INSO

21806

1st.Edition

2017

Identical with ISO 18221: 2016

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۲۱۸۰۶

چاپ اول

۱۳۹۵

میکروسکوپ‌ها- میکروسکوپ‌ها با نمایشگر دیجیتالی- اطلاعات فراهم شده برای کاربر باتوجه به عملکرد تصویرسازی

Microscopes — Microscopes with digital imaging displays — Information provided to the user regarding imaging performance

ICS:37.020

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: http://www.isiri .gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«میکروسکوپ‌ها- میکروسکوپ‌ها با نمایشگردیجیتالی- اطلاعات فراهم شده برای کاربر باتوجه به عملکرد تصویرسازی»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
عجمی، عاطفه (کارشناس‌ارشد مهندسی صنایع)	رییس آزمایشگاه اپتیک جهاد دانشگاهی صنعتی شریف و دبیر کمیته فنی متناظر TC 172
دبیر:	
خادمی‌مقدم ، الهام (کارشناس فیزیک)	کارشناس آزمایشگاه بندرسازان جنوب گناوه
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احمدی، مریم (کارشناس فیزیک)	کارشناس آزمایشگاه بندرسازان جنوب گناوه
حیدری، شهناز (کارشناس‌ارشد شیمی)	مدیر فنی آزمایشگاه بندرسازان جنوب گناوه
رحمنی، سعید (کارشناس‌ارشد اپتومتری)	مدیرفنی آزمایشگاه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
رستمی، صدیقه (کارشناس شیمی)	کارشناس آزمایشگاه بندرسازان جنوب گناوه
صباییان، محمد (دکترای اپتیک)	عضو هیات علمی دانشگاه شهید چمران
مقدسیان، محمود (دکترای برق)	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شهدای هویزه
موسوی‌نسب، سیده مریم (کارشناس‌ارشد مهندسی پزشکی)	مسئول تجهیزات پزشکی بیمارستان امیرالمومنین گناوه

میرمهدی، محسن
(کارشناس ارشد فیزیک)
کارشناس اداره استاندارد خرمشهر

ویراستار:

صیادی، سعید
(کارشناس‌ارشد الکترونیک)
مدیرعامل شرکت بهساز طب

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۴ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها ۳
۵ بزرگنمایی ۴
۵-۱ بزرگنمایی اپتیکی، $M_{\mathrm{TOT\ PROJ}}$ ۴
۵-۲ بزرگنمایی نمایشگر، M_{DIS} ۴
۵-۳ بزرگنمایی بصری نمایشگر، $M_{\mathrm{DIS\ VIS}}$ ۵
۶ حد قدرت تفکیک ۵
۶-۱ حد قدرت تفکیک اپتیکی، RL_{OPT} ۵
۶-۲ حد قدرت تفکیک حسگر، RL_{SEN} ۶
۶-۳ حد قدرت تفکیک نمایشگر، RL_{DIS} ۶
۶-۴ حد قدرت تفکیک سیستم، RL_{SYS} ۷
۷ گستره مفید بزرگنمایی ۷
۷-۱ گستره مفید فاصله دید ۷
۷-۲ گستره مفید بزرگنمایی بصری ۸
۷-۳ بزرگنمایی صفر ۸
۸ میدان جسم ۹
۸-۱ میدان جسم محدود شده توسط حسگر ۹
۸-۲ میدان جسم محدود شده توسط نمایشگر ۹
۸-۳ میدان جسم سیستم میکروسکوپی ۱۰
۹ عمق میدان ۱۱
۱۰ اطلاعات فراهم شده توسط تولیدکننده برای کاربر ۱۱
۱۰-۱ اطلاعات عمومی ۱۱
۱۰-۲ اطلاعات عملکرد تصویرسازی ۱۲
پیوست الف (آگاهی دهنده) یک مثال از اطلاعات فراهم شده برای کاربر ۱۳
کتاب‌نامه ۱۸

پیش‌گفتار

استاندارد «میکروسکوپ‌ها- میکروسکوپ‌ها با نمایشگر دیجیتالی- اطلاعات فراهم شده برای کاربر باتوجه به عملکرد تصویرسازی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در ششصد و بیست و ششمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای مزبور است:

ISO 18221:2016, Microscopes — Microscopes with digital imaging displays — Information provided to the user regarding imaging performance

میکروسکوپ‌ها- میکروسکوپ‌ها با نمایشگر دیجیتالی- اطلاعات فراهم شده برای کاربر باتوجه به عملکرد تصویرسازی

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین حداقل اطلاعاتی است که باتوجه به عملکرد تصویرسازی میکروسکوپ‌های با نمایشگر دیجیتالی[1]، توسط تولیدکننده برای کاربر فراهم می‌شوند.

این استاندارد بیشتر به توصیف اصطلاحات و تعاریف برای عملکرد اپتیکی روش تصویرسازی دیجیتالی در سیستم‌های میکروسکوپی می‌پردازد که شامل مشاهده تصویر در نمایشگر دیجیتالی می‌شود.

یادآوری- اصطلاحات و تعاریف مرتبط با مشاهده مستقیم با چشمی‌ها، در استانداردهای ISO 8039 و ISO 10934-1 ارائه شده است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 10934-1, Optics and optical instruments — Vocabulary for microscopy — Part 1: Light microscopy

2-2 ISO 10934-2, Optics and optical instruments — Vocabulary for microscopy — Part 2: Advanced techniques in light microscopy

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه‌بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ISO 10934-1 و ISO 10934-2، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود.

1- Microscopes with digital displays

۱-۳

سیستم میکروسکوپ دیجیتالی

digital microscopy system

دستگاهی شامل شیئی، حسگر تصویر (به بند ۳-۲ مراجعه شود) و نمایشگر دیجیتالی (به بند ۳-۳ مراجعه شود)، برای نمایش جزییات دقیقی که با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شوند.

یادآوری- سیستم ممکن است شامل وسایلی برای افزایش کیفیت تصویر، آنالیز تصویر، بایگانی تصاویر و غیره باشد.

۲-۳

حسگر تصویر

image sensor

وسیله‌ای برای تبدیل تصاویر اپتیکی به تصاویر دیجیتالی است.

۳-۳

نمایشگر دیجیتالی

digital display

وسیله‌ای خروجی برای نمایش تصویر دیجیتالی و دیگر اطلاعات است.

۴-۳

حد قدرت تفکیک

resolving power limit

حداکثر فرکانس فاصله‌ای[1] قابل تشخیص در فضای جسم برحسب lp/mm است.

یادآوری- به‌علت کنتراست[2] کاهش یافته، الگوهای مویره[3]، و غیره، قدرت تفکیک واقعی همیشه از حد قدرت تفکیک به‌دست آمده کم‌تر است. علاوه بر این، قدرت تفکیک به نوع حسگر، ساختار جسم، روشنایی و غیره نیز بستگی دارد.

۵-۳

گام پیکسل

pixel pitch

فاصله بین مراکز پیکسل‌های مجاور (المان‌های تصویری مجاور) در حسگر تصویر (به بند ۳-۲ مراجعه شود)، یا در نمایشگر دیجیتالی (به بند ۳-۳ مراجعه شود) است.

1- Spatial frequency
2- Contrast
3- Mioré patterns

۶-۳

جفت خط

line pair

یک خط و فضای خالی بین آن خط و خط مجاور در شبکه فاصله‌ای، با ضخامت خط و پهنای بین خطوط مساوی است.

۷-۳

فاصله دید

viewing distance

فاصله بین نمایشگر دیجیتالی (به بند ۳-۳ مراجعه شود) و چشم مشاهده‌گر است.

۴ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

C_1	ضریب مرتبط با مود[1] کاربری حسگر تصویر
$d_{\text{AX SYS}}$	عمق میدان برای مشاهده تصویر بر روی نمایشگر دیجیتالی
d_{VIEW}	فاصله دید واقعی
$d_{\text{VIEW USEF}}$	گستره مفید فاصله دید
$h_{\text{LIM DIS}}$	ارتفاع میدان جسم محدود شده توسط ناحیه تصویر در نمایشگر
$h_{\text{LIM SEN}}$	ارتفاع میدان جسم محدود شده توسط حسگر
h_{SYS}	ارتفاع میدان جسم سیستم میکروسکوپی
λ	طول موج
M_{DIS}	بزرگنمایی عرضی نمایشگر
$M_{\text{DIS VIS}}$	بزرگنمایی بصری نمایشگر
$M_{\text{DIS VIS USEF}}$	گستره مفید بزرگنمایی بصری مشاهده شده در نمایشگر
$M_{\text{TOT PROJ}}$	بزرگنمایی عرضی تصویر انداخته شده[2] بر روی حسگر
$M_{\text{TOT VIS}}$	بزرگنمایی بصری کل تصویر مجازی تشکیل شده توسط چشمی میکروسکوپ

1- Mode
2- Projected image

NA	روزنه عددی
N_{xDIS}	تعداد پیکسل‌های تصویر نمایشگر در جهت x
N_{xSEN}	تعداد پیکسل‌های حسگر فعال در جهت x
N_{yDIS}	تعداد پیکسل‌های تصویر نمایشگر در جهت y
N_{ySEN}	تعداد پیکسل‌های حسگر فعال در جهت y
n	ضریب شکست جسم یا ماده غوطه‌وری
pp_{DIS}	گام پیکسل نمایشگر دیجیتالی
pp_{SEN}	گام پیکسل حسگر تصویر
RL_{DIS}	حد قدرت تفکیک نمایشگر در فضای جسم
RL_{OPT}	حد قدرت تفکیک اپتیکی در فضای جسم
RL_{SEN}	حد قدرت تفکیک حسگر در فضای جسم
RL_{SYS}	حد قدرت تفکیک سیستم در فضای جسم
$w_{LIM\ DIS}$	عرض میدان جسم محدود شده توسط ناحیه تصویر در نمایشگر
w_{LIMSEN}	عرض میدان جسم محدود شده توسط حسگر
w_{SYS}	عرض میدان جسم سیستم میکروسکوپی

۵ بزرگنمایی

۵-۱ بزرگنمایی اپتیکی، $M_{TOTPROJ}$

$M_{TOT\ PROJ}$ بزرگنمایی عرضی در تصویر انداخته شده بر روی حسگر تصویر است که بهتر است به‌صورت یک نسبت بیان شود، به‌عنوان مثال ۱:۱۰.

۵-۲ بزرگنمایی نمایشگر، M_{DIS}

M_{DIS} بزرگنمایی عرضی تصویر دیجیتالی بر روی نمایشگر یا مانیتور[1] دیجیتالی است که بهتر است به‌صورت یک نسبت بیان شود. به‌عنوان مثال ۱:۱۰۰.

1- Monitor

یادآوری- بزرگنمایی نمایشگر، M_{DIS}، برابر است با نسبت فاصله نمایش داده شده در تصویر مانیتور نسبت به فاصله متناظر در جسم.

۵-۳ بزرگنمایی بصری نمایشگر، $M_{DIS\,VIS}$

M_{DISVIS} بزرگنمایی عرضی نمایشگر که با آنچه که در تصویر دیجیتالی نمایش داده شده بر روی نمایشگر دیجیتالی مشاهده می‌شود مرتبط است و باید به‌صورت × یک عدد بیان شود. به‌عنوان مثال ×۵۰.

بزرگنمایی بصری نمایشگر با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$M_{\mathrm{DIS\,VIS}} = \frac{M_{\mathrm{DIS}}.250}{d_{\mathrm{VIEW}}} \qquad (۱)$$

که در آن:

$M_{DIS\,VIS}$ بزرگنمایی بصری نمایشگر؛

M_{DIS} بزرگنمایی عرضی نمایشگر؛

250 فاصله مشاهده مرجع برحسب mm؛

d_{VIEW} فاصله مشاهده واقعی برحسب mm است.

یادآوری- مقدار $M_{DIS\,VIS}$ با مقدار $M_{TOT\,VIS}$ در میکروسکوپ‌های نوری دارای چشمی قابل مقایسه است.

۶ حد قدرت تفکیک

۶-۱ حد قدرت تفکیک اپتیکی، RL_{OPT}

RL_{OPT} حد قدرت تفکیک عرضی در فضای جسم است که توسط سیستم اپتیکی محدود شده است، و باید برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر بیان شود. به‌عنوان مثال ۲۰۰ lp/mm.

حد قدرت تفکیک اپتیکی با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$RL_{\mathrm{OPT}} = \frac{2.NA.10^6}{\lambda} \qquad (۲)$$

که در آن:

RL_{OPT} حد قدرت تفکیک اپتیکی در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر؛

NA روزنه عددی موثر در سمت جسم سیستم اپتیکی که تصویر را بر روی حسگر می‌تاباند؛

λ طول‌موج برحسب nm است.

یادآوری ۱- فرمول RL_{OPT} برای قدرت تفکیک بالا[1] کاربرد ندارد.

یادآوری ۲- برای حفظ سازگاری با تعریف حد قدرت تفکیک تجهیزات الکتریکی در سایر استانداردها، حد قدرت تفکیک اپتیکی دراین استاندارد براساس فرکانس قطع یک سیستم اپتیکی تعریف شده است.

۶-۲ حد قدرت تفکیک حسگر، RL_{SEN}

RL_{SEN} حد قدرت تفکیک عرضی در فضای جسم است که توسط حسگر تصویر محدود شده است و باید برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر بیان شود. به‌عنوان مثال ۱۰۰ lp/mm.

حد قدرت تفکیک حسگر با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$RL_{\mathrm{SEN}} = \frac{500.\ M_{\mathrm{TOT\ PROJ}}}{c_1.\ pp_{\mathrm{SEN}}} \qquad (۳)$$

که در آن:

RL_{SEN} حد قدرت تفکیک حسگر در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر؛

$M_{\mathrm{TOT\ PROJ}}$ بزرگنمایی عرضی در تصویر انداخته شده بر روی حسگر؛

c_1 ضریب مربوط به مود کاربری حسگر تصویر؛

pp_{SEN} گام پیکسل حسگر تصویر برحسب µm است.

مثال‌هایی برای c_1:

۱ متناظر با یک مود استاندارد یا مود فریم کامل[2]؛

۲ متناظر با مود بینینگ[3] ۲×۲؛

۳ متناظر با مود بینینگ ۳×۳؛

۰٫۵ متناظر با مود جابجایی پیکسل با حرکت عرضی حسگر تصویر برابر با pp_{SEN} ۰٫۵.

۶-۳ حد قدرت تفکیک نمایشگر، RL_{DIS}

RL_{DIS} حد قدرت تفکیک عرضی در فضای جسم است که توسط نمایشگر دیجیتالی محدود شده است، و باید برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر بیان شود. به‌عنوان مثال ۵۰ lp/mm.

حد قدرت تفکیک نمایشگر با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$RL_{\mathrm{DIS}} = \frac{M_{\mathrm{DIS}}}{2.\ pp_{\mathrm{DIS}}} \qquad (۴)$$

1- Super-resolution
2- Full frame mode
3- Binning mode

که در آن:

RL_{DIS} حد قدرت تفکیک نمایشگر در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر؛

M_{DIS} بزرگنمایی عرضی نمایشگر؛

pp_{DIS} گام پیکسل نمایشگر دیجیتالی برحسب nm است.

۶-۴ حد قدرت تفکیک سیستم، RL_{SYS}

RL_{SYS} حد قدرت تفکیک عرضی در فضای جسم در یک سیستم میکروسکوپ است که باید برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر بیان شود. به‌عنوان مثال ۵۰ lp/mm. مقدار آن با کمترین مقدار حد قدرت تفکیک اپتیکی، یا کمترین حد قدرت تفکیک حسگر یا کمترین حد قدرت تفکیک نمایشگر متناظر است. به‌عنوان مثال:

$$RL_{SYS} = \min (RL_{OPT}; RL_{SEN}; RL_{DIS}) \qquad (۶)$$

که در آن:

RL_{SYS} حد قدرت تفکیک سیستم در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر؛

RL_{OPT} حد قدرت تفکیک اپتیکی برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر؛

RL_{SEN} حد قدرت تفکیک حسگر در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر؛

RL_{DIS} حد قدرت تفکیک نمایشگر در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر است.

یادآوری- اگر RL_{SYS} از RL_{OPT} کوچکتر باشد، ممکن است که کیفیت تصویر به علت اثر مویره، به‌ویژه در هنگام بازرسی‌های دوره‌ای نمونه‌ها کاهش یابد.

۷ گستره مفید بزرگنمایی

۷-۱ گستره مفید فاصله دید

در گستره مفید فاصله دید، جزییات تفکیک شده تحت یک زاویه بین ′۲٫۳ و ′۴٫۶ (دقیقه قوسی) توسط چشم مشاهده کننده دیده می‌شود. این مقادیر با فرمول زیر بدست می آیند:

$$d_{VIEW\ USEF} = \frac{60}{(2,3..4,6)} \cdot \frac{180}{\prod} \cdot \frac{M_{DIS}}{RL_{SYS}} \qquad (۷)$$

که در آن:

$d_{VIEW\ USEF}$ گستره مفید فاصله دید برحسب mm؛

2, 3..4, 6 گستره زاویه برحسب دقیقه قوسی که در آن یک جفت‌خط توسط چشم مشاهده‌گر قابل تفکیک است؛

M_{DIS} بزرگنمایی عرضی نمایشگر؛

RL_{SYS} حد قدرت تفکیک سیستم در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر است.

۷-۲ گستره مفید بزرگنمایی بصری

اگر فاصله دید واقعی در گستره مفید[1] خود باشد، بزرگنمایی بصری نیز در آن گستره قرار می‌گیرد. مقدار گستره مفید بزرگنمایی از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$M_{DIS\ VIS\ USEF} = \frac{(2,3..4,6)}{60} \cdot \frac{\Pi}{180} \cdot 250 \cdot RL_{SYS} = \frac{RL_{SYS}}{(3..6)} \qquad (۸)$$

که در آن:

$M_{DIS\ VIS\ USEF}$ گستره مفید بزرگنمایی قابل مشاهده نمایشگر بصری؛

2,3..4,6 گستره زاویه برحسب دقیقه قوسی که در آن یک جفت‌خط توسط چشم مشاهده‌گر قابل تفکیک است؛

250 فاصله مرجع مشاهده برحسب mm؛

RL_{SYS} حد قدرت تفکیک سیستم در فضای جسم برحسب جفت‌خط بر میلی‌متر است.

یادآوری ۱- $M_{DIS\ VIS\ USEF}$ با گستره مفید بزرگنمایی بصری قابل مشاهده در میکروسکوپ‌های نوری که چشمی‌های آن معمولا بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ برابر روزنه عددی شیئی هستند، قابل مقایسه است.

یادآوری ۲- هنگامی‌که مقدار واقعی بزرگنمایی بصری قابل مشاهده نمایشگر، از حد پائین $M_{DIS\ VIS\ USEF}$ کمتر است، حد قدرت تفکیک سیستم میکروسکوپی دیجیتالی نمی‌تواند به‌طور کامل مورد استفاده قرار گیرد.

۷-۳ بزرگنمایی صفر[2]

بزرگنمایی صفر هنگامی اتفاق می‌افتد که مقدار واقعی بزرگنمایی بصری قابل مشاهده نمایشگر، از حد بالای $M_{DIS\ VIS\ USEF}$ بیشتر، یا فاصله دید واقعی از حد پائین گستره مفید فاصله دید کمتر باشد.

یادآوری- در خارج از گستره بزرگنمایی مفید، اطلاعات بیشتری درباره جسم به‌دست نمی‌آید.

1- Useful-range
2- Empty magnification

۸ میدان جسم

۸-۱ میدان جسم محدود شده توسط حسگر

ناحیه حساس حسگر به‌شکل مستطیل است و به‌طور معمول با تعداد پیکسل‌های فعال در جهت x ضربدر تعداد پیکسل در جهت y بیان می‌شود، به‌عنوان مثال: ۱۲۸۰×۱۹۲۰. ابعاد این ناحیه با تعداد پیکسل‌ها ضربدر گام پیکسل برابر است. میدان جسم محدود شده توسط حسگر، ناحیه‌ای ترکیبی از ناحیه حساس حسگر در فضای جسم می‌باشد و باید برحسب mm به‌صورت «عرض×ارتفاع» بیان شود به‌عنوان مثال: ۱٫۶ mm×۰٫۹mm، که از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$w_{\text{LIM SEN}} \times h_{\text{LIM SEN}} = \frac{pp_{\text{SEN}} \cdot (N_{x\,\text{SEN}} \times N_{y\,\text{SEN}})}{1000 \cdot M_{\text{TOTPROJ}}} \qquad (۹)$$

که در آن:

$w_{\text{LIM SEN}}$ عرض میدان جسم محدود شده توسط حسگر برحسب mm؛

$h_{\text{LIM SEN}}$ ارتفاع میدان جسم محدود شده توسط حسگر برحسب mm؛

pp_{SEN} گام پیکسل حسگر تصویر برحسب µm؛

$N_{x\,\text{SEN}}$ تعداد پیکسل‌های حسگر فعال در جهت x؛

$N_{y\text{SEN}}$ تعداد پیکسل‌های حسگر فعال در جهت y؛

$M_{\text{TOT PROJ}}$ بزرگنمایی عرضی در تصویر انداخته شده بر روی حسگر است.

در برخی از موارد، تعداد پیکسل‌های حسگر، «تفکیک حسگر» نامیده می‌شود. به‌منظور جلوگیری از اشتباه با قدرت تفکیک، این اصطلاح بهتر است به‌کار برده نشود.

۸-۲ میدان جسم محدود شده توسط نمایشگر

ناحیه تصویر در نمایشگر به‌شکل مستطیل است و معمولا با تعداد پیکسل‌های تصویر در جهت x ضربدر این تعداد درجهت y بیان می‌شود، به‌عنوان مثال: ۷۶۸×۱۰۲۴ که ممکن است از ابعاد فیزیکی نمایشگر کوچک‌تر باشد. ابعاد ناحیه تصویر برابر است با تعداد پیکسل‌ها ضربدر گام پیکسل. میدان جسم محدود شده توسط نمایشگر، برابر است با ناحیه تصویر تقسیم بر بزرگنمایی عرضی نمایشگر که باید برحسب mm به‌صورت «عرض× ارتفاع» بیان شود، به‌عنوان مثال: ۱٫۲ mm× ۰٫۹ mm، که از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$w_{\text{LIM DIS}} \times h_{\text{LIM DIS}} = \frac{pp_{\text{DIS}} \cdot (N_{x\,\text{DIS}} \times N_{y\,\text{DIS}})}{M_{\text{DIS}}} \qquad (۱۰)$$

که در آن:

$w_{\text{LIM DIS}}$ عرض میدان جسم محدود شده توسط ناحیه تصویر در نمایشگر برحسب mm؛

$h_{\text{LIM DIS}}$ ارتفاع میدان جسم محدود شده توسط ناحیه تصویر در نمایشگر برحسب mm؛

pp_{DIS} گام پیکسل نمایشگردیجیتالی برحسب mm؛

$\text{N}_{x\,\text{DIS}}$ تعداد پیکسل‌های تصویر در نمایشگر در جهت x؛

$\text{N}_{y\,\text{DIS}}$ تعداد پیکسل‌های تصویر در نمایشگر در جهت y؛

M_{DIS} بزرگنمایی عرضی نمایشگر است.

در برخی از موارد، تعداد پیکسل‌های نمایشگر دیجیتالی، «تفکیک نمایشگر» نامیده می‌شود. به‌منظور جلوگیری از اشتباه با قدرت تفکیک، این اصطلاح بهتر است به‌کار برده نشود.

۸-۳ میدان جسم سیستم میکروسکوپی

میدان جسم سیستم میکروسکوپی به‌شکل مستطیل است و باید برحسب mm به‌صورت «عرض×ارتفاع» بیان شود، به‌عنوان مثال: ۰٫۹ mm ×۱٫۲ mm. مقادیر کمتر عرض و ارتفاع، با میدان جسم محدود شده توسط حسگر یا میدان جسم محدود شده توسط نمایشگر متناظر است و با فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$w_{\text{SYS}} \times h_{\text{SYS}} = \min(w_{\text{LIM SEN}}; w_{\text{LIM DIS}}) \times \min(h_{\text{LIM SEN}}; h_{\text{LIM DIS}}) \qquad (۱۱)$$

که در آن:

w_{SYS} عرض میدان جسم سیستم میکروسکوپی برحسب mm؛

h_{SYS} ارتفاع میدان جسم سیستم میکروسکوپی برحسب mm؛

$w_{\text{LIM SEN}}$ عرض میدان جسم محدود شده توسط حسگر برحسب mm؛

$w_{\text{LIM DIS}}$ عرض میدان جسم محدود شده توسط ناحیه تصویر در نمایشگر برحسب mm؛

$h_{\text{LIM SEN}}$ ارتفاع میدان جسم محدود شده توسط حسگر برحسب mm؛

$h_{\text{LIM DIS}}$ ارتفاع میدان جسم محدود شده توسط ناحیه تصویر در نمایشگر برحسب mm؛

یادآوری- فرض بر این است که سیستم اپتیکی سایه افکنی[1] ایجاد نمی‌کند و میدان جسم سیستم میکروسکوپی دیجیتالی را محدود نمی‌کند.

1- Vignetting

۹ عمق میدان

عمق محوری فضا در هر دو طرف صفحه جسم که در صورت حرکت جسم در آن عمق، وضوح تصویر دیجیتالی نشان داده شده بر روی نمایشگر کم نمی‌شود بهتر است برحسب µm بیان شود. مقدار آن با فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$d_{\mathrm{AX\ SYS}} = \frac{\mathrm{n} \,.\, \lambda}{1000 \,.\, NA^2} \qquad (۱۲)$$

که در آن:

$d_{\mathrm{AX\ SYS}}$ عمق میدان برای مشاهده تصویر نمایش داده شده بر روی نمایشگردیجیتالی برحسب µm؛

n ضریب شکست جسم یا ماده غوطه‌وری[1]؛

λ طول‌موج برحسب nm؛

NA روزنه عددی موثر اپتیکی که تصویر را بر روی حسگر می‌تاباند.

اگر RL_{SYS} با RL_{OPT} برابر نباشد، تولیدکننده باید بیان کند که عمق واقعی میدان ممکن است متفاوت باشد. اما مقدار بیان شده همچنان با فرمول (۱۲) محاسبه می‌شود.

یادآوری- اگر RL_{SYS} با RL_{OPT} برابر نباشد، عمق میدان در مقایسه با مقدار به‌دست آمده از فرمول (۱۲) معمولا افزایش می‌یابد (به مرجع [3] مراجعه شود).

۱۰ اطلاعات فراهم شده توسط تولیدکننده برای کاربر

۱۰-۱ اطلاعات عمومی

تولیدکننده سیستم میکروسکوپی باید به‌منظور فراهم کردن امکان استفاده درست مرتبط با عملکرد تصویرسازی مندرج در بندهای ۵ تا ۹، شرحی در مورد این سیستم، شامل اطلاعات ضروری مرتبط با اجزای آن، برای کاربر فراهم کند.

در مورد اجزاء انتخابی یا مودهای کاربری چندگانه، همه ترکیب‌بندی‌های معین شده باید پوشش داده شوند.

قالب بندی این اطلاعات باید مطابق با موارد مندرج در بندهای ۵ تا ۹ باشد.

1- Immersing media

۲-۱۰ اطلاعات عملکردی تصویر

تولیدکننده سیستم میکروسکوپی باید اطلاعات عملکرد تصویرسازی زیر را برای همه ترکیب‌بندی‌های معین شده فراهم کند. هرگاه بزرگنمایی به‌طور پیوسته قابل تغییر باشد، همه این اطلاعات باید دست کم برای حداکثر و حداقل مقادیر ارائه شود.

الف- بزرگنمایی عرضی نمایشگر، M_{DIS}.

ب- گستره مفید بزرگنمایی بصری قابل مشاهده نمایشگر، $M_{\mathrm{DIS\ VIS\ USEF}}$.

پ- حد قدرت تفکیک سیستم در فضای شیئ، RL_{SYS}.

ت- عرض میدان جسم سیستم میکروسکوپی، w_{SYS}.

ث- ارتفاع میدان جسم سیستم میکروسکوپی، h_{SYS}.

ج- عمق میدان برای مشاهده تصویر نمایش داده شده بر روی صفحه نمایشگر دیجیتالی، $d_{\mathrm{AX\ SYS}}$.

یادآوری- این اطلاعات را می‌توان به‌صورت مندرج در جدول‌های الف-۱ تا الف-۵ نیز گردآوری کرد.

پیوست الف
(آگاهی دهنده)
مثال‌هایی از اطلاعات فراهم شده برای کاربر

الف-۱ سیستم میکروسکوپی با زوم اپتیکی

الف-۱-۱ مثالی از اطلاعات عمومی

سیستم اپتیکی شامل موارد زیر:

الف- سه شیئی قابل تعویض: ۰٫۱۲۵×/۵؛ ۰٫۲۵×/۱۰؛ ۰٫۵×/۲۰.

ب- زوم اپتیکی با گستره بزرگنمایی از ×۰٫۲۵ تا ×۱. در ×۰٫۲۵، مقدار موثر NA به ٪۵۰ NA شیئی کاهش یافته است.

پ- دیافراگم مردمکی[1] برای ایجاد توازن در وضوح و عمق میدان با گستره دهانه از ٪۲۵ تا ٪۱۰۰ (٪۱۰۰ با NA شیئی متناظر است)

حسگر تصویری با مشخصه‌های زیر:

الف- حسگر RGB پنج مگاپیکسلی؛

ب- گام پیکسل: pp_{SEN} = ۳٫۲ µm.

پ- تعداد پیکسل‌ها در جهت x برابر با: ۲۶۰۰

ت- تعداد پیکسل‌ها در جهت y برابر با: ۱۹۵۰

ث- مود استاندارد برای دریافت تصویر با فریم کامل و مود بینینگ ۲×۲ برای تصویر زنده سریع؛

ج- زوم دیجیتالی با گستره بزرگنمایی از ×۱ تا ×۴.

نمایشگر دیجیتالی با ویژگی‌های زیر:

الف- نمایشگرHD با نسبت ابعاد ۱۶:۹ و ۱۰۸۰×۱۹۲۰ پیکسل؛

ب- گام پیکسل pp_{DIS} = ۰٫۲۷ mm.

پ- مود تصویرسازی استاندارد با پنجره تصویر فعال با نسبت ابعاد ۴:۳ شامل موارد زیر:

۱- تعداد پیکسل‌ها در جهت x : $N_{x\,DIS}$=۱۲۰۰ ؛

۲- تعداد پیکسل‌ها در جهت y: $N_{y\,DIS}$ = ۹۰۰ ؛

1- Iris diaphrgm

ت- مود تصویرسازی تمام صفحه با نسبت ابعاد ۱۶:۹ شامل موارد زیر:

۱- تعداد پیکسل‌ها در جهت x: $N_{x\,\mathrm{DIS}}$ = ۱۹۲۰ ؛

۲- تعداد پیکسل‌ها در جهت y: $N_{y\,\mathrm{DIS}}$ = ۱۰۸۰ ؛

الف-۱-۲ مثالی برای اطلاعات مرتبط با عملکرد تصویرسازی

الف-۱-۲-۱ مود تصویرسازی استاندارد

مود تصویرسازی استاندارد با نسبت ابعاد ۳:۴، دریافت تصویر فریم کامل و دیافراگم مردمکی باز.

جدول الف-۱ مود تصویرسازی استاندارد

شیئی	زوم اپتیکی	زوم دیجیتالی	بزرگنمایی نمایشگر M_{DIS}	گستره مفید بزرگنمایی بصری $M_{\mathrm{DIS\,VIS\,USEF}}$ از .. تا	حد قدرت تفکیک‌پذیری سیستم RL_{SYS} lp/mm	میدان جسم $w_{\mathrm{SYS}} \times h_{\mathrm{SYS}}$ mm × mm	عمق میدان $d_{\mathrm{AX\,SYS}}$ µm
۵×	۰٫۲۵×	۱×	۴۹:۱	۱۵× .. ۳۰×	۹۰[b]	۶٫۶۶ × ۴٫۹۹	۱۴۱[a]
۱۰×	۰٫۲۵×	۱×	۹۷:۱	۳۰× .. ۶۰×	۱۸۰[b]	۳٫۳۳ × ۲٫۵۰	۳۵[a]
۲۰×	۰٫۲۵×	۱×	۱۹۵:۱	۶۰× .. ۱۲۰×	۳۶۱[b]	۱٫۶۰ × ۱٫۲۵	۸٫۸[a]
۵×	۱×	۱×	۱۹۵:۱	۶۰× .. ۱۲۰×	۳۶۱[b]	۱٫۶۶ × ۱٫۲۵	۳۵[a]
۱۰×	۱×	۱×	۳۸۹:۱	۱۲۰× .. ۲۴۰×	۷۲۱[b]	۰٫۸۳ × ۰٫۶۲	۸٫۸[a]
۲۰×	۱×	۱×	۷۷۹:۱	۲۴۰× .. ۸۴۱×	۱۴۴۲[b]	۰٫۴۲ × ۰٫۳۱	۲٫۲[a]
۵×	۱×	۴×	۷۷۹:۱	۷۶× .. ۱۵۲×	۴۵۵	۰٫۴۲ × ۰٫۳۱	۳۵
۱۰×	۱×	۴×	۱۵۵۸:۱	۱۵۲× .. ۳۰۳×	۹۰۹	۰٫۲۱ × ۰٫۱۶	۸٫۸
۲۰×	۱×	۴×	۳۱۱۵:۱	۳۰۳× .. ۶۰۶×	۱۸۱۸	۰٫۱۰ × ۰٫۰۸	۲٫۲

این جدول با استفاده از ضریب c_1= ۱ فراهم شده است.

[a] به علت $RL_{\mathrm{SYS}} \neq RL_{\mathrm{OPT}}$، عمق واقعی مشاهده شده میدان ممکن است بزرگتر باشد.

[b] قدرت تفکیک نمایشگر یک عامل محدود کننده است زیرا $RL_{\mathrm{SYS}} = RL_{\mathrm{DIS}}$.

الف-۱-۲-۲ مود تصویرسازی تمام صفحه

مود تصویرسازی تمام صفحه با نسبت ابعاد ۱۶:۹، دریافت تصویر فریم کامل و دیافراگم مردمکی باز.

جدول الف-۲ مود تصویرسازی تمام صفحه

شیئی	زوم اپتیکی	زوم دیجیتالی	بزرگنمایی نمایشگر M_{DIS}	گستره مفید بزرگنمایی بصری $M_{DIS\ VIS\ USEF}$ از .. تا	حد قدرت تفکیک‌پذیری سیستم RL_{SYS} lp/mm	میدان جسم $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm × mm	عمق میدان $d_{AX\ SYS}$µm
۵×	۰٫۲۵×	۱×	۷۸:۱	۲۴× ..۴۸×	۱۴۴[b]	۶٫۶۶ × ۳٫۷۴	۱۴۱[a]
۱۰×	۱×	۱×	۶۲۳:۱	۱۵۲× ..۳۰۳×	۹۰۹	۰٫۸۳ × ۰٫۴۷	۸٫۸
۲۰×	۱×	۴×	۴۹۸۵:۱	۳۰۳× ..۶۰۶×	۱۸۱۸	۰٫۱۰ × ۰٫۰۶	۲٫۲

این جدول با استفاده از ضریب ۱ = c_1 فراهم شده است.

[a] به علت $RL_{SYS} \neq RL_{OPT}$، عمق واقعی مشاهده شده میدان ممکن است بزرگتر باشد.

[b] قدرت تفکیک نمایشگر یک عامل محدود کننده است زیرا $RL_{SYS}=RL_{DIS}$.

الف-۱-۲-۳ مود بینینگ ۲×۲

مود تصویرسازی استاندارد با نسبت ابعاد ۴:۳، مود بینینگ ۲×۲ و دیافراگم مردمکی باز.

جدول الف-۳ مود بینینگ ۲×۲

شیئی	زوم اپتیکی	زوم دیجیتالی	بزرگنمایی نمایشگر M_{DIS}	گستره مفید بزرگنمایی بصری $M_{DIS\ VIS\ USEF}$ از .. تا	حد قدرت تفکیک‌پذیری سیستم RL_{SYS} lp/mm	میدان جسم $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm × mm	عمق میدان $d_{AX\ SYS}$µm
۵×	۰٫۲۵×	۱×	۴۹:۱	۱۵× ..۳۰×	۹۰[b]	۶٫۶۶ ×۴٫۹۹	۱۴۱[a]
۱۰×	۱×	۱×	۳۸۹:۱	۱۲۰× ..۲۴۰×	۷۲۱[b]	۰٫۸۳ × ۰٫۶۲	۸٫۸[a]
۲۰×	۱×	۴×	۳۱۱۵:۱	۲۶۰× ..۵۲۱×	۱۵۶۳[c]	۰٫۱۰ × ۰٫۰۸	۲٫۲[a]

این جدول با استفاده از ضریب ۱ = c_1 فراهم شده است.

[a] به علت $RL_{SYS} \neq RL_{OPT}$، عمق واقعی مشاهده شده میدان ممکن است بزرگتر باشد.

[b] قدرت تفکیک نمایشگر یک عامل محدود کننده است زیرا $RL_{SYS}=RL_{DIS}$.

[c] قدرت تفکیک حسگر یک عامل محدود کننده است.زیرا$RL_{SYS}=RL_{SEN}$.

الف-۱-۲-۴ بستن دیافراگم مردمکی تا نزدیک به ٪۲۵ حالت استاندارد آن

مود تصویرسازی استاندارد با نسبت ابعاد ۴:۳، دریافت تصویر با فریم کامل و دیافراگم مردمکی تا نزدیک بـه ٪۲۵ مود استاندارد بسته شده است.

جدول الف-۴ دیافراگم مردمکی تا نزدیک به ٪۲۵ حالت استاندارد بسته شده

شیئی	زوم اپتیکی	زوم دیجیتالی	بزرگنمایی نمایشگر M_{DIS}	گستره مفید بزرگنمایی بصری $M_{DIS\ VIS\ USEF}$ از .. تا	حد قدرت تفکیک‌پذیری سیستم RL_{SYS} lp/mm	میدان جسم $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm × mm	عمق میدان $d_{AX\ SYS}$ µm
۵×	۰٫۲۵×	۱×	۴۹:۱	۹× ..۱۹×	۵۷	۶٫۶۶ × ۴٫۹۹	۲۲۵۳
۱۰×	۱×	۱×	۳۸۹:۱	۳۸× ..۷۶×	۲۲۷	۰٫۸۳ × ۰٫۶۲	۱۴۱
۲۰×	۱×	۴×	۳۱۱۵:۱	۷۶× ..۱۵۲×	۴۵۵	۰٫۱۰ × ۰٫۰۸	۳۵
این جدول با استفاده از ضریب c_1 = ۱ فراهم شده است.							

الف-۲ سیستم میکروسکوپی بدون زوم اپتیکی

الف-۲-۱ مثالی برای اطلاعات عمومی

سیستم اپتیکی شامل موارد زیر:

الف- پنج شیئی قابل تغییر: ۰٫۱۲/ ×۵؛ ۰٫۲۵/ ×۱۰؛ ۰٫۴/ ×۲۰؛ ۰٫۶۵/ ×۴۰ و ۱٫۲۵/ ×۱۰۰OIL؛

ب- سازگاری اپتیکی با فاکتور لوله q = ۰٫۵×.

حسگر تصویر با مشخصه‌های زیر:

الف- حسگر RGB پنج مگاپیکسلی؛

ب- گام پیکسل: pp_{SEN} = ۳٫۲ µm؛

پ- تعداد پیکسل‌ها در جهت x: N_{xSEN} = ۲۶۰۰؛

ت- تعداد پیکسل‌ها در جهت y: N_{ySEN} = ۱۹۵۰؛

ث- زوم دیجیتالی با گستره بزرگنمایی از ×۱ تا ×۲.

نمایشگر دیجیتالی با مشخصه‌های زیر:

الف- نمایشگر HD با نسبت ابعاد ۱۶:۹ و ۱۰۸۰ ×۱۹۲۰ پیکسل؛

ب- گام پیکسل: pp_{DIS} =۰٫۲۷mm؛

پ- مود تصویرسازی استاندارد با پنجره تصویر فعال با نسبت ابعاد ۴:۳، شامل موارد زیر:

۱- تعداد پیکسل‌ها در جهت x: N_{xDIS} = ۱۲۰۰؛

۲- تعداد پیکسل‌ها در جهت y: N_{yDIS} = ۹۰۰.

الف-۲-۲ مثالی برای اطلاعات عملکرد تصویرسازی

مود تصویرسازی استاندارد با نسبت ابعاد ۴:۳ و دریافت تصویر فریم کامل.

جدول الف-۵ سیستم میکروسکوپی بدون زوم

شیئی	زوم اپتیکی	بزرگنمایی نمایشگر M_{DIS}	گستره مفید بزرگنمایی بصری $M_{DIS\ VIS\ USEF}$ از .. تا	حد قدرت تفکیک‌پذیری سیستم RL_{SYS} lp/mm	میدان جسم $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm × mm	عمق میدان $d_{AX\ SYS}$ µm
۵×/۰٫۱۲	۱×	۱۲۵:۱	۳۸× ..۷۷×	۲۳۱[b]	۲٫۶۰ × ۱٫۹۵	۳۸٫۲[a]
۱۰×/۰٫۲۵	۱×	۲۴۹:۱	۷۷× ..۱۵۴×	۴۶۲[b]	۱٫۳۰ × ۰٫۹۸	۸٫۸[a]
۲۰×/۰٫۴۰	۱×	۴۹۸:۱	۱۵۴× ..۳۰۸×	۹۲۳[b]	۰٫۶۵ × ۰٫۴۹	۳٫۴[a]
۴۰×/۰٫۶۵	۱×	۹۹۷:۱	۳۰۸× ..۶۱۵×	۱۸۴۶[b]	۰٫۳۳× ۰٫۲۴	۱٫۳[a]
۱۰۰×/۱٫۲۵	۱×	۲۴۹۲:۱	۷۵۸× ..۱۵۱۵×	۴۵۴۵	۰٫۱۳× ۰٫۱۰	۰٫۵
۵×/۰٫۱۲	۲×	۲۴۹:۱	۷۳× ..۱۴۵×	۴۳۶	۱٫۳۰ × ۰٫۹۸	۳۸٫۲
۱۰×/۰٫۲۵	۲×	۴۹۸:۱	۱۵۲× ..۳۰۳×	۹۰۹	۰٫۶۵ × ۰٫۴۹	۸٫۸
۲۰×/۰٫۴۰	۲×	۹۹۷:۱	۲۴۲× ..۴۸۵×	۱۴۵۵	۰٫۳۳× ۰٫۲۴	۳٫۴
۴۰×/۰٫۶۵	۲×	۱۹۹۴:۱	۳۹۴× ..۷۸۸×	۲۳۶۴	۰٫۱۶× ۰٫۱۲	۱٫۳
۱۰۰×/۱٫۲۵	۲×	۴۹۸۵:۱	۷۵۸× ..۱۵۱۵×	۴۵۴۵	۰٫۰۷× ۰٫۰۵	۰٫۵

این جدول با استفاده از ضریب c_1 = ۱ فراهم شده است.

[a] به علت $RL_{SYS} \neq RL_{OPT}$، عمق واقعی مشاهده شده میدان ممکن است بزرگتر باشد.

[b] قدرت تفکیک نمایشگر یک عامل محدود کننده است زیرا $RL_{SYS} = RL_{DIS}$.

کتاب‌نامه

[1] ISO 8039, Microscopes — Values, tolerances and symbols for magnification

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۴۶: سال ۱۳۹۲، میکروسکوپ ها- مقادیر، رواداری‌ها و نمادهای بزرگنمایی، با استفاده از استاندارد ISO 8039:2012 تدوین شده است.

[2] Wartmann R. Depth of focus for digital microscopy, DGaO Proceedings 2013 – http://www.dgao-proceedings.de – ISSN 1614-1836 – urn:nbn:de:0287-2013-B026-5

[3] Yamamoto K. Depth of Field of Diffraction-Limited Imaging System Incorporating Electronic Devices. Opt. Rev. 2014, **21** (6) pp. 795–799