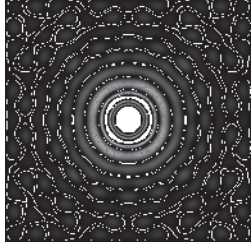
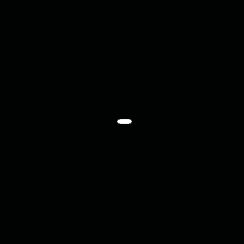
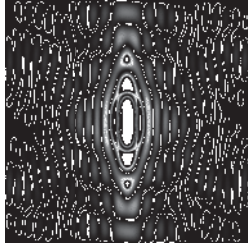
gdzie k, l numerują punkty próbkowania odpowiednio wzdłuż osi x i y na płaszczyźnie obrazu badanego obiektu, zaś m, n odpowiednio wzdłuż osi v_x i v_y na płaszczyźnie Fouriera, $k = \{0, 1, \dots, K\}$, $l = \{0, 1, \dots, L\}$. Δx oraz Δy są krokami próbkowania na płaszczyźnie obrazu (odległości między kolejnymi punktami próbkowania), zaś Δv_x i Δv_y są krokami próbkowania na płaszczyźnie Fouriera. Algorytm szybkiej transformacji Fouriera wymaga aby $K = M$ i $L = N$. Musi być jeszcze spełnione tzw. twierdzenie o próbkowaniu, aby nie wystąpił efekt aliasingu, tzn. muszą być spełnione następujące nierówności [1]:

$$\Delta x \leq \frac{1}{K \Delta v_x}, \quad \Delta y \leq \frac{1}{L \Delta v_y} \quad \text{oraz} \quad \Delta v_x \leq \frac{1}{M \Delta x}, \quad \Delta v_y \leq \frac{1}{N \Delta y}. \quad (3)$$

Algorytm szybkiej transformaty Fouriera wymaga, aby powyższe nierówności były równościami.

Po wyznaczeniu transformaty Fouriera, kolejnym etapem przetwarzania jest porównanie z wzorcem. Ponieważ tego typu obrazy są dwuwymiarowe, porównanie z wzorcami może być czasowo nieoptymalne. W tabeli 1 przedstawione zostały przykładowe obiekty i ich transformaty Fouriera. Transformaty te zostały wygenerowane za pomocą modułu szybkiej transformacji Fouriera zaprogramowanego przez autora. Widać z obrazów transformat przedstawionych w 3 kolumnie tabeli, że można wyróżnić osie symetrii transformat. Prezentowany model systemu ekspertowego zawiera nie tylko obrazy transformat i informacje o kształcie obiektu, ale również informacje o osiach symetrii.

Tab. 1. Transformaty Fouriera dla wybranych obiektów

Obiekt	Obraz obiektu	Transformata
Kwadrat		
Kwadrat przesunięty		
Kwadrat obrócony		
Prostokąt		
Koło		
Owal		

Źródło: własne oprogramowanie (w języku Delphi)

Z uwagi na kształt widma obiektów takich jak koło, czy owal, porównanie rozkładów transformat wzdłuż osi symetrii mogłoby dać wynik fałszywy, należy wybrać jeszcze np. dwa przekroje płaszczyzny Fouriera pod kątem np. 45° do osi symetrii. Do porównania badanego

obiekty z wzorcem z systemu ekspertowego, najłatwiej wykorzystać np. funkcję korelacji wzajemnej:

$$R_{xy}^i(r_\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} p_x^i(r) p_y^i(r-r_\tau) dr, \quad (4)$$

gdzie i numeruje poszczególne przekroje, indeks x oznacza i -ty przekrój wzorca, zaś y – i -ty przekrój transformaty badanego obiektu. r_τ oznacza przesunięcie obu przekrojów traktowanych jako dwa porównywane sygnały. Ponieważ transformacja Fouriera jest niezmiennicza ze względu na translacje, więc w tym przypadku $r_\tau = 0$. Biorąc pod uwagę fakt, że mamy do czynienia ze sprobkowanymi przekrojami, wzór (4) przybiera postać:

$$R_{xy}^i = \sum_{n=0}^{N_i} p_x^i(n) p_y^i(n). \quad (5)$$

Jeżeli przyjmiemy, że sygnały p_x^i i p_y^i są znormalizowane, to wówczas wartości R_{xy}^i będą zawarte w przedziale domkniętym $[0, 1]$. Im większe podobieństwo sygnałów, tym wartość jest bliższa 1. Należy teraz ustalić kryteria, jakie powinny spełniać funkcje korelacji wzajemnej dla wszystkich przekrojów, aby stwierdzić, że kształt został rozpoznany.

PODSUMOWANIE

Jeśli kształt obiektu będzie bardziej skomplikowany, może się okazać, że transformacja Fouriera nie wystarczy do rozpoznania kształtu. Wtedy można zaprzęć do systemu inne transformacje całkowite, jak np. transformację Radona [8]. W tym przypadku może się okazać, że lepszym narzędziem porównywania badanego obiektu z szablonami będzie transformacja falkowa [7].

BIBLIOGRAFIA

1. Bracewell R. N.: *The Fourier transform and its applications*. McGraw-Hill. Third ed., Boston, 2000.
2. Chen G. Y., Bui T. D., Krzyżak A.: *Invariant pattern recognition using radon, dual-tree complex wavelet and Fourier transforms*. Pattern Recognition, Volume 42, Issue 9, 2013-2019, 2009.
3. Ferraro M., Caelli T. M.: *Lie transformation groups, integral transforms, and invariant pattern recognition*. Spatial Vision, Volume 8, Issue 1, 33-44, 1994.
4. Fitz A. P., Green R. J.: *Fingerprint classification using a hexagonal fast fourier transform*. Pattern Recognition, Volume 29, Issue 10, 1587-1597, 1996.
5. Gelman L., Sanderson M., Thompson C.: *Signal recognition: Fourier transform vs. Cosine transform*. Pattern Recognition Letters, Volume 24, Issue 15, 2823-2827, 2003.
6. Gelman L., Sanderson M., Thompson C.: *Signal recognition: Fourier transform vs. Hartley transform*. Pattern Recognition, Volume 36, Issue 12, 2849-2853, 2003.
7. Hannel J. W., Olejniczak Z.: *Podstawy falkowej analizy sygnałów*. ZamKor, Kraków, 2010.
8. Pintsov D. A.: *Invariant pattern recognition, symmetry, and Radon transforms*. JOSA A, Vol. 6, Issue 10, 1544-1554, 1989.

SYSTEM SORTING OBJECTS ON THE BASE OF SHAPE RECOGNITION

Abstract

There is presented object sorting system In the paper. System is working on the base of shapes recognition. Sorting process is taking place with use of integral transformations, here with help of Fourier transforms. The device is controlled with help of expert system.

Autorzy:

dr Aleksander SOKOŁOWSKI – Politechnika Rzeszowska