نشریه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت
Journal of Quality & Standard Management (JQSM)

شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی در کلان‌پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری

مهدی مرادی[1*]، حسین جبل‌عاملیان[2]

۱ محقق و مدرس، مجتمع مدیریت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران
۲ مدرس، دانشکده مدیریت، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران

سابقه مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

چکیده

کلان‌پروژه‌ها به‌عنوان پیشران توسعه کشورها نقش بی‌همتایی دارند؛ از طرفی با توجه به گستردگی مرزهای پروژه‌های بزرگ مقیاس یکپارچه‌سازی کلان‌پروژه‌ها اهمیت بسزایی دارد. با توجه به ماهیت کلان‌پروژه‌ها، پویایی از یک طرف و پیچیدگی محیط آنها از طرف دیگر، احتمال وقوع هرنوع چالش غیرمنتظره را در یکپارچه‌سازی مناسب آنها بوجود می‌آورد. از این‌رو مدیران اجرایی آنها همواره نیازمند علم اندازه‌شناسی(مترولوژی) برای وحدت در اندازه‌گیری در این نوع از پروژه‌ها می‌باشند. هدف از این پژوهش شناسایی شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری و احصاء مضامین و مفاهیم علم اندازه‌شناسی بعنوان یک ابزار مهندسی کیفیت برای کمک به وحدت اندازه‌گیری در کلان‌پروژه‌ها می‌باشد. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و توسعه‌ای و روش تحقیق آن، به صورت ترکیبی (روش آمیخته) است. جامعه آماری این تحقیق شامل خبرگان و مدیران اجرایی پروژه‌های بزرگ مقیاس آشنا به مسائل اندازه‌شناسی(مترولوژی) است. ترکیب داده‌های کیفی و کمّی نیز از نوع اکتشافی است و ابزار مورد استفاده پرسشنامه است؛ بدین صورت که مرحله اول برای دستیابی به مفاهیم علم اندازه‌شناسی در کلان‌پروژه‌ها، از رویکردهای کیفی استفاده شده و در مرحله دوم مفاهیم کشف شده با رویکرد کمّی تکمیل و اعتبارسنجی شده است.

کلمات کلیدی: اندازه‌شناسی، وحدت اندازه‌گیری، کلان‌پروژه، مهندسی کیفیت

[1] noavar93@gmail.com

[2] jabalamelian@yahoo.com

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

۱ مقدمه

پژوهش‌های سال‌های اخیر نشان از آن دارد که مدیران پروژه‌های بزرگ مقیاس اتفاق نظر دارند که ما در محیطی با پیچیدگی و پویایی زیاد قرار داریم. در حقیقت تغییرات محیطی و فناوری‌های پیشرفته یک جریان کنترل‌ناپذیر هستند و اثرات بزرگی در اندازه‌گیری و وحدت در اندازه‌گیری پروژه‌ها می‌گذارند؛ و تقریباً هیچ پروژه‌ای از این جریان مستثنی نیست. در واقع تا زمانی که نتوانیم معیارهای اندازه‌گیری را درست بشناسیم، انسجام و یکپارچگی ابزارهای اندازه‌گیری در پروژه‌های بزرگ مقیاس بسیار دشوار است و در حقیقت با روش‌های معمول و قدیمی نمی‌توان وحدت در اندازه‌گیری را بوجود آورد. با ظهور مباحث علم اندازه‌شناسی می‌توان وحدت اندازه‌گیری را در محیط کلان‌پروژه‌ها شناسایی و مدیران آنها را برای مواجه با مشکلات اندازه‌گیری در این نوع از پروژه‌ها آماده کرد. تغییرات شتابان محیط کلان‌پروژه‌ها، لزوم درک هرچه بیشتر مضامین و مفاهیم علم اندازه‌شناسی در این نوع از پروژه‌ها را هر چه بیشتر نمایان می‌سازد؛ به‌طوری‌که رویارویی با مخاطرات اندازه‌گیری و وحدت اندازه‌گیری در پروژه‌های بزرگ مقیاس صرفاً از طریق علم اندازه‌شناسی امکانپذیر است. (آذرپرا، ۱۳۸۹) اندازه‌شناسی، شاخه‌ای از علم است که به شناخت و بررسی کمّیت‌های فیزیکی می‌پردازد که بخشی حیاتی برای زیرساخت دنیای امروز است و بصورت مستقیم و غیر مستقیم، وارد زندگی ما می‌شود. فضای اندازه‌گیری در علم و فناوری بسیار بزرگ است و تقریباً تمام زندگی روزمره را در بر می‌گیرد؛ به بیان دیگر اندازه‌شناسی، سیستم‌ها و چارچوب‌هایی را برای کمّی‌سازی و وحدت در اندازه‌گیری فراهم کرده و از این طریق ثبات و اطمینان را در همه اندازه‌گیری‌ها پایه‌ریزی می‌کند. با توجه به موارد ذکر شده، اندازه‌شناسی دامنه بسیار گسترده‌ای دارد؛ هر چند این علم که در دنیا به اندازه‌شناسی مشهور است به واسطهٔ گستردگی از یک طرف و تبیین نشدن مضامین و مفاهیم آن از طرف دیگر، که از ابزارهای مهندسی کیفیت است، بطور واضح مورد تاکید قرار نگرفته است. (جیلن بوک ،۲۰۱۸) همچنین با توجه به ماهیت کلان‌پروژه‌ها و پویایی و پیچیدگی محیط آنها، احتمال وقوع هرنوع چالش غیرمنتظره را در یکپارچه‌سازی مناسب اصول اندازه‌شناسی آنها بوجود می‌آورد. از این رو مدیران آنها همواره نیازمند علم اندازه‌شناسی برای وحدت در اندازه‌گیری در این نوع از پروژه‌های بزرگ مقیاس هستند. هدف از این پژوهش، تبیین و احصاء مضامین و مفاهیم علم اندازه‌شناسی بعنوان یک ابزار مهندسی کیفیت برای کمک به وحدت اندازه‌گیری در قالب یک الگو در کلان‌پروژه‌ها است.

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

۲ پیشینه تحقیق

پیشینه فعالیت‌های اندازه‌گیری دقیق به زمان‌های بسیار دور بر می‌گردد؛ مخازن و آبراه‌های قدیمی در سریلانکا، تعیین موقعیت زمانی در تمدن بین‌النهرین و پیدا شدن یک شاهین ترازو در مصر با قدمت حدود پنج هزار سال قبل از میلاد مسیح، نشان از وجود سیستم اندازه‌گیری کاملی در آن زمان دارد (یوسفی و موسوی، ۱۴۰۰). اندازه‌گیری دقیق مستلزم ایجاد ساختاری به نام اندازه‌شناسی است که ضامن پایداری، درستی و اطمینان از نتیجه یک اندازه‌گیری باشد. وقتی این ویژگی‌ها با اندازه‌گیری همراه باشد، کسب‌وکار و تولید محصول تسهیل می‌شود، زیرساخت‌ها به درستی کار خواهند کرد، فناوری، تجارت جهانی و اقتصاد پیشرفت می‌کند و سلامت و ایمنی و مهندسی کیفیت زندگی ما را تضمین می‌کند. بطور خلاصه اندازه‌شناسی سیستم‌ها و چارچوب‌هایی را برای کمّی‌سازی فراهم کرده و از این طریق ثبات و اطمینان را در همه اندازه‌گیری‌ها پایه‌ریزی می‌کند. از وظایف اندازه شناسی مشخص است که دامنه کاربرد آن بسیار گسترده و وسیع است. هر چند، از این اصطلاح به دلیل زیربنایی بودن آن بطور گسترده استفاده نشده و شناخته نشده باقی مانده است؛ به بیان دیگر، موسّع بودن این ابزار از مهندسی کیفیت که نقش بسیار مهمی در یکپارچه‌سازی و موفقیت در کلان‌پروژه‌ها دارد نادیده گرفته شده و مغفول مانده است.

کلان‌پروژه‌ها

کلان‌پروژه‌ها اغلب ماموریت‌هایی فناورانه با ویژگی‌های خلاقانه بوده و به تجربه متکی نیستند. آنها گاهی اوقات لبه فناوری‌های بدیع را به نمایش می‌گذارند که از آن به مفهوم شکوه فناورانه[1] یاد می‌کنند، گاهی اوقات مجریان آن لقمه‌ای بزرگ‌تر از دهان خود برمی‌دارند و اینجاست که مشکلات و نارسایی‌هایی در پروژه بروز می‌کنند. در حقیقت در کلان‌پروژه‌ها نه تنها مسئله پیچیدگی فناورانه، بلکه پیچیدگی اجتماعی نیز بوجود می‌آید. در بیشتر اوقات نگرانی‌هایی در مورد حمایت عمومی، عقلانیت و هم‌سازی تصمیمات سیاسی وجود دارد. به عنوان مثال برای محافظت از ارزش‌های عمومی، برای تحمل ریسک‌های عمومی، یا برای پرداختن به این موضوعات با تکیه بر بودجه عمومی سوالی که به طور مداوم مطرح می‌شود این است که تصمیم‌گیری

[1] technological sublime

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

خصوصی، تامین مالی خصوصی و ریسک‌پذیری خصوصی در کجا اولویت دارد و تصمیم‌گیری دولتی در کجا ضرورت پیدا می‌کند.

اندازه‌شناسی

اندازه‌شناسی به صورت ساده به دانش اندازه‌گیری گفته می‌شود و تمام جنبه‌های نظری و عملی اندازه‌گیری را مطالعه و بررسی می‌کند. آنچه امروزه به عنوان مبنای علم اندازه‌گیری به صورت علمی استناد می‌شود، اندازه‌شناسی نام گرفته است. از اندازه‌شناسی در تمام خواص، کمیت‌ها و قوانین ریاضی، فیزیک، شیمی و... به صورت بهینه استفاده می‌شود. در علم اندازه‌شناسی میزان ردیابی و قطعیت یک نتیجه اندازه‌گیری به صورت پله‌ای قابل بیان است. هرم اندازه‌گیری میزان قطعیت یک سنجش را به ترتیب بیان می‌کند و به شما نشان می‌دهد که دقت و صحت اندازه‌گیری به چه نحوی اولیت‌بندی می‌شود. و در نهایت براساس تعریف دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها[1] علم اندازه‌شناسی، علم اندازه‌گیری است که عموم جنبه‌های تجربی و نظری اندازه‌گیری را در هر سطح از عدم قطعیت و در هر زمینه‌ای از علم و فناوری در بر می‌گیرد. اندازه‌شناسی شامل تعریف و تحقق یکاهای اندازه‌گیری، ساخت و کنترل عملکرد ابزارهای اندازه‌گیری و حفظ حقوق مصرف کننده می‌باشد.

وظایف اندازه‌شناسی (براساس استاندارد گوست[2])

وظیفه اصلی اندازه‌شناسی، اطمینان از یکنواختی اندازه‌گیری‌ها است؛ از آنجا که اندازه‌شناسی، روش‌ها و وسایل اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی را با حداکثر دقت مطالعه می‌کند، وظایف و اهداف آن از همان تعریف علم ناشی می‌شود. با این حال، با توجه به اهمیت بسیار زیاد آن به عنوان یک علم برای پیشرفت علمی و فناوری و تکامل جامعه بشری، کلیه اصطلاحات و تعاریف اندازه‌شناسی، از جمله اهداف و مقاصد آن، از طریق اسناد نظارتی استاندارد شده است. بنا بر استاندارد گوست، وظایف اصلی اندازه‌شناسی شامل۱. ایجاد واحدهای مقادیر فیزیکی، استانداردهای دولتی و ابزار اندازه‌گیری نمونه؛ ۲. توسعه نظریه، روش‌ها و وسایل اندازه‌گیری و کنترل؛ ۳.تضمین یکپارچگی اندازه‌گیری‌ها و ابزار اندازه‌گیری یکنواخت؛ ۴. توسعه روش‌هایی برای ارزیابی خطاها، وضعیت ابزارهای اندازه‌گیری و کنترل؛ ۵. توسعه روش‌هایی برای انتقال اندازه‌های واحد از استانداردها یا ابزار اندازه‌گیری نمونه به ابزار اندازه‌گیری کار.

---

[1] International Bureau of Weights and Measures (BIMP)

[2] GOST ov 16263-70

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

اهداف و مقاصد اندازه‌شناسی

اندازه‌شناسی در سه حوزه نظری، تقنینی و عملی مطرح است. با توسعه دانش علمی، اهداف از جهات مختلف به طور متقابل تکمیل و تنظیم می‌شوند، اما به طور کلی، اهداف و مقاصد اندازه‌شناسی را می‌توان به شرح زیر نشان داد:۱. تشکیل سیستم‌های واحد و ویژگی‌های اندازه‌گیری؛ ۲. توسعه دانش نظری عمومی در مورد اندازه‌گیری؛ ۳. استانداردسازی روش‌های اندازه‌گیری؛ ۴. تصویب استاندارد روش‌های اندازه‌گیری، اقدامات تأیید و ابزار فنی؛۵ . بررسی نظام اقدامات در چارچوب دیدگاه تاریخی.

شاخه‌های اندازه شناسی

شاخه اول، اندازه‌شناسی علمی است که شامل تحقق و استقرار یکاهای اندازه‌گیری، ایجاد روش‌های جدید اندازه‌گیری و انتقال قابلیت ردیابی از استانداردهای مرجع به کاربرها در جامعه می‌باشد؛ این در حالی است که تعریف و تحقق کمیت‌های اندازه‌گیری در دفتر بین المللی اوزان و مقیاس‌ها انجام می‌شود که وظیفه آن اطمینان از یکنواختی جهانی اندازه‌گیری‌هاست[۶] . تحقق یکای اندازه‌گیری، به معنی تبدیل تعریف آن به واقعیت است[۴]. بعنوان مثال، نمونه اولیه بین‌المللی کیلوگرم[1] که از آلیاژ ۹۰ درصد پلاتین و ۱۰ درصد ایریدیم ساخته شده است استاندارد اندازه‌گیری تحقق جرم در دفتر بین المللی اوزان و مقیاس‌ها را نشان می‌دهد. در واقع در این دفتر، سیستم بین‌المللی یکاها[2] تعریف شده است تا به این طریق از قیاس‌پذیری اندازه‌گیری در هر جای جهان اطمینان حاصل کرد شود. سیستم بین‌المللی یکاها شامل هفت یکای اصلی متر (طول)، گیلوگرم (جرم)، ثانیه (زمان) آمپر (چریان)، کلوین (دما) کاندلا (روشنایی) و مول (مقدار ماده) است. هر کدام از این یکاها، به یک کمیت فیزیکی اصلی مربوط می‌شود تا بتوان با عملیات دقیق آزمایشگاهی تعریف و بعنوان مرجع استاندارد بین المللی محسوب شود.

شاخه دوم، اندازه‌شناسی صنعتی است که کاربرد این اندازه‌شناسی، در ساخت ابزار اندازه‌گیری و به‌کارگیری آن در جامعه، نگهداری، مهندسی کیفیت این ابزار، کالیبراسیون قابل ردیابی و کنترل کیفیت اندازه‌گیری‌ها در تولید و سایر فرآیندهای جامعه است. اندازه‌گیری‌های درست می‌تواند بطور قابل توجهی افزایش ارزش، کارایی و مهندسی کیفیت محصول را در برداشته باشد. تضمین

[1] International Prototype Kilogram (IPK)

[2] System International Unit (SI)

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

اطمینان از نتایج اندازه‌گیری با صدور گواهینامه، استانداردسازی، اعتبارسنجی و کالیبراسیون که اغلب بعنوان اندازه‌شناسی صنعتی یا اندازه‌شناسی کاربردی شناخته می‌شود، میسر می‌باشد (آل هدی، ۱۴۰۱).

سومین شاخه، اندازه‌شناسی قانونی است که منشا شکل‌گیری آن نیاز به اطمینان از کسب‌وکار منصفانه می‌باشد. اندازه‌شناسی قانونی برای رسیدگی به اعمال قانون در اندازه‌گیری است. اگر اندازه‌شناسی علمی شبکهٔ جاده‌ای و اندازه‌گیری جریان ترافیک باشد. اندازه‌شناسی قانونی علائم جاده، محدودیت‌های سرعت و چراغ‌های راهنمایی است که ضامن حرکت روان و ایمن و بدون ازدحام ترافیک است. هدف اصلی این شاخه حفظ حقوق مصرف‌کننده و دادن اطمینان به شهروندان از درستی نتایج اندازه‌گیری در معاملات تجاری است.

کالیبراسیون (واسنجی)

در واقع واسنجی عبارت است از مقایسه ابزار اندازه‌گیری با استاندارد مرجع معتبر، تعیین میزان خطای ابزار نسبت به مرجع و در صورت لزوم تنظیم یا تعمیر مجدد دستگاه؛ به زبان ساده واسنجی، کنترل صحت وسیله اندازه‌گیری با مرجعی تائید شده است. استانداردهای مرجع یا استانداردهای واسنجی، عناصر حیاتی تمام فنون اندازه‌گیری هستند که برای تضمین و مهندسی کیفیت نتایج و کمّی‌سازی عموماً باید به استاندارد بین‌المللی یا ملی اولیه قابل ردیابی باشند؛ به بیان دیگر اندازه‌گیری‌ها باید با واسنجی‌های زنجیره‌وار از مجرای مرکز ملی اندازه‌شناسی هر کشور به سیستم بین‌المللی یکاها (سازمان بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها) که بالاترین مرجع اندازه‌گیری است، قابل ردیابی باشند.

وحدت اندازه‌گیری

علت وجودی وحدت اندازه‌گیری آن است که بتوان نتایج به دست آمده در شرایط مختلف را مقایسه کرد. علاوه بر این، در هر مورد، روش‌ها و ابزارها باید ثابت بماند. اگر مفاهیم اساسی اندازه‌شناسی را از نظر مهندسی کیفیتِ به دست آوردن نتایج در نظر بگیریم، اصلی‌ترین عنصر آن، دقت خواهد بود. به یک معنا، با خطا در ارتباط است که خوانش‌ها را مخدوش می‌کند. دقیقاً به منظور افزایش دقت است که از اندازه‌گیری‌های سریالی در شرایط مختلف استفاده می‌شود که به لطف آن می‌توان تصویر کامل‌تری از موضوع مورد مطالعه به دست آورد. این موضوع جایگاه مهمی در بهبود کیفیت اندازه‌گیری‌ها بهمراه داشته و با اقدامات پیشگیرانه با هدف بررسی وسایل فنی، آزمایش روش‌های جدید، تحلیل استانداردها و غیره ایفای نقش می‌کند. وظیفه اندازه‌شناسی اطمینان از یکنواختی اندازه‌گیری‌ها است؛ بنابراین برای تعمیم تمام اصطلاحات فوق از مفهوم

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

وحدت اندازه‌گیری استفاده می‌شود، در واقع وحدت اندازه‌گیری، وضعیت اندازه‌گیری‌ها است که در آن نتایج، در واحدهای قانونی بیان شده و خطاها با احتمال مشخص شناخته می‌شوند و از حدود تعیین شده فراتر نمی‌روند.

ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری

برای ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری‌ها از ویژگی‌های زیر استفاده می شود:

صحت: یک ویژگی اندازه‌گیری زمانی که نتایج آنها توسط خطاهای نظام‌مند تحریف نمی‌شود.

دقت: خاصیت اندازه‌گیری‌ها که منعکس‌کننده نزدیکی نتایج به مقدار واقعی کمیت اندازه-گیری شده است.

قیاس‌پذیری: نزدیک بودن نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در شرایط یکسان است.

یکای اندازه‌گیری

واحد یا یکای اندازه‌گیری به مقدار معین و ثابتی گفته می‌شود که از آن به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری و شمارش یک کمیت فیزیکی استفاده می‌شود. یکاهای اندازه‌گیری یا به صورت یک شی و یا در قالب یک پدیده تعریف می‌شوند و مقایسه‌پذیری اعداد بدست آمده را میسر می‌سازند. در اندازه‌گیری، نیاز است تا واحدهای مربوط یه یک کمیت، مقداری ثابت بوده و در شرایط فیزکی تعریف شده در دسترس باشد. این واحدها در قالب یک سری قراردادهای بین‌المللی در بین دانشمندان تعریف می‌شود که متولی آن سازمان جهانی یکاها[1] است. اهمیت واحدها آنجا بیشتر می‌شود که باید شناخت دقیقی از هرکدام داشته باشیم تا بتوانیم با بهترین واحد و در مقیاس درست، اندازه‌گیری را انجام داده و مقدار آن را گزارش کنیم.

۳ مبانی نظری

قدمت اندازه‌شناسی به دوران باستان باز می‌گردد و حتی در کتاب مقدس نیز به آن اشاره شده است. شکل‌های اولیه اندازه‌شناسی شامل این بود که مقامات محلی استانداردهای ساده و دلخواه را تنظیم می‌کردند که اغلب بر اساس اندازه‌گیری‌های ساده و عملی، مانند طول بازو است. اولین استانداردها برای مقادیری مانند طول، وزن و زمان برای تسهیل معاملات تجاری و ثبت فعالیت‌های انسانی معرفی شدند. چهار تمدن بزرگ باستانی چین، هند، مصر و بین‌النهرین،

[1] International system of units (SI)

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

همگی دانش اولیه اندازه‌شناسی را داشته‌اند. در چین، اکتشافات باستان‌شناسی استفاده از سیستم متریک اعشاری را در ۱۶۰۰ سال قبل از میلاد نشان می‌دهد. در حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، در همان زمان که کل کشور متحد شد، یک سیستم واحد یکتا نیز در آن گسترش یافت. ابعاد دقیق اهرام مصر شاهد تسلطی پیشرفته است. کارهای تحقیقاتی مهمی در این زمینه به رهبری دانشگاه پاریس انجام شده است. قرون وسطی و دوران سلطنت اگرچه بسیار متفاوت است، اما این دو دوره تاریخی طولانی ویژگی‌های مشترکی در مورد اندازه‌شناسی دارند. قدرت سیاسی در قرون وسطی بسیار پراکنده بود و برعکس تحت سلطنت بسیار متمرکز بود که گاه به مطلق‌گرایی محدود می‌شد (استوک، ۲۰۱۷). نظام فئودالی که با پراکندگی مشخص می‌شود، به نحوی تحت سلطنت ادامه می‌یابد. مشکل اندازه‌شناسی در هر دو مورد یکسان بود؛ اندازه‌گیری سطوح در محیط اطراف پاریس، در سال ۱۷۸۰، با وجود این که از تاریخ متأخر از واحد آرپنت[1] استفاده کرد که دست‌کم ۴۸ تعریف برای آن وجود دارد. علاوه بر این، هر یک از این تعاریف از واحدهای فرعی خاصی استفاده می‌کردند. مداخله انقلاب فرانسه در زمینه اندازه‌گیری و اندازه-شناسی اهداف اجتماعی و اخلاقی داشت. سیستم واحد باید یکتا و برای همه برابر باشد، هدفی منطبق با شعار جمهوری و با انتظارات مردم که در کتاب‌های حاوی ادعای مردم گردآوری شده است. در واقع، انقلاب هر دو چیز، شامل اعداد اعشاری و یک سیستم واحد اندازه‌گیری ساده در بیشتر حوزه‌ها را تحمیل کرد که هنوز ناآشنا بودند. اصلاحات پیشنهادی موفقیت‌آمیز بود و به تدریج در کشورهای دیگر، ابتدا در اروپا و پس از آن فراتر از آن، به تصویب رسید؛ اما باید توجه داشت که تلاش‌های انقلابیون در حوزه زمان بی‌نتیجه بود. از قرن ۱۷ تا ۲۱ تحولات اصلی در زمینه اندازه‌شناسی رخ داد: در این دوره اخیر، توسعه اکتشافات علمی، تشدید مبادلات و استقرار نهادهای بین‌المللی بوده است. سال ۱۸۷۵ سال امضای کنوانسیون متر بود که دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها و کمیته بین‌المللی اوزان را تأسیس کرد و سیستم متر، کیلوگرم و ثانیه (MKS) را پذیرفت. در سال ۱۸۸۹ اولین کنفرانس دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها برگزار شد. در سال ۱۹۳۹ تصویب یک سیستم چهار بعدی بر اساس متر، کیلوگرم، ثانیه و آمپر (MKSA) انجام شد و سیستم پیشنهادی که کمیته بین‌المللی اوزان در سال ۱۹۴۶ تصویب کرد. سال ۱۹۵۴ سال معرفی آمپر، کلوین و کاندلا به عنوان واحدهای پایه، به ترتیب، برای جریان الکتریکی، دمای

[1] arpent

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

ترمودینامیکی و شدت نور بود. در سال ۱۹۶۰ نام سیستم بین‌المللی واحدها با علامت اختصاری SI به سیستم داده شد.

اصطلاح اندازه‌شناسی به دو کلمه یونانی، *مترون* به معنی اندازه‌گیری و *لوگوس* به معنی آموزش ترجمه می‌شود. توسعه سریع علم اندازه‌شناسی در پایان قرن بیستم اتفاق افتاد و ارتباطی ناگسستنی با توسعه فناوری‌های جدید دارد. پیش از آن، اندازه‌شناسی تنها یک موضوع علمی توصیفی بود. باید به مشارکت ویژه در ایجاد این رشته توجه داشته باشیم که از سال ۱۸۹۲ تا ۱۹۰۷، زمانی که اولین شاخه از علم اندازه‌شناسی در روسیه بوجود آمد، هیچ قصدی برای مشارکت نزدیک در اندازه‌شناسی نداشت. در سال ۱۹۹۹ با امضای موافقتنامه شناسایی متقابل، برای به رسمیت شناختن بین‌المللی استانداردهای اندازه‌گیری ملی، مورد تائید قرار گرفت. از آنجا که اندازه‌شناسی روش‌ها و وسایل اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی را با بیشینه دقت مطالعه می‌کند، وظایف و اهداف آن از همان تعریف علم اندازه‌شناسی ناشی می‌شود. با این حال، با توجه به اهمیت بسیار زیاد اندازه‌شناسی به عنوان یک علم برای پیشرفت علمی و فناوری و تکامل جامعه بشری، کلیه اصطلاحات و تعاریف اندازه‌شناسی، از جمله اهداف و مقاصد آن، از طریق اسناد نظارتی استاندارد شده است؛ در همین راستا استانداردهای گوست تدوین شده است. تقریباً در بیشتر این تحقیقات وظایف اندازه‌شناسی شامل بهبود استانداردها، توسعه روش‌های جدید اندازه‌گیری دقیق، اطمینان از یکپارچگی و دقت لازم اندازه‌گیری بود. این درحالی است که اندازه‌شناسی در عصر حاضر معنای گسترده‌تری پیدا کرده و استفاده از آن در کلان‌پروژه‌ها نیز کاملاً ضروری و استفاده از آن برای حفظ یکپارچگی گریزناپذیر است؛ هدف پژوهش حاضر احصاء شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی در کلان‌پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری در این پروژه‌های بزرگ مقیاس می‌باشد، پس لازم است موارد مورد مطالعهٔ علم اندازه‌شناسی با تاکید بر کلان‌پروژه‌ها و اهمیت وحدت اندازه‌گیری برای احصاء مضامین و مفاهیم مورد بررسی قرار گرفته و مضامین و مفاهیم و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری در قالب الگو ارائه شود. با توجه به موارد پیش‌گفته ویژگی‌های انقلاب‌های صنعتی در جدول ۱ ارائه می‌شود.

جدول ۱. ویژگی‌های انقلاب‌های صنعتی

انقلاب / شرح	ماشین ۱۹۲۰-۱۸۰۰	نیمه رسانا ۲۰۱۰-۱۹۵۰	نانو تکنولوژی تاکنون- ۲۰۰۰
تولید انبوه	میلی (1mm=1000μ m)	میلکرو (1μm=1000 nm)	نانو ($1nm=10^{9}m$)

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

فرایندها	اسلحه گرم، ماشین‌های دوخت، اتومبیل و...	مدارهای نیمه رسانا	محصولات در مقیاس نانومتر شامل محصولات الکترونیکی، مغناطیسی، فوتونیکی، مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی
الزامات اساسی	تراشکاری، قالب‌گیری، ریخته‌گری، آهنگری و...	لیتوگرافی مسطح، لیتوگرافی سه بعدی	لیتوگرافی مسطح، لیتوگرافی سه بعدی، خودآرایی نانواشیاء
استانداردهای مرجع کالیبراسیون	برش دقیق، بخش‌های ماشینی تعویض‌پذیر	برش دقیق، چیدن الگوی مدارهای الکتریکی	برش دقیق، چیدن الگوی مدارهای الکتریکی و نانواشیاء
نمونه ابزار	کولیس	تصویربرداری نوری و الکترونی	تصویربرداری نوری و الکترونی، میکروسکپی نانو تیپ

۴ روش پژوهش

با توجه به اینکه پژوهشگران در این پژوهش به دنبال شناسایی مفاهیم و مضامین اندازه‌شناسی و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری در کلان‌پروژه‌ها از ادبیات موضوع هستند، بنابراین ضروری است از روش آمیخته استفاده شود؛ بر همین اساس پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی و توسعه‌ای است و روش آن به‌صورت ترکیبی از روش کیفی و کمّی (آمیخته) است؛ به‌طوری‌که در مرحله اول برای دستیابی به گزاره‌های کلیدی از مرور ادبیات پژوهش، از رویکردهای کیفی استفاده شده و در مرحله دوم عناصر و اصول شناسایی شده با رویکرد کمّی تکمیل و اعتبارسنجی شده است. جامعه پژوهش، خبرگان آشنا به علم اندازه‌شناسی و مدیران عالی و اجرایی کلان‌پروژه‌های صنعتی و خدماتی شامل ۳۰ نفر است. برای شناسایی و احصاء مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی در کلان-پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری، از نظرات خبرگان منتخب و روش غربالگری در چند مرحله استفاده شده و در نهایت ۳۷ مضمون و ۳۷ مفهوم در چهار شاخص ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری در قالب یک الگو به‌دست آمد. این درحالی است که بعد از طراحی پرسشنامه‌ها از طریق آلفای کرونباخ، پایایی پرسشنامه‌ها محاسبه شد و با مقدار ۰/۷۷ به تائید رسید.

۵ یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های نمونه آماری پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه، آمار و ارقام راجع به جامعه آماری، عمدتاً از متخصصان و خبرگانی که دارای تخصص، دانش و تجربیات کافی در موضوع تحقیق می‌باشند؛ ضمن اینکه ویژگی این خبرگان عبارت است از افرادی که با مفاهیم اداره اندازه شناسی و کلان پروژه‌ها آشنایی دارند و سابقه کار در سطوح مدیران عالی و اجرایی پروژه‌های بزرگ دولتی و خصوصی هستند.

جدول ۲. ویژگی‌های مدیران و خبرگان جامعه آماری آشنا به موضوع پژوهش

ردیف	ویژگی	تعداد	مدرک	سابقه کار
۱	مدیران اجرایی پروژه‌های دولتی و خصوصی آشنا به موضوع	۱۰	ارشد-دکتری	مدیران عالی و اجرایی پروژه های دولتی و خصوصی
۲	خبرگان و صاحب‌نظرانی که با مفاهیم پروژه‌ها و اندازه‌شناسی آشنایی دارند	۱۵	ارشد-دکتری	
۳	خبرگان و صاحب‌نظران دانشگاهی مرتبط با حوزه تخصصی صرفا اندازه‌شناسی	۱۲	دکتری	

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

حجم این جامعه آماری (در دسترس) حدود ۳۷ نفر برآورد شد که در جدول ۲ نشان داده شده است.

با توجه به بررسی مطالعات و ادبیات نظری، احصاء شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم بسیار حیاتی و مهم آن در شناخت صحیح علم اندازه‌شناسی، در کلان پروژه‌ها وحدت اندازه‌گیری در این گونه از پروژه‌ها است که شامل چهار شاخص ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری زیر می‌باشد:

۱. صحت: یک ویژگی اندازه‌گیری زمانی که نتایج آنها با خطاهای نظام‌مند تحریف نمی‌شود.
۲. همگرایی: خاصیت اندازه‌گیری‌ها که منعکس‌کننده نزدیکی نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در شرایط یکسان، توسط اپراتور است.
۳. تکرارپذیری، خاصیت اندازه‌گیری‌ها که منعکس‌کننده نزدیکی نتایج اندازه‌گیری‌های یک مقدار انجام شده در شرایط مختلف و در زمان‌های مختلف، در مکان‌های مختلف، با روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری مختلف است.
۴. دقت، خاصیت اندازه‌گیری‌ها که منعکس‌کننده نزدیکی نتایج اندازه‌گیری به مقدار واقعی کمیت اندازه‌گیری شده است.

با توجه به شناخت شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، حالا ضروری است مضامین و مفاهیم به کار رفته در آن که در علم اندازه‌شناسی در درجه بعدی اهمیت قرار دارد واکاوی، احصاء و کشف شود. باید گفت که صورت‌بندی و تفسیر صحیح آنها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا افراد بر اساس درک خود است که بسیاری از مضامین و مفاهیم و تعاریف پذیرفته شده را با استفاده از تجربیات زندگی خود و با پیروی از غریزه خود تفسیر می‌کنند. تفسیر بدون ابهام اصطلاحات برای همه بسیار مهم است، زیرا چنین رویکردی درک بهینه و کامل هر پدیده زندگی را ممکن می‌سازد. به همین دلیل به منظور احصاء مضامین و مفاهیم ویژه در اندازه‌شناسی کلان‌پروژه‌ها، تایید موارد بدست آمده در سطح جامعه آماری پژوهش ضروری و لازم بود. از آنجا که قطعیت مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی مورد تاکید پژوهش است. ضرورت دارد این مضامین اندازه‌شناسی در کلان‌پروژه‌ها احصاء شود. این موضوع به تسهیل روند یکپارچه‌سازی و وحدت اندازه‌گیری در تعامل با طراحان و شرکای راهبردی همکار در کلان‌پروژه در موقع یکپارچه‌سازی سامانه‌ها از اهیت فوق‌العاده بالایی برخوردار است. با توجه به داده‌های بدست آمده از ادبیات

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

موضوع در اندازه‌شناسی کلان‌پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم آن نیز مطابق جدول ۳ بدست آمد.

جدول ۳. مضامین و مفاهیم اندازه شناسی در کلان‌پروژه‌ها

ردیف	مضامین	مفاهیم
۱	کمیت فیزیکی	نشان دادن یک ویژگی مشترک در رابطه با مهندسی کیفیت تعداد زیادی از اشیاء فیزیکی، اما برای هر یک از آنها به معنای بیان کمّی
۲	واحد کمیت فیزیکی	منظور از کمیت فیزیکی چیست که بر حسب شرط، مقدار عددی برابر با یک به آن اختصاص می‌یابد
۳	اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی	به ارزیابی کمّی یک جسم فیزیکی با استفاده از ابزار اندازه‌گیری اشاره دارد
۴	ارزش واقعی یک کمیت فیزیکی	مقدار یک کمیت فیزیکی که به طور مطلوب، کمیت فیزیکی متناظر را از نظر کیفی و کمّی مشخص می‌کند؛ یا مقدار یک کمیت فیزیکی است که به طور تجربی به دست آمده و به قدری به مقدار واقعی نزدیک است که از آن می‌توان در مسئله اندازه‌گیری داده شده استفاده کرد.
۵	اندازه‌گیری مستقیم	اندازه‌گیری که در آن مقدار مورد نظر یک کمیت فیزیکی به طور مستقیم به دست می‌آید.
۶	اندازه‌گیری غیر مستقیم	تعیین مقدار مورد نظر یک کمیت فیزیکی بر اساس نتایج اندازه‌گیری مستقیم سایر کمیت‌های فیزیکی که عملکردی مرتبط با مقدار مورد نظر دارند.
۷	ابزار اندازه‌گیری	یک ابزار فنی با ویژگی‌های اندازه‌گیری نرمال شده است، که شامل یک دستگاه اندازه‌گیری، یک سیستم اندازه‌گیری، یک مبدل اندازه‌گیری، مجموعه‌ای از سیستم-های اندازه‌گیری است
۸	دستگاه اندازه‌گیری	ابزار اندازه‌گیری است که سیگنال اطلاعاتی را به شکلی تولید می‌کند که برای درک مستقیم ناظر قابل درک باشد
۹	اندازه گرفتن	یک ابزار اندازه‌گیری که کمیت فیزیکی یک اندازه معین را بازتولید می‌کند. به عنوان مثال، اگر دستگاه به عنوان یک ابزار اندازه‌گیری گواهی شده باشد، مقیاس آن با علائم دیجیتالی یک اندازه‌گیری است
۱۰	سیستم اندازه‌گیری	مجموعه‌ای از ابزارهای اندازه‌گیری است که از طریق کانال‌های انتقال اطلاعات برای انجام یک یا چند عملکرد به یکدیگر متصل می‌شوند
۱۱	مبدل اندازه‌گیری	یک ابزار اندازه‌گیری که سیگنال اندازه‌گیری اطلاعات را به شکلی مناسب برای ذخیره‌سازی، مشاهده و پخش از طریق کانال‌های ارتباطی تولید می‌کند، اما برای درک مستقیم در دسترس نیست
۱۲	اصل اندازه‌گیری	مجموعه‌ای از پدیده‌های فیزیکی، که اندازه‌گیری‌ها بر اساس آن است
۱۳	روش اندازه‌گیری	مجموعه‌ای از فنون و اصول برای استفاده از ابزار اندازه‌گیری فنی است
۱۴	تکنیک اندازه‌گیری	مجموعه‌ای از روش‌ها و قوانین که سازمان‌های پژوهشی اندازه‌شناسی توسعه داده‌اند و مصوب قانون است
۱۵	خطای اندازه‌گیری	نشان‌دهنده تفاوت جزئی بین مقادیر واقعی یک کمیت فیزیکی و مقادیر به دست آمده در نتیجه اندازه‌گیری است
۱۶	واحد اندازه‌گیری اساسی	یک واحد اندازه‌گیری استاندارد شده، که به طور رسمی تایید شده است
۱۷	واحد اندازه‌گیری استاندارد	ابزار فنی طراحی شده برای انتقال، ذخیره و بازتولید یک واحد
۱۸	واحد مشتق شده به عنوان واحد اندازه‌گیری	مرتبط با واحدهای پایه بر اساس مدلهای ریاضی از طریق نسبت انرژی که استانداردی ندارد
۱۹	محدوده نشانگر ابزار اندازه‌گیری	محدوده مقادیر مقیاس ابزار، محدود به مقادیر اولیه و نهایی مقیاس
۲۰	محدوده اندازه‌گیری	محدوده مقادیر کمیتی که در آن حدود خطای مجاز ابزار اندازه‌گیری نرمال می‌شود
۲۱	دقت اندازه‌گیری	مقدار عددی یک کمیت فیزیکی که در مقابل خطا تفسیر می‌شود و طبقه‌بندی ابزار اندازه‌گیری نمونه را تعیین می‌کند. با توجه به شاخص دقت اندازه‌گیری، ابزار اندازه-گیری را می توان به خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم تقسیم کرد
۲۲	سیگنال اندازه‌گیری	یک سیگنال حاوی اطلاعات کمّی در مورد کمیت فیزیکی اندازه‌گیری شده.
۲۳	وحدت اندازه‌گیری‌ها	وضعیت اندازه‌گیری‌ها با این مشخصه که نتایج آنها در واحدهای قانونی بیان می‌شود که ابعاد آنها در محدوده تعیین شده برابر با اندازه واحدهای تولید شده توسط

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

		استانداردهای اولیه است و خطاهای نتایج اندازه‌گیری شناخته شده و با احتمال معین از حدود تعیین شده فراتر نمی‌روند.
۲۴	حساسیت ابزار اندازه‌گیری	خاصیت یک ابزار اندازه‌گیری که با نسبت تغییر سیگنال خروجی این ابزار به تغییر مقدار اندازه‌گیری شده، تعیین می‌شود.
۲۵	خطای اندازه‌گیری	انحراف نتیجه اندازه‌گیری از مقدار واقعی کمیت اندازه‌گیری شده
۲۶	خطای مطلق ابزار اندازه‌گیری	تفاوت بین نشان‌دهنده ابزار اندازه‌گیری و مقدار واقعی کمیت اندازه‌گیری شده که در واحدهای کمیت فیزیکی اندازه‌گیری شده بیان می‌شود.
۲۷	خطای نسبی ابزار اندازه‌گیری	خطای ابزار اندازه‌گیری که به صورت نسبت خطای مطلق ابزار اندازه‌گیری به نتیجه اندازه‌گیری یا به مقدار واقعی کمیت فیزیکی اندازه‌گیری شده بیان می‌شود
۲۸	محدوده نرمال کمیت تأثیر	محدوده مقادیر کمیت تأثیرگذار که در آن می‌توان تغییر در نتیجه اندازه‌گیری تحت تأثیر را مطابق با استانداردهای دقت تعیین شده نادیده گرفت
۲۹	محدوده کاری مقادیر کمیت تأثیرگذار	محدوده مقادیر کمیت تأثیرگذار که در آن خطا یا تغییر اضافی در خوانش‌های ابزار اندازه‌گیری عادی می‌شود.
۳۰	ارزش تقسیم مقیاس	تفاوت بین مقادیر مربوط به دو علامت مقیاس مجاور است
۳۱	ضریب تبدیل فرستنده	نسبت سیگنال در خروجی مبدل اندازه‌گیری که مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد به سیگنالی که باعث ایجاد آن در ورودی مبدل می‌شود.
۳۲	دقت ابزار	مشخصه کیفی ابزار اندازه‌گیری که نزدیک بودن خطای آن را به صفر منعکس می‌کند
۳۳	ابزار کار	وسیله‌ای برای اندازه‌گیری به منظور ارزیابی یک پدیده فیزیکی
۳۴	ابزار نمونه	یک ابزار اندازه‌گیری است که فقط برای تبدیل ابعاد واحدها به ابزار اندازه‌گیری در نظر گرفته شده است.
۳۵	مجوز	اختیاری است که به نهادهای خدمات اندازه‌گیری دولتی در قلمرو اختصاص داده شده به آن به یک شخص حقیقی یا حقوقی برای انجام فعالیت‌هایی برای تولید و تعمیر ابزار اندازه‌گیری صادر می‌شود.
۳۶	تنوع متر	تفاوت در قرائت‌های ابزار در همان نقطه از محدوده اندازه‌گیری با رویکرد صاف به این نقطه از سمت مقادیر کوچکتر و بزرگتر کمیت اندازه‌گیری شده.
۳۷	تائید	مجموعه‌ای از عملیات انجام شده به منظور تأیید انطباق ابزارهای اندازه گیری با الزامات اندازه‌گیری.

تحلیل داده‌ها

به منظور به‌دست آوردن شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی در کلان‌پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری نیاز بود تا عوامل شناسایی شده در ادبیات موضوع متناسب با کلان‌پروژه‌ها منطبق شود. در این پژوهش از یک پرسشنامه استفاده شده که در ابتدا بر اساس یافته‌های حاصل از ادبیات علمی و اسناد معتبر، شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی در کلان پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری، استخراج و پرسشنامه بر اساس آن‌ها تنظیم شد. با توجه به شرایط پژوهش و ضرورت بومی‌سازی مضامین و مفاهیم و توسعه آنها با محوریت در کلان‌پروژه‌ها در کشور، نیاز به پیمایش میدانی و مصاحبه با جامعه پرسش‌شوندگان آشنا با موضوع تحقیق و ادبیات اندازه‌شناسی بود؛ بر همین اساس تیم پژوهش اقدام به تعیین وقت با این افراد نمود.

اساس روش دلفی بر این پایه استوار است که نظر متخصصان هر قلمرو علمی در مورد پیش‌بینی آینده صائب‌ترین نظر است؛ بنابراین برخلاف روش‌های پیمایشی پژوهشی، اعتبار روش دلفی نه

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

به شمار شرکت‌کنندگان در پژوهش بلکه به اعتبار علمی متخصصان و خبرگان شرکت‌کننده در پژوهش بستگی دارد. از این‌رو استفاده از این روش برای سنجش روایی پرسشنامه مناسب است. براساس یافته‌های حاصل از مرور ادبیات علمی و اسناد مطالعاتی سازمانی مرتبط، فرایند بررسی و تائید نهایی پرسشنامه (قبل از توزیع برای پیش‌آزمون) توسط ۷ تَن از صاحب‌نظران با دریافت نظرات تکمیلی و اعمال اصلاحات در پرسشنامه برازش و بررسی شد. آمار توصیفی و صلاحیت‌های دانشی و حرفه‌ای مشارکت‌کنندگان در تائید روایی محتوای پرسشنامه به شرح جدول زیر است.

جدول ۴. آمار توصیفی و صلاحیت دانشی و حرفه‌ای در تائید روایی محتوای پرسشنامه

جامعه مورد مطالعه	تعداد	دکتری تخصصی	میانگین سنوات بعنوان مدیر پروژه	هیئت علمی	مدیر عالی
صاحب‌نظران	۹	۹	۱۸	۶	۳

اعتبار یا اعتمادپذیری ابزار به پایایی[1] و سازگاری درونی ابزار می‌پردازد. پایایی با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد. در این پژوهش برای محاسبه میزان اعتبار پرسشنامه‌ها از روش آلفای کرونباخ و نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. در پژوهش حاضر که ابزار اصلی اندازه‌گیری داده‌ها پرسشنامه است، پایایی پرسشنامه یا قابلیت اعتماد آن با استفاده از روش آلفای کرونباخ محاسبه‌شده است. این روش برای محاسبه هماهنگی درونی ابزار اندازه‌گیری ازجمله پرسشنامه یا آزمون‌هایی که خصیصه‌های مختلف را اندازه‌گیری می‌کند، در توزیع مقدماتی پرسشنامه به‌منظور پیش‌آزمون[2] تعداد ۱۵ پرسشنامه به‌صورت تصادفی بین اعضای جامعه توزیع شد و بر اساس آن برآورد آلفای کرونباخ انجام شد که دلالت بر پایایی بسیار مناسب پرسشنامه طراحی‌شده داشت.

$$r_a = \frac{J}{J-1}\left(1-\frac{\sum si^{2}}{s^{2}}\right)$$

که در آن:

r_a = آلفای کرونباخ،

J= تعداد سؤالات پرسشنامه نیمه بسته،

$\sum si^{2}$ = مجموع واریانس تک‌تک سؤالات و

s^{2} = واریانس کل، است.

[1] Reliability

[2] Pre Test

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

دامنه ضریب اعتبار بین ۰ و ۱ است؛ چنانچه این ضریب بالاتر ۰.۷ باشد پایایی آزمون قابل پذیرش است. این ضریب به‌صورت درصد بیان می‌شود و تفسیر آن به این صورت است که اگر این ضریب به‌عنوان مثال ۸۰٪ باشد بدان معناست که ۸۰٪ تغییرات نمرات مشاهده شده به تغییرات واقعی بین آزمودنی‌ها و ۲۰٪ خطای تصادفی است. در این پژوهش از پرسشنامه‌ها برای سنجش پایایی استفاده شده است. نتایج محاسبه ضریب آلفای کرونباخ به شرح زیر است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشاهده می‌شود که سؤالات پرسشنامه از پایایی خوبی برخوردار است. محاسبه آلفای کرونباخ برای سنجش پایایی پرسشنامه در مرحله پیش‌آزمون برابر ۰.۸ محاسبه شد که بیانگر پایایی بالایی است.

تحلیل استنباطی و بررسی سؤالات پژوهش

بعد از شناسایی و احصاء مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری در کلان‌پروژه‌ها، لازم بود از تعداد ۳۷ مورد مندرج در جدول شماره ۳ بعد از اقدامات صورت گرفته خبرگان که پیش‌تر اشاره شد با استفاده از ۹ تَن از خبرگان تعداد ۳۷ مضمون و مفهوم با هدف تشریح و تبیین مفاهیم به‌دست آمده نیز احصاء شد که در جدول ۵ نشان داده شده است. همچنین سؤالات اصلی پژوهش در این خصوص به شرح زیر تعیین شد.

۱- آیا مضامین ارائه‌شده در اندازه شناسی کلان پروژه ها از قابل قبول هستند؟ به‌عبارت دیگر آیا مضامین ارائه شده به‌عنوان مضمون های اصلی و پایه ای برای اندازه شناسی کلان پروژه ها در ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری تلقی می‌گردند؟

۲- مهمترین مفاهیم کدامند و دلیل انتخاب آن‌هاچه می‌باشند؟

به همین ترتیب مضامین اصلی و مهم اندازه شناسی در کلان پروژه ها احصاء شد و مفاهیم آن نیز تعیین که نتایج آن در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۵. شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی در کلان‌پروژه‌ها

شاخص	کد مضمون	مفاهیم
صحت MP_1	MP_{11}	نشان دادن یک ویژگی مشترک در رابطه با مهندسی کیفیت تعداد زیادی از اشیاء فیزیکی، اما برای هر یک از آنها به معنای بیان کمّی
	MP_{12}	ابزار اندازه‌گیری که کمیت فیزیکی یک اندازه معین را بازتولید می‌کند. به عنوان مثال، اگر دستگاه به عنوان یک ابزار اندازه‌گیری گواهی شده باشد، مقیاس آن با علائم دیجیتالی یک اندازه‌گیری است
	MP_{13}	مجموعه‌ای از فنون و اصول برای استفاده از ابزار اندازه‌گیری فنی
	MP_{14}	نشان‌دهنده تفاوت جزئی بین مقادیر واقعی یک کمیت فیزیکی و مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری
	MP_{15}	محدوده مقادیر مقیاس ابزار، محدود به مقادیر اولیه و نهایی مقیاس
	MP_{16}	محدوده مقادیر کمیتی که در آن حدود خطای مجاز ابزار اندازه‌گیری نرمال می‌شود

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

	MP_{17}	انحراف نتیجه اندازه‌گیری از مقدار واقعی کمیت اندازه‌گیری شده
	MP_{18}	تفاوت بین نشان‌دهنده ابزار اندازه‌گیری و مقدار واقعی کمّیت اندازه‌گیری شده که در واحدهای کمیت فیزیکی اندازه‌گیری شده بیان می‌شود.
	MP_{19}	خطای ابزار اندازه‌گیری که بصورت نسبت خطای مطلق ابزار اندازه‌گیری به نتیجه اندازه‌گیری یا به مقدار واقعی کمّیت فیزیکی اندازه‌گیری شده بیان می‌شود
همگرایی MP_2	MP_{21}	به ارزیابی کمّی یک جسم فیزیکی با استفاده از ابزار اندازه‌گیری اشاره دارد
	MP_{22}	تعیین مقدار مورد نظر یک کمّیت فیزیکی بر اساس نتایج اندازه‌گیری مستقیم سایر کمّیت‌های فیزیکی که عملکردی مرتبط با مقدار مورد نظر دارند.
	MP_{23}	ابزار اندازه‌گیری که سیگنال اطلاعاتی را به شکلی تولید می‌کند که برای درک مستقیم ناظر قابل فهم باشد
	MP_{24}	مجموعه‌ای از ابزارهای اندازه‌گیری است که از طریق کانال‌های انتقال اطلاعات برای انجام یک یا چند عملکرد به یکدیگر متصل می‌شوند
	MP_{25}	مجموعه‌ای از روشها و قوانین که سازمان‌های تحقیقاتی اندازه‌شناسی توسعه داده‌اند، مصوب قانون
	MP_{26}	ابزار فنی طراحی شده برای انتقال، ذخیره و بازتولید یک واحد
	MP_{27}	محدوده مقادیر کمیت تأثیرگذار که در آن تغییر در نتیجه اندازه‌گیری تحت تأثیر آن را می‌توان مطابق با استانداردهای دقت تعیین شده نادیده گرفت
	MP_{28}	تفاوت بین مقادیر مربوط به دو علامت مقیاس مجاور است
	MP_{29}	نسبت سیگنال در خروجی مبدل اندازه‌گیری که مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد به سیگنالی که باعث ایجاد آن در ورودی مبدل می‌شود.
	MP_{210}	مشخصه کیفی ابزار اندازه‌گیری که نزدیک بودن خطای آن را به صفر منعکس می‌کند
تکرارپذیری MP_3	MP_{31}	وسیله‌ای برای اندازه‌گیری برای ارزیابی یک پدیده فیزیکی که درک می‌شود
	MP_{32}	یک ابزار اندازه‌گیری که سیگنال اندازه‌گیری اطلاعات را به شکلی مناسب برای ذخیره‌سازی، مشاهده و پخش از طریق کانال‌های ارتباطی تولید می‌کند، اما برای درک مستقیم در دسترس نیست
	MP_{33}	مرتبط با واحدهای پایه بر اساس مدلهای ریاضی از طریق نسبت انرژی که استانداردی ندارد
	MP_{34}	یک سیگنال حاوی اطلاعات کمّی در مورد کمیت فیزیکی اندازه‌گیری شده.
	MP_{35}	وضعیت اندازه‌گیری‌ها که مشخصه آن بیان نتایج آنها در واحدهای قانونی است که ابعاد آنها در محدوده تعیین شده برابر با اندازه واحدهای تولید شده توسط استانداردهای اولیه است و خطاهای نتایج اندازه‌گیری شناخته شده و با احتمال معین از حدود تعیین شده فراتر نمی‌روند.
	MP_{36}	محدوده مقادیر کمیت تأثیرگذار که در آن خطا یا تغییر اضافی در خوانش‌های ابزار اندازه‌گیری عادی می شود.
	MP_{37}	اختیاری است که به نهادهای خدمات اندازه‌گیری دولتی در قلمرو اختصاص داده شده به آن به یک شخص حقیقی یا حقوقی برای انجام فعالیت‌هایی برای تولید و تعمیر ابزار اندازه‌گیری صادر می‌شود.
	MP_{38}	تفاوت در خوانش‌های ابزار در همان نقطه از محدوده اندازه‌گیری با رویکرد صاف به این نقطه از سمت مقادیر کوچکتر و بزرگتر کمّیت اندازه‌گیری شده.
	MP_{39}	مجموعه‌ای از عملیات انجام شده به منظور تأیید انطباق ابزارهای اندازه‌گیری با الزامات اندازه‌گیری.
دقت MP_4	MP_{41}	منظور از کمیت فیزیکی چیست که بر حسب شرط، مقدار عددی برابر با یک به آن اختصاص می‌یابد
	MP_{42}	مقدار یک کمیت فیزیکی که به طور مطلوب کمیت فیزیکی متناظر را از نظر کیفی و کمّی مشخص می‌کند. یا مقدار یک کمّیت فیزیکی است که به طور تجربی به دست آمده و به قدری به مقدار واقعی نزدیک است که از آن می‌توان آن در مسئله اندازه‌گیری داده شده استفاده کرد.
	MP_{43}	یک ابزار فنی با ویژگی‌های اندازه‌گیری نرمال شده است، که شامل یک دستگاه اندازه‌گیری، یک سیستم اندازه‌گیری، یک مبدل اندازه‌گیری، مجموعه ای از سیستم‌های اندازه‌گیری است
	MP_{44}	مجموعه‌ای از پدیده‌های فیزیکی، که اندازه‌گیری‌ها بر اساس آن است
	MP_{45}	یک واحد اندازه‌گیری، استاندارد شده، که به طور رسمی تایید شده است
	MP_{46}	مقدار عددی یک کمّیت فیزیکی که تفسیر می‌شود، مقابل خطا، که طبقه‌بندی ابزار اندازه‌گیری نمونه را تعیین می‌کند. با توجه به شاخص دقت اندازه‌گیری، ابزار اندازه‌گیری را می‌توان به: خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم تقسیم کرد
	MP_{47}	خاصیت یک ابزار اندازه‌گیری که با نسبت تغییر سیگنال خروجی این ابزار به تغییر مقدار اندازه‌گیری شده، تعیین می‌شود.
	MP_{48}	مشخصه کیفی ابزار اندازه‌گیری که نزدیک بودن خطای آن را به صفر منعکس می‌کند
	MP_{49}	یک ابزار اندازه‌گیری است که فقط برای تبدیل ابعاد واحدها به ابزار اندازه‌گیری در نظر گرفته شده است.

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

در یک تحلیل آماری علاوه بر شناخت مسئله و تعریف دقیق فرضیه صفر آزمون، انتخاب درست آزمون آماری نیز مهم است. چه بسا با انتخاب نادرست آزمون آماری نتایج تحلیل آن آزمون را فاقد اعتبار لازم نماید. آنچه در انتخاب آزمون آماری مهم است بررسی شرایط استفاده از یک آزمون آماری است. روش‌های استنباطی آماری به دو دسته آمار پارامتری و آمار ناپارامتری دسته‌بندی می‌شوند. آمار پارامتری به آن دسته از آزمون‌هایی اشاره دارد که در آن توزیع یک جامعه مشخص باشد، به بیانی دیگر پارامترهای توزیع جامعه قابل تخمین باشد. آزمون‌های ناپارامتری به آن دسته از آزمون‌های آماری اطلاق می‌شود که در آنها هیچ اطلاعی از توزیع جامعه در دسترس نیست. آزمون پارامتری مورد استفاده در خصوص مقایسه میانگین آزمونT-test است.

در پاسخ به سؤالات پژوهش فرضیه صفر و فرضیه مخالف این آزمون به‌صورت زیر است:

H_0: μ=۳.۵

H_1: $\mu\neq$۳.۵

پذیرش فرضیه صفر آزمون بدان معناست که به لحاظ آماری میانگین متغیر مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با عدد ۳.۵ به‌عنوان حد میانگین مورد آزمون نداشته بنابراین نمی‌توان نتیجه‌گیری خاصی در مورد آن متغیر ارائه نمود. چنانچه پاسخ‌دهنده گزینه ۴(زیاد) و ۵(خیلی زیاد) را انتخاب کرده باشد بدان معناست که گزاره مطرح شده مورد تائید ایشان بوده است و چنانچه گزینه‌های ۱ تا ۳ را انتخاب کرده باشد بدان معناست که گزینه مطرح‌شده مورد تائید نیست. رد فرضیه صفر بدان معناست که میانگین متغیر مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با حد میانگین دارد. آزمون ناپارامتری مناسب آزمون دوجمله‌ای[1] است. فرضیه صفر این آزمون آن است که داده‌ها با احتمال یکسان (۰.۵) کمتر یا بزرگ‌تر از عدد ۳.۵ می‌باشند و فرضیه مخالف آن است که احتمال کمتر یا بزرگ‌تر بودن داده‌ها از عدد ۳.۵ یکسان نیست. با توجه به اینکه آزمون دوجمله‌ای یک آزمون ناپارامتری است بنابراین در فرضیه صفر تعداد داده‌ها را شمارش می‌کند، به همین دلیل عدد ۳.۵ انتخاب‌شده است؛ بنابراین در این آزمون پاسخ‌ها به دو دسته ۱ و ۲ و ۳ به معنای نظر مخالف با گویه مطرح شده و دسته ۴ و ۵ به معنای نظر موافق با گویه مورد نظر دسته‌بندی شده‌اند؛ بنابراین فرضیه صفر آزمون دوجمله‌ای به صورت زیر است:

[1]Binomial Test

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

H_0: داده‌ها با احتمال یکسان، کمتر یا بزرگ‌تر از عدد ۳/۵ می‌باشند

برای رتبه‌بندی متغیرهای پژوهش از آزمون فریدمَن[1] استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون بیان می‌کند که توزیع مشاهدات در سنجش‌های تکرار شده یکسان هستند و یا به‌عبارت دیگر میان توزیع‌های ایجادشده در اثر سنجش‌های مکرر روی یک گروه و یا بین گروه‌های همتا در زمینه تغیر وابسته تفاوتی وجود ندارد. فرضیه صفر این آزمون به‌صورت زیر است:

H_0: میانگین رتبه‌ها در بین گروه‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری ندارند

رد شدن فرضیه صفر به این معناست که در بین گروه‌های مورد بررسی دست‌کم دو گروه باهم اختلاف معنی‌داری دارند.

برای تعیین این‌که از کدام یک از روش‌های آماری می‌توان برای تحلیل آماری استفاده کرد، بهتر است آزمون نرمالیتی متغیرهای مورد بررسی انجام شود. برخی پژوهشگران در حجم نمونه‌های بالای ۳۰ توزیع جامعه را نرمال فرض کرده و از آزمون‌های پارامتری استفاده می‌کنند. در این پژوهش با استفاده از آزمون نرمالیتی کولموگروف-اسمیرنوف[2] نرمال بودن توزیع جامعه در سطح خطای ۱٪ مورد آزمون قرارگرفته شده است. فرضیه صفر این آزمون مبنی بر نرمال بودن توزیع داده‌های نمونه است. نتایج آزمون نرمالیتی کولموگروف-اسمیرنوف به‌صورت زیر است:

جدول ۶. آزمون نرمالیتی متغیرهای پژوهش

شاخص		MP_1	MP_2	MP_3	MP_4
تعداد		۳۴	۳۷	۳۲	۳۵
پارامترهای توزیع نرمال	میانگین	۴.۳۴	۴.۸۳	۴.۷۹	۴.۴۷
	انحراف معیار	.۶۴۵	.۶۳۲	.۶۸۵	.۸۶۴
آماره آزمون		.۲۶۲	.۴۶۱	.۴۹۷	.۳۷۴
سطح معنی‌داری آزمون (Sig)		۰۰۰.۰	۰۰۰۰.	۰.۰۰۰	۰۰۰.۰

فرضیه صفر این آزمون آن است که متغیر مورد بررسی از توزیع نرمال تبعیت می‌کند و فرضیه مخالف آن است که متغیر از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند؛ نتیجه‌گیری در مورد آزمون با استفاده از سطح معنی‌داری است. چنانچه سطح معنی‌داری آزمون کمتر از ۰.۰۱ باشد فرضیه صفر رد می‌شود و چنانچه بزرگ‌تر از ۰.۰۱ باشد فرضیه صفر تائید می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود سطح معنی‌داری کمتر از ۰.۰۱ است بنابراین دارای توزیع آماری غیر نرمال است، بنابراین برای

[1]Friedman Test

[2]Kolmogorov-Smirnov Test

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

مقایسه میانگین آنها نمی‌توان از آزمون T استفاده کرد و بهتر است از آزمون ناپارامتری دوجمله‌ای استفاده شود. نتایج آزمون دوجمله‌ای به شرح زیر است:

جدول ۷.آزمون دوجمله‌ای متغیرهای پژوهش

متغیرها		دسته‌بندی	تعداد	احتمال مشاهدات	احتمال مورد آزمون	سطح معنی‌داری آزمون (Sig)
MP1	Group 1	<= ۳.۵	۵	.۱۰	.۵۰	.۰۰۰
	Group 2	> ۳.۵	۳۲	.۹۰		
	Total		۳۷	۱.۰۰		
MP2	Group 1	<= ۳.۵	۸	۰.۱۶	.۵۰	.۰۰۰
	Group 2	> ۳.۵	۳۰	۰.۸۴		
	Total		۸۳	۱.۰۰		
MP3	Group 1	<= ۳.۵	۵	۱۶.۰	.۵۰	.۰۰۰
	Group 2	> ۳.۵	۲۳	۸۴.۰		
	Total		۳۷	۱.۰۰		
MP4	Group 1	<= ۳.۵	۵	۰.۲	.۵۰	.۰۰۰
	Group 2	> ۳.۵	۲۸	۰.۸		
	Total		۳۲	۱.۰۰		

سطح معنی‌داری آزمون کمتر از ۰.۰۱ است، بنابراین فرضیه صفر آزمون رد شده و می‌توان گفت داده‌ها با احتمال یکسان حول عدد ۳.۵ توزیع نشده‌اند. با توجه به اینکه احتمال در گروه داده‌های بالاتر از عدد ۳.۵ بیشتر از گروه دیگر است می‌توان گفت، مضامین ۴ گانه مورد بررسی بعنوان مضامین اصلی اندازه‌شناسی از اهمیت بالایی برخوردارند. برای اولویت‌بندی مضامین از آزمون ناپارامتری رتبه‌بندی فریدمن استفاده شده است. نتایج آزمون به‌صورت زیر است.

جدول ۸. نتایج آزمون فریدمن

تعداد	آماره آزمون (Chi-Square)	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
۴۸	۵۵.۲۷	۳	۰.۰۰۰

با توجه به موارد بالا در جدول شماره ۷ میانگین رتبه متغیرها به شکل زیر رتبه‌بندی می‌شوند:

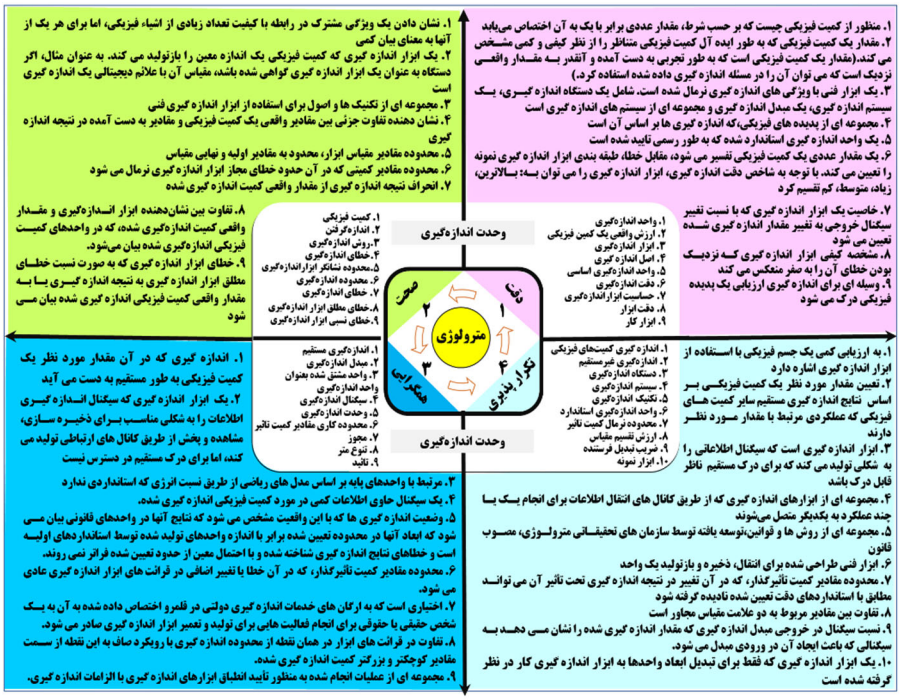
جدول ۹. میانگین رتبه متغیرها

میانگین رتبه شاخص	متغیرها	اولویت	رتبه
۴۶۶	دقت	$MP_۴$	۱
۳۶۸	صحت	$MP_۲$	۲
۳.۰۸	همگرایی	$MP_۳$	۳
۲۸۸	تکرارپذیری	$MP_۴$	۴

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

با توجه به جدول ۵ حالا می‌توان مضامین و مفاهیم اندازه‌شناسی در کلان‌پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری را شامل ۴ مضمون اصلی و ۳۷ مفهوم که نقش اساسی در وحدت اندازه‌گیری در مگا پروژه‌ها دارند را به‌صورت شماتیک به شرح شکل ۱ نشان داد.

شکل ۱. الگوی شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، مضامین و مفاهیم اندازه شناسی در کلان-پروژه‌ها و نقش آن در وحدت اندازه‌گیری



۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

کلان‌پروژه‌ها به‌عنوان پیشران رشد اقتصادی کشورها نقش بی‌همتایی دارند؛ گستردگی مرزهای پروژه‌های بزرگ مقیاس اصل یکپارچه‌سازی در کلان‌پروژه‌ها، اهمیت بسزایی دارد. از نظر ماهیت، کلان‌پروژه‌ها از یک طرف دارای پویایی و از طرف دیگر پیچیدگی محیطی هستند، برای همین احتمال وقوع هرنوع چالش غیرمنتظره در یکپارچه‌سازی مناسب آنها وجود دارد. از اینرو مدیران آنها همواره نیازمند شناسایی علم اندازه‌شناسی برای وحدت در اندازه‌گیری در این نوع از پروژه‌ها هستند. هدف این پژوهش شناسایی شاخص‌های ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری و احصاء مضامین و

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

مفاهیم علم اندازه‌شناسی بعنوان یک ابزار مهندسی کیفیت برای کمک به وحدت اندازه‌گیری در کلان‌پروژه‌ها است؛ همچنین سریز فناوری‌های بار اولی در کلان‌پروژه‌ها در جهان بیش از هر زمان دیگری به اندازه‌گیری درست برای افزایش قابلیت اتکا، قابلیت اطمینان، مهندسی کیفیت، بهبود کیفیت و امنیت در این گونه از چرخه عمر محصولات با فناوری بالا نیاز است. منظور از اندازه‌گیری درست در کلان‌پروژه‌ها، آن اندازه‌گیری است که با دقت، صحت، همگرا و تکرارپذیر باشد. در حقیقت هدف از علم اندازه‌شناسی، اطمینان یافتن از پایداری اندازه‌گیری‌ها در طول زمان، قابل مقایسه بودن و قابلیت اطمینان نتایج در یک اندازه‌گیری است. بررسی‌های پژوهش نشان داد این موضوع در وحدت اندازه‌گیری در کلان‌پروژه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و این مهم از طریق قابلیت ردیابی اندازه‌گیری میسر می‌شود. قابلیت ردیابی در کلان‌پروژه‌ها زنجیرهٔ پیوسته‌ای از واسنجی‌ها است که با آن می‌توان نتیجه اندازه‌گیری را به یک استاندارد مرجع ارتباط داد. در واقع واسنجی، تاکید روی مقایسه یک ابزار اندازه‌گیری با یک استاندارد مرجع معتبر، تعیین میزان خطای ابزار نسبت به مرجع و در صورت لزوم تنظیم یا تعمیر مجدد دستگاه است؛ به زبان ساده واسنجی، کنترل صحت وسیله اندازه‌گیری با مرجعی تائید شده است. استانداردهای مرجع یا استانداردهای واسنجی، عناصر حیاتی تمام فنون اندازه‌گیری هستند که برای مهندسی کیفیت و تضمین کیفیت نتایج و کمّی‌سازی عموماً باید قابل ردیابی به استاندارد بین‌المللی یا ملی اولیه باشد؛ به بیان دیگر، اندازه‌گیری‌ها باید با انجام واسنجی‌های زنجیره‌وار از طریق مرکز ملی اندازه-شناسی هر کشور به سیستم بین المللی یکاها (سازمان بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها) که بالاترین مرجع اندازه‌گیری است، قابل ردیابی باشند. برای اندازه‌گیری با کیفیت زیاد و مورد اطمینان لازم است زیرساخت‌های مورد نیاز از جمله قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها همراه با عدم قطعیت، واسنجی و آزمون تحت عنوان اندازه شناسی ایجاد شود. در این پژوهش دیدیم در دنیا قابلیت اندازه‌گیری و کنترل قانونی، روش‌های آزمون معتبر، سیستم مهندسی کیفیت استقراریافته از دیگر موارد مهم زیرساخت اندازه‌گیری یک کشور بحساب می‌آید. این نکته قابل توجه است که قدرت اندازه‌گیری هر کشور بستگی به توسعه علمی آن دارد. کشورهای پیشرو در علم، قدرت اندازه‌گیری بسیار دقیق با ابزارهای بسیار دقیق با ابزارهای پیشرفته و با دقت بالا دارند، بطوریکه حتی می‌توانند در زمانهای بسیار کوتاه در اشیاء نفوذ کنند؛ بنابراین اداره موفق کشورهای بستگی به حضور تجهیزات اندازه‌گیری دقیق آزمایشگاه‌های ملی برای توسعه اندازه‌گیری‌های با دقت بالا دارد. در این پژوهش

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

سعی شد ابتدا داده‌های کیفی و در ادامه داده‌های کمّی جمع‌آوری شود. جامعه آماری این پژوهش شامل خبرگان و مدیران اجرایی پروژه‌های بزرگ مقیاس آشنا به مسائل اندازه‌شناسی است. ترکیب داده‌های کیفی و کمّی نیز از نوع اکتشافی است و ابزار مورد استفاده پرسشنامه است نتایج بدست آمده شامل ۴ شاخص ارزیابی کیفیت اندازه‌گیری، ۳۷ مضمون و ۳۷ مفهوم علم اندازه‌شناسی و نقش این ابزار مهندسی کیفیت در وحدت اندازه‌گیری در قالب یک الگو در کلان‌پروژه ها می‌باشد. با توجه به نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود خبرگان و دانشمندان حوزه علم اندازه‌شناسی، آزمایشگاه‌های ملی و صنعت با توجه به فرصت‌ها و نیازها در حوزه‌های مختلف این علم، پژوهش، استقرار سیستم اندازه‌گیری، استانداردسازی و معرفی این علم در دانشگاه های کشور را راه‌اندازی کرده و در ارتباط با صنعت بعنوان یک کانون برای توسعه آن نقش‌آفرینی کنند.

۷ مراجع

۱. یوسفی، رضا؛ موسوی‌موحدی، علی‌اکبر (۱۴۰۰). *نقش آزمایشگاه‌های ملی و موسسات تحقیقاتی و ماموریت‌گرا در توسعه علم و فناوری*، صفحات ۸۰ الی ۱۲۰.

۲. واژه‌شناسی اندازه‌شناسی، مفاهیم پایه و عمومی و استاندارد ملی سال، ۱۳۹۰

۳. آل‌علی، هدی(۱۴۰۱). اندازه‌شناسی چیست و چرایی، *نشریه نشا علم*، شماره دوم.

4. Hugo Priemus , Bent Flyvbjerg, Bert van Wee (2008). *Decision-Making om Mega-project*,Edward Elgar, part1and2
5. R.J.c.Beown (2021).Measurement-What is metrology and why this matters, *Measurement*, 168
6. *Kilogram,Introduction* (2019). Available at: Http:/wwwnist.gov/si redefination/kilogram.
7. Analytical Methods Committee, Anal. (2019). *Methods* **11** , 1577
8. *IEEE Approved Draft Recommended Practice for Preferred Metric Units for Use in Electrical and Electronics Science and Technology – Revision of ANSI/IEEE Std 945-1984* (IEEE, 2019)
9. M. Stock (2019) *Metrologia* 56, 022001
10. J. Gyllenbok, *Encyclopaedia of historical metrology, weights, and measures* (Birkhaüser, Cham, 2018)
11. N. de Courtenay et al. *Measurement at the crossroads: history, philosophy and sociology of measurement* , CNRS SPHERE, Paris, France, 27–29 June 2018
12. *Bureau International des Poids et Mesures, On the revision of the International System of Units*, 26e CGPM Versailles, 13-16 Nov. 2018

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

13. *M. Stock, Changes of the electrical units in the revised SI (BIPM, Paris,* 2017)
14. *UK measurement strategy*, Department for business, energy and industrial strategy.(2017)
15. L. Cocco*, New trends and developments in metrology* (InTech Open, Croatia, 2016)
16. F. Pavese, C. Abderafi*, Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 7 , 403 (2016)
17. Bruno A Rodrigues, Fihho Rodrigo F Goncalves*, Legal metrology, the economy and society A sysytematic literature review Massurment,* 69(2015)150-167
18. ISO 9001*, Quality management system Requirement, (2015)*
19. D. Barchiesi*, Mesure physique et instrumentation* (Ellipses, Paris, 2010)
20. *JCGM, Guide to the expression of uncertainty in measurement* (BIPM, Paris, 2008)
21. *JCGM, International vocabulary of metrology: basic and general concepts and associated terms* (VIM) (BIPM, Paris, 2008*)*
22. J.C. Krinicki*, Introduction to "soft" metrology* (XVIIIe IMEKO, Rio de Janeiro, 2006)
23. B. de Garnier et al. *Introduction à la métrologie historique* (Economica, Paris, 1999)

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621

Research Paper

The design of measurement quality evaluation indicators, the themes and concepts of metrology in mega projects and its role in the unity of measurement

Mahdi Moradi[1], Hossein Jabalamelian[2]

1. PhD in systems management, Department of Management, Malik Ashtar University of Technology
2. PhD in strategic management, lecturer at Supreme National Defense University,Tehran, Iran

Received:08/12/2024

Accepted:22/07/2025

Abstract

Megaprojects have a unique role as drivers of countries' development, on the other hand, due to the extent of the borders of large-scale projects, the integration of megaprojects is very important. Due to the nature of megaprojects, the dynamism on the one hand and the complexity of their environment, on the other hand, creates the possibility of any kind of unexpected challenges in their proper integration. Therefore, their executive managers always need to identify the science of metrology for unity in measurement in this type of projects. The purpose of this research is to identify the measurement quality evaluation indicators and statistics of the concepts and concepts of metrology as a quality engineering tool to help the unity of measurement in megaprojects. This research is applied and developmental in terms of purpose and its research method is combined (mixed method). In this research, qualitative data and then quantitative data have been collected. The statistical population of this research includes experts and executive managers of large-scale projects who are familiar with metrology issues. The combination of qualitative and quantitative data is also exploratory, and the tool used is a questionnaire, so that the first stage to achieve the concepts of metrology in mega projects, qualitative approaches are used, and in the second stage, the concepts discovered with a quantitative approach are completed and validated. has been The obtained results include 4 measurement quality evaluation indicators, 37 themes and 37 concepts of metrology science and the role of this quality engineering tool in the unity of measurement in the form of a model in megaprojects.

Keywords:metrology, measurement unity, mega project, quality engineering, measurement quality

DOI: 1022034/jsqm.2025.490507.1621