



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱-۱۰۰۹۹

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO
10099-1
1st. Edition
2016

آنالیز اندازه ذرات- روش‌های آنالیز تصویری
قسمت ۱: روش‌های آنالیز تصویری ایستا

Particle size analysis – Image analysis method-
Part 1: Static image analysis methods

ICS: 19.120

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: 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.org>

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.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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. تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران 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 منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته 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 در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱ کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 پیش‌بینی‌شده 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 نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه 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 Electro technical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
«آنالیز اندازه ذرات – روش‌های آنالیز تصویری
قسمت ۱: روش‌های آنالیز تصویری ایستا»

رئیس:

نجات، مریم
(دکترای شیمی)

سمت و / یا محل اشتغال:

عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد

دبیر:

حسینی، سید وحید
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

شرکت افرا پویش آپادانا

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آزاده، سیده مائده
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

اداره کل استاندارد استان چهارمحال و بختیاری

بهمن دهکردی، امید
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد - جوشکاری)

شرکت افرا پویش آپادانا

بیگی خردمند، اعظم
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

حسین زاده، محسن
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

حسینی، سیده زهرا
(کارشناسی ارشد مهندسی آب- سازه)

شرکت موج گستر زاگرس

حیدری، آرمان
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

شرکت کارخانجات برفاب

شرکت نسوز مهرگداز

خدابنده، میلاد
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

اداره کل استاندارد استان چهار محال و بختیاری

دایی جواد، حسین
(کارشناسی مهندسی مواد)

شرکت نسوز مهرگداز

رفیعی، حسین
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

فرمانداری فارس

رهنما، مجتبی
(کارشناسی مهندسی عمران)

دانشگاه جامع علمی کاربردی مرکز پیام شهرکرد

سمیع، حمید
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

شرکت افرا پویش آپادانا

فاطمی، محمد
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

پارک علم و فناوری استان چهار محال و بختیاری

نوروزی، عباس
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

سازمان ملی استاندارد ایران

ویراستار:
اوحدی، افشین
(کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ نمادها
۷	۵ آماده سازی برای ثبت تصویر
۷	۱-۵ مقدمه
۷	۲-۵ روش‌ها
۸	۶ الزامات آماده سازی نمونه برای توصیف روش
۸	۱-۶ تقسیم و کاهش نمونه‌ها
۹	۲-۶ ذرات تماسی
۹	۳-۶ توزیع ذرات
۹	۴-۶ تعداد ذرات مورد شمارش
۹	۵-۶ مایع معلق ذرات
۱۰	۷ کیفیت تصاویر گرفته شده
۱۰	۱-۷ کلیات
۱۱	۲-۷ پیکسل‌ها در ذره
۱۱	۸ آنالیز تصویر
۱۱	۱-۸ کلیات
۱۲	۲-۸ رده‌های اندازه و بزرگ‌نمایی
۱۲	۹ روش‌های اجرایی شمارش
۱۲	۱-۹ کلیات
۱۲	۲-۹ لبه های تصویر ذرات
۱۳	۳-۹ برش ذرات به وسیله لبه قاب اندازه‌گیری
۱۶	۴-۹ ذرات تماسی
۱۷	۵-۹ اندازه گیری ها
۱۷	۱۰ محاسبه نتایج اندازه ذره
۱۸	۱۱ کالیبراسیون و قابلیت ردیابی
۱۸	۱-۱۱ کلیات

۱۸	۲-۱۱ توصیه ها و الزامات
۱۹	۱۲ درستی
۱۹	۱-۱۲ کلیات
۱۹	۲-۱۲ مواد مرجع
۲۱	۳-۱۲ آماده سازی دستگاهها
۲۱	۴-۱۲ آزمون کیفی
۲۱	۵-۱۲ پذیرش کیفی
۲۱	۱۳ گزارش آزمون
۲۳	پیوست الف (آگاهی دهنده) تخمین تعداد ذرات مورد شمارش با درستی مورد نظر
۲۹	پیوست ب (آگاهی دهنده) روش های قطعه قطعه سازی رایج برای آشکارسازی لبه ذرات
۳۰	پیوست پ (آگاهی دهنده) نمودار جریان نمایش داده یک روش آنالیز تصویر نوعی
۳۱	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «آنالیز ذرات- روش‌های آنالیز تصویری، قسمت ۱: روش‌های آنالیز تصویری ایستا» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در دویست و هشتاد و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۲۴ تصویب شد. اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت 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 تجدید نظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد. منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

ISO 13322-1: 2014, Particle size analysis – Image analysis methods– Part 1: Static image analysis methods.

مقدمه

این استاندارد درجهت راهنمایی به منظور استفاده از تصاویر برای آنالیز اندازه ذره با استفاده از آنالیز فنی تصویر می‌باشد که در کاربردهای مختلفی رواج پیدا کرده است. هدف این قسمت از استاندارد توصیف روش‌های مورد استفاده و اعتبارسنجی آن می‌باشد. این قسمت از استاندارد دستگاه خاصی را توصیف نمی‌کند و منحصرأً به قسمت‌هایی از فراگیری تصاویر که مربوط به درستی آنالیز اندازه ذره هستند، می‌پردازد.

این قسمت از استاندارد شامل روش‌های تصدیق کالیبراسیون و توصیه‌هایی برای استفاده از یک گواهی استاندارد به عنوان یک مقیاس مرجع می‌باشد. به هر حال معقول است که اندازه‌گیری‌هایی بر روی ذرات تحت مطالعه، و یا اشیاء مرجع دیگر با اندازه شناخته شده صورت گیرد تا عدم قطعیت سیستماتیک معرفی شده توسط تجهیزات، ارزیابی شود.

خطاها در تمام مراحل آنالیز از زیر قسمت نمونه تا تولید محصول نهایی، معرفی شده و به عدم قطعیت کل اندازه‌گیری اضافه می‌شود و مهم است که تخمین برای عدم قطعیت ناشی از هر مرحله بدست آید. عملیات ضروری به منظور اطمینان از اینکه اندازه‌گیری‌های صورت گرفته با این قسمت از استاندارد مطابقت داشته باشد، شناسایی می‌شوند.

آنالیز اندازه ذرات - روش‌های آنالیز تصویری قسمت ۱: روش‌های آنالیز تصویری ایستا

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌های کنترل موقعیت برای آنالیز تصاویر به منظور تعیین توزیع اندازه ذرات در مکان صفر شدن سرعت ذرات در مقابل محور سیستم نوری دستگاه تصویربرداری است. این روش‌ها برای تعیین اندازه‌های ذره و توزیع آنها در حالتی که ذرات به‌طور مناسب در صفحه هدف وسیله، پراکنده و ثابت شده‌اند، به کار می‌روند.

میدان دید ممکن است از صفحه هدف به صورت دینامیکی با حرکت نگهدارنده نمونه و یا دوربین بدون هیچ اثری از حرکت بر روی تصویر نمونه‌گیری کند. تصاویر گرفته شده را می‌توان متعاقباً مورد آنالیز قرار داد.

این استاندارد روی آنالیز تصاویر رقومی تولید شده با سیستم‌های آشکارساز نوری یا الکترونی تمرکز دارد و به روش تولید تصویر اشاره‌ای نمی‌کند، اگرچه تنظیمات آشکارسازی انتخاب شده همراه با کالیبراسیون آن برای درستی اندازه‌گذاری ذرات مهم است. این استاندارد، روش‌های ارزیابی تصویر را با استفاده از شمارش کامل پیکسل در نظر می‌گیرد.

هر دو نوع توزیع (تعداد یا حجم) همراه با عرض توزیع اندازه ذرات، تأثیر عمده‌ای بر تعداد ذرات اندازه‌گیری شده برای حفظ درستی مورد نظر در محدوده مورد اطمینان دارند. مثالی در پیوست الف نشان داده شده است.

تنظیم روش خودکار آنالیز به منظور اندازه‌گیری تعداد ذرات کافی برای دستیابی به درجه‌ای از درستی، امکان پذیر است.

این استاندارد اشاره‌ای به آماده‌سازی نمونه ندارد اگرچه نمونه برداری، پراکندگی و نمایش ذرات اندازه‌گیری شده بخش اساسی از زنجیره عملیاتی فعالیت‌های موردنیاز برای اطمینان از درستی و درستی نتیجه نهایی است.

یادآوری - برای اطلاعات بیشتر در مورد نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه به استاندارد ISO 14887 و استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲، سال ۱۳۸۸ مراجعه شود.

۲ مراجع الزامی^۱

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

در صورتی که 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۰۱: سال ۱۳۸۴، ارائه نتایج آنالیز اندازه ذره - قسمت اول : نمایش ترسیمی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۱۶۱۷: سال ۱۳۸۷، نمایش نتایج آنالیز اندازه ذره-قسمت ۵- روش‌های محاسبه مربوط به آنالیزهای اندازه ذره که از توزیع احتمال نرمال لگاریتمی استفاده می‌کنند.
۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲: سال ۱۳۸۸، مواد ذره‌ای- نمونه برداری و تقسیم نمونه برای تعیین خواص

2-4 ISO 9276-2, Representation of results of particle size analysis –part 2: The calculations of average particle sizes/ diameters and moments form particle size distributions.

2-5 ISO14887, Sample preparation - Dispersing procedures for powders in liquids

۳ اصطلاحات و تعاریف^۱

در این استاندارد، اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

قطر معادل سطح

area equivalent diameter

قطر دایره‌ای است که سطح یکسانی به عنوان تصویر ذره پیش‌بینی شده دارد. یادآوری- این قطر هم چنین به عنوان قطر هیوود^۲ و یا به عنوان قطر دایره معادل شناخته شده است.

۲-۳

تصویر دوتایی

binary image

تصویر رقومی^۳ متشکل از آرایه‌ای از پیکسل‌ها با مقادیر صفر یا یک است که به طور معمول مقدارش با نقاط تاریک و روشن روی صفحه نمایش یا با استفاده از دو رنگ مجزا نشان داده می‌شود.

1- Terms and definitions
2- Heywood
3- Digitized

۳-۳

وضوح (یک تصویر)

contrast (of an image)

(آنالیز اندازه ذره) تفاوت بین شدت تصویر ذره با توجه به پس زمینه نزدیک به ذره است.

۴-۳

تشخیص لبه

edge detection

روش‌های مورد استفاده برای شناسایی انتقال بین اشیاء و پس زمینه است. یادآوری - به بند ۴-۱-۱۳ مراجعه شود.

۵-۳

قطر فرت

feret diameter

فاصله بین دو خط مماس موازی رسم شده در دو طرف مقابل تصویر یک ذره است.

۶-۳

میدان دید

field of view

میدان قابل مشاهده توسط دستگاه تماشاگر است. یادآوری - قاب تصویر کامل یک دستگاه تصویربرداری رقومی مطابق میدان دید آن است (به شکل ۱ مراجعه شود).

۷-۳

تصویر خاکستری

grey image

تصویری است که در آن مقادیر سطح خاکستری متعدد برای هر پیکسل، مجاز است.

۸-۳

آنالیز تصویر

image analysis

عملیات پردازش و کاهش داده است که منجر به نتیجه عددی یا منطقی از یک تصویر می‌شود.

۹-۳

میدان اندازه‌گیری

measurement field

میدانی است که از مجموعه تمام قاب‌های اندازه‌گیری تشکیل شده است (به شکل ۱ مراجعه شود).

۱۰-۳

قاب اندازه‌گیری

measurement frame

سطح انتخاب شده از میدان دید است که در آن ذرات برای آنالیز تصویر، اندازه‌بندی و شمارش می‌شوند (به شکل ۱ مراجعه شود).

۱۱-۳

پیکسل

pixel

المان تصویر

picture element

نمونه‌های منحصر به فرد در یک تصویر رقومی است که با روش نمونه‌برداری یکنواخت در هر دو جهت افقی و عمودی تشکیل شده‌اند.

۱۲-۳

الگوی شطرنجی

raster pattern

شیوه پویشی قاب‌های اندازه‌گیری در میدان اندازه‌گیری کل است (به شکل ۱ مراجعه شود).

۱۳-۳

روش تقسیم‌بندی

segmentation method

راهبرد به کار گرفته شده برای تفکیک اشیاء مورد علاقه از محیط اطراف خود است.

یادآوری ۱- روش، جداسازی تصویر ذره از پس زمینه است.

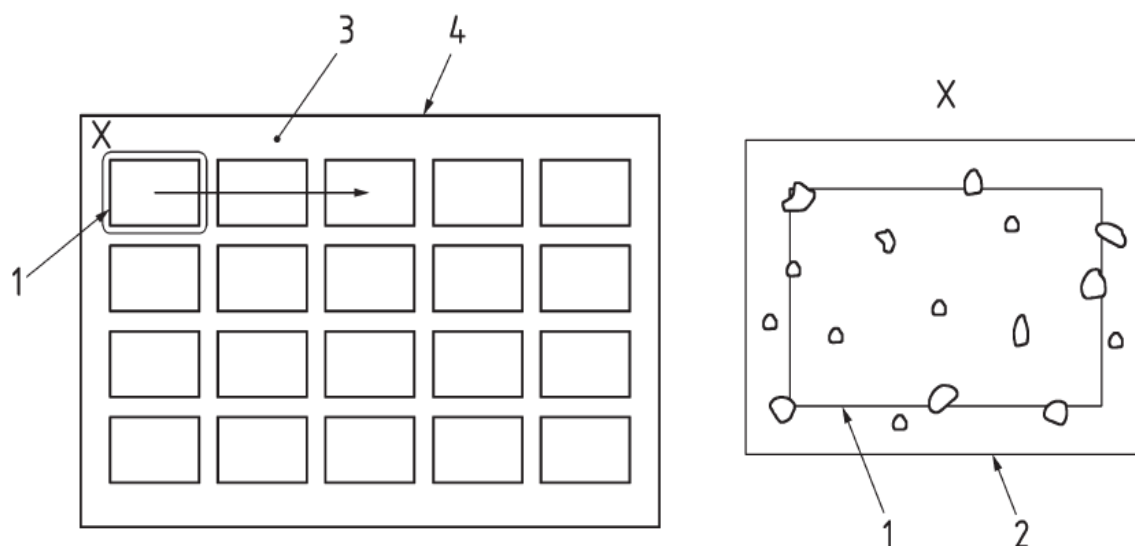
یادآوری ۲- به بند ۴-۱-۴ مراجعه شود.

۱۴-۳

آستانه

threshold

مقدار سطح خاکستری است که به منظور تمیز دادن اشیاء مورد علاقه از پس زمینه، تنظیم می‌شود.



راهنما:

- 1 قاب اندازه‌گیری
- 2 میدان دید
- 3 صفحه شطرنجی قاب اندازه‌گیری
- 4 میدان اندازه‌گیری
- X بزرگنمایی از میدان دید

شکل ۱- رابطه بین اصطلاحات (میدان دید)، (قاب اندازه‌گیری)، (صفحه شطرنجی) و (میدان اندازه‌گیری)

۴ نمادها

A_i	سطح پیش‌بینی شده ذره i
α_1	عامل کالیبراسیون افقی
α_2	عامل کالیبراسیون عمودی
d	کمینه طول مشخصه
d_c	قطر دایره
N	تعداد ذرات مورد اندازه‌گیری
n_c	تعداد پیکسل‌های درون یک دایره
n_j	تعداد ذرات در فاصله اندازه‌ای Δx_j
P_i	احتمال وجود ذره i در قاب اندازه‌گیری (فاکتور میلز-لانتیژول ^۱)
φ_i	توصیف‌گر شکل
σ	انحراف معیار
V_i	حجم ذره i
$X_{A,i}$	منطقه قطر معادل ذره i
X_{F1}	قطر فرت افقی شیء
X_{F2}	قطر فرت عمودی شیء
X_i	ابعاد ذره i
$X_{Fmax,i}$	بزرگترین بعد ذره i ، (بیشینه قطر فرت)
$X_{Fmin,i}$	کوچکترین بعد ذره i ، (کمینه قطر فرت)
X_1	بعد افقی شیء
$X_{1,m}$	بعد افقی شیء در واحد SI
$X_{1,p}$	بعد افقی شیء در پیکسل
X_2	بعد عمودی شیء
$X_{2,m}$	بعد عمودی شیء در واحد SI
$X_{2,p}$	بعد عمودی شیء در پیکسل
$X_{10,3}$	اندازه ذرات متناظر با ۱۰٪ از توزیع تجمعی ذرات ریزتر به صورت حجمی
$X_{90,3}$	اندازه ذرات متناظر با ۹۰٪ از توزیع تجمعی ذرات ریزتر به صورت حجمی
Z_1	طول ضلع افقی قاب مستطیل شکل اندازه‌گیری
Z_2	طول ضلع عمودی قاب مستطیل شکل اندازه‌گیری

1- Miles- Lantuéjoul factor

۵ آماده سازی برای ثبت تصویر

۵-۱ مقدمه

فهم کامل از تنظیمات و کالیبراسیون به کار رفته برای دستگاه ثبت تصویر و همچنین سنجش هدف به منظور هدایت اندازه‌گیری‌ها، یک پیش‌نیاز برای اندازه‌گیری دقیق اندازه ذرات با استفاده از این روش است. تنظیمات نهایی و کالیبراسیون دستگاه ثبت تصویر نیاز به رویکرد تکرار شونده دارد. محدوده اندازه ذرات در آزمون یک نمونه ناشناخته بر تنظیمات مورد نیاز در دستگاه تصویربرداری تأثیر دارد و تا زمانی که تصویر اول گرفته شود ناشناخته باقی می‌ماند. برای رسیدن به درستی مورد نظر در اندازه‌گیری اندازه ذرات نتیجه مشاهده شده و تنظیمات لازم برای دستگاه ثبت تصویر مورد نیاز است. یک کارور کاملاً آموزش دیده باید عملیات را هدایت کند.

بهبتر است دستگاه تصویربرداری، راه‌اندازی شده و با توجه به توصیه سازنده در شرایط حاکم به کار گرفته شود. به منظور دستیابی به اندازه‌گیری دقیق اندازه ذرات ترجیح داده می‌شود که نور بر روی میدان دید یکنواخت باشد که منجر به ایجاد تصویر با وضوح بالا می‌شود. بزرگ‌نمایی باید به گونه‌ای باشد که کمترین تعداد پیکسل را برای کوچکترین ذرات بر پایه درستی خواسته شده فراهم کند و برای دستیابی به تمرکز بالا تنظیم شود. تعداد پیکسل برای کوچکترین ابعاد یک ذره به مواردی که ابعاد خطی یا ترکیبی وابسته به آن اندازه‌گیری می‌شود، مربوط می‌شود.

اغتشاش در تصویر ممکن است ناشی از تعدادی از عوامل باشد اما حضور و اثر آن‌ها بر تصویر را می‌توان با انتخاب ذرات با اندازه مشخص و یا اشیاء مرجع دیگر با خواص نوری مشابه در تعدادی از نقاط و جهت‌ها در میدان دید تعیین کرد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری‌ها به صورت دو بعدی، X و Y هستند.

۵-۲ روش‌های اجرایی

توصیه می‌شود کارور در خصوص چگونگی نیاز به آنالیز تصویری و همچنین توزیع اندازه توسط تعداد ذرات یا حجم ذرات در هر رده اندازه تصمیم بگیرد و این که چه درستی و دقتی برای نتیجه نهایی لازم است؟ این تصمیم‌گیری‌ها تأثیر قابل توجهی بر انتخاب تنظیمات و روش به کار رفته در انجام اندازه‌گیری خواهند داشت.

فردی که آنالیز را انجام می‌دهد برای هر ماده‌ای که مورد آزمون قرار می‌گیرد و برای هر دستگاهی که برای انجام آنالیز به کار بسته می‌شود باید از این مسأله مطمئن شود که روش‌های اجرایی زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

الف- اطمینان از این که کالیبراسیون کافی برای هر دو محور X و Y قاب اندازه‌گیری که برای دستگاه تصویربرداری به کار رفته شده ترجیحاً با استفاده از یک شبکه شطرنجی تایید شده یا مرجع معادل در موقعیت برابر، وجود دارد.

ب- اطمینان از این که بزرگنمایی نوری به کار رفته مناسب است و به عنوان مثال تصویر کوچکترین ذره مورد اندازه‌گیری، تعداد کافی پیکسل برای تامین درستی مورد نیاز اندازه‌گیری را پوشش می‌دهد.

پ- اطمینان از این که روش نوردهی و تنظیم کانون به منظور رسیدن به وضوح خوب و یکنواختی نور از تصویر به دست آمده به درستی انجام شود.

ت- اطمینان حاصل شود که تعداد ذرات در قاب‌های اندازه‌گیری به گونه‌ای باشد که تعداد ذرات تماسی را به مقدار کمینه برساند.

ث- اطمینان از این که تعداد کافی تصویر با توجه به نوع توزیع، تعداد یا حجم پایه و عرض توزیع اندازه ذرات از نیمی از نمونه‌های جدا شده جمع‌آوری شده تا تعداد مناسب از کل ذرات فراهم شود (به استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲ سال ۱۳۸۸ مراجعه شود) که شامل تعداد آماری کافی از بزرگترین ذرات ماده هدف می‌باشند (به پیوست الف مراجعه شود).

ج- انجام برخی روش‌های آنالیز تصویر، فضای بزرگی از X و Y خود تنظیم یا مجموعه اسلاید نمونه کنترل شده را به صورت دستی به کار می‌گیرند. این قبیل اسلایدهای بزرگ می‌توانند تعداد زیادی قاب‌های اندازه‌گیری ذرات جمع شده را آزمون کنند. توصیه می‌شود روش کامل قاب‌های اندازه‌گیری جداکننده به کار گرفته شود سپس باید هر قابی که اشتراک داشت نادیده گرفته شود. اگر روش اشتراک قاب‌های اندازه‌گیری یا دیگر روش‌های آنالیز ذرات که متقابلاً با لبه قاب اندازه‌گیری برهم‌کنش دارند، استفاده شدند. آنگاه باید روش‌هایی به کار گرفته شود تا اطمینان حاصل گردد که هر ذره فقط یک بار شامل شمارش کل در گروه اندازه مناسب قرار می‌گیرد (به بند ۹-۳ مراجعه شود).

چ- در صورت نیاز اطمینان حاصل شود که کیفیت تصویر شامل روشن‌سازی، تمرکز و بزرگ‌نمایی در انتهای اندازه‌گیری تغییر نکرده است. این گام بستگی به تغییر پذیری دستگاه به کار رفته دارد.

ح- برای این مورد وقتی آنالیز تصویر برای اندازه‌گیری مواد مرجع تایید شده در انتهای روش جمع‌آوری تصویر باید انجام شود، توصیه می‌شود که طرح کالیبراسیون (محور مورد اشاره الف) تکرار شود و هر انحراف ثبت شود.

خ- برای ماده هدف باید کلیه شرایط اعم از تنظیمات و وضع موجود، مستند شوند.

۶ الزامات آماده‌سازی نمونه برای توصیف روش

۱-۶ تقسیم و کاهش نمونه‌ها

چنانچه مقدار کمی از ماده برای آماده‌سازی نمونه مورد آزمایش نیاز باشد، توصیه می‌شود این مورد زیرمجموعه‌ای از کل نمونه باشد به طوری که اطمینان حاصل شود نمونه آزمایش شده طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲: سال ۱۳۸۸ نماینده کل ماده باشد.

۲-۶ ذرات تماسی

به منظور شناسایی درجه ذرات تماسی، توصیه می‌شود تنظیمات تفکیک نوری مناسب در سیستم تصویربرداری انتخاب شود. هم‌چنین تفکیک نوری مطابق معیارهای بند ۲-۵-ب باشد. توصیه می‌شود تعداد ذراتی که همدیگر را لمس می‌کنند، کمینه باشند. یک نیاز اولیه روش این است که اندازه‌گیری‌ها باید برگرفته از ذرات ایزوله باشند. اگر ذرات تماسی، جداسازی مناسبی نداشته باشند خطا ایجاد خواهند کرد. اغلب به طور قطع شناسایی ذرات تماسی به‌وسیله آنالیز تصویر به تنهایی ممکن نیست، اما تأثیر ذرات تماسی بر نتیجه می‌تواند به طور آزمایشی با افزایش یا کاهش تعداد ذرات در تصویر بررسی شود. اگر تعداد ذرات تغییر نکند تأثیر نتایج می‌تواند با استفاده از یک ماده مرجع با اندازه و شکل مشابه بررسی شود.

۳-۶ توزیع ذرات

توصیه می‌شود توزیع کافی از ذرات در میدان دید وجود داشته باشد. ممکن است در صورت نیاز به شمارش بخش بزرگی از ذرات، آزمون چندین میدان دید نیاز شود. کل سطح میدان اندازه‌گیری به منظور اطمینان از این که آیا جدایی قابل توجهی در ذرات بر اساس اندازه وجود دارد یا نه باید مورد آزمون قرار گیرد. موارد مورد نیاز در بند ۲-۵ مشخص شده که توصیه می‌شود از آن‌ها پیروی شود.

۴-۶ تعداد ذرات مورد شمارش

تعداد ذراتی که باید آنالیز شوند بستگی به چگونگی نتیجه نهایی، توزیع جزئی ذره به صورت تعداد یا حجمی دارند. مسئله قابل توجه آن است که این اطمینان وجود داشته باشد که آنالیز، ارائه دهنده نمونه جمعی شرح داده شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲: سال ۱۳۸۸ می‌باشد. این موضوع می‌تواند با جداسازی حجم نمونه به کمینه سه نمونه آزمون شرح داده شود. توصیه می‌شود هر نمونه آزمون شامل تعداد ذرات کافی برای یک اندازه‌گیری کامل باشد. آنالیز آماری داده‌ها، تکرارپذیری روش شامل نمونه‌برداری و پراکندگی را آشکار خواهد کرد.

یادآوری - برای اطلاعات بیشتر به پیوست الف مراجعه شود.

۵-۶ مایع معلق ذرات

این احتمال وجود دارد که تعداد زیادی از ذرات اندازه‌گیری شده از کل ذرات موجود در یک گاز که مغایرت تصویری کافی دارند، باشند. توصیه می‌شود این ذرات به صورت یک سوسپانسیون (محلول) مایع درآیند، از این رو این ترجیح داده می‌شود که مایعات تمیز، ذرات آزاد، شفاف و دارای ضریب شکست تا جای ممکن به منظور بالابردن مغایرت تصویر بصورت متمایز از ضریب شکست ذرات زمینه باشند. ذرات ارائه شده در یک پشت زمینه نوری مختلط به طور مثال در یک نمونه زیستی، ممکن است به ذرات متحرک با انتخاب آستانه ذرات نیاز داشته باشد.

هشدار- ذره خودکار با انتخاب پارامتر ذره بکار برده شده برای قطعه‌بندی مورد انتظار وقتی که پشت زمینه نوری مختلط نیاز دارد نمی‌تواند برای اندازه ذرات درست تایید شود و ممکن است در جهت‌گیری اندازه ذرات تاثیر بگذارد و درستی کاهش پیدا کند.

احتیاط- مشخصات نوری مختلط سیستم‌های ذرات می‌توانند اندازه‌های ذره نادرست به آنها نسبت داده شود طبق خطاهای محیط، آستانه ممکن در جهت‌گیری اندازه ذره نشان داده شده باشد.

۷ کیفیت تصاویر گرفته شده

۱-۷ کلیات

قابل اهمیت است برای آنالیز، ذرات در تصویرهای گرفته شده به خوبی پراکنده شده باشند. تعداد اشتراک یا تماس ذرات با تغلیظ ذرات در هر قاب کاهش می‌یابد (به بند ۶-۲ مراجعه شود). این موضوع با نیاز به داشتن تعداد زیادی از ذرات برای بدست آوردن درجه بالایی از درستی در تضاد است. توصیه می‌شود یک سازش برقرار شود و هم‌سنجی بدست آمده سازگار با سطح درستی لازم باشد. بهتر است تفاوت بین روشنایی ذره و پشت زمینه آن چند برابر وضوح سطح خاکستری تصویر از صفر تا بیشترین سیگنال روشنایی باشد.

درستی نتایج کاملاً تحت تاثیر تعداد پیکسل‌ها برای هر ذره تصویر است. وقتی فقط سطح مورد بررسی ذرات به طور متوسط اندازه‌گیری می‌شود، ممکن است تعداد کمی از پیکسل‌ها نتایج قابل قبول برای کوچکترین ذرات را تامین کنند. تعداد زیادی از پیکسل‌ها برای اطلاعات دقیق در هر ذره منحصر به فرد مورد نیاز هستند.

۲-۷ پیکسل‌ها در ذره

تعداد پیکسل‌های شکل گرفته تصویر هر ذره و موقعیت نسبی مرکزگرایی تصویر نسبت به طرح پیکسل‌های ثابت شده می‌تواند یک تاثیر مهم بر اندازه نهایی ذره تخمین زده شده از هر تصویر ذره داشته باشد. آنالیز تصویر می‌تواند یک روش انتخاب برای تایید مواد مرجع باشد. همچنین این می‌تواند روشی برای انتخاب اندازه‌گیری‌های عمومی باشد. به منظور دستیابی به یک دقت تعریف شده در کار ممکن است شرایطی کاملاً متفاوت برای این دو مورد داشته باشد و نزدیک شدن‌های مجزا را تضمین کند.

۱-۲-۷ توصیف مشخصه مواد مرجع

مواد انتخاب شده برای مواد مرجع اغلب کروی و محدود هستند یا از یک توزیع یک بخشی اندازه برخوردار هستند. برای توصیف کردن هر ماده به منظور رسیدن به درستی بالای مورد نیاز، هر ذره با تعداد قابل توجهی از پیکسل پوشش داده می‌شود. خطاها در اندازه ذرات از تصاویر رقومی بدست آمده از دو منبع بوجود می‌آیند [۹].

الف- تعدادی از پیکسل‌ها با تصویر ذره در ترکیب با موقعیت نسبی مرکزگرایی تصویر ذره نسبت به طرح پیکسل ثابت شده پوشش داده شده‌اند. تعداد محدودی از پیکسل‌ها در تصویر، در یک تغییر در اندازه گزارش شده نتیجه می‌شود همچنانکه یک مرکزگرایی تصویر نسبت به آرایش پیکسل ثابت شده و تعداد

محدود پیکسل‌ها می‌باشد. این نتایج در یک وسعت محدود از سطح توزیع اندازه ذرات از ذرات تک سایزی مشاهده شده است.

ب- جای‌گذاری و کنترل آستانه پیکسل تعیین می‌شود. هر خطا در جای‌گذاری سطح آستانه خواه یک پیکسل را شامل بشود یا نشود، برای تصمیم‌گیری نتایج در یک جهت‌گیری به اندازه گزارش می‌شوند. تأثیر بر جای‌گذاری آستانه باید به درستی امتحان شوند همانطور که در مرجع نشان داده شده است [۱۲].

هر گونه روش جای‌گذاری آستانه به‌طور خودکار که نتواند ارائه دهنده هرگونه خطای غیر القایی یا جهت‌گیری باشد، نباید برای هدف توصیف مشخصه‌های مواد مرجع مورد بهره‌برداری قرارگیرد. برای قطر دایره d_c ، در واحدهای پیکسل و پوشش دادن یک تعداد پیکسل اندازه‌گیری شده n_c ، انحراف معیار برای n_c می‌تواند از رابطه زیر برآورد گردد [۴].

$$\sigma(n_c) = 0.68 \left(\frac{d_c}{2}\right)^{1/2} \quad (1)$$

که در آن :

n_c تعداد پیکسل‌ها،

d_c قطر یک ذره برای ساختن تصویر توسط فرمول ۱ برای هر انحراف معیار σ می‌تواند تخمین زده شود. یادآوری- تعداد زیادی از پیکسل‌ها در کل ذرات، یک وضوح تصویر با تعداد ذرات در هر قاب تصویر را معرفی می‌کنند که می‌توان در هر قسمت آن را شمرد.

۷-۲-۲ سائزبندی عمومی ذرات

در موارد عمومی بیشتر، یک دامنه عریض‌تری از اندازه ذرات بیشتر محتمل است. برای این مورد یک توازن باید وجود داشته باشد که به وسیله آن بزرگترین ذرات شامل محدودیت قاب تصویر شوند. در حالی که تامین پیکسل‌های کافی برای تشریح کوچکترین ذره برای رسیدن به درستی مطلوب باید انجام شود. سطح آستانه می‌تواند طبق بند ۹-۲ تنظیم شود.

۸ آنالیز تصویر

۸-۱ کلیات

تحلیل‌گرهای پیشرفته تصویر معمولاً برای بالابردن کیفیت پیش از آنالیز و برای ذرات تماسی جداگانه روش‌هایی در دسترس دارند. استفاده از روش‌های بالابردن اندازه‌گیری‌هایی که می‌تواند به طور واضح به ذرات در تصویر اصلی وابسته شود مجاز است. این روش می‌تواند هم خطاهای اضافه اندازه ذره و بطور محتمل جهت‌گیری نتایج نهایی را که نشان داده نمی‌شود را هم تایید کند.

ذرات شکل گرفته به طور نامنظم یا ذراتی با گوشه‌های تیز توصیه می‌شود جدا شوند قبل از اینکه شکل ذرات از حالت طبیعی خارج شوند. توصیه می‌شود همه ذرات نامنظم شکل گرفته از اندازه‌گیری رد شوند و

بهتر است یک یادداشت برای سهم ذرات رد شده از هر قاب اندازه‌گیری در نظر گرفته شود (به بند ۹-۴ مراجعه شود). ذرات کروی تماسی هم چنانکه کمی اغتشاش به سطح ذرات می‌دهند، می‌توانند جدا شوند. در شکل پ-۱، یک نمودار به عنوان نمونه روش‌های اجرایی عملی به کار رفته در اندازه‌گیری به وسیله آنالیز تصویر نشان داده شده است.

۸-۲ رده‌های اندازه و بزرگ‌نمایی

حد نظری برای آنالیز تصاویر با وضوح استفاده شده یک پیکسل است. اگرچه اندازه ذرات به طور نامعلوم با تعداد خیلی کمی از پیکسل‌ها افزایش می‌یابند. توصیه می‌شود نمایش‌هایی به صورت ذره به ذره با وضوح تصویر یک پیکسل ذخیره شوند. نکته این که هر گونه تراکم تصویر ممکن است درستی و وضوح را کاهش دهد. اگر چه تعریف کردن رده‌بندی اندازه برای گزارش نهایی نتایج لازم است، بهتر است بیشینه دامنه دینامیکی مورد نظر از اندازه‌ها در هر قاب متعادل با درستی مورد نظر، که تابعی از تعداد کل ذرات شمرده شده است، باشد. دامنه دینامیکی و تعداد پیکسل‌ها شامل کوچکترین اشیا مورد بررسی می‌شوند. بهتر است قبل از هر گزارش، اندازه پیکسل‌ها برای آنالیز کمی به یکاهای طول SI تبدیل شوند.

توصیه می‌شود بزرگ‌نمایی به کار گرفته شده به این صورت باشد که کوچکترین ذرات شمارش شده یک سطح برنامه‌ریزی شده کافی برای پوشش دادن تعداد لازم پیکسل را برای رسیدن به درستی مورد نظر داشته باشند. بهتر است تمامی ذرات اندازه‌گیری شده با یک وضوح یک پیکسل ذخیره شوند. نتایج نهایی با گروه‌بندی ذرات به کلاس‌های اندازه گزارش می‌شوند. برای نمونه‌های با یک توزیع اندازه کم دامنه گروه‌بندی می‌تواند بر اساس یک تصاعد خطی باشد و برای نمونه‌های با یک توزیع اندازه عریض گروه‌بندی می‌تواند بر اساس یک تصاعد لگاریتمی باشد. توصیه می‌شود فواصل برای این تصاعدها بر اساس دامنه دینامیک و تعداد کل ذرات شمارش شده باشد. ذرات قرار گرفته در یک کلاس معلوم آنهایی هستند که قطری مساوی یا بزرگتر از حد پایین و کمتر از حد بالای دامنه رده دارند.

۹ روش‌های اجرایی شمارش

۹-۱ کلیات

توصیه می‌شود توزیع‌های اندازه ذرات با شمارش مشخص شوند. به طوری که، تصاویر ذراتی پذیرفته شوند که ضوابط در نظر گرفته شده نرم‌افزار بکار رفته برای هر قاب اندازه‌گیری را رعایت کرده‌اند که شامل همه قاب‌ها می‌شوند.

۹-۲ لبه‌های تصویر ذرات

چندین روش قطعه قطعه سازی برای آشکارسازی حدفاصل وجود دارد. برای مثال: آستانه‌سازی، آشکارسازی لبه‌ها

یادآوری ۱- برای اطلاعات بیشتر به پیوست ب مراجعه شود.

در این روش‌ها بهتر است به منظور یافتن اینکه چه روش و پارامتری بهترین تخمین را برای نتایج مواد مرجع دارد و برای موادی که باید توصیف شوند مناسب است، با مواد مرجع آزمون شوند.

یادآوری ۲- در زمینه میکروسکوپی نوری، ظهور نوری یک ذره واقعی بستگی به مشخصه انکساری ذره، مشخصه انکساری محیط احاطه شده، ساختار سطح، و نوع روشنایی دارد. به علاوه تصویر ذره نوری در حسگر می‌تواند به میزان کمی خارج از کانون و نمونه رقومی در یک شبکه پیکسل مجزا باشد. تمامی این اثرات بر لبه تصویر ذره تأثیر گذارند. یک روش آستانه سازی اگر نیاز باشد می‌تواند به طور دستی برقرار شود.

مثال: اگر یک روش نیمه دامنه قابل اجرا باشد، یک ناحیه کوچک از پشت زمینه، چندین پیکسل دور از مرز یک ذره نوعی انتخاب شده برای برقرار کردن ارزش پشت زمینه قرار داده می‌شود. دامنه سیگنال از پیکسل‌ها فقط کاملاً پاسخگو برای حضور ذرات هستند. آنها برای برقرار کردن ارزش پیش‌زمینه انتخاب شده‌اند. سطح آستانه سازی به صورت متوسط دو مقدار تنظیم می‌شود [۲].

یادآوری ۳- سطوح دستی آستانه‌سازی می‌توانند به طور فردی با مقایسه مستقیم تصویر آستانه با تصویر مرجع بررسی شوند. این روش فردی اعتبارسنجی نشده است اما به آسانی تنظیم نادرست را پیدا می‌کند.

یک انتخاب دوم، آستانه‌سازی خودکار تصویر است. اینطور روش‌های اجرایی آستانه‌سازی خودکار باید در مقابل یک ماده مرجع گواهی شده که خصوصیات نوری مشابه با ذرات مورد آزمون دارند تایید شوند. این می‌تواند یک ماده مرجع گواهی شده یا یک شبکه شطرنجی تایید شده باشد. اطمینان حاصل شود که آستانه به کار رفته مستقل از اندازه ذره می‌باشد.

احتیاط - استفاده از شبکه شطرنجی یا یک ماده مرجع خصوصیات نوری متفاوتی دارند که ماده تحت آزمایش مخصوصاً وقتی که ذرات معلق هستند در یک مایع می‌تواند منجر به جهت‌گیری قابل توجهی در اندازه ذره گزارش شده داشته باشد. وقتی که این مرجع برای استقرار یک سطح آستانه استفاده می‌شود.

شکست در تنظیم سطح آستانه مناسب می‌تواند منجر به جهت‌گیری قابل توجهی در تعیین اندازه ذره داشته باشد. این جهت‌گیری بستگی به اندازه ذره دارد. تمام ذرات تحت تأثیر واقع شده‌اند اما مقدار نسبی تأثیر بر اندازه ذرات با کاهش اندازه ذره به کمتر از وضوح مشخص، افزایش می‌یابد.

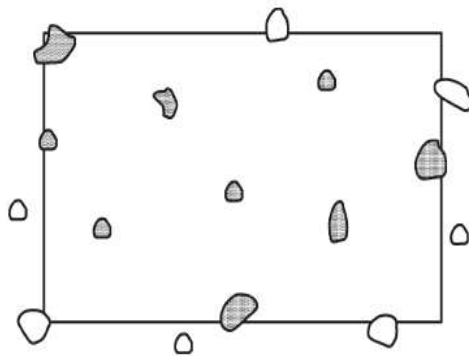
۳-۹ برش ذرات بوسیله لبه قاب اندازه‌گیری

۱-۳-۹ روش شمارش تمام ذرات در یک قاب اندازه‌گیری

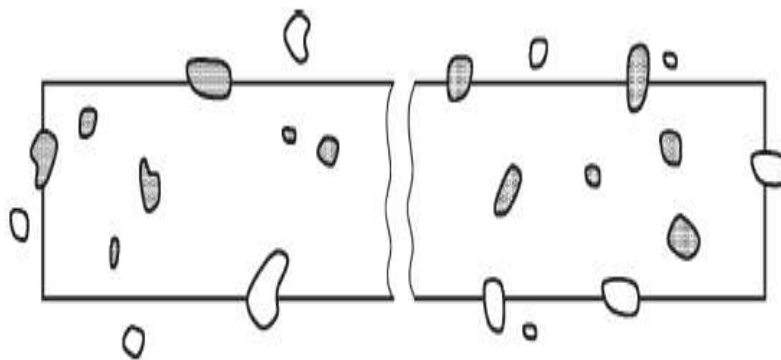
اگر تمامی اشیایی که در قاب تصویر (زمینه دید) ظاهر می‌شوند، برای اندازه‌گیری پذیرفته شوند درستی توزیع نهایی بخاطر بعضی اشیایی که با لبه قاب تصویر برش خواهند خورد صدمه می‌بیند. برای رفع این مورد یک قاب اندازه‌گیری داخل قاب تصویر تعریف می‌شود. قاب اندازه‌گیری می‌تواند در دو روش زیر استفاده شود:

الف- یک پیکسل به تمامی اشیا تخصیص داده شده (مرکز گرانش آن) که به‌عنوان خصیصه نقطه شمارش است. اشیا فقط زمانی پذیرفته می‌شوند که خصیصه نقطه شمارش آنها درون قاب اندازه‌گیری در نظر گرفته

شوند (به شکل الف-۲ مراجعه شود). قاب اندازه‌گیری تهیه شده به هر شکلی می‌تواند با فضای کافی بین لبه‌های دو قاب وجود داشته باشد. به طوری که ذراتی که برش می‌خورد با لبه قاب تصویر پذیرفته نشوند. ب- یک قاب مستطیلی با لبه‌های راست و کف با توجه به جهت‌های پذیرفته نشده استفاده می‌شود. اشیایی که به طور جزئی یا کامل درون قاب اندازه‌گیری قرار می‌گیرند و جهت‌های پذیرفته نشده را لمس نمی‌کنند پذیرفته می‌شوند (به شکل ب-۲ مراجعه شود). باید فضای کافی بین لبه‌های بالایی و سمت چپ دو قاب که اشیا پذیرفته نشده‌اند، توسط لبه قاب تصویر برش می‌خورند. این پوشش‌ها کاملاً محتمل هستند مگر برای تقاطع دو جهت مخالف قاب. اینها ممکن است برای اندازه‌گیری بزرگ‌نمایی خیلی بزرگ یا خیلی کوچک باشند به‌طوری‌که برای رده‌بندی توسط سطح نامناسب باشند. سیستم‌های آنالیز تصویر که همه ذرات متقاطع لبه‌های قاب را نمی‌پذیرند از یک اندازه قاب موثر که برای هر رده‌بندی اندازه و هم چنین برای هر شکل ذره متفاوت است استفاده می‌کنند.



الف- مرکز گرانش ذرات در قاب اندازه‌گیری



ب- لبه‌های کف و سمت راست، لبه‌های ناپذیرنده هستند.

یادآوری- ذرات تیره در شمارش قرار می‌گیرند. ذرات روشن از شمارش نادیده گرفته می‌شوند.

شکل ۲- رفتار ذرات برش خورده توسط قاب اندازه‌گیری

۹-۳-۲ روش نادیده گرفتن ذرات برش خورده توسط لبه قاب اندازه‌گیری

تمام ذراتی که کاملاً درون قاب اندازه‌گیری هستند برای شمارش پذیرفته می‌شوند. همه ذرات بیرونی یا برش خورده توسط لبه نادیده گرفته می‌شوند. یک ذره که درون قاب اندازه‌گیری قرار دارد به طور محتمل رابطه معکوس با اندازه ذره دارد. بنابراین یک جهت‌گیری که برای اندازه ذرات بزرگتر به طور مهم‌تری مطرح می‌شود، آغاز می‌شود. احتمال P_i برای ذره i که دارای قطر فرت^۱ افقی شیء X_{F1} و یک قطر فرت عمودی شیء X_{F2} در یک قاب اندازه‌گیری مستطیلی Z_1 و Z_2 هستند به صورت فرمول (۲) به دست می‌آید [۳] و [۵].

$$P_i = \frac{(z_1 - X_{F1})(z_2 - X_{F2})}{z_1 z_2} \quad (2)$$

توصیه می‌شود جمعیت ذرات در قاب اندازه‌گیری در نتیجه تقسیم شود (براساس احتمال یعنی P_i)

یادآوری- تعداد خیلی زیادی از قاب‌ها برای کمینه کردن میزان خطای بوجود آمده از لبه تأثیر گذار گواهی شده می‌باشد، مخصوصاً وقتی که ذرات نه به مدت طولانی در مقایسه با اندازه قاب خیلی کوچک هستند.

مثال: یک قاب مربعی به اندازه ۱۰۰ واحد در ۱۰۰ واحد برای شمارش یک جمعیت اندازه ذرات از ۲ واحد تا ۱۰ واحد به کار می‌رود. شمارش ذرات کاملاً در قاب اندازه‌گیری هستند و ضرایب تصحیح در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- مثال شمارش تصحیح شده

شمارش تصحیح شده	احتمال	شمارش سطر	قطر-واحد دلخواه
n_i / P_i	P_i	n_i	X_i
۸۴	۰/۹۶	۸۱	۲
۷۰	۰/۹۲	۶۴	۴
۵۶	۰/۸۸	۴۹	۶
۴۲	۰/۸۵	۳۶	۸
۳۱	۰/۸۱	۲۵	۱۰

۹-۳-۳ روش آنالیز قاب‌های اندازه‌گیری دارای اشتراک

آنالیز قاب‌های اندازه‌گیری دارای اشتراک، یک روش جایگزین لبه موثر به منظور داشتن تعداد بیشینه ذرات در قالب کل شمارش معتبر ذره را فراهم می‌کند. این روش نیازمند حرکت مرحله‌ای برای درستی قاب

اندازه‌گیری بعدی و درستی است که هر ذره می‌تواند در یک شاخص موقعیتی داشته باشد. این یک نیاز ضروری برای جلوگیری از شمارش دوباره ذرات می‌باشد. در زمان پردازش قاب اندازه‌گیری، ذرات با لبه قاب اندازه‌گیری که مشخص هستند تأثیر متقابل دارند و موقعیت‌های آنها برای آنالیز در قاب‌های بعدی فهرست شده است. تمام ذرات دیگر که به طور کامل درون قاب اندازه‌گیری هستند، شمرده می‌شوند و در لیست شمارش قرار می‌گیرند. درجه‌ای از اشتراک قاب با توجه به اطلاع داشتن از نحوه توزیع اندازه و بزرگ‌نمایی انتخاب می‌شود. توصیه می‌شود اشتراک به این صورت باشد که هر ذره شمارش شده در یکی از قاب‌های اندازه‌گیری قرار بگیرد. این روش شامل همه آن ذرات در زمینه اندازه‌گیری می‌شوند که اثر متقابلی با لبه‌های انتهایی زمینه ندارد.

۴-۹ ذرات تماسی

بهتر است روش آماده‌سازی اسلاید برای رسیدن به کمترین تعداد ذرات تماسی انتخاب شود. با این حال بدیهی است که ذرات تماسی در هر قاب اندازه‌گیری وجود داشته باشند و بعضی روش‌ها برای رسیدن به آنها الزامی است.

اگر چه سختی اولیه در داشتن یک روش خودکار شناسایی ذرات تماسی است، این می‌تواند با توجه به موارد زیر انجام شود:

الف- پیروی از تعداد ذرات بوجود آمده با روش‌های اجرایی عددی

ب- بعضی معیارها همانند ضریب شکل یا سطح

پ- طبق کتابچه راهنمای کارور، روش‌های اجرایی برای ارزیابی اسلایدها ممکن است اشاره به نکاتی داشته باشند.

روش‌های اجرایی عددی برای جداسازی ذرات متراکم به ذرات منحصر بفرد توصیه نمی‌شوند همانطور که اندازه ذرات در تصویر می‌توانند تغییر کنند. توزیع اندازه ذرات توسط برخی روش‌ها قابل ترسیم شدن نیستند. برخی روش‌های اجرایی برای شناسایی جمعاً می‌توانند با مقایسه نتایج با شمارش اندازه اجرا شده در تصویر اصلی اولیه بررسی شوند. ذرات تماسی کروی می‌تواند همانطور که توصیه می‌شود فقط اغتشاش کمی از سطح ذرات را داشته باشد، جدا شوند.

شناسایی ذرات تماسی کاملاً دلیل قطعی بر جهت‌گیری شکل نیست، مخصوصاً برای فشرده‌کردن اشتراک جمع شده و ذرات از شکل افتاده یا خیلی بزرگ تشخیص داده نخواهد شد. در مواردی که ذرات تماسی نمی‌توانند دور شوند، با درستی از فن‌های مختلف برای مثال آنالیز فراکتال برای شناسایی جمع شده‌ها یا فن‌های جداسازی بر مبنای مدل می‌توانند برای جداسازی ذرات استفاده شوند.

توصیه نمی‌شود این روش‌های اجرایی با روش‌های اجرایی اندازه‌گیری ماده مرجع گواهی‌شده^۱ به کار گرفته شوند.

۹-۵ اندازه‌گیری‌ها

اندازه‌گیری محیط ذرات به میزان زیادی به سیستم آنالیز تصویر مورد استفاده بستگی دارد. بنابراین اندازه‌گیری اولیه سطح مورد نظر هر ذره، پیکسل‌ها هستند، سپس بلندترین و کوتاه‌ترین قطرهای فرت هر ذره که به صورت $X_{Fmin,i}$ و $X_{Fmax,i}$ هستند در پیکسل‌ها بیان می‌شوند. این روش، تعریف فاکتور شکل را با بیشترین تمایز آسان می‌کند. توصیه شده که مقادیر اولیه به صورت زیر باشند:

الف- سطح هر شی A_i

ب- بلندترین اندازه هر ذره، بیشترین قطر فرت، $X_{Fmax,i}$

پ- کوتاهترین اندازه هر ذره، کمترین قطر فرت، $X_{Fmin,i}$

این پارامترها برای محاسبه قطر معادل سطح استفاده می‌شود، $x_{A,i}$ طبق فرمول ۳ و پارامتر توصیف‌گر شکل، Φ_i ، طبق فرمول ۴.

$$X_{A,i} = \sqrt{\frac{4A_i}{\pi}} \quad (۳)$$

$$\Phi_i = \frac{X_{Fmin,i}}{X_{Fmax,i}} \quad (۴)$$

اگر تجهیزات براساس مربع پیکسل‌ها استفاده نشوند، تصحیح مناسب باید بطور واضح انجام شود. به منظور مقایسه نتایج بدست آمده با روش آنالیز تصویر با نتایج روش‌های حجمی یا جرمی، حجم هر ذره V_i به صورت V_i از قطر معادل سطح طرح برای هر ذره طبق فرمول ۵، که به صورت $x_{A,i}$ نشان داده می‌شود محاسبه می‌شود.

$$V_i = \frac{\pi(x_{A,i})^3}{6} \quad (۵)$$

۱۰ محاسبه نتایج اندازه ذره

اندازه‌بندی ذره با روش آنالیز تصویر در یک توزیع عددی جایی که شمارش‌ها با هر رده‌بندی اندازه طبق روش‌های شرح داده در بند ۸ می‌توانند تصحیح شوند. محاسبه قطرهای متوسط ذرات در سری استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۰۱ شرح داده شده است.

۱۱ کالیبراسیون و قابلیت ردیابی

۱-۱۱ کلیات

تجهیزات در ابتدا برای اطمینان از تبدیل به سیستم یکاهای طول SI کالیبره می‌شود، برای مثال واحدهای نانومتر، میکرومتر و میلی‌متر و غیره برای نتایج نهایی در نظر گرفته می‌شوند. روش اجرایی کالیبراسیون باید شامل بررسی یکنواختی میدان دید شود. در روش‌های اجرایی کالیبراسیون باید همه اندازه‌گیری‌ها با متر استاندارد قابل اندازه‌گیری باشند. این کار باید با کالیبراسیون آنالیز تصویر با یک مقیاس میکرومتر استاندارد گواهی شده، انجام شود. کالیبراسیون باید با شرایط نور و وضوح مشابه معین برای آنالیز منظم انجام شود.

مثال: یک کروم گواهی‌شده شبکه شطرنجی مرجع شیشه‌ای از آزمایشگاه فیزیکی ملی (UK) در دسترس است. مواد مرجع ذرات کروی گواهی شده SRM 475 و SRM 484 از (US) NIST¹ هم چنین مواد مرجع گواهی شده از منابع تجاری می‌تواند به‌طور قطع در سیستم SI قابلیت ردیابی داشته باشند.

۲-۱۱ توصیه‌ها و الزامات

۱-۲-۱۱ ذرات تماسی

توصیه می‌شود هر شیء در یک قاب تصویر شمرده شود و در سطح آن نتایج با یکدیگر با بیشترین و کمترین قطرهای فرت گزارش شود. اگر با رقیق‌سازی نمونه، تعداد زیادی از ذرات تماسی مشاهده شده در تصویر کاهش یابد؛ اندازه‌گیری قاب‌های بیشتری به‌صورت تکرار بکار گرفته می‌شود (به بندهای ۴-۸ و ۲-۵ مراجعه شود).

۲-۲-۱۱ اغتشاش تصویرها

اغتشاش به صورت زیر شناسایی می‌شود:

الف- انتخاب یک مربع بر یک شبکه چند مربعی از یک شبکه شطرنجی مرجع. قرارگیری در مرکز مکانی که اندازه عرض آن x_1 و ارتفاع آن x_2 می‌باشد. تعداد پیکسل‌ها شامل x_1 , x_2 می‌شوند. سطح باید برای دستیابی به درستی کالیبراسیون مورد نظر کافی باشد.

ب- قرارگیری در هر چهار گوشه که عرض آن x_1 و ارتفاع آن x_2 بوده و در چهار موقعیت اضافه می‌باشد.

پ- ۵ مقدار x_1 و x_2 با نتایج نهایی گزارش شود.

۳-۲-۱۱ کالیبراسیون

هرگونه تنظیم دستگاه تصویر به صورت زیر انجام می‌شود.

الف- تعیین ارتباط بین اندازه تصویر در پیکسل‌ها و اندازه واقعی در واحدهای SI استفاده شده در شبکه مربعی چندگانه بر شبکه شطرنجی مرجع
 ب- گزارش نتایج α_1 محاسبه شده در فرمول ۶ و محاسبه α_2 طبق فرمول ۷:

$$\alpha_1 = \frac{X_{1,m}}{X_{1,p}} \quad (۶)$$

که در آن:

$X_{1,m}$ اندازه واقعی افقی شیء و
 $X_{1,p}$ اندازه افقی شیء در پیکسل‌ها است.

$$\alpha_2 = \frac{X_{2,m}}{X_{2,p}} \quad (۷)$$

که در آن:

$X_{2,m}$ اندازه واقعی عمودی شیء و
 $X_{2,p}$ اندازه عمودی شیء در پیکسل‌ها می‌باشد.

یادآوری- زمان استفاده از دوربین ماتریسی هم چنین اسکنر خطی، هم x_1 و هم x_2 و هر یک از α_1 و α_2 می‌تواند گزارش شود.

۱۲ درستنی

۱-۱۲ کلیات

توصیه می‌شود عملکرد صحیح یک دستگاه توسط یک روش‌های اجرایی کیفی، تصدیق شود (به بند ۴-۲ مراجعه شود).

۲-۱۲ مواد مرجع

به منظور اطمینان از درستنی، از مواد مرجع کروی قابل ردیابی گواهی شده، برای مثال: ذرات با مقدارگواهی شده که با نتایج بدست آمده توسط موسسات ملی اندازه شناسی قابل ردیابی هستند استفاده شود. این تضمین می‌کند که دستگاه به درستنی به عنوان یک بستر تحلیلی عمل می‌کند. بهتر است برای هر گونه تغییر یا نگهداری عمده مورد نیاز، دوباره از مواد مرجع کروی قابل ردیابی گواهی شده استفاده شود تا از درستنی دستگاه اطمینان حاصل شود.

برای اطمینان از درستنی، مواد مرجع کروی قابل ردیابی گواهی شده مورد نیاز هستند که برای روش آنالیز تصویر و شامل یک توزیع شناخته شده در طیفی از ذرات کروی با نسبت $X_{90,3}/X_{1,3}$ حداقل ۱/۵ و هم چنین دارای چگالی مشترک و خواص نوری مناسب باشند. توصیه می‌شود آنها هم چنین مطابق با استاندارد ISO Guide34:2009 [۶]. مقدار تائید شده برای درصد کسر جرمی یا درصد کسر حجمی مطابق با سیستم SI بوده، با استفاده از روش‌های اجرایی معتبر اندازه‌شناسی اختصاص داده شود.

ضروری است که یک روش اجرایی قوی در دسترس باشد تا به طور کامل آماده‌سازی زیر نمونه‌برداری و نمونه‌سازی را توصیف کند. چنین روش‌های اجرایی باید تمامیت خود را دنبال و عنوان و شماره نسخه را گزارش دهد. اگر نتایج به دست آمده به طور کامل با استفاده از مواد مرجع تأیید شده قابل ردیابی بوده و در حدود قابل قبول اثبات شده باشد، یک وسیله درستی اولیه را اثبات می‌کند.

صلاحیت عملیاتی با استفاده از مواد غیر کرومی (گواهی نشده) می‌تواند مرجع مناسب برای روش‌های آنالیز تصویر اثبات شده باشد. بهتر است توزیع ذرات شامل یک طیف شناخته شده از ذرات با نسبت $X_{90,3}/X_{10,3}$ حداقل ۱/۵ باشد.

برای مواد غیر کرومی، نسبت تصویر باید منحصر به ۱:۳ باشد. توزیع اندازه ذرات باید شامل مقادیر مستند شده از آنالیز تصویر در یک یا چند نوع دستگاه طبق توافق باشد، روش‌های عملیاتی دقیق به نتایج مناسب و تشکیل شده در طول زمان پایدار نشان داده شده است. اگر مقادیر مرجع از روش‌های اجرایی دیگر آنالیز تصویر بدست آمده باشد، جهت‌گیری قابل توجهی می‌تواند بوجود آید. اگر نمونه فرعی لازم باشد، تمرین مراقبت در حالی است که با استفاده از روش ثابت شده به نتایج مناسب برسد (به استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲ سال ۱۳۸۸ مراجعه شود). اگر یک پروتکل برای نمونه‌گیری، پراکندگی و یا اندازه‌گیری در دسترس نیست، این روش اجرایی استفاده شده باید با نتایج نهایی گزارش شود.

۱۲-۳ آماده سازی دستگاه‌ها

از دستورالعمل‌ها و توصیه‌های داده شده در کتاب راهنمای دستگاه برای آماده‌سازی دستگاه پیروی شود. عاملیت واحد باید آزمون کیفی عملیاتی پشتیبان تولید کننده یا معادل آن را گذرانده، که با تاریخ و نتیجه آزمون ثبت شده همراه است. طرز آنالیز، در صورت گزینشی بودن باید برای این رده از اندازه‌گیری مناسب باشد (به بند ۵-۲ مراجعه شود). یک کارور خوب آموزش دیده باید دستگاه را آماده کرده و آزمون کیفی را اجرا کند. نتیجه ارائه شده نرم افزار باید ترجیحاً به عنوان تولید یک خروجی توزیع تجمعی اندازه کوچک مطابق با ISO 9276-1 باشد.

۱۲-۴ آزمون کیفی

پروتکل آزمون CRM باید در حین اندازه‌گیری دنبال شود. آنالیز حداقل سه قسمت آزمون مشاهده شده با تعداد کافی از فریم‌های اندازه‌گیری ترجیح داده شده، برای نتایج متوسط باید استفاده شود. بهتر است که یک صفحه نمایش زنده از هر دو تصویر خام و رقمی شده موجود باشد.

۱۲-۵ پذیرش کیفی

پذیرش کیفی برای CRM، به عنوان توزیع تعداد یا حجم، به کار گرفته می‌شود. ۹۵٪ رواداری^۱ محدود شده برای هر مقدار اندازه از خصوصیات مواد مرجع کرومی قابل ردیابی گواهی شده، مجموعه‌ای از مقادیر بیشینه و کمینه است که پارامتر اعلام بیان شده را تعریف می‌کند.

1 - Tolerance

آزمون کیفی باید به عنوان انجام الزامات این قسمت از استاندارد در صورتی پذیرفته شود که در نتیجه، توزیع اندازه ذرات اندازه‌گیری شده بدست آمده مطابق با معیارهای زیر باشد:

الف- تعداد ذرات پذیرفته شده اندازه‌گیری شده بیش از تعداد مورد نیاز برای درستی مورد نظر در محدوده حد باشند؛

ب- تعداد ذرات مؤثر، کمتر از محدوده مشخص شده باشند؛ تاثیرشان با استفاده از CRM های کروی می‌تواند روی نتیجه با استفاده از مفسرهای شکل به عنوان فیلتر کاهش یابد؛

پ- مقادیر گزارش شده از قطر ذرات بین ۱۰ تا ۳۰ درصد از توزیع تجمعی ذرات ریزتر به صورت جرمی یا حجمی فراتر از بیشینه یا کمینه مقادیر ماده مرجع در این طیف، درصدی بیش از ۳٪ نسبی نباشد؛

ت- مقادیر گزارش شده از قطر ذرات بین ۳۰ تا ۷۰ درصد از توزیع تجمعی ذرات ریزتر به صورت جرمی یا حجمی فراتر از بیشینه یا کمینه مقادیر ماده مرجع در این طیف، درصدی بیش از ۲/۵٪ نسبی نباشد؛

ث- مقادیر گزارش شده از قطر ذرات بین ۷۰ تا ۹۰ درصد از توزیع تجمعی ذرات ریزتر به صورت جرمی یا حجمی فراتر از بیشینه یا کمینه مقادیر ماده مرجع در این طیف، درصدی بیش از ۴٪ نسبی نباشد؛

اگر انحراف بزرگتری به دست آید، تمام منابع خطای بالقوه بررسی شود و یا مشاوره کارشناسی لازم است. اگر درستی بالاتر به هر دلیلی مورد نیاز باشد، بنابراین توصیه می‌شود یک CRM با یک فاصله اطمینان با پهنه کم، انتخاب شده و یک پروتکل کلی برای نمونه‌برداری، پراکندگی و اندازه‌گیری استفاده شود که حداقل انحراف را تضمین کند.

۱۳ گزارش آزمون

بهتر است گزارش آزمون حاوی اطلاعات زیر باشد:

- الف- شناسایی نمونه آزمون
- ب- مراجعه به این قسمت از استاندارد
- پ- شرح کامل روش‌های اجرایی مورد استفاده برای آماده‌سازی نمونه، با جزئیات کامل کمی از وزن نامی، حجم و ترکیب ذرات و محصولات مورد استفاده در هر مرحله از روند آماده‌سازی نمونه؛
- ت- سیستم استفاده شده (سخت افزار و نرم افزار)
- ث- اندازه تصاویر
- ج- تفکیک پذیری
- چ- تعداد قاب‌ها
- ح- تعداد کل ذرات پذیرفته شده
- توصیه می‌شود نتایج قابل استفاده در جداول و نمودارهایی مطابق استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۸۲۰۱: سال ۱۳۸۴ و ۲-۸۲۰۱: سال ۱۳۸۴، گزارش شوند.
- بهتر است یک ریزنگار از یک میدان معمولی برای هر یک از نمونه‌ها و برای هر تنظیم دستگاه تصویربرداری ارائه شود.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

تخمین تعداد ذرات مورد شمارش با درستی مورد نظر

الف-۱ کلیات

یک پیش‌بینی از حداقل تعداد ذرات مورد نیاز به منظور دستیابی به یک سطح تعریف شده از درستی در یک حد اطمینان مشخص شده توسط ماسودا و گوتو^۱ [۱]، وید^۲ [۷] و یوشیدا^۳ [۱۳] ارائه شده است. یک ویژگی اساسی نوع توزیع اندازه مورد نیاز است. توزیع اندازه شرح داده شده توسط حجم ذرات در هر کلاس اندازه نیاز به تعداد بیشتری از ذرات نسبت به توزیع ارائه شده توسط تعداد ذرات در هر کلاس اندازه برای رسیدن به یک درستی محدود دارد. این ناشی از وزن مکعب نسبت به اندازه ذرات است. نیاز به شمارش هزار ذره با قطر ۱۰ میکرومتر برای داشتن یک حجم مشابه همان یک ذره ۱۰۰ میکرومتری است.

الف-۲ محاسبه اندازه نمونه کافی برای تخمین میانگین قطر ذرات

الف-۲-۱ خلاصه روش

مقدار مورد محاسبه، n^* ، تخمینی از تعداد ذراتی که بهتر است مسطور شوند تا نتیجه رضایت‌بخش حاصل شود. با درستی بیشتر، n^* تعداد ذرات مورد نیاز برای اندازه‌گیری قطر میانگین با خطای نسبی δ با احتمال P است. مرجع [۱] یک روشی فراهم آورده است که بر پایه لگاریتم توزیع عادی توسط عدد، محاسبه تعداد کافی ذرات، n^* زمانی که خطای نسبی δ و احتمال P بدست می‌آید. یک راهنمای گام به گام در زیر آورده شده است.

پارامتر میانی u همانگونه که توسط احتمال داده شده تعریف شده در رابطه (الف-۱) توصیف گردیده، مورد نیاز است:

$$\Phi(-|u|) = \frac{1-P}{2} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

Φ تابع توزیع تجمعی توزیع نرمال استاندارد است.

1- Masuda & Gotoh
2 -Wedd
3- Yoshida

برای مقادیر احتمال رایج، مقدار u در جدول الف-۱ آورده شده است.

جدول الف-۱ $u(P)$ برای مقادیر احتمالی نوعی بالای $p=50\%$

(مقادیر زیر ۵۰٪ برای سطح اطمینان خیلی کم هستند)

۹۹/۹	۹۹/۸	۹۹/۵	۹۹	۹۷/۵	۹۵	۹۰	۸۰	۷۵	۶۸/۳	۵۰	P (%)
۳/۲۹	۳/۰۹	۲/۸۱	۲/۵۸	۲/۲۴	۱/۹۶	۱/۶۴	۱/۲۸	۱/۱۵	۱/۰۰	۰/۶۷	u

سپس، انحراف معیار s ، قطرهای جمعیتی محاسبه می‌شود. لگاریتم توزیع عادی عددی، از قطرهای درصدی نمونه پنج‌گانه و هشتاد و چهارم با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$s = \ln(s_g) = \ln(x_{84.0}) - \ln(x_{50.0}) \quad (\text{الف-۲})$$

که در آن:

S_g انحراف معیار هندسی است که مشخصات عرضی برای لگاریتم توزیع های عادی وابسته به روش وزنی برای قطر و \ln در لگاریتم طبیعی است.

یادآوری- در مرجع [۱]، علائم σ و σ_g به منظور انحراف های معیار استفاده شده‌اند. آنها تطبیق شده و به S و S_g تبدیل شدند و به طور مشخص در استاندارد ۵-۹۲۷۶ و هم چنین در قسمت الف-۲ استفاده شدند. با داشتن انحراف معیار S از فرمول (الف-۲) و u از جدول ۱ (برای مثال: $u=1/96$ برای سطح احتمال $P=95\%$)، پارامتر ضمنی ω اینگونه محاسبه می‌شود:

$$\omega = u^2 \alpha^2 s^2 (2c^2 s^2 + 1) \quad (\text{الف-۳})$$

که در آن:

$$c = \beta + \frac{\alpha}{2}$$

که در آن:

α و β : ثابت هایی تعریف شده از یک نوع قطر میانگین اندازه‌گیری شده هستند (که در ذیل بحث شده اند).

این امکان وجود دارد که ω جایگزین خطای نسبی δ (برای مثال: $\delta=0/01$ برای خطای نسبی ۱٪، یا $\delta=0/0316$ برای خطای نسبی ۳/۱۶٪) برای بدست آوردن نتیجه نهایی برای $n \times$ شود:

$$n^* = \omega \delta^{-2} \quad (\text{الف-۴})$$

جدول الف-۲ مقادیر α و β اندازه‌گیری شده با قطر میانگین را فراهم آورده است.

جدول الف-۲ پارامترهای α و β برای انواع قطرهای مختلف

β	α	نوع
۰	۶	قطر میانگین جرم
۰	۵	Sauter diameter (میانگین قطر سطح-حجم)
۰	۳	قطر میانگین حجم

الف-۲-۲ مثال

این مثال برای محاسبه تعداد ذرات مورد نیاز برای به‌دست آوردن قطر میانگین جرم^۱ (MMD) با خطای ۵٪ ($\delta = 0.05$) و با احتمال ۹۵٪ ($P = 0.95$ و $u = 1/96$ از جدول الف-۱) می‌باشد. از جدول الف-۲، $\alpha = 6$ و $\beta = 0$ به‌دست می‌آید. بعد از جایگزینی α و β داریم:

$$n^* = [36u^2s^2(18s^2+1)]\delta^{-2}$$

برای این مثال خاص، u و δ داده شده و محاسبه تعداد ذرات مورد نیاز مطابق زیر می‌باشد:

$$n^* = 55319 \cdot s^2(18s^2+1), \quad s = \ln(s_g)$$

انحراف معیار هندسی s_g معمولاً شناخته شده برای جمعیت یا می‌تواند استحصال شده از قطرهای درصدی نمایش داده شده در فرمول (الف-۲) باشد و می‌تواند براحتی جایگزین فرمول بالا شود. برای مثال، برای $s_g = 1/1$ بعد از رند کردن به عدد صحیح، $n^* = 585$ بدست آمده، (به جدول ۲ در مرجع ۱ کتاب نامه مراجعه شود)، برای این منظور تقریباً توزیع، تک سایز می‌باشد.

الف-۳ مثال با استفاده از توابع احتمالات لگاریتمی نرمال برای توزیع حجمی ذرات

در این مثال حداقل تعداد ذرات، n^* مورد نیاز برای بدست آوردن یک عدم قطعیت انکسار $Q_3 = 90$ (به عنوان انحراف معیار بسط یافته) از توزیع ذرات داده شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲: سال ۱۳۸۸ پیش-بینی شده است. توزیع حجمی ذرات در شکل یک توزیع چگالی احتمال نرمال در حالت متغیر بدون ابعاد، Z توصیف شده است (به استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۱۶۱۷: سال ۱۳۸۷ مراجعه شود):

$$q_3^*(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-0.5z^2} \quad (\text{الف-۵})$$

توزیع احتمال لگاریتمی نرمال، یک فرمولاسیون است که در آن Z به عنوان یک لگاریتم در مقیاس X با دو پارامتر است، که میانگین اندازه $X_{50,3}$ و دیگری انحراف معیار بدون ابعاد، s ، یا انحراف معیار هندسی، s_g ، توزیع را مشخص می‌کند:

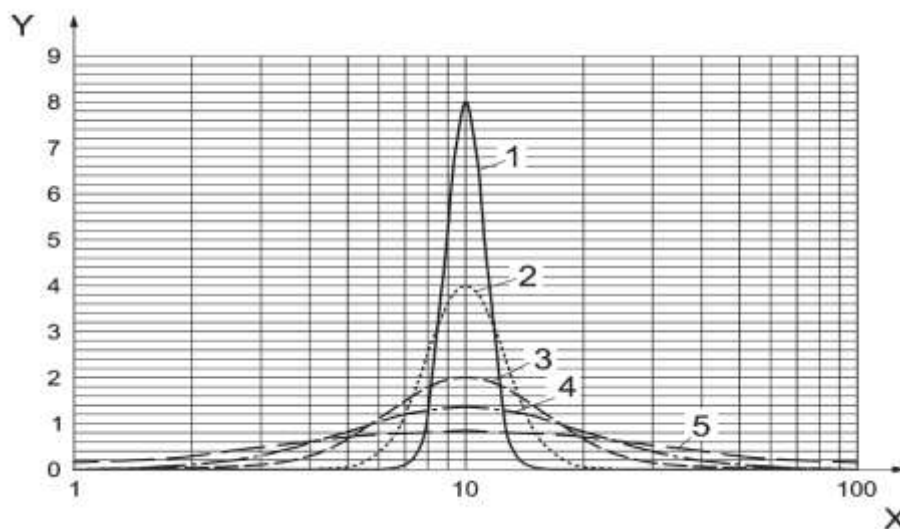
$$z = \frac{1}{s} \ln \left(\frac{x}{x_{50,3}} \right) = \frac{1}{\ln(s_g)} \ln \left(\frac{x}{x_{50,3}} \right) = \frac{1}{\lg(s_g)} \lg \left(\frac{x}{x_{50,3}} \right) \quad (\text{الف-۶})$$

انحراف معیار هندسی، s_g ، مطابق است با $X_{84,3} / X_{50,3}$ و این به عنوان عرض توزیع توصیف می‌شود. مقدار $\lg(s_g)$ بین $0/5$ تا $0/05$ متغیر است (به جدول الف-۳ مراجعه شود). \lg همان لگاریتم بر پایه ۱۰ است.

جدول الف-۳ تبدیل بین مقادیر با عرض های مختلف توزیع استفاده شده در مثال

$\lg(s_g)$	$s_g = \frac{X_{84,3}}{X_{50,3}}$	$\frac{X_{90,3}}{X_{10,3}}$
0/01	1/02	1/06
0/05	1/12	1/34
0/1	1/26	1/80
0/2	1/58	1/26
0/3	2/00	5/87
0/5	3/16	19/12

اندازه میانگین، $X_{50,3}$ ، برای ۱۰ میکرومتر و توزیع اندازه بر پایه حجم محاسبه شده با یک برنامه صفحه گسترده با ۲۰۰ اندازه بوده که معادل فضای مقیاس لگاریتمی بین ۱ تا ۱۰۰ میکرومتر می‌باشد. توزیع احتمال لگاریتمی نرمال به طور معمول از صفر تا بی‌نهایت بسط یافته که با استفاده از محدوده‌های رده تعریف شده، کوتاه شده و نرمالیزه می‌شود. نتیجه در شکل الف-۱ ترسیم شده است.



راهنما:

0/05

۱

اندازه ذره x (μm)	X	۰/۱	۲
فرکانس q3*	Y	۰/۲	۳
		۰/۳	۴
		۰/۵	۵

شکل الف - ۱ توزیع احتمال نرمال لگاریتمی

برنامه صفحه گسترده برای تبدیل توزیع فرکانس حجمی در داخل توزیع عددی و حجمی تجمعی متناظر، $Q_0(x)$ و $Q_0(X)$ است. اصول و معادلات تبدیل در قسمت‌های مختلف استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۰۱ استفاده شده است.

تعداد ذرات n_0 اختصاص یافته به کلاس اندازه متناظر با $99/9\%$ و 90% توزیع حجمی مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$n_0 = n \cdot \left(Q_0 \left(x \mid_{Q_3(x)=99,9\%} \right) - Q_0 \left(x \mid_{Q_3(x)=90\%} \right) \right) \quad (\text{الف-۷})$$

که در آن:

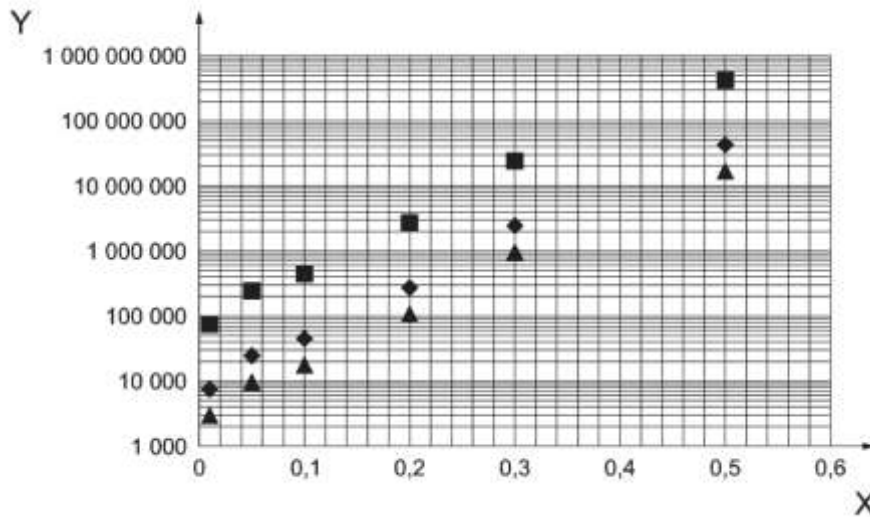
n تعداد کلی ذرات در نمونه است.

مقدار $99/9\%$ برای تعیین حد رده بالایی انتخاب شده است. نزدیک‌ترین تخمین‌ها برای طول‌ها، $X \mid_{Q_3(x) \approx 99.9\%}$ و $X \mid_{Q_3(x) \approx 90\%}$ و مقادیر متناظر Q_0 از صفحه گسترده است.

اگر عدد n_0 ذرات در یک رده اندازه در مقایسه با n خیلی کوچک باشد، روش پواسون، ممکن است برای تخمین انحراف معیار تعداد ذره در آن رده باشد (به استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۲۲: سال ۱۳۸۸ مراجعه شود).

$$\sigma(n_0) = \sqrt{n_0} \quad (\text{الف-۸})$$

اگر عدم قطعیت نسبی در رده اندازه، n_0 ، $\sqrt{n_0}$ ، تنظیم شده باشد در یک سطح خاص (برای مثال: 1% ، $3/16\%$ و 5%) تعداد ذرات مورد نیاز، n_0 ، رده اندازه می‌تواند محاسبه گردد (یعنی یک عدم قطعیت 1% نیازمند اندازه گیری 10000 ذره در این رده است). حداقل تعداد ذرات $n \times$ برای نمونه کل پیگیری شده سپس بطور مستقیم برای n توسط فرمول (الف-۷) محاسبه می‌شود. نتایج عرض‌های مختلف توزیع و سطوح مختلف عدم قطعیت در شکل الف-۲ نشان داده شده است.



راهنما:

- عدم قطعیت ۱% ■
- عدم قطعیت ۳/۱۶% ◆
- عدم قطعیت ۵% ▲
- عرض توزیع $lg(s_g)$ X
- حداقل تعداد ذرات، n^* Y

یادآوری- برای عرض توزیع بر حسب $X_{84,3} / X_{50,3}$ یا $X_{90,3} / X_{10,3}$ به جای $lg(s_g)$ به جدول الف-۳ مراجعه شود.

شکل الف-۲ حداقل تعداد ذرات، n^* ، نیازمند بدست آوردن یک عدم قطعیت (بیان شده به عنوان انحراف معیار) یک انکسار $Q3=90\%$

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

روش‌های قطعه سازی رایج برای آشکارسازی لبه ذرات

ب-۱ کلیات

قطعه سازی به هر یک از موارد زیر کمک می‌کند:

الف- تعیین چگونگی تعلق پیکسل‌ها به اشیای پیش نما، یا

ب- یافتن یک حد فاصل محدود و مشخص هر شیء پیش نما

تعداد روش‌های یافتن حد فاصل‌ها متمایل به زیر پیکسل هستند. این قسمت از استاندارد تنها روش‌هایی که پیکسل کامل را شمارش می‌کند در بر می‌گیرد.

انتخاب روش قطعه سازی بسته به فرآیند فیزیکی تولید تصویر است [۱۲].

الگوریتم‌هایی برای محاسبه اندازه و شکل انتخاب شده متناظر با روش قطعه سازی به منظور بدست آوردن نتایج یکسان با نتایج حاصل از تصاویر ذرات مشابه مورد پذیرش هستند.

ب-۲ روش‌ها

ب-۲-۱ آستانه‌سازی

این روش، تمامی پیکسل‌هایی که (مقدار خاکستری) شدت بالای یک مقدار آستانه خاص هستند قسمتی از یک شیء پیش نما را در نظر می‌گیرد. همه پیکسل‌هایی که (مقدار خاکستری) شدت زیر مقدار آستانه خاص هستند، قسمتی از پیش زمینه را در نظر می‌گیرد. یک فرآیند دوتایی سازی معکوس هم ممکن است. مثل یک تصویر که به طور معمول نمایش یافته است به عنوان یک تصویر دوتایی از پیکسل‌های سیاه و سفید برای تمایز بخشیدن به ذرات از پیش زمینه به کار می‌رود.

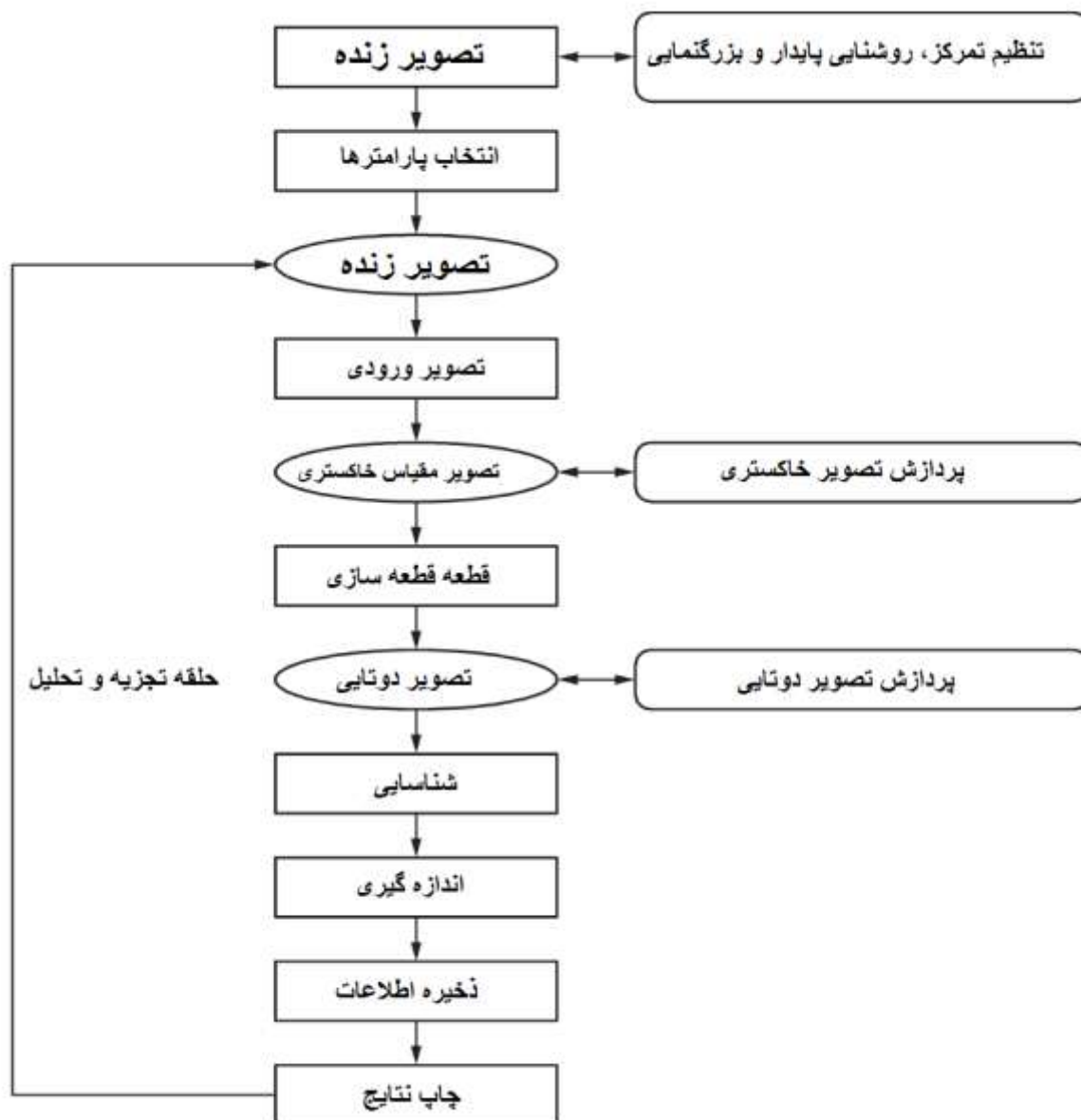
روش‌های خودکار هم برای بافت‌نما یا تصویر برای تنظیم مقدار آستانه به کار می‌رود [۱۰ و ۱۱]. انتخاب آستانه می‌تواند بطور منطقه‌ای در یک ناحیه از یک تصویر اجرا شده یا بطور کلی در کل تصویر استفاده شود. انتخاب بهینه روش بسته به سیستم تصویربرداری و خواص نوری ذرات می‌باشد.

شدت تئوریک بسته به یک تابع، که می‌تواند استفاده شود به عنوان یک مدل از تصویر نوری با وضوح بالای لبه ذرات، که توسط گودمن^۱ توصیف شده مطرح است [۸]. یک سیستم تصویربرداری با استفاده از هادی نور گسسته، یک آستانه بهینه در نیم راه بین سطح پس و پیش زمینه می‌باشد. برای سیستم با ذرات واقعی و انواع دیگر روش‌های تصویربرداری به کاربرد این نوع از انتخاب آستانه مجاز نیست.

ب-۲-۲ آشکارسازی لبه

الگوریتم‌های آشکارسازی لبه هم چنین می‌تواند اشیای اطراف حد فاصل را تعیین کند. یک مشکل در این روش‌ها این است که منحنی‌های بسته با میدان را لازم ندارند.

پیوست پ
(آگاهی‌دهنده)



شکل ج-۱ فلوجارت نمایش داده یک روش آنالیز تصویر نوعی

کتابنامه

- [1] Masuda H., & Gotoh K. Study on the sample size required for the estimation of mean particle diameter. *Advanced Powder Technol.* 1999, 10 (2) pp. 159–173.
- [2] Bell J.M. BCR Draft Method for Particle Size Distributions by Scanning Electron Microscopy and Image Analysis. ICI Chemicals and Polymers Limited, Runcorn, England, 1993.
- [3] Kendall D. G. and E. F. Harding ed., *Stochastic Geometry*. p 228, Wiley & Sons, NY: 1974.
- [4] Kendall D.G., & Moran P.A.P. *Geometrical Probability*. Charles Griffin, London, 1963.
- [5] Lantuejoul C. *Microsc. Acta*. 1980, S4 p. 266.
- [6] Guide ISO 34:2009, General requirements for the competence of reference material producers.
- [7] Wedd M.W. Procedure for Predicting a Minimum Volume or Mass of Sample to Provide a Given Size Parameter Precision. Part. Part. Syst. Charact. 2001, 18 pp. 109–113.
- [8] Joseph W. Goodman. *Introduction to Fourier Optics*. Roberts & Company Publishers, third edition, December 2004.
- [9] Wedd M .W. The Influence of Pixel Numbers and Image Centring upon Particle Size Analysis Accuracy. Part. Part. Syst. Charact. 2010, 27 pp. 71–75.
- [10] Sahoo P., Soltani S., Wong A. A survey of thresholding techniques“. *Comput. Vis. Graph. Image Process.* 1988 February, 41 pp. 233–260.
- [11] Sezgin M., & Sankur B. „Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation“. *J. Electron. Imaging*. 2004, 13 p. 146.
- [12] Klein T., Buhr E., Johnsen K.P., Frase C.G. „Traceable measurement of nanoparticle size using a scanning electron microscope in transmission mode (TSEM)“. *Meas. Sci. Technol.* 2011, 22 p. 094002
- [13] Yoshida H., Mori Y., Masuda H., Yamamoto T. „Particle size measurement of standard reference particle candidates and theoretical estimation of uncertainty region“. *Advanced Powder Technology*. 2009 March, 20 pp. 145–149.
- [14] ISO 14887, Sample preparation — dispersing procedures for powders in liquids.
- [15] ISO 9276 (all parts), Representation of results of particle size analysis.