

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.

1 Wstęp

2 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:

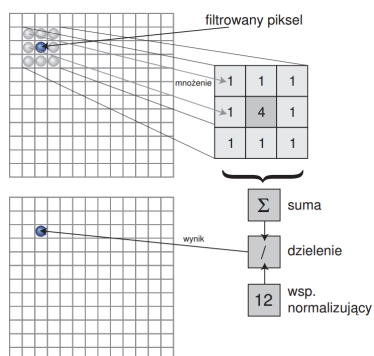
- macierzy (tzw. maski) filtru, najczęściej o niewielkich rozmiarach, np. 3×3 lub 5×5 ;
- współczynnika normalizującego, najczęściej równego sumie wartości komórek maski.

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].

2.1 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.

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

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].

3 Detekcja krawędzi

Operacji dyskretnego splotu macierzy używa się również w celu wykrycia krawędzi na obrazie. W tym przypadku stosowane są filtry, które pozwalają aproksymować pochodne kierunkowe intensywności obrazu (gradienty). Pojedyncza maska filtru wykrywa gradienty obrazu dla pojedynczego kierunku. Powszechnie stosowane filtry, takie jak operatory Prewitt i Sobela, różnią się jedynie liczbą i rodzajem masek.

Rysunek 4 przedstawia przykładowy wynik zastosowania filtru wykrywającego krawędzie.

¹Filtry posiadające tę cechę nazywa się filtrami uśredniającymi.



(a)



(b)

Rysunek 4: Przykładowy wynik działania filtru wykrywającego krawędzie w obrazie: (a) obraz wejściowy; (b) obraz wynikowy. Źródło: [4].

3.1 Krzyż Robertsa

Jednym z najwcześniej opracowanych algorytmów wykrywania krawędzi jest Krzyż Robertsa. Został on zaproponowany w 1963 r. przez Lawrence'a G. Robertsa. Wykorzystuje się w nim dwie maski, z których każda wykrywa krawędzie skierowane w innym kierunku. Maski te zostały przedstawione na Rysunku 5.

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

Rysunek 5: Krzyżu Robertsa - maski: (a) dla kierunku 45°; (b) dla kierunku 135°.

Wynikowy obraz otrzymuje się poprzez obliczenie różnic modułów wartości odpowiadających sobie pikseli z obrazów powstałych przez zastosowanie masek.

Algorytm cechuje się niską złożonością obliczeniową. Jest on jednak mało odporny na szum, tzn. powoduje wykrycie wielu krawędzi powstałych w wyniku zaszumienia obrazu wejściowego.

3.2 Operator Prewitt

Kolejnym algorytmem wykrywania krawędzi jest operator Prewitt. Został on zaproponowany w 1966 r. przez Judith M. Prewitt.

Wykorzystuje zbiór czterech masek, wykrywających krawędzie skierowane w czterech kierunkach (0°, 45°, 90°, 135°). Maski te przedstawia Rysunek 6.

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

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

Rysunek 6: Operator Prewitt - maski: (a) dla kierunku 0°; (b) dla kierunku 45°; (c) dla kierunku 90°; (d) dla kierunku 135°.

Operator Prewitt cechuje się dużo lepszą skutecznością i odpornością na szum od Krzyża Robertsa, ale jest bardziej wymagający obliczeniowo.

3.3 Operator Sobela

Najczęściej stosowanym filtrem wykrywającym krawędzie na obrazie jest operator Sobela. Został on opracowany w 1968 r. przez Irwina Sobela. Od operatora Prewitt różni się jedynie wagami komórek masek (Rysunek 7).

W porównaniu z operatorem Prewitt, zastosowanie operatora Sobela powoduje otrzymanie obrazu bardziej wygładzonego.

$$\begin{array}{cc} \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & +1 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{(a)} & \text{(b)} \\ \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} +2 & +1 & 0 \\ +1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \\ \text{(c)} & \text{(d)} \end{array}$$

Rysunek 7: Operator Sobela - maski: (a) dla kierunku 0°; (b) dla kierunku 45°; (c) dla kierunku 90°; (d) dla kierunku 135°.

3.4 Operator Scharra

Kolejnym filtrem wykrywającym krawędzie jest operator Scharra, zaproponowany w 2000 r. przez Hanno Scharra. Od operatorów Prewitt i Sobela różni się on jedynie wagami komórek masek (Rysunek 8).

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

Rysunek 8: Operator Scharra - maski: (a) dla kierunku 0°; (b) dla kierunku 45°; (c) dla kierunku 90°; (d) dla kierunku 135°.

W porównaniu z operatorem Sobela, operatora Scharra lepiej wykrywa kierunek krawędzi na obrazie.

3.5 Przykłady

Przykłady działania omówionych algorytmów przedstawia Rysunek 9.



(a)



(b)



(c)



(d)

Rysunek 9: Przykłady działania filtrów wykrywających krawędzie na obrazie: (a) obraz wejściowy; (b) wynik działania Krzyża Roberts; (c) wynik działania operatora Prewitt; (d) wynik działania operatora Sobela. Źródło: [5].

4 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

4.1 Wygładzenie obrazu

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

4.2 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)



(a)



(b)

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

4.3 Usunięcie zbędnych pikseli

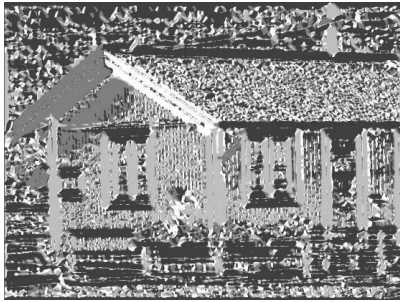
1. Porównanie każdego pikela z dwoma pikselami sąsiednimi
2. Piksele sąsiednie wyznaczane na podstawie informacji o kierunku gradientu
3. Jeśli jasność piksela nie jest większa od jasności obu sąsiadów, piksel ten jest zerowany
4. Cel: uzyskanie linii o grubości 1px
5. Pozostaje pozbyć się zbyt ciemnych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

4.4 Progowanie z histerezą

1. Określenie dwóch progów: T_1 , T_2
2. T_1 , T_2 – parametry metody

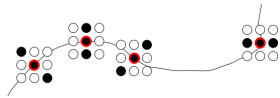


(a)



(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].

3. Zaakceptowanie krawędzi, dla których moduł gradientu jest $\geq T_2$

4. Usunięcie krawędzi, dla których moduł gradientu jest $< T_1$
5. Rekurencyjne usunięcie krawędzi, dla których moduł gradientu jest $< T_2$, i które nie przylegają do już zaakceptowanej krawędzi
6. Cel: usunięcie ciemnych krawędzi przy zachowaniu ciemnych fragmentów jasnych krawędzi

4.5 Przykładowe rezultaty

5 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].
- [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_Roberta [dostęp: styczeń 2013].



(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].

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].

- [5] *Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques* [online], Maini