Vysoká škola

Fakulta aplikovaných věd

Semestrální práce

Automatické prahování obrazu

Metody Otsu a Sauvola

Autor: Jan Čácha
Studijní program: Informatika
Předmět: Zpracování vizuální informace
Akademický rok: 2024/2025

24. března 2025

Obsah

Abstrakt

Tato práce se zabývá implementací dvou metod automatického prahování obrazu - Otsuovy metody a Sauvolova adaptivního prahování. Vytvořili jsme aplikaci v Pythonu s grafickým rozhraním, která umožňuje experimentální porovnání těchto metod. Práce obsahuje teoretický rozbor, popis implementace a diskuzi výsledků.

1 Úvod

Prahování je základní operace v digitálním zpracování obrazu používaná pro separaci objektů od pozadí. Cílem této práce je:

- Implementovat Otsuovu metodu (globální prahování)
- Implementovat Sauvolovu metodu (lokální adaptivní prahování)
- Vytvořit uživatelsky přívětivé GUI pro experimentování
- Vyhodnotit výhody a nevýhody obou metod

2 Teoretický rozbor

2.1 Otsuova metoda

Metoda navržená Nobuyukim Otsuem v roce 1979 hledá optimální prah maximalizací mezitřídního rozptylu.

Matematický základ:

$$\sigma_b^2(t) = w_0(t) \cdot w_1(t) \cdot [\mu_0(t) - \mu_1(t)]^2 \tag{1}$$

Kde:

- w_0, w_1 jsou pravděpodobnosti tříd
- μ_0, μ_1 jsou střední hodnoty tříd
- t je testovaný práh

2.2 Sauvolova metoda

Adaptivní metoda vyvinutá Sauvolou a Pietikäinenem počítá lokální práh podle vzorce:

$$T(x, y) = \mu(x, y) \left[1 + k \left(\frac{\sigma(x, y)}{R} - 1\right)\right] \tag{2}$$

Parametry:

- k - citlivost na kontrast (0.1-0.5)
- R - normalizační konstanta (typicky 128)

3 Implementace

3.1 Použité technologie

- Python 3 s knihovnami: OpenCV, NumPy, PIL
- Tkinter pro grafické rozhraní
- Matplotlib pro zobrazování histogramů

3.2 Klíčové algoritmy

3.2.1 Otsuovo prahování

```
def otsu_threshold(image):
    hist = np.histogram(image, bins=256)[0]
    prob = hist / hist.sum()
    max_var, optimal = 0, 0
    for t in range(1,256):
        w0, w1 = prob[:t].sum(), prob[t:].sum()
        mu0 = (np.arange(t)*prob[:t]).sum()/w0
        mu1 = (np.arange(t,256)*prob[t:]).sum()/w1
        var = w0*w1*(mu0-mu1)**2
        if var > max_var:
            max_var, optimal = var, t
    return optimal
```

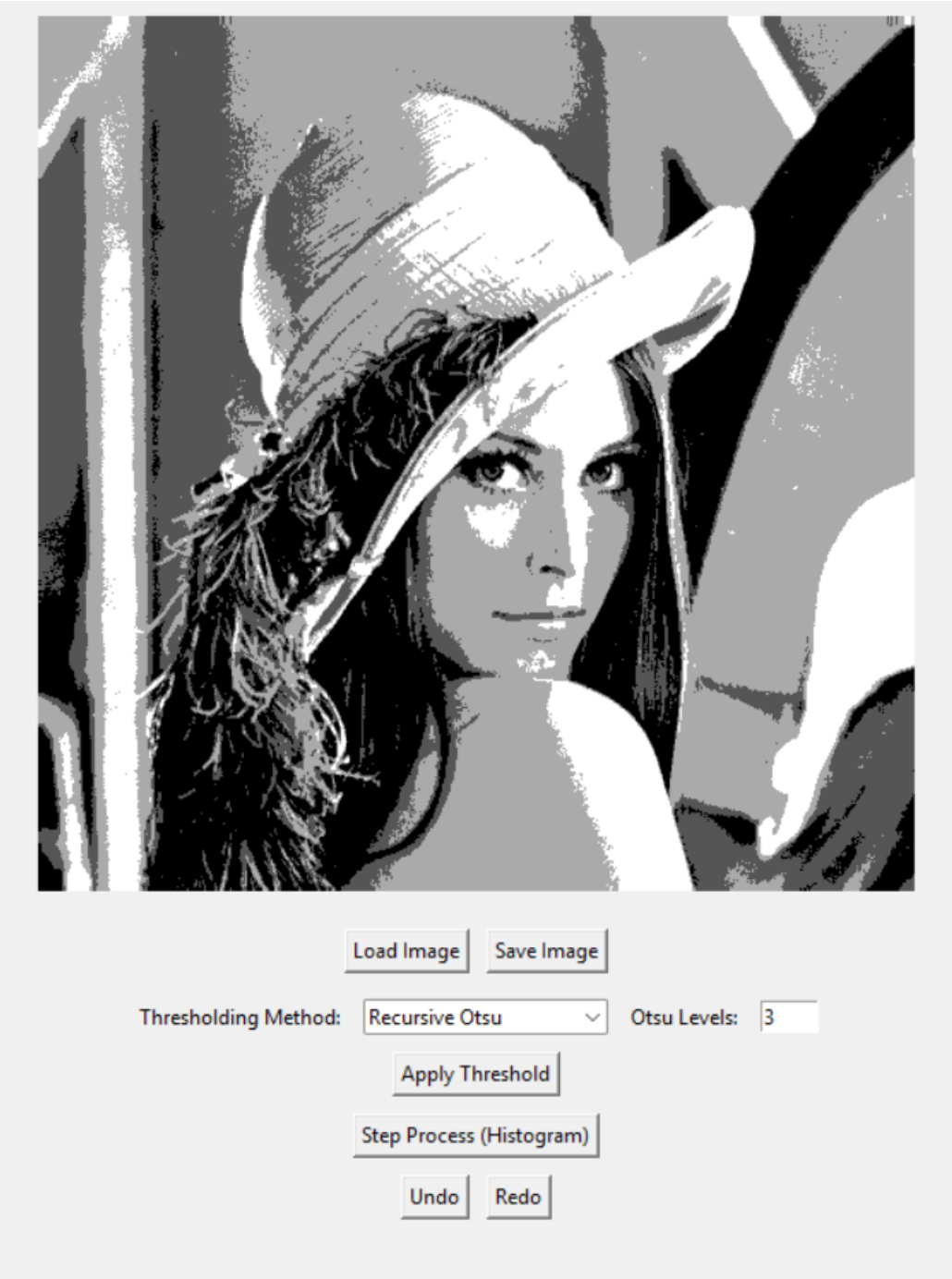
3.2.2 Sauvolovo prahování

```
def sauvola(image, window=15, k=0.2, R=128):
    pad = window//2
    padded = np.pad(image, pad, mode='reflect')
    result = np.zeros_like(image)
    for i in range(image.shape[0]):
        for j in range(image.shape[1]):
            window = padded[i:i+window,j:j+window]
            mean, std = window.mean(), window.std()
            T = mean*(1 + k*(std/R - 1))
            result[i,j] = 255 if image[i,j] > T else 0
    return result
```

4 Výsledky

Tabulka 1: Porovnání metod

Metoda	Výhody	Nevýhody
Otsu	Rychlá, dobrá pro bimodální histogram	Špatně pracuje s nerovnoměrným osvětlením
Sauvola	Adaptivní k místním podmínkám	Pomalá výpočetně náročná



Obrázek 1: Příklad prahování Recursive Otsu

5 Uživatelská příručka

5.1 Instalace

1. Instalace Pythonu 3.8 nebo novějšího z `https://www.python.org/downloads/`
2. Instalace potřebných knihoven:

   ```
   pip install opencv-python numpy pillow matplotlib scikit-image
   ```

3. Stažení zdrojového kódu aplikace z repozitáře:

```
https://github.com/Lucky01dot/ZVI-Thresholding-RecursiveOtsu-Sauvola.git
```

5.2 Spuštění aplikace

```
ZVI-Thresholding-RecursiveOtsu-Sauvola
python threshold.py
```

5.3 Popis rozhraní

Aplikace obsahuje následující ovládací prvky:

5.3.1 Horní panel

- **Načíst obrázek** - Tlačítko pro výběr vstupního obrázku (formáty: PNG, JPG, BMP)
- **Uložit obrázek** - Uložení výsledku prahování

5.3.2 Střední část

- **Zobrazovací panel** - Zobrazuje původní a upravený obrázek
- **Undo/Redo** - Vrácení nebo obnovení předchozí operace

5.3.3 Nastavení prahování

- **Metoda**:
  - Otsu - Globální metoda s volbou počtu úrovní (2-4)
  - Sauvola - Lokální metoda s nastavením:
    - Velikost okna (liché číslo ≥ 3)
    - Parametr k (0.1-0.5)
    - Parametr R (doporučeno 128)
- **Histogram** - Zobrazení histogramu aktuálního obrázku

5.4 Postup práce

1. Načtěte vstupní obrázek pomocí tlačítka *Načíst obrázek*
2. Zvolte metodu prahování:
   - Pro Otsu: Nastavte počet úrovní (pro binární prahování zvolte 2)
   - Pro Sauvola: Experimentujte s velikostí okna a parametry k, R
3. Klikněte na *Aplikovat prahování*
4. Prohlédněte si výsledek a v případě potřeby upravte parametry
5. Pro zobrazení histogramu klikněte na *Histogram*
6. Výsledek uložte pomocí *Uložit obrázek*

5.5 Řešení problémů

- **Chybějící knihovny**: Spusťte příkaz pro instalaci knihoven
- **Pomalé zpracování**: Pro Sauvolovu metodu zvolte menší okno
- **Špatné výsledky**:
  - U Otsu: Zkontrolujte, zda má obrázek bimodální histogram
  - U Sauvola: Upravte parametr k (zvýšit pro nízký kontrast)
- **Nefungují tlačítka Undo/Redo**: Operace se ukládají až po dokončení

5.6 Doporučené parametry

Tabulka 2: Doporučené hodnoty parametrů

Typ obrazu	Metoda	Parametry
Dobře osvětlený dokument	Otsu	Úrovně: 2
Dokument s nerovnoměrným osvětlením	Sauvola	Okno: 15-25, k=0.3, R=128
Obrázek s šumem	Sauvola	Okno: 15, k=0.2, R=64

6 Závěr

Práce úspěšně implementovala obě metody prahování. Z výsledků vyplývá:

- Otsuova metoda je vhodná pro obrazy s rovnoměrným osvětlením
- Sauvolova metoda lépe zpracovává reálné dokumenty
- GUI aplikace umožňuje snadné experimentování

Možná vylepšení:

- Optimalizace Sauvolovy metody pomocí integrálních obrazů
- Přidání dalších metod prahování

Literatura

1. Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms
2. Sauvola, J. (2000). Adaptive Document Image Binarization
3. Gonzalez, R. C. (2008). Digital Image Processing