INSO

16420-1

1st. Edition

Jun.2013

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۱-۱۶۴۲۰

چاپ اول

تیر ۱۳۹۲

آزمون غیر مخرب- ارزیابی کیفی سیستم‌های دیجیتالی‌کننده فیلم پرتونگاری- قسمت۱: تعاریف، اندازه‌گیری کمی پارامترهای کیفی تصویر، فیلم مرجع استاندارد و کنترل کیفی

Non-destructive testing- Qualification of radiographic film digitisation systems-

Part 1:**Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control**

ICS:37.040.25

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«آزمون غیر مخرب- ارزیابی کیفی سیستم‌های دیجیتالی‌کننده فیلم پرتونگاری- قسمت۱: تعاریف، اندازه‌گیری کمی پارامترهای کیفی تصویر، فیلم مرجع استاندارد و کنترل کیفی»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
موافقی، امیر (دکترای مهندسی پرتوپزشکی)	پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای
دبیر:	
شریفی یزدی، الهام (کارشناس ارشد فیزیک)	مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور- سازمان انرژی اتمی ایران
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
انصاری، شعله (کارشناس مهندسی برق)	مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور- سازمان انرژی اتمی ایران
حسین‌پورصیامی، نوشین (کارشناس فیزیک)	مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور- سازمان انرژی اتمی ایران
خادم شریعت، هاجر (کارشناس ارشد فیزیک پزشکی)	مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور- سازمان انرژی اتمی ایران
سجادی، حسین (کارشناس الکترونیک)	مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور- سازمان انرژی اتمی ایران
شاه احمدقاسمی، فائزه سادات (کارشناس ارشد مخابرات)	مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور- سازمان انرژی اتمی ایران

محمدزاده، نورالدین
(کارشناس فیزیک)

عضو هیات علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		د
پیش گفتار		ز
مقدمه		ح
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	روش‌های اجرایی ارزیابی	۶
۵	فیلم مرجع استاندارد	۱۱
۶	کنترل کیفی و پایداری درازمدت سیستم دیجیتالی‌کننده	۱۴

پیش گفتار

استاندارد" آزمون غیر مخرب- ارزیابی کیفی سیستم‌های دیجیتالی کننده فیلم پرتونگاری– قسمت ۱: تعاریف،اندازه‌گیری کمی پارامترهای کیفی تصویر، فیلم مرجع استاندارد و کنترل کیفی " که پیش نویس آن درکمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در صد و سی و دومین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد خدمات مورخ ۹۱/۵/۲۵ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 14096-1:2005, Non-destructive testing- Qualification of radiographic film digitisation system-Part1:Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard refrence film and qualitative control

مقدمه

سیستم‌های پرتونگاری با فیلم توسط پرتوهای ایکس و گاما در بازرسی صنعتی به کار می‌روند. برای استفاده از قابلیت‌های نوین کامپیوتری در تحلیل، ارسال و نگهداری داده‌ها، اطلاعات ثبت شده بر روی فیلم پرتونگاری باید به داده‌های دیجیتال تبدیل شوند (دیجیتالی‌کردن)[1]. این استاندارد ملی حداقل الزامات را برای اطمینان از حفظ اطلاعات مرتبط برای ارزیابی داده‌های دیجیتال در طی فرایند دیجیتالی‌کردن تعریف می‌کند.

این استاندارد با حمایت معنوی انجمن بینایی ماشین و پردازش تصویر ایران تدوین شده است.

1- Digitisation

آزمون غیر مخرب- ارزیابی کیفی سیستم‌های دیجیتالی کننده فیلم پرتونگاری— قسمت ۱: تعاریف، اندازه‌گیری کمی پارامترهای کیفی تصویر، فیلم مرجع استاندارد و کنترل کیفی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ملی تعیین روش‌های اجرایی برای ارزیابی پارامترهای اساسی کارآیی فرایند دیجیتالی‌کردن فیلم پرتونگاری شامل قدرت تفکیک مکانی و خطی بودن مکانی، گستره چگالی، حساسیت کنتراست چگالی و منحنی مشخصه انتقال است. این روش‌های اجرایی را می‌توان در نرم‌افزار سیستم لحاظ کرده و به همراه فیلم مرجع استاندارد (مطابق با بند ۵) برای کنترل کیفی فرایند دیجیتالی‌کردن استفاده کرد. این فیلم مرجع مجموعه‌ای از الگوهای آزمون برای ارزیابی کارآیی را فراهم می‌کند. الگوهای آزمون برای ارزیابی یک سیستم دیجیتالی‌کننده با حداقل قدرت تفکیک مکانی ۲۵ μm ، حداقل حساسیت کنتراست چگالی برابر با ۰/۰۲ چگالی اپتیکی، گستره چگالی از ۰/۵تا ۴/۵ و حداکثر اندازه فیلم mm^2 (۳۵۰×۴۳۰) مناسب هستند. این استاندارد پردازش سیگنال و نمایش داده‌های دیجیتال را دربرنمی‌گیرد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۸۳۳، آزمون‌های غیر مخرب- فیلم‌های پرتونگاری صنعتی قسمت اول: رده‌بندی سیستم‌های فیلم برای پرتونگاری صنعتی: سال ۱۳۸۵

2-2 ISO 14096-2, Non-destructive testing- Qualification of radiographic film digitization systems- Part 2: Minimum requirements

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند:

۱-۳

سیستم دیجیتالی‌کننده فیلم پرتونگاری

دیجیتایزر[1] **(رقمی‌ساز)**

در دیجیتایزر عملیات زیر به ترتیب انجام می‌شود:

الف- آشکارسازی عبور نفوذی از یک واحد کوچک در سطح فیلم (پیکسل، المان تصویر) توسط یک آشکارساز نوری که خروجی آن یک سیگنال الکتریکی است (دیجیتالی‌کردن هندسی)؛

ب- تبدیل این سیگنال الکتریکی به یک مقدار عددی (دیجیتالی‌کردن چگالی‌سنجی)

۲-۳

دریچه روبش

S_A

گستره مکانی (سطح) فیلم پرتونگاری که دیجیتایزر در هنگام دیجیتالی‌کردن هندسی آن را به عنوان یک پیکسل روبش می‌کند

اندازه دریچه روبش به صورت زیر تعیین می‌شود:

- برای دریچه مستطیل شکل: ضلع بزرگ‌تر،
- برای دریچه دایره شکل: قطر.

اندازه دریچه روبش **قدرت تفکیک مکانی** دیجیتایزر را محدود می‌کند.

۳-۳

اندازه پیکسل

P

فاصله هندسی میان مرکز پیکسل‌های مجاور در یک ردیف (گام افقی) یا در یک ستون (گام عمودی) در تصویر روبش شده

۴-۳

1- Digitiser

چگالی اپتیکی

D

مقدار لگاریتم در مبنای ده نسبت شدت نور نفوذی[1] در جلو (I_O) و پشت (I_D) فیلم پرتونگاری بر طبق معادله (۱):

$$D = \log \frac{I_O}{I_D} \qquad (۱)$$

۵-۳

تابع پهن‌شدگی لبه

ESF[2]

نمودار به‌دست آمده از یک تابع پله‌ای پس از دیجیتالی کردن

یادآوری- این تابع می‌تواند برحسب شدت نور یا چگالی اپتیکی باشد.

۶-۳

عدم وضوح دیجیتایزر

U_D

محو شدن لبه‌های تیز توسط دریچه روبش، نور پراکنده شده، صاعقه یا پهنای باند الکترونیکی

این مقدار با استفاده از فاصله هندسی متناظر با نقطه ۱۰٪ و ۹۰٪ تابع پهن‌شدگی لبه (ESF) از یک تابع پله‌ای شدت نور به‌دست می‌آید.

۷-۳

بسامد مکانی

f

با استفاده از تغییرات سینوسی شدت در راستای یک محور هندسی تعریف می‌شود

دوره تناوب این تابع برحسب تعداد جفت خط‌ها در یک میلیمتر (lp/mm) اندازه‌گیری می‌شود.

۸-۳

مقدار بیشینه بسامد مکانی

f_c

1- Diffuse Light

2- Edge Spread Function

در حالت نظری این مقدار، برحسب تعداد جفت خطها در یک میلیمتر و طبق نظریه نمونه‌برداری نایکوئیست[1] از معادله (۲) به‌دست می‌آید:

$$f_c=1/(2*P) \qquad (۲)$$

در عمل، اندازه دریچه روبش، پارامترهای مکانیکی و الکترونیکی دیجیتایزر این مقدار نظری را کاهش می‌دهند.

۹-۳

تابع انتقال مدولاسیون

MTF[2]

مقدار نرمال شده‌ی تبدیل فوریه‌ی (FT) مشتق چگالی اپتیکی مکانی تابع پهن‌شدگی لبه (ESF) (به شکل ۱ مراجعه شود)

این مقدار، تابع عدم وضوح دیجیتایزر (انتقال کنتراست به صورت تابعی از اندازه جسم) را شرح می‌دهد.

یادآوری- محاسبه MTF بر اساس چگالی‌های اپتیکی متناظر با دز پرتو ایکس انجام می‌شود.

۱۰-۳

گستره چگالی

D_R

گستره بین بیشینه و کمینه چگالی‌های اپتیکی که می‌توان با دیجیتایزر اندازه‌گیری کرد

بسته به ساختار دیجیتایزر، این گستره چگالی را می‌توان به چندین گستره کاری تقسیم کرد (به عنوان مثال براساس شدت‌های مختلف روشنایی و/یا زمان‌های مختلف جمع‌آوری داده آشکارساز).

۱۱-۳

منحنی مشخصه انتقال

CTC[3]

رابطه بین چگالی اپتیکی فیلم و داده‌های دیجیتال شده

۱۲-۳

قدرت تفکیک دیجیتالی (برحسب بیت)

1- Nyquist

2- Modulation Transfer Function

3- Characteristic Transfer Curve

تعداد بیت‌های مربوط به مبدل آنالوگ به دیجیتال دیجیتایزر که برای دیجیتالی‌کردن چگالی‌سنجی به‌کار می‌روند

یادآوری- قدرت تفکیک یک داده دیجیتالی N بیتی معادل با 2^N مقدار دیجیتال است.

۱۳-۳

گام نمونه‌برداری چگالی

ΔD_{SP}

تغییرات چگالی اپتیکی مربوط به افزایش ۱ واحدی در مقدار دیجیتال شده

یادآوری- این تغییرات چگالی به منحنی مشخصه انتقال دیجیتایزر بستگی دارد. گام نمونه‌برداری چگالی می‌تواند تابعی از چگالی باشد.

۱۴-۳

حساسیت کنتراست چگالی

ΔD_{CS}

حداقل تغییرات چگالی فیلم که توسط دیجیتایزر تشخیص داده می‌شود

این مقداربه طور عمده با توجه به نویز فرآیند دیجیتالی کردن توسط دیجیتایزر (نویز کوانتومی آشکارساز نور) تعیین می‌شود.

۱۵-۳

گستره کار

D_{WR}

گستره چگالی‌های اپتیکی که در آن ، دیجیتایزر حداقل حساسیت کنتراست چگالی را در یک‌بار جمع‌آوری داده‌ها تضمین می‌کند

تنها در این گستره چگالی، داده‌های دیجیتال‌شده را می‌توان مورد ارزیابی قرار داد. بسته به ساختار دیجیتایزر، بیش از یک گستره کاری ، به عنوان مثال فیلم‌های روشن‌تر یا تیره‌تر، می‌تواند وجود داشته باشد.

۱۶-۳

جمع‌آوری یک‌باره داده‌ها

دیجیتالی‌کردن یک فیلم پرتونگاری که با یک بار روبش انجام شود.

این نتایج مجموعه‌ای از داده‌ها هستند که در معرض هیچ گونه پردازش بیشتری قرار نمی‌گیرند. برای جمع‌آوری آن‌ها از یک مجموعه یکتا از پارامترهای سیستم دیجیتایزر استفاده می‌شود.

۱۷-۳

فیلم مرجع استاندارد

تصویر ثبت شده بر روی یک فیلم پرتونگاری صنعتی حاوی تمامی الگوهای مرجع شرح داده شده در این استاندارد

۱۸-۳

الگوها

الگوهای فیزیکی بر روی فیلم مرجع استاندارد که برای ارزیابی دیجیتایزر مورد استفاده قرار می‌گیرند

۱۹-۳

آرتیفکت[1]

عیب مصنوعی، نشانه‌ای بر روی پرتونگاشت که ناشی از اشکال در ساخت، انبارش، جابجایی، پرتودهی و یا فرآوری بوده ولی منحصر به این‌ها نمی‌شود

۴ روش‌های اجرایی ارزیابی

۴-۱ ارزیابی منحنی مشخصه انتقال، گستره چگالی، اندازه پیکسل و حساسیت کنتراست (تباین) چگالی

۴-۱-۱ الگوی پله‌ای چگالی

برای اندازه‌گیری منحنی مشخصه انتقال، گستره چگالی و حساسیت کنتراست چگالی دیجیتایزر، یک الگوی چگالی پله‌ای روی پرتونگاشت مرجع (فیلم مرجع استاندارد) با الزامات زیر مورد نیاز است:

- چگالی اپتیکی آن، بازه بین D=۰/۵ و D=۴/۵ را پوشش دهد،
- تغییر چگالی اپتیکی بین دو پله مجاور بزرگ‌تر از ΔD=۰/۵ نباشد،
- مساحت هر پله حداقل mm^2 ۱۰۰ باشد،
- برای دستیابی به نویز کم‌تر از ΔD=۰/۰۱ (در اندازه پیکسل برابر ۸۸/۶ μm) خواهد شد، باید از یک فیلم دانه‌ریز (سیستم کلاس C1 در استاندارد ملی ایران شماره ۱- ۸۸۳۳) با پرتودهی کم استفاده شود.

۴-۱-۲ منحنی مشخصه انتقال (CTC)

1_ Artefact

برای تهیه یک مجموعه یکتا از پارامترهای دیجیتایزر، داده‌های الگوی پله‌ای چگالی روی فیلم مرجع یک‌بار جمع‌آوری می‌شوند. برای هر پله چگالی D_i، باید مقدار میانگین حسابی، $\overline{gl_i}$، مقادیر دیجیتال‌شده، $gl_{j,i}$، برای مساحت ۱۵× ۱۵ پیکسل از معادله (۳) محاسبه شود:

$$\overline{gl_i} = \frac{1}{225} \times \sum_{j=1}^{225} gl_{j,i} \qquad (۳)$$

منحنی مشخصه انتقال دیجیتایزر از جدول D_i برحسب $\overline{gl_i}$ رسم می‌شود.

مقادیر چگالی از دست رفته بین پله‌های چگالی اندازه‌گیری شده را می‌توان با شرایط زیر درون‌یابی کرد:

- برای سیستم‌های خطی (داده‌های دیجیتال متناسب با شدت نور) منحنی باید لگاریتمی باشد،

- برای سیستم‌های لگاریتمی (داده‌های دیجیتال متناسب با چگالی اپتیکی فیلم، که توسط تقویت کننده‌های لگاریتمی الکترونیکی یا LUT[1] دیجیتال تهیه شده‌اند) منحنی باید خطی باشد.

داده‌های دیجیتال که توسط دیجیتایزر تولید شده‌اند و مقادیر چگالی اپتیکی متناظر، باید در یک جدول و/یا نمودار گزارش شوند.

مقادیر ناپیوسته چگالی که با داده‌های دیجیتال بیان می‌شوند باید $D(gl)$ نامیده شوند.

برای الگوی چگالی پله‌ای در جهت روبش و عمود بر آن با توجه به ساختار دیجیتایزر ، CTC می‌تواند متفاوت باشد.

۴-۱-۳ گستره چگالی (D_R)

گستره چگالی دیجیتایزر با استفاده از منحنی مشخصه انتقال تعیین می‌شود و مقدار آن اختلاف بین کمینه و بیشینه چگالی اپتیکی است که دیجیتایزر توانایی تفکیک آن را دارد. کمینه و بیشینه چگالی اپتیکی را می‌توان برای مجموعه معینی از پارامترهای دیجیتایزر از منحنی مشخصه انتقال مربوطه به‌دست آورد. اما ممکن است پارامترهای دیجیتایزرای باشند که منجر به انتخاب منحنی مشخصه انتقال متفاوتی شوند. بنابراین گستره چگالی از مقادیر بیشینه و کمینه چگالی اپتیکی تمام منحنی‌های مشخصه انتقال ممکن محاسبه می‌شود.

۴-۱-۴ اندازه پیکسل (P)

اندازه پیکسل با ارزیابی الگوهای خطی بودن مکانی فیلم مرجع استاندارد تعیین می‌شود. اندازه پیکسل (P) را می‌توان با تقسیم کردن فاصله معلوم این الگوها بر تعداد پیکسل‌های موجود در تصویر دیجیتال‌شده، محاسبه کرد. این محاسبات باید در امتداد ردیف و ستون تصویر انجام شود.

1- Look-Up-Table

۴-۱-۵ حساسیت کنتراست چگالی (ΔD_{CS})

ارزیابی حساسیت کنتراست چگالی ،ΔD_{CS}، بر پایه محاسبه انحراف معیار استاندارد ،σ_D، پیکسل‌های مجاور در یک ناحیه از فیلم با چگالی اپتیکی ثابت، انجام می‌شود. این محاسبات باید بر روی مقادیر دیجیتال‌شده چگالی اپتیکی فیلم کالیبره شده ،$D(gl)$، انجام شود. جهت سهولت ، برای تمام موارد زیر یک همسایگی ۲۲۵ پیکسلی در نظر گرفته می‌شود. انحراف معیار استاندارد ،σ_D، چگالی کالیبره شده ،$D(gl_i)$، برای این ۲۲۵ مقدار در یک پله چگالی معین، طبق معادله (۴) محاسبه می‌شود:

$$\sigma_D = \frac{1}{\sqrt{224}} \cdot \sqrt{\sum_{n=1}^{225} \left[D(gl_n) - \frac{1}{225} \cdot \sum_{m=1}^{225} (D(gl_m)) \right]^2} \qquad (۴)$$

σ_D، نویز مربوط به خود دیجیتایزر را در مقدار چگالی مورد نظر نشان می‌دهد. بنابراین حساسیت کنتراست چگالی(با مقیاس‌گذاری اندازه واقعی پیکسل دیجیتایزر ،P، به اندازه پیکسل ۸۸/۶ μm) از معادله (۵) پیروی می‌کند:

$$\Delta D_{CS} = 2\sigma_D \times (P / 88.6\mu m) \qquad (۵)$$

برای مقایسه حساسیت کنتراست چگالی دیجیتایزرها با اندازه پیکسل‌های مختلف ، مقدار ΔD_{CS} به پیکسل مربعی با اندازه ۸۸/۶ μm اشاره می‌کند. این مقدار متناظر با قطر ۱۰۰ μm دریچه ریز چگالی‌سنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری‌های دانه‌بندی در استاندارد ملی شماره ۱- ۸۸۳۳ متناظر است.

بهتر است عملیات تعیین انحراف معیار استاندارد به روش زیر انجام شود:

برای هر پله چگالی از الگوی پله‌ای چگالی فیلم مرجع استاندارد، یک ماتریس مربعی ۱۵× ۱۵ از پیکسل‌های همسایه را می‌توان ارزیابی کرد. انحراف معیار استاندارد چگالی کالیبره شده،$D(gl_i)$، این مجموعه ۲۲۵ مقداری را می‌توان از روش بالا محاسبه کرد که حاصل آن نویز مربوط به خود دیجیتالی‌کردن در این مقدار چگالی است. از این روش تنها هنگامی نتیجه درست به دست می‌آید که نویز فیلم الگوی چگالی پله‌ای کمتر از نویز دیجیتالی کردن ناشی از اسکنر باشد.

یادآوری- بهتر است نواحی مورد ارزیابی، بازرسی چشمی شوند تا هیچ گرد و غبار یا خراشی در فیلم مرجع استاندارد این ارزیابی را مختل نکند.

۴-۲ ارزیابی مقدار بیشینه فرکانس مکانی، عدم وضوح دیجیتایزر و تابع انتقال مدولاسیون

۴-۲-۱ کلیات

قدرت تفکیک مکانی دیجیتایزر تحت تاثیر بخش اپتیکی[1] سیستم، پاسخ مدارهای الکترونیکی و دقت سیستم مکانیکی است. بخش اپتیکی که اثر کلی آن محوشدگی تصویر است، یک پاسخ خطی مستقل از مکان ایجاد می‌کند. این محوشدگی مستقل از چگالی اپتیکی است. در بعضی تجهیزات، مثل اسکنرهای نقطه نوری صفحه تخت تصحیح نشده[2]، قدرت تفکیک مکانی بستگی به موقعیت مکانی روی فیلم دارد.

۴-۲-۲ مقدار بیشینه بسامد مکانی (f_c)

با استفاده از الگوهای آزمونِ جفت خط‌های همگرا یا جفت خط‌های موازی (برای توضیح به بند ۵-۲-۱ مراجعه شود) می‌توان بالاترین بسامد مکانی نمایش داده‌شده برحسب جفت خط بر میلیمتر (lp/mm) را هنگامی که تمام خطوط روشن به‌وسیله خطوط تیره از هم جدا شدند تعیین کرد.

هشدار- به دلیل وجود آرتیفکت‌های ناشی از دیجیتالی‌کردن(اعوجاج‌های دندانه‌دار[3])، تشخیص مقدار بیشینه درست، مخصوصا برای الگوی آزمون جفت خط موازی، مشکل است. ایجاد یک اختلاف کوچک بین جهت الگوی آزمون و جهت روبش می‌تواند الگوهای موئر[4] را به طور قابل ملاحظه‌ای تصحیح کند.

۴-۲-۳ عدم وضوح دیجیتایزر (U_D)

برای اندازه‌گیری عدم وضوح دیجیتایزر (برحسب میلیمتر) از یک تابع پله‌ای چگالی حاصل از الگوی آزمون چگالی پله‌ای (به بند ۵-۱ مراجعه شود) استفاده می‌شود. تابع پهن‌شدگی لبه(ESF) مربوط به پله چگالی اسکن شده، عدم وضوح دیجیتایزر را تعیین می‌کند. عدم وضوح، برابر با فاصله هندسی مقدار ده درصد ESF تا نود درصد ESF برحسب واحدهای شدت نور است. بهتر است ESF در جهت روبش و عمود بر آن تعیین شود. ESF مورد استفاده برای محاسبه MTF باید از محور چگالی کالیبره‌شده به‌دست آید.

۴-۲-۴ تعیین تابع انتقال مدولاسیون (MTF)

نقطه آغاز محاسبه MTF تعیین ESF از ارزیابی عدم وضوح است (به شکل ۱ مراجعه شود). برای از بین بردن نویز بهتر است حداقل از ۹ مقدارESF مربوط به خطوط مجاور عمود بر پله چگالی میانگین گرفته شود. در مرحله بعدی برای به‌دست آوردن تابع پهن‌شدگی خط، LSF، باید از ESF میانگین‌گیری شده، به روش عددی مشتق‌گیری شود (به عنوان مثال محاسبه فواصل نقاط پشت سر هم)، معادله (۶) را ملاحظه کنید:

$$LSF_i=ESF_i-ESF_{i-1} \qquad (۶)$$

در آخرین مرحله MTF را می‌توان از تبدیل فوریه LSF طبق معادله (۷) محاسبه کرد:

1- Optical Aperture

2 -Uncorrected Flying Spot Flat Bed Scanners

3- Aliasing

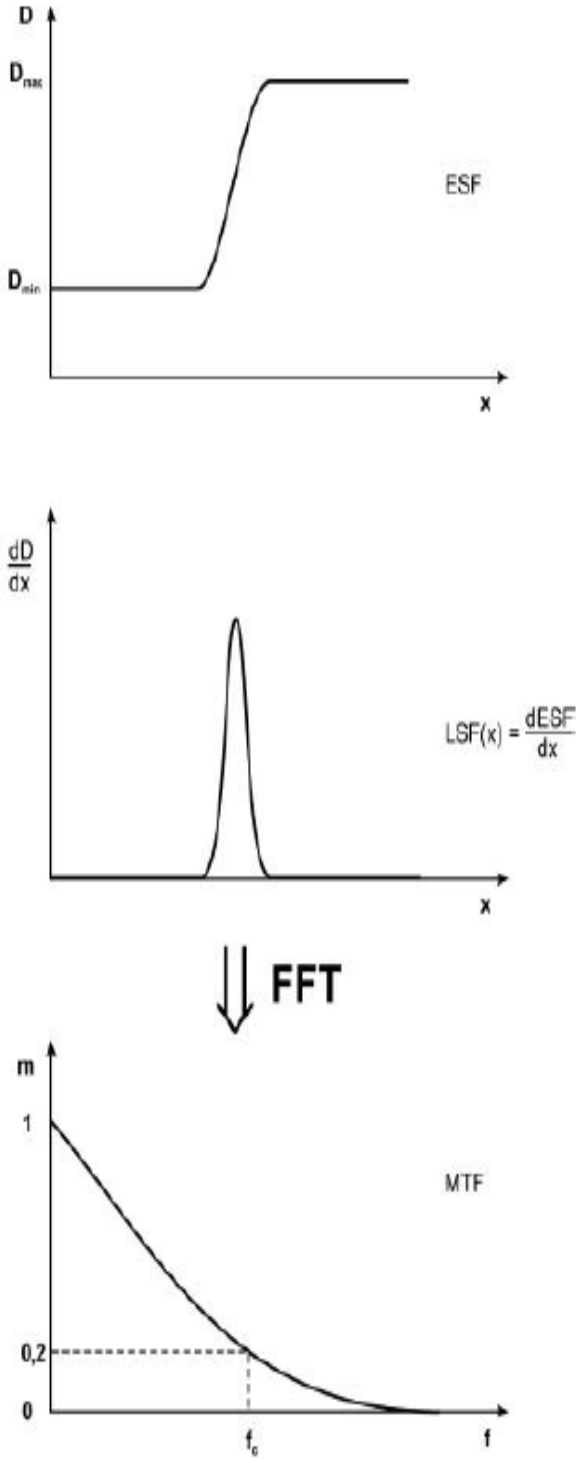
4- Moire

$$MFT_m = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N-1} LSF_n} \left| \sum_{n=0}^{N-1} LSF_n . \exp(\frac{2\pi inm}{N}) \right| \quad (۷)$$

تابع MTF، انتقال کنتراست را به صورت تابعی از اندازه سوژه بیان می‌کند. MTF یک تابع حساس بـه کیفیـت تصویر دیجیتایزر است.

یادآوری ۱- توصیه می‌شود قدرت تفکیـک MTF، از ۲۰٪ مقـدار آن تعیـین شـود (MTF_{fc}= 0.2 ، f_c، مقـدار بیشـینه بسـامد مکانی).

یادآوری ۲- معمولا میزان کاهش MTF در اسکنرهای CCD بیشتر از اسکنرهای لیزری با همان قدرت تفکیک مکانی است.



راهنما:

m مدولاسیون

f بسامد مکانی

شکل ۱- اصول تعیین MTF

۴-۳ ارزیابی‌های دیگر

۴-۳-۱ سفیدک[1] یا صاعقه[2]

برای یافتن شواهدی از نوردهی بیش از حد یا رگه‌دار شدن نواحی با کنتراست چگالی بالا(به عنوان مثال در اطراف الگوی چگالی پله‌ای)، فیلم مرجع استاندارد دیجیتال شده را (مطابق با آنچه در بند ۵ آمده‌است) بررسی کنید. این حالت می‌تواند در اثر اشباع آشکارساز نور، یا انتقال شدت از نواحی با شدت نور بالا به نواحی تیره با شدت پایین‌تر به وجود آید که با استفاده از بندهای۴-۲-۲ و ۴-۲-۳ اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۳-۲ آرتیفکت‌های دیجیتالی کردن

برای یافتن شواهدی از آرتیفکت‌های که روی فیلم روبش‌شده وجود ندارند(به عنوان مثال، خطوط و رگه‌های عمودی یا افقی، گرد و غبار یا لکه‌های کثیف و غیره)، تصویر حاصل باید بررسی شود.

بهتر است فیلم پس از روبش، برای یافتن خراش‌های احتمالی ناشی از سازوکار انتقال فیلم در دیجیتایزر مورد بررسی قرار گیرد.

۴-۳-۳ اعوجاج‌های هندسی

خطی بودن مکانی دیجیتایزر باید به‌وسیله مقیاس (برای الگوهای خطی مکانی، به بند ۵-۲-۴ مراجعه شود) در جهت x وy روی فیلم مرجع استاندارد بررسی شود. بهتر است به‌منظور اجتناب از اعوجاج هندسی تصویر،سیستم انتقال فیلماز کج شدن یا تاب خوردن فیلم پیشگیری کند.

۵ فیلم مرجع استاندارد

۵-۱ کلیات

فیلم مرجع استاندارد دارای پنج نوع الگو است که برای ارزیابی پارامترهای مختلف سیستم دیجیتالی‌کننده استفاده می‌شوند. الگوها در یک چگالی زمینه $D=$ ۳ قرار دارند. فیلم مرجع استاندارد به سه ناحیه با اندازه‌های mm^2 (۲۵۰ × ۲۰۰)، mm^2 (۳۵۰ × ۲۸۰) و mm^2 (۴۳۰ × ۳۵۰) تقسیم شده است. این نواحی برای دیجیتایزرهایی که قابلیت کار کردن با فیلم‌هایی به ابعاد mm^2(۴۳۰ × ۳۵۰) را ندارند، ایجاد شده‌اند. ممکن است فیلم مرجع استاندارد برای متناسب کردن با دیجیتایزر خاصی برش داده شود ولی هنوز شامل تمام الگوهای مورد نیاز در داخل هریک از این نواحی باشد (برای مشاهده تصویر این فیلم به شکل ۲ مراجعه کنید).

یادآوری- این استاندارد همان فیلم مرجع استاندارد را توصیف می‌کندکه در ASTM E 1936 استفاده می‌شود.

1- Blooming

2- Flare

۵-۲ توصیف الگوهای آزمون

۵-۲-۱ الگوهای قدرت تفکیک مکانی همگرا

این الگوها شامل ۳ گروه یکسان، با حداقل ۶ جفت خط همگرا در هر گروه هستند. این الگوها، بیشینه قدرت تفکیک حداقل ۲۰ lp/mm، کمینه قدرت تفکیک ۱ lp/mm و کنتراست چگالی $\Delta D = ۲/۵ \pm ۰/۵$ با بیشینه چگالی $D = ۰/۵$ برای خطوط روشن را دارند. این سه الگو در زوایای صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه جهت‌گیری شده‌اند. قدرت تفکیک بیشینه به سمت گوشه‌های فیلم آزمون مرجع جهت‌گیری شده است. نشانه‌های مرجع برای نشان دادن قدرت تفکیک مکانی در مقادیر ۲۰ lp/mm و ۱۵،۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱ایجاد شده‌اند.

۵-۲-۲ الگوهای حساسیت کنتراست چگالی

این الگوها شامل نواحی به مساحت $۱۰ \times ۱۰ \text{ mm}^2$ است که در مرکز بلوک‌هایی به اندازه $۴۰ \times ۴۰ \text{ mm}^2$ با چگالی کمی متفاوت قرار گرفته‌اند. دو مجموعه از این بلوک‌ها استفاده می‌شوند، یکی مجموعه بلوک‌هایی با چگالی اپتیکی $D = ۲/۰۰$ روی یک زمینه با چگالی اپتیکی $D = ۱/۹۵$ و دیگری مجموعه بلوک‌هایی که در آن‌ها $D = ۳/۵۰$ روی یک زمینه $D = ۳/۴۰$ است. تغییر نسبی چگالی مهم‌تر از خود چگالی است. این دو مجموعه از بلوک‌ها در ۶ ناحیه از فیلم آزمون مرجع قرار گرفته‌اند.

۵-۲-۳ الگوهای چگالی پله‌ای

این الگوها برای تعیین گستره چگالی، حساسیت کنتراست چگالی و MTF استفاده می‌شوند و شامل مجموعه‌هایی از بلوک‌های $۱۰ \times ۱۰ \text{ mm}^2$ با چگالی‌های $D = ۰/۵$ تا $D = ۴/۵$ هستند. ۱۳ بلوک که در یک ردیف با چگالی‌های تقریبی زیر مرتب شده‌اند وجود دارد:

۰/۵۰ ؛ ۱/۰۰ ؛ ۱/۰۲ ؛ ۱/۵۰ ؛ ۲/۰۰ ؛ ۲/۰۲ ؛ ۲/۵۰ ؛ ۳/۰۰ ؛ ۳/۰۲ ؛ ۳/۵۰ ؛ ۴/۰۰ ؛ ۴/۰۲ و ۴/۵۰.

این بلوک‌ها در ۸ ناحیه روی فیلم مرجع دسته‌بندی شده‌اند.

برای ارزیابی عدم وضوح دیجیتایزر و MTF (به بندهای ۴-۲-۲ و ۴-۲-۳ مراجعه شود) باید تمام لبه‌های بیرونی الگوهای چگالی پله‌ای دارای لبه‌های واضح باشند(عدم وضوح کم‌تر از ۱۰ μm).

۵-۲-۴ الگوهای خطی بودن مکانی

این الگوها واحدهای اندازه‌گیری ۲۵/۴ میلی‌متری فراهم می‌کنندکه باید در جهت‌های عمودی و افقی قرار گیرند. الگوهای خطی بودن مکانی، یا مقیاس اندازه‌گیری، فیلم مرجع استاندارد را به ۳ فیلم با اندازه‌های متمایز $۲۵۰ \times ۲۰۰ \text{ mm}^2$)، $۳۵۰ \times ۲۸۰ \text{ mm}^2$) و $۴۳۰ \times ۳۵۰ \text{ mm}^2$) تقسیم می‌کنند.

۵-۲-۵ الگوی جفت خط موازی

این الگو شامل یک جفت خط موازی درجه‌بندی شده با قدرت تفکیک مکانی است که درکم‌تر یا مساوی ۰/۵ lp/mm شروع شده و تا قدرت تفکیک ۲۰ lp/mm افزایش می‌یابد. کنتراست چگالی $\Delta D = ۲/۵ \pm ۰/۵$

با یک بیشینه چگالی D =۰/۵ برای خط‌های روشن است. محل قرار گرفتن این الگو نزدیک مرکز ناحیه (۲۵۰ × ۲۰۰)mm^2 فیلم مرجع استاندارد خواهد بود.

۵-۲-۶ الگوهای تکمیلی

الگوهای تکمیلی را می‌توان روی فیلم مرجع استاندارد به نحوی قرار داد که با الگوهایی که در بندهای ۵-۲-۱ تا ۵-۲-۵ توصیف شده‌اند، تداخل نداشته باشند.

۵-۳ آماده‌سازی فیلم مرجع استاندارد

فیلم مرجع استاندارد بر روی یک فیلم پرتونگاری صنعتی با کیفیت بالا ساخته می‌شود که در معرض نور مرئی قرار گرفته تا دانه‌بندی الگوهای چگالی را کاهش دهد. چگالی‌های اپتیکی فیلم مرجع استاندارد که در بند ۵-۱ این استاندارد به آن‌ها اشاره شد، با استفاده از دستگاه چگالی‌سنج کالیبره شده تعیین می‌شوند. چگالی‌های اپتیکی در مرکز هریک از الگوهای پله‌ای چگالی ثبت می‌شوند (۱/۵ mm ±).

حدود مجاز تغییرات چگالی اپتیکی برای ۰/۱ و۰/۰۵ ؛ ۰/۰۲ = ΔD در الگوهای آزمون، مطابق بندهای ۵-۲-۲ و ۵-۲-۳، باید ۰/۰۰۵ ± باشد.

چگالی‌ها باید در محدوده ۰/۱۵ ± مقادیر ذکر شده در بندهای ۵-۲-۲ و ۵-۲-۳ قرار گیرند. چگالی‌های واقعی باید ثبت و به همراه فیلم مرجع استاندارد ارائه شوند.

چگالی اپتیکی زمینه، جایی‌که هیچ الگویی قرار ندارد، باید برابر $D = ۳ \pm ۰/۵$ باشد.

فیلم مرجع استاندارد باید دارای یک شناسه یگانه باشد که هنگام دیجیتال شدن در تصویر آشکار شود.

۵-۴ نگهداری و استفاده از فیلم مرجع استاندارد

۵-۴-۱ نگهداری

فیلم‌های پرتونگاری در اثر جابجایی و استفاده در معرض فرسودگی و پارگی هستند. کاهش کیفیت تصویر در طی زمان تابعی از شرایط نگهداری، مراقبت در نحوه و میزان استفاده است. فیلم باید در برابر نور، حرارت و آلودگی محافظت شود.

۵-۴-۲ نحوه استفاده

ممکن است به مرور زمان ازکیفیت تصویر فیلم مرجع استاندارد کاسته شود. بنابراین بهتر است فیلم درهر بار استفاده، از نظر آثار فرسودگی و پارگی، شامل خراش‌ها، ساییدگی‌ها، لکه‌ها و غیره بررسی شود. بهتر است فیلم مرجع استاندارد با نشانه‌هایی از فرسودگی و پارگی زیاد که می‌تواند بر نتایج ارزیابی تاثیر بگذارند، تعویض شود.

۵-۵ مستندسازی فیلم مرجع استاندارد

سازنده فیلم مرجع استاندارد باید گواهی‌نامه انطباق با این استاندارد، شامل اطلاعات زیر را ارائه کند:

- یک شماره سری روی فیلم و گواهی‌نامه؛
- نشان‌گذاری نواری و چگالی‌های اپتیکی برای هر پله؛
- راهنمای استفاده، نگهداری و جابجایی؛
- تاریخ صدور و تاریخ انقضای گواهی؛

یادآوری- بهتر است گواهی‌نامه فیلم مرجع استاندارد برای سه سال پس از تاریخ اولین استفاده معتبر باشد.

- انحراف از این استاندارد، در صورت وجود؛
- گواهی‌نامه باید دارای امضا باشد.

۶ کنترل کیفی و پایداری بلند مدت سیستم دیجیتالی کننده

۶-۱ بررسی متعارف

کاربر سیستم دیجیتاتی کننده باید پارامترهای زیر را در گستره مشخص شده بازبینی نماید. این پارامترها بر اساس موارد زیر تعیین می‌شوند:

الف- الگوهای قدرت تفکیک مکانی همگرا – مقدار بیشینه فرکانس مکانی (f_C)؛

ب- الگوهای چگالی(با ۰/۰ ؛۰/۰۲ =ΔD و تفکیک ۱/) – حساسیت کنتراست چگالی(الگوها روی نمایشگر از هم تفکیک‌پذیر هستند یا نه)؛

پ- الگوی خطی بودن مکانی – پایداری ابعادی در تعداد پیکسل‌ها برای طول و عرض مرجع (به عنوان مثال در جهت x و y)؛

ت- الگوی چگالی پله‌ای – گستره چگالی (بیشینه و کمینه چگالی) قابل تشخیص.

در روش بازبینی می‌توان از یک بسته نرم‌افزاری استفاده کرد که داده‌ها را از فیلم مرجع استاندارد دیجیتال‌شده تولید می‌کند. روش جایگزین، مشاهده فیلم مرجع استاندارد دیجیتال‌شده روی یک نمایشگر با توانایی نمایش حساسیت و قدرت تفکیک تصویر همراه با ابزارهای نرم‌افزاری اندازه‌گیری است. در این حالت، از تنظیمات کنتراست و روشنایی می‌توان استفاده کرد.

۶-۲ بررسی تکمیلی

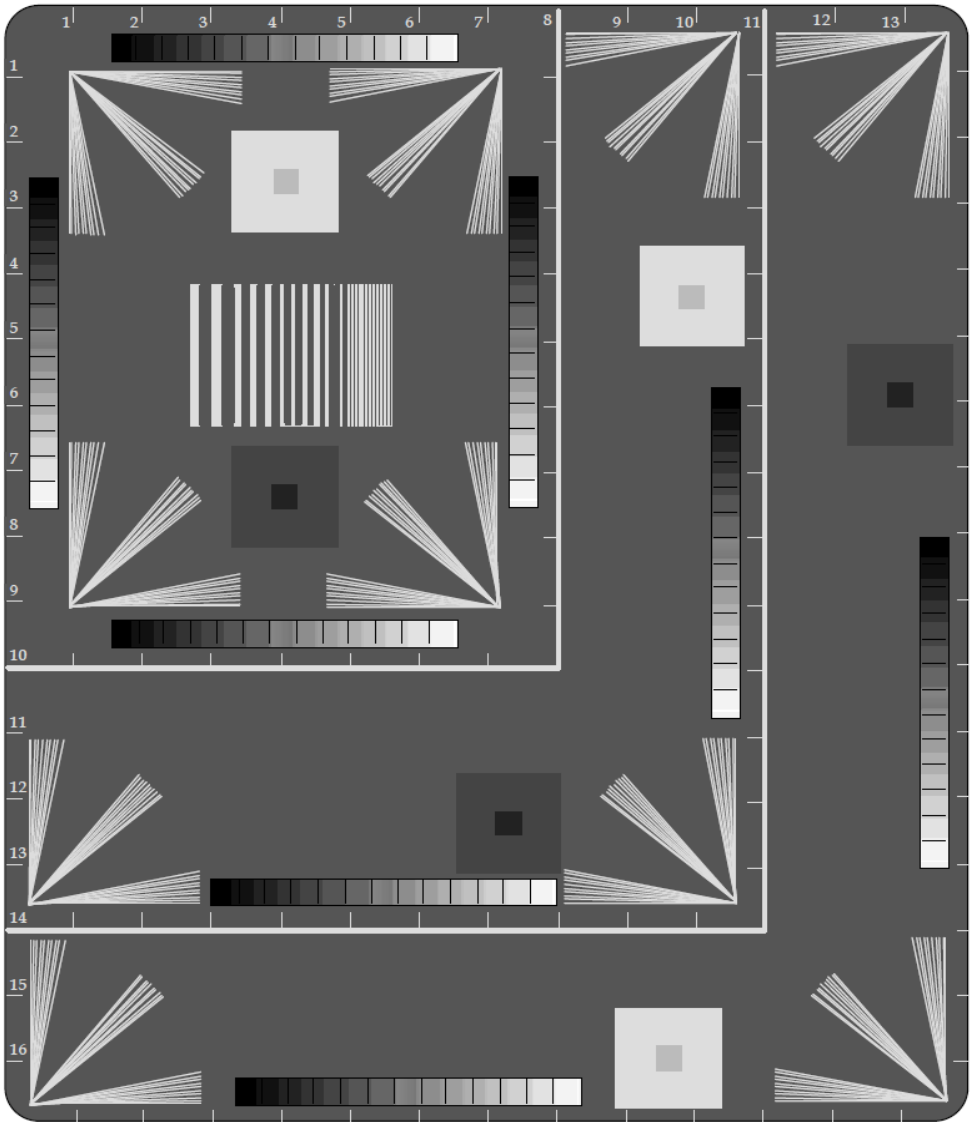
بررسی تکمیلی شامل تمام روش‌های اجرایی توصیف شده در بندهای ۴-۱ تا ۴-۳ است.

بررسی باید در بیشینه قدرت تفکیک مکانی مشخص شده برای سیستم دیجیتالی‌کننده و در تمام حالت‌های کاری مورد استفاده انجام شود.

بررسی تکمیلی برای اطمینان از برآورده شدن حداقل الزامات لازم برای سیستم دیجیتالی‌کننده مطابق با ISO 14096-2، باید انجام شود. بررسی تکمیلی، رده‌بندی سیستم دیجیتالی‌کننده را تعیین می‌کند (مطابق با آنچه در ISO 14096-2 مشخص شده‌است).

۳-۶ دوره‌های تکرار آزمون و پایداری دراز مدت

بهتر است بررسی تکمیلی بلافاصله پس از نصب و تعمیر سیستم دیجیتالی‌کننده انجام شود. نتایج باید برای آزمون‌های پایایی دراز مدت، مستندسازی شوند. بهتر است دوره تکرار بررسی معمولی و بررسی تکمیلی به همراه سطوح پذیرش، توسط یک سیستم تضمین کیفیت تعیین شوند.



شکل ۲- فیلم مرجع استاندارد