

بِسْمِ تَعَالَى

تشخیص خط با استفاده از تبدیل هاف

نام درس :

بینایی ماشین

نام استاد :

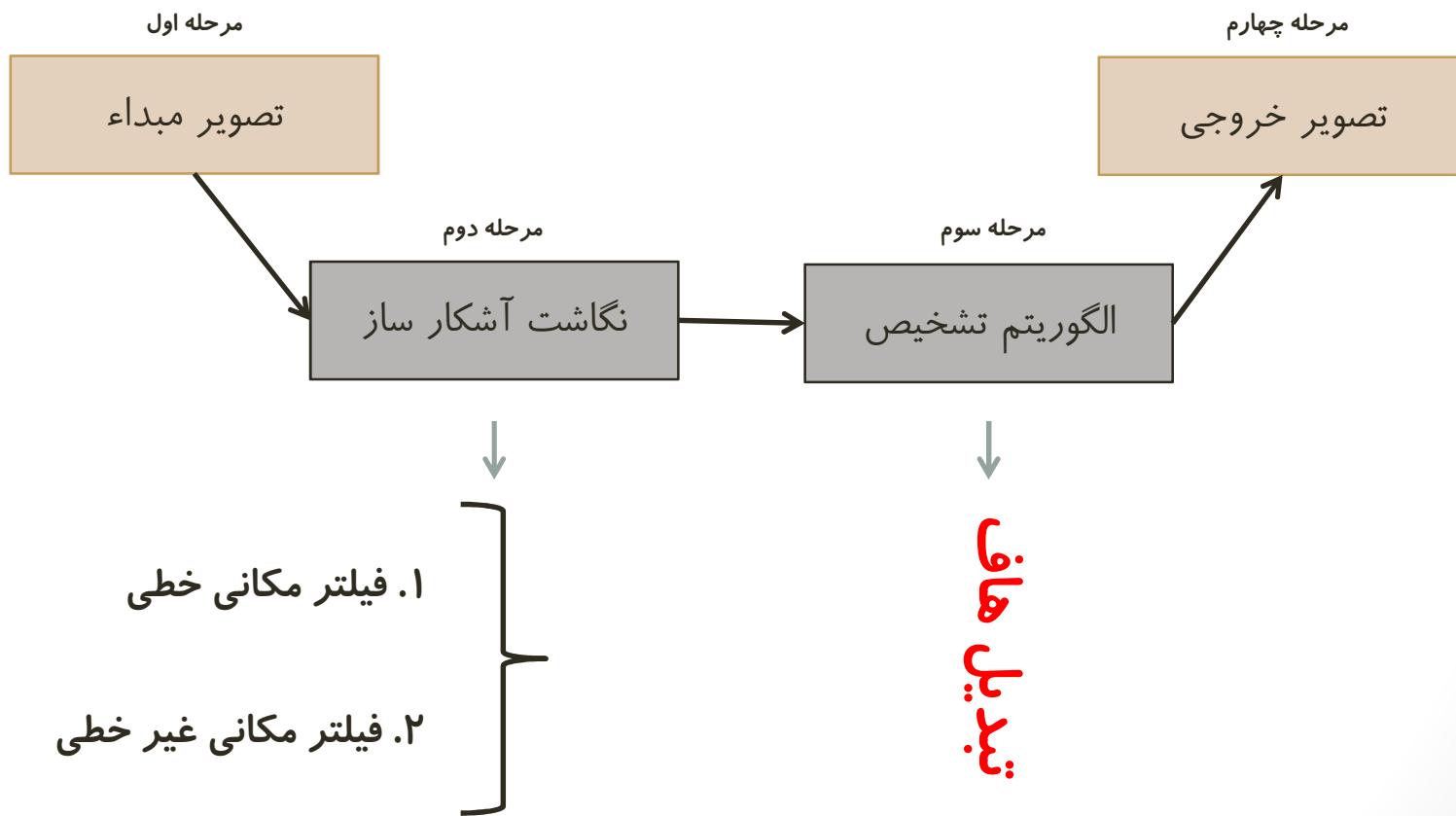
جناب آقای دکتر محلوجی

ارائه کننده :

محمد زارع مهرجردی

مقدمه :

روند کلی تشخیص الگو در تصویر :



یاد آوری تبدیل مکانی خطی و تشخیص نقطه :

نگاشت آشکار ساز (Mask) نقطه :

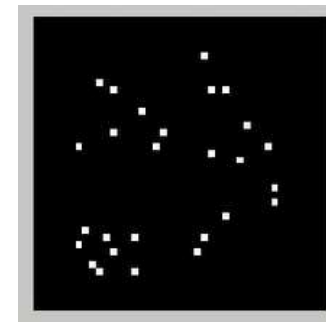
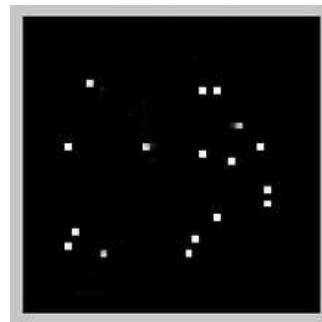
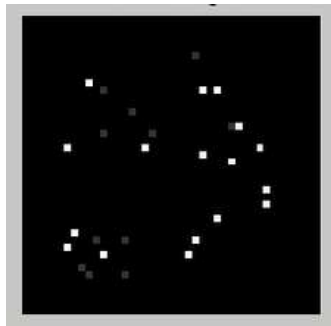
لاپلاسین تعمیم یافته با اثر همسایگی قطری

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$

لاپلاسین

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$

تصویر اصلی

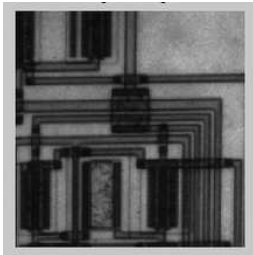


نکته : جهت افزایش تاثیر همسایگی بر آشکار ساز نقطه می توان میدان اثر همسایگی ها را گسترش داد . به عنوان مثال : نگاشت با ماتریس 5×5 ایجاد نمود. **وزن ضرائب مهم است.**

چرا از نقطه شروع کردیم ؟

خط نقاط به هم پیوسته و یا گسسته در یک راستا هستند.

تصویر نمونه

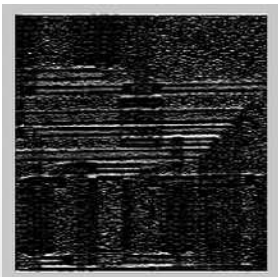


- تبدیل مکانی خطی و تشخیص خط :

نکته : دستور imfilter جهت اعمال نگاشت بر تصویر در نرم افزار MATLAB مورد استفاده قرار میگیرد.

نگاشت خط افقی

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$



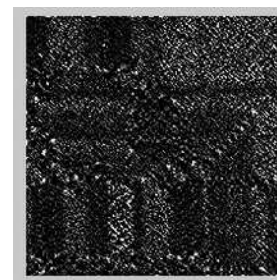
نگاشت خط عمودی

$$\begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$



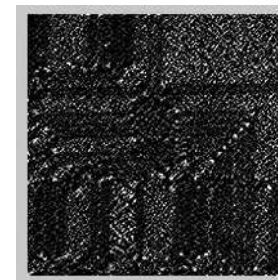
نگاشت خط ۴۵+ درجه

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$



نگاشت خط ۴۵- درجه

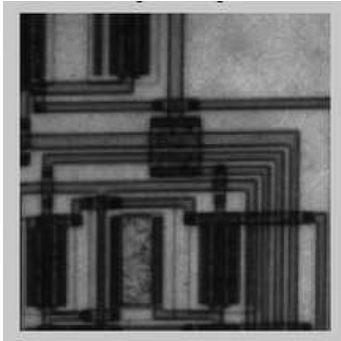
$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$



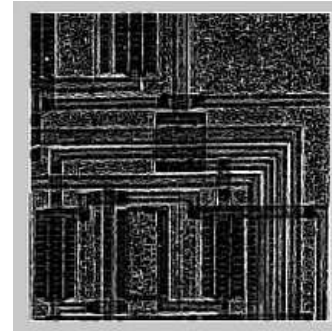
نگاشت آشکار ساز

مقدمه :

تصویر نمونه



تلفیق نگاشت افقی و عمودی



- نکته : هر خطی در تصویر لبه نیست ولی می توان گفت لبه ها در تصویر خط هستند.

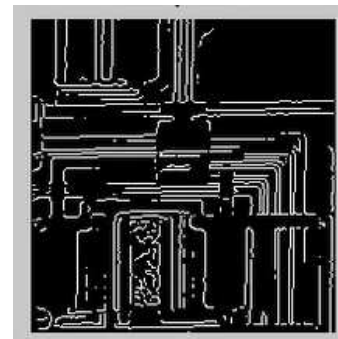
دستور edge در نرم افزار MATLAB جهت تشخیص لبه مورد استفاده قرار میگیرد. از بهترین الگوریتمها مورد استفاده جهت تشخیص خط در این دستور عبارتند از :

Sobel , Prewitt , Roberts , Log , Canny , ZeroCross

Prewitt Filter



Canny Filter



طرح مسئله :

حال مشکل چیست ؟

پس از اعمال یکی از فیلترهای نام برده خروجی ، تصویری شامل خطوط موجود در تصویر اصلی بدست خواهد آمد.

اما ...

معادلات خطوط موجود در تصویر از دیدگاه ریاضی در دست نیست .

برای پیدا کردن معادلات خط ، باید عبور خط از هر دو نقطه روشن در تصویر بررسی شود.

حال با فرض وجود n نقطه روشن روی تصویر و بررسی وجود خط بین هر دو نقطه منتفب ، تعداد بار تکرار الگوریتم ، انتخاب 2 از n حالت می باشد . پس خواهیم داشت : $\frac{n \times (n-1)}{2}$ که از خانواده پیچیدگی زمانی O^2 میباشد.

حال اگر بنواسیم فرمول خط بین دو نقطه را نیز بیابیم ، ضریب n دیگری نیز به الگوریتم افزوده خواهد شد که پیچیدگی زمانی آنرا به O^3 خواهد برد.

سناریوی فوق به ازای 100 نقطه روشن در تصویر مبدأ، 1,000,000 مسیر را باید کنترل نماید که مناسبه را بسیار سفت و در ابعاد تصویری بزرگ ناممکن میسازد...

توصیف کلی راه حل :

استخراج معادلات خطوط از تصویر نگاشت شده :

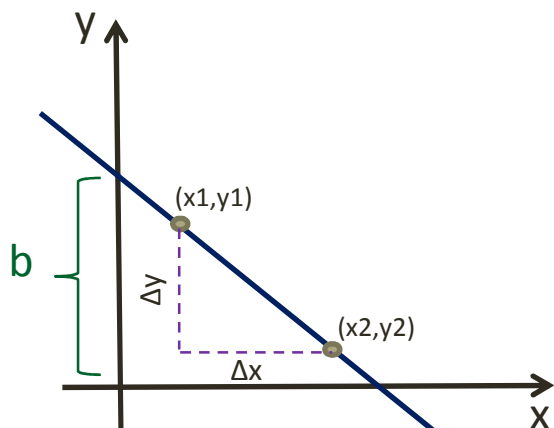
روش اینگونه است که تصویر نگاشت شده را بررسی نموده و با انتقال آن به فضای جدید برداری ، اعلام می نماید با چه احتمالی ، خطوط با پارامترهای خاص در عکس ورودی وجود دارد.

فضای جدید محاسبه شده احتمال را نیز ، می توان به تصویر کشید.

این اصلی است که تبدیل هاف بر پایه آن عمل می نماید.

ولی چگونه ... ؟

توصیف راه حل :



مروری بر مفهوم خط در صفحه :

معادله خط : $y = ax + b$

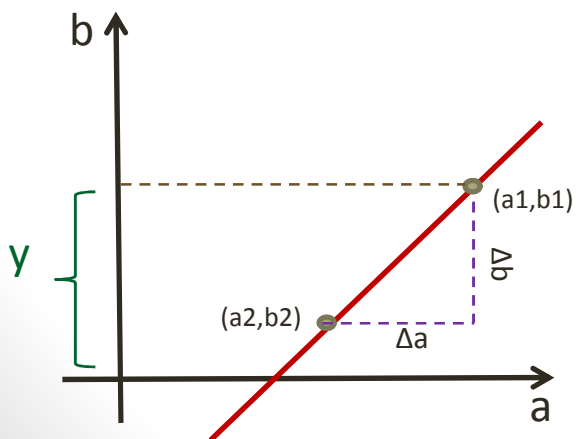
شیب خط : $a = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

عرض از مبدا : b

$$\begin{cases} y_1 = ax_1 + b \\ y_2 = ax_2 + b \end{cases}$$

حال فرض میکنیم بر روی خط فوق داشته باشیم :

اگر معادلات فوق را در فضای a, b رسم کنیم چه خواهیم داشت ؟



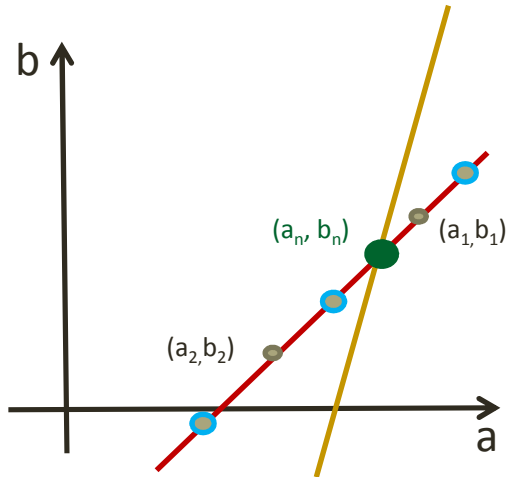
معادله خط : $b = -xa + y$

شیب خط : $x = \frac{\Delta b}{\Delta a}$

عرض از مبدا : y

توصیف راه حل :

تغییر فضای معادله خط :

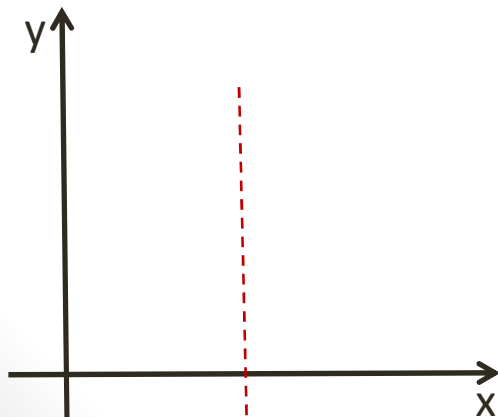


نقاط روی خط در دستگاه a, b ، شیب و عرض از مبدا خطوطی هستند که از نقطه (x_1, y_1) در دستگاه X, Y می گذرد.

پس اگر نقطه (x_2, y_2) را نیز در دستگاه a, b رسم کنیم ، محل تقاطع دو خط در این دستگاه ، شیب و عرض از مبدا خطی است که **احتمالاً** از دو نقطه (x_1, y_1) و (x_2, y_2) در دستگاه X, Y میگذرد.

معادله خط در دستگاه X, Y : $y = a_n \cdot x + b_n$

به فضای a, b فضای ویژگیها گویند.



معادله خط : $x = x_0$

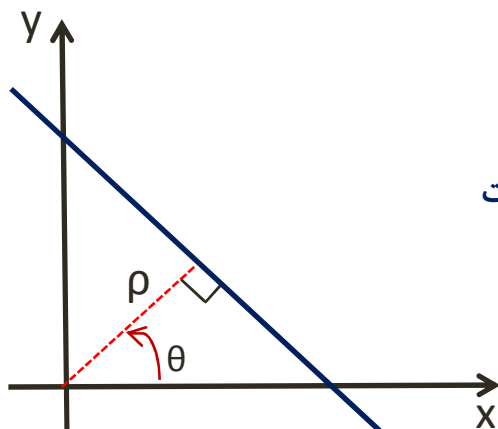
شیب خط : $a = \infty$

مشکلی دیگر :

در واقع محدوده $0 \leq a \leq \infty$ و $0 \leq b \leq y_{\max}$ است.

توصیف راه حل :

راه حل این مشکل ، توصیف خط توسط دو پارامتر دیگر بنام ρ و θ است ، که بصورت زیر تعریف میگردد.



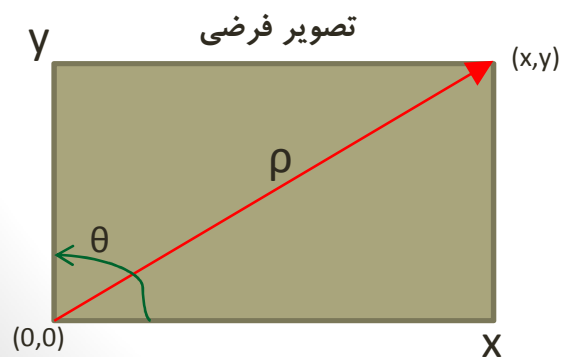
$$\text{معادله خط : } x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta = \rho$$

ρ : فاصله از مبدا مختصات

θ : زاویه با محور x

پس هر x و y که در معادله فوق صدق کند روی خط خواهد بود.

حال نقاط بصورت (ρ, θ) بیان خواهد شد و حدود آنها بصورت زیر تعریف می گردد :



$$0 \leq \rho \leq \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

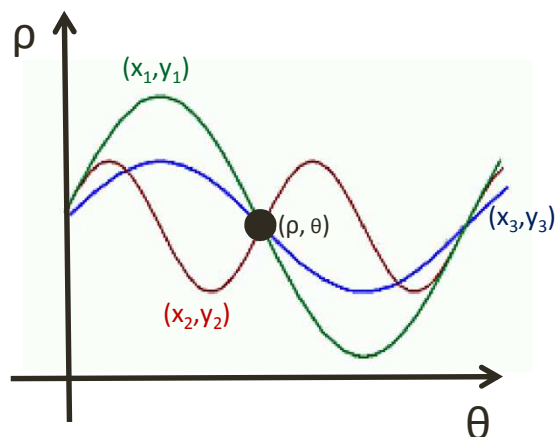
توصیف راه حل :

حال باید دید توصیف خط در فضای ρ و θ چگونه خواهد بود.

با توجه به حالت کلی معادله خط جدید و با توجه به اتحادهای مثلثاتی می توان اینگونه نوشت :

$$x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta = A \cdot \sin(\theta + \theta_0)$$

پس نتیجه اینکه به ازای هر نقطه موجود در تصویر ، در فضای x, y ، در فضای ρ و θ یک نمودار سینوسی خواهیم داشت.



پس محل تلاقی نمودارهای رسم شده به ازای نقاط (x, y) ، ρ و θ های خطی هستند که در فضای x, y وجود دارد.

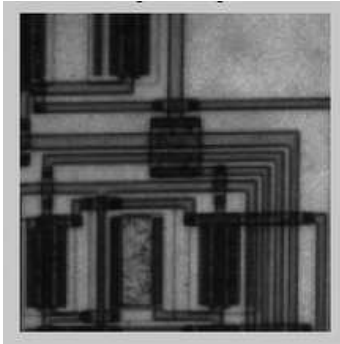
هرچه تعداد خطوط گذرنده از نقطه (ρ, θ) بیشتر باشد احتمال وجود خط در تصویر اصلی نیز بالاتر خواهد بود.

این پایه تئوری است که در پس تبدیل هاف (Hough Transformation) وجود دارد.

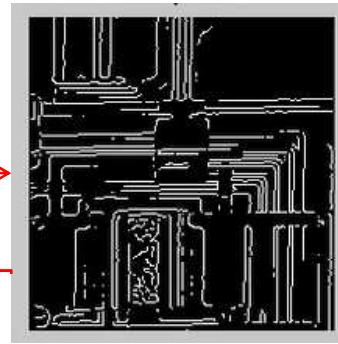
خروجی یک مثال عملی :

بر پایه رویه مطرح شده در ابتدای بحث نتیجه اجرا بصورت زیر خواهد بود.

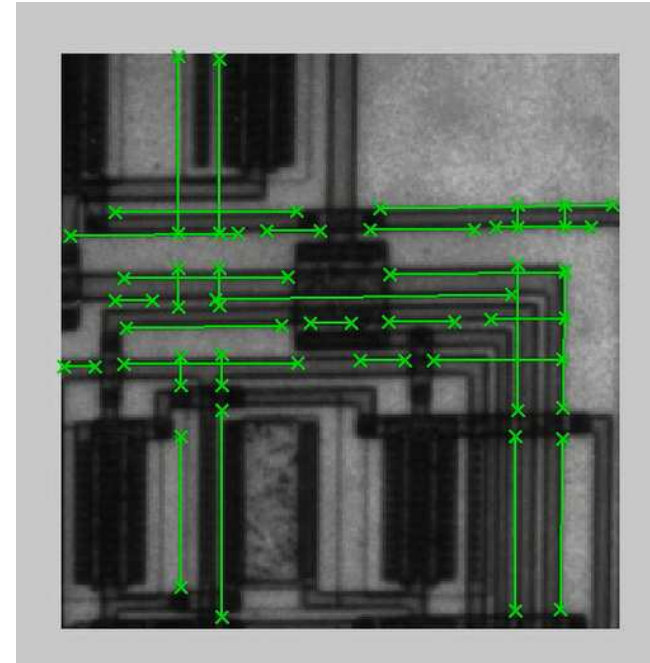
تصویر مبداء



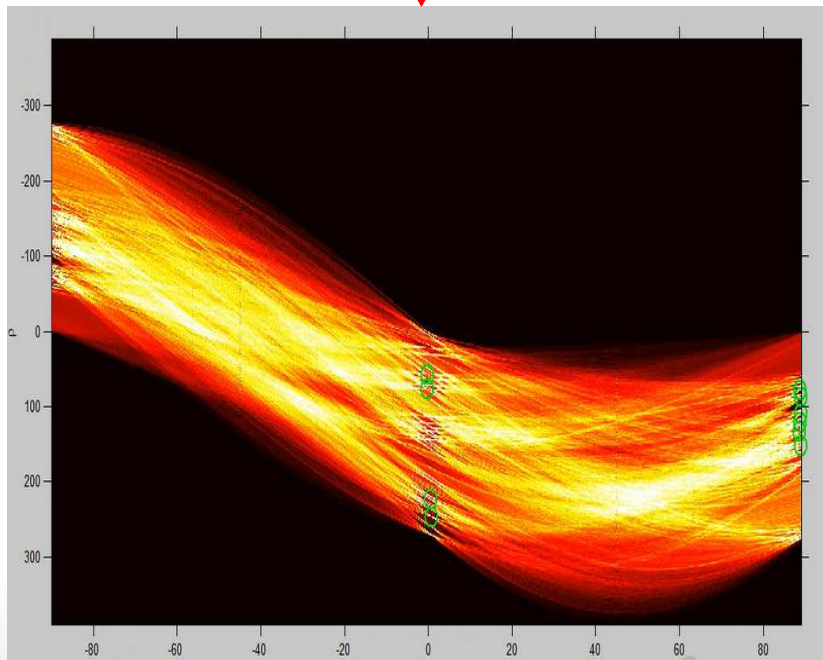
نگاشت آشکارساز



رسم خطوط کشف شده و انطباق بر تصویر اصلی



الگوریتم تشخیص هاف



نتیجه گیری :

امتیاز مورد شرط روی نقاط تقاطع صفحه ρ و θ ، و تعداد خطوط متقاطع عبور داده شده از یک نقطه (ρ, θ) ، می تواند تعداد خطوط تشخیص داده شده و ترسیم شده در تصویر نهایی و صفحه x, y را تعیین نماید.

در روشهای یافت خطوط و لبه توسط نگاشتها و روش های آشکار ساز ، تنها به تشخیص دیداری خط در تصویر بسنده شده است. در تبدیل هاف **معادله خطوط** نیز کشف و قابل رسم خواهد بود.

پایان