

فصل دوم

پردازش تصویر

۲-۱ تصویر دیجیتال

یک تصویر می تواند با یک تابع $f(x, y)$ تعریف شود که x, y مختصات نقاط در تصویر می باشند. مقدار تابع f در مختصات (x, y) عبارت است از شدت^۱ یا سطح خاکستری آن نقطه در تصویر. زمانی که x, y و مقدار تابع f همگی دارای مقادیر محدود و گسسته باشند به آن تصویر دیجیتال گفته میشود.

انواع تصاویر دیجیتال عبارتند از :

- تصاویر باینری یا دودویی
- در این نوع تصاویر هر پیکسل یا سیاه است (مقدار ۰) یا سفید (مقدار ۱)
- تصاویر خاکستری
- در تصاویر خاکستری مقدار هر پیکسل دارای سطح خاکستری است که به صورت معمولی از صفر تا ۲۵۵ تغییر میکند. معمولاً ۲۵۶ سطح خاکستری برای شناسایی اشیاء کفایت میکند.
- تصاویر رنگی
- اگر قسمت مریی طیف امواج الکترومغناطیس را به ۳ قسمت تبدیل کنیم می بینیم که رنگ های اصلی آن قرمز سبز و آبی هستند. این سه رنگ به عنوان رنگ های اصلی طیف نوری شناخته میشوند. در تصویر رنگی هر پیکسل حاوی اطلاعات رنگی است. در نمایشگرها این اطلاعات رنگی شامل سه رنگ قرمز، سبز و آبی RGB است که با کم و زیاد شدن شدت رنگ (یا دقیق تر شدت نور هر رنگ)، رنگهای متنوع ایجاد می شود.

۲-۲ فضای رنگی^۲

- در بینایی کامپیوتری و پردازش تصویر، فضای رنگی به روش خاصی از سازماندهی رنگ ها اشاره دارد. فضای رنگی در واقع ترکیبی از دو چیز است، یک مدل رنگ و یک تابع نگاشت^۴. مدل های رنگی در نمایش مقادیر پیکسل با استفاده از تاپل ها کمک می کنند. تابع نگاشت، مدل رنگ را به مجموعه ای از تمام رنگ های ممکن که می توان نمایش داد، نگاشت می کند. فضاهای رنگی مختلفی وجود دارد. برخی از محبوب ترین فضاهای رنگی RGB، YUV، HSV، Lab و ... هستند. فضاهای رنگی مختلف مزایای متفاوتی را ارائه می دهند.
- RGB: احتمالاً محبوب ترین فضای رنگی که مخفف قرمز، سبز و آبی است، این فضای رنگ است. در این فضای رنگی، هر رنگ به صورت ترکیب وزنی از قرمز، سبز و آبی نشان داده می شود. بنابراین هر مقدار پیکسل به صورت یک تاپل از سه عدد نمایش داده می شود که هر عدد مربوط به قرمز، سبز و آبی است و مقداری بین ۰ تا ۲۵۵ دارد.

^۱ -intensity

^۲ -gray level

^۳ - color space

^۴ - mapping function.

۲-۳ پردازش تصویر دیجیتال

پردازش تصویر دیجیتال به فرآیند پردازش تصاویر دیجیتال توسط کامپیوتر اطلاق میشود. خروجی این فرآیند نسخه اصلاح شده آن تصویر یا یک مجموعه از نشانهای ویژه یا مختصات اشیا موجود در تصویر است. به طور کلی دو هدف اصلی در این فرآیند وجود دارد یکی اینکه اطلاعات موجود در تصویر برای تفسیر و استفاده توسط انسان بهبود یابد و دیگری اینکه اطلاعات تصویر برای استفاده ماشین های خودکار مناسب تر شود. (گونزالس، ۱۳۹۱)

پردازش تصویر را می توان از منظر سطح پردازش به سه دسته تقسیم کرد.

- پردازش کم عمق: پردازش های ابتدایی مانند فیلتر تصویر، تغییر میزان روشنایی، حذف نویز و...
- پردازش میان عمق: پردازش تصویر برای تشخیص اطلاعاتی مانند لبه ها، اشیا، و...
- پردازش پر عمق: پردازش تصویر برای تشخیص اطلاعات پیشرفته تر مانند تشخیص رابطه بین اشیا و...

از نگاه فنون و تکنیک های پردازش تصویر، پردازش تصویر دیجیتال را میتوان به پنج دسته تقسیم کرد:

- تصویرنمایی (visualization): آشکارسازی اشیا که در عکس قابل رؤیت نیستند
- تشخیص (recognition): شناسایی اشیا داخل تصویر
- ترمیم (sharpening and restoration): بهبود کیفیت عکس اصلی
- شناسایی الگو (pattern recognition): سنجش الگوهای مختلف در پیرامون اشیا داخل تصویر
- بازیابی (retrieval): جستجوی عکس های شبیه به عکس اصلی از میان پایگاه اطلاعاتی تصاویر

در ادامه به بررسی برخی از این پردازش ها می پردازیم.

۲-۴ تغییر روشنایی یک تصویر

اگر مقدار روشنایی پیکسل (x, y) را که به صورت عددی بین ۰ تا ۲۵۵ تغییر میکند را با $f(x, y)$ نشان دهیم و مقدار تغییر یافته آن را با $g(x, y)$ نشان دهیم داریم

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

T میتواند یک تابع ساده یا پیچیده باشد.

این تابع میتواند به صورت جمع یا تفریق یا ضرب یا تقسیم یک مقدار ثابت با مقدار اصلی پیکسل باشد. میتوان چند عملیات را باهم ترکیب نموده و یک عملیات ترکیبی ایجاد کرد. هرتبديل شدت دارای یک تابع تبدیل شدت می باشد تقسیم بندی تبدیل های شدت تصویر بر مبنای نوع تابع تبدیل شدت می باشد.

انواع این تبدیلات

- تبدیلات خطی
- تبدیلات لگاریتمی
- تبدیلات توانی یا گاما



شکل ۵-۱ تغییر روشنایی تصاویر

۵-۲ پردازش همسایگی

پردازش‌هایی مانند تغییر روشنایی تصویر که را که در بالا به شرح آن پرداخته شد را پردازش نقطه ای نامیده می شوند زیرا که در این نوع پردازش ها با اجرای تابعی خاص روی هر پیکسل از تصویر خروجی آن تابع در همان پیکسل ذخیره می شود اما نوع دیگری از پردازش وجود دارد که به آن پردازش همسایگی اطلاق می شود. پردازش نقطه ای نوع توسعه یافته پردازش نقطه ای می باشد که عملیات تغییر روی یک پیکسل به جای اینکه تنها روی مقدار آن پیکسل انجام شود ، روی مقادیر همسایگی از یک پیکسل اعمال شده و نتیجه عملیات روی همسایگی ، به صورت یک مقدار جدید بدست آمده و به پیکسل موردنظر داده می شود. پردازش همسایگی فیلترینگ مکانی^۱ نیز نامیده می شود . اگر محاسبات انجام شده روی پیکسل های یک همسایگی به صورت خطی انجام این عملیات فیلترینگ مکانی خطی^۲ نامیده شده و در غیر این صورت فیلترینگ مکانی غیرخطی^۳ نامیده میشود.

فیلترینگ مکانی درواقع شامل حرکت ماتریسی (معمولا با ابعاد فرد) روی تصویر و تغییر پیکسل های واقع شده در زیر نقطه وسطی این ماتریس است . این حرکت از بالای سمت چپ تصویر شروع شده و به راست و سپس پایین تصویر و تا پوشش تمام تصویر ادامه می یابد. به این ماتریس ماسک^۴ می گویند و ناحیه ای از تصویر

^۱ -Spatial filtering

^۲ -Linear Spatial filtering

^۳ -non-linear Spatial filtering

^۴ -mask

که زیر ماسک قرار دارد پنجره^۱ نامیده می شود. در طی حرکت ماسک روی تصویر ، مقادیر درایه های یک ماسک در مقادیر متناظرشان ضرب می شود و مجموع حاصل ضربها به مقدار پیکسل میانی آن پنجره نسبت داده می شود. دلیل اصلی برای فرد بودن ابعاد ماسک منحصر به فرد بودن نقطه مرکزی آن است.

معمولا اگر بخواهیم پیکسل های حاشیه تصویر را با فیلترینگ پردازش کنیم مرکز ماسک باید روی این پیکسل قرار گیرد که در این صورت قسمتی از ماسک بیرون از تصویر قرار می گیرد . ساده ترین راه حل اختصاص دادن مقدار صفر فرضی به این پیکسل های خالی واقع شده در حاشیه تصویر است. این شیوه "پر کردن با صفر"^۲ نامیده می شود. (کلهر، ۱۳۹۲)

در فیلترینگ مکانی خطی ، نحوه ضرب کردن مقادیر درایه های ماسک و پنجره به دو شیوه صورت می گیرد: همبستگی^۳ و پیچش^۴.

همبستگی از جمع حاصل ضرب مقادیر درایه ها و پیکسل هایی که به طور مستقیم زیر هر درایه قرار گرفته است بدست می آید. در عملیات فیلترینگ پیچش ، ابتدا ماسک به اندازه ۱۸۰ درجه می چرخد سپس مجموع حاصل ضرب مقادیر درایه های این ماسک با المان های متناظر آنها در پنجره محاسبه می شود.

بسته به اندازه ماسک و مقادیر درایه های آن ، نتایج مختلفی را می توان از اجرای عملیات فیلترینگ روی یک تصویر بدست آورد.

- فیلتر میانگین : از فیلتر های معمول و مورد استفاده در پردازش تصویر ، فیلتر میانگین است که کاربرد آن در حذف پیکسل های متعلق به ناحیه دارای تغییرات زیاد روشنایی از جمله نویز و در نهایت هموار کردن تصویر می باشد. بنابراین این فیلتر جزو فیلتر های پایین گذر می باشد. شیوه اجرای عملیات میانگین برای یک پیکسل به این صورت است که مجموع تمام مقادیر پیکسل های همسایگی در پیکسل مرکزی آن همسایگی محاسبه شده، بر تعداد همسایگی تقسیم می شود و مقدار بدست آمده نهایی در محل پیکسل مرکزی قرار داده می شود . در زیر یک مثال از ماسک میانگین گیری ۳*۳ را مشاهده می کنید.

5	3	9
2	1	9
8	4	7

ماتریس اولیه

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

ماسک میانگین

	5	

ماتریس فیلتر شده

- فیلتر میانه : فیلتر میانه^۵ از جمله فیلتر های پرکاربرد در پردازش تصویر به خصوص در حذف نویز می باشد. عملیات فیلترینگ با فیلتر میانه دارای چند مرحله زیر است:

۱- المان های همسایگی یک پیکسل خاص از نظر شدت روشنایی مرتب می شوند.

¹ -window

² -Zero padding

³ -correlation

⁴ -convolution

⁵ -Median filter

۲-مقداری که میانه مقادیرالمان ها را می سازدمحاسبه می شود.

۳- مقدار میانه به پیکسل مورد نظر نسبت داده می شود.

۴- مراحل یک تا سه برای تمام پیکسل ها انجام می شود.

۲-۶ ترمیم تصویر

ترمیم یک تصویر شامل حذف یا کاهش خرابی ها^۱ است که در یک تصویر دیجیتال در طی فرآیند تصویربرداری یا ایجاد تصویر به وجود می آید. در یک حوزه مکانی، تصویر تخریب شده در واقع نتیجه پیچش^۲ تابع تخریب کننده $h(x,y)$ روی تصویر $f(x,y)$ و سپس اضافه شدن نویز $n(x,y)$ می باشد. نویز تصویر درواقع تغییرات تصادفی روشنایی یا اطلاعات رنگ در تصاویر است. اگر تابع $g(x,y)$ تصویر نتخریب شده باشد داریم:

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) + n(x,y)$$

بسته به عامل نویز، مدل های مختلفی را میتوان برای آن در نظر گرفت که چهار نوع از متداول ترین آنها

- نویز نمک و فلفل^۳

احتمال رخ دادن این نویز فقط در دو مقدار بوده، یا صفر یا ۲۵۵ (تصویر ۸ بیتی)، یا یک سیگنال را نابود می کند (صفر می کند)، یا یک سیگنال را کاملاً یک می کند و چیزی بین آن وجود ندارد.

روش اصلاح: با توجه به اینکه ناهنجاری هایی که توسط این نویز به وجود می آید اجزایی با فرکانس بالا در تصویر به وجود می آورد می توان با یک فیلتر پایین گذر شدت این نویز در تصویر را کاهش داد.

- نویز گاوسی

نویز گاوسی در پردازش تصویر دارای ماهیت جمع شونده بوده، اما تابع توزیع احتمال آن ها گاوسی^۴ می باشد. نویزهای کوچکتر احتمال بیشتر و نویزهای بزرگتر احتمال کمتری برای رخ دادن دارند.

روش اصلاح: شیوه های متعددی برای حذف نویز گاوسی وجود دارد که از متداول ترین آنها می توان به میانگین گیری از چند تصویر نویزدار، فیلترینگ میانگین و فیلترینگ وقفی اشاره کرد.

- نویز تناوبی

نویزهایی هستند که تکرار می شوند (متناوب اند) و روند سیستماتیکی دارند.

^۱ -Degradation

^۲ - convolution

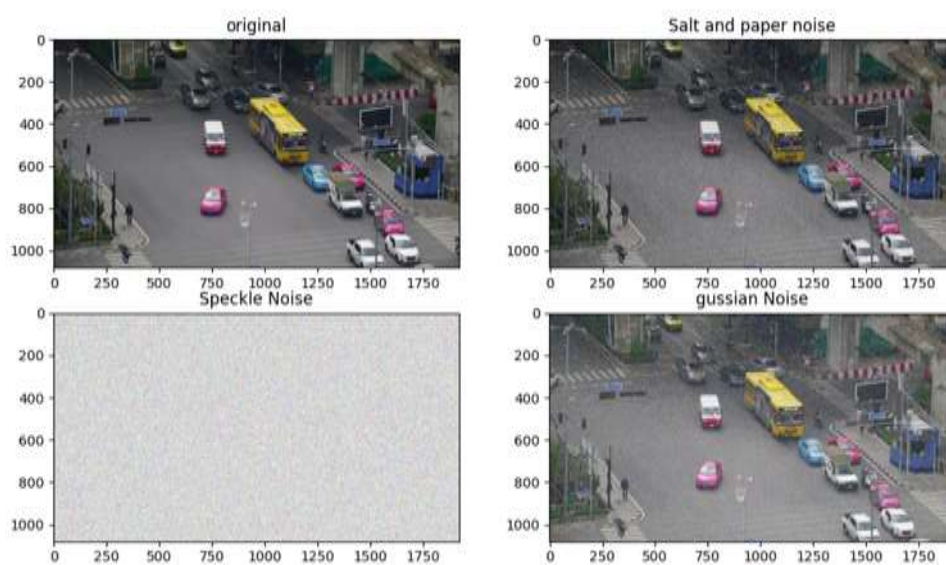
^۳ - salt and pepper

^۴ -Gaussian

روش اصلاح : نویز دوره ای در تبدیل فوریه تصویر نقاط روشنی به وجود می آورد که برای حذف این نقاط روشن اضافی دو فیلتر کلی وجود دارد (۱) فیلتر میان گذر^۲ (۲) فیلتر شکافی^۳

- نویز لکه ای^۴

نویزهای بسیار پیچیده ای هستند، زیرا ماهیت آن ها به جای جمع شونده، ضرب شونده بوده، در واقع در سیگنال ضرب می شوند. به طوریکه اگر صفر باشند سیگنال را از بین می برند. این دسته از نویزها بیشتر در تصاویر راداری اتفاق می افتند.



شکل ۲-۰ انواع نویز

مجموعه ای از تبدیل های تصویر که در آن هندسه تصویر بدون تغییر مقادیر پیکسل آن تغییر می کند، معمولاً به عنوان تبدیل "هندسی" نامیده می شوند.

برخی از این تبدیلات عبارتند از :

- دوران^۴

همانطور که از نامش مشخص است، این تکنیک یک تصویر را با یک زاویه مشخص و با محور یا نقطه داده شده می چرخاند. چرخش معمولاً برای بهبود ظاهر بصری یک تصویر استفاده می شود، اگرچه می تواند به عنوان یک پیش پردازنده در برنامه هایی که عملگرهای جهت دار درگیر هستند مفید باشد.

^۱ -band reject filter

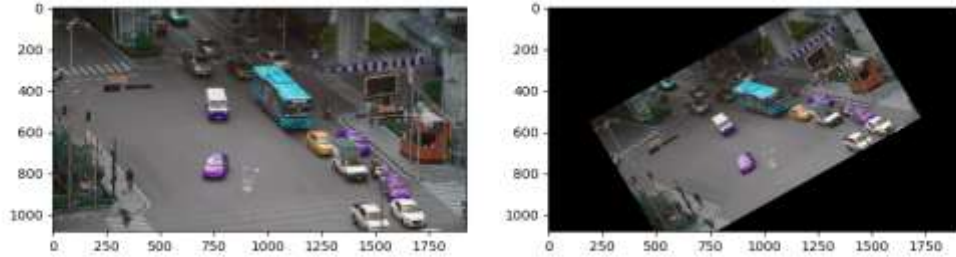
^۲ -notch filter

^۳ -speckle

^۴ -rotation

ماتریس استفاده شده برای این تبدیل به فرم زیر است .

$$\begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



شکل ۳-۰ دوران تصویر

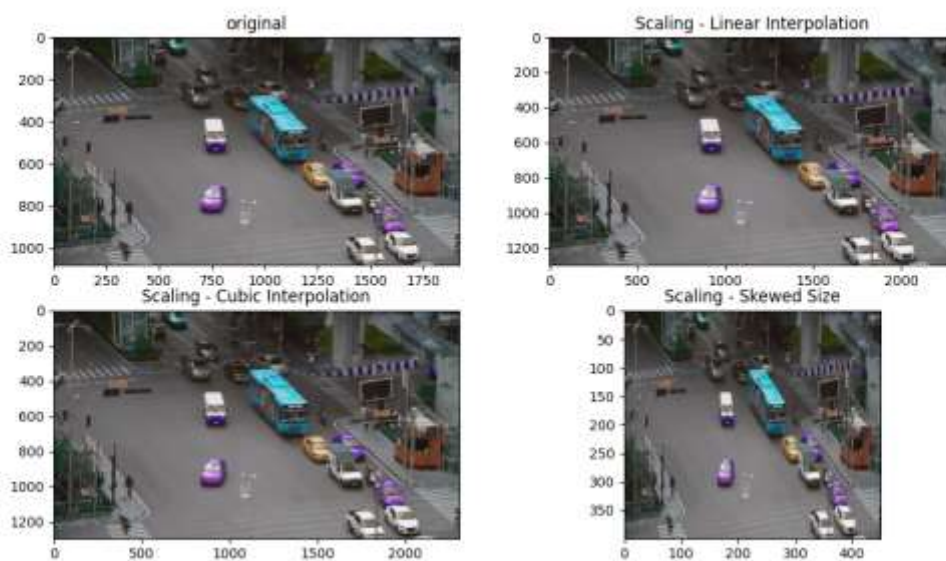
• تغییر مقیاس^۱

وقتی یک تصویر را مقیاس بندی می کنید، در جهت X یا y یا در هر دو جهت کوچکتر یا بزرگتر می شود. تابع و ماتریس تبدیل تغییر مقیاس به شکل زیر است

$$\begin{bmatrix} c_x & 0 & 0 \\ 0 & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T: \begin{cases} x' = c_x x \\ y' = c_y y \end{cases}$$

اگر c_x برابر یک باشد تغییر اندازه نداریم و اگر از یک بزرگتر باشد تصویر در جهت X بزرگتر می شود و برای c_x های کوچکتر از یک برعکس می باشد همچنین برای c_y این تفاسیر یکسان است با این تفاوت که تغییر اندازه در جهت Y رخ می دهد.

¹ - scaling



شکل ۴-۰ مقیاس تصویر

• برش^۱

برش تصویر به معنای جابجایی پیکسل ها به صورت افقی یا عمودی است. ماتریس این تبدیل به شکل زیر است

$$\begin{bmatrix} 1 & c_x & 0 \\ c_y & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

۲-۷ تشخیص لبه

سیستم بینایی انسان قبل از بازشناسی رنگ یا شدت روشنایی نوعی کشف لبه انجام می دهد. بنابراین انجام کشف لبه قبل از تفسیر تصاویر در سیستمهای خودکار منطقی به نظر می رسد. انجام عملیات کشف لبه پردازش مهمی در بسیاری از سیستمهای بینایی مصنوعی محسوب می شود. هدف اصلی لبه یابی کاهش حجم داده ها در تصویر به همراه حفظ ساختار و شکل اصلی تصویر است.

لبه های یک شی یا یک ناحیه از تصویر شامل فرکانس های بالا هستند به عبارت دیگر این فرکانس های بالا در مکان هایی از تصویر قرار دارند که در اطراف آنها، تغییر قابل ملاحظه ای در مقدار روشنایی اتفاق می افتد.

انواع الگوریتم های لبه یابی

از آنجایی که تصویر یک تابع گسسته از میزان روشنایی است مشتق تابع روشنایی با محاسبه روشنایی بین پیکسل ها بدست می آید.

¹ -Shearing

$$\frac{df}{dx} = f(x) - f(x-1)$$

وبا توجه به اینکه تصویر یک تابع دو بعدی می باشد مشتق آن را به صورت مشتق جزئی در دو جهت y و x بیان می کنند.

$$\nabla = \left[\frac{\partial f}{\partial x} \quad \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$

جهت و اندازه گرادیان نیز از روابط زیر بدست می آیند

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial f}{\partial y}}{\frac{\partial f}{\partial x}} \right)$$

$$m = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2}$$

با کمک گرادیان تصویر، میتوان مکان هایی از تصویر را که در آن شدت تغییرات زیاد است را پیدا کنیم که این مکان ها به صورت بالقوه روی لبه های اشیا تصاویر قرار دارند. در اکثر شیوه های تشخیص لبه ابتدا گرادیان روشنایی از یک نقطه به نقطه دیگر محاسبه می شود و سپس با مقایسه گرادیان هر نقطه با یک مقدار مشخص که به نام مقدار آستانه^۱ شناخته میشود به پیکسل هایی که روی لبه هستند مقدار یک و به بقیه صفر داده میشود. یکی از مسائل اساسی درمورد شناسایی لبه از طریق گرادیان این است که چگونه مشتق های جزئی به کار رفته در گرادیان روشنایی را به صورت گسسته تخمین بزنیم که بسته به شیوه به کار رفته برای این تخمین فیلتر های مختلفی برای یافته لبه وجود دارد.

• فیلتر سوبل^۲

ماسک سوبل افقی بیشتر لبه های افقی را مشخص میکند

$S_x =$

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

و ماسک سوبل عمودی، لبه های عمودی را مشخص میکند.

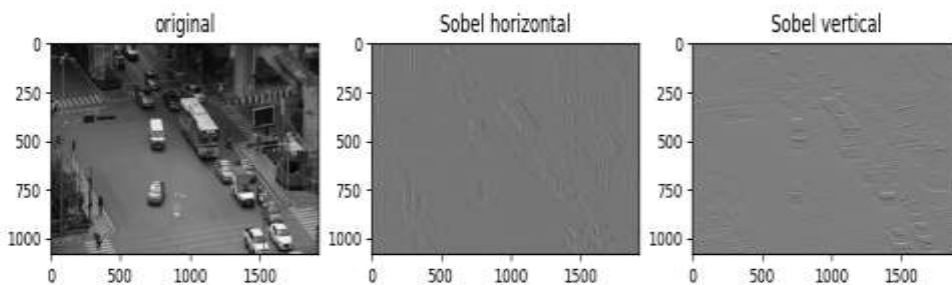
¹ -threshold

² - sobel

$$S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

اگر S_x و S_y تصاویر فیلتر شده به وسیله ماسک افقی و عمودی باشند، آنگاه تصویر $\sqrt{S_y^2 + S_x^2}$ فرمول لبه های تصویر را بهتر نشان میدهد. روال فوق به عملگر یا الگوریتم سوبل موسوم است.

در عمل، به منظور کاهش هزینه محاسبات، به جای فرمول الگوریتم سوبل میتوان از تقریب $[S_x] + [S_y]$ استفاده میشود. توجه شود که نتیجه این دو فرمول تقریباً یکسان است ولی فرمول دوم با هزینه کمتری قابل محاسبه است.



شکل ۵-۰ فیلتر سوبل

• فیلتر پریویت^۱

$$P_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

یکی دیگر از راه های یافتن لبه در تصاویر دیجیتالی استفاده از مشتق مرتبه دوم تصویر است. برای یافتن لبه در این الگوریتم پس از یافتن مشتق مرتبه دوم مکان هایی که مشتق مرتبه دوم تغییر علامت می دهند را بدست می آورند که این مکان ها معمولاً در لبه تصویر اتفاق می افتد. از این ویژگی برای ساخت فیلتر های آشکارکننده لبه لاپلاس و لاپلاسین و گاوسی استفاده می شود.

^۱ -prewitt

فیلتر نوع گسسته و تقریبی عملگر لاپلاس به شکل زیر است

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

مزیتی که فیلتر لاپلاس نسبت به شیوه های مبتنی بر مشتق اول دارد این است که این فیلتر در تمام جهات یکسان بوده و مستقل از چرخش تصویر است و نتیجه حاصل شده از اعمال این فیلتر روی یک تصویر و تصویر دوران داده شده یکسان خواهد بود. اما از معایب روش های مبتنی بر مشتق دوم حساس بودن این شیوه به وجود نویز در تصویر است.

یکی دیگر از شیوه های موثر برای آشکارسازی لبه شیوه کنی^۱ است. ساختار فیلتر کنی طوری طراحی شده که به نویز حساسیت کمتری داشته باشد. فیلتر کنی برای آشکارسازی لبه های تصویر، از یک الگوریتم ۵ مرحله اساسی استفاده می کند:

۱. کاهش نویز تصویر (noise reduction)

تصویر ورودی ممکن است حاوی نویز باشد، و اگر نویز تصویر کاهش نیابد، بسیاری از نقاط تصویر به اشتباه لبه شناسایی می شوند. همچنین ممکن است تصویر شامل یک سری آبجکتهای خیلی کوچک باشد که مرتبط با آبجکت اصلی تصویر نباشند و بهتر است آنها نیز حذف شوند تا لبه های مناسب برای تصویر استخراج شود. برای همین در مرحله اول فیلتر کنی یک فیلتر متوسط گیری از نوع گوسین روی تصویر اعمال می شود تا نویز تصویر را کاهش دهد. یکی از خاصیت های فیلتر متوسط گیری محو کردن آبجکتهای کوچک تصویر است. در مرحله اول علاوه بر کاهش نویز تصویر، آبجکتهای کوچک و غیرضروری نیز از تصویر محو می شوند.

۲. محاسبه گرادیان تصویر

در مرحله دوم الگوریتم کنی، مقدار و جهت گرادیان محاسبه می شود. برای اینکار لازم است در ابتدا از فیلترهای تیز کردن^۲ استفاده میشود تا لبه های تصویر برجسته شوند. بهتر است فیلترهایی استفاده شوند که لبه های افقی و عمودی را برجسته کنند. برای اینکار میتوانیم از فیلتر سوبل استفاده کنیم. بعد از اعمال فیلترهای سوبل، دو تصویر ساخته میشود که در یکی از آنها لبه های افقی و در یکی از آنها لبه های عمودی تصویر برجسته شده اند.

۳. سرکوب/حذف نقاط غیربیشینه (non-maxima suppression)

هدف الگوریتم کنی پیدا کردن مرکز لبه های تصویر است. در تصویر شدت گرادیان جاهایی که لبه وجود دارد، ضخامت بالا هست. و اگر از همین تصویر به طور مستقیم در مرحله ۴ و ۵ استفاده شود، لبه های بدست آمده در تصویر نهایی ضخامت بالایی خواهند داشت که مطلوب نیست. برای حل این مشکل، در مرحله سوم، نقاط غیر

^۱ -Canny Edge Detector

^۲ - sharpening

بیشینه تصویر سرکوب می‌شوند تا در نتیجه آن ضخامت لبه‌های تصویر شدت کاهش پیدا کنند و مناسب مراحل بعدی باشند.

برای اینکه متوجه شویم کدام نقاط غیر پیشینه هستند لازم است که تک تک پیکسل‌های تصویر شدت را پیمایش کنیم، با کمک جهت گرادیان دو پیکسل کناری را در یک جهت را پیدا کنیم، سپس مقدار آنها را با مقدار شدت پیکسل مورد نظر مقایسه کنیم. اگر مقدار یکی از دو پیکسل همسایه کمتر باشد، در اینصورت پیکسل مورد نظر یک نقطه غیرپیشینه هست و باید حذف شود (به صفر تبدیل شود). در غیر اینصورت پیکسل یک نقطه پیشینه هست و باید حفظ شود (مقدار خودش باقی بماند).

۴. آستانه گذاری دوگانه (double thresholding)

برای تصویر گرادیان (تصویر خروجی مرحله سوم) روش آستانه گذاری دوگانه را پیاده سازی میکنیم و سپس مقادیر پیکسل‌های تصویر گرادیان را با دو مقدار حد آستانه مقایسه کرده و پیکسل‌های تصویر را به سه گروه تقسیم میکنیم:

پیکسل‌های قوی^۱: پیکسل‌هایی که مقدار آنها بزرگتر از حد آستانه بالا است. این پیکسل‌ها روی لبه و قرار گرفته اند و مقدار شدت آنها بالا است.

پیکسل‌های غیرمرتبط^۲: پیکسل‌هایی که مقدار آنها کمتر از حد آستانه پایین است. این پیکسل‌ها در یک جایی که لبه وجود ندارد قرار گرفته اند و مقدار شدت آنها پایین است.

پیکسل‌های ضعیف^۳: پیکسل‌هایی که مقدار آنها کمتر از حد آستانه بالا و بیشتر از حد آستانه پایین هست. مقدار شدت این پیکسل‌ها نه به قدری بزرگ هست که به عنوان لبه شناسایی شوند و نه به قدری پایین هست که به عنوان غیرلبه شناسایی شوند.

به پیکسل‌های قوی مقدار ۱ (لبه) اختصاص داده می شود و به پیکسل‌های غیرمرتبط مقدار صفر (غیرلبه) اختصاص داده میشود. ولی تکلیف پیکسل‌های ضعیف در مرحله پنجم مشخص می شود.

۵. دنبال کردن لبه‌های تصویر با روش hysteresis

در این مرحله تکلیف پیکسل‌های ضعیف مشخص میشود. هدف این است که در نهایت به یک تصویر باینری برسیم. تکلیف پیکسل‌های قوی (لبه شناسایی شده اند و مقدار ۱ به آنها اختصاص داده شده است) و غیرمرتبط (غیرلبه شناسایی شده اند و مقدار ۰ به آنها اختصاص داده شده است) در مرحله قبل مشخص شده است و فقط پیکسل‌های ضعیف باقی مانده که در این مرحله تکلیف آنها نیز مشخص میشود. در این مرحله باید برای پیکسل‌های ضعیف یک تصمیم نهایی گرفته شود، یا باید به لبه تبدیل شوند (پیکسل‌های قوی) و یا حذف شوند (پیکسل‌های غیرمرتبط).

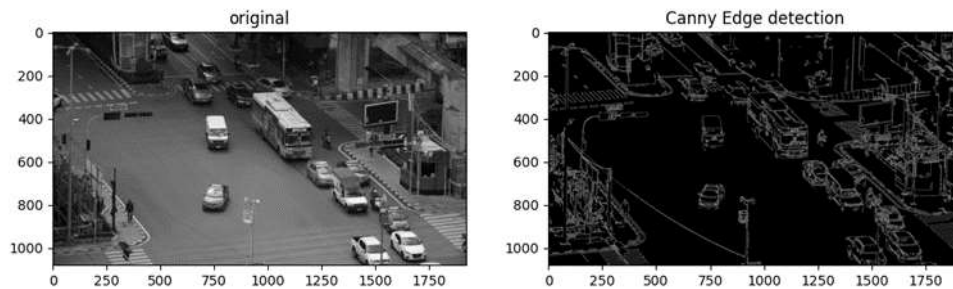
^۱ -strong pixels

^۲ -non relevant pixels

^۳ -weak pixels

برای اینکه تصمیم بگیریم یک پیکسل ضعیف، پیکسل قوی هست یا غیرمرتبط، به همسایگی آن نگاه می‌کنیم تا ببینیم که این پیکسل آیا در کنار یک لبه قوی قرار گرفته است یا نه.

اگر در همسایگی 3×3 یک پیکسل ضعیف، حداقل یک پیکسل قوی باشد، در اینصورت این پیکسل در کنار یک لبه قوی قرار گرفته است و باید به مقدار یک (لبه) تبدیل شود و اگر در همسایگی آن هیچ پیکسل قوی وجود نداشته باشد به مقدار صفر (حذف میکنیم) تبدیل میکنیم.



شکل ۶-۰ فیلتر کنی

۲-۸ بخش بندی تصویر^۱

بخش بندی به عملیاتی گفته میشود که در طی آن قسمت هایی از تصویر که دارای ویژگی های خاصی است از دیگر قسمت های تصویر جدا و تصویر به سطح یا اشیا مدنظر تقسیم شود. بسته به اینکه بخواهیم سطح، لبه های اشیا یا خطوط را از تصویر جدا کنیم شیوه های متفاوتی وجود دارد که در زیر به شرح آنها پرداخته شده است.

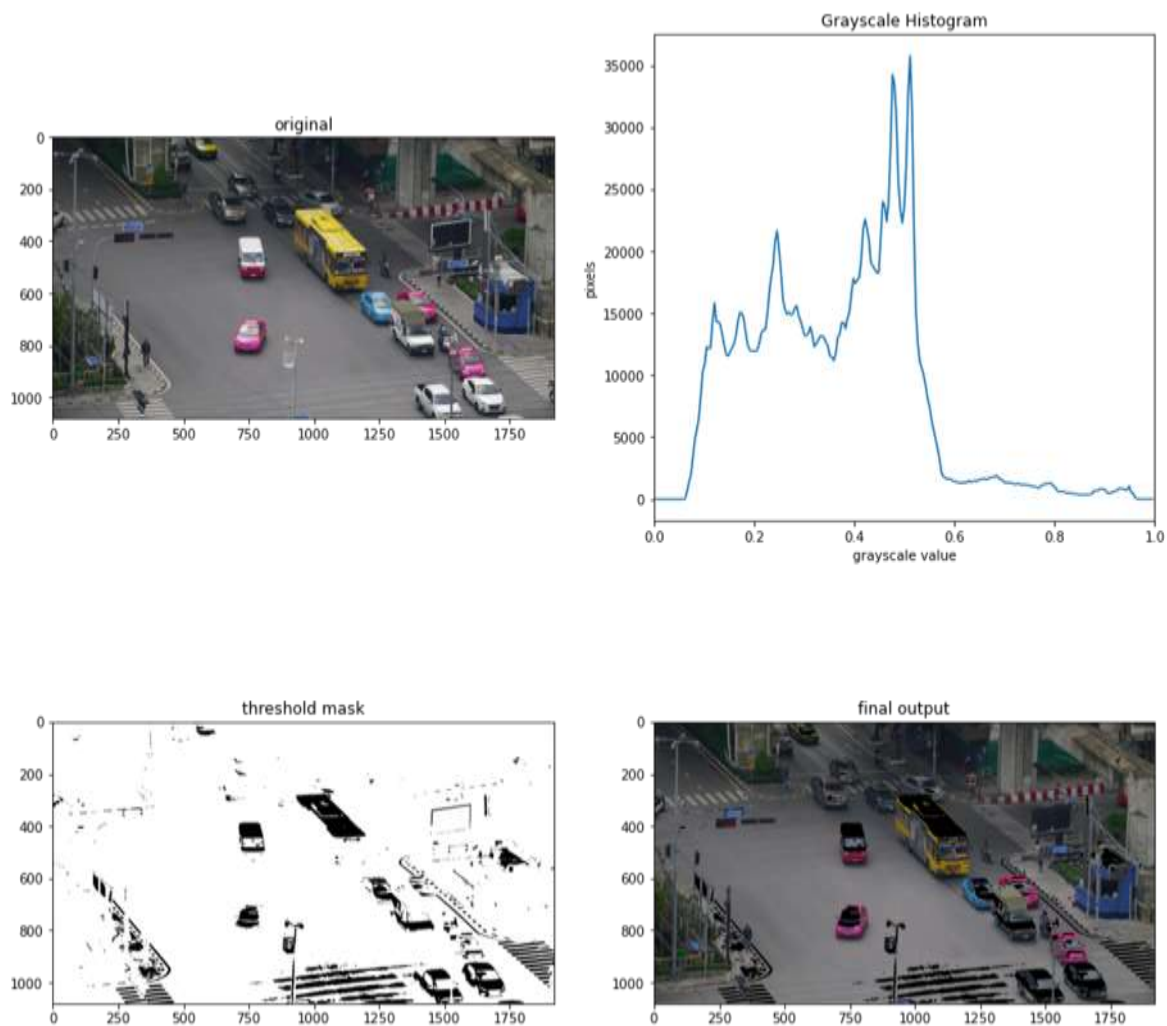
- روش آستانه گذاری منفرد

شیوه آستانه گذاری در جداسازی شی یا ناحیه مورد نظر از تصویر بسیار کاربرد دارد. شیوه کار به این صورت است که یک مقدار شدت خاکستری T به عنوان مقدار آستانه در نظر گرفته شود و مقدار شدت خاکستری هر پیکسل روی تصویر خاکستری با این مقدار مقایسه می شود. بسته به بیشتر یا کمتر بودن مقدار پیکسل نسبت به مقدار آستانه آن پیکسل به سیاه یا سفید تبدیل می شود. اگر مقدار پیکسل قرار گرفته در موقعیت (X, Y) از تصویر خاکستری را با $f(x, y)$ نمایش دهیم داریم:

$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \\ 1 & \text{if } f(x, y) > T \end{cases}$$

¹ -segmentation

² -objects or regions of interest



شکل ۷-۰ آستانه گذاری تصویر

- روش آستانه گذاری دوگانه

اگر تصویر خاکستری را با داشتن دو حد آستانه بالایی و یا پایینی بخش بندی کنیم ، این شیوه بخش بندی به نام بخش بندی با شیوه آستانه گذاری دوگانه خوانده میشود. اگر مقدار پیکسل قرار گرفته در موقعیت (X, Y) از تصویر خاکستری را با $f(x, y)$ نمایش دهیم داریم :

$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } T_1 < f(x, y) \leq T_2 \\ 1 & \text{if } f(x, y) \leq T_1 \text{ OR } f(x, y) > T_2 \end{cases}$$

- تبدیل هاف

در واقع می توان تبدیل هاف را یک شیوه «استخراج ویژگی» دانست که به وسیله آن شکل های ساده مانند خط و دایره در یک تصویر تشخیص داده می شوند. منظور از یک شکل ساده، شکلی است که بتوان آن را تنها

¹ -Double Thresholding

² - Feature Extraction

با استفاده از تعداد کمی پارامتر نشان داد. به عنوان مثال یک خط را در مختصات قطبی می توان با تنها با دو پارامتر r, θ توصیف کرد بنابراین برای تشخیص خط با تبدیل هاف ابتدا لازم است که یک آرایه انباشتگر بسازیم. تعداد سلول هایی که در شبکه حضور دارند، یک پارامتر طراحی است که باید آن را مشخص کرد. آرایه انباشتگر یک آرایه دوبعدی است که ابعاد آن برای تشخیص خط r, θ هستند. حال که ابعاد شبکه را انتخاب و انباشتگر نیز تنظیم شد، باید برای هر سلول در انباشتگر مدارک کافی جمع آوری کرد؛ زیرا هر سلول در این شبکه متناظر با یک خط است. اما ایده ای که در پس جمع آوری مدارک وجود دارد این است که اگر یک خط مرئی در تصویر وجود داشته باشد، الگوریتم تشخیص لبه در مرزهای خط فعال می شود و این مرزها را نشان دهد. پیکسل های لبه تصویر می تواند مدرک کافی برای حضور یک خط در تصویر را فراهم کنند. خروجی الگوریتم تشخیص لبه یک آرایه از پیکسل های لبه تصاویر به صورت زیر است:

$$[(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots \dots (x_n, y_n)]$$

برای هر پیکسل لبه در آرایه فوق مقدار تتا را از 0 تا π تغییر می دهیم و آن را در معادله خط قرارداده تا یک مقدار برای r بدست آید.

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta$$

به ازای هر کدام از پیکسل های لبه و مقادیر مختلفی که تتا میگیرد (تعداد این مقادیر به سباز انباشتگر بستگی دارد) یک منحنی به وجود می آید که محل تقاطع این منحنی ها پارامتر های r, θ را برای خطوطی که در تصویر وجود دارد را نشان می دهد.

برای تشخیص یک دایره به سه پارامتر نیاز داریم که به صورت زیر هستند:

$$(x, y) \text{ که مختصات مرکز دایره است}$$

$$R \text{ شعاع دایره}$$

در نتیجه برای تشخیص دایره با تبدیل هاف به سه انباشتگر نیاز داریم که هر بعد انباشتگر متعلق به یکی از پارامترها است. معادله یک دایره را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$$

برای تشخیص دایره در یک تصویر گام های زیر لازم هستند:

در تصویر مورد نظر، لبه را با استفاده از تشخیص گره های لبه مانند کنی شناسایی شود.

برای تشخیص دایره در یک تصویر، باید یک حد آستانه را برای مقادیر کمینه و بیشینه شعاع در نظر گرفته شود.

مدارک برای حضور دایره های با مرکز و شعاع مختلف، در یک آرایه انباشتگر سه بعدی جمع آوری می شوند.

۹-۲ شبکه کنترل ترافیک

امروزه معضل ترافیک شهری و جابه جایی در ترافیک های سنگین به خصوص در ساعت های پیک ترافیک یک مشکل اساسی برای تمام شهر ها در سراسر جهان محسوب می شود. این در حالی است که روز به روز با افزایش جمعیت شهری این ترافیک ها سنگین تر و شلوغ تر می شوند. در نتیجه، بسیاری از محققین سیستم حمل و نقل هوشمند را راه حل این عبور از این چالش می دانند. در این سیستم پیش بینی جریان ترافیک بر اساس نظارت بر ترافیک در تقاطع های ترافیکی برای شناسایی تنگناها انجام می شود. روش های زیادی برای تشخیص و نظارت بر وسایل نقلیه در جاده وجود دارد مانند نصب لیزر در دو طرف جاده که روش مطلوبی نیست و شامل تعداد زیادی سخت افزار است و یا نصب دوربین های کنترل ترافیک. که این دوربین ها، دوربین مدار بسته ای هستند که در حاشیه یک مسیر و در بالای آن یا داخل خودروی پلیس نصب شده و وظیفه ثبت تخلفات رانندگی، شامل سرعت غیرمجاز، عبور از چراغ قرمز، استفاده غیر مجاز از خط ویژه اتوبوس، ورود غیر مجاز به محدوده طرح ترافیک، نظارت بر تردد خودروهای سنگین، نظارت بر حجم ترافیک جاده ها و ثبت تخلف ورود غیر مجاز به معابر شهری، کشف خودروهای تحت تعقیب، ثبت سرعت لحظه ای و سرعت میانگین و ثبت تخلف سرعت غیر مجاز را بر عهده دارند. استفاده از دوربین و پردازش تصاویر ضبط شده توسط آنها یکی از بهترین روش های مدرنی است که کشورها به دنبال وارد کردن آن به سیستم ترافیک هستند. به این ترتیب می توان ترافیک را بدون نیاز به انجام آن توسط شخصی سازماندهی کرد.

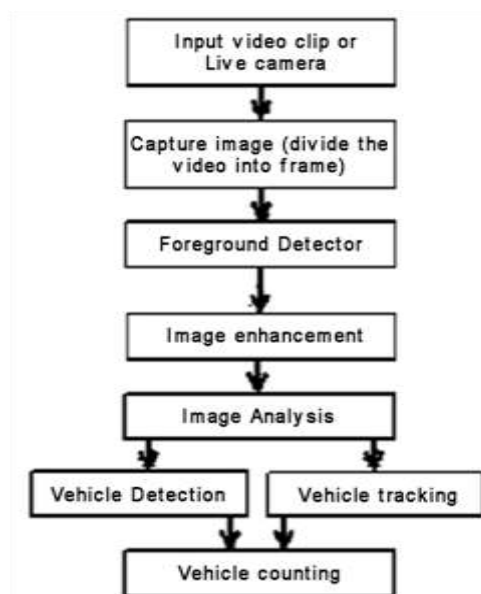
پیتزبورگ، شهری در پنسیلوانیا ایالات متحده می باشد، که مفهوم سیستم های ترافیکی را با تلفیق تکنولوژی ترافیک هوشمند و هوش مصنوعی (سیستم کنترل ترافیک هوشمند) تغییر داده است. این فناوری جدید به طور موثری ۲۵ درصد از زمان رفت و آمد و ۴۰ درصد از تراکم ترافیک شهری را کاهش داده است.

ایده این فناوری هوشمند متعلق به پروفسور استفان اسمیت، استاد رباتیک دانشگاه Carnegie Mellon می باشد. او یک سیستم هوشمند به نام Surtrace Systems را به منظور مقابله با مشکلات ترافیکی شهر پیتزبورگ راه اندازی کرد. در واقع این سیستم هوشمند به کمک سنسور های رادار و دوربین های ثابت در تقاطع های شهر جریان ترافیک را تشخیص می دهد. در اصل رادار ها اطلاعات خاصی از الگو های ترافیکی و جداول هوش مصنوعی جمع آوری می کنند و توسط این اطلاعات به راحتی جریان ترافیک کنترل می شود. در سال ۲۰۱۶ این سیستم مدیریتی هوشمند در ۵۰ ناحیه اصلی شهر پیتزبورگ نصب و راه اندازی شد. این سیستم کنترل ترافیک هوشمند هم اکنون در حال گسترش به بخش های دیگر شهر است.

۱۰-۲ جایگاه پردازش تصویر در شبکه کنترل ترافیکی

همان طور که ذکر شد یکی از راه های نظارت بر ترافیک استفاده از دوربین های کنترل ترافیک هستند در این روش از تکنیک های پردازش تصویر برای شمارش تعداد وسایل نقلیه در جاده و تخمین تراکم استفاده می شود. تصویر زیر یک نمای کلی از تشخیص وسیله نقلیه متحرک در یک دنباله ویدیویی ارائه می دهد. این سیستم از یک توالی ویدیویی موجود استفاده می کند.

¹ - Intelligent Transportation System



شکل ۲-۸ : دیاگرام تشخیص خودرو در تصویر

ویدئو به فریم تقسیم می شود و به عنوان فریم ورودی گرفته می شود. آشکارساز پیش زمینه با استفاده از مدل های ترکیبی گاوسی (GM-M) پیش زمینه را تشخیص می دهد. آشکارساز پیش زمینه نوع تصویر را از RGB به خاکستری و سپس به باینری تغییر می دهد و فیلتر را در سطوح مختلف اعمال می کند. بهبود تصویر فرآیند تنظیم تصاویر دیجیتال است تا نتایج برای نمایش یا تجزیه و تحلیل بیشتر مناسب تر باشد. مرحله اول حذف اجزای کوچک متصل و اشیاء از تصویر باینری با استفاده از تابع مشخص شده برای این فرآیند است. (آن اشیائی که پیکسل های کمتری نسبت به آستانه مشخص شده دارند). حذف نویز در تصویر یکی از مهم ترین و دشوارترین تکنیک های پیش پردازشی است. اما بعد از آن کار را آسان تر می کند. مرحله دوم این است که با فرآیند بزرگ کردن، نواحی سفید را بزرگ/صاف کرده و نواحی سیاه نزدیک مرزها را پر می کند.

تشخیص وسیله نقلیه متحرک در تجزیه و تحلیل ویدیویی است. می توان از آن در بسیاری از مناطق مانند نظارت تصویری، نظارت بر ترافیک و ردیابی افراد استفاده کرد. تکنیک های تقسیم بندی حرکتی زیادی مانند تفاوت فریم وجود دارد. روش تفاوت فریم پیچیدگی محاسباتی کمتری دارد و پیاده سازی آن آسان است. تفاوت آن بین قاب فعلی و قاب مرجع بالاتر از آستانه به عنوان وسیله نقلیه متحرک در نظر گرفته می شود.

ردیابی خودرو شامل شناسایی مداوم وسیله نقلیه شناسایی شده در توالی ویدیویی است و با علامت گذاری مشخص مرز در اطراف وسیله نقلیه شناسایی شده انجام می شود. ردیابی خودرو یک مشکل چالش برانگیز است. مشکلات در ردیابی وسایل نقلیه می تواند به دلیل حرکت ناگهانی وسیله نقلیه، تغییر الگوهای ظاهری وسیله نقلیه، وسیله نقلیه به وسیله نقلیه ایجاد شود.

¹ - dilate

۲-۱۱ فشرده سازی

طبق تعریف دیکشنری کمبریج فشرده سازی ، عمل فشار دادن چیزی به داخل یک فضای کوچکتر یا فشار آوردن از طرفهای مختلف به آن تا زمانی که کوچکتر شود تعریف میشود. اما با توجه به اینکه فشرده سازی در چه حوزه ای مورد بحث باشد میتوان تعاریف دیگری برای آن مطرح نمود.

فشرده سازی داده

فشرده سازی داده ها کاهش تعداد بیت های مورد نیاز برای نمایش داده ها است. فشرده سازی داده ها می تواند باعث صرفه جویی ظرفیت ذخیره سازی شود، انتقال فایل را سرعت بخشد و هزینه سخت افزار ذخیره سازی و پهنای باند شبکه را کاهش دهد.

ساختار کلی سیستم های فشرده سازی اطلاعات شامل بخشهای زیر است :

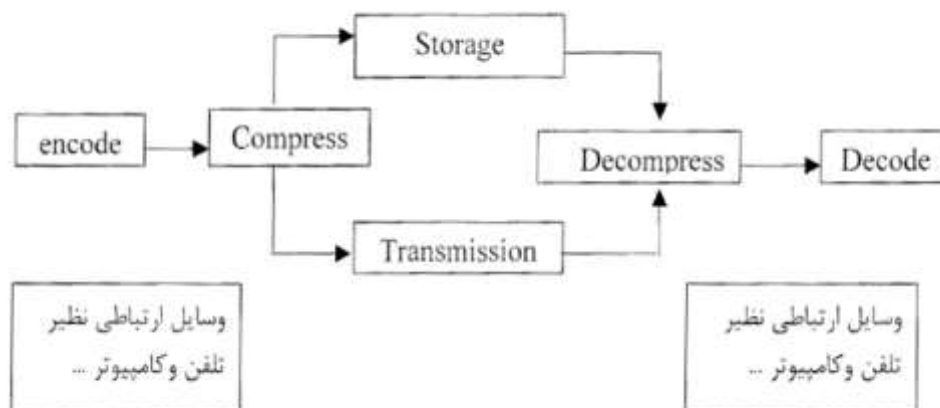
۱- کد کننده اطلاعات (شامل نمونه برداری و کوانتیزه کردن)

۲- الگوریتم فشرده سازی

۳- ذخیره سازی یا ارسال

۴- الگوریتم بازسازی کد های فشرده

۵- بازسازی اطلاعات با استفاده از کد های بازسازی (دی کدینگ)



شکل ۸-۰ دیگرام فشرده سازی داده

۲-۱۲ انواع فشرده سازی داده

• فشرده سازی با اتلاف^۱

در فناوری اطلاعات، فشرده سازی با اتلاف یا فشرده سازی برگشتناپذیر دسته ای از روش های فشرده سازی داده است که از تقریب های نادقیق و حذف جزئی داده ها برای نمایش محتوا استفاده می کند. این تکنیک ها برای کاهش اندازه داده ها برای ذخیره، مدیریت و انتقال محتوا استفاده می شوند. در این تکنیک، داده های بازسازی

^۱ - Lossy compression

شده دقیقاً مشابه داده های ورودی اصلی نیستند. از این رو، بین داده های ورودی و خروجی فاصله وجود دارد. ما نمی توانیم همه اطلاعات را بازیابی کنیم.

فشرده سازی بی اتلاف^۱

فشرده سازی بدون تلفات، کلاسی از فشرده سازی داده ها است که به داده های اصلی اجازه می دهد تا بدون از دست دادن اطلاعات، کاملاً از داده های فشرده بازسازی شوند. فشرده سازی بدون تلفات امکان پذیر است زیرا بیشتر داده های دنیای واقعی دارای افزونگی آماری هستند. اعوجاج یا نویز را نمی توان به داده های ورودی در این تکنیک اضافه کرد. بنابراین، به آن بدون نویز نیز می گویند. این تکنیک بیشتر برای فشرده سازی تصاویر پزشکی استفاده می شود. همچنین برای کاربرد هایی مثل تهیه نسخه پشتیبان از اطلاعات و آرشیو فایل مناسب است.

۱۲-۲ فشرده سازی سیگنال

فشرده سازی سیگنال استفاده از تکنیک های مختلف برای افزایش کیفیت یا کمیت پارامترهای سیگنال ارسال شده از طریق یک کانال مخابراتی معین است. فشرده سازی سیگنال های داده جزء لاینفک نظریه اطلاعات است. فشرده سازی سیگنال همچنین نیز یک موضوع اصلی در زمینه های پردازش گفتار و تصویر بوده است.

۱۴-۲ فشرده سازی تصویر

فشرده سازی تصویر نوعی فشرده سازی داده است که برای کاهش هزینه های ذخیره سازی یا انتقال تصاویر دیجیتال اعمال می شود. فشرده سازی با حذف یک یا چند مورد از سه افزونگی اصلی (اصطلاح افزونگی به فرآیند تکراری بودن داده ها در تصویر اشاره دارد. این تکرار می تواند الگویی باشد که چندین بار در سراسر تصویر تکرار می شود، یا می تواند پیکسلی باشد که در کل تصویر تکرار می شود.) انجام می شود که عبارتند از:

۱. افزونگی کد^۲: افزونگی کدگذاری با نمایش اطلاعات مرتبط است. اطلاعات در قالب کد نمایش داده می شود. اگر سطوح خاکستری یک تصویر به گونهای کدگذاری شده باشد که از نمادهای کد بیش از حد لازم برای نمایش هر سطح خاکستری استفاده میکند، گفته میشود که تصویر حاصل حاوی افزونگی کدگذاری است. کد گذاری هافمن و کدگذاری حسابی^۳ از جمله تکنیک های معروف برای حذف این افزونگی هستند.

۲. افزونگی بین پیکسلی^۴: افزونگی بین پیکسل ها به دلیل همبستگی بین پیکسل های همسایه در یک تصویر است. این بدان معناست که پیکسل های مجاور از نظر آماری مستقل نیستند و سطوح خاکستری به یک اندازه محتمل نیست. مقدار هر پیکسل معین را می توان از مقدار همسایه های آن پیش بینی کرد، یعنی

^۱ - Lossless compression

^۲ - code redundancy

^۳ - arithmetic coding

^۴ - interpixel redundancy

همبستگی بالایی دارند. برای کاهش افزونگی بین پیکسلی، می توان از تفاوت بین پیکسل های مجاور برای نمایش یک تصویر استفاده کرد.

۳. افزونگی بصری^۱: که داده هایی هستند که توسط سیستم بینایی انسان نادیده گرفته می شوند. حذف آن اطلاعات بصری واقعی تنها به این دلیل امکان پذیر است که خود اطلاعات برای پردازش بصری عادی ضروری نیستند. از این فرآیند تحت عنوان تدریج یاد می گردد. زیرا تدریج به معنای نگاشت محدوده وسیعی از مقادیر ورودی به محدوده محدودی خروجی می باشد. از آنجا که این عملیات غیرقابل بازگشت می باشد تدریج در گروه روش های فشرده سازی با اتلاف قرار می گیرد.

پهنای باند شبکه معیاری است که حداکثر ظرفیت یک پیوند ارتباطی سیمی یا بیسیم را برای انتقال داده ها از طریق اتصال شبکه در مدت زمان معین نشان می دهد. به طور معمول، پهنای باند به تعداد بیت، کیلوبیت، مگابیت یا گیگابیت نمایش داده می شود که می تواند در مدت زمان ۱ ثانیه منتقل شود.

اطلاعات بصری مصرف کننده اصلی پهنای باند ارتباطی در تمامی پخش ها است. اینترنت و شبکه های نظارتی تقاضا برای افزایش کیفیت و کمیت محتوا بصری روزانه در حال بیشتر شدن است و این تنش بزرگی بین ظرفیت شبکه موجود ایجاد می کند.

۱۵-۲ اهمیت فشرده سازی تصویر در زمینه های مختلف

بینایی کامپیوتری و ارتباطات تصویری نقش مهمی را در تجارت و کسب و کارها ایفا می کنند به ویژه، از زمان همه گیری جهانی کووید-۱۹ و تمایل به کاهش سفرهای تجاری، تقاضا برای کنفرانس ویدیویی با کیفیت بالاتر و به اشتراک گذاری محتوای بصری بیشتر شده است. به همین ترتیب، در زمینه اتوماسیون، فرآیندهایی مبتنی بر دید مثل کنترل کیفیت محصولات در زمینه حمل و نقل و ساخت خودروهای خودران، محتوای تصویری نقش کلیدی دارند.

۳. امنیت و نظارت

در دنیای مدرن امروز نیاز به حفظ امنیت بیشتر از قبل اهمیت یافته و دوربین های مدار بسته نقش اساسی را در این نظارت ایفا میکنند. شرکت Memoori اخیراً گزارش داده است که محصولات نظارت تصویری در سال ۲۰۱۹ به فروش ۱۹,۱۵ میلیارد دلار رسید و فروش ۳۵,۸۲ میلیارد دلار را در سال ۲۰۲۴ پیش بینی کرد

۴. سلامتی و پزشکی

دنیای پزشکی روز به روز در تشخیص و نظارت بر بیماری های به روش های مبتنی بر تصویر متکی میشود. علت این امر این است که پردازش تصویر پزشکی امکان مطالعه عمیق ولی نه تهاجمی آناتومی داخلی را فراهم می آورد، ایجاد مدل های سه بعدی آناتومی امکان پذیر می شود و مطالعه آنها منجر به بهبود نتایج درمان برای بیماران، توسعه دستگاه های پزشکی ارتقا داده شده و سیستم های تحویل دارو و یا دستیابی به تشخیص های آگاهانه تر می شوند.

¹ - psychovisual redundancy

اما در کنار این مزایا تصویربرداری سه بعدی مانند سی تی و ام آر آی برای هر اسکن مقدار زیادی داده تولید می کند و این تصاویر باید تا حد امکان با بیشترین کیفیت ذخیره شوند. پس در اینجا است که اهمیت فشرده سازی تصاویر در حوزه علوم پزشکی را درک خواهیم نمود.

۱۶-۲ اهمیت فشرده سازی در شبکه کنترل ترافیک

برای درک اهمیت فشرده سازی در این زمینه مهم است این نکته تشخیص داده شود که محتوای تصویری فشرده شده در شبکه های کنترل ترافیک تا چه حد می توان بزرگ شوند. با ذکر یک مثال این موضوع را بررسی می کنیم :

یک دوربین رنگی با رزولوشن $P1080$ با سرعت ۳۰ فریم در ثانیه را در نظر بگیرید
* تقریباً همه تصاویر نظارت تصویری از رنگ پشتیبانی می کنند. پس رنج مقادیر مورد نیاز برای نمایش همه رنگ ها بسیار بیشتر است. ۱۶ بیت یا ۶۵۵۳۶ عادی هست.
* $p1080$ یا FHD مجموعه ای از تلویزیون های HD در حالت های ویدئویی با وضوح بالا است که، دارای ۱۰۸۰ پیکسل در فاصله عمودی و ۱۹۲۰ پیکسل در فاصله افقی است.
* اکثریت قریب به اتفاق دوربین های مدار بسته، بین ۵ تا ۱۵ فریم در ثانیه ضبط می کنند.

$$16_{bit\ colors} * 2073600_{pixels} * 30_{FPS} = 995328000\ b/s$$

با ضرب این سه فاکتور در هم، حدود ۱ گیگابایت در ثانیه ویدئو غیر فشرده داریم. در یک روز، شما باید حدود ۱۲ ترابایت، فضا نیاز دارید. در حالی که هارد دیسک ها همچنان ظرفیتشان بالاتر می رود، سیستم نظارت تصویری غیر فشرده با ۱۶ دوربین به مدت ۳۰ روز ذخیره می شوند. این به تعداد زیادی هارد و هزینه ی سرسام آوری برای خرید آن نیاز دارد.

این در حالی است که بر اساس آخرین داده های رتبه بندی سرعت اینترنت، شیلی سریع ترین اینترنت جهان را دارد. متوسط سرعت دانلود آن در اتصالات اینترنت ثابت ۲۱۶,۴۶ مگابایت بر ثانیه است.

در دوربین های تحت شبکه فشرده سازی تصاویر در داخل دوربین انجام می شود. نسل اول از دوربین های مدار بسته از روش های بسیار ساده مانند JPEG یا MPEG استفاده می کردند. اما امروزه تقریباً تمام دوربین های مدار بسته حداقل از روش H.264 استفاده می کنند. در چند سال اخیر یک روش بسیار پیشرفته به نام H.265 یا HEVC هایک ویژن برای فشرده سازی مورد استفاده قرار می گیرد که تا ۴ برابر موثرتر از H.264 است.

۱۷-۲ نسبت سیگنال به نویز

نسبت سیگنال به نویز، سطح توان سیگنال را با سطح توان نویز مقایسه می‌کند و معمولاً بر حسب دسیبل بیان می‌شود. هرچه مقدار نسبت سیگنال به نویز بیشتر باشد، برای یک سیستم مشخصه بهتری محسوب می‌شود؛ زیرا اطلاعات مفید بیشتری در قالب سیگنال، نسبت به اطلاعات ناخواسته یا نویز دریافت می‌شود.

بهبود تصویر یا بهبود کیفیت بصری یک تصویر دیجیتال می‌تواند ذهنی باشد. گفتن اینکه یک روش تصویری با کیفیت بهتر ارائه می‌دهد، می‌تواند از فردی به فرد دیگر متفاوت باشد. به همین دلیل، لازم است اقدامات کمی/تجربی برای مقایسه اثرات الگوریتم‌های بهبود تصویر بر کیفیت تصویر ایجاد شود.

در سیستم‌های پردازش تصویر نسبت سیگنال به نویز تعریف متفاوتی دارد. در این حالت، صورت کسر برابر با مربع مقدار پیک سیگنال است و در مخرج کسر، توان نویز یا واریانس آن قرار می‌گیرد.

اگر f داده‌های ماتریسی تصویر اصلی ما را نشان می‌دهد و g داده‌های ماتریسی تصویر تخریب شده ما را نشان می‌دهد و $m \times n$ ابعاد ماتریس تصویر باشد. معادله پیک سیگنال به نویز به شکل زیر است :

$$\text{Peak Signal - to - Noise Ratio} = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_f}{\sqrt{MSE}} \right)$$

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \|f(i,j) - g(i,j)\|^2$$

در اینجا MAX_f حداکثر مقدار سیگنالی است که در تصویر اصلی وجود دارد.

میانگین مربعات خطا MSE برای اهداف عملی ما به ما این امکان را می‌دهد که مقادیر پیکسل "واقعی" تصویر اصلی خود را با تصویر تخریب شده مقایسه کنیم. MSE میانگین مربعات "خطا" بین تصویر واقعی ما و تصویر نویزدار را نشان می‌دهد. خطا مقداری است که مقادیر تصویر اصلی با تصویر کاهش یافته متفاوت است.

در نتیجه هر چه $PSNR$ بالاتر باشد، تصویر تخریب شده بهتری برای مطابقت با تصویر اصلی بازسازی شده است و الگوریتم بازسازی بهتر است. درمورد الگوریتم‌های فشرده سازی هرچه این مقدار بیشتر باشد یعنی الگوریتم فشرده سازی مقدار بیشتری از اطلاعات تصویر را حفظ کرده است.