

Projekt aplikacji mobilnej umożliwiającej umieszczenie wirtualnej grafiki w rzeczywistym położeniu

Podstawy przetwarzania obrazów

Michał Aniserowicz

6 stycznia 2014

Streszczenie

Celem artykułu jest opisanie zbioru koncepcji, które posłużą do implementacji algorytmu sztucznej inteligencji grającego w grę Scrabble w języku polskim. W artykule zostały przeanalizowane i porównane dane zawarte w dwóch głównych słownikach wyrazów do gier dla języka polskiego, przedstawione dane statystyczne ułatwiające wprowadzanie heurystyk do algorytmu, a także opisane metody niezbędne do wyznaczania wszystkich możliwych kombinacji ruchów w danej turze. Autor omawia również podział rozgrywki na fazy gry i przybliża podejście, które pozwala uzyskiwać najlepsze wyniki na każdym etapie rozgrywki.

Wstęp

1 Dyskretny splot macierzy

Podstawową operacją wykorzystywaną podczas przetwarzania obrazów cyfrowych jest dyskretny splot macierzy. Pozwala on przefiltrować obraz, tzn. uwydatnić lub ukryć niektóre jego cechy, takie jak zaszumienie.

Operacja ta przebiega w następujących krokach:

1. Wybór obrazu, który zostanie poddany

splotowi.

2. Określenie:

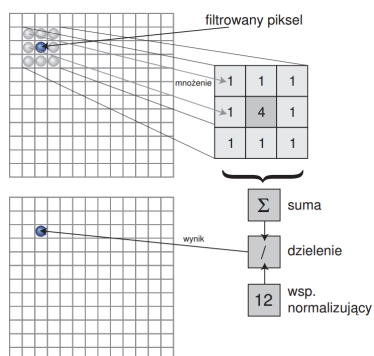
- macierzy (tzw. maski) filtru, najczęściej o niewielkich rozmiarach, np. 3×3 lub 5×5 ;
- współczynnika normalizującego, najczęściej równego sumie wartości komórek maski.

3. Obliczenie wartości każdego piksela obrazu wynikowego poprzez nałożenie maski na dany piksel, tj.:

- (a) pomnożenie wartości pikseli obrazu wejściowego przez wartości odpowiadających komórek maski;
- (b) zsumowanie otrzymanych wartości;
- (c) podzielenie sumy przez współczynnik normalizujący;
- (d) ustawienie wyniku jako wartości odpowiedniego piksela obrazu wynikowego.

Neleży zauważyć, że wartość współczynnika normalizującego równa sumie wartości komórek maski gwarantuje wartość wyniku mieszczącą się w przedziale dopuszczalnych wartości piksela (np. 0-255)

Przebieg operacji dyskretnego splotu został zobrazowany na Rysunku 1.



Rysunek 1: Operacja dyskretnego splotu macierzy. Źródło: [2].

1.1 Przykład - Rozmycie Gaussa

Przykładem praktycznego zastosowania operacji dyskretnego splotu macierzy jest operacja Rozmycia Gaussa. Pozwala ona wygładzić obraz, tzn. zredukować jego zaszumienie. Odbywa się to kosztem utraty ostrości.

Przykładowe maski stosowane w tej operacji przedstawia Rysunek 2.

$$\begin{array}{c} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{(a)} \end{array} \quad \begin{array}{c} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{(b)} \end{array}$$

Rysunek 2: Maski stosowane w operacji Rozmycia Gaussa: (a) 3×3 ; (b) 5×5 .

Maski te mają następujące cechy:

- znaczenie piksela maleje wraz z jego odległością od środka maski według funkcji Gaussa;
- wartość piksela wynikowego jest uśrednieniem wartości odpowiadające go piksela wejściowego i wartości jego

sąsiadów¹.

Przykład działania Rozmycia Gaussa został przedstawiony na Rysunku 3.



(a)



(b)

Rysunek 3: Przykład działania Rozmycia Gaussa: (a) obraz wejściowy; (b) obraz wynikowy. Źródło: [3].

2 Detekcja krawędzi

1. Zastosowanie operatorów dyskretnego różniczkowania w celu aproksymacji pochodnych kierunkowych intensywności obrazu (gradientów) w kilku kierunkach
2. Operatory różnią się liczbą i rodzajem masek

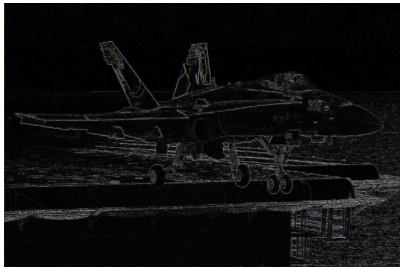
2.1 Krzyż Robertsa

- Jeden z najwcześniejszych algorytmów wykrywania krawędzi

¹Filtry posiadające tę cechę nazywa się filtrami uśredniającymi.



(a)



(b)

Rysunek 4: Przykładowy rezultat: (a) przed; (b) po. Źródło: [4].

- Zbiór 8 masek (0° - krawędzie pionowe, 90° - poziome)
- Wystarczy obliczyć splot z 4 macierzami ($M_{\alpha+180^\circ} = -M_\alpha$)
- Lepsza skuteczność, ale większa złożoność obliczeniowa

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & +1 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{(a)} & \text{(b)} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} +1 & +1 & 0 \\ +1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{bmatrix} \\ \text{(c)} & \text{(d)} \end{matrix}$$

Rysunek 6: Maski: (a) 0° ; (b) 45° ; (c) 90° ; (d) 135° .

- Zaproponowany w 1963 r. przez Lawrence'a G. Robertsa
- Wynikowy obraz otrzymuje się poprzez obliczenie różnic modułów wartości odpowiadających sobie pikseli z obrazów powstałych przez zastosowanie masek
- Zaleta: mała złożoność obliczeniowa
- Wada: mała odporność na szum

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} 0 & +1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \\ \text{(a)} & \text{(b)} \end{matrix}$$

Rysunek 5: Maski: (a) 45° ; (b) 135° .

2.2 Prewitt

- Zaproponowany w 1966 r. przez Judith M. Prewitt

2.3 Sobel

1. Zaproponowany w 1968 r. przez Irwina Sobela
2. Od operatora Prewitt różni się jedynie wagami komórek masek (1, 2, 1)
3. Lepsze wygładzenie obrazu

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & +1 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{(a)} & \text{(b)} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} +2 & +1 & 0 \\ +1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \\ \text{(c)} & \text{(d)} \end{matrix}$$

Rysunek 7: Maski: (a) 0° ; (b) 45° ; (c) 90° ; (d) 135° .

2.4 Scharr

- Zaproponowany w 2000 r. przez Hanno Scharra
- Od operatorów Prewitt i Sobela różni się jedynie wagami komórek masek (3, 10, 3)
- Lepiej wykrywa kierunek krawędzi

$$\begin{array}{cc} \begin{bmatrix} -3 & 0 & +3 \\ -10 & 0 & +10 \\ -3 & 0 & +3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & +3 & +10 \\ -3 & 0 & +3 \\ -10 & -3 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{(a)} & \text{(b)} \\ \begin{bmatrix} +3 & +10 & +3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -3 & -10 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} +10 & +3 & 0 \\ +3 & 0 & -3 \\ 0 & -3 & -10 \end{bmatrix} \\ \text{(c)} & \text{(d)} \end{array}$$

Rysunek 8: Maski: (a) 0°; (b) 45°; (c) 90°; (d) 135°.

2.5 Porównanie

3 Canny

- Autor: John F. Canny, 1986
- Cele:
 - dobra detekcja – wykrycie jak największej liczby rzeczywistych krawędzi
 - dobra lokalizacja – oznaczenie danej krawędzi jak najbliżej jej rzeczywistego położenia
 - minimalna odpowiedź – oznaczenie danej krawędzi tylko raz, brak krawędzi powstałych w wyniku zakłóceń

Kroki algorytmu:

1. Wygładzenie obrazu

2. Obliczenie modułu gradientu obrazu
3. Usunięcie niemaksymalnych pikseli
4. Progowanie z histerezą

3.1 Wygładzenie obrazu

- Wygładzenie obrazu filtrem Gaussa
- Odchylenie standardowe filtru (σ) - parametr metody
- Im większe σ , tym mniej fałszywych krawędzi
- Cel: redukcja szumu

3.2 Obliczenie gradientu

1. Ponowne filtrowanie obrazu (Krzyż Roberta / Prewitt / Sobel / Scharr)
2. Cel: znalezienie potencjalnych krawędzi
3. Należy zapamiętać kierunek gradientu
4. Kierunek wyznacza się z dokładnością do 45° (pion, poziom, skosy)

3.3 Usunięcie zbędnych pikseli

1. Porównanie każdego pikela z dwoma pikselami sąsiednimi
2. Piksele sąsiednie wyznaczane na podstawie informacji o kierunku gradientu
3. Jeśli jasność piksela nie jest większa od jasności obu sąsiadów, piksel ten jest zerowany
4. Cel: uzyskanie linii o grubości 1px
5. Pozostaje pozbyć się zbyt ciemnych krawędzi

3.4 Progowanie z histerezą

1. Określenie dwóch progów: T_1 , T_2
2. T_1 , T_2 – parametry metody
3. Zaakceptowanie krawędzi, dla których moduł gradientu jest $\geq T_2$
4. Usunięcie krawędzi, dla których moduł gradientu jest $\leq T_1$
5. Rekurencyjne usunięcie krawędzi, dla których moduł gradientu jest $\leq T_2$, i które nie przylegają do już zaakceptowanej krawędzi
6. Cel: usunięcie ciemnych krawędzi przy zachowaniu ciemnych fragmentów jasnych krawędzi

- [3] *Rozmycie Gaussowskie* [online], Encyklopedia Artifice, http://encyklopedia.artifice.pl/index.php?title=Rozmycie_Gaussowskie [dostęp: styczeń 2013].
- [4] *Krzyż Robertsa* [online], Wikipedia, http://pl.wikipedia.org/wiki/Krzyż_Robertsa [dostęp: styczeń 2013].
- [5] *Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques* [online], Maini R., Aggarwal H., <http://wwwmath.tau.ac.il/~turkel/notes/Maini.pdf> [dostęp: styczeń 2013].
- [6] *Wykrywanie cech w obrazach cyfrowych* [online], Bołdak C., <http://aragorn.pb.bialystok.pl/~boldak/DIP/CPO-W04-v01-50pr.pdf> [dostęp: styczeń 2013].

3.5 Przykładowe rezultaty

4 Podsumowanie

- Wykrywanie krawędzi (a także wiele innych operacji) sprowadza się do zastosowania dyskretnego splotu macierzy
- Algorytmy zaproponowane w latach 60., czy 80. są nadal stosowane
- Operator Sobela i algorytm Canny’ego to obecnie najpopularniejsze metody wykrywania krawędzi

Literatura

- [1] *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*, Tadeusiewicz R., Korohoda P., Kraków, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, 1997, 83-86476-15-X.
- [2] *Filtracja obrazów rastrowych* [online], Steć P., <http://www.uz.zgora.pl/~pstec/files/filtracja.pdf> [dostęp: styczeń 2013].



(a)



(b)



(c)



(d)

Rysunek 9: Przykładowy rezultat: (a) przed; (b) Roberts; (c) Prewitt; (d) Sobel. Źródło: [5].



(a)

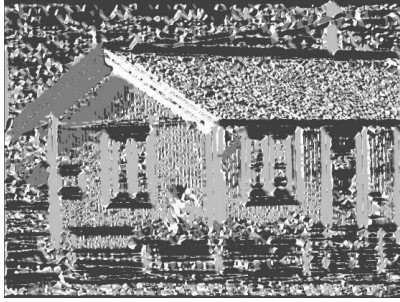


(b)

Rysunek 10: Przykładowy rezultat ($\sigma = 3$): (a) przed; (b) po. Źródło: [6].

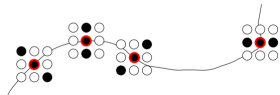


(a)



(b)

Rysunek 11: Przykładowy rezultat: (a) Potencjalne krawędzie; (b) Kierunek gradientu (ten sam odcień szarości przypisany krawędziona o tym samym nachyleniu). Źródło: [6].



Rysunek 12: Przykład. Źródło: [6].



Rysunek 13: Przykładowy rezultat. Źródło: [6].



(a)



(b)



(c)



(d)

Rysunek 14: Przykładowe rezultaty: (a) przed; (b) $\sigma = 3, T_1 = 75, T_2 = 125$; (c) $\sigma = 1, T_1 = 75, T_2 = 125$; (d) $\sigma = 3, T_1 = 25, T_2 = 75$. Źródło: [6].