

رسالة محمد

مبانی بینایی کامپیوتر

مدرس: محمدرضا محمدی

زمستان ۱۴۰۲

تناظر و هم‌ترازی تصاویر

Correspondence and Image Alignment

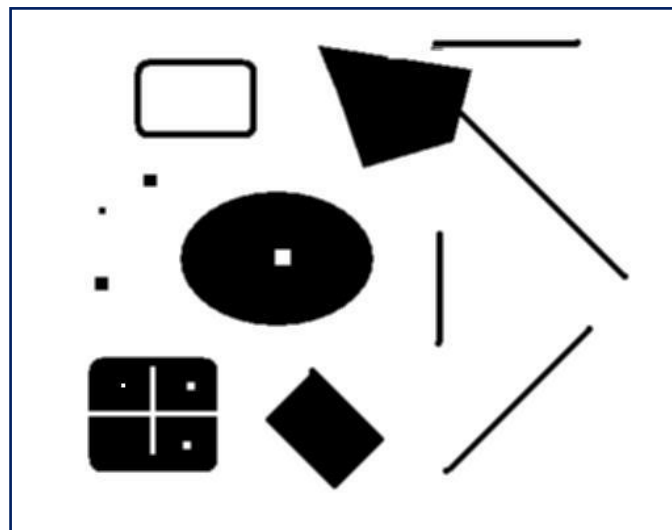
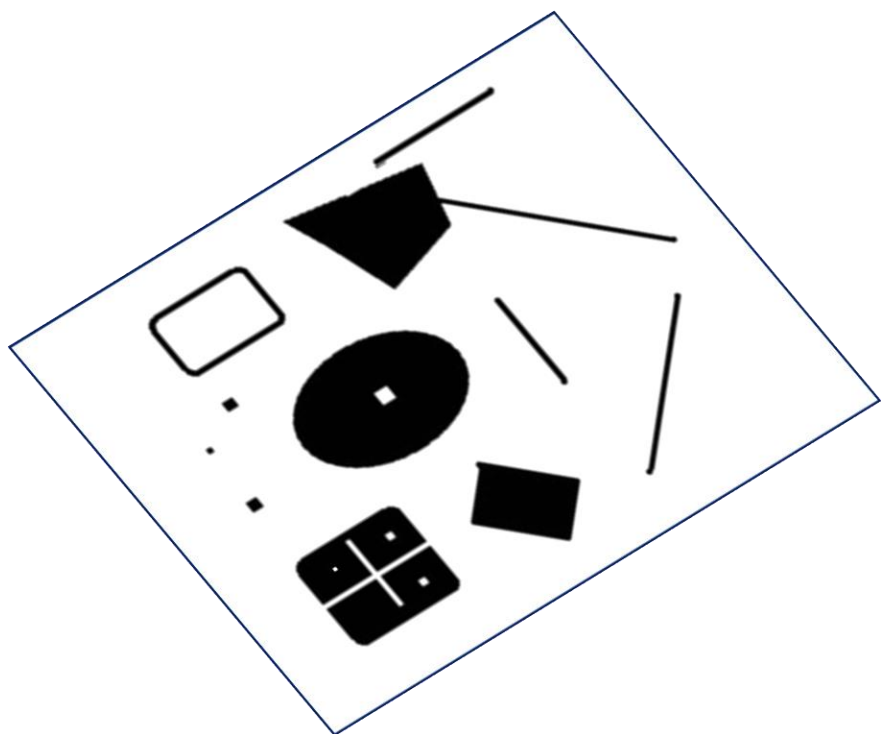
انطباق تصویر

- چطور می‌توان موقعیت دو تصویر نسبت به یکدیگر را اندازه‌گیری کرد؟
- یک راه استفاده از محاسبه شباهت بخشی از تصویر ۱ در تصویر ۲ است
- کدام بخش از تصویر را جستجو کنیم؟



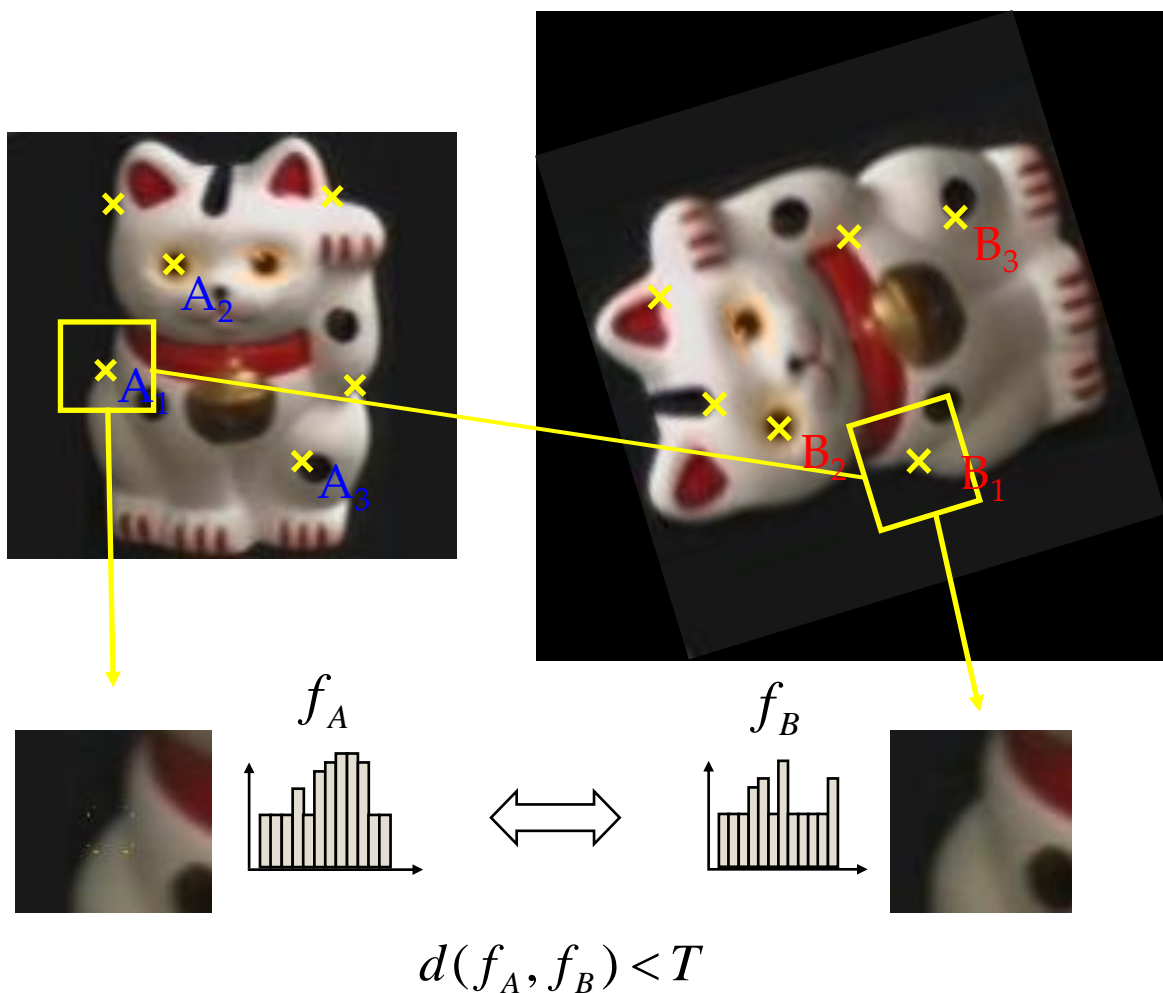
نقاط کلیدی

- فرض کنید یک تصویر به شما نشان داده شود و از شما بخواهیم که برخی از نقاط را در آن علامت بزنید
- سپس، همان تصویر تغییر شکل داده شود و همان فرآیند از شما خواسته شود - کدام نقاط را انتخاب می کنید؟



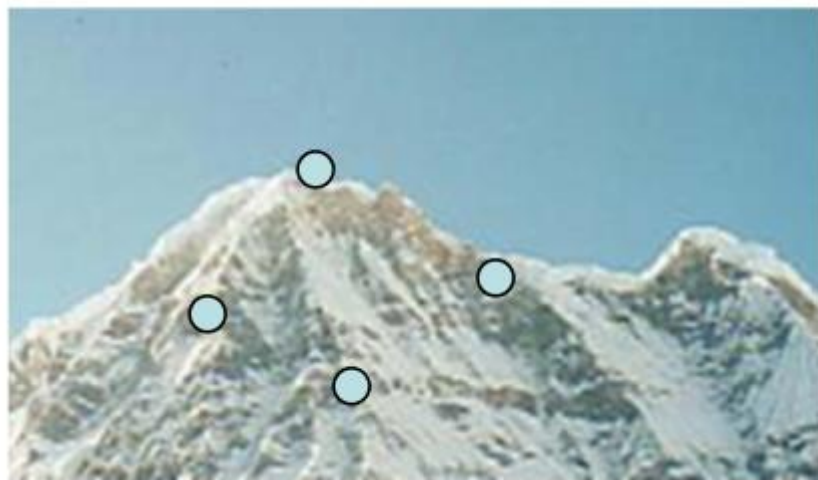
انطباق نقاط کلیدی

- مجموعه‌ای از نقاط کلیدی استخراج می‌شوند
- هر نقطه کلیدی توسط یک توصیفگر بازنمایی می‌شود
- توصیفگرها بر یکدیگر منطبق می‌شوند



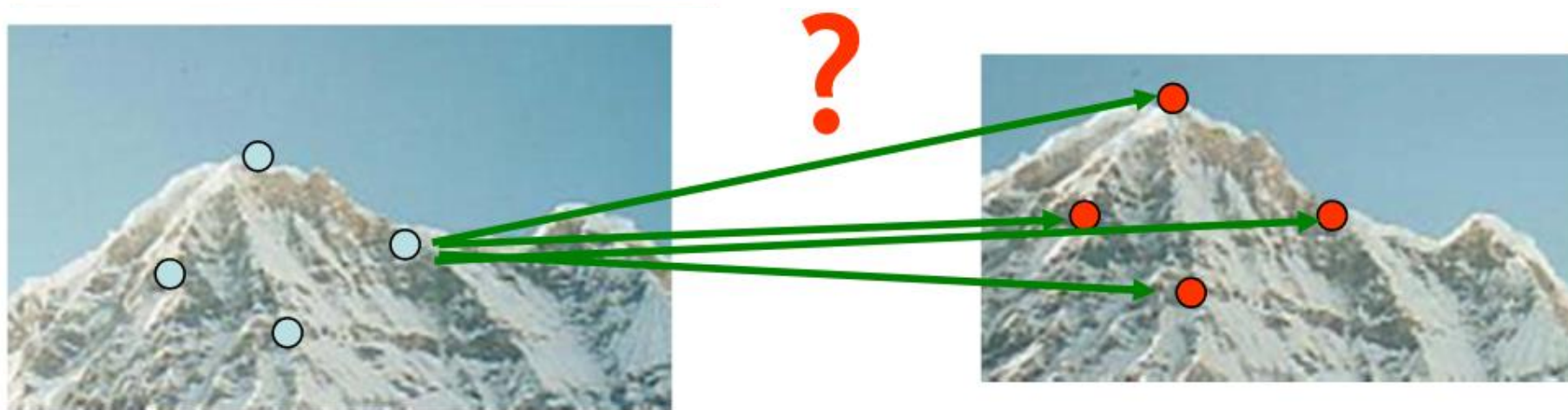
مشخصه‌های نقاط کلیدی

- بتوان نقاط کلیدی یکسان را به صورت مستقل در هر دو تصویر تشخیص داد
- در این مثال امکان منطبق کردن نقاط کلیدی نیست



مشخصه‌های نقاط کلیدی

- بتوان نقاط کلیدی یکسان را به صورت مستقل در هر دو تصویر تشخیص داد
- نقاط کلیدی باید به اندازه کافی متمایز باشند تا بتوان تناظر نقاط کلیدی را مشخص کرد



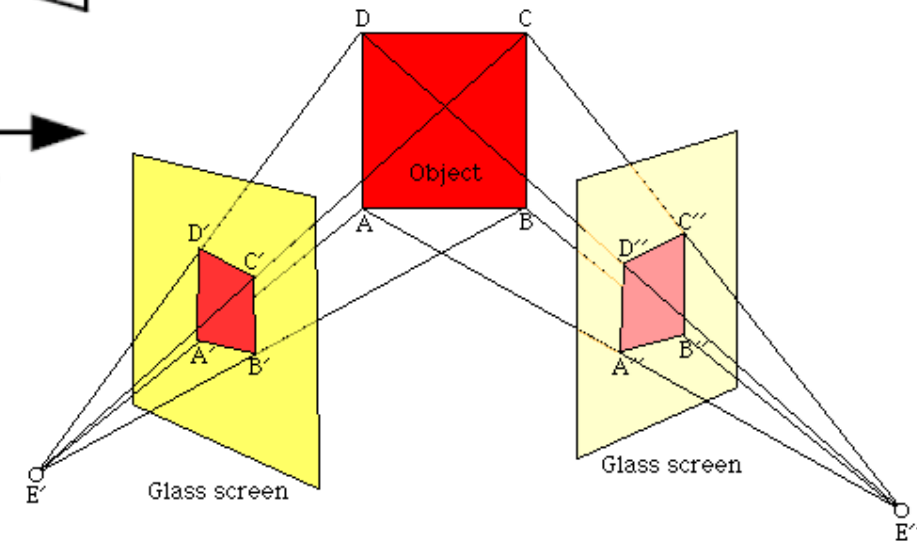
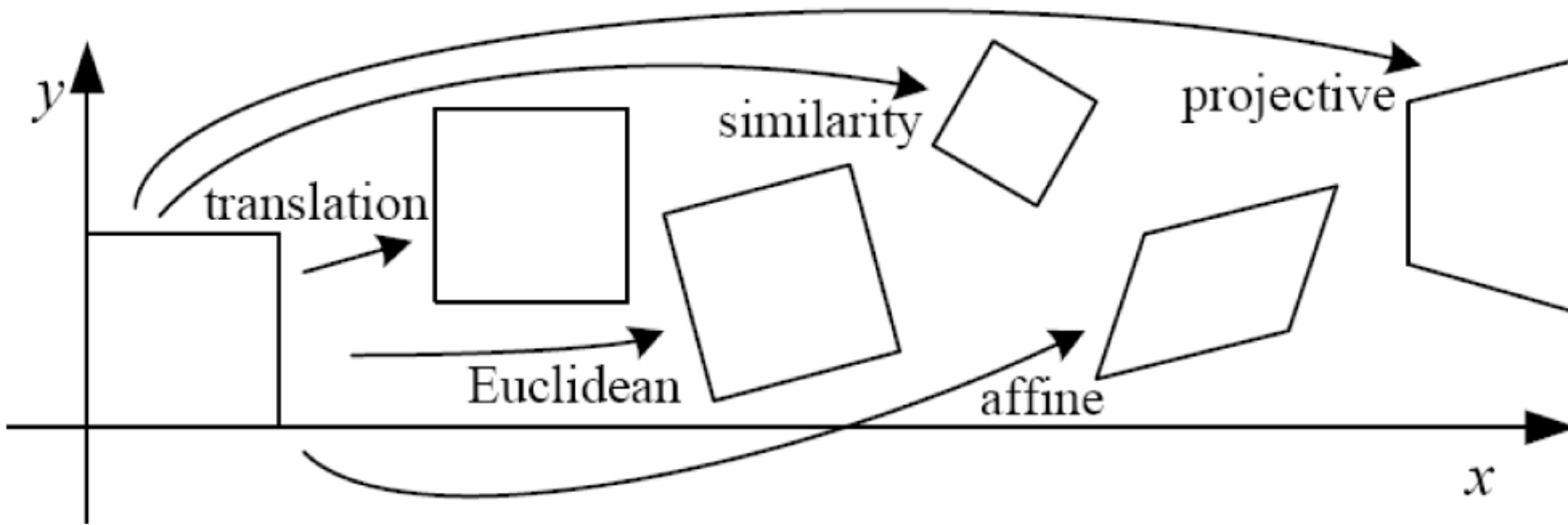
مشخصه‌های نقاط کلیدی

- بتوان نقاط کلیدی یکسان را به صورت مستقل در هر دو تصویر تشخیص داد
- نقاط کلیدی باید به اندازه کافی متمایز باشند تا بتوان تناظر نقاط کلیدی را مشخص کرد
- نسبت به تبدیل‌های هندسی نامتغیر باشند



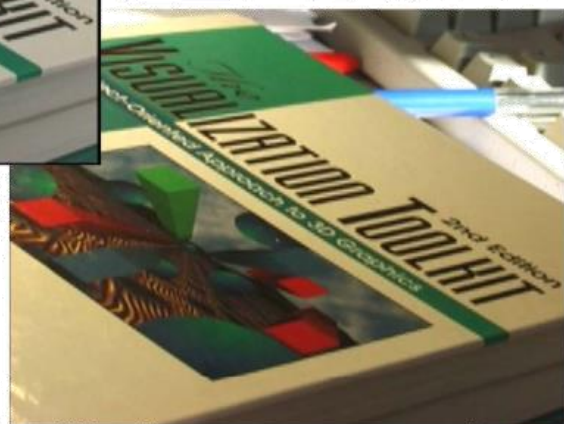
تبدیلات هندسی

- سطوح مختلف تبدیلات هندسی



مشخصه‌های نقاط کلیدی

- نسبت به تبدیل‌های هندسی نامتغیر باشند
- نسبت به تغییرات شدت روشنایی نامتغیر باشند



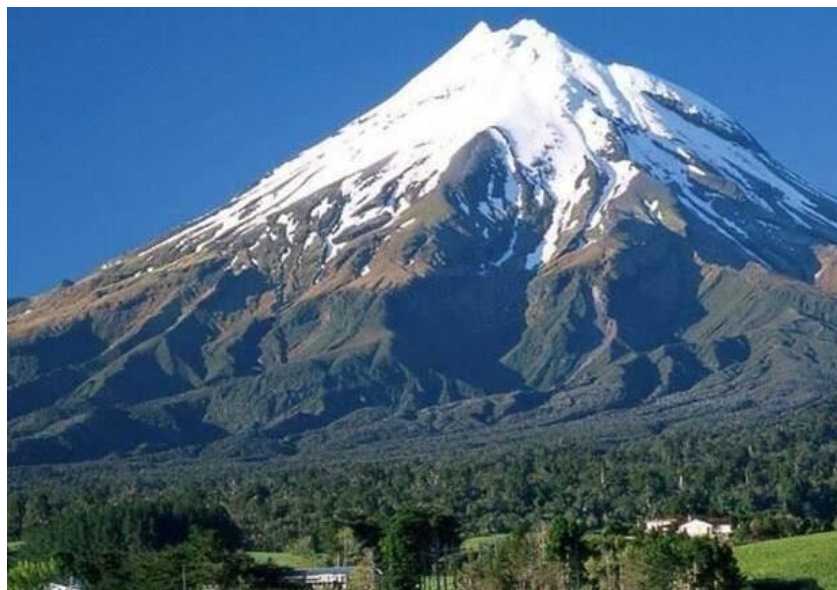
مشخصه‌های نقاط کلیدی

- استخراج نقاط کلیدی باید قابل تکرار و دقیق باشد
 - نسبت به جابجایی، چرخش، مقیاس و تبدیلات هندسی نامتغیر باشد
 - نسبت به تغییرات شرایط نوری، نویز، و کیفیت تصویربرداری نامتغیر باشد
- محلی بودن: ویژگی‌ها باید محلی باشند تا نسبت به انسداد و در هم ریختگی مقاوم باشند



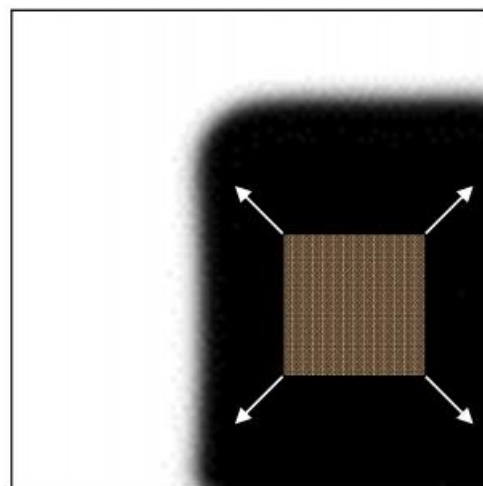
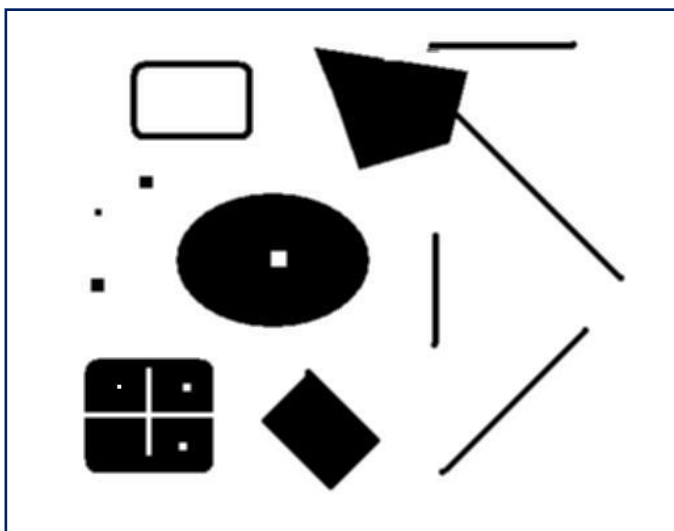
مشخصه‌های نقاط کلیدی

- استخراج نقاط کلیدی باید قابل تکرار و دقیق باشد
 - نسبت به جابجایی، چرخش، مقیاس و تبدیلات هندسی نامتغیر باشد
 - نسبت به تغییرات شرایط نوری، نویز، و کیفیت تصویربردای نامتغیر باشد
- محلّی بودن: ویژگی‌ها باید محلّی باشند تا نسبت به انسداد و در هم ریختگی مقاوم باشند
- کمّیت: برای بسیاری از کاربردها نیاز به تعداد کافی نقطه کلیدی است
- تمایز: ناحیه‌ها باید دارای ساختارهای متمایزکننده‌ای باشند
- بهره‌وری: باید از نظر حجم محاسبات نزدیک به زمان حقیق باشد

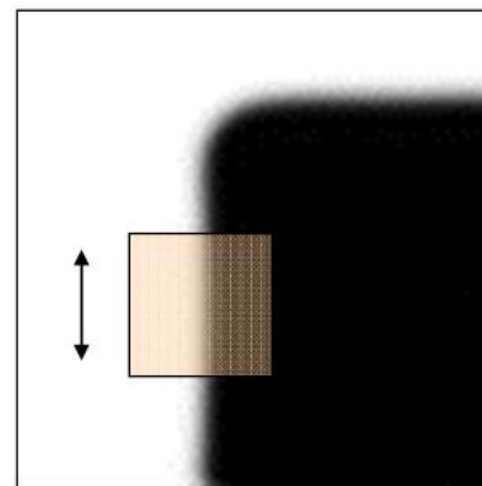


نقاط کلیدی

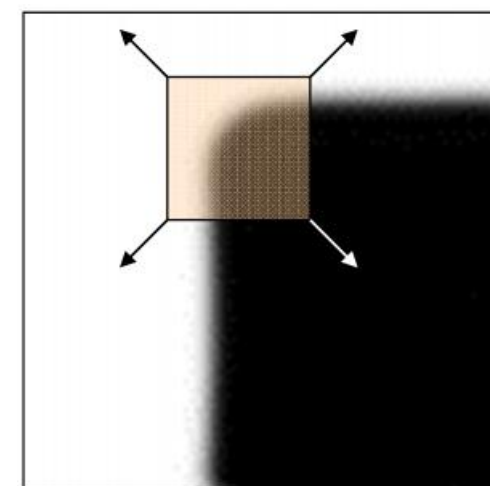
- چه نقاطی در تصویر زیر به سادگی قابل تشخیص و انطباق هستند؟
- گوشه‌ها تکرارپذیر و متمایز هستند



“flat” region:
no change in all
directions



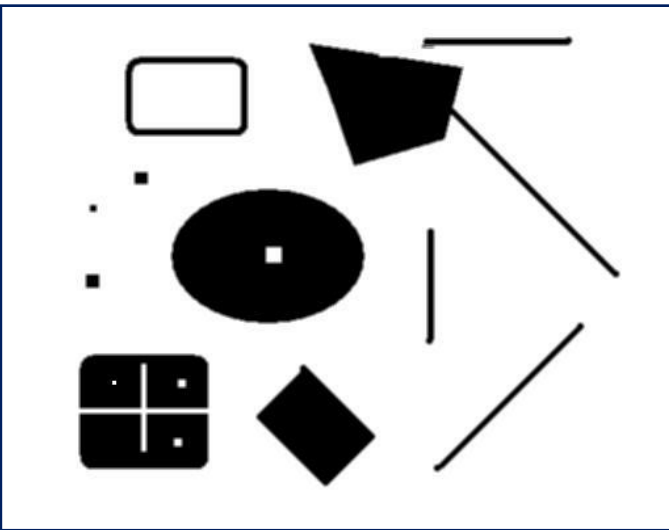
“edge”:
no change along
the edge direction



“corner”:
significant change
in all directions

آشکارساز Harris

- جستجو برای همسایگی‌های محلی در تصویر انجام می‌شود که محتوای تصویر دارای دو جهت اصلی باشند
- به عبارت دیگر، آشکارساز Harris یک گوشه‌یاب است

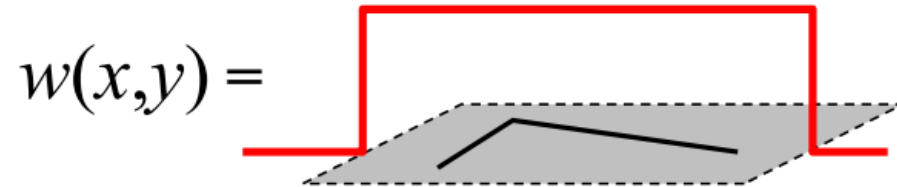


آشکارساز Harris

- میزان اختلاف سطح روشنایی تصویر به ازای جابجایی (u, v)

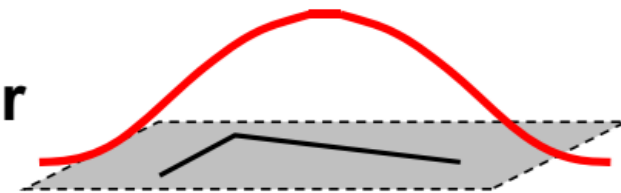
$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2$$

- که w یک پنجره برای تاثیر همسایه‌های محلی است که می‌تواند مستطیلی یا گاوسی باشد
- گوشه نقطه‌ای است که تابع فوق برای آن در دو جهت بزرگ باشد



1 in window, 0 outside

or



Gaussian

آشکارساز Harris

- میزان اختلاف سطح روشنایی تصویر به ازای جابجایی (u, v)

$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2$$

- که w یک پنجره برای تاثیر همسایه‌های محلی است که می‌تواند مستطیلی یا گاوسی باشد

- گوشه نقطه‌ای است که تابع فوق برای آن در دو جهت بزرگ باشد

- با استفاده از بسط تیلور داریم

$$I(x + u, y + v) \approx I(x, y) + uI_x + vI_y$$

$$E(u, v) = \sum_{x,y} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2$$

$$I(x + u, y + v) \approx I(x, y) + uI_x + vI_y$$

$$E(u, v) \approx \sum_{x,y} w(x, y) [uI_x + vI_y]^2 = \sum_{x,y} w(x, y) (u^2 I_x^2 + 2uv I_x I_y + v^2 I_y^2)$$

$$= [u \quad v] \left(\sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

$$M \triangleq \sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$

آشکارساز Harris

$$E(u, v) \approx [u \quad v] \left(\sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

$$M \triangleq \sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$

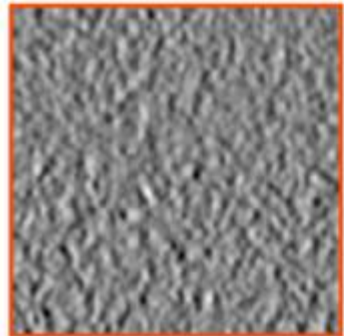
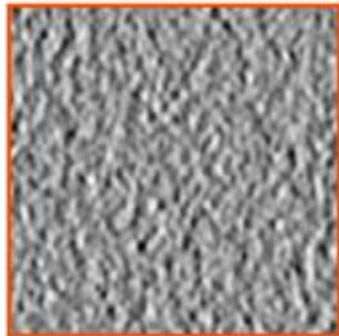
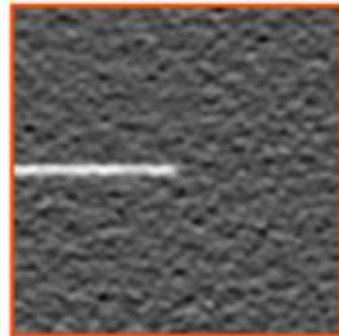
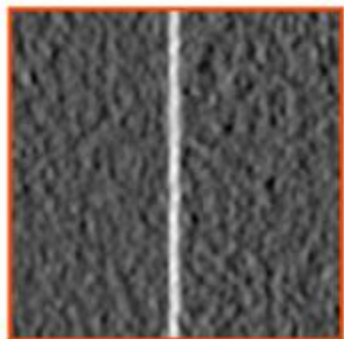
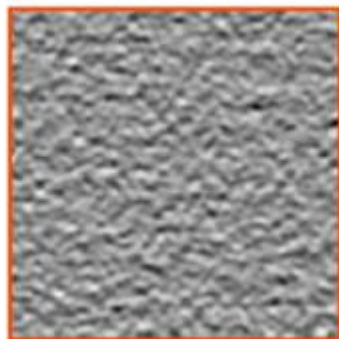
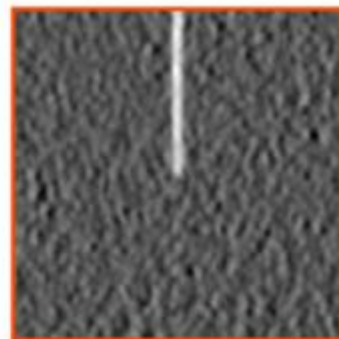
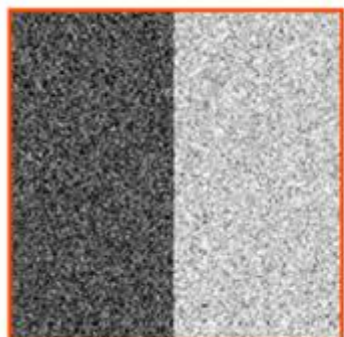
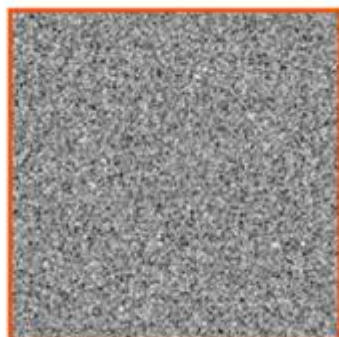
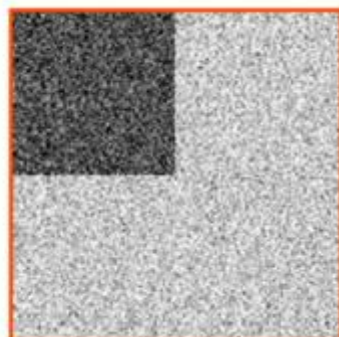
- مقادیر ویژه یک ماتریس نشان می‌دهند که در یک راستا چه مقدار انرژی وجود دارد و بردارهای ویژه جهت آنها را مشخص می‌کنند

مثال

گوشه

تخت

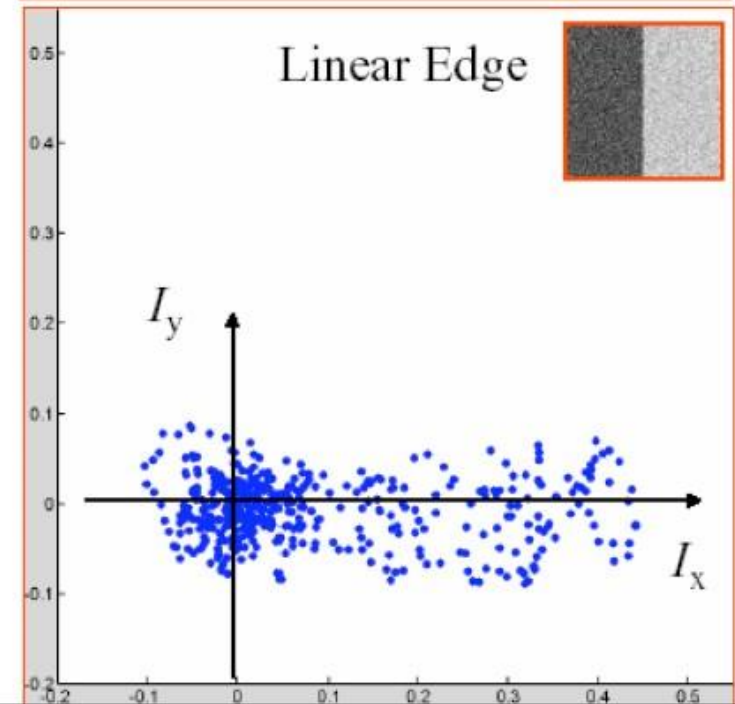
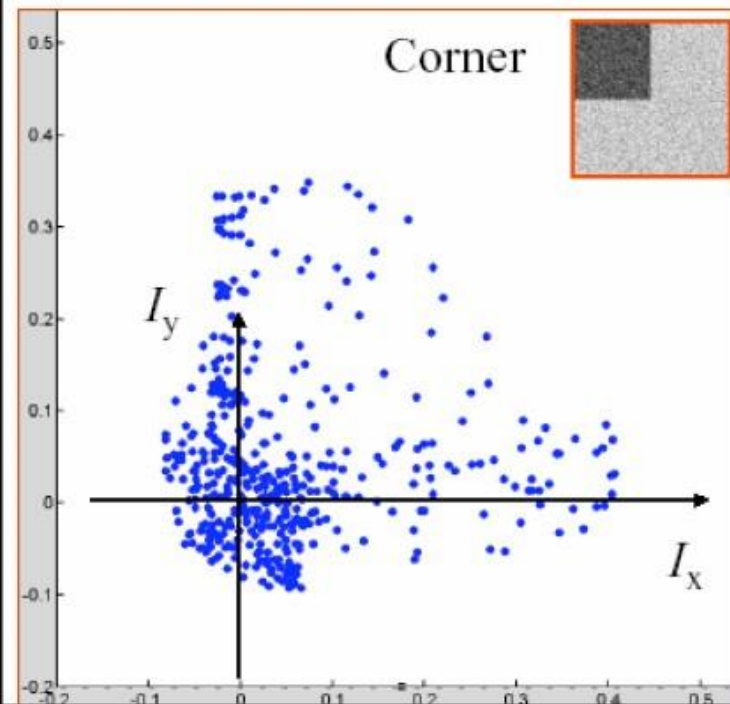
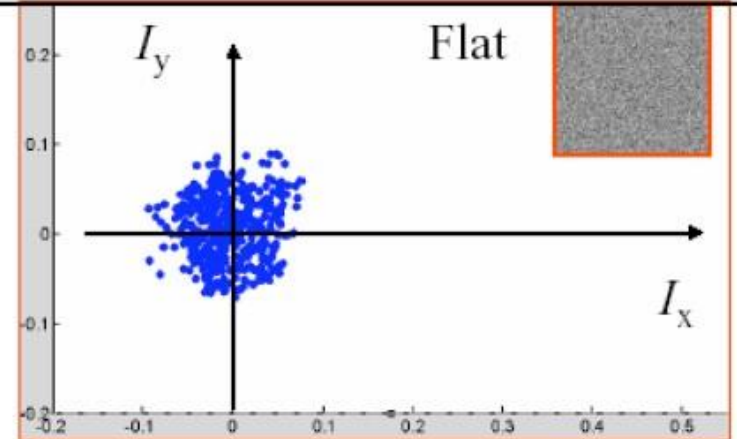
لبه



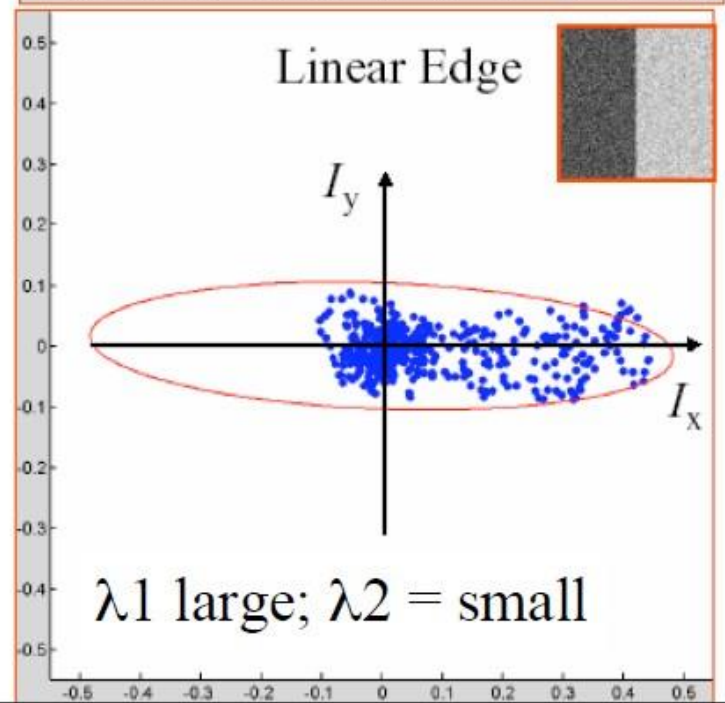
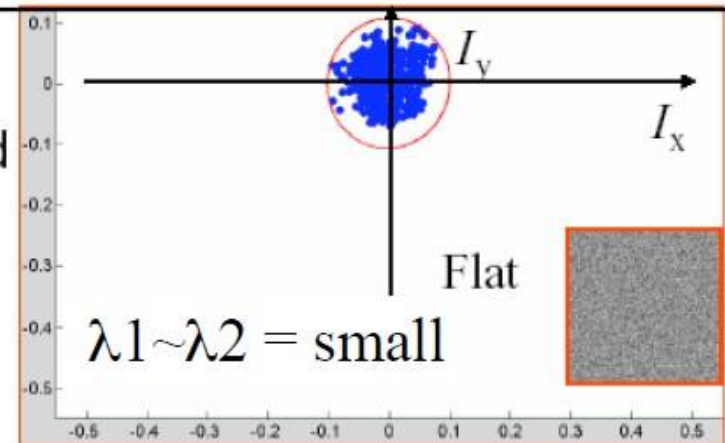
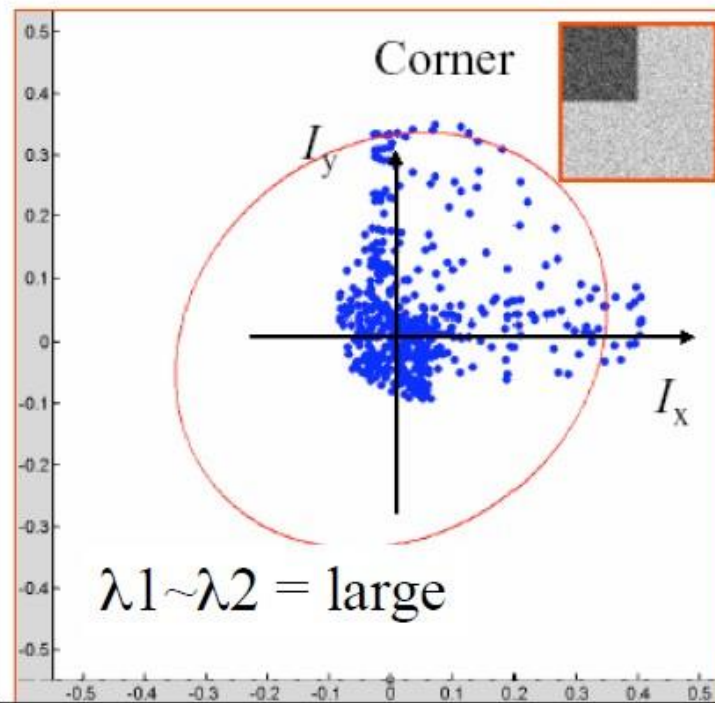
مشتق X

مشتق Y

The distribution of the x and y derivatives is very different for all three types of patches



The distribution of x and y derivatives can be characterized by the shape and size of the principal component ellipse

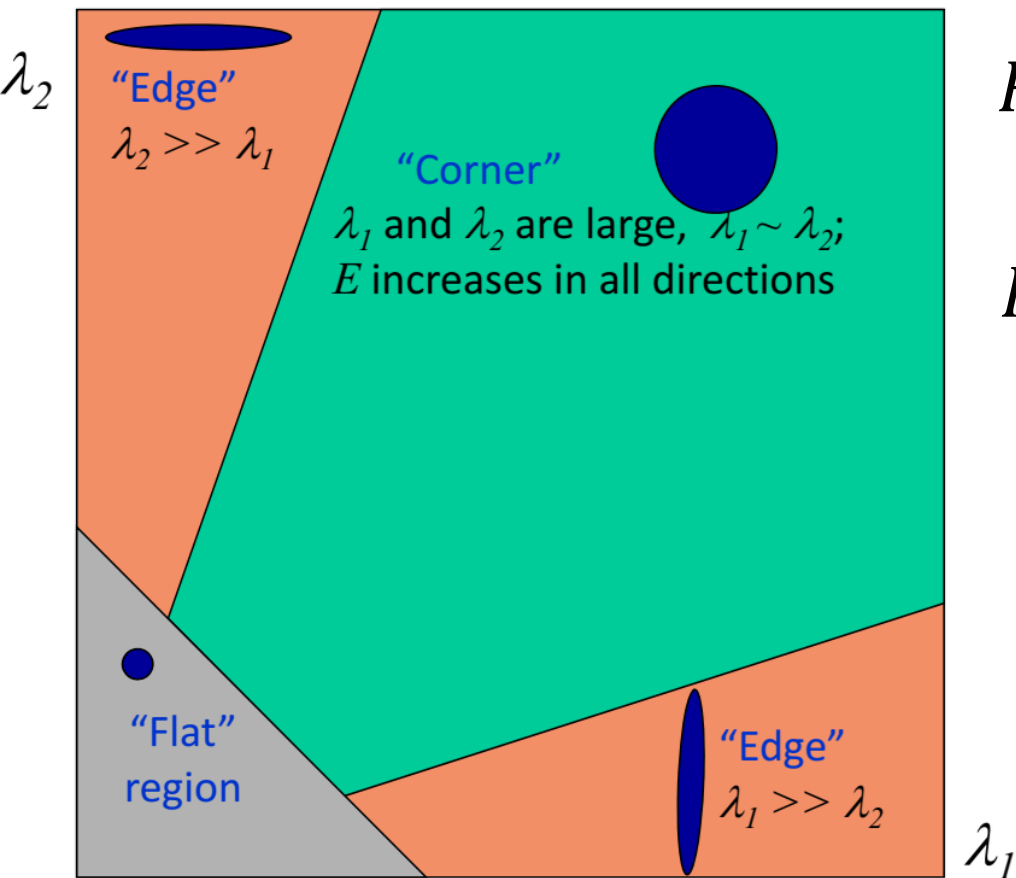


آشکارساز Harris

- برای داشتن گوشه، نیاز است تا هر دو مقدار ویژه بزرگ باشند

$$R = \lambda_1 \lambda_2 - k(\lambda_1 + \lambda_2)^2$$

$$R = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2$$



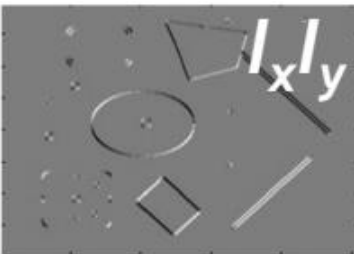
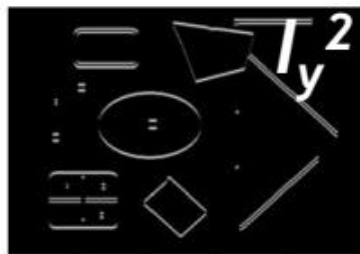
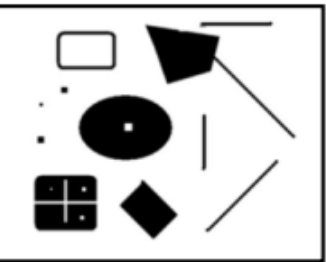
آشکارساز Harris

- محاسبه مشتق افقی و عمودی
- محاسبه مربع مشتق‌ها
- اعمال اثر پنجره W
- محاسبه مقادیر R
- حذف مقادیر غیر بیشینه

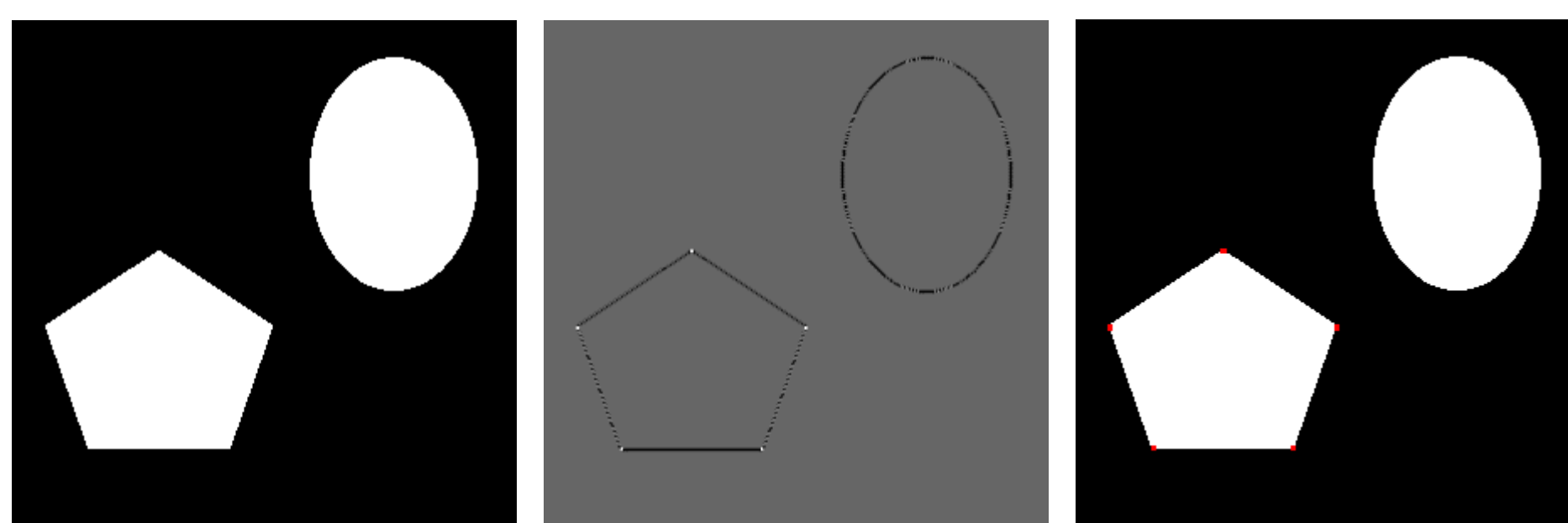
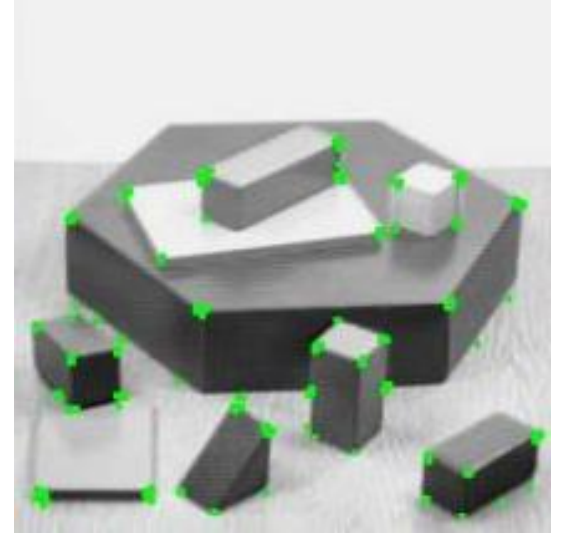
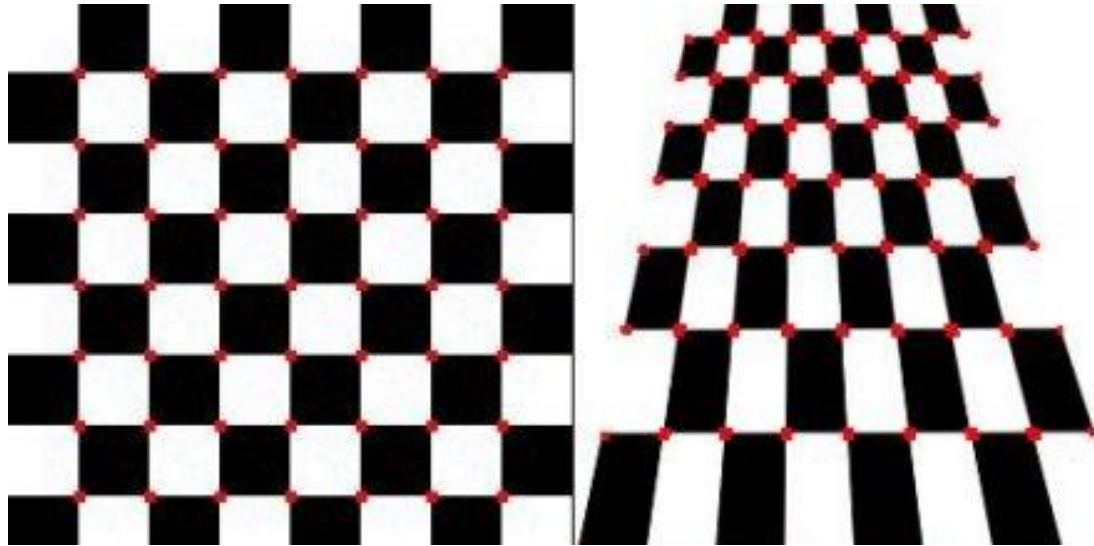
$$M = \sum_{x,y} w(x,y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$

$$M = g(\sigma_I) * \begin{bmatrix} I_x^2(\sigma_D) & I_x I_y(\sigma_D) \\ I_x I_y(\sigma_D) & I_y^2(\sigma_D) \end{bmatrix}$$

$$R = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2$$



آشکارساز Harris



خواص آشکارساز Harris

- مستقل از چرخش است

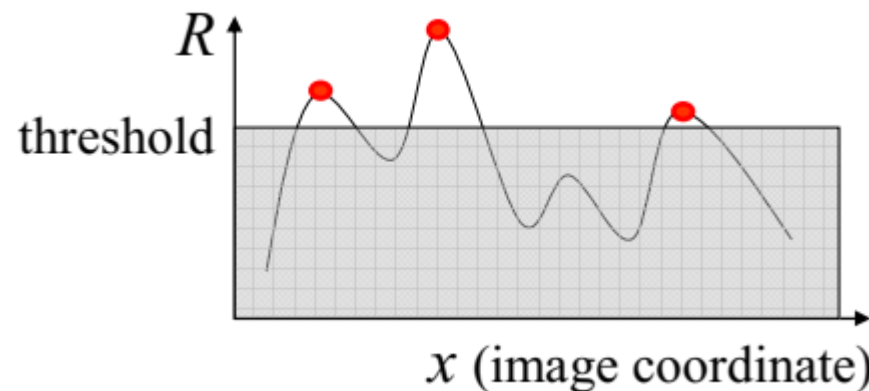
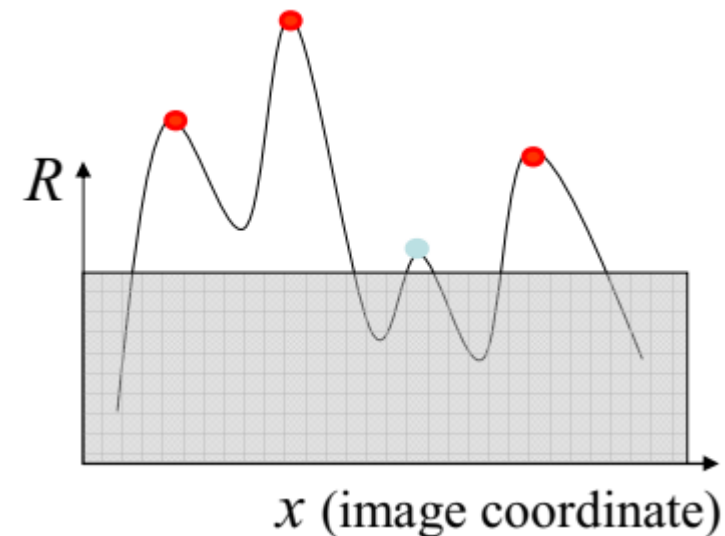
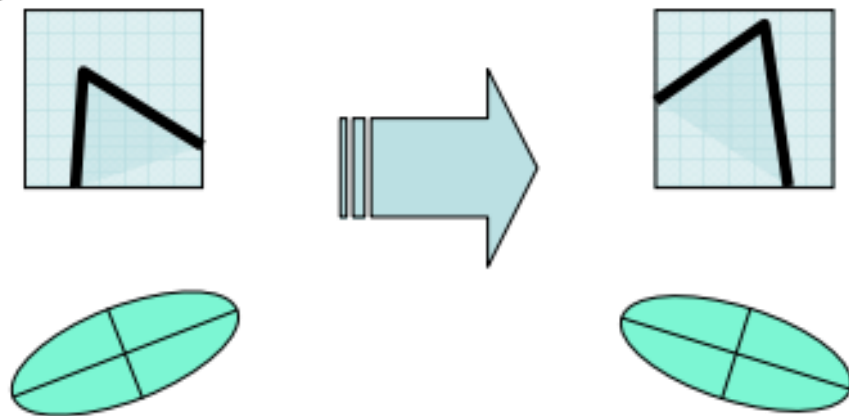
- نسبت به شیفต์ شدت روشنایی تصویر حساس نیست

- مشتق تصویر وابسته به شیفต์ نیست

$$I = I + b$$

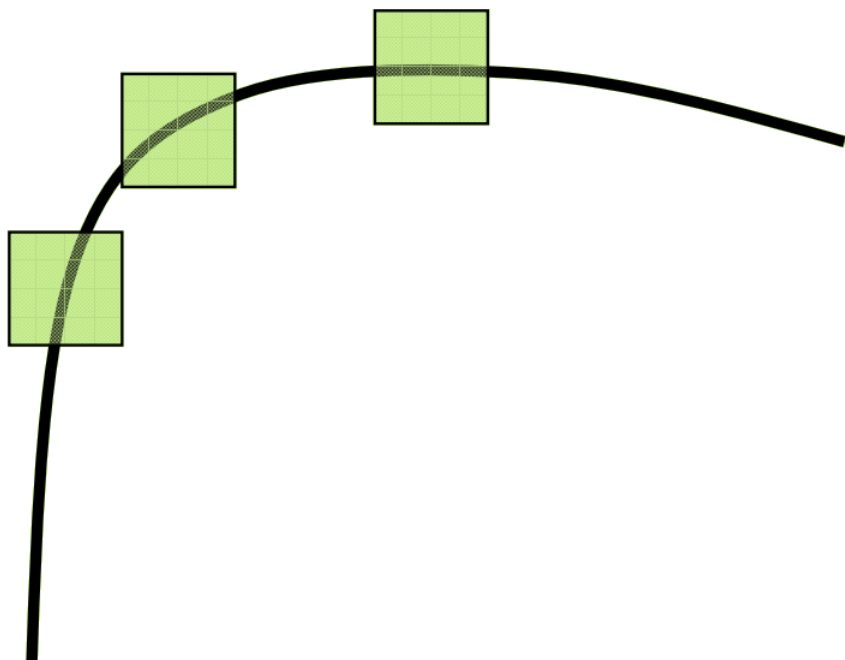
- نسبت به مقیاس شدت روشایی حساسیت مرتبه ۲ دارد

$$I = a I$$

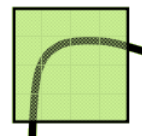


خواص آشکارساز Harris

- مستقل از چرخش است
- نسبت به شیفต์ شدت روشنایی تصویر حساس نیست
 - مشتق تصویر وابسته به شیفต์ نیست
- نسبت به مقیاس شدت روشایی حساسیت مرتبه ۲ دارد
- نسبت به مقیاس تصویر وابسته است



تمام نقاط لبه هستند



گوشه