

Sisteme de recunoastere a formelor – Lab 3

Detectia dreptelor prin transformata Hough

1. Obiective

Obiectivul principal al acestei lucrari este sa se studieze transformata Hough pentru detectia dreptelor în imagini cu muchii.

2. Fundamente teoretice

Transformata Hough este o metoda ce rezolva o problema clasica din viziunea artificiala: gasirea dreptelor într-o imagine ce contine o multime de puncte de interes. Metoda directa de a calcula drepte din fiecare pereche de puncte are o complexitate computationala ridicata, $O(n^2)$, si nu este aplicabila pentru un numar mare de puncte. Transformata Hough a fost propusa si patentata de Peter Hough [Hou62], si în varianta initiala a fost o metoda de timp real pentru a numara câte puncte sunt plasate pe fiecare posibila dreapta într-o imagine. Aceasta metoda se baza pe reprezentarea dreptei în forma panta-termen liber, ($y=ax+b$), si pe construirea unui spatiu de parametric, numit si acumulator Hough. Pentru fiecare punct de interes din imagine, se calculeaza toate posibilele drepte ce trec prin el, si se incrementeaza elementele din spatiul parametric. Dreptele relevante sunt localizate în maximele locale ale spatiului parametric.

Varianta initiala a fost orientata pe detectia dreptelor în imagini video, pe baza reprezentarii dreptelor ca panta si termen liber. Aceasta reprezentare este sub-optima, deoarece nu este marginita: pentru a reprezenta toate posibilele drepte din imagine, panta si termenul liber trebuie sa varieze în domeniul $-\infty$ si $+\infty$. Rezultatele lui Duda si Hart [Dud72] au facut transformata Hough populara în domeniul viziunii artificiale. Principala problema, parametrii nemarginiti, a fost rezolvata prin parametrizarea normala. Parametrizarea normala a unei drepte consta în reprezentarea dreptei prin vectorul ce trece prin origine si este perpendicular pe dreapta. Reprezentarea normala (1) se mai numeste si reprezentarea ρ - θ (Fig. 1).

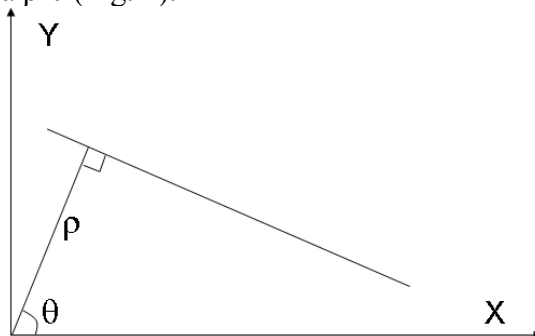


Fig. 1. Dreapta sa afla la o distanta ρ fata de origine si are normala cu unghiul θ .

$$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \quad (1)$$

Pe lângă faptul că parametrii sunt limitați, cuantizarea parametrilor joacă un rol important în descreșterea complexității computaționale. Cuantizarea are legătură cu dimensiunea acumulatorului Hough. Pentru fiecare din cei doi parametri ai drepte se stabilește un nivel de cuantizare, ce depinde de acurătatea cerută (ex. acurătatea lui r poate fi 10, 1, 0.5 pixeli etc, iar acurătatea lui ρ poate fi 10 grade, 1 grad, 0.5 grade etc). Parametrii ρ și θ au un interval de variație limitat deoarece imaginea are o dimensiune finită. Valoarea maximă pentru ρ este diagonală imaginii. În funcție de intervalul ales, există mai multe configurații echivalente pentru domeniul parametrilor (prima este cea propusă în articolul original):

$$\begin{aligned} 1. \theta \in [-90^\circ, 90^\circ) \text{ or } \theta \in [0, 180^\circ), \rho \in [-\rho_{\max}, +\rho_{\max}] \\ 2. \theta \in [0, 360^\circ), \rho \in [0, +\rho_{\max}] \end{aligned} \quad (2)$$

Presupunem că acumulatorul Hough H reprezintă spațiul parametrilor cuantizați ai drepte. Pașii de cuantizare pentru ρ și θ sunt $\Delta\rho$ și $\Delta\theta$, iar valorile lor maxime sunt ρ_{\max} și θ_{\max} . Acumulatorul va avea o dimensiune de $(\rho_{\max}/\Delta\rho \times \theta_{\max}/\Delta\theta)$. H se construiește pe baza următorilor pași:

1. Se inițializează fiecare celulă din H cu 0.
 2. Se calculează pentru fiecare punct de muchie $P(x, y)$ toate liniile posibile care trec prin el și se incrementează locațiile din H asociate:
 - pentru fiecare θ de 0 la θ_{\max} (cu un pas de $\Delta\theta$)
 - se calculează $\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$
 - dacă $\rho \in [0, +\rho_{\max}]$ se incrementează $H(\rho, \theta)$
- sfârșit

Operația de incrementare a unei locații Hough poate fi ponderată, dacă se dorește ca fiecare punct să contribuie cu o pondere diferită. Atunci când acumulatorul este construit, dreptele relevante se extrag ca maxime locale ale acestuia. Un exemplu de detecție a liniilor pe baza transformatei Hough se prezintă în figura 2. Domeniul de variație al parametrilor pentru acest exemplu este $[0, 360]$ grade pentru θ , și $[0, 144]$ pixeli pentru ρ . Acurătatea parametrilor este 1 grad pentru θ și 1 pixel pentru ρ .

Alegerea unui nivel de cuantizare adecvat este foarte importantă. Dacă cuantizarea este prea fină, rezoluția crește odată cu timpul de procesare, și cresc și șansele ca puncte aparent colineare să fie de fapt parametri în celule diferite din acumulator (acest lucru va cauza detecții multiple ale aceleiași drepte, sau fragmentarea unei drepte).

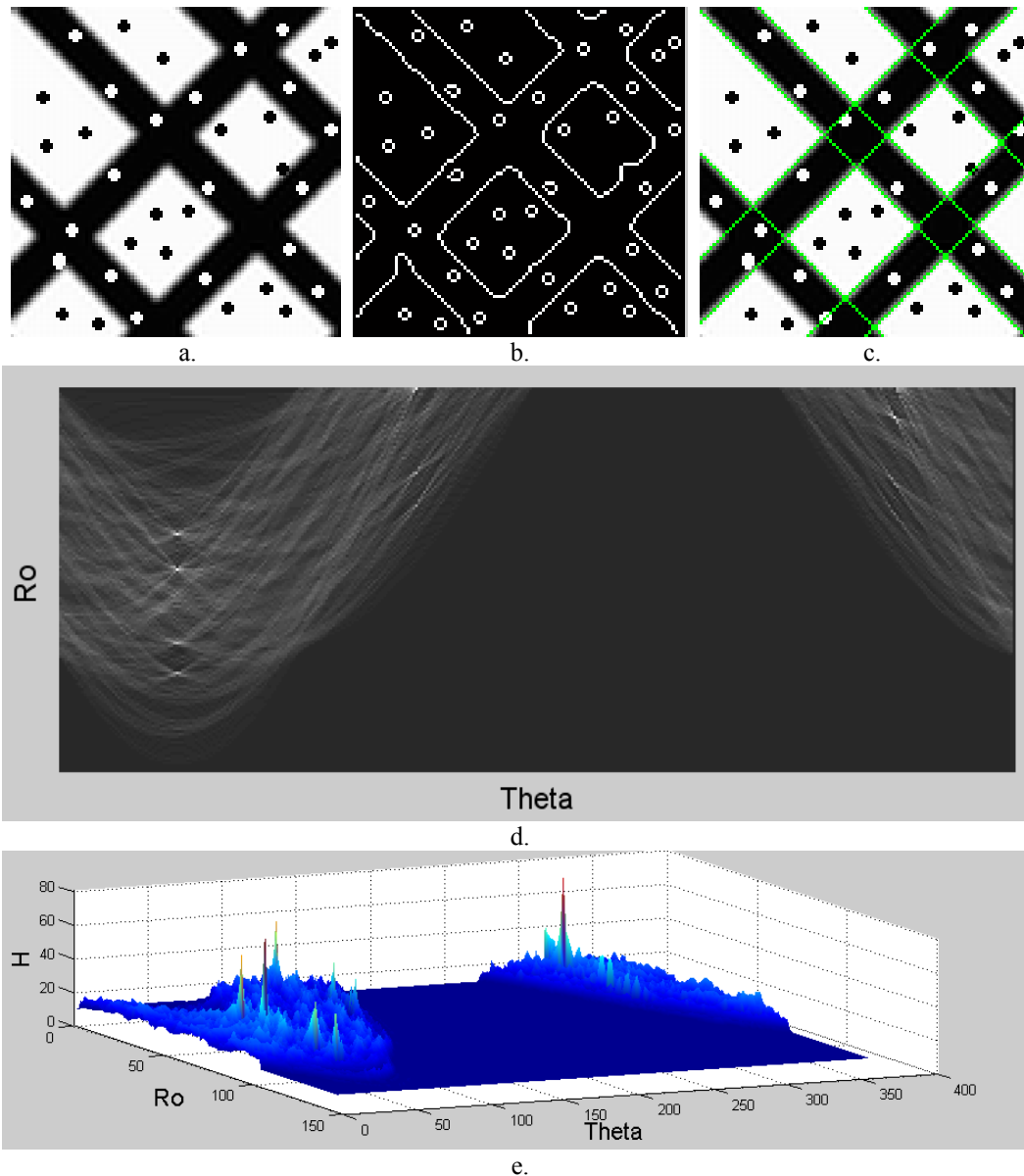


Fig. 2. a. Imagine cu un model cu muchii drepte, afectata de zgomot sare si piper, b. Muchiile detectate cu un detector de muchii Canny, c. Cele mai relevante drepte sunt marcate cu verde, si ele se vor asocia cu cele mai relevante 8 maxime din acumulatorul Hough, d. Acumulatorul Hough afisat folosind codificarea de intensitate, e. Acumulatorul Hough afisat în 3D, folosind codificarea în culoare.

Deși transformata Hough se folosește cel mai des pentru detectia dreptelor, poate fi folosită și pentru detectia curbilor mai complexe, atâta timp cât o parametrizare adecvată este disponibilă. Duda și Hart [Dud72] au propus detectia cercurilor, folosind un spațiu de parametri tridimensional și transformând fiecare punct într-un con circular în spațiul parametric (toate cercurile posibile ce contin respectivul punct). Mai târziu, Ballard a generalizat transformata Hough pentru a detecta orice formă non-analitică [Bal81].

3. Detalii de implementare

Folositi cea mai simpla configuratie posibila pentru cuantizarea parametrilor: 1 pixel pentru ρ si 1 grad pentru θ . Folositi a doua varianta pentru domeniul de variatie al parametrilor (2). Dimensiunea acumulatorului Hough va fi de $360 \times (D + 1)$, unde D este diagonala imaginii:

```
Mat Hough(360, D+1, CV_32SC1);
```

Acumulatorul se modifica folosind:

```
Hough.at<int>(theta, ro)++;
```

Acumulatorul trebuie normalizat ca valorile sa fie între 0-255 pentru a putea fi afisat ca is o imagine.

```
Mat houghImg;  
Hough.convertTo(houghImg, CV_8UC1, 255.f/maxHough);
```

Pentru a localiza maximele locale în acumulator, se va testa pentru fiecare element daca este un maxim local într-o fereastră patrata ($n \times n$) centrata pe element. Retineti acele elemente care sunt maxime locale si care au valoarea mai mare decât un prag. Ordonati elementele retinute, si pastrati primele k elemente, cu cele mai mari valori, ca fiind dreptele relevante.

```
struct peak{  
    int theta, ro, hval;  
    bool operator < (const peak& o) const {  
        return hval > o.hval;  
    }  
};
```

4. Activitate practica

1. Calculati acumulatorul Hough folosind imagine de muchii. Afisati rezultatul sub forma unei imagini.
2. Gasiti primele k maximele locale. Folositi marimi diferite pentru fereastră de suport 3×3 , 7×7 or 11×11 .
3. Desenati liniile asociate cu aceste k varfuri atat pe imaginea originala cat si pe imaginea de muchii.

5. Bibliografie

[Hou62] P. Hough, "Method and means for recognizing complex patterns", US patent 3,069,654, 1962.

[Dud72] R. O. Duda and P. E. Hart, "Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures," *Comm. ACM*, Vol. 15, pp. 11–15, 1972.

[Bal81] D. H. Ballard, "Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes", *Pattern Recognition*, Vol.13, No.2, p.111-122, 1981.