



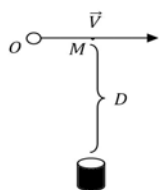




چکیده - روش آشنای تصویرگیری استفاده از یک سامانه اپتیکی ثابت است. در این صورت تصویر اجسام متحرک بسته به زمان تصویرگیری و سرعت جسم به صورت مات و کشیده ثبت خواهد شد. هدف این مقاله دنبال کردن جسم متحرک به وسیله چرخش اندک سامانه اپتیکی در زمان کوتاه تصویرگیری است که موجب می شود جسم متحرک تصویری منجمد و بدون کشیدگی ثبت کند درحالی که این بار تصویر اجسام ساکن به صورت مات و کشیده ثبت می شوند. در این مقاله سعی می شود با اندازه گیری میزان کشیدگی و ایجاد ارتباط میان سرعت جسم و پارامترهای تصویرگیری همچون زاویه دید، فاصله ی سامانه ی اپتیکی از جسم و زمان نوردهی، میزان کشیدگی تصویر فرمول بندی شده، با تغییر پارامترهای فوق کنترل گردد.

کلید واژه- اپتیک هندسی، تصویرگیری از اجسام متحرک، پایداری تصویر، زمان نورگیری، سرعت نورگیری.

کد PACS - ۱۱۰.۰۱۱۰ و ۰۸۰.۰۰۸۰



۱- مقدمه

تصویرگیری از یک جسم متحرک چه منظور تصویرگیری از خود جسم باشد و چه تصویرگیری از حرکت نسبی جسم نسبت به زمینه، دو مقوله ی مورد بحث این مقاله اند. جابجایی سامانه ی اپتیکی و یا موضوع تصویرگیری در حین فرآیند تصویرگیری موجب تغییر در در نتیجه ی کار و ایجاد اثرات نامطلوب از جمله کاهش کیفیت تصاویر می گردد. در دو سوی بحث می توان هدف را به دست آوردن تصویری ایستا از موضوع متحرک و یا تصویری پویا از آن قرار داد. مسأله ی اول موضوعی معمول در فرآیند تصویرگیری است و مورد دوم در حوزه ی مواردی چون عکاسی پان (Pan) و فرآیندهای تصویرگیری مشابه مورد بحث و کاربرد قرار می گیرد [3].

۲- مبانی نظری

هندسه ی تصویرگیری از جسمی که با سرعت ثابت V در فاصله ی D از سامانه ی تصویرگیری ثابت در حرکت است در شکل ۱ و یک تصویر نوعی تهیه شده در شکل ۲ نشان داده شده است.

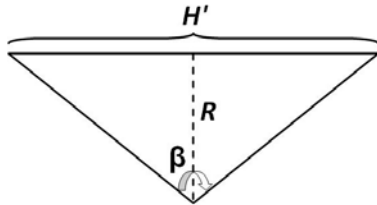


شکل ۲: تصویر تهیه شده با سامانه ی تصویرگیری ثابت.

مهمترین مسأله در تصویرگیری از این جسم زمان تصویرگیری و یا به عبارت دیگر زمان نورگیری از جسم است. در صورتیکه دریچه ی سامانه ی اپتیکی به

$$H = \frac{2RtV}{2D} = \frac{RtV}{D} \quad (3)$$

اگر میدان دید اصلی سامانه را β بنامیم تصویر به دست آمده از صحنه در فاصله R از سامانه طولی برابر H' را پوشش می‌دهد.



شکل ۵: میدان دید و عرض تحت پوشش سامانه

در نتیجه:

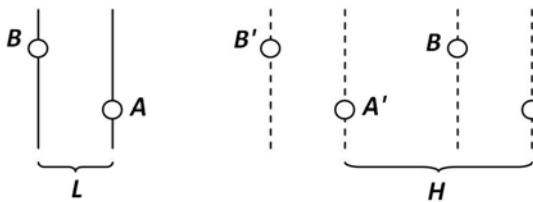
$$H' = 2R \tan(\beta/2) \quad (4)$$

در این رابطه β تابعی است از فاصله کانونی سامانه اپتیکی. اکنون Z را به صورت زیر معرفی می‌کنیم:

$$Z = \frac{H}{H'} \times 100 = \frac{tV}{2D \tan(\beta/2)} \times 100 \quad (5)$$

Z درصد کشیدگی کلی تصویر خواهد بود که مستقل از فاصله جسم از سامانه است. پس جسم ساکن در هر فاصله ای از سامانه اپتیکی باشد کشیدگی برابر پیدا می‌کند. اما ضعف استفاده از Z زمانی است که تصویر ما بازقابگیری (Crop) شده باشد و عرض تصویر از H' متفاوت باشد که در این صورت نمی‌توان از روی تصویر، Z را به دست آورد. برای حل این مشکل معیار دیگری را می‌توان معرفی کرد.

فرض کنید می‌خواهیم از یک ستون تصویرگیری کنیم:



شکل ۶: کشیدگی یک ستون به قطر L

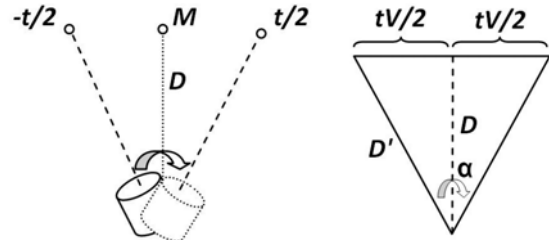
تصویر ستون در طول AB' ، $(L+H)$ کشیده می‌شود. ضریب کشیدگی جزئی تصویر را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$K = \frac{L+H}{L} \quad (6)$$

که از رابطه‌ی (۵) خواهیم داشت:

مدت t ثانیه برای تصویرگیری باز باشد و مبدأ زمان را لحظه عبور جسم از نقطه‌ی M فرض کنیم برای مناسب‌ترین حالت تصویرگیری لازم است دریچه‌ی سامانه اپتیکی از زمان $-t/2$ تا $t/2$ باز باشد.

اکنون فرض می‌کنیم سامانه اپتیکی جسم را در طول t ثانیه‌ی فوق دنبال کند (شکل ۳).



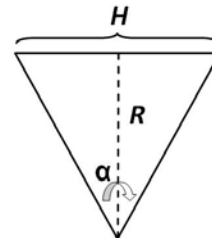
شکل ۳: چرخش سامانه اپتیکی تصویرگیری

در این صورت سامانه اپتیکی تصویرگیری بایستی به اندازه‌ی زاویه‌ی α بچرخد به طوریکه:

$$\alpha = 2 \text{Arctg}(tV/2D) \quad (1)$$

از آنجا که فاصله جسم متحرک از سامانه اپتیکی تصویرگیری بین D و D' متغیر است برای ایجاد یک تصویر با کیفیت بایستی زاویه‌ی α از زاویه‌ی میدان دید سامانه (β) بسیار کوچک تر باشد. اگر فرض شود اجسام متحرک در تصویرگیری سرعتی مابین 5km/h (سرعت راه رفتن عادی) تا 200km/h (سرعت یک اتومبیل سریع) داشته باشند، فاصله سامانه اپتیکی تصویرگیری از جسم متحرک حدود 10m باشد و زمان تصویرگیری های معمول بین 1/250s تا 1s باشد آنگاه با این داده‌ها α را می‌توان در حدود 1° محدود نمود، هرچند خواهیم دید در عمل با مقادیر بزرگتر α نیز کیفیت تصاویر مناسب خواهد بود.

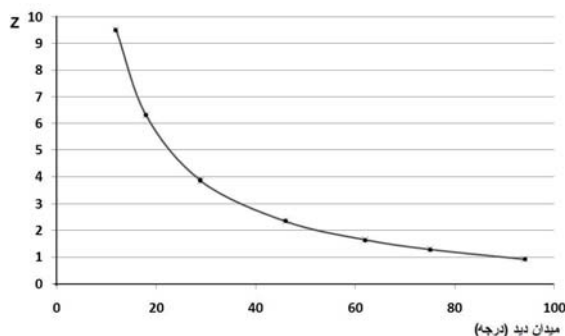
اکنون فرض کنید می‌خواهیم کشیدگی تصویر یک جسم ساکن نقطه‌ای که در پس‌زمینه جسم متحرک (و یا در پیش‌زمینه آن) وجود دارد را محاسبه کنیم. اگر فاصله جسم ساکن از سامانه، R باشد (شکل ۴) داریم:



شکل ۴: کشیدگی یک جسم ساکن نقطه‌ای به اندازه‌ی H

$$H = 2R \tan(\alpha/2) \quad (2)$$

و بنابراین:



شکل ۸: کاهش کشیدگی Z با افزایش میدان دید سامانه اپتیکی

از آنجا که میدان دید از ویژگی‌های اصلی و در اکثر مواقع غیر قابل تغییر سامانه‌های اپتیکی است پارامتری کاربردی در کنترل کشیدگی Z نخواهد بود. از سوی دیگر در رابطه‌ی (۵)، سرعت جسم مورد نظر است و جزء پارامترهای قابل تغییر نیست. بنابراین در عمل t و D پارامترهایی اند که بایستی با تغییر آنها کشیدگی Z را کنترل کنیم.

۴- ایجاد تصویر پایدار

t به عنوان زمان تصویرگیری عاملی بسیار تعیین کننده است. با انتخاب زمان تصویرگیری به اندازه‌ی لازم کوتاه می‌توان علاوه بر تصویر جسم متحرک تصویر پس‌زمینه را نیز در چارچوب تصویرگیری بدون کشیدگی ثبت نمود [۱]. این مسأله در پایدار سازی تصویر (Image stabilization) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه با استفاده از روابطی که تا کنون به دست آورده‌ایم و در چارچوب آنها حدود پایداری تصویر مورد بررسی قرار می‌گیرد. فاصله‌ی کانونی سامانه اپتیکی را 50mm برابر با فاصله‌ی کانونی عدسی نرمال دوربین‌های عکاسی 35mm قرار می‌دهیم که طبق شکل ۷ میدان دید $\beta=46^\circ$ به‌دست می‌دهد. مرز پایداری تصویر را نیز $Z=0.05$ قرار می‌دهیم. با استفاده از رابطه‌ی (۵) خواهیم داشت:

$$\frac{tV}{D} \leq \frac{2 \times 0.05 \times \tan(46/2)}{100} = 4.245 \times 10^{-4} \quad (9)$$

برای سه مقدار از t نمودار رابطه‌ی فوق به صورت زیر است:

$$K = \frac{L + \frac{H'Z}{100}}{L} = \frac{L + \frac{RZ \tan(\beta/2)}{50}}{L} \quad (7)$$

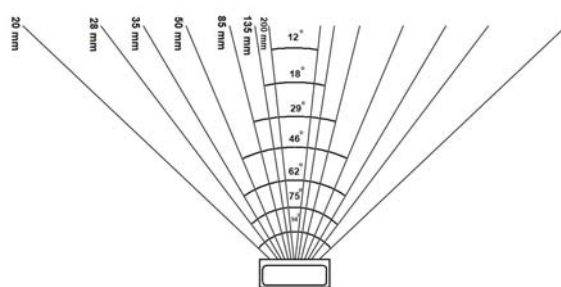
K به R و عرض L وابسته است اما این ویژگی را دارد که اگر یکی از اجزاء پس‌زمینه دارای اهمیت باشد معیاری برای میزان کشیدگی جزئی از تصویر در دست داریم. از سوی دیگر با در دست داشتن R و L حتی در تصاویر بازقابگیری شده می‌توان Z را به‌دست آورد:

$$Z = \frac{50L(K-1)}{R \tan(\beta/2)} \quad (8)$$

مسأله‌ای که در پایان این قسمت شایان ذکر می‌باشد بررسی کنترل میزان انرژی تابشی ورودی به سامانه‌ی تصویرگیری در حین فرآیند تصویرگیری است که نقش تعیین کننده‌ای در کیفیت تصویر دارد. پارامتری که مقدار انرژی منتقل شده به صفحه‌ی تصویر را کنترل می‌کند قطر دریچه یا مردمک ورودی (NA, F#) سامانه‌ی تصویرگیری است. با تغییر قطر دریچه عمق میدان تصویر نیز تغییر می‌کند که برای کشیدگی مورد بررسی ما مسأله‌ی اصلی نیست و به عبارت دیگر در فرآیند تصویرگیری آزادی عملی می‌دهد که بتوان انرژی تابشی منتقل شده به صفحه‌ی تصویر را با شدت نور محیط هماهنگ کرد.

۳- رابطه‌ی کشیدگی تصویر و میدان دید سامانه

میدان دید سامانه‌ی اپتیکی (β) با افزایش فاصله‌ی کانونی کاهش و با کاهش فاصله‌ی کانونی افزایش می‌یابد (شکل ۷).



شکل ۷: میدان دید سامانه‌ی اپتیکی به فاصله‌ی کانونی آن وابسته است [2].

بنابراین طبق رابطه‌ی (۵) استفاده از سامانه‌ای با فاصله‌ی کانونی زیاد Z را افزایش می‌دهد در حالی که استفاده از فاصله‌ی کانونی کم موجب کاهش کشیدگی تصویر می‌شود. با قرار دادن مقدار 0.01 برای جمله‌ی $tV/2D$ در رابطه‌ی (۵) و با استفاده از شکل ۷ نمودار شکل ۸ به‌دست می‌آید.

سرعت جسم در شکل فوق کمتر از سرعت مجاز برای پایداری تصویر است و زمان کوتاه تصویرگیری با توجه به سرعت خطی نقاط دورانی چرخ تعیین شده است.

۵- مثال‌های عملی

در این قسمت به ارائه‌ی دو مثال از تغییرات پارامترهای تصویرگیری در جهت ایجاد کشیدگی‌های متفاوت می‌پردازیم. برای تهیه تصاویر از یک دوربین عکاسی 35mm با یک لنز نرمال (50mm) استفاده شده است.

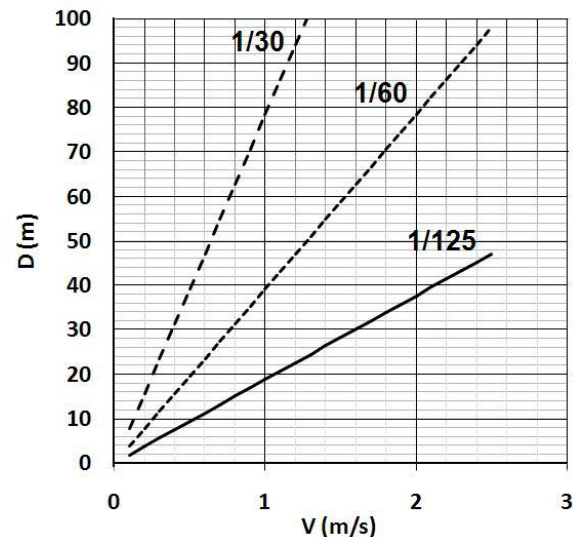
در شکل ۱۱ تصویری با $Z=0.2$ نمایش داده شده است. پارامترهای تصویرگیری مورد استفاده $t=1/125\text{ s}$, $D=15\text{ m}$, $V=3\text{ m/s}$ (دیافراگم دوربین) بین 3.5 و 5.6 تنظیم گردیده تا نورسنجی مناسب برای فیلم عکاسی با حساسیت ISO100 فراهم گردد.



شکل ۱۱: تصویری با $Z=0.2$.

در نگاه اول تشخیص کشیدگی آسان نیست اما با مقایسه‌ی شکل ۱۰ با شکل ۱۱ و دقت در نقاط پر نور همچون پنجره‌ها حتی این میزان کوچک Z قابل تشخیص می‌گردد. (این مقدار ۵ برابر $Z=0.05$ است که در پایداری تصویر به کار بردیم).

شکل ۱۲ تصویری است با $Z=0.9$ با پارامترهای تصویرگیری $t=1/30\text{ s}$, $D=11\text{ m}$, $V=5.5\text{ m/s}$. در اینجا نیز از فیلم عکاسی با حساسیت ISO100 استفاده شده که نورسنجی مطلوب را در دیافراگم F/8 به دست داده است.



شکل ۹: نمودار فاصله‌ی سامانه‌ی تصویرگیری از جسم بر حسب سرعت جسم.

در شکل ۹ فضای بالای هر نمودار نشان دهنده‌ی D و V مجاز برای تصویرگیری پایدار با زمان‌های مشخص و با تعیین مرز $Z=0.05$ است. از این نمودار مشخص می‌گردد که برای سرعتی معین زمان تصویرگیری کوتاه‌تر امکان بیشتری برای دور شدن از جسم متحرک به دست می‌دهد. به عبارت دیگر با فرض ساکن بودن جسم و حرکت سامانه‌ی تصویرگیری با سرعت $-V$ ، زمان کوتاه‌تر تصویرگیری عمق بدون کشیدگی بیشتری در اختیار می‌گذارد. برای مثال اگر سامانه‌ی اپتیک با سرعت راه رفتن عادی حرکت داده شود ($V=1.4\text{ m/s}$) و زمان تصویرگیری $1/60\text{ s}$ باشد، اجسامی که از سامانه فاصله‌ی $D=55\text{ m}$ و یا دورتر دارند به صورت کشیده ثبت نخواهند شد. D در اینجا کمترین فاصله‌ی مجاز است که برای زمان تصویرگیری $1/125\text{ s}$ به 26 m کاهش می‌یابد.

در عمل مرز تعیین شده برای Z بسیار سختگیرانه است. در شکل ۱۰ تصویری با $Z=0.08$ نمایش داده شده که هنوز یک تصویر پایدار را ارائه می‌کند. ($t=1/250\text{ s}$, $D=12\text{ m}$, $V=3.5\text{ m/s}$).



شکل ۱۰: یک تصویر پایدار.



شکل ۱۲: تصویری با $Z=0.9$.

کشیدگی تصویر پس‌زمینه در این تصویر محسوس‌تر شده و از سوی دیگر اجزاء تصویر هنوز ماهیت خود را حفظ کرده‌اند.

۶- نتیجه‌گیری

مسأله‌ی کشیدگی تصاویر در فرآیند تصویرگیری قابل کنترل و بعضاً مطلوب است. استفاده از محاسبات فوق به جای فرآیند آزمون و خطا در عکاسی، پان و شناخت کمی محدودیت‌های عملی در ایجاد و یا حذف جلوه‌های تصویری موجب افزایش دقت در کار و کیفیت در تصاویر شده، تولید تصاویر بدیع را تکرار پذیر و آسان می‌سازد. دایره‌ی کاربرد این بحث و محاسبات آن را می‌توان به فیلم برداری گسترش داد و از آن برای القای محیط‌های تصویر برداری، پر سرعت به مخاطب سود جست.

سپاسگزاری

مؤلفین از تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان برای حمایت از این مقاله قدردانی می‌نمایند.

مراجع

- [۱] فی نینگر، آندریاس، **تکنیک عکاسی**، ترجمه‌ی نصراله کسرائیان، شباهنگ، ۱۳۶۴.
- [2] Robertson , Gray ,*Photographic Equipments*, Focal Press,London, 1984.
- [3] Dennis ,Ervin ,*Applied Photography* , Delmer Pub. Inc. , 1993.

The effect and control of imaging parameters on image's stretch in imaging of moving objects.

Mehdi Bahrami, Hamidreza Falah

Quantum Optics Group, Physics Department, University of Isfahan

Abstract- In usual photography a stationery lens is used. So the image of moving object is recorded as a stretched image. In this paper, imaging of moving objects with moving lens is studied to find the relations between the stretch size and the parameters of imaging such as $F\#$, shutter speed and object's velocity. The results show that we can control or determine the desired stretch size by controlling these parameters.

Keywords: Imaging systems, Geometrical optics, Image stabilization.

PACSNo: 110.0110 & 080.0080