



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۱۳۶-۱

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO

21136-1

1st.Edition

2016

جنبه‌های آماری نمونه‌گیری از مواد فله -

قسمت ۱:

اصول کلی

Statistical aspects of sampling from bulk
materials —
Part 1: General principles

ICS:03.120.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بخش 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.

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 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 منصفانه 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 فنی 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 و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد 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 کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۴ 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 پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد بهره‌های صادراتی و درجه‌بندی آنرا اجباری نماید. همچنین برای اطمینان دادن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستمهای مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمون‌گاهها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران اینگونه سازمانها و مؤسسات را براساس 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 وسیله بین‌المللی 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

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>

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"جنبه‌های آماری نمونه‌گیری از مواد فله - قسمت ۱: اصول کلی"

رئیس:

شاهقلیان، حسن
(دکترای آمار)

سمت و / یا محل اشتغال

عضو هیئت علمی - دانشگاه شهرکرد

دبیر:

نیکخواه، کرامت
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

کارشناس استاندارد - مدیر عامل شرکت مدیریت توسعه پروژه
زاگرس

اعضا: (به ترتیب حروف الفبا)

احمدی، آزیتا
(کارشناسی ارشد مدیریت)

رئیس اداره استاندارد و استانداردسازی و آموزش و ترویج - اداره
کل استاندارد استان چهارمحال و بختیاری

احمدی، پرستو
(دکترای مدیریت)

عضو هیئت علمی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

برفی‌پور، آزاده
(کارشناسی ارشد آمار)

کارشناس - مرکز آمار ایران

بیگی خردمند، اعظم
(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

عضو هیئت علمی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

پاک، عباس
(دکترای آمار)

عضو هیئت علمی - دانشگاه شهرکرد

جوزدانی، جاوید
(دکترای صنایع)

مدرس و مشاور کیفیت - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

دائی جواد، حسین
(کارشناسی مهندسی متالورژی)

کارشناس - اداره کل استاندارد استان چهارمحال و بختیاری

شاهرخیان، نسرين
(کارشناسی مهندسی کامپیوتر)

کارشناس - اداره کل استاندارد استان چهارمحال و بختیاری

معاون ارزیابی انطباق- اداره کل استاندارد استان چهارمحال و
بختیاری

علیمحمدی نافچی، بهروز
(کارشناسی ارشد ریاضی)

کارشناس- اداره کل استاندارد استان چهارمحال و بختیاری

محمد علی پور، عارف
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

کارشناس- شرکت صنایع غذایی نیلوفر دریایی

ملازاده قمی، میترا
(کارشناسی صنایع غذایی)

عضو هیئت علمی - دانشگاه شهرکرد

هاتفی، سید مرتضی
(دکترای مهندسی صنایع)

کارشناس- سازمان ملی استاندارد ایران

ویراستار:
اوحدی، افشین
(کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و اصطلاحات اختیاری
۲	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۱	۲-۳ نمادها و اختصارات
۱۷	۴ هدف و کاربرد علم آمار در نمونه‌گیری از مواد فله
۱۸	۵ مشکلات ویژه در نمونه‌گیری از مواد فله
۲۰	۶ تفاوت‌های بین مواد ریزذره، مایعات و گازها
۲۲	۷ روش‌های آزمایشی برای به‌دست آوردن مؤلفه‌های واریانس در مراحل مختلف نمونه‌گیری
۲۲	۱-۷ مؤلفه‌های واریانس در مراحل مختلف نمونه‌گیری
۲۳	۲-۷ آزمایش‌های تودرتو
۲۶	۳-۷ نمونه‌گیری نفوذی
۲۷	۴-۷ نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم با استفاده از نمونه‌گیری نمونه اولیه در نمونه اولیه
۲۹	۸ تنظیم یک طرح (پلان) نمونه‌گیری برای دستیابی به دقت مورد نظر
۳۰	۹ برآورد دقت
۳۱	۱۰ بررسی آریبی
۳۳	۱۱ دقت و آریبی در مرحله سنجش
۳۴	پیوست الف (آگاهی دهنده) نکات تکمیلی راجع به تعاریف
۴۰	پیوست ب (آگاهی دهنده) آزمایش‌های تودرتوی کامل
۴۹	پیوست پ (آگاهی دهنده) تجزیه و تحلیل آماری داده‌های سری
۸۹	پیوست ت (الزامی) mm برآورد دقت
۹۵	پیوست ث (الزامی) بررسی آریبی
۱۰۹	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد "جنبه‌های آماری نمونه‌گیری از مواد فله- قسمت ۱: اصول کلی" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط موسسه توسعه مدیریت شهرکرد تهیه و تدوین شده است و در صد و شصت و نهمین جلسه کمیته ملی استانداردهای سیستم‌های کیفیت مورخ ۱۳۹۵/۶/۱۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استاندارد 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 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 11648-1:2003, Statistical aspects of sampling from bulk materials — Part 1: General principles

مقدمه

در این استاندارد، طرحی کلی گسترده از جنبه‌های آماری نمونه‌گیری از مواد فله ارائه می‌شود. در حال حاضر استانداردهای بین‌المللی در ارتباط با روش نمونه‌گیری از مواد فله مانند سوخت‌های جامد، سنگ‌های معدن آهن و غیره منتشر شده و برخی از آنها توسط کمیته‌های فنی سازمان بین‌المللی ایزو در حال بازنگری هستند. این استاندارد، یک منبع آگاهی دهنده برای واژه‌های فنی و روش‌های نمونه‌گیری برای انواع مواد فله را فراهم می‌کند.

این استاندارد قسمت اول از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره است.

قسمت دوم این استاندارد در مورد نمونه برداری از مواد ذره‌ای است، این استاندارد برای موادی نظیر کک، سنگ معدن آهن، توتون، نفت سنگین، شمش آلومینیوم کاربرد دارد.

جنبه‌های آماری نمونه‌گیری از مواد فله- قسمت ۱: اصول کلی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تبیین اصول کلی کاربرد و استفاده از فنون آماری نمونه‌گیری از مواد فله‌ای است. هم‌چنین این استاندارد راهنمای کلی و الگویی برای برآورد واریانس‌های لازم و بررسی دقت و اریبی را در زمان مطالعه مقدار متوسط مشخصه کیفی فراهم می‌کند.

به‌علاوه، این استاندارد اطلاعات مربوط به تجزیه و تحلیل آماری داده‌های متوالی^۱، با استفاده از نمودار تغییرات^۲ و نمودار همبستگی^۳ را نیز ارائه می‌دهد.

هم‌چنین در این استاندارد، واژه‌های اصلی نمونه‌گیری از مواد فله تعریف شده است. این اصطلاحات و تعاریف برای ایجاد و درک بهتری از روش‌های نمونه‌گیری و نیز تسهیل برآورده‌سازی الزامات، ضروری است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر **ضوابطی** وجود دارد که در متن 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 تجدید نظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزامی 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 الزام آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ISO 565, Test sieves — Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet — Nominal sizes of openings
- 2-2 ISO 3534 (all parts), Statistics — Vocabulary and symbols
- 2-3 ISO 5725(all parts), Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results

1- Serial data
2- Variogram
3- Correlogram

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و اصطلاحات اختصاری

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف به کار برده شده در استاندارد ISO 3534 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز کاربرد دارد.

یادآوری ۱- در متن هر کجا عبارت (مواد فله) آمده است، نشان دهنده آن است که تعریف ارائه شده تنها برای نمونه‌گیری مواد فله صادق است.

یادآوری ۲- برای اطلاعات بیشتر به پیوست الف مراجعه شود.

۱-۱-۳

مواد فله‌ای

bulk material

مقدار موادی است که در آن قسمت‌های هر جزء در ابتدا در سطح ماکروسکوپی قابل تشخیص نمی‌باشند.

۲-۱-۳

نمونه

sample

(مواد فله) زیر مجموعه‌ای از یک جامعه معین می‌باشد که از یک یا چند واحد نمونه‌گیری ایجاد شده است.

۳-۱-۳

نمونه‌گیری

sampling

عمل برداشتن یا تشکیل نمونه است.

۴-۱-۳

نمونه‌گیری تصادفی ساده

simple random sampling

نمونه‌گیری است که در آن یک نمونه متشکل از n واحد نمونه‌گیری از جامعه به نحوی گرفته می‌شود که تمام ترکیبات از n واحد نمونه‌گیری، احتمال برابر برای انتخاب شدن را دارند.

یادآوری - در نمونه‌گیری از مواد فله، اگر واحد نمونه‌گیری، نمونه اولیه باشد توصیه می‌شود موقعیت، تعیین حدود و روش برداشت نمونه به گونه‌ای باشد که اطمینان حاصل شود که تمام واحدهای نمونه‌گیری یک احتمال مساوی برای انتخاب شدن را دارند.

۳-۱-۵

دسته

stratum

با توجه به ویژگی‌های نیاز به بررسی، زیرگروه خاص و منحصر به فردی است که نسبت به کل جامعه، همگن‌تر می‌باشد.

مثال: در مواد فله، دسته‌ها بر اساس زمان، جرم و فضا، معمولاً عبارتند از دوره‌های زمانی تولید (به طور نمونه ۱۵ دقیقه) و جرم تولید (به طور نمونه ۱۰۰ تن) که در کشتی‌ها و واگن‌های قطار یا کانتینرها نگهداری می‌شوند.

۳-۱-۶

نمونه‌گیری دسته‌بندی شده

stratified sampling

نمونه‌گیری است که در آن، بخش‌هایی از نمونه از دسته‌های مختلف برداشته شود و از هر دسته با حداقل یک واحد نمونه‌گیری، نمونه‌گیری شود.

یادآوری- در برخی موارد، این بخش‌ها نسبت‌های مشخص و از پیش تعیین شده هستند. به هر حال در نمونه‌گیری از پیش دسته‌بندی شده، نسبت‌های معین از پیش مشخص نیستند.

۳-۱-۷

نمونه‌گیری تصادفی ساده دسته‌بندی شده

stratified simple random sampling

نمونه‌گیری تصادفی ساده از هر دسته است.

۳-۱-۸

نمونه‌گیری نظام‌مند

systematic sampling

نمونه‌گیری بر طبق یک طرح و برنامه مشخص است.

یادآوری ۱- در نمونه‌گیری از مواد فله، نمونه‌گیری نظام‌مند از برداشت اقلام در فواصل ثابت یا بعد از فواصل زمانی ثابت حاصل می‌شود. به عنوان مثال فاصله را می‌توان بر اساس گذشت زمان یا مقدار ماده^۱ نیز در نظر گرفت. اگر بر اساس مقدار ماده (جرم) باشد، توصیه می‌شود واحدهای نمونه‌گیری یا نمونه‌های اولیه از جرم یکسانی برخوردار باشند. اگر بر اساس زمان باشند، واحدهای نمونه‌گیری یا نمونه‌های اولیه در فواصل زمانی یکنواخت از یک حامل (مثلاً نوار نقاله) یا جریان متحرک برداشته شوند. در این مورد توصیه می‌شود جرم هر واحد نمونه‌گیری یا نمونه‌های اولیه با دبی جرمی ماده در لحظه برداشت واحد یا نمونه اولیه متناسب باشد.

یادآوری ۲- اگر بهر^۱دسته‌بندی شود، نمونه‌گیری نظام‌مند دسته‌بندی شده را می‌توان با نمونه‌های اولیه‌ای از موقعیت‌های نسبی یکسان با موقعیت دسته انجام داد.

۳-۱-۹

واحد نمونه‌گیری

sampling unit

یکی از اعضاء جامعه (کل واحد نمونه‌گیری) است که هر یک احتمالی یکسان برای انتخاب شدن در نمونه‌گیری دارند و از کل توده مورد نظر برای تقسیم تشکیل شده است.

یادآوری ۱- در نمونه‌گیری مواد فله، واحدهای نمونه‌گیری با احتمالی یکسان برای انتخاب شدن در نظر گرفته می‌شوند و پس از انتخاب، کل واحد نمونه‌گیری قسمتی از تمام نمونه محسوب می‌شود.

یادآوری ۲- در زمان نمونه‌گیری از مواد فله با نمونه‌های اولیه منفرد، واحد نمونه‌گیری، نمونه اولیه است.

۳-۱-۱۰

دقت

precision

نزدیکی بین نتایج در یک آزمون مستقل است که تحت شرایط قید شده به دست می‌آید.

یادآوری ۱- دقت فقط به توزیع خطاهای تصادفی بستگی دارد و به مقدار واقعی یا مقدار مشخص شده ارتباطی ندارد.

یادآوری ۲- اندازه دقت معمولاً به صورت عدم دقت بیان می‌شود و به عنوان انحراف استاندارد از نتایج آزمون محاسبه می‌شود.

یادآوری ۳- مقادیر کمی دقت به شدت به شرایط معین بستگی دارند (شرایط تکرارپذیری و تجدیدپذیری، مجموعه‌هایی از حداکثر شرایط معین هستند).

۳-۱-۱۱

اریبی

bias

اختلاف بین نتیجه آزمون مورد انتظار و مقدار مرجع مورد پذیرش است.

یادآوری ۱- اریبی بر خلاف خطای تصادفی، یک خطای نظام‌مند است. ممکن است یک یا چند مؤلفه خطای نظام‌مند، در اریبی نقش داشته باشند. یک اختلاف نظام‌مند بزرگتر از مقدار مرجع مورد پذیرش، به یک مقدار اریبی بزرگتر می‌انجامد.

یادآوری ۲- معمولاً آریبی ابزار اندازه‌گیری از طریق گرفتن میانگین خطای نشانه^۱ در تعداد مناسبی از اندازه‌گیری‌های مکرر برآورد می‌گردد. خطای نشانه، عبارت است از "مقدار مشخص شده توسط موقعیت نشانه ابزار اندازه‌گیری منهای مقدار واقعی ورودی متناظر".

۱۲-۱-۳

بهر

lot

قسمت معینی از یک جامعه، متشکل از کل مقدار مواد فله‌ای تحت بررسی است که این قسمت به عنوان مقداری از موادی است که مشخصات ویژه‌ای از آن قرار است تعیین شود.

یادآوری - تجارت مواد فله‌ای اغلب شامل معاملاتی با بهره‌های منفرد است و در این موارد بهر همان جامعه در نظر گرفته می‌شود.

۱۳-۱-۳

بهر فرعی

sub-lot

قسمت معینی از بهر مواد فله‌ای است.

۱۴-۱-۳

نمونه اولیه

increment

مقداری از مواد فله است که در یک اقدام با استفاده از ابزار نمونه‌گیری، برداشته می‌شود.

یادآوری ۱- توصیه می‌شود تعیین موقعیت، حدود و نحوه استخراج نمونه اولیه طوری باشد که اطمینان حاصل شود که تمام قسمت‌های مواد فله در بهر از احتمال مساوی برای انتخاب شدن برخوردار هستند.

یادآوری ۲- نمونه‌گیری اغلب در مراحل مکانیکی متوالی انجام می‌شود که در این صورت لازم است که بین نمونه اولیه مرتبه اول که در اولین مرحله نمونه‌گیری از بهر استخراج می‌شود و نمونه اولیه دوم که در دومین مرحله نمونه‌گیری از نمونه اولیه، استخراج می‌شود و نظایر آن تمایز ایجاد کرد.

۱۵-۱-۳

نمونه مرکب

composit sample

انباشته‌ای متشکل از تعداد دو نمونه اولیه یا بیشتر از یک بهر است.

۱۶-۱-۳

نمونه ناخالص

gross sample

نباشته‌ای از تمام نمونه‌های اولیه دریافتی یک بهر فرعی یا بهر است که با روش‌های اجرایی نمونه‌گیری معمول به دست آمده‌اند.

۱۷-۱-۳

نمونه آزمون (آزمایه)

test sample

نمونه‌ای است که برای آزمون یا تجزیه و تحلیل آماده می‌شود و کل مقدار یا قسمتی از آن برای آزمون یا تجزیه و تحلیل در یک زمان به کار برده می‌شود.

یادآوری - این واژه را می‌توان در مواردی نظیر: آزمایش برای آنالیز شیمیایی، آزمایش برای تعیین رطوبت، آزمایش برای تعیین اندازه ذرات و آزمایش برای آزمون فیزیکی به کار برد.

۱۸-۱-۳

آزمونه

test portion

قسمتی از آزمایش است که به منظور تجزیه و تحلیل یا آزمون در یک زمان به کار برده می‌شود.

۱۹-۱-۳

نمونه‌گیری چند مرحله‌ای

multi-stage sampling

نمونه‌گیری است که در آن نمونه، در چندین مرحله انتخاب می‌شود. واحدهای نمونه‌گیری در هر مرحله از روی واحدهای نمونه‌گیری بزرگتر منتخب در مرحله قبل، گرفته می‌شوند.

۲۰-۱-۳

نمونه‌گیری معمول

routine sampling

نمونه‌گیری برای اهداف تجاری است که توسط روش‌های قید شده در استانداردهای معین به منظور تعیین میانگین کیفی یک بهر انجام می‌شود.

یادآوری - گاهی اوقات اصطلاح "نمونه‌گیری منظم" به عنوان جایگزینی برای اصطلاح "نمونه‌گیری معمول" به کار می‌رود.

۲۱-۱-۳

نمونه‌گیری آزمایشی

experimental sampling

نمونه‌گیری غیر معمول است که در آن طرح آزمایشی هدفی معین به منظور بررسی منابع واریانس و یا آریبی در نمونه‌گیری به کار می‌رود.

۲۲-۱-۳

نمونه‌گیری نفوذی

interpenetrating sampling

نمونه‌گیری تکراری^۱ از چندین بهر یا بهره‌های فرعی است که در آن برای هر بهر i یا بهره‌های فرعی i ، نمونه‌های اولیه متوالی به صورت گردشی به درون ظرف‌های متفاوت ریخته می‌شوند تا نمونه‌های ترکیبی چندتایی (A_i, B_i, C_i, \dots) ایجاد شده و تغییرات بین نمونه‌های اولیه در بهر یا بهره‌فرعی، بررسی گردد.

یادآوری ۱- گاهی اوقات اصطلاح "نمونه‌گیری ترکیبی"^۲ به عنوان جایگزینی برای "نمونه‌گیری نفوذی" به کار می‌رود.

یادآوری ۲- اکثر طرح‌های نمونه‌گیری نفوذی از روش نمونه‌گیری مضاعف با نمونه مرکب زوجی متشکل از هر بهر i یا بهره‌فرعی i استفاده می‌کنند.

۲۳-۱-۳

نمونه‌گیری تکراری

replicate sampling

نمونه‌گیری است که در آن به منظور تشکیل نمونه‌های مرکب چندتایی، نمونه‌های اولیه به طور همزمان یا متوالی به صورت زوجی برداشته می‌شوند.

۲۴-۱-۳

نمونه‌گیری مضاعف

duplicate sampling

نمونه‌گیری تکراری است که در آن برای تشکیل دو نمونه مرکب، نمونه‌های اولیه به طور همزمان یا متوالی به صورت زوجی برداشته می‌شوند.

یادآوری - نمونه‌گیری مضاعف حالت خاصی از نمونه‌گیری تکراری است.

1- Replicate
2- Interleaved

۲۵-۱-۳

نمونه‌گیری دستی

manual sampling

جمع‌آوری نمونه‌های اولیه توسط عامل انسانی است.

۲۶-۱-۳

نمونه‌گیری مکانیکی

mechanical sampling

جمع‌آوری نمونه‌های اولیه توسط وسایل مکانیکی است.

۲۷-۱-۳

برش

cut

یک بار حرکت عرضی وسیله برش نمونه از میان جریان ماده در نمونه‌گیری مکانیکی است.

۲۸-۱-۳

آماده‌سازی نمونه

sample preparation

مجموعه‌ای از عملیات ضروری روی مواد، برای تبدیل یک نمونه به آزمایش است.

مثال: کاهش اندازه‌ها، مخلوط کردن و تقسیم نمودن

یادآوری - برای مواد ریز ذره، تکمیل هر عملیات مربوط به تقسیم نمونه، آغاز مرحله آماده‌سازی نمونه بعدی را معین می‌کند. بنابراین، تعداد مراحل آماده‌سازی نمونه با تعداد تقسیمات انجام شده برابر می‌باشد.

۲۹-۱-۳

کاهش نمونه

sample reduction

فرآیندی درآماده‌سازی نمونه است که به موجب آن اندازه ذرات با خرد کردن، آسیاب کردن یا پودر نمودن، کاهش می‌یابد.

۳-۱-۳۰

تقسیم نمونه

sample division

فرآیندی در آماده‌سازی نمونه است که به موجب آن نمونه‌ای از مواد فله‌ای به قسمت‌های جداگانه تقسیم‌بندی می‌شود و یک یا تعدادی از آنها نگه داشته می‌شوند.
مثال: جداسازی^۱، تقسیم مکانیکی، یا چارک‌کردن^۲

۳-۱-۳۱

تقسیم به نسبت ثابت

fixed ratio division

تقسیم نمونه به نحوی است که در آن قسمت‌های جدا شده از هر نمونه، نسبت ثابتی از نمونه اصلی می‌باشند.

۳-۱-۳۲

تقسیم به جرم ثابت

fixed mass division

تقسیم نمونه به نحوی است که در آن قسمت‌های جدا شده بدون توجه به تغییرات جرمی نمونه‌های تقسیم شده، از جرم تقریباً یکسانی برخوردار هستند.

۳-۱-۳۳

خشک کردن نمونه

sample drying

فرآیندی در آماده‌سازی نمونه با خشک کردن جزئی آن، برای رساندن محتوای رطوبت نزدیک به سطحی است که در نتایج آزمون‌های بعدی یا آماده‌سازی نمونه، اریبی ایجاد نکند.

۳-۱-۳۴

آماده‌سازی نمونه معمول

routine sample preparation

آماده‌سازی نمونه است که به منظور تعیین میانگین کیفی بهر، توسط روش‌های اجرایی ذکر شده در استانداردهای مربوطه خاص، انجام می‌گیرد.

1- Riffing

2- Quartering

۳۵-۱-۳

آماده‌سازی نمونه غیر معمول

non-routine sample preparation

آماده‌سازی نمونه است که برای نمونه‌گیری آزمایشی صورت می‌گیرد.

۳۶-۱-۳

بزرگترین اندازه نامی

nominal top size

اندازه ذره بیان شده توسط ابعاد روزنه غربال آزمون (نوع دهانه مربعی مطابق با استاندارد ISO 565) است که پس از آزمون، بر روی غربال بیش از ۵٪ نمونه باقی نماند.

۳۷-۱-۳

کوچکترین اندازه نامی

nominal bottom size

اندازه ذره بیان شده توسط ابعاد روزنه غربال آزمون (نوع دهانه مربعی مطابق با استاندارد ISO 565) است که پس از آزمون، بیش از ۵٪ نمونه از غربال عبور نمی‌کند.

۳۸-۱-۳

تغییرات در کیفیت

quality variation

انحراف استاندارد مشخصه‌های کیفی است که به دو شکل مشخص می‌گردد:
- از طریق برآورد واریانس بین نمونه‌های نفوذی گرفته شده از بهر یا بهر فرعی
- از طریق برآورد واریانس تجزیه و تحلیل نمودار تغییرات^۱ تفاوت‌های بین نمونه‌های اولیه منفرد که به واسطه فاصله‌های زمانی متعدد از هم جدا شده‌اند.

۳۹-۱-۳

روش اجرایی نمونه‌گیری

sampling procedure

دستورالعمل‌ها و یا الزامات اجرایی مرتبط با گرفتن نمونه‌های اولیه و تشکیل نمونه است.

1- Variographic

۴۰-۱-۳

روش اجرایی آماده‌سازی نمونه

sample preparation procedure

دستورالعمل‌ها و یا الزامات اجرایی مرتبط با روش‌ها و معیارها برای تقسیم نمونه است.

۴۱-۱-۳

طرح نمونه‌گیری

sampling plan

نوع نمونه‌گیری مورد استفاده همراه با ویژگی عملیاتی اقلام یا نمونه‌های اولیه، نمونه‌های تشکیل شده و اندازه‌گیری‌های لازم را مشخص می‌کند.

مثال: به طور مثال این طرح می‌تواند تعیین کند که نمونه‌گیری به صورت نظام‌مند و در دو مرحله انجام گیرد. در این مثال، این طرح هم‌چنین با تشخیص نوع نمونه‌گیری، می‌تواند تعداد نمونه‌های اولیه دریافتی یک بهر، تعداد نمونه‌های مرکب (یا نمونه‌های ناخالص) هر بهر، تعداد آزمایش‌های هر نمونه مرکب و تعداد اندازه‌گیری‌های هر آزمایش موجود در ترکیب را معین کند.

۴۲-۱-۳

برنامه نمونه‌گیری

sampling scheme

ترکیب طرح‌های نمونه‌گیری با اهداف نمونه‌گیری است.

یادآوری - اهداف نمونه‌گیری شامل نمونه‌گیری معمول، برآورد دقت و بررسی تغییرات در کیفیت می‌باشد.

۴۳-۱-۳ سیستم نمونه‌گیری

sampling system

مکانیزم عملیاتی و یا نصب مکانیکی برای برداشتن نمونه اولیه و آماده‌سازی نمونه است.

۲-۳ نمادها و اختصارات

فهرستی از نمادهای به‌کار رفته در این استاندارد همراه با شرح مختصری از معانی و اشاره به بندی که در آن برای اولین بار به آنها اشاره شده است، در جدول ۱ آمده است. جدول ۲ فهرستی از زیرنویس‌ها و معانی آنها که در این استاندارد به‌کار رفته‌اند را ارائه می‌نماید.

جدول ۱ - نمادها

نماد	مفهوم	یکا	بند مورد اشاره
A_i	نمونه مرکب از نمونه‌های اولیه با شماره فرد برای قسمت I ام در نمونه-گیری نفوذی	-	۳-۷
A_2	پارامتر تفاوت معنی‌دار بین دو میانگین	-	۱۰
B_i	نمونه مرکب از نمونه‌های اولیه با شماره زوج برای قسمت I ام در نمونه-گیری نفوذی	-	۳-۷
B	پارامتری برای محاسبه حدود فاصله اطمینان برای مؤلفه واریانس	-	۵-ب
B_o	عرض از مبدأ رگرسیون خطی	-	۵-پ
b_1	شیب رگرسیون خطی	-	۵-پ
D	بزرگترین اندازه نامی ذرات	mm	۵
d_i	عاملی برای برآورد انحراف استاندارد از دامنه داده های زوجی با توزیع نرمال	-	۱۰
d_2	تفاوت بین میانگین سیستم و میانگین مرجع در همان مجموعه	-	۳-۷
\bar{d}	میانگین تفاوت بین اندازه‌های سیستم و اندازه‌گیری‌های مرجع	-	۱۰
$E(V)$	واریانس مورد انتظار (امید ریاضی واریانس)	-	۵-ب
F_o	F مشاهده شده	-	۱۰
$F_{\alpha/2}(v_1, v_2)$	چندک $\alpha/2$ برای توزیع F با v_1 و v_2 درجه آزادی	-	۱۰
g_i	تفاوت بین x_{i2} و x_{i1}	-	۱۰
h_i	تفاوت بین y_{i2} و y_{i1}	-	۱۰
I	شاخص تعداد نمونه اولیه یا بهر فرعی وابسته به محتوا	-	۳-۷
K	تعداد نمونه‌های اولیه که تأخیر یک مقدار نمودار تغییرات یا نمودار همبستگی و یا تعداد مجموعه‌های نمونه‌های اولیه را تعریف می‌کند.	-	۴-۷ ۸
N_{ite}	تعداد اقلام موجود در یک جامعه	-	۵
N_{sub}	تعداد نمونه‌های اولیه ممکن در بهر فرعی	-	۵
N	تعداد نمونه‌های اولیه	-	۶
n_{ite}	تعداد اقلام موجود در یک نمونه	-	۵
n_M	تعداد اندازه‌گیری‌های یک آزمایش	-	۶
n_o	تعداد مشاهدات موجود در تیمار A_i	-	۵-ب
n_{sub}	تعداد نمونه‌های اولیه دریافتی از هر بهر فرعی	-	۵
P_{mi}	نرخ تولید آهن مذاب	t/tap	۳-پ
P	تعداد بهرها	-	۲-۷

ادامه جدول ۱- نمادها

نماد	مفهوم	واحد	بند مورد اشاره
R_i	دامنه اندازه گیری های زوجی	-	۳-۷
\bar{R}	میانگین دامنه های R_i	-	۳-۷
\bar{R}_1	میانگین دامنه ها بین اندازه گیری های تکراری	-	۳-۴-ب
\bar{R}_2	میانگین دامنه ها بین میانگین های اندازه گیری ها در آزمایش	-	۳-۴-ب
\bar{R}_3	میانگین دامنه ها بین میانگین های اندازه گیری ها در نمونه های مرکب	-	۳-۴-ب
r_{exp}	مقدار نمودار همبستگی آزمایشی	-	۴-۷
S	مجموع مربعات	-	۲-۷-پ
S_{BIT}^2	واریانس بین ارقام	-	۵
S_d^2	واریانس d_i	-	۱۰
S_e^2	واریانس خطا	-	۱۰
T_1, T_2	حدود اطمینان	-	۱۰
t	مقدار تأخیر برای محاسبه نمودار تغییرات یا نمودار همبستگی هم بر مبنای زمان و هم بر مبنای جرم	زمان بر حسب دقیقه (min) جرم بر حسب تن (t)	۴-۷
$t_{(1-\alpha)/2}(v)$	چندک $(1-\alpha)/2$ برای متغیر t با v درجه آزادی	-	۱۰
U_{CL}	حد کنترل بالایی	-	۴-ت
u	سرعت تخلیه	-	۵-پ
u_{lot}	تعداد بهر فرعی در بهر	-	۶
V_A	واریانس با v_A درجه آزادی	-	۵-ب
V_a	واریانس متناظر با دامنه تغییرات چرخه ای	-	۳-پ
V_c	واریانس تغییرات چرخه ای	-	۳-ب
V_E	واریانس با v_E درجه آزادی	-	۵-ب
V_{exp}	مقدار نمودار تغییرات آزمایشی	-	۴-۷
V_r	واریانس تغییرات تصادفی	درصد جرمی	۳-پ
w_{AL}	درصد جرمی مقدار آلومینیوم	درصد جرمی	۷-پ
w_{Fe}	درصد جرمی مقدار آهن	درصد جرمی	۷-پ
w_m	درصد جرمی مقدار رطوبت	درصد جرمی	۵-پ
w_{sf}	درصد جرمی کسر اندازه	درصد جرمی	۶-پ
w_{Si}	درصد جرمی مقدار سیلیسیم	درصد جرمی	۳-پ

ادامه جدول ۱- نمادها

نماد	مفهوم	واحد	بند مورد اشاره
W_{Su}	درصد جرمی مقدار گوگرد	درصد جرمی	پ-۳
x_i	مقدار مشخصه کیفی برای نمونه اولیه i	-	۴-۷
x_{i1}	یکی از اندازه گیری های تکراری به دست آمده توسط یک روش سیستم	-	۱۰
x_{i2}	یکی از اندازه گیری های تکراری به دست آمده توسط یک روش سیستم	-	۱۰
\bar{x}	میانگین کل x_{i1} و x_{i2}	-	۱۰
y_{i1}	یکی از اندازه گیری های تکراری به دست آمده توسط یک روش مرجع	-	۱۰
y_{i2}	یکی از اندازه گیری های تکراری به دست آمده توسط یک روش مرجع	-	۱۰
\bar{y}	میانگین کل y_{i1} و y_{i2}	-	۱۰
α	سطح معنی داری یک آزمون	-	۱۰
δ	حداکثر اریبی قابل قبول	-	۱۰
μ	میانگین جامعه	-	پ-۲-۷
V	تعداد درجات آزادی	-	۱۰
ρ_{COD}	پارامتر کیفیت آب (نیاز اکسیژن شیمیایی)	mg/ l اکسیژن	ث-۷
σ_A^2	مؤلفه واریانس بین عملیات A_i	-	ب-۵
σ_{BC}^2	مؤلفه واریانس بین نمونه های مرکب	-	پ-۷
σ_{BL}^2	مؤلفه واریانس بین بهره ها	-	۲-۷
σ_{BP}^2	مؤلفه واریانس بین قسمت ها	-	پ-۷
σ_{BT}^2	مؤلفه واریانس بین قطارها	-	پیوست الف
σ_{BV}^2	مؤلفه واریانس بین کشتی ها	-	پ-۷
σ_{BW}^2	مؤلفه واریانس بین واگن ها	-	پیوست الف
σ_E^2	واریانس مورد انتظار از برآورد	-	۵
σ_M^2	مؤلفه واریانس بین اندازه گیری های از یک آزمایش	-	۶
σ_P^2	مؤلفه واریانس بین آزمایش های آماده شده از یک نمونه ناخالص	-	۶
σ_S^2	مؤلفه واریانس نمونه گیری	-	۲-۷
σ_t^2	واریانس کل	-	پ-۳
σ_{wl}^2	مؤلفه واریانس درون بهره	-	۸
σ_{wsl}^2	مؤلفه واریانس درون بهره فرعی	-	۸

ادامه جدول ۱- نمادها

بند مورد اشاره	واحد	مفهوم	نماد
۶	-	مؤلفه واریانس بین نمونه‌های اولیه درون دسته‌ها در مواردی از نمونه‌گیری دسته‌بندی شده و نمونه‌گیری نظام‌مند، و مؤلفه واریانس بین نمونه‌های اولیه درون واحد نمونه‌گیری ابتدایی معتبر در مورد نمونه‌گیری دو مرحله‌ای	σ_{wst}^2
۵-ب	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_A^2	$\hat{\sigma}_A^2$
۷-پ	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_{BC}^2	$\hat{\sigma}_{BC}^2$
۵-ب	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_{BL}^2	$\hat{\sigma}_{BL}^2$
۷-پ	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_{BP}^2	$\hat{\sigma}_{BP}^2$
۷-پ	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_{BV}^2	$\hat{\sigma}_{BV}^2$
۵-ت	-	برآورد انحراف معیار از σ_E	$\hat{\sigma}_E$
۵-ت	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_E^2	$\hat{\sigma}_E^2$
۴-۳-ب	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_M^2	$\hat{\sigma}_M^2$
۴-۳-ب	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_P^2	$\hat{\sigma}_P^2$
۴-۳-ب	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_S^2	$\hat{\sigma}_S^2$
۳-۷	-	انحراف معیار برآورد شده درون دسته ای σ_{wst}	$\hat{\sigma}_{wst}$
۳-۷	-	برآورد مؤلفه واریانس σ_{wst}^2	$\hat{\sigma}_{wst}^2$
۵-ب	-	چندک $\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ از توزیع X^2 با درجه v آزادی	$X^2\left(v, \frac{\alpha}{2}\right)$

جدول ۲- زیرنویس‌ها

علامت اختصاری	مفهوم
<i>Al</i>	آلومینیوم
<i>a</i>	دامنه
<i>BC</i>	بین نمونه‌های مرکب
<i>BIT</i>	بین اقلام
<i>BL</i>	بین بهرها
<i>BP</i>	بین قسمت‌ها
<i>BT</i>	بین قطارها
<i>BV</i>	بین کشتی‌ها
<i>BW</i>	بین واگن‌ها

ادامه جدول ۲- زیرنویس‌ها

علامت اختصاری	مفهوم
<i>COD</i>	نیاز اکسیژن شیمیایی
<i>C</i>	چرخه‌ای
<i>d</i>	تفاوت
<i>E</i>	مورد انتظار
<i>e</i>	خطا
<i>exp</i>	آزمایشی
<i>Fe</i>	آهن
<i>ite</i>	اقلام
<i>i</i>	شاخص تعیین کننده تعداد یک نمونه اولیه یا بهر فرعی وابسته به محتوا
<i>L</i>	پایینی
<i>lot</i>	بهر
<i>M</i>	اندازه‌گیری
<i>m</i>	رطوبت
<i>mi</i>	آهن مذاب
<i>O</i>	مشاهده شده
<i>P</i>	آماده‌سازی
<i>r</i>	تصادفی
<i>S</i>	نمونه‌گیری
<i>sf</i>	کسر اندازه
<i>Si</i>	سیلیسیم
<i>Su</i>	گوگرد
<i>Sub</i>	بهر فرعی
<i>t</i>	کل
<i>U</i>	بالایی
<i>wl</i>	درون بهر
<i>ws</i>	درون نمونه
<i>wsl</i>	درون بهر فرعی
<i>wst</i>	درون دسته

۴ هدف و کاربرد علم آمار در نمونه‌گیری از مواد فله

به منظور برآورد مقدار، خاصیت یا خواص مواد فله‌ای، نمونه‌ها از چندین نوع مواد فله‌ای گرفته می‌شوند. این نمونه‌ها ممکن است از جریان مداوم مواد، از بهر منفرد و یا از توالی بهره‌ها گرفته شوند. به دلیل وجود منبع تغییرات در مواد فله‌ای گوناگون، به خاطر روش‌های نمونه‌گیری به عنوان نتیجه‌ای از خطاهای اندازه‌گیری و همچنین به خاطر آماده‌سازی نمونه‌های مرکب، وجود استاندارد ضرورت دارد.

استانداردهای بین‌المللی برای نمونه‌گیری مواد فله‌ای، به طور مثال زغال‌سنگ، سنگ آهن و نفت خام قبلاً منتشر شده‌اند و در کمیته فنی مربوطه سازمان بین‌المللی ایزو که با این مواد سر و کار دارند تجدید نظر شده‌اند. این استانداردها برای انجام معاملات به منظور کمک به تسهیل و ترویج تجارت جهانی در این موارد، مورد استفاده قرار می‌گیرند با این حال در استفاده از اصطلاحات فنی و در کاربرد روش‌های آماری در این استانداردها به‌ویژه در استانداردهای پیش‌نویس شده توسط کمیته‌های فنی متفاوت، هماهنگی وجود ندارد.

بنابراین یکی از اهداف این استاندارد فراهم آوردن مجموعه‌ای از اصطلاحات فنی و تعاریف مورد نیاز برای نمونه‌گیری از مواد فله‌ای می‌باشد تا برای یکسان‌سازی بیشتر اصطلاحات فنی و تعاریف در کمیته‌ها و نسخه‌های آینده استانداردهای بین‌المللی و استانداردهای جدید، مبنایی را ارائه کند.

هدف دیگر این استاندارد ارائه رهنمودی در مورد کاربرد روش‌های آماری است به طور مثال روش‌های متفاوتی در مورد آزمون اریبی در استانداردهای بین‌المللی موضوعه مشخص شده است که کاربران قادر به تشخیص بهترین روش نیستند. این استاندارد یک روش آزمون جایگزین برای اریبی تبیین می‌کند. مدل ریاضی مربوط به روش‌های آزمون مذکور نمی‌توانند به طور فیزیکی با اکثر سیستم‌های نمونه‌گیری مکانیکی موجود، اجرا شوند. در صورت اجرایی بودن روش آزمون، دقیقاً نمی‌تواند شرایط عملکرد فیزیکی معمولی را شبیه‌سازی کند، مگر اینکه سیستم نمونه‌گیری طوری طراحی شده باشد که در حین فعالیت معمول، بتواند آن گونه عمل نماید. روش آزمون پیشنهاد شده یک روش پیشرفته از روش آزمون اریبی معمول، شامل داده‌های زوجی است. این روش آزمون برآورد مستقیمی از واریانس‌های خطا را بوسیله اندازه‌گیری‌های تکراری، از هر عضو از داده‌های زوجی مطرح می‌کند. این روش نسبت به هر روش دیگری که تا کنون برای آزمون اریبی پیشنهاد شده است، دانش بیشتری را مرتبط با واریانس‌های خطا فراهم می‌کند.

علاوه بر این، اخیراً پیشنهاد شده است که تجزیه و تحلیل داده‌های سری، مانند روش نمودار تغییرات، برای مواد فله‌ای به برنامه‌های نمونه‌گیری ضمیمه شود. با توجه به اینکه این شیوه، هنوز در مرحله تکمیل است، این استاندارد آگاهی دهنده را از طریق چندین برنامه کاربردی تجزیه و تحلیل داده‌های سری نسبت به انواع مختلف داده، به جای داده‌های استاندارد ارائه کرده است.

هدف اصلی این استاندارد نمونه‌گیری از یک کالا از مواد فله‌ای، برای امور تجاری و بازرگانی است. نمونه‌گیری از یک کالا به دو روش متفاوت طبقه‌بندی شده است:

روش اول، نمونه‌گیری از مواد فله‌ای به منظور برآورد دقیق مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر است و روش دوم روش بازرسی از مواد فله‌ای، به منظور تصمیم‌گیری برای پذیرش بهر مربوطه می‌باشد. استانداردهای موضوعه برای روش نوع اول در نمونه‌گیری از زغال سنگ، سنگ آهن و کالاهای دیگر مانند استاندارد ISO 11648 (تمام قسمت‌ها) قابل اجرا هستند. این استاندارد یک استاندارد عمومی در این مورد است. استاندارد مرتبط با نوع دوم استاندارد ISO 1072 می‌باشد.

نمونه‌گیری از مواد فله‌ای را می‌توان به دو گروه مرتبط به دامنه کاربرد طبقه‌بندی کرد: گروه اول نمونه‌گیری از روی یک کالا به گونه‌ای که در بالا شرح داده شده است و گروه دیگر نمونه‌گیری در یک کارخانه است.

هدف از نمونه‌گیری در کارخانه، کنترل فرآیند تولید و اطمینان از کیفیت فرآورده‌ها برای مصرف‌کنندگان با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌های آزمایشی است. به طور مثال در عملکردهای اساسی یک کوره تولید فولاد اکسیژن‌دار، به منظور کنترل بیشتر فرآیندهای تولید، نمونه‌هایی از فولاد مذاب گرفته می‌شود و نتایج برای اطمینان از انطباق ترکیب شیمیایی با الزامات مورد نیاز برای محصول در حال ساخت، استفاده می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود روش‌های نمونه‌گیری در یک کارخانه توسط خود کارخانه تهیه شود، اما از رویکردهای نمونه‌گیری مؤثری همانند رویکردهای توصیف شده در بندهای گوناگون این استاندارد تبعیت شود.

۵ مشکلات ویژه در نمونه‌گیری از مواد فله

وقتی یک بهر از صدها لامپ یا پیچ و مهره تشکیل شده باشد، انتخاب تصادفی لامپ‌ها یا پیچ و مهره‌ها، یک نمونه معرف از بهر را ارائه می‌دهد. در مورد نمونه‌گیری از مواد فله‌ای به جای لامپ‌ها یا پیچ و مهره‌های منفرد، نمونه اولیه از بهر مد نظر قرار می‌گیرد. در نمونه‌گیری فله‌ای، تعیین حداقل جرم نمونه اولیه ضروری است. مثالی از توالی تصمیمات طرح نمونه‌گیری شامل مواد فله‌ای بسته‌بندی شده در کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی (به طور مثال آرد یا سیمان) بدین صورت می‌باشد.

- انتخاب کیسه برای نمونه‌گیری؛
- تعیین جرم نمونه اولیه؛
- برداشتن نمونه‌های اولیه از کیسه‌های انتخاب شده با یک وسیله نمونه‌گیری که یک نمونه معرف را ارائه می‌کند (به بیان دیگر، اجتناب از اریبی ناشی از لایه‌های بسته‌بندی شده محصول با خواص مختلف در کیسه)؛
- آماده‌سازی نمونه لازم و آزمون؛

در انتخاب یک وسیله نمونه‌گیری، این نکته حائز اهمیت است که یک وسیله خیلی کوچک می‌تواند با حذف ذرات بزرگتر در بهر باعث اریبی گردد، در حالی که وسیله خیلی بزرگ می‌تواند سبب ایجاد بارهای اضافی در آماده‌سازی نمونه شود. بنابراین توصیه می‌شود ابعاد وسیله نمونه‌گیری با توجه به اندازه‌های پایین و بالای وسیله تعیین شود.

با این حال در نمونه‌گیری از مواد پودری توصیه می‌شود به اثرات محیطی و راحتی جابجایی نمونه‌های اولیه توجه داشت چرا که با توجه به معادله‌ای که در ادامه آمده است، جرم نمونه اولیه محاسبه شده می‌تواند خیلی کوچکتر از آن باشد که به آسانی جابجا شود.

در عمل، هر دو روش دستی و مکانیکی را می‌توان به کار گرفت. در مورد نمونه‌گیری از مواد ریزذره، حداقل جرم نمونه اولیه برای نمونه‌گیری دستی بر اساس اجرای ابعاد $d(3 \times 3 \times 3)$ می‌باشد که در اینجا d بزرگترین اندازه نامی ذرات در یک بهر بر حسب mm می‌باشد. جرم نمونه اولیه دستی بر اساس فرض نمونه‌گیری تصادفی، یک نمونه اولیه از یک بهر می‌باشد.

در نمونه‌گیری از یک نوار متوقف شده؛ یک چارچوب نمونه‌گیری مناسب، با حداقل ابعاد داخلی سه برابر بالاترین اندازه نامی از یک بهر یا ۳۰ mm (هر کدام که بزرگتر باشد)، را در نوار ساکن قرار دهید و در مواد طوری وارد کنید که در سرتاسر عرض آن با نوار در تماس نزدیک باشد. سپس مواد داخل چارچوب نمونه‌گیری را تخلیه کنید و با جاروب کردن اطمینان حاصل کنید که تمام ذرات این ناحیه در نمونه اولیه وجود دارند و هر نمونه اولیه را در یک کانتینر مناسب بگذارید. اگرچه نمونه‌گیری از نوار متوقف شده همواره عملی نیست اما در مقایسه با روش‌های مشابه ترجیح دارد.

حداقل جرم یک نمونه اولیه که توسط یک نمونه‌گیر برشی از ماده در قسمت تخلیه یک جریان متحرک گرفته شده، با حداقل شکاف ابزار برش و حداکثر سرعت ابزار برش تعیین می‌شود. به منظور اجتناب از اریبی به علت شکست ذرات بزرگتر، حداکثر سرعت برش محدود می‌شود. جرم نمونه اولیه با استفاده از یک نمونه‌گیر برشی معمولاً ۱۰ تا ۵۰ برابر بزرگتر از جرم نمونه اولیه با استفاده از نمونه‌گیری دستی می‌باشد. دستگاه‌های برشی که در عرض نوار، برش می‌زنند، نمونه اولیه را از جریان مواد جمع‌آوری می‌کنند در حالی که نمونه اولیه بر روی نوار حامل حمل می‌شود. توصیه می‌شود ابزار برش جریان مواد فله‌ای را در یک صفحه عمود بر سطح نوار حامل قطع کند.

در نمونه‌گیری از مواد گسسته، واریانس مورد انتظار برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر با معادله زیر بیان می‌شود:

$$\sigma_E^2 = \left(1 - \frac{n_{ite}}{N_{ite}}\right) \frac{s^2_{ws}}{n_{ite}} \quad (1)$$

که در آن:

N_{ite} : تعداد اقلام موجود در جامعه؛

n_{ite} : تعداد اقلام موجود در نمونه؛

S^2WS : واریانس بین اقلام درون یک نمونه است که از مشخصه کیفی ارزیابی شده محاسبه می‌شود.

در معادله (۱)، $(1 - n_{ite}/N_{ite})$ "ضریب تصحیح جامعه متناهی"^۱ نامیده می‌شود. اگر مقدار n_{ite}/N_{ite} کمتر از $\frac{1}{10}$ باشد، می‌توان از تصحیح صرف‌نظر نمود. در نمونه‌گیری از مواد فله‌ای، مقدار متناظر با n_{ite}/N_{ite} یعنی n_{sub}/N_{sub} که در اکثر موارد، کمتر از $\frac{1}{10}$ می‌باشد که در این صورت ضریب تصحیح جامعه متناهی می‌تواند حذف شود. در این جا n_{sub} تعداد نمونه‌های اولیه گرفته شده از بهر فرعی می‌باشد و N_{sub} تعداد کل نمونه‌های اولیه ممکن در بهر فرعی می‌باشد.

این نتیجه‌گیری نه تنها برای مرحله نمونه‌گیری (نمونه‌های اولیه) بلکه برای مرحله آماده‌سازی نمونه، (استخراج آزمایش از نمونه ناخالص)، مرحله تجزیه و تحلیل (گرفتن نمونه از آزمایش). برای مایعات و گازها نیز قابل اجرا می‌باشد. ضریب تصحیح جامعه متناهی باید برای نمونه‌گیری از واکن‌های یک قطار، بشکه‌ها از یک کامیون و ... در نمونه‌گیری مواد فله‌ای به کار گرفته شود.

معمولاً مشخصات کیفی مورد ارزیابی در معاملات مشخص می‌شوند. به طور کلی، مقدار رطوبت، به منظور محاسبه جرم خشک شده بهر از جرم مرطوب اندازه‌گیری شده بهر تعیین می‌گردد. انواع مختلف ترکیب‌های شیمیایی، به ویژه ترکیب معرف، در پایه خشک آنالیز می‌شوند. به منظور محاسبه جرم خالص جزء معرف، تنظیم دقت توزین برای جرم مرطوب بهر، مقدار رطوبت و ترکیب معرف مهم است. گاهی اوقات توزیع اندازه ذرات و سایر خواص شیمیایی و فیزیکی تعیین می‌شوند. روش‌های اجرایی نمونه‌گیری برای برآورده کردن تمام الزامات مشخصات کیفی به طور جداگانه اجرا شوند.

۶ تفاوت‌های میان مواد ریزذره، مایعات و گازها

فرآیند نمونه‌گیری از مواد ریزذره معمولاً به سه مرحله تقسیم می‌شود:

الف- فرآیند برداشت نمونه‌های اولیه؛

ب- فرآیند آماده‌سازی نمونه؛

پ- فرآیند اندازه‌گیری.

هر فرآیند مؤلفه واریانس مربوط به خودش را دارد:

- مؤلفه واریانس نمونه‌گیری در طی نمونه‌گیری نمونه اولیه به وجود می‌آید.

1- Finite population correction

- مؤلفه واریانس آماده سازی نمونه در طی آماده سازی آزمایش ایجاد می شود.
 - مؤلفه واریانس اندازه گیری، دقت روش اندازه گیری به کار رفته را (روش تحلیلی) مشخص می کند.
 اگر n نمونه اولیه با استفاده از نمونه گیری نظام مند مبتنی بر جرم از یک بهر از مواد ریز ذره گرفته شود، نمونه ناخالص از n نمونه اولیه تشکیل می شود، یک آزمایش از نمونه ناخالص آماده می شود و تعداد n_M اندازه گیری از روی آزمایش به دست می آید، سپس می توان واریانس برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی یعنی، σ_E^2 در بهر را توسط معادله (۲) تخمین زد.

$$\sigma_E^2 = \frac{\sigma_{wst}^2}{n} + \sigma_P^2 + \frac{\sigma_M^2}{n_M} \quad (2)$$

که در آن:

σ_{wst}^2 : مؤلفه واریانس بین نمونه های اولیه در دسته شامل هر نمونه اولیه در بهر است.
 σ_P^2 : مؤلفه واریانس بین آزمایش های آماده شده از نمونه ناخالص است.
 σ_M^2 : مؤلفه واریانس بین اندازه گیری های به دست آمده از آزمایش است.
 n : تعداد نمونه های اولیه برداشتی از بهر می باشد.
 n_M : تعداد اندازه گیری های آزمایش می باشد.

یادآوری - برای اطلاعات بیشتر در ارتباط با نظریه نمونه گیری نظام مند به مراجع [۱] و [۲] از کتابنامه مراجعه شود.

اگر لازم باشد که σ_E^2 کمتر از مقداری محدود باشد، عبارت دوم در معادله (۲)، σ_P^2 بدون تغییر باقی خواهد ماند، در حالی که اولین و سومین عبارت را می توان با انتخاب ترکیب مناسبی از تعداد نمونه های اولیه، n و تعداد اندازه گیری ها، n_M کاهش داد.

زمانی که مؤلفه واریانس بین آزمایش ها، σ_P^2 قسمت اصلی σ_E^2 در معادله (۲) را نشان دهد و لازم باشد که σ_E^2 کمتر از مقداری محدود باشد، امکان کاهش قابل توجه در σ_E^2 با افزایش n و n_m وجود ندارد. به ویژه اینکه بهبود مؤلفه واریانس بین آزمایش ها (مؤلفه واریانس آماده سازی نمونه) در فرآیند آماده سازی مواد ریز ذره، به دلیل ماهیت آن سخت است. بنابراین تنها راه حل، تقسیم مجدد بهر به تعداد مناسبی از بهر های فرعی می باشد.

اگر یک بهر به u_{tot} بهر فرعی با همان کیفیت تقسیم شود، n_{sub} نمونه اولیه از هر بهر فرعی گرفته شود، یک نمونه ناخالص برای هر بهر فرعی تشکیل گردد و n_m اندازه گیری تکراری از روی هر نمونه ناخالص به دست آید، آنگاه واریانس برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر توسط معادله (۳) بیان خواهد شد.

$$\sigma_E^2 = \frac{1}{u_{tot}} \left(\frac{\sigma_{wst}^2}{n_{sub}} + \sigma_P^2 + \frac{\sigma_M^2}{n_M} \right) \quad (3)$$

بنابراین واریانس برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر، σ_E^2 را می‌توان با انتخاب تعداد مناسبی از بهرهای فرعی، یعنی u_{lot} ، تنظیم کرد. یک بهر فرعی باید مقدار مشخصی از ماده فله باشد که برای محاسبه کیفیت بهر با استفاده از میانگین توزین، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در فرآیند نمونه‌گیری از مایعات، تغییرات در یک نمونه ناخالص نسبتاً کوچک می‌باشد و فرآیند آماده‌سازی نمونه معمولاً حذف می‌شود. در صورت لزوم، ممکن است برای چشم‌پوشی از این تغییرات، نمونه ناخالص مخلوط و به هم زده شود.

در فرآیند نمونه‌گیری از گازها، نمونه اولیه دریافتی از یک بهر مستقیماً آنالیز شیمیایی می‌شود و فرآیند آماده‌سازی معمولاً حذف می‌شود.

در نمونه‌گیری از مواد ریزذره، در صورت امکان، توصیه می‌شود تمام مواد تولید شده ترجیحاً همگن شوند که ممکن است قبل از دریافت نمونه‌های اولیه، از چندین بهر برداشته شده باشد. برای کاهش تغییرات کیفیت درون بهر، سیستم‌های طبقاتی برای مواد ریزذره قبل از بارگیری در کشتی‌ها، انباشته می‌شوند. برداشتن نمونه‌های اولیه از دسته‌هایی که در آن بهر به جهت تغییرات کمتر به آنها تقسیم می‌گردد، نیز تغییرات کیفیت را کاهش می‌دهد. در مرحله آماده‌سازی نمونه، کاهش اندازه ذرات، گام دیگری در همگن‌سازی است. در مرحله آزمایش، اختلاط مکانیکی در یک آزمایشگاه انجام می‌گیرد. با این حال، عملیات خاص همگن‌سازی در این مرحله گاهی اوقات می‌تواند منجر به تفکیک خواص شود.

۷ روش‌های آزمایشی برای به‌دست آوردن مؤلفه‌های واریانس در مراحل مختلف نمونه‌گیری

۷-۱ مؤلفه‌های واریانس در مراحل مختلف نمونه‌گیری

توصیه می‌شود طرح نمونه‌گیری از مواد فله‌ای، که در نمونه‌گیری معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد، طوری تدوین شود که دقت کلی تعیین شده برای یک بهر با در نظر گرفتن تجارب گذشته و نتایج خاص آزمایش‌های در حال اجرا، بدست آید.

مؤلفه‌های واریانس در نمونه‌گیری معمول، معمولاً به مؤلفه‌های واریانس نمونه‌گیری (برداشت نمونه‌های اولیه)، آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری تقسیم می‌شود، به منظور برآورد این مؤلفه‌های واریانس به طور جداگانه یا با هم، سه آزمایش زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- آزمایش‌های تودرتو^۱

- نمونه‌گیری نفوذی؛

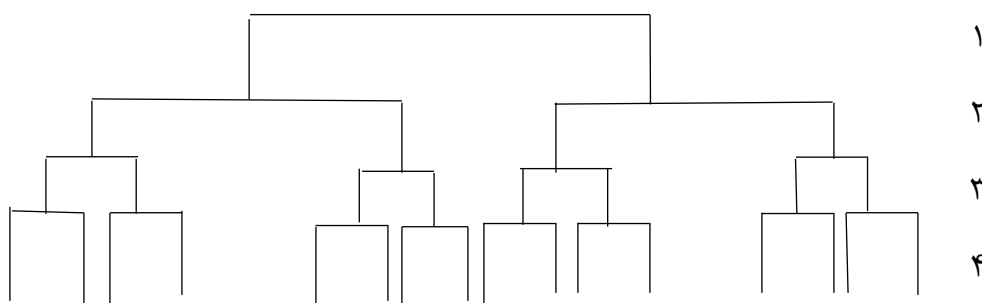
- نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم همراه با اندازه‌گیری نمونه اولیه به نمونه اولیه.

۲-۷ آزمایش‌های تودرتو

در یک وضعیت نمونه‌گیری کاملاً جدید، که در آن هیچ تجربه قبلی وجود ندارد، به منظور برآورد مؤلفه‌های واریانس در مراحل مختلف نمونه‌گیری به طور مثال، مؤلفه‌های واریانس بین بهرها، مؤلفه واریانس بین نمونه اولیه، مؤلفه واریانس بین نمونه‌ها و مؤلفه واریانس ناشی از خطای اندازه‌گیری، توصیه می‌شود آزمایش نمونه‌گیری انجام گیرد. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ساده‌ترین طرح آزمایش، یک آزمایش تودرتو با دو نمونه یا دو اندازه‌گیری در هر مرحله می‌باشد.

به منظور دستیابی به اطلاعات کافی درباره مؤلفه‌های واریانس بین مراحل نمونه‌گیری، توصیه می‌شود نمونه‌هایی از تقریباً ۲۰ بهر آزمون شود (اگرچه در بیشتر مواقع چندین زوج از نمونه‌های مرحله نمونه‌گیری را می‌توان از یک بهر برداشت).

اشکال این امر این است که برای هر نمونه مرحله نمونه‌گیری، چهاراندازه‌گیری در برنامه مورد نظر لازم می‌باشد که بیش از مقدار لازم است. درجات آزادی و میانگین مربعات مورد انتظار برای این مثال در جدول ۳ نشان داده شده است.



راهنما:

۱ بهرها

۲ مرحله نمونه‌گیری

۳ مرحله آماده‌سازی نمونه

۴ اندازه‌گیری‌ها

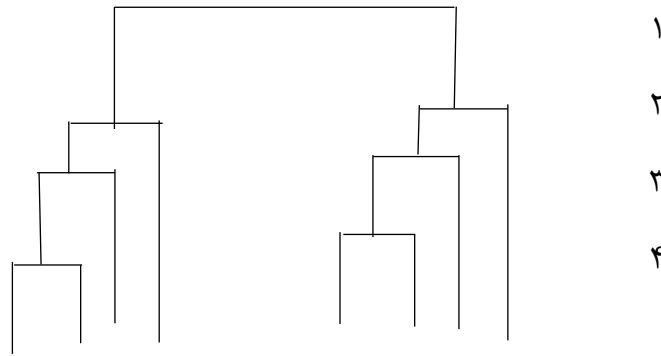
شکل ۱- آزمایش تو در تو کامل

جدول ۳- تحلیل واریانس (ANOVA) با میانگین مربعات مورد انتظار از آزمایش کاملاً تودرتو

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مجذورات انتظاری
بین بهره‌ها	$P - 1$	$\sigma_M^2 + 2\sigma_P^2 + 4\sigma_S^2 + 8\sigma_{BL}^2$
مرحله نمونه‌گیری در بهره‌ها	p	$\sigma_M^2 + 2\sigma_P^2 + 4\sigma_S^2$
مرحله آماده‌سازی نمونه در مرحله نمونه‌گیری	$2p$	$\sigma_M^2 + 2\sigma_P^2$
اندازه‌گیری در مرحله آماده‌سازی نمونه	$4p$	σ_M^2
	$8p - 1$	
σ_{BL}^2 : مؤلفه واریانس بین بهره‌ها σ_S^2 : مؤلفه واریانس مرحله نمونه‌گیری σ_P^2 : مؤلفه واریانس مرحله آماده‌سازی نمونه σ_M^2 : مؤلفه واریانس اندازه‌گیری p : تعداد بهره		

درجات آزادی $4p$ برای اندازه‌گیری مؤلفه واریانس بیش از نیاز می‌باشد و طرحی که در آن درجات آزادی به صورت یکنواخت‌تر توزیع شده باشند، مطلوب‌تر است.

این امر را می‌توان با استفاده از طرح آزمایش تودرتو-متناوبی^۱، همان‌گونه که در شکل ۲ قابل مشاهده است، انجام داد.



راهنما:

۱ بهره‌ها

۲ مرحله نمونه‌گیری

۳ مرحله آماده‌سازی نمونه

۴ اندازه‌گیری‌ها

شکل ۲- آزمایش تودرتو- متناوب

این امر تعداد اندازه‌گیری‌ها را از $8p$ به $4p$ و درجات آزادی و میانگین مربعات مورد انتظار را همان‌گونه که در جدول ۴ قابل مشاهده می‌باشد، کاهش می‌دهد.

جدول ۴- جدول آنالیز واریانس (ANOVA) با میانگین مربعات مورد انتظار از آزمایش تودرتو- متناوبی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات مورد انتظار
بین بهره‌ها	$P - 1$	$\sigma_M^2 + (3/2)\sigma_P^2 + (5/2)\sigma_S^2 + 4\sigma_{BL}^2$
مرحله نمونه‌گیری درون بهره‌ها	p	$\sigma_M^2 + (7/6)\sigma_P^2 + (3/2)\sigma_S^2$
مرحله آماده سازی نمونه در مرحله نمونه‌گیری	p	$\sigma_M^2 + (4/3)\sigma_P^2$
اندازه‌گیری در مرحله آماده‌سازی نمونه	p	σ_M^2
جمع	$4p - 1$	

در این آزمایش‌ها، مؤلفه‌های واریانس، $\sigma_M^2, \sigma_P^2, \sigma_S^2, \sigma_{BL}^2$ با استفاده از هر فرمول در ستون میانگین مربعات مورد انتظار نسبت به واریانس مشاهده شده مربوطه برآورد شده‌اند.

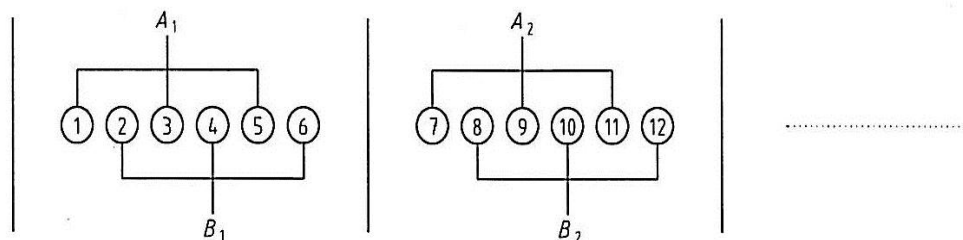
برای آگاهی از جزئیات آزمایش کاملاً تودرتو و آزمایش تودرتو- متناوبی، به استاندارد ISO 5725-3 مراجعه شود. مثال‌هایی از آزمایش‌های تودرتو در پیوست ب ارائه شده است.

۳-۷ نمونه‌گیری نفوذی

نمونه‌گیری نفوذی در جایی به کار برده می‌شود که مؤلفه واریانس نمونه‌گیری در مقایسه با مؤلفه‌های واریانس آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری، غالب باشد. به علاوه، در جایی که تجمیع و جمع‌آوری نمونه‌های اولیه مورد قبول باشد، به طور مثال برای مواد ریزدنه و یا موادی با ماهیت مایع، این نمونه‌گیری اعمال می‌شود.

در نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم سنگ آهن، تغییرات کیفیت درون دسته‌ها شامل ۲ نمونه اولیه به طور دوره‌ای بررسی می‌شوند. یک بهر به بیش از ده قسمت تقسیم می‌شود و نمونه‌های اولیه با شماره زوج که به هر قسمت اختصاص داده شده‌اند و این کار تعداد نمونه‌های اولیه مشخص شده بر طبق جرم بهر را بر تعداد قسمت‌ها، تقسیم می‌کند. نمونه‌های اولیه در فواصل ثابت بر حسب جرم برداشته می‌شوند. نمونه‌های اولیه با شماره فرد که از هر قسمت برداشته شده‌اند، و نمونه‌های اولیه با شماره زوج دریافتی از هر قسمت به ترتیب دو نمونه مرکب را تشکیل می‌دهند. (در مثال زیر، این نمونه‌های مرکب به ترتیب توسط A_i و B_i مشخص شده‌اند که در اینجا i شماره این قسمت می‌باشد). مشخصات کیفی مورد ارزیابی برای هر نمونه مرکب تعیین شده است و تغییرات کیفی در دسته شامل دو نمونه اولیه مذکور برآورد می‌شود.

مثال ۱: $3 \times 2 \times 10 =$ (تعداد قسمت‌ها) \times (تعداد نمونه‌های مرکب هر قسمت) \times (تعداد نمونه‌های اولیه هر نمونه مرکب)



شکل ۳- نمونه‌گیری نفوذی

مثالی که بر روی کل مقدار آهن انجام شده است در جدول ۵ قابل مشاهده می‌باشد. در این مثال، ۶۰ نمونه اولیه از بهر برداشته شده است. نمونه‌های اولیه شماره ۱ و شماره ۳ و شماره ۵ در نمونه مرکب A_1 ترکیب شده‌اند، نمونه اولیه شماره ۲ و شماره ۴ و شماره ۶، در نمونه مرکب B_1 ترکیب شده‌اند. با این کار نمونه‌های مرکب A_1 تا A_{10} و B_1 تا B_{10} به دست می‌آید و کل مقدار آهن برای هر نمونه مرکب، بعد از آماده‌سازی هر کدام به طور جداگانه، مشخص می‌شود. محدوده بین b_i و a_i به R_i نشان داده می‌شود. با توجه به میانگین دامنه، ۰٫۲۳، تغییرات کیفی درون دسته‌ها شامل ۲ نمونه اولیه (همچنین شامل مؤلفه‌های واریانس آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری) توسط فرمول زیر برآورد می‌شود.

$$\sigma_{wst}^2 = 3 \times \left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)^2 \quad (۴)$$

که در آن :

d_2 : عامل برآورد واریانس از طریق دامنه با توزیع نرمال برای داده‌های زوجی و برابر با ۱/۱۲۸ است؛
3: تعداد نمونه اولیه در هر نمونه مرکب است.

سایر مثال‌های مربوط به نمونه‌گیری در پیوست پ-۷ نشان داده شده است.

جدول ۵ - مثالی از نمونه‌گیری نفوذی

مقدار آهن کل				
محدوده	میانگین	B	A	شماره قسمت
۱/۰۱	۶۴/۸۶۵	۶۴/۳۶	۶۵/۳۷	۱
۰	۶۴/۸۲	۶۴/۸۲	۶۴/۸۲	۲
۰/۲۹	۶۴/۹۵۵	۶۵/۱۰	۶۴/۸۱	۳
۰/۱۰	۶۵/۰۱	۶۵/۰۶	۶۴/۹۶	۴
۰/۰۳	۶۵/۲۱۵	۶۵/۲۰	۶۵/۲۳	۵
۰/۱۲	۶۵/۲۸	۶۵/۲۲	۶۵/۳۴	۶
۰/۲۶	۶۵/۶۷	۶۵/۸۲	۶۵/۵۴	۷
۰/۰۷	۶۵/۳۷۵	۶۵/۳۴	۶۵/۴۱	۸
۰/۰۶	۶۵/۱۹	۶۵/۲۲	۶۵/۱۶	۹
۰/۳۵	۶۵/۵۱۵	۶۵/۶۹	۶۵/۳۴	۱۰
۰/۲۳	۶۵/۱۹			میانگین
۰/۳۵			σ_{wst}	
روش: ۱۰×۲×۳				
آسیاب فولادی G، ۱۹-۰۵-۱۹۸۵، وزن 97101t				

۴-۷ نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم با استفاده از نمونه‌گیری نمونه اولیه در نمونه اولیه

غالباً به دلیل قابلیت اجرا و مکانیزه شدن آسانتر، برای برداشتن نمونه‌های مواد اولیه از مواد فله‌ای در حین انتقال، به جای نمونه‌گیری تصادفی ساده از مواد فله‌ای در حالت ساکن، از نمونه‌گیری نظام‌مند استفاده می‌شود.

برداشت نمونه اولیه توسط نمونه‌گیری نظام‌مند انجام می‌شود و آزمایش‌ها از نمونه‌های اولیه به طور جداگانه آماده می‌شوند و سپس مشخصه کیفی هر آزمایش اندازه‌گیری می‌شود. داده‌های به‌دست آمده با این روش، به وسیله نمودار تغییرات یا نمودار همبستگی تجزیه و تحلیل می‌شوند. داده‌های به‌دست آمده توسط نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم، معمولاً به این منظور به کار برده می‌شوند.

نمودار تغییرات، با رسم تغییرات واریانس به صورت تابعی از فواصل بین داده‌های اصلی به دست می‌آید. فاصله بین داده‌های متوالی، تأخیر مرتبه یک نامیده می‌شود و فاصله میان داده‌های یکی در میان تأخیر مرتبه دو نامیده می‌شود و.... مقدار واریانس $V_{exp}(t)$ مطابق با تأخیری از K نمونه اولیه را می‌توان از طریق معادله زیر محاسبه کرد:

$$V_{exp}(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (x_{i+k} - x_i)^2}{2(n-k)} \quad (5)$$

که در آن:

x_i : مقدار مشخصه کیفی برای نمونه اولیه $i (i=1, 2, \dots, n)$ ؛

$(n-k)$: تعداد نمونه‌های اولیه زوجی با تأخیری از مرتبه عدد صحیح k ؛

t : مقدار تأخیر برای محاسبه نمودار تغییرات بر مبنای زمان یا بر مبنای جرم است.

نمودار همبستگی، با رسم تغییرات ضریب همبستگی به صورت تابعی از فاصله بین داده‌های اصلی به دست می‌آید. مقدار ضریب همبستگی $r_{exp}(t)$ متناظر با تأخیری از k نمونه اولیه را می‌توان از طریق معادله زیر محاسبه کرد:

$$r_{exp}(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x}_{i+k})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n-k} (x_{i+k} - \bar{x}_{i+k})^2}} \quad (6)$$

نمودار تغییرات و نمودار همبستگی همانطور که در پیوست پ به تفصیل شرح داده شده برای مجموعه‌های مشخص با هم ارتباط دارند و با توجه به شرایط موجود، یکی یا هر دوی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نمونه‌گیری از سنگ آهن در بندر محل تخلیه معمولاً با کمک تجهیزات مکانیکی و با تعدادی معین از نمونه اولیه و با استفاده از نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم با توجه به جرم بهری متحرک بر روی نوار اصلی از کشتی به منطقه ذخیره‌سازی، انجام می‌گیرد.

معمولاً نمونه‌های اولیه برای تجزیه و تحلیل اندازه به صورت نمونه اولیه به نمونه اولیه و با استفاده از غربالگری مکانیکی با سنگ آهن ناصاف غربال می‌شود.

اخیراً در نمونه‌گیری از سنگ‌های آهن، برای تعیین مقدار رطوبت نمونه‌های اولیه برداشته شده، برای جلوگیری از افت رطوبت در طی ذخیره‌سازی، پس از آماده‌سازی نمونه اولیه، در صورت ضرورت، رطوبت را به صورت نمونه اولیه به نمونه اولیه اندازه‌گیری می‌کنند.

۱- $r_{exp}(t)$ به لحاظ آماری همان ضریب خود همبستگی است.

جرم‌های نمونه اولیه برداشته شده با نمونه‌گیری نظام‌مند مبتنی بر زمان با دبی ماده متناسب هستند و جرم متناظر با بهر قابل تعیین نخواهد بود. بنابراین توصیه می‌شود مشخصه کیفی یک نمونه اولیه گرفته شده بر مبنای زمان، با اطمینان از دبی یکنواخت، اندازه‌گیری نشود.

بنابراین، داده‌های سری شامل خطاهای آماده‌سازی نمونه و خطاهای اندازه‌گیری از طریق عملکرد معمول فراهم می‌گردند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های سری در پیوست پ شرح داده شده است.

روش نمودار تغییرات در ابتدا به منظور دستیابی به مؤلفه‌های واریانس نمونه‌گیری برای هر یک از برنامه‌های نمونه‌گیری در چندین فاصله نمونه‌گیری متفاوت، توسعه داده شد برای مثال برای موردی که فاصله نمونه‌گیری دو واحد افزایش می‌یابد. مقدار نمودار تغییرات در تأخیر مرتبه اول، با تغییرات کیفیت درون دسته‌ها شامل دو نمونه اولیه مجاور در نمونه‌گیری نفوذی، برابر می‌باشد.

با این حال، نمودار تغییرات اخیراً به جای استفاده در برآورد مستقیم مؤلفه‌های واریانس نمونه‌گیری، جهت ارائه مشخصات ویژه سری داده‌ها به کار رفته است.

۸ تنظیم یک طرح نمونه‌گیری برای دستیابی به دقت مورد نظر

در نمونه‌گیری مواد ریزذره، که در آن یک بهر به تعداد u_{lot} بهر فرعی تقسیم شده است، تعداد n_{sub} نمونه اولیه از هر بهر فرعی گرفته می‌شود، یک نمونه ناخالص برای هر بهر فرعی تشکیل می‌شود و n_M اندازه‌گیری تکرار شده از روی هر نمونه ناخالص به دست می‌آید. بنابراین واریانس برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر توسط معادله ۳ بیان می‌گردد.

$$\sigma_E^2 = \frac{1}{u_{lot}} \left(\frac{\sigma_{wst}^2}{n_{sub}} + \sigma_P^2 + \frac{\sigma_M^2}{n_M} \right) \quad (3)$$

که در آن:

σ_E^2 : به عنوان دقت مورد نظر ارائه شده است. σ_{wst}^2 و σ_P^2 با توجه به مواد نمونه‌گیری شده داده شده‌اند، σ_M^2 نیز برطبق روش اندازه‌گیری به کار رفته در مشخصه کیفی مورد بحث داده شده است. با این حال، در اکثر موارد، σ_M^2 در هنگام مقایسه با σ_{wst}^2 و σ_P^2 به اندازه کافی کوچک است. بنابراین u_{lot} و n_{sub} باید پارامترهای اصلی قابل تنظیم در نمونه‌گیری از مواد ریزذره باشند.

در اغلب موارد، هنگام نمونه‌گیری مایعات، مؤلفه واریانس بین آزمایش آماده شده از نمونه ناخالص، σ_P^2 کوچک در نظر گرفته می‌شود زیرا مانند آن است که فقط از به حرکت درآوردن نمونه ناخالص به دست آمده‌اند. بنابراین، واریانس برآورد مقدار میانگین از مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر، توسط معادله ۷ بیان می‌گردد:

$$\sigma_E^2 = \frac{\sigma_{wl}^2}{n} + \frac{\sigma_M^2}{n_M} \quad (7)$$

که در آن:

σ_{wl}^2 : مؤلفه واریانس بین نمونه‌های اولیه در بهر؛

n : تعداد نمونه اولیه دریافتی از بهر است.

در این مورد، تنظیمات به n و n_M محدود شده است.

به هر حال، زمانی که بهر به تعداد u_{lot} کانتینر با جرم مساوی (بهرهای فرعی) تقسیم می‌شود، واریانس برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر توسط معادله ۸ بیان می‌شود.

$$\sigma_E^2 = \frac{1}{u_{lot}} \left(\frac{\sigma_{wsl}^2}{n_{sub}} + \frac{\sigma_M^2}{n_M} \right) \quad (8)$$

که در آن:

σ_{wsl}^2 : مؤلفه واریانس بین نمونه‌های اولیه موجود در کانتینر است.

در نمونه‌گیری از گازها، به دلیل سخت بودن تجمع نمونه‌های اولیه، این کار عملی نمی‌باشد. بنابراین، واریانس برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر توسط معادله ۹ بیان می‌شود.

$$\sigma_E^2 = \frac{1}{n} \left(\sigma_{wl}^2 + \frac{\sigma_M^2}{n_M} \right) \quad (9)$$

که در آن:

σ_{wl}^2 : مؤلفه واریانس بین نمونه‌های اولیه موجود در بهر است.

در این مورد، n و n_M قابل تنظیم هستند.

۹ برآورد دقت

توصیه می‌شود دقت حاصل در طی نمونه‌گیری معمول، آماده‌سازی نمونه و روش‌های اندازه‌گیری به طور دوره‌ای با استفاده از نمونه‌گیری تکراری بررسی شود.

توصیه می‌شود در آزمایش‌های نمونه‌گیری نظام‌مند، دو برابر تعداد نمونه‌های اولیه در نمونه‌گیری معمول و در نصف فاصله زمانی آن برداشته شود و دو نمونه مرکب که هر کدام به ترتیب توسط n نمونه اولیه تشکیل شده‌اند، به صورت گردشی جمع‌شوند. توصیه می‌شود دو نمونه مرکب در هر بهر به طور جداگانه مطابق با روش‌های معمول آماده و اندازه‌گیری شوند. بهتر است که آزمایش‌های برای بیش از ۲۰ بهر از مواد مشابه انجام شود.

صرف نظر از تعداد داده‌های تکراری، می‌توان یک نمودار کنترلی برای محدوده توضیح داده شده در استاندارد ISO 8258، برای بازیابی نقاط خارج از کنترل و برآورد دقت انجام شده به کار برد. کاربردهای عملی در پیوست ت این استاندارد ارائه شده‌اند.

۱۰ بررسی اریبی

معمولاً داده‌های به‌دست آمده توسط نمونه‌گیری معمول برای محاسبه ارزش کالا به کار برده می‌شوند. داده‌های اریب، مقدار اریبی کالا را ارائه می‌کنند. اریبی برای هر دو طرف مربوطه، یعنی خریدار و تأمین‌کننده مهم است. اریبی نتیجه مجموع تمام اثرات ایجاد کننده اریبی در مؤلفه‌های مختلف در کل نمونه‌گیری، از برداشتن نمونه اولیه تا اندازه‌گیری مشخصه کیفی است.

اریبی توسط انحرافات معیارهای طراحی و عملکردهای معمول مؤلفه‌های مختلف موجود در سیستم نمونه‌گیری مطرح می‌گردد. توصیه می‌شود تک تک مؤلفه‌های سیستم نمونه‌گیری با مقایسه با ضوابط (معیارهای) طراحی بررسی شود. توصیه می‌شود به طور مثال، برش در سیستم نمونه‌گیری از مواد ریزذره، مقطع عرضی کاملی از مسیر جریان در حال ریخته شدن مواد ریز ذره را به‌دست بیاورد. زمانی که یک ابزار برش، مقطع کاملی از مواد روی نوار را (به طور مثال، نمونه‌گیر قاشقی) به‌دست ندهد اریبی به وضوح مطرح خواهد شد، حتی اگر شواهدی از اریبی را نتوان یافت. جزئیات ضوابط طراحی مرتبط با سیستم‌های نمونه‌گیری برای مواد ریز ذره در استاندارد ISO 11648-2 ارائه شده است.

اریبی به صورت "تفاوت بین نتیجه آزمون مورد انتظار و مقدار مرجع قابل قبول" تعریف می‌شود. با این حال، درعمل، مقدار مرجع قابل قبول مشخص نیست. در صورتی که "روش ذاتاً ناریب" به جای "روش مرجع قابل قبول"^۱ وجود داشته باشد، اریبی معمولاً در مقایسه با نتایج آزمون و مقدار حاصل از روش ذاتاً ناریب، به عنوان یک اندازه معین مورد بحث قرار می‌گیرد. در نمونه‌گیری مکانیکی از جریان‌های مواد ریزذره در حال ریخته شدن به عنوان مثالی از روش ذاتاً ناریب می‌توان، روش نمونه‌گیری نوار نقاله متوقف شده را نام برد که برای همان ماده به کار می‌رود.

مقادیر اندازه‌گیری شده نمونه‌های اولیه حاصل از یک نمونه‌گیر مکانیکی را با x_{i1} و x_{i2} و مقادیر اندازه‌گیری شده نمونه‌های اولیه حاصل از نمونه‌گیری نوار متوقف شده را با y_{i1} و y_{i2} بیان می‌کنیم. توصیه می‌شود نمونه‌های اولیه مجموعه‌های یکسان تا حد امکان نزدیک به همدیگر برداشته شوند. K تعداد مجموعه نمونه‌های اولیه است که ترجیحاً بیش از ۲۰ تا می‌باشد.

1- Intrinsically unbiased method" is available in place of an

مقادیر زیر را محاسبه کنید:

$$g_i = x_{i1} - x_{i2}, i = 1, 2, \dots, k \quad (10)$$

$$s_e^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^k g_i^2}{2k} \quad (11)$$

$$h_i = y_{i1} - y_{i2} \quad (12)$$

$$s_e^2(y) = \frac{\sum_{i=1}^k h_i^2}{2k} \quad (13)$$

بین دو مقدار $s_e^2(x)$ و $s_e^2(y)$ ، مقدار بزرگتر را در صورت کسر F_0 قرار دهید و نسبت F_0 را به عنوان واریانس‌های خطا به شکل زیر محاسبه کنید.

$$F_0 = \frac{s_e^2(x)}{s_e^2(y)} \text{ یا } F_0 = \frac{s_e^2(y)}{s_e^2(x)} \quad (14)$$

اگر $F_0 > F_{\alpha/2}(v_1, v_2)$ باشد، فرض صفر، یعنی $s_e^2(x) = s_e^2(y)$ رد می‌شود و نمی‌توان بیان کرد که دو گروه از داده‌ها از جامعه‌هایی با واریانس مشترک دریافت شده باشند. سطح معنی داری α معمولاً برابر با ۰٫۰۵ در نظر گرفته می‌شود و v_1 و v_2 به ترتیب تعداد درجات آزادی $s_e^2(x)$ و $s_e^2(y)$ هستند و در این مورد هر دو برابر k می‌باشند.

اگر $F_0 < F_{\alpha/2}(v_1, v_2)$ باشد، می‌توان بیان کرد که دو گروه از داده‌ها دارای یک واریانس مشترک هستند. حدود اطمینان ۰٫۹۵، $T_1(x), T_2(x)$ و $T_1(y), T_2(y)$ به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$T_1(x), T_2(x) = \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}(k) s_e(x) \quad (15)$$

$$T_1(y), T_2(y) = \bar{y} \pm t_{1-\alpha/2}(k) s_e(y) \quad (16)$$

که در آن:

\bar{x} : میانگین کل x_{i1} و x_{i2} ؛

\bar{y} : میانگین کل y_{i1} و y_{i2} است.

مقادیر زیر را محاسبه کنید:

$$d_i = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2} - \frac{y_{i1} + y_{i2}}{2} \quad (17)$$

$$s_d^2 = \frac{1}{k-1} \left[\sum_{i=1}^k d_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k d_i \right)^2 \right] \quad (18)$$

$$A_2 = \left[\frac{t_{1-\frac{\alpha}{2}}(v)}{\sqrt{k}} \right] s_d \quad (19)$$

اگر $|d| > A_2$ باشد، بنابراین فرض برابری میانگین‌ها رد می‌شود به این معنا که اریبی وجود داشته و برآورد آن برابر \bar{d} است.

اگر مقدار قدر مطلق \bar{d} بزرگتر از حداکثر اریبی قابل قبول، δ باشد، توصیه می‌شود حذف اریبی از نقطه نظر اثرات واقعی اریبی بر ارزیابی بهر مورد توجه قرار گیرد.

همانند روش‌های آماری، برای آزمون اریبی نیز، رویکردهای مختلفی در اکثر استانداردهای ملی و بین‌المللی در زمینه‌های مربوط پیشنهاد شده است. با این حال، توصیه می‌شود روش به کار رفته با توجه به دسترس‌پذیری و کارایی، ارزیابی شود.

روش پیشنهاد شده در این جا، برای آزمون اریبی و جمع‌آوری دانش درباره خطاهای تصادفی مربوط به مواد مورد بحث و روش اندازه‌گیری به کار رفته، رویکردی پایه‌ای ارائه می‌کند. جزئیات مباحث از طریق کاربردهای عملی در پیوست ت ارائه گردیده‌اند.

۱۱ دقت و اریبی در مرحله سنجش

توصیه می‌شود دقت و اریبی در مرحله اندازه‌گیری مطابق با تمام بندهای استاندارد ISO 5725، و با روش‌های ارائه شده در این استاندارد بازنگری شود.

پیوست الف (آگاهی دهنده)

نکات تکمیلی راجع به تعاریف

الف-۱ کلیات

در این پیوست، برای جلوگیری از سردرگمی و یا استفاده نادرست از عبارات منتخب، توضیحات لازم ارائه شده است.

الف-۲ مواد فله‌ای

"نمونه‌گیری از مواد فله" در بند ۴-۲۷ از استاندارد ISO 3534-1:1993 تعریف شده است، در حالی که "مواد فله‌ای" در استاندارد ISO 3534 (تمام قسمت‌ها) تعریف نشده است. با این حال همانطور که در بند ۳-۱-۱ نشان داده شده است تعریف "مواد فله‌ای" در نسخه بعدی استاندارد ISO 3534 مطرح است.

واژه مواد فله‌ای، برای تمام انواع موادی که نمونه‌های اولیه در آنها در ابتدا قابل تشخیص نیستند از قبیل مواد ریزذره، مایعات و گازها، کاربرد دارد. این واژه برای مواد فله‌ای خاصی نظیر پنبه و ضایعات آهن به کار می‌رود. ممکن است اصول نمونه‌گیری از جمله انتخاب تصادفی نمونه و دسته‌بندی بهر، برای مواد فله‌ای خاص نیز به کار برده شود. با این حال، توصیه می‌شود به دریافت نمونه‌های اولیه از مواد، توجه خاصی مبذول داشت.

الف-۳ نمونه

تعریف یکسانی از نمونه در بند ۴-۲ از استاندارد ISO 3534-1:1993 و در بند ۲-۱-۱ از استاندارد ISO 3534-2:1993 ارائه شده است. در این تعریف آمده است که، "یک یا چند واحد نمونه‌گیری برداشته شده از جامعه که برای ارائه اطلاعات در مورد جامعه در نظر گرفته شده‌اند". توجه داشته باشید که: "یک نمونه ممکن است به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری درخصوص جامعه یا فرآیندی که آن را تولید می‌کند، به کار برود". در تجدیدنظر آتی استاندارد ISO 3534 تعریف دیگری از این اصطلاح بدین صورت آمده است: "زیر مجموعه‌ای از یک جامعه خاص که از یک یا چند واحد نمونه‌گیری تشکیل شده است".

الف-۴ نمونه‌گیری

تعریف یکسانی از "نمونه‌گیری" در بند ۴-۴ از استاندارد ISO 3534-1:1993 و در بند ۲-۲ از استاندارد ISO 3534-2:1993 ارائه شده است. همانطور که در بند ۳-۱-۳ قابل مشاهده می‌باشد تعریف بهتری در ویرایش‌های بعدی استاندارد ISO 3534 از این اصطلاح ارائه خواهد شد. برای درستی برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر، تعریف بنیادی از نمونه تصادفی ساده از یک بهر، در نظر گرفته می‌شود.

با این حال، نمونه‌گیری تصادفی ساده به ویژه نمونه‌گیری از یک بهر در حالت ساکن (نمونه‌گیری ساکن) روش پیچیده‌ای می‌باشد.

در طی انتقال یک بهر به منظور اجرای آسان (نمونه‌گیری پویا) به جای نمونه‌گیری تصادفی ساده از یک بهر در حالت ایستا، از نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای زمان یا جرم استفاده می‌شود.

گاهی اوقات با توجه به شکل بهر، مانند یک قطار شامل چند واگن، نمونه‌گیری چند مرحله‌ای به کار برده می‌شود.

به منظور پیاده‌سازی برنامه‌های نمونه‌گیری می‌توان روش مناسبی براساس دانش مربوط به تغییرات کیفی در یک بهر، مؤلفه واریانس آماده‌سازی نمونه و مؤلفه واریانس اندازه‌گیری، برقرار کرد.

تغییرات کیفیت از روی نتایج نمونه‌گیری آزمایشی مانند، نمونه‌گیری نفوذی، مشخص می‌شود. مؤلفه واریانس آماده‌سازی نمونه و مؤلفه واریانس اندازه‌گیری با استفاده از یک آزمایش طراحی شده مناسب حاصل می‌شوند.

دقت به‌دست آمده توسط نمونه‌گیری معمول با استفاده از نمونه‌گیری بازسنجی مانند نمونه‌گیری تکراری تصدیق می‌شود. اریبی یک طرفه نمونه‌گیری معمول را به طور کلی نمی‌توان مشخص کرد. نمونه‌های اولیه برداشته شده با نمونه‌گیر مکانیکی را می‌توان با نمونه‌های اولیه برداشت شده از نقطه متناظر نوار حامل هنگام توقف مقایسه کرد. تک تک مؤلفه‌های فرآیند آماده‌سازی نمونه، مانند تقسیم‌کننده‌های موجود در سیستم مکانیکی را نیز می‌توان برای اریبی یک طرفه با استفاده از آزمایش مناسبی مورد بررسی قرار داد.

الف-۵ بهر

اصطلاح "محموله" در بند ۱-۳-۷ از استاندارد ISO 3534-2:1993 تعریف شده است و به جای اصطلاح "بهر" در استانداردهای پیش‌نویس شده، از سوی برخی از کمیته‌های فنی بین‌المللی ایزو مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، در این اواخر، اصطلاح "بهر" معمولاً برای نمونه‌گیری مواد فله‌ای به کار رفته است. اصطلاح "بهر" را می‌توان در استانداردهای منتشر شده در سال ۱۹۹۴ یافت (به استاندارد ISO 9411-1 مراجعه شود). از سوی دیگر، اصطلاح "بهر < بازرسی >" در بند ۱-۳-۵ از استاندارد ISO 3534-2:1993 تعریف شده است. به منظور تشخیص این اصطلاح جدیداً اصطلاح "بهر < نمونه‌گیری فله ای >" تعریف شده است.

الف-۶ بهر فرعی ، واحد نمونه‌گیری و نمونه اولیه

اصطلاح "بهر فرعی" در استاندارد ISO 3534:1993 تعریف نشده است، اما توصیه می‌شود برای محدود شدن به دامنه کاربرد نمونه‌گیری فله‌ای، همانطور که در بند ۶ شرح داده شده است در ویرایش آتی این استاندارد به این صورت معرفی شود: تقسیم یک بهر به منظور دستیابی به دقت مورد نظر.

اصطلاح "واحد نمونه‌گیری" در بند ۴-۱ از استاندارد ISO 3534-1:1993 و در بند ۱-۳-۳ از استاندارد ISO 3534:1993 تعریف شده است که به طور کامل با همان کلمات، دارای دو معنی با دو نکته می‌باشد.

در تعریف اول، اصطلاح به صورت "یکی از واحدهای منفردی که در آن جامعه تقسیم‌بندی می‌شود" تعریف شده است. در حالی که تعریف دوم چنین است: "مقداری از محصول، مواد یا کاری که وجود منسجمی را تشکیل می‌دهد و از یک مکان گرفته شده در یک زمان قسمتی از یک نمونه را می‌سازد". در ویرایش آتی استاندارد ISO 3534، برای درک آسانتر کاربران، تعریف بدین صورت ارائه خواهد شد.

اصطلاح "نمونه اولیه" در بند ۴-۲۵ از استاندارد ISO 3534-1:1993 چنین تعریف شده است: "یک واحد نمونه‌گیری در حالتی از نمونه‌گیری فله‌ای به طور مثال، مقدار موادی که در یک زمان با یک اقدام از جسم بزرگتری از مواد، گرفته شده است". با این حال در نسخه مورد ویرایش استاندارد ISO 3534، تعریف همان است که در این استاندارد درج شده: "مقداری از مواد فله که در یک اقدام توسط یک وسیله نمونه‌گیری برداشته شده است".

به منظور درک رابطه متقابل بین این اصطلاحات، نمونه‌گیری زیر که به بارگیری زغال سنگ در یک کشتی می‌پردازد، را در نظر بگیرید.

فرض کنید ۷۰۰۰۰ تن زغال سنگ موجود در واگن‌ها مستقیماً به درون یک کشتی بارگیری شده‌اند، در حقیقت قسمت عمده زغال سنگ بارگیری شده، معمولاً از زغال‌سنگ ذخیره شده در لنگرگاه تامین می‌شود و تنها قسمت کوچکی از زغال سنگ بارگیری شده مستقیماً توسط قطار تامین می‌شود. در هر واگن ۱۰۰ تن زغال سنگ بارگیری شده است. یک قطار از ۱۰۰ واگن تشکیل شده است و ۷۰۰۰۰ تن زغال سنگ به درگاه‌های^۱ بارگیری توسط ۷ قطار تحویل داده شده‌اند. تجهیزات نمونه‌گیری طوری در قسمت بارانداز^۲ قرار داده شده است که مسیر جریان در حال ریخته شدن را قطع کند. وسیله توزین پس از بارانداز به نوار نقاله نصب شده است تا بتوان جرم زغال سنگی که از محل نمونه‌گیری می‌گذرد را با لحاظ نمودن یک ضریب تصحیح تأخیر زمانی مناسب اندازه‌گیری نمود.

مورد ۱: نمونه‌گیری معمول توسط تجهیزات نمونه‌گیری انجام می‌شود. در فاصله هر ۵۰۰ تن، π نمونه اولیه (به طور مثال ۱۴۰) با توجه به نشانگر ماشین توزین دریافت می‌شود و ۲۰ نمونه اولیه معرف هر ۱۰۰۰۰ تن بهر فرعی برای ایجاد یک نمونه ناخالص تشکیل می‌شود و ۷ نمونه ناخالص به طور متوالی ترکیب می‌شوند تا نماینده هر قطار باشند.

این نمونه‌های ناخالص به طور جداگانه به صورت ۷ آزمایش آماده می‌شوند و این آزمایش به طور جداگانه آنالیز می‌شوند. مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر، با گرفتن میانگین در این هفت نتیجه آزمون، تعیین می‌شود.

-
- 1- Facilities
 - 2- Tipple

بارانداز: یک قاب یا محفظه چرخنده است که در معادن (معمولاً ذغال سنگ) برای بارگیری محصول استخراج شده استفاده می‌شود.

مورد ۲: متأسفانه به خاطر خرابی تجهیزات نمونه‌گیری نمی‌توان نمونه‌گیری معمول را انجام داد. بر اساس توافق میان طرفین درگیر در تحویل کالا، روش نمونه‌گیری دیگری با استفاده از یک دیلم نمونه‌گیر از واگن‌ها قبل از بارانداز انجام می‌گیرد. ده واگن به طور تصادفی از بین صد واگن در هر قطار انتخاب می‌شوند. دو نمونه اولیه برداشته شده از واگن‌های منتخب و هفت نمونه مرکب به عنوان نماینده هر قطار بررسی می‌شود.

نمونه‌های مرکب به طور جداگانه آماده می‌شوند و آزمایش‌ها جداگانه آنالیز می‌شوند. مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر، با گرفتن میانگین از هفت نتیجه آزمون تعیین می‌شود.

مورد ۳: تحت شرایط یکسان با مورد ۲، ممکن است نمونه‌گیری با کاهش تعداد نمونه‌های اولیه (به طور مثال ۴۰ نمونه اولیه در هر بهر) طبق توافق میان طرفین درگیر در تحویل کالا انجام گیرد. چهار قطار به صورت تصادفی از بین هفت قطار انتخاب شده و پنج واگن به طور تصادفی از بین ۱۰۰ واگنی که قطار منتخب را تشکیل می‌دهند، انتخاب می‌شوند. دو نمونه اولیه از هر واگن منتخب، جمعاً ۴۰ نمونه اولیه، برداشته می‌شود و چهار نمونه مرکب به عنوان نماینده هر قطار انتخاب شده، تشکیل می‌شوند. نمونه‌های مرکب به طور جداگانه آماده شده و آزمایش‌ها جداگانه آنالیز می‌شوند. مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر با گرفتن میانگین از چهار نتیجه آزمون تعیین می‌شود.

مثالی از نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم در مورد ۱ نشان داده شده است. انتخاب واگن‌ها در مورد ۲ مثالی از نمونه‌گیری دسته‌بندی شده می‌باشد که در آن، هر قطار یک دسته است. در مورد شماره ۳ مثالی از روش نمونه‌گیری سه مرحله‌ای مشاهده می‌شود که در آن چهار قطار به عنوان واحدهای نمونه‌گیری اولیه، در مرحله اول انتخاب می‌شوند، پنج قطار به عنوان واحدهای نمونه‌گیری ثانویه از قطار منتخب در مرحله دوم انتخاب می‌شوند و دو نمونه اولیه به عنوان سومین واحد نمونه‌گیری از واگن‌های منتخب برداشته می‌شوند.

واریانس برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر، در موارد ۱، ۲ و ۳ به ترتیب توسط معادلات (الف-۱)، (الف-۲) و (الف-۳) بیان می‌شود.

$$\sigma_E^2 = \frac{1}{7} \left(\frac{\sigma_{Wst}^2}{20} + \sigma_P^2 + \sigma_M^2 \right) \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

σ_{Wst}^2 : مؤلفه واریانس بین دسته‌ها است.

$$\sigma_E^2 = \frac{1}{7} \left(\frac{\sigma_{BW}^2}{10} + \frac{\sigma_{Wst}^2}{10 \times 2} \sigma_P^2 + \sigma_M^2 \right) \quad (\text{الف-۲})$$

که در آن:

σ_{BW}^2 : مؤلفه واریانس بین واگن‌های موجود در یک قطار؛

σ_{Wst}^2 : مؤلفه واریانس در دسته موجود در یک واگن است.

$$\sigma_E^2 = \frac{3}{7} \left(\frac{\sigma_{BT}^2}{4} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{\sigma_{Wst}^2}{5 \times 2} + \sigma_P^2 + \sigma_M^2 \right) \quad (\text{الف-۳})$$

که در آن:

σ_{BT}^2 : مؤلفه واریانس بین قطارها؛

$\frac{3}{7}$: ضریب تصحیح جامعه متناهی در انتخاب چهار قطار از بین هفت قطار را نشان می‌دهد.

در مورد ۱، اولین بهر فرعی ۱۰۰۰۰ تنی زغال سنگ، از بهر با یک مرتبه قرائت جرم برای نمونه اولیه از دومین بهر فرعی به صورت ذهنی تفکیک می‌گردد. مواد موجود در جریان در حال ریخته شدن جریانی پیوسته می‌باشد و بخش‌های آن جدا از هم نیستند. با این حال هر ۱۰۰۰۰ تن زغال سنگ یک بهر فرعی محسوب می‌شود. در نمونه‌گیری متناوب، بعضی از بهرهای فرعی انتخاب نمی‌شوند. با این حال، یک بهر فرعی می‌تواند یک واحد نمونه‌گیری اولیه باشد. نمونه‌های اولیه برداشتی از یک بهر فرعی، واحدهای نمونه‌گیری ثانویه هستند.

در مورد شماره ۲، هر ۱۰۰۰۰ تن زغال سنگ یک بهر فرعی هم‌زمان یک واحد نمونه‌گیری ابتدایی است. واگن‌های منتخب از یک قطار، واحدهای نمونه‌گیری ثانویه هستند. نمونه‌های اولیه برداشتی از یک واگن منتخب، سومین واحدهای نمونه‌گیری محسوب می‌شوند.

در مورد شماره ۳، قطارها، واحدهای نمونه‌گیری هستند. واگن‌ها در یک قطار منتخب، واحدهای نمونه‌گیری ثانویه هستند و نمونه‌های اولیه برداشتی از واگن منتخب، سومین واحدهای نمونه‌گیری می‌باشند.

اصطلاح "واحد نمونه‌گیری" در تعریف "نمونه"، "نمونه‌گیری تصادفی ساده"، "نمونه‌گیری طبقاتی" و "نمونه‌گیری چند مرحله‌ای" به کار می‌رود.

الف - ۷ نمونه مرکب

اصطلاح "نمونه تجمیعی"^۱ در بند ۴-۲۸ از استاندارد ISO 3534-1:1993 با معنی یکسانی با اصطلاح "نمونه مرکب" در این استاندارد تعریف شده است.

از آن جایی که اصطلاح "تجمیعی" در روش نمونه‌گیری فله‌ای به کار نمی‌رود، این اصطلاح با اصطلاح مرکب جایگزین می‌شود. توصیه می‌شود برای نمونه‌گیری غیر معمول مانند نمونه‌گیری تکراری برای دقت بررسی، از نمونه مرکب و برای بررسی تغییرات کیفیت و نمونه‌گیری بازرسی از نمونه‌گیری نفوذی استفاده شود، در حالی که "نمونه خالص" برای نمونه‌گیری معمول به کار می‌رود.

الف - ۸ نمونه ناخالص

اصطلاح "نمونه ناخالص" در بند ۴-۲۹ از استاندارد ISO 3534-1:1993 به عنوان نمونه معرف یک جامعه، تعریف شده است. همانطور که در بند ۶ شرح داده شده است، تقسیم‌بندی یک بهر به بهرهای فرعی برای حصول دقت مورد نظر ضروری است. به هر حال، اگر یک بهر به اندازه کافی کوچک باشد بهر تقسیم نمی‌شود. با این وجود، جرم یک بهر تقسیم نشده کمتر از جرم معمول یک بهر فرعی خواهد بود. بنابراین، توصیه می‌شود نمونه ناخالص به عنوان یک نمونه معرف هم برای بهر و هم برای بهر فرعی نیز تعریف شود. به علاوه، توصیه می‌شود برای اجتناب از ایجاد ابهام با واژه "نمونه مرکب" کاربرد واژه "نمونه ناخالص" در نمونه‌گیری معمول محدود شود.

1- Aggregated sample

الف - ۹ آزمایش و نمونه

معمولاً قسمتی از آزمایش برای آنالیز شیمیایی (یک نمونه)، در یک زمان مشخص استفاده می‌شود. در آزمایش‌های برداشته شده برای مقاصد غیر از آنالیز شیمیایی، قسمتی از آزمایش یا کل مقدار آزمایش، برای آزمون در یک زمان مشخص به کار برده می‌شود.

الف - ۱۰ نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه معمول

می‌توان روش‌های نمونه‌گیری و آماده‌سازی معمول نمونه را بر اساس آزمایشگاهی با توجه به کاربرد عملی برقرار کرده و این روش‌ها را در استانداردهای نمونه‌گیری مربوطه تصریح کرد. روش‌های نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه توصیه می‌شود در آزمایش‌ها روش‌های نمونه‌گیری معمول از آماده‌سازی معمول نمونه متمایز شوند. نمونه‌گیری معمول و آماده‌سازی معمول نمونه، گاهی اوقات توسط سیستم آماده‌سازی نمونه و نمونه‌گیری یکپارچه، با آنالیز دستگاهی تکمیل می‌شوند.

الف - ۱۱ تقسیم نمونه

وسایل تقسیم نمونه به دو نوع طبقه‌بندی شده‌اند. یکی از این وسایل نوع نمونه اولیه و نوع دیگر نوع تقسیم‌کننده می‌باشد. مؤلفه واریانس تقسیم نمونه با شیوه نمونه اولیه، ممکن است به طور نظری از مؤلفه واریانس بین نمونه اولیه در آن مرحله برآورد شود. تقسیم نمونه با شیوه تقسیم‌کننده توسط تقسیم‌بندی ذرات موجود در نمونه در اضلاع مخالف یک صفحه، به طور تصادفی انجام می‌گیرد. مؤلفه واریانس تقسیم نمونه با شیوه تقسیم‌کننده نیز ممکن است از نتایج آزمایش برآورد شود.

با این حال بررسی مؤلفه‌های واریانس در مراحل مختلف تقسیم نمونه به طور کلی کارهای آزمایشگاهی دشواری را می‌طلبد. روش‌های آماده‌سازی معمول به عنوان یک فرآیند کامل را می‌توان با ایجاد آزمون‌های تکراری بررسی کرد.

توصیه می‌شود در استانداردهای خاص برای آماده‌سازی نمونه حداقل جرم نمونه باقی مانده بعد از تقسیم در مراحل مختلف، براساس نتایج به دست آمده توسط تحقیقات آزمایشگاهی، قید شود تا دقت مورد نظر در آماده‌سازی نمونه، حاصل شود.

الف - ۱۲ روش نمونه‌گیری، روش آماده‌سازی نمونه، طرح نمونه‌گیری و سیستم نمونه‌گیری

اصطلاحات روش (نمونه‌گیری)، روش (آماده‌سازی نمونه)، طرح (نمونه‌گیری)، برنامه (نمونه‌گیری) و سیستم نمونه‌گیری غالباً در استانداردهای نمونه‌گیری فله ای به کار می‌روند. با این حال، این اصطلاحات در حال حاضر در بندهای ۲-۳-۲، ۲-۳-۳، ۲-۳-۵ از استاندارد ISO 3534-1:1993 برای نمونه‌گیری پذیرفته شده تعریف شده‌اند. این اصطلاحات برای جلوگیری از اشتباه شدن با اصطلاحات ارائه شده در استانداردهای نمونه‌گیری پذیرفته شده، مانند استاندارد ISO 10125 مجدداً برای نمونه‌گیری فله‌ای تعریف شده‌اند.

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

آزمایش‌های تودرتوی کامل

ب-۱ ملاحظات کلی

زمانی که کسی در مورد مؤلفه‌های واریانس نمونه‌گیری، آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری، هیچ آگاهی نداشته باشد ممکن است به منظور دستیابی به اطلاعات ضروری در مورد این مؤلفه‌های واریانس، آزمایش‌های تودرتو را انجام دهد. روش‌های نمونه‌گیری، آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری را می‌توان به عنوان یک روش نمونه‌گیری معمول در نظر گرفت. توصیه می‌شود آزمایش‌ها دست کم بر روی ۱۰ بهر و ترجیحاً بر روی ۲۰ بهر انجام گیرد. تجزیه و تحلیل آماری توسط نمودار کنترل و ANOVA (آنالیز واریانس) در زیر ارائه شده است.

ب-۲ پارامترهای آزمایش

پارامترهای آزمایش به شرح زیر می‌باشند:

مشخصه کیفی: میزان خاکستر(%)

بهر:

- مواد: زغال سنگ برای تولید زغال کک
- طریقه حمل و نقل: کشتی
- تعداد بهرها: ۲۰
- جرم بهرها: میانگین t ۸۳۴۵ و حداقل t ۷۰۰۰ و حداکثر t ۹۸۰۰

نمونه‌گیری:

- بزرگترین اندازه نامی بهر: ۵۰ میلی لیتر
- جرم نمونه اولیه: ۱٫۵ کیلوگرم
- تعداد نمونه‌های اولیه دریافتی از یک بهر: ۳۰×۲=۶۰
- روش دریافت نمونه‌های اولیه: توقف نوار حامل یعنی بارگیری نکردن زغال سنگ از کشتی در فاصله در نظر گرفته شده، که با تقسیم جرم بهر بر تعداد نمونه‌های اولیه دریافتی تعیین می‌شود و استفاده از یک بیل ۱٫۵ کیلوگرمی که از سطح مواد در نمونه‌های اولیه صحیح بر روی نوار حامل نمونه برمی‌دارد.

آماده‌سازی نمونه:

- نمونه‌های مرکب: تک تک نمونه‌های اولیه دریافتی را به صورت متوالی، در کانتینرهای نمونه A و B قرار دهید و آنها را به عنوان نمونه‌های مرکب A,B متشکل از ۳۰ نمونه اولیه، در نظر بگیرید.
- آزمایش‌ها: دو آزمایش از هر نمونه مرکب آماده می‌شود.

اندازه‌گیری

- مقدار خاکستر باقی مانده به صورت تکراری برای هر آزمایش آنالیز می‌شود.

ب-۳ نتایج آزمایش

نتایج آزمایش‌های تودرتوی کامل توصیف شده در بالا در جدول ب ۱ نشان داده شده است.

جدول ب ۱ - نتایج آزمایش‌های تودرتوی کامل

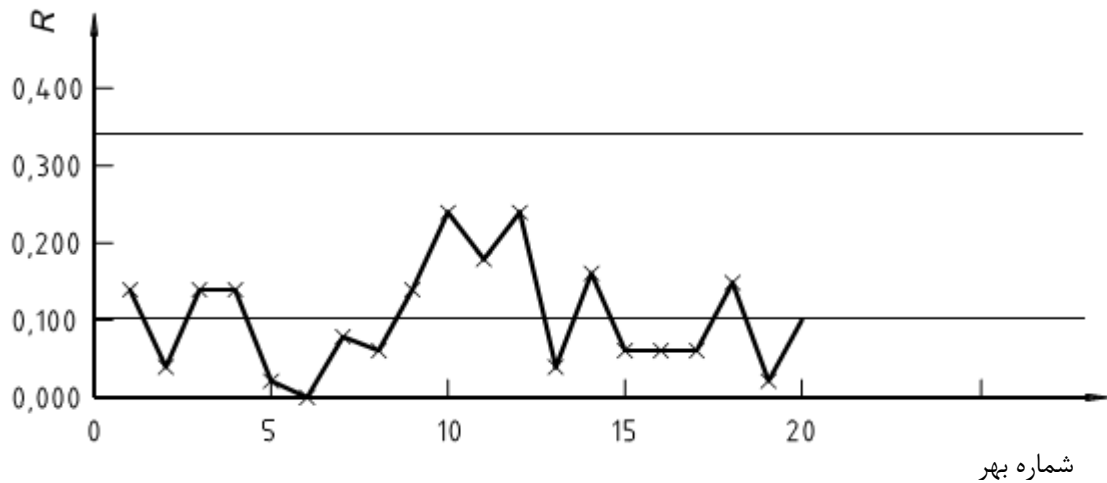
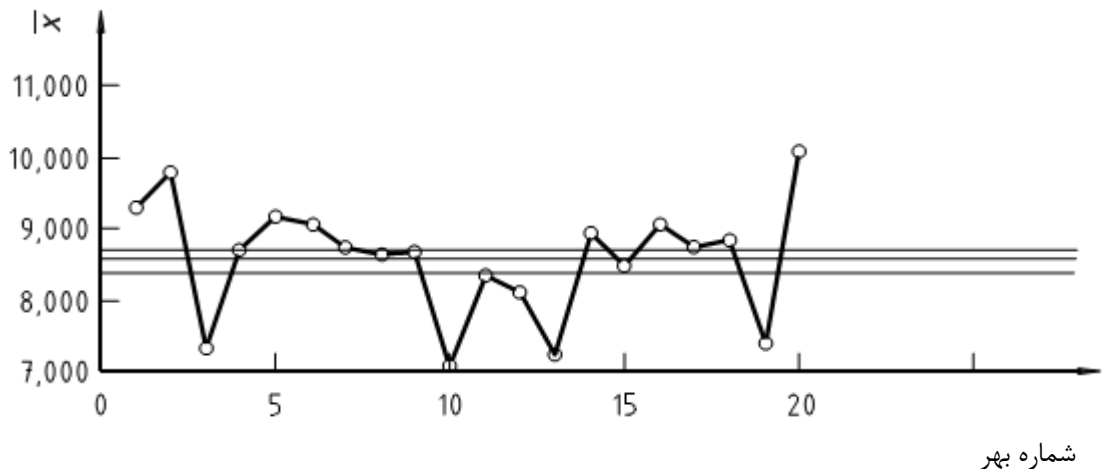
% خاکستر								شماره بهر
X ₂₂₂	X ₂₂₁	X ₂₁₂	X ₂₁₁	X ₁₂₂	X ₁₂₁	X ₁₁₂	X ₁₁₁	
8.38	8.40	9.32	9.22	8.98	9.02	9.24	9.38	1
9.54	9.72	9.36	9.36	9.92	9.92	9.80	9.76	2
7.49	7.57	7.61	7.55	7.40	7.32	7.26	7.40	3
10.00	10.00	9.34	9.20	8.84	8.82	8.76	8.62	4
9.47	9.51	8.75	8.89	8.68	8.72	9.18	9.16	5
8.60	8.76	8.84	8.80	8.86	9.06	9.08	9.08	6
8.94	9.06	8.92	9.16	8.75	8.77	8.69	8.77	7
8.94	8.62	9.02	8.78	8.42	8.80	8.68	8.62	8
9.00	9.08	9.10	8.88	7.22	7.10	8.74	8.60	9
7.43	7.55	8.89	8.59	7.40	7.32	7.20	6.96	10
8.15	8.37	8.45	8.65	7.70	7.92	8.26	8.44	11
8.72	8.78	8.26	8.42	8.12	8.38	8.00	8.24	12
7.39	7.31	7.31	7.21	7.03	6.85	7.25	7.21	13
9.38	9.20	9.16	9.24	8.90	8.96	9.00	8.84	14
8.96	8.86	9.06	9.00	8.79	8.91	8.51	8.45	15
8.75	8.65	8.83	8.75	9.08	9.16	9.08	9.02	16
9.18	9.00	8.96	8.98	8.75	8.75	8.77	8.71	17
8.42	8.32	8.64	8.82	9.32	9.24	8.92	8.77	18
6.74	6.64	6.92	7.10	7.25	7.13	7.39	7.37	19
10.30	10.30	10.78	10.72	9.94	9.96	10.02	10.12	20

یادآوری - X₁₁₁، X₁₁₂ و X₂₂₂ نتایج اندازه‌گیری‌های نشان داده شده در شکل ۱ هستند.

ب-۴ تجزیه و تحلیل آماری توسط نمودار کنترل

ب-۴-۱ نمودار کنترل

نمودار کنترل داده‌ها در مرحله اندازه‌گیری در شکل ب ۱ به عنوان یک مثال، نشان داده شده است. به طور مشابه نمودارهای کنترل در مرحله آزمایش و نیز در مرحله نمونه مرکب را می‌توان ترسیم کرد.



راهنما:

\bar{X} : میانگین

R : دامنه

شکل ب ۱ - نمودار کنترل در مرحله اندازه‌گیری

ب-۴-۲ شرح نمودارهای کنترل

یک نقطه از داده‌های نمودار میانگین، میانگین دو اندازه‌گیری یک آزمایش می‌باشد، در حالی که یک نقطه از داده‌های روی نمودار دامنه، دامنه دو اندازه‌گیری برای یک آزمایش را نشان می‌دهد. در نمودار دامنه، در مرحله اندازه‌گیری هیچ نقطه خارج از کنترلی مشاهده نمی‌شود. در نمودار میانگین در مرحله اندازه‌گیری در این مثال، ۱۴ نقطه خارج از کنترل از ۲۰ نقطه مشاهده می‌شود. یک حالت کنترلی در نمودار دامنه و نقاط خارج از کنترل در نمودار میانگین به این معنی است که، دقت بیان شده در نمودار دامنه پایدار است و برای تشخیص اختلاف بیان شده توسط این نقاط خارج از کنترل در نمودار میانگین دقت کافی است و این برخلاف نمودارهای کنترل معمولی است که در آنها انتظار می‌رود که نقطه خارج از کنترل مشاهده نشود.

ب-۴-۳ محاسبه مؤلفه‌های واریانس در هر مرحله

مقادیر زیر هنگام ترسیم نمودارهای دامنه به دست آمده‌اند (به جدول ب ۲ مراجعه شود).

\bar{R}_1 : در مرحله اندازه‌گیری

\bar{R}_2 : در مرحله آزمایش

\bar{R}_3 : در مرحله نمونه مرکب

در مرحله اندازه‌گیری \bar{R}_1 برابر است با:

$$\bar{R}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{20} |x_{111i} - x_{112i}| + \sum_{i=1}^{20} |x_{121i} - x_{122i}| + \sum_{i=1}^{20} |x_{211i} - x_{212i}| + \sum_{i=1}^{20} |x_{221i} - x_{222i}|}{80} = 0,112875$$

در مرحله آزمایش \bar{R}_2 برابر است با:

$$\bar{R}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{20} |x_{11i} - x_{12i}| + \sum_{i=1}^{20} |x_{21i} - x_{22i}|}{40} = 0,293755$$

در مرحله نمونه مرکب، \bar{R}_3 برابر است با:

$$\bar{R}_3 = \frac{\sum_{i=1}^{20} |x_{1..i} - x_{2..i}|}{20} = 0,4176255$$

$$\hat{\sigma}_M^2 = \left(\frac{\bar{R}_1}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{0,1129}{1,128}\right)^2 = 0,0100 \quad (\text{ب-۱})$$

$$\hat{\sigma}_P^2 = \left(\frac{\bar{R}_2}{d_2}\right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{R}_1}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{0,2944}{1,128}\right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{0,1129}{1,128}\right)^2 = 0,0631 \quad (\text{ب-۲})$$

$$\hat{\sigma}_S^2 = \left(\frac{\bar{R}_3}{d_2}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{\bar{R}_2}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{0.417}{1.128}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{0.2944}{1.128}\right)^2 = 0.1030 \quad (\text{ب} - ۳)$$

که در آن:

$\hat{\sigma}_M^2$: مؤلفه واریانس در مرحله اندازه‌گیری؛

$\hat{\sigma}_P^2$: مؤلفه واریانس بین آزمایش‌ها (مؤلفه واریانس آماده‌سازی نمونه)؛

$\hat{\sigma}_S^2$: مؤلفه واریانس بین نمونه مرکب (مؤلفه واریانس نمونه‌گیری)؛

d_2 : عاملی در برآورد انحراف استاندارد با استفاده از دامنه برای داده‌های زوجی با توزیع نرمال که برای $n=2$ و $d_2=1.128$ می‌باشد.

جدول ب ۲ - محاسبه مؤلفه های واریانس در مراحل مختلف

نتایج																					شماره بهر	
R_1	$x_{...}$	R_2	$x_{2..}$	R_1	$x_{22.}$	x_{222}	x_{221}	R_1	$x_{21.}$	x_{212}	x_{211}	R_2	$x_{1..}$	R_1	$x_{12.}$	x_{122}	x_{121}	R_1	$x_{11.}$	x_{112}	x_{111}	
0.325	8.9925	0.88	8.83	0.02	8.39	8.38	8.4	0.1	9.27	9.32	9.22	0.31	9.155	0.04	9	8.96	9.02	0.14	9.31	9.24	9.38	1
0.355	9.6725	0.27	9.495	0.18	9.63	9.54	9.72	0	9.36	9.36	9.36	0.14	9.85	0	9.92	9.92	9.92	0.04	9.78	9.08	9.76	2
0.21	7.45	0.05	7.555	0.08	7.53	7.49	7.57	0.06	7.58	7.61	7.55	0.03	7.345	0.08	7.36	7.4	10.32	0.14	7.33	7.26	7.4	3
0.875	9.1975	0.73	9.635	0	10	10	10	0.14	9.27	9.34	9.2	0.14	8.76	0.02	8.83	8.84	8.82	0.14	8.69	8.76	8.62	4
0.22	0.045	0.67	9.155	0.04	9.49	9.47	9.51	0.14	8.82	8.75	8.89	0.47	8.935	0.04	8.7	8.68	8.72	0.02	9.17	9.18	9.16	5
0.27	8.185	0.14	8.75	0.16	8.68	8.6	8.76	0.04	8.82	8.84	8.8	0.12	9.02	0.2	8.96	8.86	9.06	0	9.08	9.08	9.08	6
0.275	8.8825	0.04	9.02	0.12	9	8.94	9.06	0.24	9.04	8.92	9.16	0.03	8.745	0.02	8.76	8.75	8.77	0.08	8.73	8.69	8.77	7
0.21	8.735	0.12	8.84	0.32	8.78	8.94	8.62	0.24	8.9	9.02	8.78	0.04	8.63	0.38	8.61	8.42	8.8	0.06	8.65	8.68	8.62	8
1.1	8.465	0.05	9.15	0.08	9.4	9	9.08	0.22	8.99	9.1	8.88	1.51	7.915	0.12	7.16	7.22	7.1	0.14	8.67	8.74	8.6	9
0.895	7.6675	1.25	8.315	0.12	7.49	7.43	7.55	0.3	8.74	8.89	8.59	0.28	7.22	0.08	7.36	7.4	7.32	0.24	7.08	7.2	6.96	10
0.325	8.2425	0.29	8.405	0.22	8.26	8.15	8.37	0.2	8.55	8.45	8.65	0.54	8.08	0.22	7.81	7.7	7.92	0.18	8.35	8.26	8.44	11
0.36	8.365	0.41	8.545	0.06	8.75	8.72	8.78	0.16	8.34	8.26	8.42	0.13	8.185	0.26	8.25	8.12	8.38	0.24	8.12	8	8.24	12
0.22	7.195	0.09	7.305	0.08	7.35	7.39	7.31	0.1	7.26	7.31	7.21	0.29	7.085	0.18	6.94	7.03	6.85	0.04	7.23	7.25	7.21	13
0.32	9.085	0.09	9.245	0.18	9.29	9.38	9.2	0.08	9.2	9.16	9.24	0.01	8.925	0.06	8.93	8.9	8.96	0.16	8.92	9	8.84	14
0.305	8.8175	0.12	8.97	0.1	8.91	8.96	8.86	0.06	9.03	9.06	9	0.37	8.665	0.12	8.85	8.79	8.91	0.06	8.48	8.51	8.45	15
0.34	8.915	0.09	8.745	0.1	8.7	8.75	8.65	0.08	8.79	8.83	8.75	0.07	9.085	0.08	9.12	9.08	9.16	0.06	9.05	9.08	9.02	16
0.285	8.8875	0.12	9.03	0.18	9.09	9.18	9	0.02	8.97	8.96	8.98	0.01	8.745	0	8.75	8.75	8.75	0.06	8.74	8.77	8.71	17
0.5125	8.80625	0.36	8.55	0.1	8.37	8.42	8.32	0.018	8.73	8.64	8.82	0.435	9.0625	0.08	9.28	9.32	9.24	0.15	8.845	8.92	8.77	18
0.435	7.0675	0.32	6.85	0.1	6.69	6.74	6.64	0.18	7.01	6.92	7.1	0.19	7.285	0.12	7.19	7.25	7.13	0.02	7.38	7.39	7.37	19
0.515	10.2675	0.45	10.525	0	10.3	10.3	10.3	0.06	10.75	10.78	10.72	0.12	10.01	0.02	9.95	9.94	9.96	0.1	10.07	10.02	10.12	20
8.3525		6.54		2.24				2.6				5.235		2.12				2.07				

$(R_1) = (2,07+2, 12,2.6+2,24)/80=0,112875$
 $(R_2) = (5,235+6,54)/40=0,294375$
 $(R_3) = 8,352 5/20=0,417625$

ب-۵ تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از ANOVA

نتایج آزمایش‌های تو در تو را می‌توان با استفاده از جدول آنالیز واریانس ANOVA نیز تحلیل کرد جدول ANOVA در جدول ب ۳ نشان داده شده است.

جدول ب ۳ - جدول آنالیز واریانس (ANOVA) از آزمایش‌های تو در توی کامل بر روی خاکستر

منبع تغییرات	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
بهرها	96,172	19	5,062	$\sigma_M^2 + 2\sigma_P^2 + 4\sigma_S^2 + 8\sigma_{BL}^2$
نمونه‌های مرکب	9,373	20	0,469	$\sigma_M^2 + 2\sigma_P^2 + 4\sigma_S^2$
آزمایه‌ها	7,679	40	0,192	$\sigma_M^2 + 2\sigma_P^2$
اندازه‌گیری	0,777	80	0,010	$2\sigma_M$
جمع	114,00	159		
σ_{BL}^2 مؤلفه واریانس بین بهره‌ها است.				

در این جدول، میانگین مربعات به ترتیب برآوردهای نارویی پارامترهای برآورد شده هستند.

در نتیجه:

$$\hat{\sigma}_M^2 + 2\hat{\sigma}_P^2 + 4\hat{\sigma}_S^2 + 8\hat{\sigma}_{BL}^2 = 5.062$$

$$\hat{\sigma}_M^2 + 2\hat{\sigma}_P^2 + 4\hat{\sigma}_S^2 = 0.469$$

$$\hat{\sigma}_M^2 + 2\hat{\sigma}_P^2 = 0.192$$

$$\hat{\sigma}_M^2 = 0.010$$

سپس مقادیر زیر به دست می‌آید:

$$\hat{\sigma}_M^2 = 0.01$$

$$\hat{\sigma}_P^2 = 0.09$$

$$\hat{\sigma}_S^2 = 0.07$$

$$\sigma_{BL}^2 = 0.57$$

در مورد σ_M^2 مؤلفه واریانس، در مرحله نهایی برآورد به دست آمده از نمودار کنترل، دقیقاً برابر با مقدار به دست آمده توسط آنالیز واریانس ANOVA می‌باشد. با این حال به ترتیب بین مؤلفه‌های واریانس در مراحل میانی، σ_P^2 و σ_S^2 حاصل از هر دو روش تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌شود. یکی از دلایل این امر می‌تواند نقاط خارج از کنترل موجود در نمودارهای دامنه (در توزیع غیرنرمال) و دلیل دیگر نیز ممکن است خطای موجود در برآورد مؤلفه واریانس باشد.

فواصل اطمینان برای مؤلفه واریانس را می توان با روش های ساتروایت^۱ با استفاده از توزیع مربع-کای یا به وسیله وسیله روش اندرسن-بن کرافت^۲ یا توسط روش موری گوچی^۳ با استفاده از توزیع F محاسبه کرد.

الف- روش ساتروایت:

در مورد آزمایش یک عاملی:

$$\frac{v\hat{\sigma}_A^2}{x_2^2\left(v, \frac{\alpha}{2}\right)} < \sigma_A^2 < \frac{v\hat{\sigma}_A^2}{x_1^2\left(v, 1 - \frac{\alpha}{2}\right)} \quad (\text{ب} - ۴)$$

که در آن:

$$v = \frac{(V_A - V_E)^2}{V_A^2/v_A + V_E^2/v_E} = \frac{(F_O - 1)^2}{F_O/v_A + 1/v_E}$$

v_A و v_E به ترتیب عدد درجات آزادی برای واریانس های V_A و V_E هستند.

ب- روش اندرسون-بن کرافت:

در مورد آزمون یک عاملی

$$\frac{(F_O/F_2) - 1}{F_O - 1} \hat{\sigma}_A^2 < \sigma_A^2 < \frac{F_O/F_1}{F_O - 1} \hat{\sigma}_A^2 \quad (\text{ب} - ۵)$$

که در آن:

$$F_O = V_A/V_E$$

$$F_2 = F(v_A, v_E; \alpha/2)$$

$$F_1 = 1/F(v_E, v_A; \alpha/2)$$

روش موری گوچی:

در مورد آزمایش یک عاملی با طراحی یک طرفه با واریانس های مورد انتظار $E(V_A) = \sigma_E^2 + r\sigma_A^2$ و $E(V_E) = \sigma_E^2$ با یک فاصله اطمینان $100(1 - \alpha)\%$ برای σ_A^2 :

$$\frac{V_A}{n_O} \left[\frac{1}{F(v_A, \infty)} - \frac{1}{F_O} - b_L \left(\frac{1}{F_O} \right)^2 \right] < \sigma_A^2 < \frac{V_A}{n_O} \left[F(\infty, V_A) - \frac{1}{F_O} - b_U \left(\frac{1}{F_O} \right)^2 \right] \quad (\text{ب} - ۶)$$

-
- 1- Satterthwaite
2- Anderson-Buncroft
3- Moriuchi

که در آن:

V_A : تعداد درجات آزادی V_A ؛

b_L, b_u و $F(\infty, V_A)$ و $1/F(\infty, V_A)$ در جدول مرجع بند [۷] از کتابنامه ارائه شده‌اند.

در آزمایش اندازه‌گیری‌های تکراری ترکیب شیمیایی $x\%$ بر روی فله ۲۴ بهری، مؤلفه واریانس نمونه‌گیری و مؤلفه واریانس بین بهره‌های $(\sigma_S^2 + \sigma_L^2)$ به طور جداگانه از مؤلفه واریانس اندازه‌گیری برآورده می‌شوند که برابر با ۱۰/۱۷ می‌باشند. این سه روش به صورت زیر، حد اطمینان بالاتر و پایین‌تر از ۹۰٪ را نسبت به مقدار میانگین ۱۰/۱۷ ارائه می‌دهند.

حد بالایی	حد پایینی	روش
۱۸.۷۱	۶.۴۷	ساتروایت
۲۰.۳۵	۴.۸۱	اندرسن - بن کرافت
۱۷.۹۸	۶.۴۰	موری گوچی

مثالی از کاربرد فواصل اطمینان برای مؤلفه‌های واریانس نسبت به نتایج آزمایش تقسیم نمونه را می‌توان در بند [۵] از کتابنامه یافت.

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های سری

پ-۱ کلیات

در این پیوست کاربردهای عملی مربوط به تجزیه و تحلیل آماری سری داده‌ها ارائه شده است. ممکن است تعدادی مثال از تجزیه آماری سری داده‌ها در اسناد *Jowett* و سایر منابع [۸] و [۹] و [۱۰] و [۱۱] و [۱۲] در کتابنامه مشاهده شود. منابع بندهای [۸] و [۹] از کتابنامه کاربردهایی برای نمونه‌گیری از زغال سنگ را ارائه می‌دهند در حالی که منبع بند [۱۱] از کتابنامه کاربردی برای داده‌های کوره بلند می‌باشد.

در کاربردهای منابع [۸] و [۹]، روش نمودار تغییرات عمدتاً برای دستیابی به مؤلفه‌های واریانس نمونه‌گیری برای هر یک از طرح‌های نمونه‌گیری در چندین فاصله متفاوت نمونه‌گیری، بسط یافته است؛ به طور مثال، با فاصله نمونه‌گیری که با ضریب دو افزایش پیدا کرده است. در کاربرد منبع بند [۱۱] از کتابنامه، عمدتاً انواع تغییرات داده‌های سری مورد بحث قرار می‌گیرند. اخیراً، تجزیه آماری داده‌های سری نیز با $G\gamma$ مربوط به نمونه‌گیری مواد فله‌ای مورد بحث قرار گرفته است (به بندهای [۱۳] تا [۱۵] از کتابنامه مراجعه شود).

هدف اساسی تجزیه آماری داده‌های سری، مشخص کردن انواع تغییرات می‌باشد. انواع تغییرات معمولاً در چهار الگوی نوعی دسته‌بندی می‌شوند:

- تصادفی،

- تناوبی،

- روند؛

- تغییرات همبسته.

در حقیقت، دو یا سه مورد از این الگوها را می‌توان ترکیب کرد و در قالب ترکیبی با یک نمودار تغییرات یا یک نمودار همبستگی نشان داد. در صورتی که یک نمودار تغییرات یا نمودار همبستگی تخت باشد، تغییر سری اصلی تصادفی می‌باشد. در صورتی که یک نمودار تغییرات یا نمودار همبستگی تناوبی باشد تغییر سری اصلی نیز تناوبی با دوره گردش یکسان خواهد بود. در صورتی که یک نمودار تغییرات یا نمودار همبستگی یک منحنی مربعی باشد، تغییر سری‌های اصلی هم یک روند یا خود همبستگی می‌باشد. در این مورد، نمودار همبستگی با توجه به مقادیر معنی‌دار ضریب همبستگی به راحتی به منظور تشخیص و تمیز بین یک روند و یک خود همبستگی به کار می‌رود.

زمانی که تغییر سری اصلی غیر تصادفی باشد، توصیه می‌شود به انتخاب فاصله نمونه‌گیری به کار رفته در نمونه‌گیری نظام‌مند و نیز، به کاربرد نمونه‌گیری نظام‌مند یا نمونه‌گیری تصادفی نظام‌مند، توجه خاصی مبذول شود.

در این پیوست کاربردهای عملی تجربه شده در طول دهه اخیر را که مربوط به موارد زیر می‌باشند ارائه شده است:

- داده‌های کوره بلند
- ضخامت کاغذ
- مقدار رطوبت موجود در سنگ معدن آهن
- توزیع اندازه و مقدار رطوبت موجود در سنگ معدن آهن
- روندهای موجود در سنگ معدن آهن

کاربردهای تجزیه و تحلیل داده‌های سری در ارتباط با داده‌های کوره بلند و ضخامت فرآورده‌های کاغذ به منظور ارائه تنوع الگوها در نمودار تغییرات‌ها و نمودار همبستگی‌ها مطرح می‌شوند. متصور است که دامنه کاربرد تجزیه و تحلیل آماری داده‌های سری در آینده، با کمک کامپیوترها به سرعت گسترش یابند.

پ-۲ مبانی

نمودار تغییرات، ترسیم تغییرات به صورت تابعی از فاصله بین داده‌های اصلی است. فاصله بین داده‌های متوالی، تأخیر ۱ نامیده می‌شود، فاصله بین مقدار هر دو داده، تأخیر ۲ نامیده می‌شود و ... (به شکل پ ۱ مراجعه شود).

داده‌های سری	X_i	X_{i+1}	X_{i+2}	X_{i+3}	X_{i+4}
lag 1 ($t = 1$)	←→	←→	←→	←→	
lag 2 ($t = 2$)	←→	←→	←→	←→	
lag 3 ($t = 3$)	←→	←→	←→	←→	

شکل پ ۱ - نمایش گرافیکی عناصر مورد استفاده در محاسبات نمودار تغییرات و نمودار همبستگی

مقادیر واریانس $V_{exp}(t)$ و ضریب تصحیح $r_{exp}(t)$ در تأخیر t را می‌توان از طریق معادلات (۵) و (۶) در بند ۴-۷ محاسبه کرد.

پ-۳ داده‌های کوره بلند

در جدول پ ۱ و پ ۲ داده‌های سری برخی شاخص‌های مهم مربوط به عملکرد کوره بلند نشان داده شده‌اند. داده‌ها برای دو دوره در ماه می (سری الف در جدول پ ۱) و در ماه اکتبر (سری ب در جدول پ ۲) در سال ۱۹۸۷ از یک کوره بلند جمع‌آوری شده‌اند. نرخ تولید، جرمی از آهن مذاب است که با یک بار سوراخ کردن مجرای تخلیه آهن مذاب^۱ به دست می‌آید. مجرای تخلیه آهن مذاب در کوره بلند در یک ساعت مشخص باز می‌شود و فاصله زمانی بین دو بارگیری از کوره ۳ ساعت است. به طور مثال ساعت ۷:۰۰ و ۱۰:۰۰ و ۱۳:۰۰ و ۱۶:۰۰ و ... بارگیری سر ساعت انجام می‌شود و گاهی اوقات به دلیل مشکلات سوراخ کردن مجرای تخلیه، چند دقیقه تأخیر وجود دارد.

درست قبل از اینکه آهن مذاب به وسیله فشار هوای درون کوره شروع به ریزش کند، مجرای تخلیه بسته می‌شود میزان تولید (p_{mi}) و مقدار سیلیسیوم (w_{si}) و گوگرد (w_{su}) در هر بارگیری در جدول پ ۱ و پ ۲ درج شده‌اند.

1- Tapping hole

جدول پ ۱ - داده‌های کوره بلند سری *a*

$w_{Su}(\%)$	$w_{Si}(\%)$	$P_{mi}(t)$	ردیف	$w_{Su}(\%)$	$w_{Si}(\%)$	$P_{mi}(t)$	ردیف
0.028	0.22	1091.3	46	0.037	0.13	1183.7	1
0.026	0.23	1191.6	47	0.052	0.10	1139.8	2
0.018	0.34	679.0	48	0.033	0.19	952.4	3
0.016	0.32	1611.1	49	0.055	0.22	1234.4	4
0.030	0.18	937.0	50	0.013	0.45	491.8	5
0.025	0.20	1233.8	51	0.030	0.25	949.1	6
0.036	0.16	834.5	52	0.049	0.13	881.0	7
0.021	0.22	1164.7	53	0.053	0.14	1308.5	8
0.021	0.31	856.5	54	0.020	0.25	795.3	9
0.025	0.18	985.3	55	0.028	0.23	1133.4	10
0.029	0.16	840.0	56	0.049	0.15	467.6	11
0.028	0.14	938.7	57	0.026	0.22	1158.8	12
0.026	0.16	1010.0	58	0.032	0.21	1246.2	13
0.023	0.19	1308.1	59	0.025	0.24	1177.7	14
0.019	0.34	652.2	60	0.035	0.19	943.5	15
0.027	0.18	1109.8	61	0.022	0.22	1233.7	16
0.023	0.28	939.3	62	0.045	0.15	648.9	17
0.026	0.23	1137.2	63	0.022	0.17	1483.9	18
0.018	0.24	7776.6	64	0.033	0.22	8410.5	19
0.021	0.18	654.1	65	0.017	0.25	10111..	20
0.035	0.22	1379.2	66	0.046	0.19	757.9	21
0.019	0.31	1275.5	67	0.0146	0.29	1101.5	22
0.028	0.25	1376.2	68	0.020	0.28	672.9	23
0.018	0.31	1023.3	69	0.026	0.21	1197.5	24
0.019	0.45	827.8	70	0.018	0.29	1169.3	25
0.025	0.26	1322.0	71	0.040	0.15	756.5	26
0.015	0.34	913.3	72	0.019	0.32	806.9	27
0.020	0.32	1405.4	73	0.032	0.20	906.0	28
0.022	0.30	1522.0	74	0.018	0.30	1179.6	29
0.017	0.31	926.7	75	0.042	0.19	1048.1	30
0.018	0.31	952.7	76	0.022	0.22	1133.4	31
0.022	0.27	884.4	77	0.038	0.18	1361.2	32
0.044	0.12	996.3	78	0.023	0.25	879.4	33
0.023	0.24	1061.8	79	0.032	0.19	961.5	34
0.018	0.40	826.0	80	0.023	0.22	1196.0	35
0.018	0.40	893.3	81	0.027	0.17	999.5	36
0.027	0.20	1130.6	82	0.029	0.15	1065.5	37
0.034	0.20	1058.0	83	0.030	0.18	1187.2	38
0.018	0.42	1099.8	84	0.028	0.15	957.1	39
0.025	0.31	889.0	85	0.037	0.11	713.2	40
0.021	0.36	946.1	86	0.023	0.20	1107.5	41
0.026	0.27	1118.0	87	0.045	0.13	880.7	42
0.023	0.27	1136.7	89	0.035	0.12	942.9	44
0.030	0.21	1605.5	90	0.031	0.21	992.7	45

جدول پ ۲ - داده‌های کوره بلند- سری *b*

$w_{Su}(\%)$	$w_{Si}(\%)$	$P_{mi}(t)$	ردیف	$w_{Su}(\%)$	$w_{Si}(\%)$	$P_{mi}(t)$	ردیف
0.014	0.30	1041.4	46	0.023	0.32	1088.1	1
0.027	0.18	1188.3	47	0.014	0.32	769.3	2
0.022	0.17	1159.7	48	0.025	0.30	1665.8	3
0.026	0.24	1423.8	49	0.016	0.34	1191.8	4
0.017	0.27	1262.6	50	0.020	0.20	1194.9	5
0.016	0.29	937.5	51	0.024	0.27	1040.6	6
0.026	0.14	846.2	52	0.027	0.16	1542.2	7
0.020	0.21	1066.8	53	0.027	0.20	1012.1	8
0.027	0.21	991.2	54	0.027	0.19	1770.4	9
0.025	0.15	985.6	55	0.014	0.32	913.4	10
0.028	0.13	877.0	56	0.036	0.16	976.6	11
0.017	0.27	1201.4	57	0.017	0.30	1033.9	12
0.023	0.23	974.9	58	0.0207	0.25	1299.4	13
0.0520	0.28	1071.0	59	0.012	0.37	1156.7	14
0.027	0.21	726.2	60	0.026	0.22	1260.5	15
0.021	0.20	642.6	61	0.046	0.35	940.7	16
0.022	0.18	1098.2	62	0.017	0.32	1488.2	17
0.028	0.15	1188.4	63	0.019	0.22	1630.9	18
0.023	0.20	1016.9	64	0.020	0.29	1127.1	19
0.028	0.22	911.7	65	0.035	0.14	1123.2	20
0.015	0.32	1038.1	66	0.022	0.26	10873.2	21
0.026	0.21	746.2	67	0.022	0.18	963.2	22
0.025	0.18	1231.7	68	0.019	0.25	1446.9	23
0.021	0.21	1261.2	69	0.027	0.16	1038.7	24
0.022	0.28	1102.5	70	0.025	0.23	956.0	25
0.023	0.29	1118.5	71	0.0222	0.21	846.7	26
0.023	0.29	1118.5	72	0.030	0.27	732.4	27
0.030	0.27	1051.8	73	0.026	0.18	1007.1	28
0.020	0.24	524.0	74	0.019	0.23	1039.6	29
0.029	0.16	1053.2	75	0.021	0.19	1197.0	30
0.022	0.19	1218.9	76	0.025	0.20	1093.1	31
0.026	0.22	1449.1	77	0.027	0.16	1178.4	32
0.026	0.18	888.2	78	0.026	0.16	1098.7	33
0.035	0.12	1172.1	79	0.028	0.12	769.4	34
0.017	0.32	1273.2	80	0.0361	0.19	1071.7	35
0.029	0.18	1554.6	81	0.023	0.22	787.6	36
0.019	0.25	1257.5	82	0.020	0.24	1035.5	37
0.019	0.26	41526.3	83	0.025	0.38	1017.2	38
0.013	0.30	1224.6	84	0.014	0.35	1087.0	39
0.023	0.22	1370.8	85	0.018	0.28	848.3	40
0.021	0.16	1128.1	86	0.018	0.38	1324.5	41
0.024	0.21	1043.3	87	0.014	0.35	991.1	42
0.020	0.34	952.4	89	0.018	0.28	1017.5	44
0.022	0.26	1550.1	90	0.015	0.27	1086.9	45

جدول پ ۳ مقادیر نمودار تغییرات برای مجموعه $w_{su}(b)$ و $w_{su}(a)$ و $w_{si}(b)$ و $w_{si}(a)$ و $p_{mi}(b)$ و $p_{mi}(a)$ در تأخیر t (از ۰ تا ۱۸۰) را نشان می‌دهد.

جدول پ ۳ - مقادیر نمودار تغییرات داده‌های کوره بلند

$w_{su}(b)$ $\times 10^4$	$w_{su}(a)$ $\times 10^4$	$w_{si}(b)$ $\times 10^2$	$w_{si}(a)$ $\times 10^2$	$P_{mi}(b)$ $\times 10^{-4}$	$P_{mi}(a)$ $\times 10^{-4}$	Lag t
0	0	0	0	0	0	0
0.326	0.922	0.336	0.398	4.448	6.618	1
0.183	0.639	0.278	0.490	3.978	4.642	2
0.327	0.872	0.410	0.537	4.922	6.590	3
0.235	0.512	0.381	0.447	3.621	4.907	4
0.340	0.710	0.500	0.436	4.601	5.870	5
0.315	0.717	0.477	0.466	3.430	3.816	6
0.286	0.695	0.466	0.451	5.589	6.494	7
0.280	0.770	0.422	0.490	4.009	4.571	8
0.332	0.611	0.512	0.520	4.037	7.150	90
0.310	0.702	0.470	0.482	4.249	5.070	10
0.299	0.648	0.435	0.469	4.915	6.275	11
0.276	0.810	0.456	0.512	4.195	4.469	12
0.285	0.533	0.406	0.464	4.526	6.696	13
0.265	0.800	0.5041	0.446	3.518	5.126	14
0.287	0.646	0.404	0.497	4.664	5.897	15
0.281	0.836	0.466	0.495	5.354	4.565	16
0.308	0.677	0.476	0.517	5.170	4.880	17
0.282	0.879	0.511	0.523	4.577	5.180	18

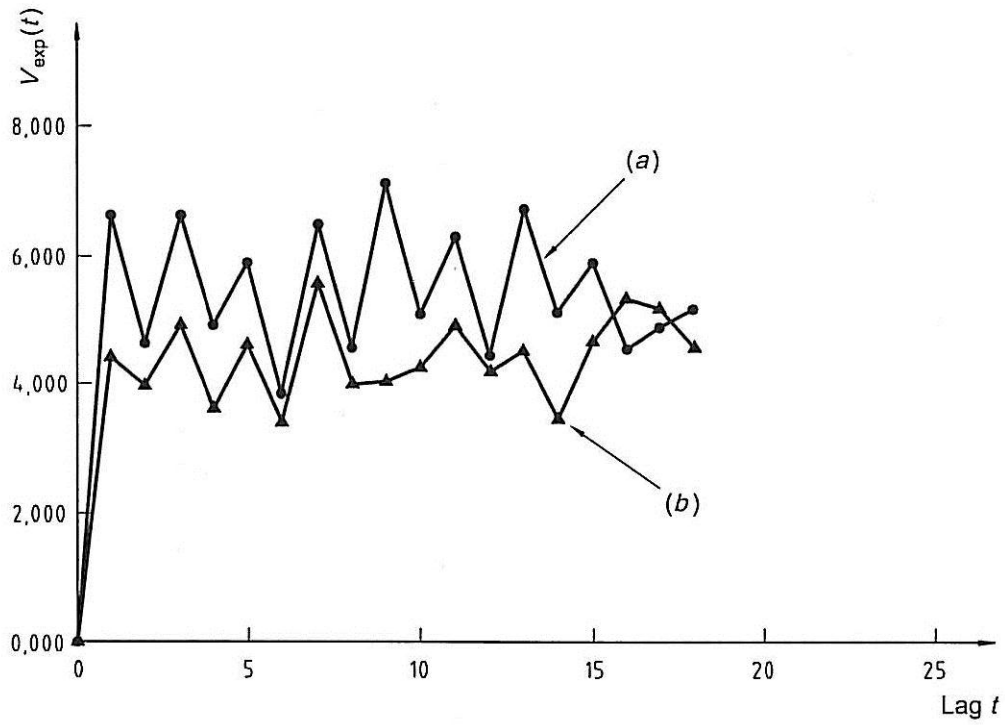
در جدول پ ۴ مقادیر نمودار تغییرات $w_{su}(b)$ ($\times 10^4$) و $w_{su}(a)$ و $w_{si}(b)$ و $w_{si}(a)$ و $P_{mi}(b)$ و $P_{mi}(a)$ در تأخیری (t از ۰ تا ۱۸۰) نشان داده شده است که سطح معنی‌داری در ۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهد.

جدول پ ۴ - مقادیر نمودار همبستگی داده‌های کوره بلند

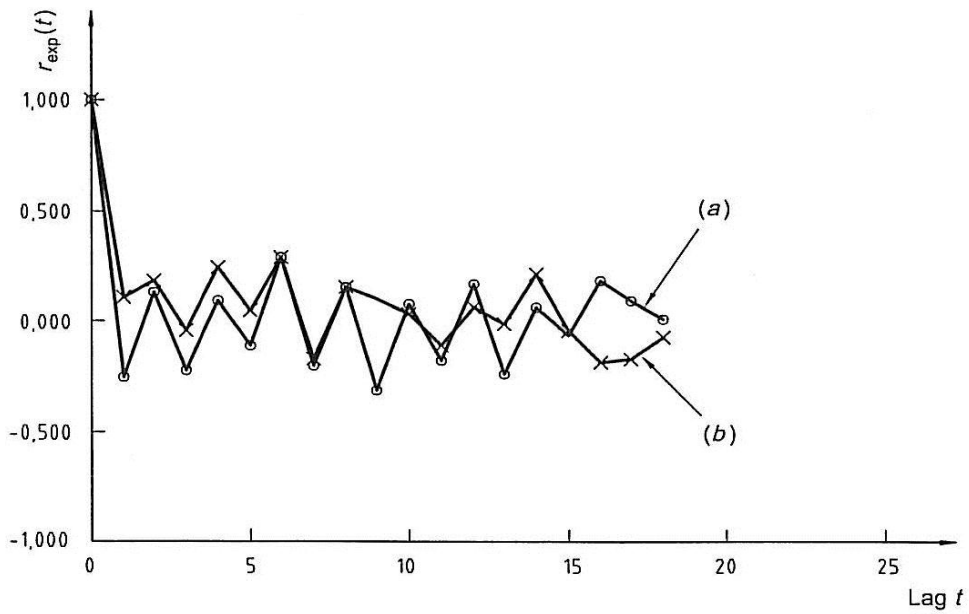
$w_{su}(b)$	$w_{su}(a)$	$w_{si}(b)$	$w_{si}(a)$	$P_{mi}(b)$	$P_{mi}(a)$	Lag t
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0
-0.142	-0.030	0.214 ^a	0.344 ^b	0.103	-0.256 ^a	1
0.358 ^b	0.266 ^a	0.351 ^b	0.188	0.179	0.127	2
-0.137	-0.005	0.033	0.106	-0.046	-0.228 ^a	3
0.185	0.397 ^b	0.098	0.264 ^a	0.238 ^a	0.091	4
-0.167	0.152	-0.183	0.244 ^a	0.043	-0.110	5
-0.071	0.153	-0.117	0.196	0.288 ^b	0.285 ^b	6
0.019	0.159	-0.093	0.197	-0.173	-0.206	7
0.043	0.029	0.020	0.129	0.149	0.154	8
-0.127	0.242 ^a	-0.178	0.083	0.097	-0.317 ^b	9
-0.067	0.132	-0.083	0.137	0.029	0.075	10
-0.061	0.182	-0.010	0.142	-0.116	-0.181	11
-0.010	-0.025	-0.073	0.074	0.059	0.169	12
-0.039	0.334 ^b	0.053	0.159	-0.015	-0.237 ^a	13
0.017	-0.015	-0.186	0.203	0.207	0.060	14
-0.052	0.196	0.053	0.116	-0.045	-0.069	15
-0.0852	-0.054	-0.109	0.1426	-0.188	0.179	16
-0.145	0.152	-0.130	0.091	-0.173	0.092	17
-0.053	-0.11	-2.202	0.084	-0.073	0.008	18

^a سطح معنی دار ۵٪
^b سطح معنی دار ۱٪

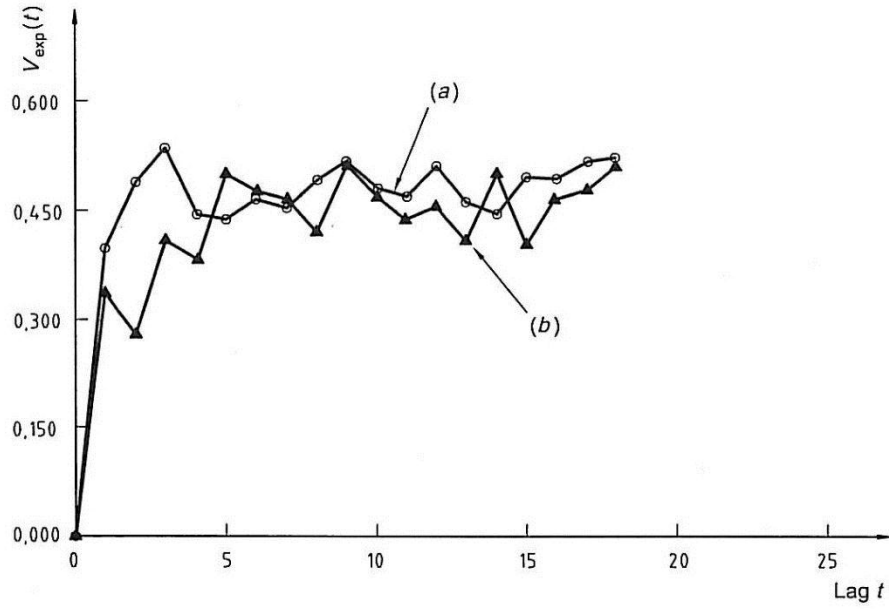
شکل‌های پ ۲، پ ۴ و پ ۶ به ترتیب نمودار تغییرات را برای $w_{si}(b), w_{si}(a)$ و $p_{mi}(b), p_{mi}(a)$ و $w_{su}(b), w_{su}(a)$ نشان می‌دهند. شکل‌های پ ۳، پ ۵ و پ ۷ به ترتیب نمودار همبستگی را برای $w_{su}(b), w_{su}(a)$ و $w_{si}(b), w_{si}(a)$ و $p_{mi}(b), p_{mi}(a)$ نشان می‌دهند.



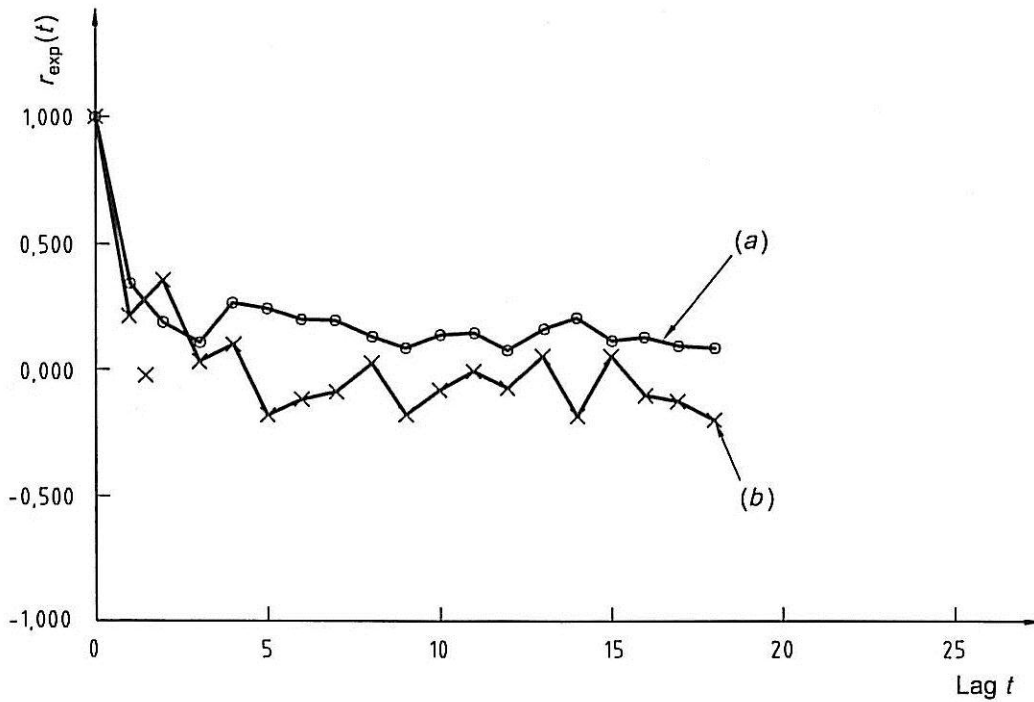
شکل پ ۲ - نمودار تغییرات $p_{mi}(b), p_{mi}(a)$



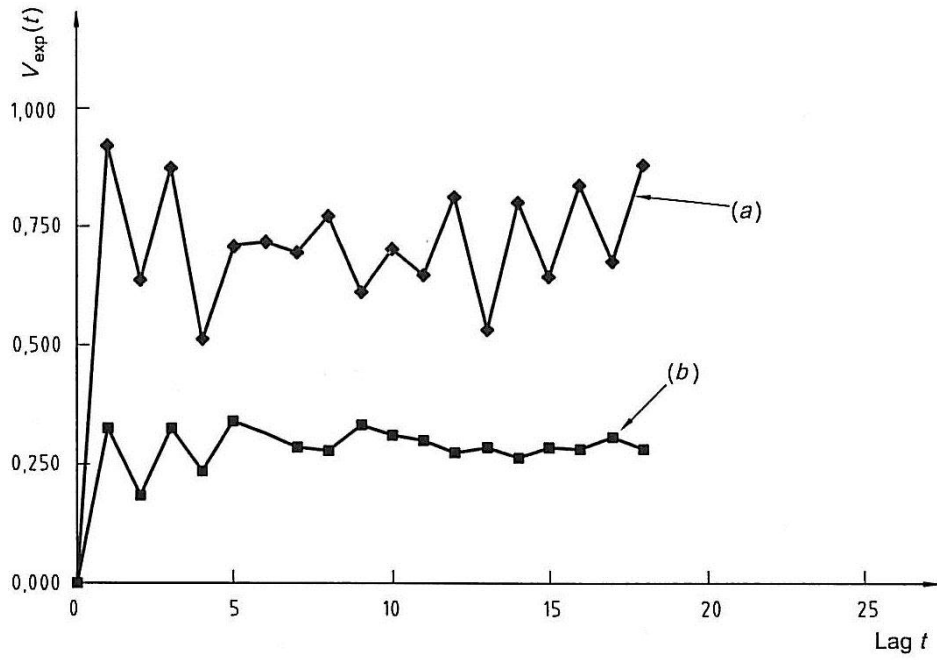
شکل پ ۳ - نمودار همبستگی $p_{mi}(b), p_{mi}(a)$



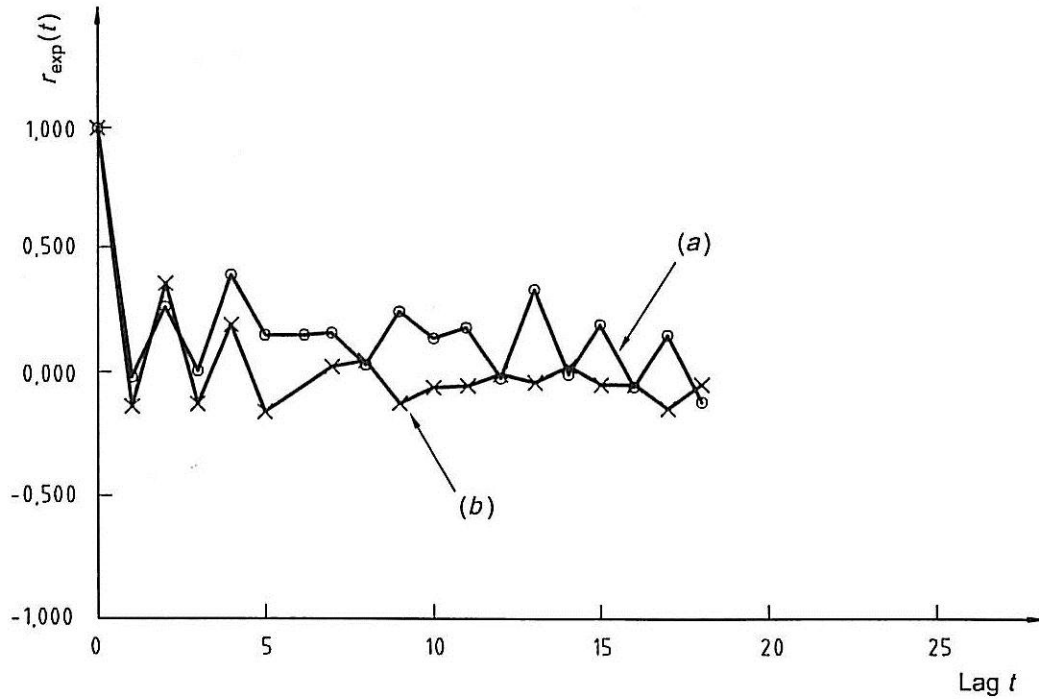
شکل پ ۴ - نمودار تغییرات $w_{si}(b), w_{si}(a)$



شکل پ ۵ - نمودار همبستگی $w_{si}(b), w_{si}(a)$



شکل پ ۶ - نمودار تغییرات $w_{su}(b), w_{su}(a)$



شکل پ ۷ - نمودار همبستگی $w_{su}(b), w_{su}(a)$

شکل پ ۲ یک حرکت خاصی شبیه به لبه یک اره را نشان می‌دهد. شکل پ ۶ نیز حرکت مشابهی را برای تأخیرهای خیلی کوچک نشان می‌دهد. در شکل پ ۲ ممکن است نمودار تغییرات به دو جزء فرعی به صورت زیر تقسیم شود:

$$V_{exp}(t) = V_r = V_c \quad (\text{پ} - ۳)$$

$$V_{exp}(t) = (-1)^{t+1} Va^1 \quad (\text{پ} - ۴)$$

که در آن:

V_r : واریانس تغییرات تصادفی؛

V_c : واریانس تغییرات تناوبی؛

Va : واریانس مربوط به دامنه تغییرات تناوبی است.

در این مورد خاص $V_{exp}(t)$ برای مجموعه p_{mi} ممکن است با استفاده از مقادیر ارائه شده در شکل پ ۲ با معادله زیر برآورد شود.

$$V_{exp}(t) = 5,2 + (-1)^{t+1} \times 1,0 \quad (\text{پ} - ۵)$$

با این حال، به طور کلی، تقسیم این واریانس به الگوهای منفرد تغییر کار ساده‌ای نیست. فرض می‌شود که با زمان شروع باز شدن مجرای تخلیه (سر ساعت)، صرف نظر از زمان بسته شدن قبلی مجرای تخلیه، حرکت تناوبی نشان داده شده در شکل پ ۲ ایجاد می‌شود. اگرچه توصیه می‌شود اهمیت بیشتر این حرکت در تفاسیر فیزیکی و اقدامات انجام شده به مهندسی و گذار شود که در قسمت کوره بلند و کارخانه سیلیسیوم‌زدایی و گوگردزدایی بعدی کار می‌کند. این مثال به این نکته اشاره دارد که تجزیه و تحلیل آماری داده‌های سری اطلاعات مفیدی را فراهم می‌کند که با استفاده از روش‌های مرسوم تجزیه و تحلیل آماری نمی‌توان آن اطلاعات را به دست آورد.

شکل پ ۸ رابطه بین نمودار تغییرات و نمودار همبستگی $p_{mi}(a)$ را نشان می‌دهد. در این شکل، نمودار همبستگی بر محور $r=+1$ تصویر شده است یعنی به صورت $[1 - r_{exp}(t)]$ نشان داده شده است و حرکات مشابه نمودار $[1 - r_{exp}(t)]$ مطابق نمودار تغییرات $V_{exp}(t)$ نمایش داده شده‌اند. بین نمودار تغییرات و نمودار همبستگی، رابطه زیر وجود دارد:

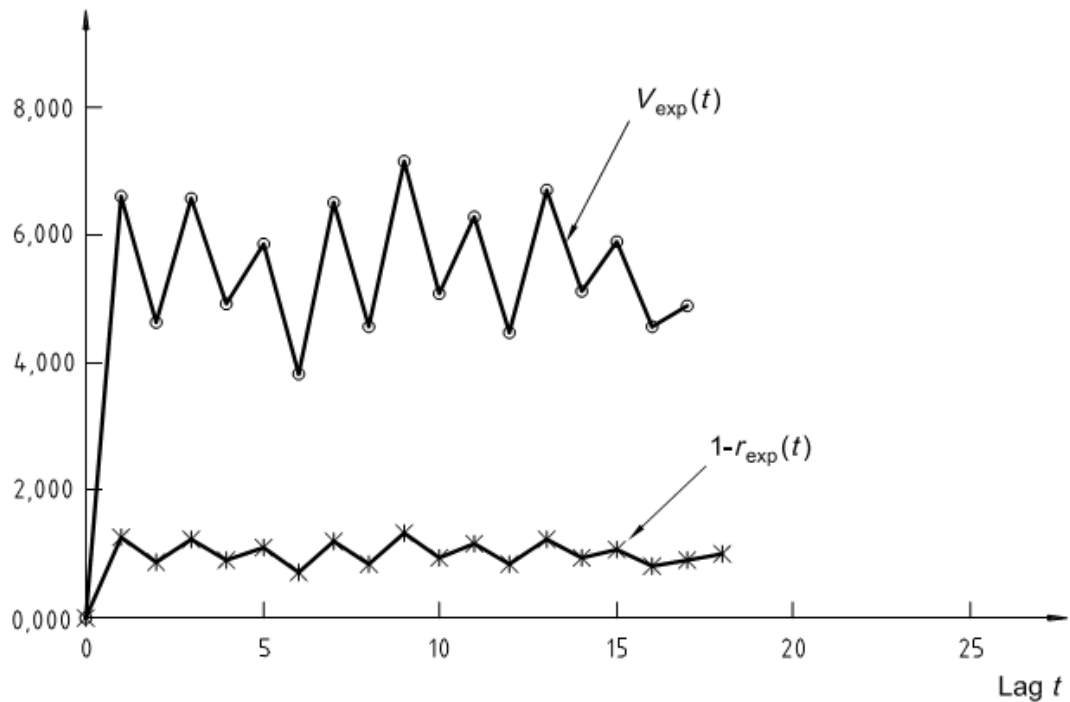
۱- با توجه به وجود مغایرت بین معادله پ ۴ و پ ۵ موضوع از طریق کمیته فنی مربوطه در سازمان ایزو در دست بررسی است.

$$V_{exp}(t) = \sigma_t^2 [1 - r_{exp}(t)]^1 \quad (\text{پ - ۶})$$

که در آن:

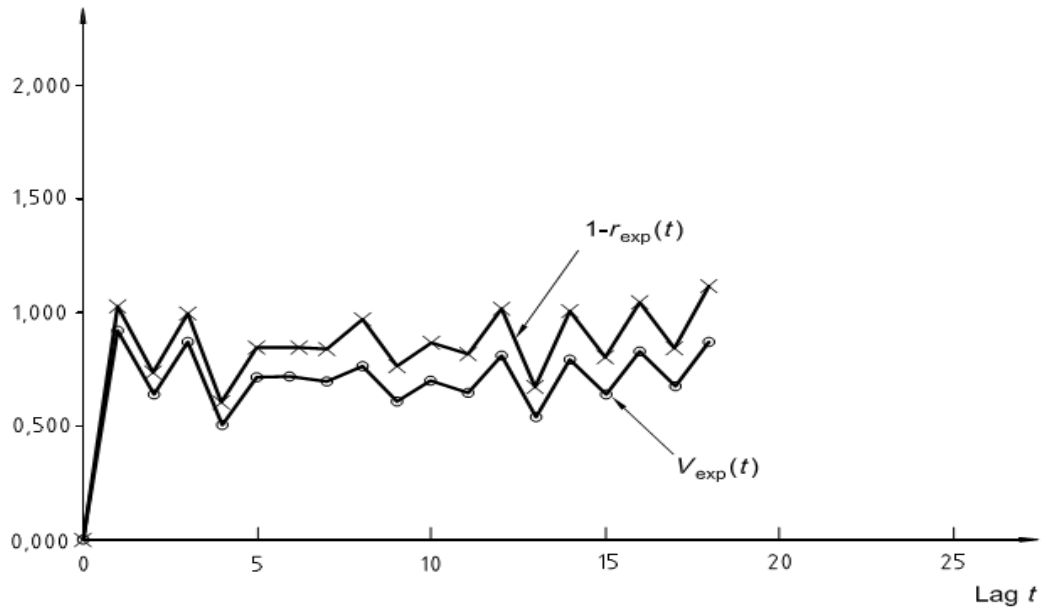
σ_t^2 : جمع واریانس سری اصلی بوده و ثابت است.

مانند سری‌های $w_{su}(a)$ ، نمودار تغییرات $V_{exp}(t)$ و نمودار $[1 - r_{exp}(t)]$ حرکات مشابهی را مانند آنچه در شکل پ ۹ نشان داده شده، نمایش می‌دهد.



شکل پ ۸ - ارتباط بین $V_{exp}(t)$ و $[1 - r_{exp}(t)]$ برای $p_{mi}(a)$

با توجه به وجود مغایرت بین معادله موضوع از طریق کمیته فنی مربوطه در سازمان ایزو در دست بررسی است.¹



شکل پ ۹ - ارتباط بین $V_{exp}(t)$ و $[1 - r_{exp}(t)]$ برای $w_{su}(a)$

پ-۴ ضخامت کاغذ

این کاربرد، مثالی از تغییرات همبسته را فراهم می‌کند. ضخامت کاغذ برحسب میکرومتر (μm) در یک فاصله ثابت (۵ متر) موازی با طول کاغذ رول شده، اندازه‌گیری شده و همانطور که در جدول پ ۵ نشان داده شده، ۲۰۸ قرائت ارائه گردیده است.

جدول پ ۵ - ضخامت کاغذ

مقادیر برحسب میکرومتر

شماره قرائت	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	572	575	568	558	555	564	576	570	570	575
10	587	562	580	573	576	573	585	576	580	576
20	586	571	575	582	570	568	588	560	580	590
30	596	564	605	576	579	579	581	573	570	576
40	573	576	577	575	573	572	562	580	565	572
50	558	569	559	558	556	572	552	560	565	561
60	553	562	555	560	552	561	559	562	550	553
70	556	548	556	536	560	540	548	539	552	543
80	546	541	542	551	538	547	542	541	546	548
90	543	545	547	559	541	543	553	546	550	559
100	549	557	555	659	565	552	555	552	560	562
110	563	563	562	559	581	574	560	583	563	573
120	577	582	573	571	589	588	589	592	582	589
130	589	584	584	599	580	589	575	573	581	576
140	568	580	586	560	570	574	570	556	569	579
150	569	562	576	570	560	572	570	554	568	558
160	562	562	560	547	550	569	547	561	548	556
170	558	549	553	559	564	536	555	558	539	542
180	564	546	557	550	558	550	549	551	541	552
190	542	553	551	558	574	562	561	560	565	569
200	575	568	569	572	565	562	582	570	-	-

مقادیر نمودار تغییرات و مقادیر نمودار همبستگی، تا فاصله زمانی $t=25$ در جدول پ ۶ نشان داده شده‌اند. نمودارهای پ ۱۰ و پ ۱۱ به ترتیب نمودار تغییرات و نمودار همبستگی‌اند.

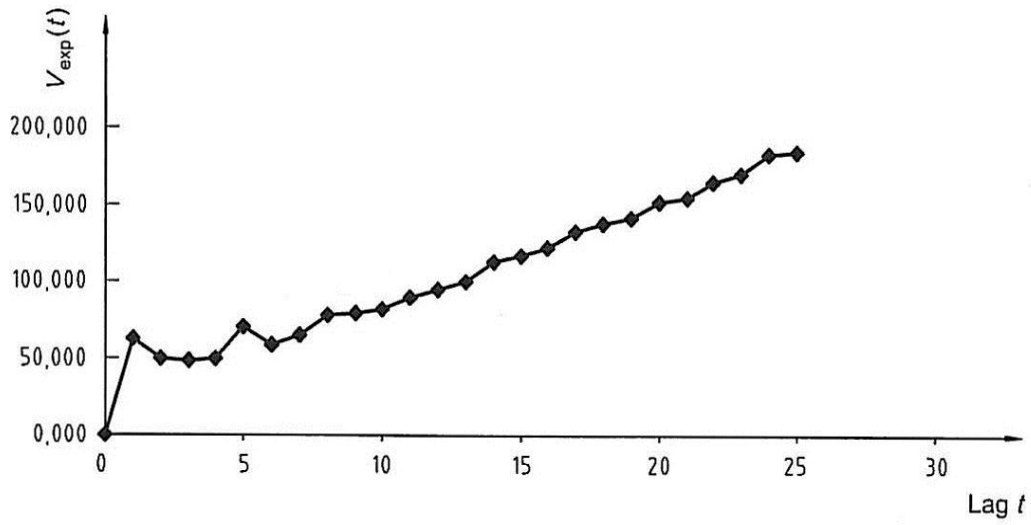
نمودار همبستگی ارتباط بسیار معنی داری تا تأخیر $t=21$ و ارتباط معنی داری در تأخیر $t=22$ نشان می‌دهد.

از آن جایی که بیش از ۲۰ داده متوالی با هم در ارتباط هستند، داده سری به ۹ گروه متشکل از ۲۰ داده متوالی تقسیم شده است که برای سهولت از شماره ۱۱ شروع می‌شود. تحلیل واریانس یک طرفه تفاوت معنی داری در بین گروه‌ها را نشان می‌دهد. فواصل اطمینان ۹۵٪ مقادیر میانگین هر گروه در شکل پ ۱۲ نشان داده شده است. کنترل شدیدی از ورودی مخلوط‌کن مشاهده شده است و کنترل‌های مکرری از ورودی مخلوط‌کن پیشنهاد می‌گردد.

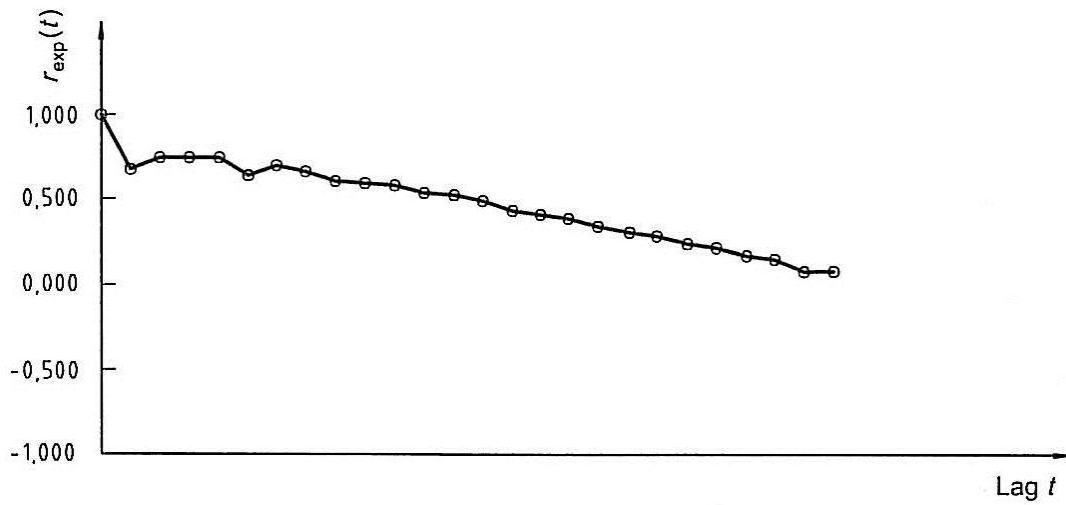
جدول پ ۶ - مقادیر نمودار تغییرات و نمودار همبستگی درارتباط با ضخامت کاغذ

مقادیر نمودار همبستگی	مقادیر نمودار تغییرات	ردیف
1.000 ^a	0	0
0.674 ^a	62.435	1
0.741 ^a	49.638	2
0.749 ^a	48.324	3
0.747 ^a	48.931	4
0.636 ^a	70.569	5
0.701 ^a	58.223	6
0.667 ^a	64.995	7
0.604 ^a	77.583	8
0.600 ^a	78.638	9
0.586 ^a	81.748	10
0.542 ^a	60.165	11
0.521 ^a	94.781	12
0.496 ^a	99.928	13
0.429 ^a	113.487	14
0.413 ^a	117.096	15
0.389 ^a	122.034	16
0.337 ^a	132.296	17
0.309 ^a	137.608	18
0.286 ^a	142.077	19
0.233 ^a	152.202	20
0.217 ^a	154.944	21
0.166 ^b	165.304	22
0.144	170.103	23
0.079	183.158	24
0.077	184.011	25

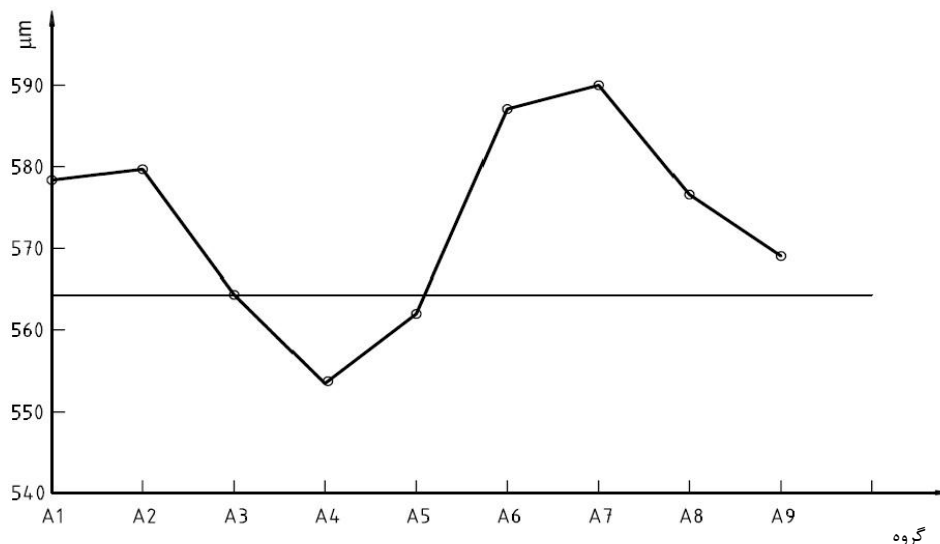
^a ارتباط هم بستگی بسیار معنی دار
^b ارتباط معنی دار



شکل پ ۱۰ - نمودار تغییرات ضخامت کاغذ



شکل پ ۱۱ - نمودار همبستگی ضخامت کاغذ



شکل پ-۱۲ فواصل اطمینان برای هر گروه

پ-۵ رطوبت در سنگ معدن آهن

تعداد نمونه اولیه برداشته شده برای تعیین رطوبت یک بهر، معمولاً میانگینی در حدود ۵۰ در بهر است. تا چند سال پیش، روش کار به صورت ترکیب چندین نمونه اولیه (به طور مثال ۵ نمونه اولیه) در قالب چند نمونه و اندازه‌گیری رطوبت در نمونه‌ها بود که به صورت یک روش معمول در اکثر کارخانه‌های فولادسازی به کار می‌رفت. اخیراً در بسیاری از کارخانه‌های فولادسازی، برای تعیین میزان رطوبت در سنگ معدن آهن، به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت در هنگام ذخیره‌سازی به صورت نمونه اولیه به نمونه اولیه عمل می‌کنند. اطلاعات به‌دست‌آمده از چنین کارخانه‌ای در این جا مورد بحث قرار می‌گیرد. داده‌های مربوط به سنگ معدن آهن وارد شده به کارخانه فولادسازی الف و ب از یک معدن یکسان به دو صورت سنگ آهن درشت یا سنگ آهن ریز گروه‌بندی می‌شود. مقادیر رطوبت در هر نمونه اولیه، از ۱۲ کشتی، شامل سنگ‌های درشت A (S_3 تا S_1)، سنگ‌های درشت B (S_6 تا S_4)، سنگ‌های ریز A (S_9 تا S_7)، سنگ‌های ریز B (S_{12} تا S_{10})، در جدول پ ۷ و پ ۸ نشان داده شده و پس از آن تجزیه و تحلیل شده‌اند.

به عنوان مثال نوعی، نتیجه تجزیه و تحلیل آماری سری شماره ۱ در زیر ارائه شده است. نموداری از سری شماره ۱ در شکل پ ۱۳ مشاهده می‌شود. در این نمودار، با افزایش میزان تخلیه شده، روندی کاهشی در مقدار رطوبت مشاهده می‌شود. آنالیز رگرسیون مقادیر رطوبت، بر روی تعداد نمونه اولیه، وابستگی بسیار معنی‌دار رطوبت به شماره نمونه اولیه را نشان می‌دهد و نتیجه زیر به‌دست می‌آید.

$$w_m = 2,164 - 0,008 5i$$

(پ - ۷)

که در آن:

i شماره نمونه اولیه؛

w_m کسر جرمی است که به صورت درصدی از مقدار رطوبت در نمونه‌های اولیه بیان می‌شود. نظر به اینکه تعداد نمونه‌های اولیه دریافتی از یک بهر از یک کشتی به کشتی دیگر متفاوت است، با تغییر تعداد نمونه مواد اولیه به نسبت میزان بار تخلیه شده معادله زیر به دست می‌آید:

$$w_m = 2,164 - 0,51u \quad (\text{پ} - ۸)$$

که در آن:

u نرخ تخلیه است.

در صورتی که تعداد کل نمونه‌های اولیه برداشته شده از یک بهر n باشد نرخ تخلیه در نمونه اولیه i ام، i/n می‌باشد. معادله (پ-۸) به شکل زیر بیان می‌شود:

$$w_m = b_0 + b_1u \quad (\text{پ} - ۹)$$

مقادیر b_1 برای هر سری در جدول پ ۹ نشان داده شده است.

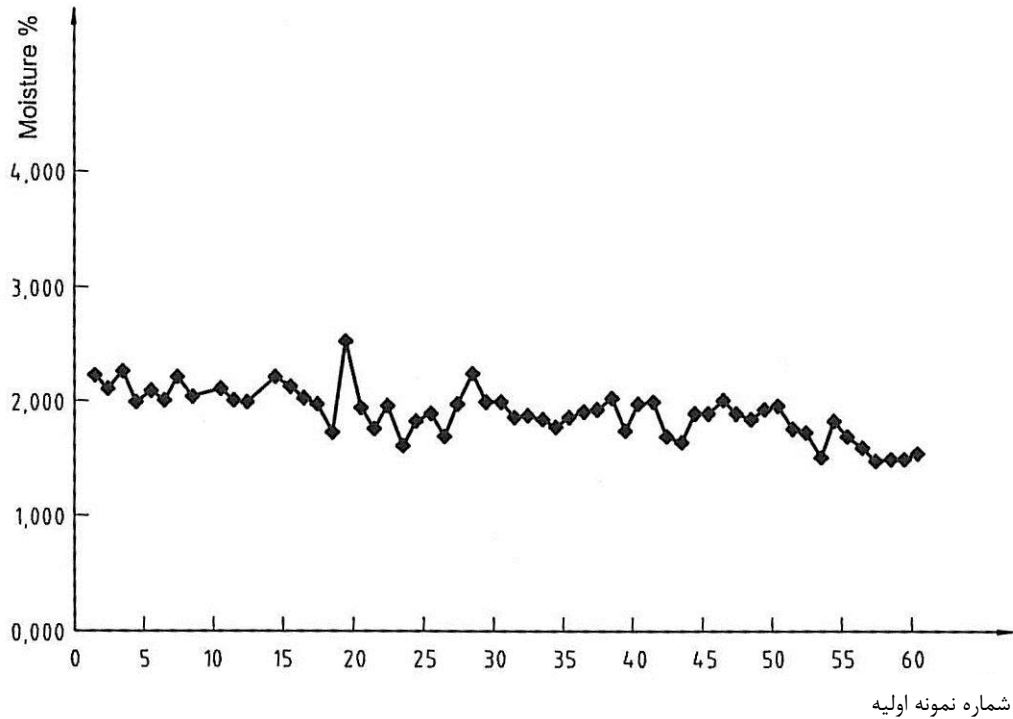
نمودار تغییرات S_1 در شکل پ ۱۴ نشان داده شده است. در این شکل "سری‌های اصلی" نشان‌دهنده نمودار تغییرات سری‌های اصلی است در حالی که "بدون داده پرت" شماره ۱۹^۱ نشان‌دهنده نمودار تغییرات سری‌ها بدون داده پرت است. توجه داشته باشید که نمونه پرت سبب می‌شود نمودار تغییرات بدون نمونه پرت به سمت بالا حرکت کند.

جدول پ ۷ - درصد مقدار رطوبت سنگ معدن آهن برای نمونه‌های اولیه S_1 تا S_6

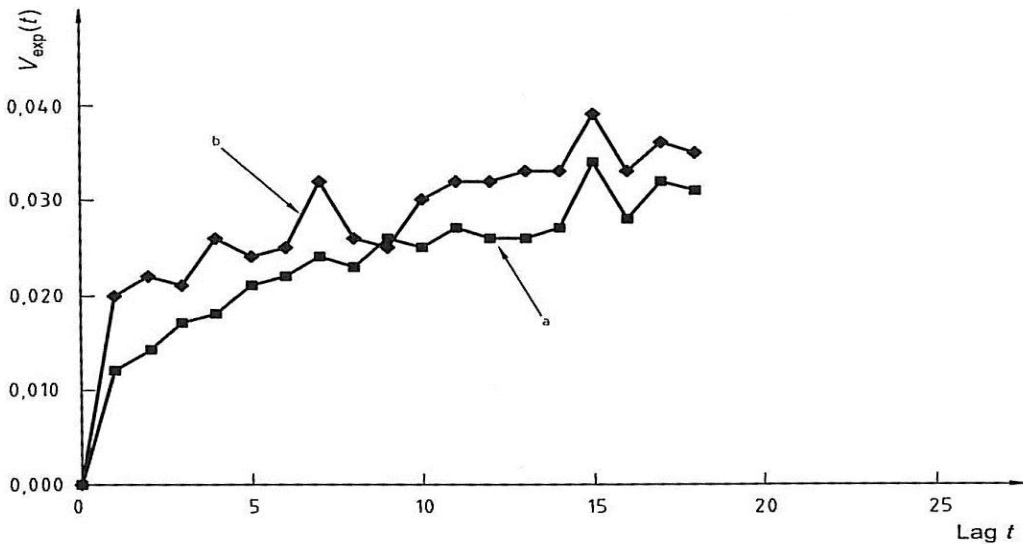
S_6	S_5	S_4	S_3	S_2	S_1	ردیف
2.895	۲.۷۴۴	2.743	3.123	2.573	2.230	1
2.966	۲.۷۶۳	2.719	3.040	2.532	2.109	2
2.964	۲.۸۸۱	2.912	2.870	2.394	2.263	3
2.769	۲.۹۸۸	2.672	2.914	2.679	1.993	4
2.833	۲.۷۵۶	2.656	3.118	2.547	2.091	5
2.945	۲.۸۱۳	2.582	2.871	2.174	2.012	6
2.852	۲.۷۹۵	2.780	2.934	2.421	2.213	7
2.826	۲.۹۴۸	3.090	2.515	2.350	2.049	8
2.728	۲.۹۴۳	2.861	2.705	2.381	2.080	9
0.665	۳.۰۲۲	2.801	2.755	2.557	2.111	10
2.569	۳.۰۱۲	2.559	2.975	2.465	2.004	11
2.808	۲.۷۴۴	2.567	23.921	2.373	1.993	12
2.775	۲.۷۲۳	2.680	2.918	2.417	2.110	13
3.020	۲.۲۳۹	2.788	2.730	2.449	2.211	14
2.850	۲.۸۰۳	2.694	3.631	2.489	2.116	15
2.679	۲.۶۰۲	2.481	2.798	2.528	2.018	16
2.776	۲.۶۳۵	2.434	2.841	2.394	1.970	17
2.824	۲.۶۰۳	2.435	2.812	2.297	1.732	18
2.644	۲.۵۵۱	2.445	2.639	2.306	2.515	19
2.555	۲.۵۷۲	2.732	2.495	2.447	1.941	20
2.600	۲.۵۰۷	2.674	2.571	2.379	1.769	21
2.622	۲.۵۷۵	2.738	2.646	2.316	1.963	22
2.442	۲.۵۳۱	2.739	2.447	2.242	1.3607	23
2.353	۲.۴۸۸	2.573	2.484	2.310	1.829	24
2.274	۲.۶۱۲	2.435	2.528	2.378	1.891	25
2.273	۲.۶۰۲	2.760	2.874	2.331	1.691	26
2.396	۲.۶۲۵	2.549	2.524	2.342	1.969	27
2.282	۲.۷۲۳	2.522	2.603	2.394	2.000	29
2.715	۲.۵۷۲	2.815	2.395	2.438	2.000	30
2.564	۲.۵۰۴	2.363	2.109	2.395	1.857	31
2.516	۲.۳۱۵	2.347	2.261	2.330	1.874	32
2.597	۲.۴۶۰	2.393	2.412	2.392	1.836	33
5.729	۲.۴۲۵	2.804	2.426	2.569	1.776	34
2.554	۲.۳۵۴	2.584	2.398	2.174	1.858	35
2.497	۲.۴۶۳	2.501	2.365	2.386	1.906	36
2.723	۲.۵۹۰	2.367	2.669	2.180	1.919	37
2.762	۲.۲۱۲	2.217	2.697	2.276	2.018	38
2.278	۲.۳۰۴	2.668	2.711	2.179	1.749	39
2.432	۲.۲۷۱	2.485	2.591	2.398	1.982	40
2.527	۲.۴۵۴	2.306	2.734	2.339	1.986	41
2.580	۲.۳۶۸	2.326	2.351	2.507	1.693	42
-	۲.۱۱۷	2.076	2.551	2.281	1.643	43
-	۲.۱۶۵	2.136	2.297	2.144	1.889	44
-	۲.۱۵۷	2.701	2.269	1.999	1.898	45
-	۱.۹۷۹	-	2.510	1.999	2.003	46
-	-	-	2.409	2.190	1.891	47
-	-	-	-	2.201	1.849	48
-	-	-	-	2.265	1.928	49
-	-	-	-	2.203	1.961	50
-	-	-	-	1.984	1.760	51
-	-	-	-	2.239	1.734	52
-	-	-	-	2.429	1.511	53
-	-	-	-	2.280	1.822	54
-	-	-	-	1.977	1.701	55
-	-	-	-	2.141	1.592	56
-	-	-	-	2.012	1.482	57
-	-	-	-	-	1.505	58
-	-	-	-	-	1.493	59
-	-	-	-	-	1.540	60

جدول پ ۸ - درصد مقدار رطوبت سنگ معدن در نمونه‌های اولیه S_7 تا S_{12}

S_{12}	S_{11}	S_{10}	S_9	S_8	S_7	ردیف
4.992	4.710	4.595	4.535	5.554	4.625	1
5.066	4.660	4.579	4.505	5.303	4.617	2
4.911	4.696	4.559	4.605	5.267	4.558	3
4.998	4.681	4.544	4.462	5.261	4.643	4
5.024	4.656	4.585	4.530	5.144	4.623	5
5.061	4.684	4.574	4.482	5.197	4.656	6
4.995	4.679	4.572	4.603	5.193	4.586	7
4.976	4.689	4.633	4.626	5.171	4.638	8
4.982	4.633	4.616	4.503	5.159	4.474	9
4.977	4.685	4.693	4.426	5.161	4.687	10
4.976	4.758	4.483	40432	5.000	4.600	11
5.042	4.691	4.559	4.437	5.292	4.659	12
1.912	4.709	4.528	4.507	5.000	4.659	13
4.893	4.690	40543	40542	5.127	4.553	14
4.982	4.649	4.571	4.569	5.108	4.591	15
4.883	4.668	4.500	4.564	4.828	4.630	16
4.936	4.722	4.530	4.525	4.951	4.590	19
4.956	4.594	4.488	4.505	5.019	4.617	20
4.880	4.605	4.404	4.564	5.148	4.603	21
4.899	4.669	4.610	4.573	5.123	4.576	22
4.992	4.615	4.474	4.564	5.079	4.585	23
5.115	4.659	4.456	40456	4.991	4.603	24
4.959	4.601	4.418	4.480	5.095	4.635	25
4.997	4.572	4.427	4.503	4.972	5.285	26
4.971	4.537	4.486	4.385	5.017	5.026	27
4.950	4.588	4.467	4.454	5.005	4.929	28
4.960	4.564	4.464	4.478	5.050	5.000	29
4.997	4.566	4.450	4.411	4.979	4.000	30
4.988	4.577	4.634	4.434	5.029	4.868	31
4.963	4.637	4.535	4.521	4.977	4.733	32
4.996	4.458	4.528	4.478	5.011	4.597	33
4.945	4.714	4.450	-	5.030	4.733	34
5.041	4.648	4.458	-	5.019	4.496	35
4.981	4.644	4.424	-	5.025	4.584	36
5.029	4.698	4.571	-	5.113	4.671	37
4.885	4.689	4.456	-	4.849	4.723	38
4.975	4.638	4.501	-	5.069	40688	39
4.866	4.627	4.544	-	-	5.570	40
4.659	4.659	4.390	-	-	4.522	41
4.788	4.599	4.466	-	-	4.332	42
4.891	4.637	4.467	-	-	4.584	43
4.778	4.677	4.391	-	-	4.557	44
4.969	4.647	4.405	-	-	4.607	45
4.843	4.649	-	-	-	4.537	46
4.907	4.515	-	-	-	4.534	47
4.942	4.579	-	-	-	4.459	48
4.945	4.553	-	-	-	4.571	49
4.915	4.561	-	-	-	4.684	50
4.913	-	-	-	-	4.548	51
4.937	-	-	-	-	4.568	52
4.947	-	-	-	-	4.368	53
4.839	-	-	-	-	4.524	54
4.950	-	-	-	-	4.320	55
4.818	-	-	-	-	4.479	56
-	-	-	-	-	4.643	57



شکل پ ۱۳ - نمودار مقدار رطوبت برای سری شماره ۱



شکل پ ۱۴ - نمودار تغییرات برای سری شماره ۱

مقادیر نمودار تغییرات برای مجموعه‌های S_1 تا S_6 و S_7 تا S_{12} در جدول‌های پ ۱۰ و پ ۱۱ درج شده‌اند و نمودارهای تغییرات به ترتیب در شکل‌های پ ۱۵ تا پ ۱۶ نشان داده شده‌اند. از آن جایی که S_1 تا S_6 و S_7 تا S_{12} به ترتیب، انواع یکسانی از سنگ معدن آهن هستند، این امر که نمودارهای تغییرات در این شکل‌ها تا حدی به هم نزدیک باشند، حائز اهمیت است.

نتایج تجزیه و تحلیل آماری هر مجموعه در جدول پ ۹ خلاصه شده است. جدول پ ۹ نشان می‌دهد که روند معنی داری در اکثر مجموعه‌ها مشاهده می‌شود و شیب رگرسیون‌ها، همه منفی هستند. شیب مذکور برای سنگ معدن‌های درشت نسبت به سنگ معدن‌های ریز بزرگتر است. در حالی که سطح مقدار رطوبت سنگ معدن‌های درشت نسبت به نوع ریز، کمتر می‌باشد. قسمتی از یک بهر متناظر با دو نمونه اولیه مجاور را به عنوان یک دسته در نظر بگیرید. تغییرات کیفی در دسته‌ها را می‌توان همانطور که در جدول پ ۹ نشان داده شده است، از مقادیر نمودار تغییرات برای $t=1$ برآورد کرد.

اطلاعات تکمیلی، توسط کارخانه فولادسازی C که در منطقه تحت مقررات شدید کنترل گرد و غبار قرار گرفته است ارائه شده است. سنگ معدن آهن ورودی به شدت در طول تخلیه با آب، اسپری می‌شود. انواع یکسانی آهن در کارخانه‌های فولادسازی A, B در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند. مقادیر رطوبت در نمونه‌های اولیه دریافتی از شش کشتی که متشکل از سه کشتی از سنگ آهن درشت S_{13} تا S_{15} و ۳ کشتی از سنگ آهن ریز S_{16} تا S_{18} هستند در جدول پ ۱۲ نشان داده شده‌اند. تجزیه و تحلیل رگرسیون مقدار رطوبت و شماره نمونه اولیه، با کنار گذاشتن مقادیر پرت در صورت لزوم، تقریباً هیچ یک از گرایش‌های موجود در داده‌های A, B را نشان نمی‌دهد. مقادیر نمودار تغییرات در جدول پ-۱۳ نشان داده شده‌اند. مقادیر نمودار تغییرات با تأخیر $t=1$ بیش از ۱۰ بار بزرگتر از مقادیر مرتبط با موادی هستند که به وسیله آب اسپری نشده‌اند. نمودار تغییرات S_{13} تا S_{18} در شکل پ ۱۷ نشان داده شده‌اند. نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از کارخانه C نیز در جدول پ ۹ خلاصه شده است.

جدول پ ۹ - خلاصه تجزیه و تحلیل آماری برای رطوبت در سنگ آهن

نوع سنگ معدن	کارخانه فولاد	شماره سری	تعداد نمونه‌های اولیه	تحلیل رگرسیون b_1	نمودار تغییرات $V_{exp}(t=1)$	
سنگ معدن درشت	A	1	60	-0.15 ^a	0.012	
	A	2	57	-0.36 ^a	0.012	
	A	3	47	-0.37 ^a	0.016	
	B	4	45	-0.27 ^a	0.022	
	B	5	46	-0.46 ^a	0.012	
	B	6	42	-0.47 ^a	0.011	
	C	13	48	-0.09 ^a	0.134	
	C	14	54	0	0.110	
	C	15	50	0	0.166	
	سنگ معدن ریز	A	7	57	0	0.023
		A	8	40	0	0.007
		A	9	33	-0.07 ^b	0.002
		B	10	45	-0.09 ^a	0.003
		B	11	50	-0.10 ^a	0.002
		B	12	56	-0.11 ^a	0.004
C		16	33	0	0.075	
C		17	48	0	0.017	
C		18	47	0	0.206	

^a همبستگی معنی‌دار قوی

^b همبستگی معنی‌دار

جدول پ ۱۰ - مقادیر نمودار تغییرات برای نمونه‌های اولیه S_1 تا S_6

S_6R^a	S_6	S_5	S_4	S_3R^a	S_3	S_2	S_1R^a	S_1	ردیف
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.011	0.254	0.012	0.022	0.016	0.032	0.012	0.012	0.020	1
0.019	0.0278	0.015	0.032	0.022	0.033	0.015	0.014	0.022	2
0.018	0.262	0.020	0.034	0.026	0.039	0.017	0.017	0.021	3
0.020	0.254	0.022	0.031	0.027	0.043	0.016	0.018	0.026	4
0.025	0.339	0.023	0.024	0.033	0.056	0.015	0.021	0.024	5
0.026	0.342	0.024	0.020	0.038	0.059	0.011	0.022	0.026	6
0.031	0.334	0.025	0.031	0.040	0.064	0.015	0.024	0.032	7
0.037	0.352	0.028	0.036	0.035	0.057	0.016	0.023	0.026	8
0.037	0.219	0.035	0.037	0.034	0.058	0.015	0.026	0.025	9
0.040	0.218	0.038	0.036	0.032	0.050	0.014	0.025	0.030	10
0.042	0.213	0.036	0.031	0.028	0.041	0.014	0.027	0.032	11
0.040	0.200	0.039	0.027	0.031	0.056	0.014	0.026	0.032	12
0.041	0.210	0.043	0.030	0.039	0.58	0.017	0.026	0.033	13
0.043	0.224	0.044	0.036	0.043	0.060	0.019	0.027	0.033	14
0.042	0.217	0.051	0.037	0.049	0.066	0.021	0.034	0.039	15
0.044	0.202	0.052	0.039	0.059	0.084	0.018	0.028	0.033	16
0.052	0.224	0.054	0.043	0.067	0.083	0.021	0.032	0.036	17
0.054	0.248	0.051	0.042	0.072	0.095	0.019	0.031	0.035	18

^a R بعد از سری داده‌ها به معنای "بدون داده پرت" است.

جدول پ ۱۱ - مقادیر نمودار تغییرات برای نمونه‌های اولیه S_7 تا S_{12}

S_{12}	S_{11}	S_{10}	S_9	S_8R^a	S_8	S_7R^a	S_7	ردیف
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.004	0.002	0.003	0.002	0.007	0.008	0.023	0.025	1
0.004	0.002	0.003	0.003	0.005	0.006	0.021	0.025	2
0.004	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.025	0.028	3
0.005	0.003	0.004	0.004	0.008	0.010	0.023	0.039	4
0.005	0.003	0.004	0.004	0.007	0.008	0.019	0.025	5
0.005	0.003	0.004	0.003	0.008	0.009	0.021	0.028	6
0.006	0.003	0.004	0.003	0.009	0.011	0.022	0.031	7
0.006	0.003	0.004	0.003	0.008	0.010	0.027	0.033	8
0.007	0.004	0.003	0.004	0.010	0.012	0.026	0.036	9
0.006	0.004	0.004	0.004	0.009	0.014	0.024	0.034	10
0.007	0.004	0.005	0.004	0.010	0.011	0.024	0.032	11
0.006	0.004	0.005	0.004	0.012	0.017	0.021	0.031	12
0.005	0.004	0.005	0.003	0.011	0.014	0.029	0.036	13
0.007	0.004	0.005	0.003	0.015	0.018	0.029	0.040	14
0.006	0.004	0.005	0.003	0.009	0.020	0.032	0.044	15
0.006	0.004	0.006	0.003	0.012	0.017	0.030	0.041	16
0.007	0.004	0.005	0.003	0.012	0.017	0.032	0.045	17
0.006	0.003	0.005	0.003	0.012	0.019	0.028	0.041	18

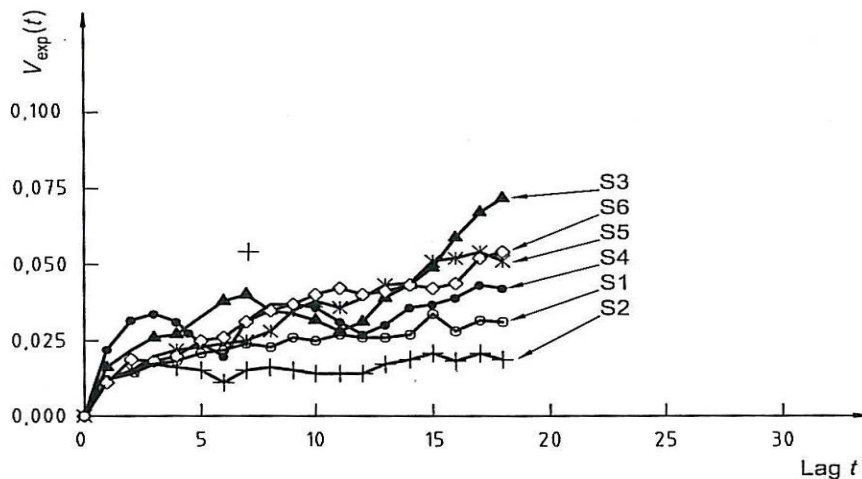
^a R بعد از سری داده‌ها به معنای "بدون داده پرت" است.

جدول پ ۱۲ - مقدار درصد رطوبت مواد معدنی برای نمونه‌های اولیه S_{13} تا S_{18}

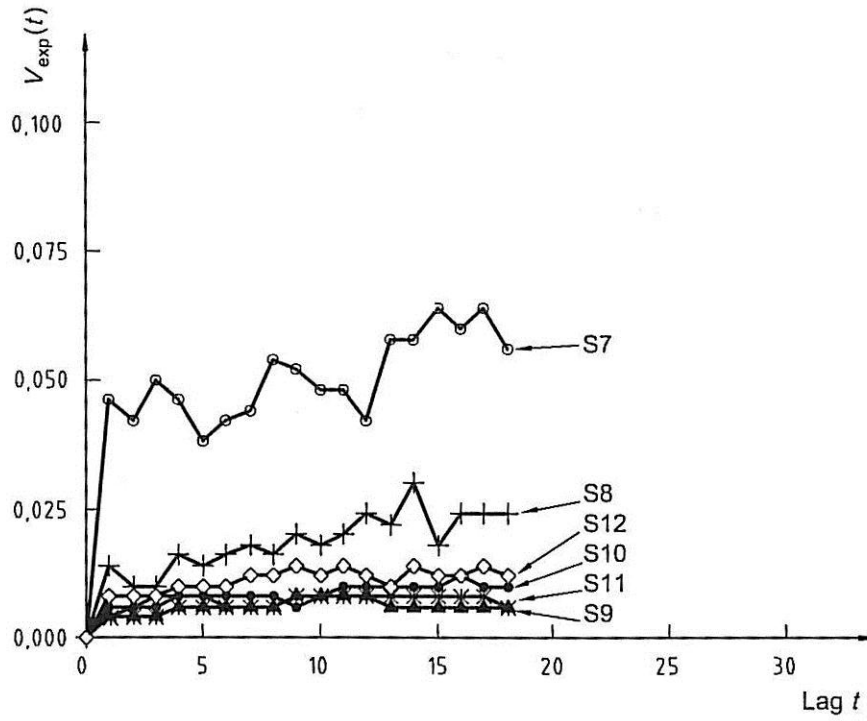
S_{18}	S_{17}	S_{16}	S_{15}	S_{14}	S_{13}	ردیف
6.442	5.080	5.293	3.532	3.432	3.299	1
6.184	4.897	5.363	2.885	2.585	3.451	2
5.157	5.040	5.406	3.270	3.226	2.833	3
5.036	4.949	5.368	3.051	3.049	2.708	4
5.435	4.912	5.417	2.404	2.880	3.646	5
4.995	5.125	5.837	2.595	2.964	3.231	6
5.008	4.986	5.083	2.603	2.424	2.205	7
5.230	5.074	5.002	2.320	2.403	2.763	8
6.290	5.032	5.415	2.413	2.331	3.294	9
4.942	5.016	5.467	2.570	2.402	2.423	10
4.716	5.054	5.126	2.421	2.602	2.671	11
5.014	5.024	5.262	2.792	2.517	3.506	12
5.188	4.894	5.038	2.658	2.757	3.417	13
5.064	4.938	5.326	2.383	2.453	4.022	14
4.968	5.008	5.091	2.375	2.669	2.239	15
5.006	5.023	5.005	2.566	2.598	2.070	16
4.980	4.949	4.938	2.886	2.728	2.571	17
5.057	4.923	4.942	2.919	2.440	2.520	18
4.646	4.993	4.949	3.565	2.862	2.432	19
5.205	5.235	4.894	3.484	3.018	2.707	20
5.038	5.132	4.949	3.765	2.686	2.221	21
5.031	5.099	5.008	2.500	2.777	2.166	22
5.007	4.995	4.963	4.177	2.339	2.710	23
5.407	5.197	5.333	3.139	2.294	2.777	24
5.868	5.170	4.928	3.800	2.401	2.306	25
5.313	4.736	5.253	3.840	2.882	2.344	26
5.093	4.978	5.747	2.411	2.762	2.112	27
5.723	5.078	5.064	2.452	2.654	1.735	28
6.378	5.063	5.205	3.273	2.474	1.772	29
5.163	5.018	5.121	3.588	2.640	2.004	30
6.00	5.055	5.181	2.642	2.562	2.821	31
4.688	4.889	6.296	3.481	2.926	2.780	32
4.900	4.997	5.239	3.578	3.177	2.889	33
5.403	5.152	-	2.898	3.028	2.746	34
5.416	4.942	-	3.444	2.519	2.725	35
5.430	5.270	-	2.906	3.405	3.493	36
6.753	3.949	-	-2.550	2.462	2.813	37
5.932	4.983	-	2.749	2.483	2.315	38
5.426	5.377	-	2.435	4.468	2.614	39
5.134	5.528	-	2.389	3.370	2.163	40
6.154	5.515	-	2.703	2.726	2.151	41
5.351	5.027	-	2.963	2.814	2.326	42
6.138	4.907	-	2.542	2.847	2.626	43
5.093	4.946	-	3.455	2.261	2.438	44
6.058	5.015	-	3.195	2.516	2.452	45
5.094	5.257	+	3.331	2.842	2.955	46
5.086	4.820	-	3.959	2.788	2.381	47
-	5.014	-	3.038	2.721	2.380	48
-	-	-	3.020	3.17	-	49
-	-	-	3.251	2.506	-	50
-	-	-	-	2.989	-	51
-	-	-	-	2.868	-	52
-	-	-	-	3.069	-	53
-	-	-	-	2.753	-	54

جدول پ ۱۳ - مقادیر نمودار تغییرات برای نمونه‌های اولیه S_{13} تا S_{18}

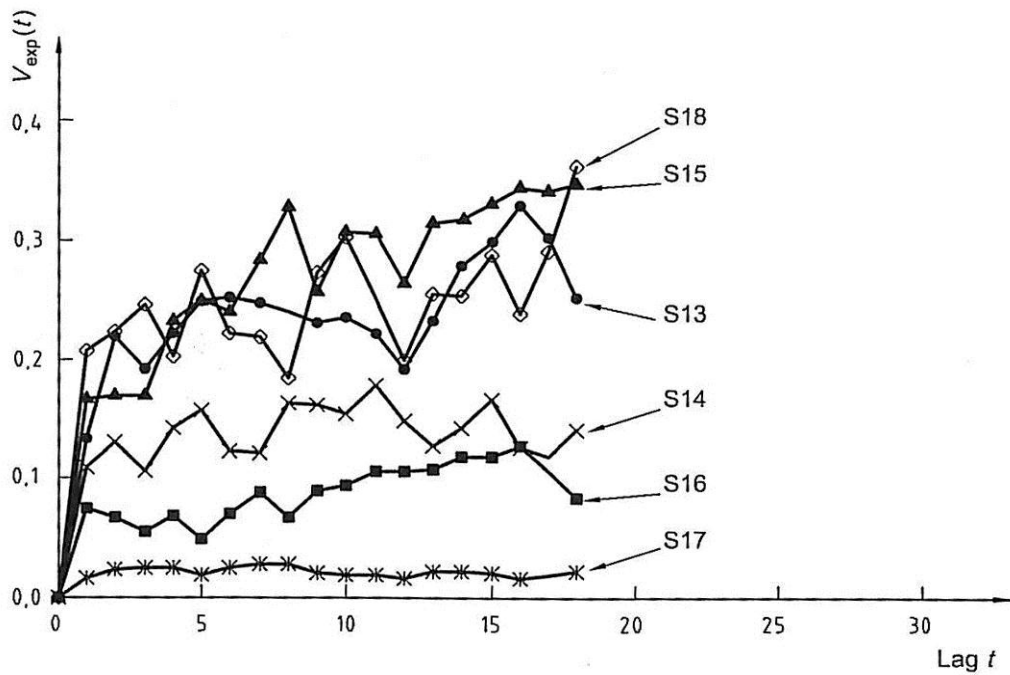
S_{18}	S_{17}	S_{16}	S_{15}	S_{14}	S_{13}	ردیف
0.206	0.017	0.075	0.166	0.110	0.134	1
0.223	0.024	0.067	0.169	0.131	0.218	2
0.246	0.026	0.055	0.169	0.107	0.192	3
0.202	0.025	0.069	.232	0.143	0.222	4
0.274	0.019	0.049	0.250	0.158	0.248	5
0.222	0.026	0.071	0.240	0.123	0.252	6
0.219	0.029	0.088	0.283	0.122	0.247	7
0.184	0.028	0.067	0.328	0.164	0.239	8
0.272	0.021	0.090	0.256	0.162	0.230	9
0.302	0.019	0.094	0.307	0.155	0.235	10
0.250	0.020	0.107	0.306	0.178	0.222	11
0.199	0.017	0.107	0.263	0.148	0.192	12
0.255	0.023	0.108	0.315	0.128	0.232	13
0.253	0.023	0.119	0.318	0.143	0.278	14
0.288	0.21	0.118	0.331	0.166	0.298	15
0.238	0.016	0.127	0.345	0.126	0.330	16
0.290	0.019	0.106	0.341	0.119	0.302	17
0.362	0.022	0.084	0.347	0.141	0.252	18



شکل پ ۱۵ - نمودار تغییرات برای نمونه‌های اولیه S_1 تا S_6



شکل پ ۱۶ - نمودار تغییرات برای نمونه‌های اولیه S_7 تا S_{12}



شکل پ ۱۷ - نمودار تغییرات برای نمونه‌های اولیه S_{13} تا S_{18}

پ-۶ توزیع اندازه و مقدار رطوبت در سنگ معدن آهن

در پ-۵ در اکثر موارد با افزایش شماره نمونه اولیه سنگ آهن به ویژه با کاهش های شدید در سنگ آهن های درشت کاهش رطوبت مشاهده می شود. به منظور درک علت این روند، اطلاعات نمونه های اولیه زوجی مرتبط با مقدار رطوبت و توزیع اندازه، از شش کشتی بارگیری شده با سنگ آهن درشت، از انواع مشابه جمع آوری شده اند.

در این بررسی، نمونه های اولیه در نصف فاصله معمول، توسط نمونه گیری نظام مند براساس جرم، دریافت شده اند. نمونه های اولیه با شماره فرد برای تعیین مقدار رطوبت استفاده می شود، در حالی که نمونه های اولیه با شماره زوج برای تعیین توزیع اندازه به کار می روند. اطلاعات به دست آمده در جدول پ ۱۴ قابل مشاهده هستند. در اینجا w_m مقدار رطوبت به صورت درصدی از جرم بیان می شود و w_{sf} توزیع اندازه (کسری از سنگ معدن آهن همراه با اندازه ذرات کوچکتر از ۶ mm) مشخص می کند.

نتایج به دست آمده از رگرسیون مقدار رطوبت و توزیع اندازه بر روی شماره نمونه اولیه و نیز نتایج رگرسیون مقدار رطوبت بر روی توزیع اندازه تجزیه و تحلیل می شوند. توزیع اندازه به صورت کسری از سنگ معدن آهن همراه با اندازه های ذرات زیر ۶ بیان می شود. نتایج تجزیه و تحلیل آماری بر این مجموعه در جدول پ ۱۵ خلاصه شده است. مقادیر نمودار تغییرات همانطور که در جدول پ ۱۶ و پ ۱۷ نشان داده شده است، برای مقدار رطوبت و توزیع اندازه محاسبه شده اند. نمودار تغییرات مقدار رطوبت و توزیع اندازه به ترتیب در شکل های پ ۱۸ و پ ۱۹ نشان داده شده است.

جدول پ ۱۴ - درصد مقدار رطوبت و درصد توزیع اندازه درصد کسر کوچکتر از ۶mm برای نمونه‌های اولیه S₁₉ تا S₂₄

S ₂₄		S ₂₃		S ₂₂		S ₂₁		S ₂₀		S ₁₉		ردیف
w _{sf}	w _m	w _{sf}	w _m	w _{sf}	w _m	w _{sf}	w _m	w _{sf}	w _m	w _{sf}	w _m	
9.85	2.74	21.843	2.430	18.235	2.586	2.863	11.965	2.863	3.123	12.606	2.573	1
11.30	2.76	25.294	1.936	13.347	2.521	2.704	12.244	2.704	3.040	14.046	2.532	2
10.72	2.88	11.674	2.384	15.169	2.723	2.610	11.173	2.610	2.870	12.500	2.394	3
15.90	2.99	9.973	2.152	13.773	5.517	2.681	12.796	2.681	2.914	9.597	2.679	4
12.06	2.76	7.455	2.466	12.361	2.377	2.604	10.887	2.604	3.188	6.315	2.567	5
11.59	2.81	8.806	2.444	18.433	2.588	2.497	6.934	2.497	2.871	7.331	2.174	6
16.03	2.80	8.707	2.443	13.191	2.491	2.581	8.928	2.581	2.934	6.681	2.421	7
13.87	2.95	6.117	2.307	14.143	2.365	2.570	9.090	2.570	2.515	10.728	2.350	8
15.18	2.94	18.449	2.294	12.828	2.398	2.776	10.114	2.776	2.705	8.823	2.381	9
13.32	3.02	6.020	2.558	6.692	2.651	2.739	11.567	2.739	2.755	9.146	2.557	10
14.45	3.01	13.192	1.965	18.534	2.403	2.548	6.933	2.548	2.975	10.697	2.373	11
15.34	2.77	22.743	2.247	15.957	2.525	2.638	8.146	2.638	2.921	12.078	2.417	12
12.33	2.72	7.853	1.813	14.470	2.502	2.622	14.598	2.622	2.918	11.397	2.449	13
13.52	3.33	6.084	2.002	6.231	2.230	2.613	6.470	2.613	2.730	8.872	2.528	14
12.03	2.80	10.810	2.107	11.548	2.262	2.437	4.910	2.437	3.631	10.272	2.394	15
13.27	2.60	9.023	2.116	10.516	2.588	2.471	3.448	2.471	2.798	8.085	2.297	16
7.67	2.64	17.758	2.071	7.536	2.469	2.851	9.819	2.851	2.841	10.119	2.306	17
11.97	2.60	10.424	1.989	14.114	2.348	2.544	7.784	2.544	2.812	4.680	2.447	18
9.00	2.55	5.741	1.913	5.090	2.332	2.564	10.204	2.564	2.639	5.128	2.379	19
10.43	2.57	6.862	2.062	10.762	2.165	2.656	9.202	2.656	2.495	10.714	2.316	20
10.67	2.51	6.854	2.155	4.815	2.232	2.589	6.115	2.589	2.646	11.974	2.242	21
8.88	2.58	6.034	2.141	9.333	2.237	2.670	7.391	2.670	2.447	6.896	2.310	22
8.39	2.53	9.795	2.378	16.949	2.046	0.566	5.042	2.566	2.484	7.162	2.378	23
7.62	2.49	4.954	2.432	8.385	2.548	2.506	8.043	2.506	2.528	5.023	2.331	24
6.95	2.61	6.637	1.901	7.575	2.340	2.610	8.695	2.610	2.874	5.544	2.342	25
17.97	2.60	7.848	1.939	4.469	2.722	2.765	16.560	2.765	2.542	4.516	2.641	26
9.09	2.63	8.787	1.826	7.079	2.326	2.441	11.326	2.441	2.504	4.871	2.394	27
6.56	2.76	7.692	1.809	3.562	2.290	2.397	5.389	2.397	2.603	3.614	2.438	28
7.78	2.72	6.591	1.729	12.121	2.313	2.931	2.764	2.931	2.935	7.908	2.395	29
6.74	2.52	8.158	1.680	15.300	2.588	2.896	4.304	2.896	2.109	7.808	2.330	30
5.49	2.50	5.384	2.156	13.533	2.459	3.871	6.578	3.871	2.412	3.719	2.392	31
5.10	2.32	12.703	1.947	7.077	2.674	2.823	3.484	2.823	2.426	5.291	2.174	32
9.63	2.46	6.230	1.648	7.155	2.547	3.432	2.380	3.432	2.398	3.977	2.386	33
6.68	2.43	5.276	1.386	14.742	2.517	2.611	6.578	2.611	2.365	6.788	2.180	34
7.37	2.35	19.458	1.895	7.730	2.556	3.498	0.800	3.498	2.559	2.912	2.276	35
7.16	2.46	7.950	1.788	6.796	2.403	3.245	2.222	3.245	2.697	2.836	2.179	36
6.86	2.59	4.359	1.699	-	-	3.588	2.727	3.588	2.711	2.811	2.398	37
9.42	2.21	4.249	1.695	-	-	4.574	11.818	4.574	2.591	4.699	2.339	38
8.45	2.30	5.357	1.913	-	-	2.917	16.772	2.917	2.734	3.676	2.507	39
5.79	2.27	7.762	2.249	-	-	2.540	1.785	2.540	2.351	6.527	2.281	40
4.99	2.45	7.829	2.101	-	-	2.598	2.659	2.598	2.551	4.407	2.144	41
6.47	2.37	5.555	1.813	-	-	2.174	3.278	2.174	2.397	2.739	2.190	42
6.26	2.12	-	-	-	-	2.502	9.696	2.502	2.269	4.000	1.999	43
9.42	2.17	-	-	-	-	2.539	7.446	2.539	2.510	2.447	2.201	44
7.49	2.16	-	-	-	-	2.334	6.341	2.334	2.409	6.229	2.265	45
8.62	1.98	-	-	-	-	2.378	6.748	2.378	-	10.666	2.203	46
-	-	-	-	-	-	2.640	5.056	2.640	-	3.902	1.984	47
-	-	-	-	-	-	2.849	3.401	2.849	-	4.332	2.239	48
-	-	-	-	-	-	2.533	4.511	2.533	-	11.337	2.429	49
-	-	-	-	-	-	2.475	4.761	2.475	-	13.151	2.280	50
-	-	-	-	-	-	2.441	1.785	2.441	-	4.310	1.977	51
-	-	-	-	-	-	3.120	0.626	3.120	-	3.954	2.141	52
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.051	2.012	53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.564	2.569	54

جدول پ ۱۵ - خلاصه‌ای از تجزیه و تحلیل آماری برای نمونه‌های اولیه S₁₉ تا S₂₄

$V_{exp}(t = 1)$		رگرسیون			نقطه پرت		تعداد نمونه	شماره
w_{Sf}	w_m	$w_{Sf} - w_m$	$w_{Sf} - i$	$w_m - i$	w_{Sf}	w_m	اولیه	سری
4.622	0.016	$+^b$	$-^a$	$-^a$	0	0	54	S ₁₉
7.142	0.034	0	$-^b$	$-^a$	0	1	45	S ₂₀
8.273	0.096	0	$-^a$	0	0	1	52	S ₂₁
14.289	0.020	0	$-^a$	0	0	0	36	S ₂₂
19.242	0.033	0	$-^a$	$-^a$	1	0	42	S ₂₃

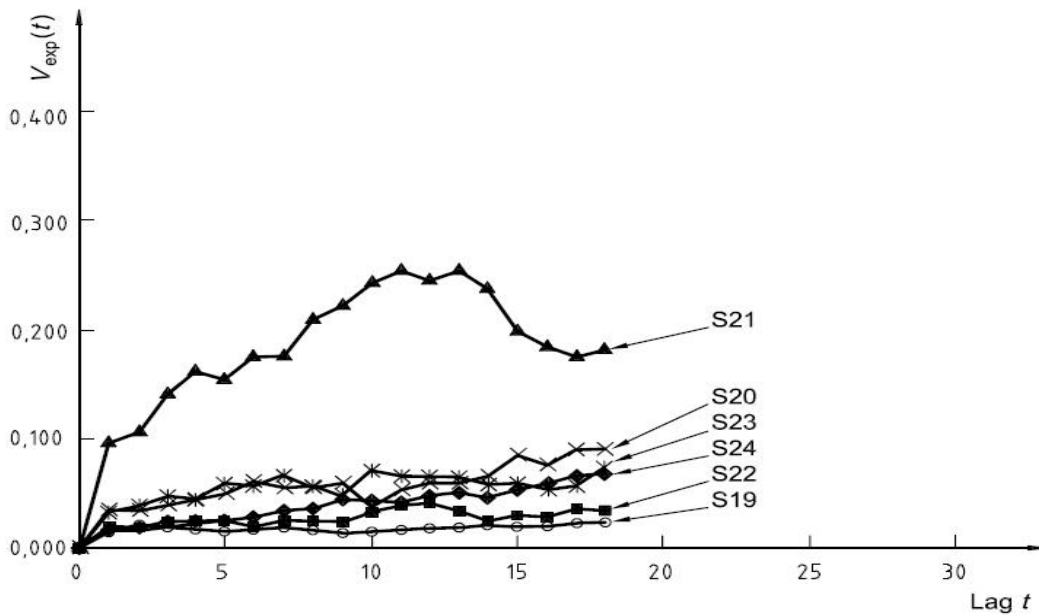
w_m : کسر جرمی رطوبت بر حسب درصد
 w_{Sf} : کسر سنگ معدن آهن با اندازه‌های ذرات زیر ۶mm
 i : شماره نمونه اولیه
^a : همبستگی بسیار معنی‌دار
^b : همبستگی معنی‌دار

جدول پ ۱۶ - مقادیر نمودار تغییرات مقدار رطوبت برای نمونه‌های اولیه S₁₉ تا S₂₄

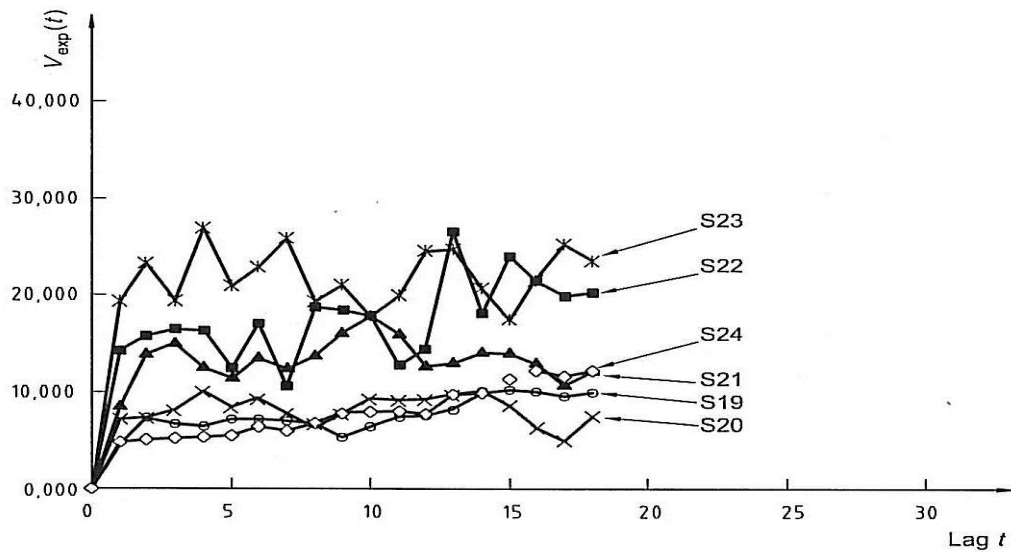
S ₂₄	S ₂₃	S ₂₂	S ₂₁	S ₂₀	S ₁₉	ردیف
0	0	0	0	0	0	0
0.015	0.033	0.020	0.096	0.034	0.016	1
0.021	0.038	0.020	0.105	0.034	0.017	2
0.020	0.048	0.024	0.142	0.040	0.019	3
0.022	0.044	0.025	0.162	0.044	0.016	4
0.026	0.049	0.026	0.0155	0.060	0.015	5
0.028	0.061	0.020	0.175	0.056	0.016	6
0.034	0.055	0.025	0.175	0.067	0.019	7
0.035	0.056	0.025	0.210	0.055	0.017	8
0.045	0.048	0.026	0.221	0.059	0.014	9
0.043	0.071	0.033	0.243	0.037	0.015	10
0.041	0.065	0.038	0.254	0.054	0.016	11
0.048	0.066	0.041	0.245	0.059	0.018	12
0.051	0.066	0.034	0.254	0.059	0.048	13
0.046	0.058	0.025	0.238	0.065	0.021	14
0.054	0.059	0.030	0.200	0.085	0.019	15
0.060	0.054	0.028	0.185	0.076	0.020	16
0.065	0.057	0.036	0.175	0.089	0.022	17
0.069	0.075	0.034	0.182	0.091	0.024	18

جدول پ ۱۷ - مقادیر نمودار تغییرات توزیع اندازه برای نمونه‌های اولیه S_{19} تا S_{24}

S_{24}	S_{23}	S_{22}	S_{21}	S_{20}	S_{19}	ردیف
0	0	0	0	0	0	0
4.762	19.242	14.289	8.273	7.172	4.622	1
4.980	23.312	15.689	13.739	7.257	7.297	2
5.167	19.360	16.430	15.001	8.041	6.693	3
5.376	26.790	16.357	12.404	10.029	6.414	4
5.538	20.857	12.479	11.341	8.421	7.178	5
6.375	22.840	17.028	13.438	9.407	7.091	6
5.863	25.784	10.500	12.358	7.722	6.940	7
6.733	19.213	18.821	13.612	6.227	6.726	8
7.806	21.019	18.471	16.007	7.545	5.264	9
7.881	17.724	17.994	17.775	9.316	6.394	10
7.996	19.784	12.758	16.070	8.996	7.342	11
7.706	24.406	14.314	12.561	9.156	7.345	12
9.732	24.739	26.553	12.954	9.73.6	8.150	13
9.973	20.668	18.035	14.041	10.081	9.781	14
11.249	17.418	24.037	13.968	8.542	10.185	15
12.257	21.631	21.422	12.958	6.340	10.100	16
11.569	25.140	19.795	10.605	4.824	9.494	17
12.213	23.557	20.286	12.154	7.389	9.945	18



شکل پ ۱۸ - نمودار تغییرات مقدار رطوبت برای نمونه‌های اولیه S_{19} تا S_{24}



شکل پ ۱۹ - نمودار تغییرات توزیع اندازه برای نمونه‌های اولیه S₁₉ تا S₂₄

پ-۷ روندها در سنگ معدن آهن

پ-۷-۱ جمع‌آوری داده‌ها

برای سنگ معدن آهن، تغییرات کیفی درون دسته‌ها با برداشتن دو نمونه اولیه از هر دسته به صورت دوره‌ای توسط نمونه‌گیری نظام‌مند براساس جرم مطابق استاندارد ISO 3084 بررسی می‌شود. (به بند [۱۶] از کتابنامه مراجعه شود). روش بررسی همانطور که در بند ۳-۷ شرح داده شده است، یک نمونه‌گیری نفوذی می‌باشد. تغییرات کیفیت در انواع یکسان سنگ معدن آهن که مطابق بررسی موجود در بیش از یک دهه اخیر به دست آمده است، در بند پ-۵ و بند پ-۶ جمع‌آوری و خلاصه شده‌اند. شکل داده‌های اصلی در جدول ۳-۷ قابل مشاهده می‌باشند و برای سهولت در جدول پ ۱۸ تکرار شده‌اند. اطلاعات جمع‌آوری شده برای سنگ آهن‌های درشت و ریز در جدول پ ۱۹ خلاصه شده است.

جدول پ ۱۸ - مثالی از نمونه‌گیری نفوذی

مقدار کل آهن				
ردیف	A	B	میانگین	دامنه
1	65.37	64.36	64.865	1.01
2	64.82	64.82	64.82	0
3	64.81	65.10	64.955	0.29
4	64.96	65.06	65.01	0.10
5	65.23	65.20	65.215	0.3
6	65.34	65.22	65.28	0.12
7	65.54	65.80	65.67	0.26
8	65.41	65.37	65.375	0.07
9	65.16	65.22	65.19	0.06
10	65.34	65.69	65.515	0.35
			میانگین	0.23
			σ_{wst}	0.35
مقدار کل آهن: روش: $3 \times 2 \times 10$ کارخانه فولادسازی: G تاریخ: وزن: ۹۷۱۰۱ تن				

پ-۷-۲ توزیع اندازه

به جز برای L04 که در آن کسر سنگ آهن به جای اینکه طبق معمول با اندازه ذرات زیر ۶mm تعیین شود با اندازه ذرات زیر ۸ mm تعیین می‌شود، L08 که در آن تعیین اندازه موجود لحاظ نشده است و L10 که ۱۲ قسمت می‌باشد، سایر مجموعه‌های سنگ آهن درشت در جدول پ ۱۹ شامل الگوی یکسانی از آزمون‌ها برای کسر اندازه‌های ذرات ریز ۶ mm می‌باشند که ۱۰ قسمت را در بردارند و هر کدام شامل ۲ نمونه‌گیری مرکب می‌باشند، صرف نظر از این واقعیت که هر نمونه مرکب x_{BC} را می‌توان توسط معادله زیر بیان کرد.

$$x_{BC} = \mu + f_{BV} + f_{BP} + f_{BC} \quad (\text{پ} - ۱۰)$$

که در آن:

μ : میانگین جامعه؛

f_{BV} : تغییرات بین کشتی‌ها؛

f_{BP} : تغییرات بین قسمت‌های موجود در کشتی؛

f_{BC} : تغییرات بین نمونه‌های مرکب با یک قسمت است.

جدول پ ۱۹ - خلاصه بررسی تغییرات کیفیت

مشخصات مورد مطالعه	فواصل	روش به کار رفته	جرم بهر	شماره بهر
$W_{sf}W_{Fe}$	1 740	$2 \times 2 \times 10 = 40$	69 597	L01
$W_{sf}W_{Fe}$	741	$5 \times 2 \times 10 = 100$	74 141	L02
$W_{sf}W_{Fe}$	777	$2 \times 2 \times 10 = 100$	77 749	L03
$W_{sf}W_{Fe}$	1 014	$3 \times 2 \times 10 = 60$	60 820	L04
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	2 410	$3 \times 2 \times 10 = 60$	144 583	L05
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	1 695	$4 \times 2 \times 10 = 80$	135 626	L06
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	1 565	$3 \times 2 \times 10 = 60$	93 884	L07
W_{Fe}	1 306	$3 \times 2 \times 10 = 60$	78 334	L08
$W_{sf}W_{Fe}$	1 618	$3 \times 2 \times 10 = 60$	97 101	L09
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	526	$4 \times 2 \times 2 = 96$	50 532	L10
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	1 852	$3 \times 2 \times 10 = 60$	111132	L11
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	909	$5 \times 2 \times 10 = 100$	90892	L12
W_{Fe}	2 485	$3 \times 2 \times 10 = 60$	149081	F01
$W_{sf}W_mW_{Fe}W_{Si}W_{Al}$	1 372	$4 \times 2 \times 10 = 80$	109759	F02
$W_{sf}W_{Fe}$	1 112	$2 \times 2 \times 10 = 40$	44467	F03
W_{Fe}	929	$3 \times 2 \times 10 = 60$	55725	F04
$W_{sf}W_mW_{Fe}W_{Si}W_{Al}$	1 501	$4 \times 2 \times 10 = 80$	120073	F05
W_{Fe}	1 718	$3 \times 2 \times 10 = 60$	103051	f06
W_mW_{Fe}	1 667	$2 \times 2 \times 10 = 40$	66691	f07
W_{Fe}	1 733	$3 \times 2 \times 10 = 60$	103956	F08
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	1 707	$3 \times 2 \times 10 = 60$	102398	F09
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	755	$4 \times 2 \times 10 = 80$	60418	f10
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	342	$4 \times 2 \times 11 = 88$	30130	f11
$W_{sf}W_mW_{Fe}$	655	$2 \times 2 \times 12 = 48$	31446	F12

L: شناسه نمونه‌های سنگ‌های درشتی که پس از آن شماره بهر می‌آید.
 F: شناسه نمونه‌های سنگ آهن‌های ریز که پس از آن شماره بهر می‌آید.
 W_{sf} : توزیع اندازه (درصد کسر) ذرات بزرگتر از ۶ mm برای سنگ آهن‌های درشت و کوچکتر از ۶ میلی متر برای سنگ آهن‌های ریز
 W_m : کسر جرم که به صورت درصدی (%) از رطوبت بیان می‌شود.
 W_{fe} : کسر جرم که به صورت درصدی (%) از کل مقدار آهن بیان می‌شود.
 W_{Si} : کسر جرم که به صورت درصدی (%) از سیلیس (SiO_2) بیان می‌شود.
 W_{Al} : کسر جرم که به صورت درصدی (%) از اکسید آلومینیوم Al_2O_3 بیان می‌شود.

در این مورد، تعداد کشتی‌ها ۹ عدد، تعداد قسمت‌ها ۱۰ و تعداد نمونه‌های مرکب ۲ می‌باشد. آنالیز واریانس (ANOVA) در جدول پ ۲۰ نشان داده است.

جدول پ ۲۰ - ANOVA مربوط به بررسی داده‌های تغییرات کیفیت

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
کشتی	S_{BV}	$v - 1$	S_{BV}/f_{BV}	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2 + 20\sigma_{BV}^2$
قسمت‌ها	S_{BP}	$v(p - 1)$	S_{BP}/f_{BP}	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2$
نمونه‌های مرکب	S_{BC}	$vp(c - 1)$	S_{BC}/f_{BC}	σ_{BC}^2
مجموع	S_t	$vpc - 1$		

جدول پ ۲۱ با جایگزینی مقادیر عددی به دست آمده است.

جدول پ ۲۱ - ANOVA توزیع اندازه سنگ آهن‌های درشت

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
کشتی	572,14	8	71,52	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2 + 20\sigma_{BV}^2$
قسمت‌ها	1298,5	81	15,92	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2$
نمونه‌های مرکب	153,82	90	1,71	σ_{BC}^2
مجموع	2015,55	179		

با برابری معادلات در ستون میانگین مربعات مورد انتظار نسبت به واریانس‌های مشاهده شده، به ترتیب؛

$$\hat{\sigma}_B^2 + 2\hat{\sigma}_{BP}^2 + \hat{\sigma}_{BV}^2 = 71.52$$

$$\hat{\sigma}_B^2 + 2\hat{\sigma}_{BP}^2 = 15.92$$

$$\hat{\sigma}_{BC}^2 = 1.71$$

بنابراین مقادیر زیر به دست می‌آیند:

$$\hat{\sigma}_{BC}^2 = 1.71$$

$$\hat{\sigma}_{BP}^2 = 7.11$$

$$\hat{\sigma}_{BV}^2 = 2.78$$

ملاحظه می‌شود که اختلاف بین قسمت‌های موجود در کشتی بزرگترین مؤلفه واریانس است.

نتایج ANOVA انجام شده روی داده‌های سنگ آهن‌های ریز از پنج کشتی شامل f02, f03, f05, f09, f10 و در جدول پ ۲۲ قابل مشاهده هستند.

جدول پ ۲۲ - ANOVA برای توزیع اندازه سنگ‌های آهن‌های ریز(خاکه)

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
کشتی	462.65	4	115.66	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2 + 20\sigma_{BV}^2$
قسمت‌ها	142.83	45	3.17	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2$
نمونه‌های مرکب	52.59	50	1.05	σ_{BC}^2
مجموع	658.07	99		

مؤلفه‌های واریانس به صورت زیر برآورد می‌شوند:

$$\hat{\sigma}_{BC}^2 = 1.05$$

$$\hat{\sigma}_{BP}^2 = 1.06$$

$$\hat{\sigma}_{BV}^2 = 5.92$$

مؤلفه واریانس بین کشتی‌ها، بزرگترین مؤلفه است.

رگرسیون توزیع اندازه بر روی نسبت تخلیه برای هر کشتی محاسبه می‌شود. نسبت تخلیه به عنوان نسبت تعداد قسمت‌ها بیان می‌شود که نسبت یک قسمت مجزا به کل قسمت‌ها است. با فرض اینکه مجموع قسمت‌ها برابر با ۱ باشد، شیب رگرسیون، تفاوت بین درصد کسر در آغاز تخلیه و در پایان تخلیه را نشان می‌دهد. شیب رگرسیون توزیع اندازه در جدول پ ۲۳ نشان داده شده است. در جدول پ ۲۳، واریانس‌های $\hat{\sigma}_{BP}^2$ و $\hat{\sigma}_{BC}^2$ حاصل از ANOVA برای هر کشتی نشان داده شده است.

جدول پ ۲۳ - شیب رگرسیون برای توزیع اندازه

شماره بهر	شیب	$\hat{\sigma}_{BC}^2$	$\hat{\sigma}_{BP}^2$
L ₀₁	-11.895 ^a	3.122	13.19
L ₀₂	-7.058 ^a	1.936	4.57
L ₀₃	-4.150 ^a	0.717	2.30
L ₀₅	-11.468 ^a	1.996	12.29
L ₀₆	-6.684 ^a	0.742	5.00
L ₀₇	-9.373 ^a	2.205	8.88
L ₀₉	-6.371 ^a	2.878	8.54
L ₁₀	-9.924 ^a	0.879	9.83
L ₁₁	-7.098 ^a	0.547	4.63
L ₁₂	-5.318 ^a	1.239	4.56
f ₀₂	+1.71 ^a	0.437	0.159
f ₀₃	+2.69	0.599	3.314
f ₀₅	+1.14	0.647	0.428
f ₀₉	-0.06	2.494	0.992
f ₁₀	-1.86 ^b	1.082	0.413
f ₁₁	+1.55	1.911	0.250
f ₁₂	+1.85 ^a	0.271	0.551

a: همبستگی معنی دار زیاد
b: همبستگی معنی دار

پ-۷-۳ رطوبت

نتایج ANOVA انجام شده بر داده‌های رطوبت سنگ آهن‌های درشت شامل L11, L07, L06, L05 و L12 در جدول پ ۲۴ نشان داده شده است.

جدول پ ۲۴ - ANOVA مربوط به رطوبت سنگ آهن‌های درشت

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
کشتی	0.44	4	0.11	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2 + 20\sigma_{BV}^2$
قسمت‌ها	5.91	45	0.013	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2$
نمونه‌های مرکب	1.20	50	0.02	σ_{BC}^2
مجموع	7.55	99		

با برابری معادلات در ستون میانگین مربعات مورد انتظار با واریانس‌های مشاهده شده، مؤلفه‌های واریانس به شرح زیر برآورد می‌شوند:

$$\sigma_{BC}^2 = 0.02$$

$$\sigma_{BP}^2 = 0.055$$

$$\sigma_{BV}^2 = 0$$

اختلاف بین قسمت‌ها در یک کشتی بزرگترین مؤلفه واریانس می‌باشد.

نتایج ANOVA در مورد رطوبت سنگ آهن‌های ریز (خاکه) شامل: F02, F05, F07 و F10 در جدول پ ۲۵ قابل مشاهده هستند.

جدول پ ۲۵ - ANOVA مربوط به رطوبت سنگ آهن‌های ریز (خاکه)

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
کشتی	3.43	4	0.86	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2 + 20\sigma_{BV}^2$
قسمت‌ها	0.66	45	0.01	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2$
نمونه‌های مرکب	0.34	50	0.01	σ_{BC}^2
مجموع	4.4	99		

مؤلفه‌های واریانس به شرح زیر برآورد می‌شوند:

$$\hat{\sigma}_{BC}^2 = 1.01$$

$$\hat{\sigma}_{BP}^2 = 0$$

$$\hat{\sigma}_{BV}^2 = 0.04$$

اختلاف بین کشتی‌ها بزرگترین مؤلفه واریانس می‌باشد.

شیب رگرسیون رطوبت $\hat{\sigma}_{BC}^2$ و $\hat{\sigma}_{BV}^2$ در جدول پ ۲۶ نشان داده شده است.

جدول پ ۲۶ - شیب رگرسیون مربوط به رطوبت

$\hat{\sigma}_{BP}^2$	$\hat{\sigma}_{BC}^2$	شیب	شماره بهر
0.019	0.074	+0.061	L_{05}
0.012	0.004	-0.181	L_{06}
0.050	0.007	-0.455 ^a	L_{07}
0.011	0.006	+0.032	L_{10}
0.0104	0.032	+0.731 ^a	L_{11}
0.084	0.003	-0.915 ^a	L_{12}
0.006	0.004	+0.022	f_{02}
0	0.006	+0.076	f_{05}
0.017	0.011	-0.336 ^a	f_{07}
0	0.004	+0.030	f_{09}
0	0.009	+0.011	f_{10}
0.278	0.025	+0.110	f_{11}
0.010	0.003	-0.287 ^a	f_{12}

^a: ارتباط معنی دار زیاد

پ-۷-۴ مقدار آهن کل

نتایج ANOVA برای مقدار آهن از ۱۰ کشتی از سنگ آهن‌های درشت به استثنای L04 (که به عنوان نوع متفاوتی از سنگ معدن به‌شمار می‌رود) و L10 (تعداد متفاوت قسمت‌ها) در جدول پ ۲۷ قابل مشاهده می‌باشند.

جدول پ ۲۷ - ANOVA مربوط به مقدار آهن کل از سنگ آهن‌های درشت

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
کشتی	21,98	9	2,44	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2 + 20\sigma_{BV}^2$
قسمت‌ها	9,89	90	0,11	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2$
نمونه‌های مرکب	8,43	100	0,08	σ_{BC}^2
مجموع	40,30	99		

برآورد مؤلفه‌های واریانس عبارت هستند از:

$$\hat{\sigma}_{BC}^2 = 0.08$$

$$\hat{\sigma}_{BP}^2 = 0.015$$

$$\hat{\sigma}_{BV}^2 = 0.1165$$

اختلاف بین کشتی‌ها، بزرگترین مؤلفه واریانس است.

نتایج ANOVA انجام شده روی مقدار آهن ۱۰ کشتی از سنگ آهن‌های ریز، به استثنای f11, f12 (هر دو دارای تعداد متفاوتی قسمت) در جدول پ ۲۸ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول پ ۲۸ - ANOVA انجام شده روی آهن کل سنگ آهن‌های ریز(خاکه)

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات مورد انتظار
کشتی	25.20	9	2,80	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2 + 20\sigma_{BV}^2$
قسمت‌ها	5,71	90	0.06	$\sigma_{BC}^2 + 2\sigma_{BP}^2$
نمونه‌های مرکب	2,70	100	0.03	σ_{BC}^2
مجموع	33,61	199		

برآورد مؤلفه‌های واریانس عبارت هستند از:

$$\hat{\sigma}_{BC}^2 = 0.03$$

$$\hat{\sigma}_{BP}^2 = 0.015$$

$$\hat{\sigma}_{BV}^2 = 0.137$$

اختلاف بین کشتی‌ها، بزرگترین مؤلفه واریانس است.

شیب رگرسیون مقدار آهن کل در جدول پ ۲۹ قابل مشاهده می‌باشد. داده‌های L07 و L11 هر دو از کارخانه فولادسازی D به دست آمده‌اند و رگرسیون منفی را نشان می‌دهند. معمولاً برای تخلیه سریع سنگ آهن، بولدوزرها از آخرین سکوی تخلیه کشتی، بارگیری می‌کنند.

گمان می‌رود که اگر کارخانه D در مرحله اولیه تخلیه، از بولدوزر استفاده کند آن‌گاه ذرات کوچکتر جدا شده در قسمت بالایی تل سنگ معدن آهن در مخزن کشتی در هنگام بارگیری با باقیمانده تل سنگ معدن، مخلوط می‌شود.

جدول پ ۲۹ - شیب رگرسیون مقدار آهن کل

$\hat{\sigma}_{BP}^2$	$\hat{\sigma}_{BC}^2$	شیب	شماره بهر
0.004	0.116	+0.455	L_{01}
0.042	0.040	-0.658 ^a	L_{02}
0.044	0.073	+0.344	L_{03}
0.083	0.005	+0.868 ^a	L_{04}
0	0.289	+0.573	L_{05}
0.002	0.013	+0.266 ^a	L_{06}
0	0.083	-0.140	L_{07}
0.033	0.098	+0.849 ^a	L_{08}
0.047	0.066	+0.763 ^a	L_{09}
0	0.048	+0.066	L_{10}
0.002	0.044	-0.231	L_{11}
0.019	0.020	-0.102	L_{12}
0.039	0.023	+0.395 ^b	f_{01}
0.003	0.021	-0.226 ^b	f_{02}
0.062	0.070	+0.432	f_{03}
0.002	0.007	-0.128	f_{04}
0	0.014	-0.122	f_{05}
0.029	0.019	-0.441 ^a	f_{06}
0.003	0.003	-0.045	f_{07}
0.026	0.041	-0.249	f_{08}
0.029	0.023	+0.050	f_{09}
0	0.030	+0.050	f_{10}
0.009	0.018	-0.360 ^a	f_{11}
0	0.022	+0.113	f_{12}

^a: همبستگی بسیار معنی دار
^b: همبستگی معنی دار

پ-۷-۵ اریبی در نمونه‌گیری از سنگ معدن آهن

روند توزیع اندازه (کسر کمتر از ۶ mm) حداکثر ۱۲٪- برای سنگ آهن‌های درشت‌تر و ۲٪- برای کسری از سنگ آهن‌های ریز کمتر از ۶ mm برآورد شده است. (در جدول پ ۲۳ در حدود ۲٪+ برای کسر بزرگتر از ۶ mm).

روند رطوبت را از جدول پ ۲۶ نمی‌توان به وضوح دریافت. با این حال از جدول پ ۹ چنین برآورد می‌شود که رطوبت برای سنگ آهن‌های درشت کمتر از ۱٪ و برای سنگ آهن‌های ریز کمتر از ۰٫۳٪ است.

روند مقدار آهن کل به صورت کمتر از ۱٪+ برای سنگ آهن‌های درشت در جدول پ ۲۹ برآورد شده است در حالی که در این جدول هیچ روندی برای سنگ آهن‌های ریز (خاکه) قابل مشاهده نیست.

در مورد روند بیشینه، یعنی ۱۲٪- توزیع اندازه برای سنگ آهن‌های درشت، اریبی را می‌توان توسط نمونه‌گیری نظام‌مند مبتنی بر جرم ۵۰ نمونه اولیه $0.12\% = 12/(2 \times 50)$ برای کسر کمتر از ۶ mm به‌دست آورد. به طور مشابه، اریبی ممکن برای رطوبت و کل مقدار آهن $0.01\% = 1/(2 \times 50)$ خواهد بود. این اریبی ناشی از روند، در مقایسه با کل انحراف معیار استاندارد در برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی به‌رقابل اغماض است.

پیوست ت

(الزامی)

برآورد دقت

ت-۱ کلیات

در این پیوست روش‌های تجربی و کاربردهای عملی را برای برآورد دقت حاصل از نمونه‌گیری، اندازه‌گیری و آماده‌سازی معمول نمونه ارائه شده است. توصیه می‌شود دقت به‌دست آمده از طریق نمونه‌گیری، اندازه‌گیری و آماده‌سازی معمول نمونه به طور دوره‌ای توسط نمونه‌گیری تکراری انجام شده، بررسی شود. در صورتی که روش نمونه‌گیری معمولی (شامل اندازه‌گیری و آماده‌سازی نمونه) برای اولین بار برقرار می‌شود و یا تغییر می‌کند، یا هنگامی که زمان قابل توجهی از آخرین بررسی می‌گذرد، توصیه می‌شود آزمایش اجرا شود، این آزمایش ترجیحاً بهتر است شامل استاندارد بین‌المللی مربوطه برای نمونه‌گیری از مواد فله‌ای خاص باشد.

نمونه‌گیری معمول از مواد فله‌ای مکرراً توسط نمونه‌گیری نظام‌مند براساس جرم انجام می‌شود. در صورتی که از نمونه‌گیری نظام‌مند براساس جرم برای مواد ذره‌ای استفاده می‌شود توجه داشته باشید که نمونه‌گیری معمول برطبق یکی از طرح‌های زیر انجام شود.

طرح ۱: یک بهر به U_{lot} بهر فرعی تقسیم می‌شود، تمام نمونه‌های اولیه دریافتی از هر بهر فرعی به صورت U_{lot} نمونه ناخالص تجمیع می‌شوند و U_{lot} آزمایش به طور جداگانه آماده و تجزیه می‌شوند. میانگین وزن نتایج آزمون با جرم بهرهای فرعی، مقدار میانگین برآوردشده مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر می‌باشد. در صورتی که جرم بهر کمتر از جرم قید شده در معیار تقسیم‌بندی باشد، نمی‌توان بهر را به بهرهای فرعی تقسیم کرد. در این مورد، تمام نمونه‌های اولیه دریافتی از بهر تقسیم نشده به یک نمونه ناخالص تبدیل می‌شود و یک آزمایش از نمونه ناخالص آماده‌سازی شده و آنالیز می‌شود. نتیجه این تجزیه و تحلیل، میانگین کیفیت برآورد شده بهر می‌باشد.

طرح ۲: چندین نمونه اولیه برداشتی از یک بهر به صورت نمونه‌ها تجمیع می‌شوند، آزمایش‌ها از روی این نمونه‌ها آماده شده و به طور جداگانه آنالیز می‌شوند. میانگین وزن نتایج آزمون ضرب در تعداد نمونه‌های اولیه جمع شده در نمونه‌ها، برابر با مقدار میانگین برآورد شده مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر می‌باشد. نمونه‌های اولیه شماره گذاری شده مساوی، معمولاً در این نمونه‌ها تجمیع می‌شوند.

طرح ۳: تمام نمونه‌های اولیه دریافتی یک بهر به صورت نمونه اولیه به نمونه اندازه‌گیری می‌شوند (بعد از آماده‌سازی در صورت ضرورت). میانگین برآورد شده نتایج آزمون، برابر با میانگین کیفیت بهر است.

هریک از روش‌های بالا با توجه به دقت متفاوت مطابق با طرح، مقدار میانگین برآورد شده مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر را ارائه می‌دهند. دقت به‌دست آمده را می‌توان با نمونه‌گیری تکراری بررسی کرد.

در مورد نمونه‌گیری نظام‌مند براساس زمان، استفاده از روش‌های طرح ۱ مجاز است اما به دلیل تغییر متناسب نمونه‌های اولیه در دبی، طرح‌های ۲ و ۳ را نمی‌توان به کار برد.

ت-۲ شرایط کلی

ت-۲-۱ تعداد آزمایش‌ها

توصیه می‌شود آزمایش‌ها ترجیحاً بر روی بیش از ۲۰ بهر از مواد مشابه انجام گیرند. در صورتی که انجام آزمایش بر روی بیش از ۲۰ بهر عملی نباشند، توصیه می‌شود حداقل بر روی ۱۰ بهر انجام شود.

ت-۲-۲ تعداد نمونه‌های اولیه و تعداد نمونه‌های مرکب

توصیه می‌شود حداقل تعداد نمونه‌های اولیه مورد نیاز برای این آزمایش دو برابر تعداد نمونه‌های اولیه تعیین شده در نمونه‌گیری معمول باشد. به طور مثال، اگر بهر به u_{lot} بهر فرعی تقسیم شود و تعداد نمونه‌های اولیه برداشتی از یک بهر فرعی n_{sub} باشد و یک نمونه ناخالص در نمونه‌گیری معمول تشکیل شود. توصیه می‌شود حداقل تعداد نمونه‌های اولیه ضروری برای آزمایش $2n_{lot}$ باشد و دو نمونه مرکب (هریک از آنها مطابق با یک نمونه ناخالص در نمونه‌گیری معمول) که به ترتیب توسط n_{sub} نمونه اولیه تشکیل شده‌اند جمع شوند.

ت-۲-۳ آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری

توصیه می‌شود آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری مطابق با روش تعیین شده در استانداردهای مربوطه مناسب انجام گیرد.

ت-۳ روش‌های آزمایش

در آزمایش‌هایی که با استفاده از روش نمونه‌گیری نظام‌مند براساس جرم انجام می‌گیرد، توصیه می‌شود دو برابر تعداد نمونه‌های اولیه همانند نمونه‌های اولیه موجود در نمونه‌گیری معمول، به طور مثال، $2n_{sub}$ نمونه اولیه از بهر فرعی در نصف فاصله نمونه‌گیری معمول، در نظر گرفته شود و دو نمونه مرکب که به ترتیب توسط n_{sub} نمونه اولیه تشکیل شده‌اند، به صورت گردشی جمع شوند.

در آزمایش‌هایی که با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی ساده انجام می‌گیرد، توصیه می‌شود به طور تصادفی دو برابر تعداد نمونه‌های اولیه همانند نمونه‌های اولیه موجود در نمونه‌گیری معمول (به طور مثال، $2n_{sub}$ نمونه اولیه از بهر) برداشته شود و دو نمونه مرکب که به ترتیب توسط n نمونه اولیه تشکیل شده‌اند، به طور تصادفی جمع شود.

در آزمایش‌ها با استفاده از نمونه‌گیری دسته‌بندی شده، توصیه می‌شود به طور تصادفی دو برابر تعداد نمونه‌های اولیه همانند نمونه‌های اولیه موجود در نمونه‌گیری معمول، از هر دسته برداشته شود. بنابراین به همان تعداد نمونه اولیه، همانند نمونه‌های اولیه موجود در نمونه‌گیری معمول که به طور تصادفی از نمونه‌های اولیه دریافتی از هر دسته انتخاب شده‌اند، در هریک از دو نمونه مرکب برای بهرها یا بهرهای فرعی جمع شوند.

در آزمایش‌ها با استفاده از نمونه‌گیری دو مرحله‌ای، توصیه می‌شود نخست u_{sub} واحد نمونه‌گیری اولیه متناظر با تعداد واحدهای نمونه‌گیری در نمونه‌گیری معمول به صورت تصادفی از بهر برداشته شوند.

سپس واحدهای نمونه‌گیری اولیه دیگر به همین روش انتخاب شود. ممکن است واحدهای نمونه‌گیری انتخابی در مرحله دوم از روی واحدهای نمونه‌گیری منتخب در مرحله اول کپی شوند. تمام نمونه‌های اولیه دریافتی از واحدهای نمونه‌گیری منتخب در مرحله اول و دوم را به طور جداگانه جمع‌کنید تا دو نمونه مرکب برای بهره‌دست آید.

توصیه می‌شود در تمام آزمایش‌ها، دو نمونه مرکب جداگانه مطابق با روش‌های تعیین شده در استاندارد ملی یا بین‌المللی مربوطه آماده‌سازی و اندازه‌گیری شوند.

ت-۴ تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات به‌دست آمده

صرف نظر از تعداد داده‌های تکراری، می‌توان حد بالایی کنترل، U_{cl} و خط مرکزی نمودار دامنه تغییرات که در استاندارد ISO 8258 شرح داده شده، را برای نشان دادن نقاط خارج از کنترل و برآورد دقت حاصل به کار برد. تا زمانی که روش نمونه‌گیری تکراری به کار می‌رود، برای داده‌های تکراری عامل D3 در نمودار دامنه برابر صفر است و نمودار مذکور، حد پایین کنترل ندارد. عامل D4 در نمودار دامنه تغییرات برابر ۳٫۲۶۷ است و عامل d_2 در نمودار کنترل دامنه برابر ۱٫۱۲۸ می‌باشد. اگر هیچ کدام از مقادیر دامنه بیش از U_{cl} مربوطه نباشند، در آن صورت، می‌توان تغییرپذیری را از نظر آماری در کنترل دانست.

بعد از اینکه داده‌های تکراری به‌دست آمدند، دامنه متوسط یعنی \bar{R} را محاسبه کنید. مقدار $D_4\bar{R} = 3,267\bar{R}$ حد بالای کنترل را برای نمودار دامنه ارائه می‌دهد. اگر هر یک از دامنه‌ها پایین‌تر از این حد باشند، در این صورت نمودار کنترل دامنه حالت تحت کنترل را نشان می‌دهد. زمانی که دامنه‌ها در کنترل هستند، $\bar{R}/d_2 = \bar{R}/1,128$ برآوردی از انحراف استاندارد در داده‌های تکراری یعنی دقت حاصل را ارائه می‌دهد.

ت-۵ کاربردهای عملی

به گونه‌ای که در جدول ت-۱ مشاهده می‌شود درصد رطوبت و توزیع اندازه (کسری از سنگ معدن آهن با اندازه‌های ذرات زیر ۶ mm)، در انواع مختلفی از سنگ معدن آهن بر روی 2n نمونه اولیه برداشته شده در نصف فاصله نمونه‌گیری معمول اندازه‌گیری می‌شوند که در آن n نمونه اولیه به‌صورت نمونه اولیه به نمونه اولیه با نمونه‌گیری نظام‌مند مبتنی بر جرم اندازه‌گیری می‌شود.

جدول ت-۱ رطوبت و توزیع اندازه در نمونه‌های تکراری

توزیع اندازه ^a		رطوبت		تعداد نمونه‌های تکراری
%		%		
14.046	12.606	2.532	2.573	1
9.594	12.500	2.679	2.394	2
7.331	6.315	2.174	2.567	3
10.728	6.681	2.350	2.421	4
9.146	8.823	2.557	2.381	5
12.078	10.697	2.417	2.373	6
8.872	11.397	2.528	2.449	7
8.085	10.272	2.297	2.394	8
4.680	10.119	2.447	2.306	9
10.714	5.128	2.316	2.379	10
6.896	11.974	2.310	2.242	11
5.023	7.162	2.331	2.378	12
4.516	5.544	2.641	2.342	13
3.614	4.871	2.438	2.394	14
7.808	7.908	2.330	2.395	15
5.291	3.719	2.174	2.392	16
6.788	3.977	2.180	2.386	17
2.836	2.912	2.179	2.276	18
4.699	2.811	2.339	2.398	19
6.527	3.676	2.281	2.507	20
2.739	4.407	2.190	2.144	21
2.447	4.000	2.201	1.999	22
10.666	6.229	2.203	2.265	23
4.332	3.902	2.239	1.984	24
13.151	11.337	2.280	2.429	25
3.954	4.310	2.141	1.977	26

^a سنگ معدن آهن با کسر اندازه ذرات کمتر از ۶mm

هر دو نمودار کنترل برای دامنه، حالتی از کنترل را نشان می‌دهند و میانگین دامنه‌ها، به ترتیب ۰٫۱۳۸ و ۲٫۱۵۰ هستند. انحراف معیارهای مورد انتظار برآوردهای مقدار میانگین مربوط به مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر با نمونه‌گیری معمول به صورت زیر برآورد می‌شوند:

برای رطوبت:

$$\hat{\sigma}_{wst} = \frac{0.138}{1.128} = 0.122$$

$$\hat{\sigma}_E^2 = \hat{\sigma}_{wst}^2 / 26 = 0.0005724$$

$$\hat{\sigma}_E = 0.024$$

که در آن:

$\hat{\sigma}_{wst}$: انحراف معیار استاندارد در دسته داده‌های تکراری است.

$\hat{\sigma}_E$: انحراف معیار استاندارد برآوردهای میانگین رطوبت در بهر است.

برای توزیع اندازه:

$$\hat{\sigma}_{wst} = \frac{2.150}{1.128} = 1.906$$

$$\hat{\sigma}_E^2 = \hat{\sigma}_{wst}^2 / 26 = 0.140$$

$$\hat{\sigma}_E = 0.374$$

در کاربرد دیگری از سنگ معدن آهن، یک بهر به ۱۰ بهر فرعی و ۵ نمونه اولیه برداشته شده از هر بهر با نمونه‌گیری نظام‌مند بر مبنای جرم در طی نمونه‌گیری معمول تقسیم می‌شود. برای برآورد دقت، ۱۰ نمونه اولیه از هر بهر فرعی در نصف فاصله نمونه‌گیری معمول و با روش نمونه‌گیری نظام‌مند بر اساس جرم، برداشته می‌شود و به همین صورت گردشی به دو نمونه مرکب تجمیع می‌شوند. هر نمونه مرکب جداگانه آماده می‌شود و کل مقدار آهن آنالیز می‌شود. نتایج در جدول ت-۲ قابل مشاهده می‌باشند.

جدول ت-۲ مقدار آهن کل برای برآورد دقت

R_i	مقدار کل آهن		شماره بهر فرعی
	%		
0.37	65.54	65.17	1
0.23	65.42	65.19	2
0.15	65.38	65.23	3
0.05	65.63	65.58	4
0.18	65.51	65.33	5
0.21	65.59	65.38	6
0.25	65.23	65.48	7
0.23	65.57	65.80	8
0.05	65.13	65.18	9
0.02	65.16	65.14	10
1.74			مجموع

حد بالای کنترل نمودار دامنه برابر $D_4\bar{R} = 3,267 \times 0,174 = 0,568$ است. نمودار دامنه نشان دهنده حالتی از کنترل آماری می باشد. انحراف معیار استاندارد مورد انتظار از برآورد مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر از طریق نمونه گیری معمول به صورت زیر برآورد می گردد:

$$\hat{\sigma}_{wst} = \bar{R}/d_2 = 0.174/1,128 = 0.1543$$

$$\hat{\sigma}_E^2 = (0.1543)^2/10 = 0.002381$$

$$\hat{\sigma}_E = 0.049$$

یادآوری- روش‌های آزمایش و مثال‌های عددی برای بررسی دقت نمونه‌گیری سنگ معدن آهن در بند [۱۷] از کتابنامه ارائه شده‌اند.

پیوست ث

(الزامی)

بررسی اریبی

ث-۱ کلیات

در این پیوست روش‌ها و کاربردهای عملی برای بررسی اریبی در فرآیند نمونه‌گیری از مواد فله‌ای ارائه شده است. این روش‌ها برای برآورد خطاهای تصادفی به وجود آمده در سیستم تحت آزمون و سیستم مرجع طراحی شده‌اند تا آزمون اریبی سیستم تحت آزمون نسبت به سیستم مرجع با استفاده از یک آزمون مجزا بررسی شود. روش‌ها به طور کلی، برای تک تک مؤلفه‌های سیستم نمونه‌گیری تحت آزمون شامل تجهیزات نمونه‌گیری، سنگ‌شکن‌ها، تقسیم‌کننده‌ها و وسایل اندازه‌گیری و همچنین تمام سیستم تحت آزمون، قابل اجرا هستند. ممکن است در مورد آزمایش‌های تکراری مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر یا اندازه‌گیری‌های تکراری در مرحله اندازه‌گیری، واریانس مورد انتظار مستقیماً از طریق آزمایش به دست بیاید. با این حال، در مورد نمونه‌گیری تکراری تک تک مؤلفه‌ها در سیستم نمونه‌گیری، تنها می‌توان مؤلفه‌های واریانس مربوط به هر مؤلفه تحت آزمون را، از طریق آزمایش به دست آورد. از این رو توصیه می‌شود به طور کلی واریانس مورد انتظار، در برآوردهای مقدار میانگین مشخصه کیفی مورد ارزیابی در بهر از طریق نمونه‌گیری معمول، آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری و با استفاده از روش‌های ارائه شده در بند ۸ و پیوست ت حاصل شود.

روش‌های متفاوتی برای آزمون اریبی در استانداردهای ISO پیشنهاد شده (به بندهای [۱۸] و [۱۹] از کتابنامه مراجعه شود) و در کتاب‌ها و مقالات زیادی مورد بحث قرار گرفته‌اند (به بندهای [۲۰] و [۲۱] تا [۲۶] از کتابنامه مراجعه شود). گراب^۱ در مقاله خود برای برآورد واریانس خطای سیستم تحت آزمون، واریانس خطای مرجع و واریانس بین نمونه‌ها داده‌های زوجی را پیشنهاد کرده است. تلاش‌های او در این زمینه موفقیت‌آمیز نبود زیرا واریانس خطای برآورد شده داده‌های زوجی مکرراً منفی می‌شد. با این حال، این مقاله پیشنهاد کرده است که این اطلاعات به‌ویژه واریانس‌های خطا در داده‌های زوجی، برای آزمون اریبی این داده‌ها، ضروری خواهند بود. در این استاندارد، روشی برای برآورد مستقیم واریانس‌های خطا، با استفاده از مشاهدات تکراری به ترتیب بر روی سیستم تحت آزمون و سیستم مرجع پیشنهاد شده است.

ث-۲ اصول

به طور کلی، آزمون اریبی بودن سیستم نمونه‌گیری با برداشتن مجموعه‌ای از نمونه‌های زوجی از یک ماده معمولاً از مواد استعمال شده انجام می‌گیرد، یک عضو از هر زوج توسط سیستم یا مؤلفه تحت آزمون، نمونه‌گیری می‌شود و عضو دیگر با یک روش مرجع ذاتاً ناریبی به دست می‌آید.

در روش‌های پیشنهادی در این پیوست، دو عضو از هر داده با سیستم یا مؤلفه تحت آزمون نمونه‌گیری می‌شود.

دو عضو دیگر از طریق روش مرجع ذاتاً نارایی به دست می‌آیند. واریانس‌های خطای سیستم و مرجع به طور مستقیم و به ترتیب از دو عضو سیستم تحت آزمون و سیستم مرجع برآورد می‌شوند. آزمون آریبی سیستم نمونه‌گیری با مقایسه میانگین داده‌های سیستم و مرجع، انجام می‌شود. توصیه می‌شود تعداد مجموعه داده‌ها، از طریق آزمایش تعیین شوند.

ث-۳ روش‌هایی برای آزمون آریبی

حداقل ۲۰ مجموعه نمونه را برای آزمون بردارید، دو عضو از هر مجموعه توسط سیستم یا مؤلفه تحت آزمون نمونه‌گیری می‌شوند، دو عضو دیگر توسط روش مرجع ذاتاً نارایی به دست می‌آیند. ترتیب در نظر گرفتن اعضا در مجموعه‌ای از نمونه‌ها ترجیحاً به صورت زیر می‌باشد:

الف- نمونه سیستم اول

ب- نمونه مرجع اول

پ- نمونه سیستم دوم

ت- نمونه مرجع دوم و غیره

با این وجود، در مورد آزمون یک نمونه‌گیر مکانیکی، ممکن است ترتیب نمونه سیستم اول، نمونه سیستم دوم، نمونه مرجع اول و نمونه مرجع دوم مجاز باشد. توصیه می‌شود نمونه‌های موجود در یک مجموعه تا حد امکان نزدیک به هم در طول نوار قرار بگیرند.

برای چهار عضو از اعضای هر مجموعه، نتایج اندازه‌گیری به طور جداگانه تعیین می‌شوند و بنابراین نتایج اندازه‌گیری به دست آمده، تحت تجزیه و تحلیل آماری قرار می‌گیرند.

مرجع		سیستم		شماره مجموعه
y_{i1}	y_{i2}	x_{i1}	x_{i2}	1
y_{i2}	y_{i2}	x_{i2}	x_{i2}	2
		—	—	-
		—	—	-
y_{120}	y_{220}	x_{120}	x_{220}	20

شکل ث ۱ - دیاگرام شماتیک برای بررسی آریبی

ث-۴ محاسبات برای آزمون اریبی

اولین و دومین نتایج -امین نمونه سیستم x_{i2}, x_{i1} و اولین و دومین نتایج -امین نمونه مرجع y_{i2}, y_{i1} را به ترتیب مشخص کنید که در آن $i=1,2,\dots,k$ می باشد. توصیه می شود مقدار k به صورت تجربی تعیین شود، اما در اینجا به خاطر راحتی می توان عدد ۲۰ را مورد استفاده قرار داد.

با استفاده از معادلات نشان داده شده مقادیر زیر را محاسبه کنید:

$$g_i = x_{i1} - x_{i2} \quad (\text{ث} - ۱)$$

$$S_e^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^k g_i^2}{2k} \quad (\text{ث} - ۲)$$

$$h_i = y_{i1} - y_{i2} \quad (\text{ث} - ۳)$$

$$S_e^2(y) = \frac{\sum_{i=1}^k h_i^2}{2k} \quad (\text{ث} - ۴)$$

مقدار بزرگتر از بین دو مقدار $S_e^2(x), S_e^2(y)$ را در صورت کسر F_0 قرار دهید و نسبت F_0 را از واریانس های خطا محاسبه کنید:

$$F_0 = S_e^2(x)/S_e^2(y) \quad \text{یا} \quad F_0 = S_e^2(y)/S_e^2(x) \quad (\text{ث} - ۵)$$

اگر $F_0 > F_{\alpha/2}(v_1, v_2)$ باشد، پس فرض صفر، $S_e^2(x) = S_e^2(y)$ رد می شود و نمی توان فرض کرد که هر دو گروه از داده ها از جامعه هایی با واریانس برابر دریافت شده باشند. سطح معنی داری α معمولاً برابر با ۰/۰۵ قرار داده می شود و v_1 و v_2 به ترتیب درجات آزادی $S_e^2(x)$ و $S_e^2(y)$ می باشند و در این مورد هر دو برابر k هستند.

اگر $F_0 < F_{\alpha/2}(v_1, v_2)$ باشد می توان فرض کرد که هر دو گروه از داده ها واریانس یکسان دارند.

حدود ۹۵٪ اطمینان یعنی $T_2(x), T_1(x)$ و $T_2(y), T_1(y)$ به صورت زیر محاسبه می شوند.

$$T_1(x), T_2(x) = \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}(k)S_e(x) \quad (\text{ث} - ۶)$$

$$T_1(y), T_2(y) = \bar{y} \pm t_{1-\alpha/2}(k)S_e(y) \quad (\text{ث} - ۷)$$

که در آن:

\bar{x} : میانگین کل x_{i2}, x_{i1}

\bar{y} : میانگین کل y_{i2}, y_{i1} است.

این گونه محاسبه کنید:

$$d_i = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2} - \frac{y_{i1} + y_{i2}}{2} \quad (\text{ث} - ۸)$$

$$S_d^2 = \frac{1}{K-1} \left[\sum_{i=1}^k d_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k d_i \right)^2 \right] \quad (\text{ث} - ۹)$$

$$A_2 = [t_{1-\alpha/2}(f)/\sqrt{k}] S_d \quad (\text{ث} - ۱۰)$$

اگر $|\bar{d}| > A_2$ باشد، فرضیه تساوی دو میانگین رد می‌شود. \bar{d} برآورد میزان اریبی است.

ث-۵ کربن باقی مانده در نفت سنگین

مشخصه کیفی، مقدار کربن باقی مانده پس از ۱۰٪ تقطیر در نفت سنگین درجه-A می‌باشد. روش مرجع، روش میکرو تقطیر تعیین شده در استانداردهای بین‌المللی است. دستیابی به نتیجه آزمون حدود ۳ ساعت زمان می‌برد. روش سیستم تحت آزمون پیشنهاد شده، معادله چند رگرسیونی از قرائت‌های نتایج طیف نگار می‌باشد و یک نتیجه آزمون را می‌توان در عرض ۱۰ دقیقه به دست آورد. نتایج تجربی در جدول ث ۱ نشان داده شده‌اند. محاسبات $S_e^2(x)$, $S_e^2(y)$ در جدول ث ۲ قابل مشاهده هستند. با استفاده از معادلات (ث-۲) و (ث-۴) مقادیر زیر به دست می‌آیند:

$$s_e^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^k g_i^2}{2k} = \frac{31}{40} = 0.775$$

$$S_e(x) = 0.880$$

$$s_e^2(y) = \frac{\sum_{i=1}^k h_i^2}{2k} = \frac{15830}{40} = 395.750$$

$$S_e(y) = 19.893$$

با قرار دادن $s_e^2(y)$ در صورت کسر F_0 داریم:

$$F_0 = s_e^2(y)/s_e^2(x) = 395.75/0.775 = 510,65$$

$$F_{\alpha/2}(20,20) = 2.46 < F_0$$

بنابراین نمی‌توان فرض کرد که هر دو گروه از داده‌ها از جامعه‌های دارای واریانس مشترک به دست آمده باشند.

با حدود ۹۵٪ اطمینان، $T_2(x), T_1(x)$ و $T_2(y), T_1(y)$ نیز طبق معادلات (ث-۶) و (ث-۷) محاسبه می‌شوند.

$$T_1(x), T_2(x) = \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}(k) s_e(x) = \bar{x} \pm t_{0.975}(20) s_e(x) = 342,275 \pm 2,086 \times 0,880$$

$$T_1(x) = 340.439, T_1(x) = 344.111$$

$$T_1(y), T_2(y) = \bar{y} \pm t_{1-\alpha/2}(k)s_e(y) = \bar{y} \pm t_{0.975}(20)s_e(y) = 312,700 \pm 2,086 \times 19,893$$

$$T_1(y) = 271,2003, T_2(y) = 354,197$$

این گونه محاسبه کنید:

$$d_i = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2} - \frac{y_{i1} + y_{i2}}{2}$$

$$S_d^2 = \frac{1}{K-1} \left[\sum_{i=1}^k d_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k d_i \right)^2 \right] = \frac{1}{19} [23486,25 - 591,5^2/20] = 315,402, s_d = 17,760$$

$$A_2 = [t_{1-\alpha/2}(v)/\sqrt{k}] s_d = [2,093/4,472] \times 17,76 = 8,312$$

$$|\bar{d}| = 29575 > A_2$$

بنابراین فرضیه تساوی دو میانگین رد می‌شود. برآورد میزان آریبی $\bar{d} = 30$ است.

جدول ث ۱ - نتایج آزمایش کربن باقیمانده در نفت سنگین

مقادیر برحسب درصد جرمی $\times 10^3$

مرجع		سیستم		شماره نمونه
y_{i2}	y_{i1}	x_{i2}	x_{i1}	
343	318	335	335	1
307	310	342	343	2
300	356	342	340	3
329	372	357	355	4
332	318	347	346	5
320	302	346	348	6
301	325	359	356	7
3581	344	353	351	8
317	326	343	343	9
315	320	351	351	10
276	296	314	315	11
283	282	329	329	12
292	280	334	334	13
317	353	330	330	14
312	261	331	331	15
300	276	345	345	16
304	280	344	345	17
317	283	334	333	18
3580	313	359	359	19
328	299	354	3583	20
6 294	6 214	6 849	6 842	کل
312.700		342.275		میانگین

جدول ت ۲ - محاسبات $S_e^2(x)$ و $S_e^2(y)$

h_i^2	$h_i = y_{i1} - y_{i2}$	g_i^2	$g_i = x_{i1} - x_{i2}$	شماره نمونه
625	-25	0	0	1
9	3	1	1	2
3136	56	4	-2	3
1849	43	4	-2	4
196	-14	1	-1	5
324	-18	4	2	6
576	24	9	-3	7
49	-7	4	-2	8
81	9	0	0	9
25	5	0	0	10
400	20	1	1	11
1	-1	0	0	12
144	-12	0	0	13
1296	36	0	0	14
2601	-51	0	0	15
576	-24	0	0	16
576	-24	1	0	17
1156	-34	1	1	18
1369	-37	0	-1	19
841	-29	1	0	20
15830		31		مجموع

واریانس خطای پیشنهاد شده سیستم بسیار کوچکتر از واریانس خطای روش مرجع می باشد بهتر است که یک آزمایش دیگر انجام شود تا از وجود استقلال بین اندازه‌گیری‌های تکراری در سیستم پیشنهاد شده مطمئن شویم، مثلاً با به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌های تکراری از سیستم پیشنهاد شده در روزهای متفاوت این اطمینان حاصل می‌شود.

ت-۶ قابلیت پرکنندگی توتون

قابلیت پرکنندگی توتون در تولید سیگار، به منظور اطمینان از سختی سیگار، آزمون می‌شود. اخیراً، ابزاری قدرتمند و جدید برای این آزمون به جای موارد قبلی، معرفی شده است. رابطه بین دستگاه‌های آزمون جدید و قدیم آزمایش شده است. با روش نمونه‌گیری معمولی از حدود ۲۰۰ kg بهر، آزمایش‌هایی به جرم ۲۰۰g جمع می‌شود. آزمون‌های به جرم ۱۵ گرم برای دستگاه آزمون قدیمی و آزمون‌های به جرم ۱۰ گرم برای دستگاه آزمون جدید برداشته می‌شود. اندازه‌گیری‌های تکراری بهر توسط وسیله‌های جدید و قدیمی در جدول ت ۳ قابل مشاهده هستند.

جدول ث ۳ - قابلیت پرکنندگی توتون با آزمون‌کننده‌های قدیمی و جدید

مقادیر برحسب سانتی‌متر بر گرم

جدید		قدیمی		شماره بهر
y_{i2}	y_{i1}	x_{i2}	x_{i1}	
۴.۹۶۹	4.940	4.509	4.590	1
4.760	4.792	4.346	4.399	2
5.312	5.259	4.700	4.700	3
5.114	5.131	4.619	4.562	4
4.731	4.846	4.700	4.619	5
4.763	4.771	4.481	4.399	6
4.516	4.520	4.318	4.183	7
4.874	4.910	4.562	4.644	8
6.168	5.988	5.189	5.214	9
6.066	6.215	5.270	5.405	10
5.755	5.751	4.998	5.026	11
5.600	5.581	4.916	4.916	12
5.943	5.704	5.026	5.107	13
4.758	4.756	4.456	4.7427	14
5.591	5.738	4.782	4.807	15
5.568	5.581	4.888	4.863	16
5.804	5.864	5.132	50.107	17
5.572	5.630	4.888	4.835	18
5.570	5.628	4.970	5.026	19
6.856	6.946	5.866	5.894	20
108.290	108.551	96.616	96.723	مجموع
۵.۴۲۱		4.833		میانگین

با استفاده از معادلات (ث-۲) و (ث-۴) مقادیر زیر به دست می‌آیند:

$$s_e^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^k g_i^2}{2k} = \frac{0,086\ 493}{40} = 0,002\ 173\ 5$$

$$S_e(x) = 0,047$$

$$s_e^2(y) = \frac{\sum_{i=1}^k h_i^2}{2k} = \frac{0,171\ 873}{40} = 0,004\ 296\ 8$$

$$S_e(y) = 0,066$$

با قرار دادن $S_e^2(y)$ در صورت کسر F_0 داریم:

$$F_0 = s_e^2(y)/s_e^2(x) = 0,004\ 2968/0,002\ 1735 = 1,98$$

$$F_{\frac{\alpha}{2}}(20,20) = 2,46 > F_0$$

می‌توان فرض کرد که هر گروه از داده‌ها واریانس یکسان دارند.

با حدود ۰.۹۵ اطمینان، $T_2(x), T_1(x)$ و $T_2(y), T_1(y)$ طبق معادلات (ث-۶) و (ث-۷) محاسبه می‌شوند.

$$T_1(x), T_2(x) = \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}(k)s_e(x) = \bar{x} \pm t_{0.975}(20)s_e(x) = 4,833 \pm 2,086 \times 0,047$$

$$T_1(x) = 4,735, T_2(x) = 4,931$$

$$T_1(y), T_2(y) = \bar{y} \pm t_{1-\alpha/2}(k)s_e(y) = 5,421 \pm 2,086 \times 0,066$$

$$T_1(y) = 5,283, T_2(y) = 5,559$$

این گونه محاسبه کنید:

$$d_i = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2} - \frac{y_{i1} + y_{i2}}{2}$$

$$S_d^2 = \frac{1}{K-1} \left[\sum_{i=1}^k d_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k d_i \right)^2 \right] = \frac{1}{19} [8,275\ 14 - (-11,751)^2/20] = 0,059\ 117,$$

$$s_d = 0,243$$

$$A_2 = [t_{1-\alpha/2}(v)/\sqrt{k}] s_d = [2,093/4,472] \times 0,243 = 0,114$$

$$|\bar{d}| = 0,588 > A_2$$

فرضیه تساوی دو میانگین رد می‌شود. برآورد میزان آریبی ۰.۵۸۸- می‌باشد.

ث-۷ COD^۱ آب خروجی

تقاضای اکسیژن شیمیایی (COD) (پارامتر کیفیت آب) در ارتباط با آب خروجی کارخانه توسط دو روش مطابق با موقعیت کارخانه تنظیم می‌شود. یک نوع تنظیم با مقدار کل مواد نسبت به COD، و مورد دیگر تنظیم مقدار غلظت جرم COD، ρ_{COD} آب خروجی است. کارخانه تولید مواد شیمیایی تحت بررسی در منطقه تحت روش تنظیم دوم واقع شده است.

نمونه‌ها قبل از رقیق‌سازی با آب شیرین از یک مخزن ذخیره‌سازی آب خروجی از کارخانه مواد شیمیایی برداشته می‌شوند و COD آنها اندازه‌گیری می‌شود. نسبت‌های رقیق‌سازی با آب شیرین براساس مقدار COD به‌دست‌آمده تعیین می‌شوند. روش استاندارد مشخص شده در استانداردهای ملی مربوطه در حدود ۲/۵ ساعت زمان می‌برد، در حالی که روش‌های سریع تنها ۱۵ تا ۲۰ دقیقه زمان نیاز دارند.

به منظور مقایسه دقت و آریبی بین روش سریع و روش استاندارد، CODها به صورت تکراری در بهرها به ترتیب با روش سریع و روش استاندارد مورد مطالعه قرار می گیرند.

تعیین داده‌های تکراری با استفاده از روش سریع که در روزهای مختلف به دست می آیند، استقلال داده‌های جفتی را تضمین می کند. داده‌های به دست آمده در جدول ت ۴ قابل مشاهده می باشند.

جدول ت ۴ - COD آب خروجی قبل از رقیق سازی

مقادیر برحسب میلی گرم اکسیژن در لیتر است.

روش استاندارد		روش سریع		شماره نمونه
y_{i2}	y_{i1}	x_{i2}	x_{i1}	
4512	4248	4025	3850	1
4513	3902	4300	4050	2
4028	3576	3925	3525	3
3491	3004	3400	2575	4
5004	4794	4450	4300	5
3174	3357	1825	3250	6
2656	2699	2215	2875	7
3482	3634	2975	3725	8
4500	4380	4325	3750	9
229	240	229	201	10
42	45	33	37	11
1838	1928	655	655	12
1987	2001	1650	1788	13
1476	1555	1215	1675	14
2384	2308	2050	2050	15
1740	1764	1200	1180	16
2385	2543	1750	2325	17
3040	3022	2588	2100	18
2823	2815	2913	2650	19
3230	3526	363	3050	20
2554	2781	2738	2488	21
1554	1571	1345	1340	22
1874	2296	2113	2575	23
1838	1802	1520	1800	24
2745	2895	2400	2400	25
3945	3708	3488	3150	26
2963	3021	2463	2875	27
2555	2570	2388	2413	28
1948	2065	1463	1925	29
2861	2795	2488	1975	30
2702.7		2395.9		میانگین

با استفاده از معادلات (ت-۲) و (ت-۴) مقادیر زیر به دست می آیند.

$$s_e^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^k g_i^2}{2k} = \frac{6\,440\,646}{60} = 107\,344,1$$

$$S_e(x) = 327,6$$

$$s_e^2(y) = \frac{\sum_{i=1}^k h_i^2}{2k} = \frac{1\,468\,000}{60} = 24\,466,7$$

$$S_e(y) = 156,4$$

با قرار دادن $s_e^2(x)$ در صورت کسر F_0 :

$$F_0 = s_e^2(x)/s_e^2(y) = 107\,344,1/24\,466,7 = 4,39$$

9

$$F_{\frac{\alpha}{2}}(30,30) = 2,07 < F_0$$

بنابراین نمی‌توان فرض کرد که هر دو گروه از داده‌ها از جامعه‌های با واریانس یکسان دریافت شده باشند.

با حدود ۹۵٪ اطمینان، $T_2(x), T_1(x)$ و $T_2(y), T_1(y)$ طبق معادلات (ث-۶) و (ث-۷) محاسبه می‌گردند.

$$T_1(x), T_2(x) = \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}(k)s_e(x) = \bar{x} \pm t_{0,975}(30)s_e(x) = 2395,9 \pm 2,042 \times 327,6$$

$$T_1(x) = 1726,9, T_2(x) = 3\,064,9$$

$$T_1(y), T_2(y) = \bar{y} \pm t_{1-\alpha/2}(k)s_e(y) = \bar{y} \pm t_{0,975}(30)s_e(y) = 2\,702,7 \pm 2,042 \times 156,4$$

$$T_1(y) = 2\,383,3, T_2(y) = 3\,022,1$$

این‌گونه محاسبه کنید:

$$d_i = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2} - \frac{y_{i1} + y_{i2}}{2}$$

$$S_d^2 = \frac{1}{K-1} \left[\sum_{i=1}^k d_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k d_i \right)^2 \right] = \frac{1}{29} [5,184\,108 - (-9\,204)^2/30] = 81390,355,$$

$$s_d = 285,3$$

$$A_2 = [t_{1-\alpha/2}(v)/\sqrt{k}] s_d = [2,045/5,477] \times 285,3 = 106,5$$

$$|\bar{d}| = 306,8 > A_2$$

بر این اساس، فرضیه برابری دو میانگین رد می‌شود، برآورد آریبی برابر ۳۰۶٫۸ می‌باشد.

وظیفه کاهش اثر دقت کم در روش سریع با افزایش تعداد اندازه‌گیری‌ها در بهر، حل خواهد شد، اما طرحی برای نصب و راه‌اندازی ابزار دقیق‌تر و تا حدی گران‌تر، برای جایگزین روش سریع، برنامه‌ای است که باید در نظر گرفته شود.

ت-۸ طیف نگار نشری قابل حمل مقابل طیف نگار نصب شده

طیف‌نگار قابل حمل برای آنالیز شیمیایی سریع ترکیبات موجود در شمش آلومینیوم، از طریق نشر مستقیم بر روی سطح شمش، معرفی شده است. قاعده کلی طیف نگار قابل حمل همانند قاعده کلی طیف نگار نصب شده است.

در ابتدا، آزمون از طیف نگار قابل حمل در مقایسه با طیف نگار نصب شده، با استفاده از روش قید شده در استاندارد ISO 3301 بررسی می‌شود. سیلیسیم (Si) و آهن (Fe) هر دو مورد آنالیز قرار می‌گیرند. اما در اینجا فقط در مورد Si بحث خواهد شد. نتایج در جدول ت-۵ نشان داده شده‌اند که در آن، y_{i1} ، x_{i1} به ترتیب نتایج نمونه i ام با استفاده از طیف نگار قابل حمل و نصب شده، هستند.

جدول ت ۵ - تعیین Si(%) با استفاده از طیف نگار قابل حمل و نصب شده

$D_i t^2$	$d_{i1} = x_{i1} - y_{i1}$	y_{i1}	x_{i1}	شماره نمونه
0.049 284	0.222	0.895	1.117	1
0.725 904	0.852	2.418	3.270	2
0.010 000	0.100	0.620	0.720	3
0.288 369	0.537	2.026	2.563	4
0.027 225	0.165	0.922	1.087	5
0.531 441	0.729	1.898	2.627	6
0.022 500	0.150	0.783	0.933	7
0.210 681	0.459	1.518	1.977	8
0.002 500	0.050	0.627	0.677	9
0.146 689	0.383	1.677	2.060	10
0.001 156	-0.034	0.487	0.453	11
0.041209	0.203	1.410	1.613	12
0.017424	0.132	0.965	1.097	13
0.000 529	0.023	0.470	0.493	14
0.249 001	0.499	1.688	2.187	15
0.007 225	0.085	0.482	0.567	16
0.134 689	0.367	1.565	2.023	17
0.005 041	0.071	0.386	0.457	18
0.023 104	0.152	1.491	1.643	19
0.016 129	0.127	0.946	1.073	20
0.038 025	0.195	0.925	1.120	21
2.548 125	5.467	24.290	29.757	مجموع
-	0.260 3	1.1567	1.4170	میانگین

$$S_d^2(1) = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^{21} d_{i1}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{21} d_{i1} \right)^2 \right] = \frac{1}{20} \left[2,548\ 125 - \frac{1}{21} (5,467)^2 \right] = 0,056\ 244$$

$$t_o = \frac{\bar{d}_1}{\sqrt{\frac{S_d^2(1)}{n}}} = \frac{0,260\ 3}{\sqrt{\frac{0,056\ 244}{21}}} = 5,030$$

از آنجا که داریم $t_{1-\alpha/2}(v) = t_{0,975}(20) = 2,086$ ، فرض صفر، یعنی $\bar{d}_1 = 0$ رد می‌شود. به عبارتی آریبی بسیار معنی داری بین طیف نگار نصب شده و طیف نگار قابل حمل استنتاج می‌شود. با این حال استاندارد ISO 3301 فقط به مقایسه دو میانگین اشاره می‌کند و کاری به آزمون آریبی ندارد. پس از گذشت یک ماه، آزمایشی که دقت اندازه‌گیری شده حاصل از همان نمونه‌ها را در ماه گذشته به دست داد، مورد بررسی قرار گرفت، اما نمونه‌های مورد استفاده در آزمایش بالا نگهداری نشده بودند. بنابراین آزمایش جدیدی طراحی شد و دو اندازه‌گیری بعدی را همانطور که در جدول ۶ قابل مشاهده می‌باشد، در یک روز جدا بر روی همان نمونه از طریق طیف نگار قابل حمل و طیف نگار نصب شده به دست آوردند، که در آن x_{i2}, x_{i3} با استفاده از طیف نگار قابل حمل و y_{i2}, y_{i3} با استفاده از طیف نگار نصب شده اندازه‌گیری شد.

جدول ۶ - اندازه‌گیری‌های تکراری (% Si با استفاده از طیف نگار قابل حمل و نصب شده

شماره نمونه	x_{i2}	x_{i3}	y_{i2}	y_{i3}
1	1.160	1.085	1.041	1.059
2	14.525	1.450	1.487	1.455
3	0.340	0.315	0.342	0.334
4	1.200	1.100	1.132	1.067
5	0.455	0.405	0.435	0.428
7	0.405	0.355	0.382	0.381
8	2.030	1.820	1.750	1.717
9	0.465	0.410	0.435	0.432
10	2.130	1.925	1.807	1.812
11	1.205	1.290	1.126	1.112
12	0.915	0.850	0.909	0.897
13	1.915	1.630	1.633	1.640
14	2.825	2.610	2.410	2.317
15	1.955	1.930	1.680	1.726
16	0.755	0.740	0.724	0.726
17	2.580	2.200	1.682	1.653
18	1.945	1.895	1.743	1.774
19	1.450	1.320	1.275	1.298
20	1.895	1.815	2.081	2.030
21	1.990	1.710	1.630	1.686
مجموع	30.960	28.585	27.361	27.155
میانگین		1.4177		1.2980

با استفاده از معادلات (ث-۲) و (ث-۴) مقادیر زیر به دست می‌آیند.

$$s_e^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^k g_i^2}{2k} = \frac{0,512\ 475}{42} = 0,021\ 202$$

$$S_e(x) = 0.110\ 5$$

$$s_e^2(y) = \frac{\sum_{i=1}^k h_i^2}{2k} = \frac{0,028\ 152}{42} = 0,000\ 670$$

$$S_e(y) = 0.025\ 9$$

با قرار دادن $s_e^2(x)$ در صورت کسر F_0 داریم:

$$F_0 = s_e^2(x)/s_e^2(y) = 0,122\ 02/0,000\ 670 = 18,21$$

و

$$F_{\alpha/2}(40,40) = 1,88 < F_0$$

بنابراین نمی‌توان فرض کرد که دو گروه از داده‌ها از جامعه‌هایی با واریانس برابر دریافت شده باشند.

با حدود ۹۵٪ اطمینان، $T_2(x), T_1(x)$ و $T_2(y), T_1(y)$ طبق معادلات (ث-۶) و (ث-۷) محاسبه می‌گردند.

$$T_1(x), T_2(x) = \bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}(k)s_e(x) = \bar{x} \pm t_{0,975}(21)s_e(x) = 1,417\ 7 \pm 2,080 \times 0.110\ 5$$

$$T_1(x) = 1,187\ 7, T_2(x) = 1,647\ 7$$

$$T_1(y), T_2(y) = \bar{y} \pm t_{1-\alpha/2}(k)s_e(y) = \bar{y} \pm t_{0,975}(20)s_e(y) = 1,298\ 0 \pm 2,080 \times 0,025\ 9$$

$$T_1(y) = 1,244\ 1, T_2(y) = 1,351\ 9$$

این گونه محاسبه کنید:

$$d_i = \frac{x_{i2} + x_{i3}}{2} - \frac{y_{i2} + y_{i3}}{2}$$

$$S_d^2 = \frac{1}{K-1} \left[\sum_{i=1}^k d_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k d_i \right)^2 \right] = \frac{1}{20} [0,965\ 752\ 75 - 2,514\ 5^2/21] = 0,033\ 23 ,$$

$$s_d = 0,182$$

$$A_2 = [t_{1-\alpha/2}(v)/\sqrt{k}] s_d = [208\ 6/4, 472] \times 0,182 = 0,085$$

$$|\bar{d}| = 0,120 > A_2$$

بر این اساس، فرضیه تساوی دو میانگین رد می‌شود. برآورد میزان اریبی $\bar{d} = 0,120$ می‌باشد. از آنجایی که فواصل اطمینان $T_2(x), T_1(x)$ و $T_2(y), T_1(y)$ هم‌پوشانی دارند، اظهار نظر در خصوص وجود یا عدم وجود اریبی بین طیف نگار قابل حمل و نصب شده امکان پذیر نمی‌باشد. هر تلاشی، نظیر سایش دقیق‌تر سطح شمش تحت آنالیز به بهبود دقت طیف نگار قابل حمل بستگی دارد.

کتابنامه

- [1] COCHRAN, W.G. The relative accuracy of systematic and stratified random samples from a certain class of populations. *Annals of Mathematical Statistics*, 17, 1946, p. 164
- [2] COCHRAN, W.G. *Sampling Techniques*. John Wiley, New York, 1953
- [3] AOKI, Shigeo. Sample division for size determination. *Reports of statistical application research, JUSE*, 29 (4), 1982
- [4] AOKI, Shigeo and YONEDA, T. Sample division of bulk materials. *Reports of statistical application research, JUSE*, 34 (4), 1987
- [5] SATTERTHWAITTE, F.E. *Biometrics. Bull.* 2, 1946
- [6] ANDERSON, R.L. and BANCROFT, T.A. *Statistical theory in research*, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1952
- [7] Confidence limit of variance component, in *JUSE Statistical Table B*, 1982 ed.
- [8] JOWETT, G.H. The accuracy of systematic sampling from conveyor belts. *Applied Statistics*, 1952
- [9] HEBDEN, J. and JOWETT, G.H. The accuracy of sampling coal, *Applied Statistics*, 1952
- [10] JOWETT, G.H. and SCOTT, J.F. Simple graphical techniques for calculating serial and spatial correlations, and mean semi-squared differences. *J.R. Statist. Soc., B*, 15, 1953, p. 81
- [11] JOWETT, G.H. The comparison of means of industrial time series. *Applied Statistics*, 1953
- [12] WARD, D.H. Weekly, monthly, and quarterly tolerances for coke quality. *Applied Statistics*, 1959
- [13] GY, P.M. *Sampling of Particulate Materials — Theory and Practice*. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 2nd ed., 1982
- [14] GY, P.M. *Sampling of heterogeneous and dynamic material systems — Theories of heterogeneity, sampling and homogenizing*. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 1992
- [15] GY, P.M. *L'échantillonnage des lots de matière en vue de leur analyse*. Masson publ., 1996

- [16] ISO 3084, Iron ores — Experimental methods for evaluation of quality variation
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۲۴۹ "کانه‌های آهن-روش‌های تجربی برای ارزیابی تغییر کیفیت"، ۱۳۹۰ با استفاده از استاندارد ISO 3084 تدوین شده است.
- [17] ISO 3085, Iron ores — Experimental methods for checking the precision of sampling, sample preparation and measurement
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۸۰۸ "کانه‌های آهن-روش‌های تجربی بررسی دقت نمونه‌گیری، آماده‌سازی و اندازه‌گیری"، ۱۳۸۸ با استفاده از استاندارد ISO 3085 تدوین شده است.
- [18] ISO 3086, Iron ores — Experimental methods for checking the bias of sampling
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۲۴۴ "کانه‌های آهن-روش‌های تجربی برای کنترل خطای سیستماتیک در نمونه‌گیری"، ۱۳۹۰ با استفاده از استاندارد ISO 3086 تدوین شده است.
- [19] ISO 3301, Statistical interpretation of data — Comparison of two means in the case of paired observations
- [20] SNEDECOR, G.W. and COCHRAN, W.G. Statistical Methods. IOWA State University Press, 7th ed., 1980
- [21] AOKI, Shigeo. Case studies for bias testing. Bulletin for sampling research JUSE, 237, February 1991
- [22] GRUBBS, F.E. On estimating precision of measuring instruments and product variability. J.A.S.A., 1948
- [23] THOMSON, G.J. JR. Precision of simultaneous measurement procedures, J.A.S.A., 1963
- [24] HAHN, G.J. and NELSON, W.A. Problem in the statistical comparison of measuring devices. Technometrics, 1970
- [25] MALONEY, C.J. and RASTOGI, S.C. Significance test for Grubb's estimators. Biometrics, 1970
- [26] JAECH, John L. Further tests of significance for Grubb's estimators. Biometrics, December 1971
- [27] GRUBBS, F.E. Errors of measurement, precision, accuracy and the statistical comparison of measuring instruments. Technometrics, 1973
- [28] ISO 2854, Statistical interpretation of data — Techniques of estimation and tests relating to means and variances
- [29] ISO 8258, Shewhart control charts

[30] ISO 10725, Acceptance sampling plans and procedures for the inspection of bulk materials

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۸۷ " طرح نمونه‌گیری پذیرشی و رویه‌های بازرسی مواد فله‌ای " ، ۱۳۸۹ با استفاده از استاندارد ISO 10725 تدوین شده است.

[31] Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1st ed., 1993)