ارزیابی کاربردپذیری سیستم‌های کروماتوگرافی گازی: کارآیی، اثربخشی و رضایت‌مندی

محمد شکاری[۱]، داود افشاری[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۸/۱۸ تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۰۳

چکیده

زمینه و هدف: روش‌های آنالیز واسط برای ارزیابی واسط انسان–ماشین در یک سیستم، محصول یا وسیله خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش‌ها را می‌توان برای ارزیابی تعدادی از جنبه‌های مختلفی که با یک واسط خاص مرتبط هستند مانند کاربردپذیری و رضایت مصرف‌کننده یا کاربر استفاده نمود. این مطالعه با هدف ارزیابی کاربردپذیری دو نوع سیستم کروماتوگرافی گازی که در آزمایشگاه یک شرکت پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند، انجام پذیرفت.

روش بررسی: در این مطالعه‌ی توصیفی–تحلیلی، کاربردپذیری دو نوع سیستم کروماتوگرافی گازی توسط کارشناسانی که با این دستگاه‌ها کار می‌کنند و مطابق با معیارهای سه‌گانه‌ی استاندارد ISO 9241-11 در خصوص کاربردپذیری مشتمل بر کارآیی، اثربخشی و رضایت‌مندی مورد ارزیابی قرار گرفتند. با استفاده از پرسشنامه‌ی SUS جان بروک، داده‌ها جمع آوری شده و به کمک نرم‌افزار SPSS آنالیز گردید.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که هر دو سیستم دارای سطح قابل قبولی از کارآیی و اثربخشی هستند. در خصوص سطح رضایت‌مندی مشارکت‌کنندگان، در این ارزیابی سیستم دوم نسبت به سیستم اول نمره‌ی بهتری کسب کرد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان رضایت‌مندی مشارکت‌کنندگان از سیستم‌ها باسابقه کار آن‌ها رابطه‌ی مستقیم دارد.

نتیجه‌گیری: برای انجام ارزیابی کاربردپذیری یک محصول ضرورت دارد که هم مقایسه‌ای با محصول دیگر صورت گیرد و هم هدفی مشخص گردد تا محصول را با آن هدف ممیزی نموده و درباره‌ی آن قضاوت کرد. پرسشنامه‌ی ده عبارتی SUS همچنان روشی سریع و معتبر برای تعیین کاربردپذیری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: کاربردپذیری، سیستم کروماتوگرافی گازی، آزمایشگاه.

مقدمه

هدف اولیه‌ی ارگونومی ارتقاء عملکرد و ایمنی کارگر از طریق مطالعه و توسعه‌ی اصول کلی حاکم بر اثرات متقابل انسان‌ها و محیط کارشان می‌باشد. متخصص ارگونومی کار را تنها برای تنظیم استانداردهای زمان و بهره‌وری مورد سنجش قرار نمی‌دهد. این عمل به‌خوبی بر عهده‌ی مهندسی صنعتی قرار گرفته است. در عوض متخصص ارگونومی عناصری از شغل که کیفیت واسط بین انسان و ایستگاه کار را کاهش می‌دهد، شناسایی می‌کند. یک واسط ضعیف می‌تواند باعث استرس غیرضروری به اپراتور شده و منجر به افزایش ریسک آسیب‌ها و خطا (که به‌نوبه‌ی خود ممکن است باعث بروز حادثه، کیفیت ضعیف و کاهش بهره‌وری شوند) گردد [۱]. برای ارزیابی واسط انسان–ماشین در یک سیستم، محصول یا وسیله‌ی خاص، از روش‌های آنالیز واسط استفاده می‌گردد. این روش‌ها را می‌توان برای ارزیابی تعدادی از جنبه‌های مختلف مرتبط با یک واسط مانند کاربردپذیری و رضایت‌مندی مصرف‌کننده یا کاربر بکار برد. از خروجی روش‌های آنالیز واسط برای اصلاح و ارتقاء محصول در طراحی مجدد آن استفاده می‌شود. این روش‌ها با بهبود کاربردپذیری، رضایت کاربر و کاهش خطاهای کاربر و نیز کاهش زمان باعث بالا بردن کیفیت طراحی می‌شوند. طبق استاندارد ISO 9241-11، کاربردپذیری از سه بعد مورد نظر می‌باشد: اثربخشی (محصول به چه میزان اهدافی را که به خاطر آن طراحی گردیده است را تحقق می‌بخشد؟)؛ کارآیی (چه مقدار از منابعی همانند زمان مورد نیاز است تا محصول، اهداف مذکور را تحقق بخشد؟) و مقبولیت (محصول به چه میزان مطلوب کاربر است؟) [۲]. انجام ارزیابی کاربردپذیری یک محصول در انزوا و بصورت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران.
۲- (نویسنده مسئول) دکترای بهداشت حرفه‌ای، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران. davodafi@yahoo.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جداگانه برای هر محصول کافی نیست زیرا این عمل زمینه‌های مناسب برای قضاوت درباره‌ی کیفیت آن را فراهم نمی‌سازد. در نتیجه ضرورت دارد که هم مقایسه‌ای با محصول دیگر صورت گیرد و هم هدفی مشخص گردد تا محصول را با آن هدف، ممیزی نموده و درباره‌ی آن قضاوت کرد. از میان روش‌های مختلفی که برای تعیین کاربردپذیری بکار می‌روند، روش SUS(System Usability Scale) را می‌توان نام برد. روش SUS یک پرسشنامه‌ی بسیار سریع و آسان است که برای ارزیابی کاربردپذیری یک وسیله یا محصول خاص طراحی گردیده است. استانتون و همکاران برای تعیین کاربردپذیری دو نوع رادیوپخش خودرو، از روش SUS استفاده کرده‌اند [۳]. همچنین سنگل برای تعیین سطح کاربردپذیری وبسایت یک دانشگاه از این روش استفاده نموده است [۴]. در تحقیقی در خصوص مقایسه‌ی کاربردپذیری سه روش اخذ رای، گرین و همکاران از روش SUS برای تعیین رضایت‌مندی و کاربردپذیری کلی استفاده کرده‌اند [۵]. دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی از تجهیزات پرکاربرد در آزمایشگاه‌های شیمی و آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت شرکت‌های پتروشیمی هستند که با توجه به تنوع این تجهیزات و سازندگان مختلف آن‌ها، قابلیت‌های متنوعی داشته و گرچه همه‌ی آن‌ها به منظور یکسانی طراحی شده‌اند اما همین تنوع در سازندگان آن‌ها و نیز تفاوت در نرم‌افزارهای آن‌ها باعث گردیده است که روش کار با آن‌ها متفاوت بوده و کاربران نیز با توجه به همین تفاوت‌ها ممکن است یک دستگاه را نسبت به دستگاه دیگر ترجیح دهند و یا حتی نسبت به طراحی یک دستگاه نقطه نظراتی داشته باشند. تفاوت در طراحی سیستم‌های کروماتوگرافی گازی با نرم‌افزارها و واسط‌های متفاوت از یک طرف و کاربرد زیاد این سیستم‌ها توسط کارشناسان آزمایشگاه از طرف دیگر می‌تواند از نظر ارگونومیکی مد نظر قرار گیرد. در واقع با ارزیابی این سیستم‌ها توسط کارشناسانی که سال‌ها با آن‌ها کار کرده‌اند می‌توان در خصوص آن‌ها از منظر یکی از فاکتورهای انسانی که همان آنالیز واسط است، اظهار نظر نمود. دو سیستم کروماتوگرافی گازی مورد مطالعه تفاوت‌های عمده‌ای با هم دارند. از نظر سخت افزاری نحوه‌ی چیدمان قسمت‌های مختلف تجهیز، نحوه‌ی چیدمان صفحه کلید و نیز شکل ظاهری آن‌ها بر روی هر سیستم با سیستم دیگر متفاوت است. از نظر نرم‌افزاری نیز نحوه‌ی چیدمان منوها، نحوه‌ی دسترسی به منوها و زیرمنوها و نحوه‌ی کنترل تجهیز توسط نرم‌افزار در دو سیستم اختلاف دارد؛ اما بطور کلی این سیستم‌ها از هر مدل و طرحی که باشند جهت اهداف مشابهی که همان آنالیز دقیق نمونه‌ها (اثربخشی) در یک زمان قابل قبول (کارآیی) است، طراحی شده‌اند و نیز با توجه به تفاوت در جزئیات طراحی و سهولت یا پیچیدگی کار با آن‌ها، از سطح مقبولیت متفاوتی توسط کارشناسان و کاربران (رضایت‌مندی) برخوردار هستند. هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی کاربردپذیری (از منظر اثربخشی، کارآیی و رضایت مندی) دو نوع سیستم کروماتوگرافی گازی است که در آزمایشگاه شرکت پتروشیمی مورد مطالعه استفاده می‌گردند. تصاویری از سیستم‌های مذکور در شکل ۱ قابل مشاهده است.

روش بررسی

مقیاس کاربردپذیری سیستم (System Usability Scale) یا به اختصار SUS که توسط جان بروک طراحی گردیده است، نمونه‌ای از پرسشنامه‌های مرتبط با کاربردپذیری می‌باشد. مشارکت‌کنندگان پس از انجام کار بر روی سیستم یا وسیله‌ی مورد آنالیز، قضاوتی در مورد آن سیستم انجام می‌دهند و آنگاه پرسشنامه‌ی مناسبی را تکمیل می‌کنند. سپس بر اساس نمرات پرسشنامه‌های تکمیل شده، امتیازهای کاربردپذیری برای سیستم و وسیله‌ی مورد آنالیز، محاسبه می‌گردد [۶]. این روش متشکل از ده عبارت بیان کننده‌ی کاربردپذیری است که با مقیاس لیکرت از ۱ (کاملاً مخالف) تا ۵ (کاملاً موافق) نرخ گذاری می‌گردد. پاسخ‌ها کدگذاری شده و یک امتیاز کلی برای کاربردپذیری محصول یا وسیله مورد آنالیز، استخراج می‌شود [۲]. برای امتیاز دهی پرسشنامه‌ی SUS

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

نخست باید برای عبارات فرد پرسشنامه (عبارات ۱،۳،۵،۷،۹)، یک واحد از گزینه انتخابی عبارت کم کرد. برای عبارات زوج پرسشنامه (عبارات ۲،۴،۶،۸،۱۰)، باید نمره‌ی گزینه انتخابی عبارت را از عدد ۵ کم نمود. سپس باید مجموع نمره همه عبارات دهگانه را در عدد ۲/۵ ضرب کرد تا امتیاز کلی پرسشنامه‌ی SUS بدست آید. امتیاز پرسشنامه‌ی SUS در گستره‌ی صفر تا صد خواهد بود [۷]. گرچه SUS نشان دهنده‌ی کاربرپذیری کلی یک سیستم است، لویس و همکارش اظهار داشته‌اند که عبارات ۴ و ۱۰ پرسشنامه‌ی SUS معرف میزان سهولت یادگیری کار با سیستم و بقیه‌ی عبارات نشان دهنده‌ی سطح کاربردپذیری آن سیستم می‌باشد [۸]. همچنین فینستاد ادعا می‌کند که پرسشنامه‌ی ۴ عبارتی وی به‌خوبی و به همان دقت پرسشنامه‌ی ده عبارتی SUS قادر به تعیین کاربردپذیری می‌باشد [۹].

این پژوهش به روش توصیفی- تحلیلی در مرداد و شهریور ماه سال ۱۳۹۱ انجام گردید. جامعه مورد مطالعه ۲۳ نفر کارشناس آزمایشگاه یک شرکت پتروشیمی در بندر ماهشهر بودند که با سیستم‌های کروماتوگرافی گازی کار می‌کردند. مطابق نتایج حاصل از تحقیق خود در خصوص چگونگی تعیین تعداد مشارکت‌کنندگان برای انجام کاربردپذیری، میسفیلد اعلام داشته است که مطالعات مقایسه‌ای تعیین کاربردپذیری که در آن‌ها تعداد مشارکت‌کنندگان بین ۸ تا ۲۵ نفر باشد، معتبر خواهد بود [۱۰]. همچنین تولیس و همکارش برای انجام مطالعات کاربردپذیری به روش SUS حداقل تعداد مشارکت‌کنندگان را ۱۲ نفر پیشنهاد داده‌اند [۱۱]. لذا تعداد ۲۳ نفر مشارکت کننده در این تحقیق کافی به نظر رسید. در آزمایشگاه کنترل کیفیت شرکت پتروشیمی مورد نظر برای آنالیز نمونه‌ها از دو نوع دستگاه کروماتوگرافی گازی با سازندگان و نرم‌افزارهای (واسطهای) متفاوت، استفاده می‌شود. کاربردپذیری این دو نوع دستگاه کرواتوگرافی گازی مطابق با معیارهای سه گانه‌ی استاندارد ISO9241-11 از سه بعد کارآیی، اثربخشی و رضایت مندی کاربران ارزیابی شد.

نخست، یکی از آنالیزهای مهمی که در آزمایشگاه شرکت مورد مطالعه با استفاده از سیستم کروماتوگرافی گازی انجام می‌شد، مد نظر قرار گرفت (تعیین میزان دی اتیلن گلایکول در نمونه پلی اتیلن ترفتالات). هر دو دستگاه توسط یکی از مجرب‌ترین کارشناسان آزمایشگاه و با استفاده از محلول‌های استاندارد، کالیبره شد. سپس سناریویی مشتمل بر ده وظیفه برای انجام آنالیز کامل نمونه، تعیین و مشخص گردید. از آنجا که فقط کاربردپذیری سیستم‌های کروماتوگرافی گازی مد نظر بود، مراحل مقدماتی آماده سازی نمونه جهت تزریق به دستگاه لحاظ نگردید و این ده وظیفه‌ی تعریف شده فقط مربوط به زمان روشن شدن دستگاه، آماده شدن دستگاه و نرم‌افزار مربوطه برای تزریق نمونه و کل فرایند تزریق نمونه تا لحظه‌ی استخراج نتیجه‌ی نهایی آنالیز نمونه بود. با استفاده از یک کرونومتر، کل زمان انجام وظایف دهگانه برای هر بار آنالیز، اندازه گیری و سپس یادداشت می‌شد. جهت یکسان سازی شرایط از یک نمونه‌ی استاندارد که مقدار دی اتیلن گلایکول آن معلوم بود، استفاده شد. برای هر بار آنالیز که توسط کارشناسان به صورت جداگانه با هر دو سیستم کروماتوگرافی گازی انجام می‌گرفت، علاوه بر زمان انجام وظایف، نتیجه‌ی آنالیز (مقدار دی اتیلن گلایکول در نمونه) نیز ثبت می‌شد. هر کارشناس، نمونه‌ی مورد نظر را با دو سیستم کروماتوگرافی گازی موجود آنالیز می‌کرد. پس از پایان آنالیزها، کارشناسان نسبت به تکمیل پرسشنامه‌ی SUS اقدام می‌کردند. برای اجتناب از هر گونه مغایرت با متن اصلی پرسشنامه‌ی جان بروک، پرسشنامه‌ی اصلی توسط یک مترجم خبره‌ی زبان انگلیسی به فارسی ترجمه شد. مطالعات نشان داده است که در هنگام استفاده از متن اصلی پرسشنامه جان بروک، تعداد قابل ملاحظه‌ای از مشارکت‌کنندگان که زبان مادری آن‌ها انگلیسی نبوده است، بویژه در فهم عبارت ۸ این پرسشنامه دچار مشکل بوده‌اند [۱۲]. لذا ترجمه روان و قابل فهم پرسشنامه، غیر قابل اجتناب بود. روایی و پایایی پرسشنامه‌ی SUS در مطالعات پیشین مورد تأیید قرار گرفته است. مطابق نتایج مطالعات جان بروک [۶] و نیز بنگور و همکاران [۱۳]،

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

روایی پرسشنامه‌ی SUS برای تعیین کاربردپذیری مورد تأیید قرار گرفته است. پایایی این پرسشنامه نیز به روش هماهنگی درونی و با محاسبه‌ی ضریب آلفای کرونباخ تعیین گردید که این ضریب معادل ۷۷/. تعیین شد که سطح پایایی قابل قبولی است. در این پرسشنامه علاوه بر ارزیابی سطح رضایت مندی، اطلاعات دموگرافیک افراد مورد مطالعه (مانند جنسیت، سن، سابقه کار و سطح تحصیلات) نیز جمع آوری گردید. امتیاز هر پرسشنامه نیز مطابق روش جان بروک [۶] محاسبه شد. در این مطالعه، میانگین نتیجه‌ی آنالیز نمونه (مقدار دی اتیلن گلایکول در نمونه) و مقایسه‌ی آن با مقدار واقعی به عنوان اثربخشی سیستم کروماتوگرافی گازی تعبیر شد زیرا این سیستم‌ها به منظور همین هدف یعنی آنالیز دقیق نمونه‌ها طراحی شده‌اند. همچنین میانگین زمان انجام وظایف دهگانه در خلال آنالیز نمونه نیز به عنوان شاخصی از کارآیی سیستم تعیین گردید. میزان امتیاز پرسشنامه‌ی SUS نیز نشان دهنده‌ی سطح رضایت-مندی کاربران از سیستم کروماتوگرافی گازی است. برای انجام کارهای آماری بر روی داده‌های جمع آوری شده نیز از نرم‌افزار SPSS 16.0 استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج حاصل از این مطالعه در جداول ۱ و ۲ گردآوری شده‌اند. مطابق جدول ۱ افراد مشارکت کننده در این ارزیابی شامل ۱۳ درصد زن و ۸۷ درصد مرد بوده‌اند. ۲۱/۷ درصد از این افراد دارای تحصیلات در سطح فوق دیپلم، ۶۹/۸ درصد لیسانس و ۸/۷ درصد فوق لیسانس بودند. اطلاعات مربوط به سن و سابقه کار افراد نیز در همین جدول دیده می‌شود. میانگین امتیاز پرسشنامه‌ی SUS برای هر کدام از متغیرهای جنسیت، سن، سابقه کار و سطح تحصیلات و همچنین انحراف استاندارد مربوطه نیز در جدول ۱ قابل مشاهده است. بیشترین امتیاز پرسشنامه‌ی SUS معادل ۸۲/۱ مربوط به افراد با بیشترین سابقه کار و کمترین امتیاز معادل ۶۴/۷ مربوط به افراد با کمترین سابقه کار بوده است. برای ارزیابی کارآیی هر دو سیستم کروماتوگرافی گازی، میانگین زمان صرف شده توسط مشارکت‌کنندگان برای انجام وظایف دهگانه‌ی تعریف شده برای هریک از سیستم‌ها

جدول ۱- مشخصات دموگرافیک مشارکت کنندگان در ارزیابی و میانگین امتیاز SUS

متغیرها	فراوانی	درصد	میانگین امتیاز SUS	انحراف استاندارد
جنسیت				
زن	۳	۱۳	۷۷/۹	۳/۷
مرد	۲۰	۸۷	۷۴/۴	۸/۱
سن (سال)				
کمتر از ۳۰	۳	۱۳	۷۳/۳	۱۰/۲
۳۰-۳۵	۱۶	۶۹/۶	۷۴/۴	۶/۶
بیشتر از ۳۵	۴	۱۷/۴	۷۷/۸	۱۰/۴
سابقه کار (سال)				
کمتر از ۳	۴	۱۷/۴	۶۴/۷	۴/۵
۳-۶	۶	۲۶/۱	۷۱/۹	۳/۹
۷-۱۰	۱۰	۴۳/۵	۷۸/۵	۵/۷
بیشتر از ۱۰	۳	۱۳	۸۲/۱	۷/۳
سطح تحصیلات				
فوق دیپلم	۵	۲۱/۷	۷۰/۲	۸/۳
لیسانس	۱۶	۶۹/۶	۷۵/۶	۷/۵
فوق لیسانس	۲	۸/۷	۸۰/۰	۲/۸

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ۲- اطلاعات مربوط به متغیرهای زمان، مقدار اندازه گیری شده نمونه و امتیاز کلی SUS

متغیرها	سیستم اول	سیستم دوم
زمان (دقیقه)		
کمترین مقدار	۲۴/۳	۲۴/۰
بیشترین مقدار	۲۶/۰	۲۵/۸
میانگین	۲۵/۱	۲۴/۷
انحراف استاندارد	۰/۴۲	۰/۴۸
مقدار اندازه گیری شده DEG (wt %)		
کمترین مقدار	۱/۱۹	۱/۱۹
بیشترین مقدار	۱/۲۵	۱/۲۶
میانگین	۱/۲۱۷	۱/۲۲۴
انحراف استاندارد	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹
مقدار واقعی	۱/۲۳ ±۰/۰۶	۱/۲۳ ±۰/۰۶
امتیاز کلی SUS		
کمترین مقدار	۵۷/۵	۶۵
بیشترین مقدار	۸۵	۹۰
میانگین	۷۱/۶۳	۷۸/۰۴
انحراف استاندارد	۷/۲۱	۷/۰۳

محاسبه گردیده و ملاک ارزیابی قرار گرفت. این زمان برای سیستم اول ۲۵/۱ دقیقه و برای سیستم دوم ۲۴/۷ دقیقه بود (جدول ۲).

همچنین برای ارزیابی اثربخشی دو سیستم کروماتوگرافی گازی، یک نمونه با مقدار مشخص از دی اتیلن گلایکول به عنوان نمونه‌ی مجهول توسط مشارکت‌کنندگان با هر دو سیستم آنالیز گردید و میانگین نتایج آنالیزها محاسبه شده و مقایسه‌ی این میانگین‌ها با مقدار واقعی غلظت نمونه، به عنوان شاخصی از اثربخشی سیستم‌ها مد نظر قرار گرفت. در این مطالعه رضایت‌مندی مشارکت‌کنندگان از سیستم‌های مورد ارزیابی نیز با استفاده از پرسشنامه‌ی SUS تعیین گردیده و میانگین امتیاز SUS به عنوان شاخص رضایت‌مندی، ملاک عمل قرار گرفت. یافته‌های مربوط به مقدار آنالیز شده نمونه و امتیاز پرسشنامه‌ی SUS که مشارکت‌کنندگان پس از انجام وظایف دهگانه بر روی هر دو سیستم آن‌ها را تکمیل نموده‌اند در جدول ۲ گردآوری شده است.

بحث و نتیجه گیری

مطابق بخش یازدهم از استاندارد ISO9241، منابع مورد استفاده (مانند زمان) در دستیابی به اهداف را



شکل ۱- سیستم‌های کروماتوگرافی گازی مورد مطالعه، سیستم اول (راست)، سیستم دوم (چپ)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

		کاملاً موافق				کاملاً مخالف
۱	من فکر می‌کنم که دوست دارم مکرراً از این سیستم استفاده کنم	۵	۴	۳	۲	۱
۲	من تشخیص می‌دهم این سیستم بیش از حد لازم، پیچیده است	۵	۴	۳	۲	۱
۳	من فکر می‌کنم استفاده از این سیستم آسان است	۵	۴	۳	۲	۱
۴	من فکر می‌کنم برای استفاده از این سیستم به کمک یک شخص فنی نیاز دارم	۵	۴	۳	۲	۱
۵	به نظر من عملکردهای متنوع این سیستم بخوبی در کنار هم قرار گرفته اند	۵	۴	۳	۲	۱
۶	من فکر می‌کنم در این سیستم ناهماهنگی‌های زیادی وجود داشت	۵	۴	۳	۲	۱
۷	من فکر می‌کنم که بیشتر افراد می توانند خیلی سریع طرز استفاده از این سیستم را یاد بگیرند	۵	۴	۳	۲	۱
۸	به نظر من این سیستم برای استفاده ، نامناسب است	۵	۴	۳	۲	۱
۹	من هنگام استفاده از این سیستم خیلی مطمئن هستم	۵	۴	۳	۲	۱
۱۰	من قبل از استفاده از این سیستم نیاز داشتم که خیلی چیزها را یاد بگیرم	۵	۴	۳	۲	۱

شکل ۲- پرسشنامه‌ی ده عبارتی SUS برگرفته از جان بروک [۶]

بایستی به عنوان کارآیی سیستم لحاظ کرد. در تحقیقی که سنگل بر روی کاربردپذیری وبسایت یک دانشگاه انجام داده است، زمان به عنوان شاخص تعیین کارآیی انتخاب گردیده است [۴]. چون سایر منابع مصرف شده برای آنالیز نمونه توسط هر دو سیستم شباهت و نزدیکی بسیار زیادی با هم داشتند، لذا برای ارزیابی کارآیی دو سیستم کروماتوگرافی گازی مورد نظر، زمان لازم برای انجام وظایف دهگانه در خلال آنالیز نمونه با هر یک از سیستم‌ها مد نظر قرار گرفت. این زمان برای هر دو سیستم حدود ۲۵ دقیقه است و با توجه به طبیعت سیستم‌های کروماتوگرافی گازی و نوع آنالیزهایی که با این سیستم‌ها انجام می‌شود و نیز عدم وجود تفاوت فاحش در میانگین زمان‌های آنالیز (جدول ۲) و با تأیید کارشناسان خبره‌ی آزمایشگاه، هر دو سیستم از نظر کارآیی در حد مطلوب ارزیابی شدند. همچنین از لحاظ آماری، نتیجه‌ی آزمون t-test نیز عدم وجود اختلاف را نشان می‌دهد (p=۰/۰۶۱). طبق همان استاندارد، اثربخشی یک سیستم نیز به صورت میزان تحقق اهدافی که آن سیستم بخاطرش طراحی شده است، تعریف می‌شود. در مورد دو سیستم مورد ارزیابی نیز با توجه به اینکه هدف از بکارگیری این سیستم‌ها، آنالیز دقیق نمونه‌های مورد نظر است، میزان صحت نتایج حاصل از آن‌ها (نزدیک بودن نتیجه آنالیز نمونه با میزان واقعی آن) می‌تواند به عنوان شاخص اثربخشی در نظر گرفته شود. با دقت در داده‌های جدول ۲ از آنجا که میانگین غلظت‌های محاسبه شده با هر دو سیستم در محدوده غلظت واقعی قرار داشت، اثربخشی هر دو سیستم نیز مورد تأیید قرار گرفت؛ اما از نظر آماری برای مقایسه نتایج بدست آمده از آنالیز نمونه استاندارد با مقدار واقعی آن از آزمون one-sample t-test استفاده گردید که در مورد سیستم اول میانگین نتایج از عدد استاندارد فاصله دارد (p=۰/۰۰۲) اما در مورد سیستم دوم میانگین نتایج با عدد استاندارد برابر است (p=۰/۱۳۴). امتیاز پرسشنامه‌ی SUS نشان دهنده‌ی سطح رضایت‌مندی مشارکت‌کنندگان از سیستم‌های مورد ارزیابی است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سطح رضایت‌مندی مشارکت‌کنندگان در این ارزیابی از سیستم دوم نسبت به سیستم اول بیشتر است (جدول ۲). همچنین از آن جا که میانگین امتیازات هر دو سیستم بزرگتر از ۷۰ بوده است، لذا هر دو سیستم از سطح رضایت مندی قابل قبولی برخوردارند. طبق تحقیق بنگور و همکارانش امتیاز کمتر از ۵۰ نشان دهنده‌ی عدم رضایت‌مندی و امتیاز بیشتر از ۷۰ نشان دهنده‌ی سطح رضایت‌مندی قابل قبول است. امتیاز ۵۰ تا ۷۰ نیز نشانگر محدوده مرزی بوده و بیانگر نیاز به ارتقاء طراحی است [۱۴]. مطابق نظر کورتوم و همکاران

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

گرچه میانگین امتیاز SUS در بیشتر مطالعات بالاتر از ۵۰ گزارش شده است اما کمتر شدن این میانگین از ۴۰ نیز غیر ممکن نیست [۱۵]. در این مطالعه موضوع ارتباط امتیاز SUS با اطلاعات زمینه‌ای افراد نیز ارزیابی گردید. برای تعیین اثر جنسیت بر امتیاز SUS از آزمون T-Test استفاده گردید. نتایج آنالیز داده‌ها نشان می‌دهد که در این خصوص تفاوت معناداری وجود ندارد (p=۰/۳۰۲)و این یافته‌ها با نتایج بنگور و همکارانش که حاصل بررسی ۲۱۳ مطالعه‌ی SUS بوده است، مطابقت دارد [۱۳]. همچنین از آنالیز واریانس یک طرفه نیز برای بررسی اثر عواملی چون سن، سطح تحصیلات و سابقه کار افراد بر روی امتیاز SUS استفاده شد. یافته‌های این مطالعه بیانگر این است که اگرچه بر طبق مندرجات جدول ۱ با افزایش سن مشارکت‌کنندگان، میانگین امتیاز SUS نیز بیشتر شده است، اما از لحاظ آماری بین سن مشارکت‌کنندگان و امتیاز SUS ارتباط معناداری وجود ندارد (p=۰/۷۴۸) در حالی که بنگور و همکارانش اعلام داشته‌اند که اگرچه سن مشارکت‌کنندگان تأثیر قوی بر روی امتیاز SUS ندارد ولی اثر منفی بسیار خفیفی دیده می‌شود [۱۳]. سطح تحصیلات بالاتر مشارکت‌کنندگان نیز منجر به بیشتر شدن امتیاز SUS شده است (جدول ۱) اما آزمون آماری ارتباط معناداری را در این خصوص نشان نمی‌دهد (p=۰/۰۵۷). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سابقه کار مشارکت‌کنندگان با امتیاز SUS ارتباط مستقیم و مثبت دارد (جدول ۱). بدین ترتیب که با افزایش سابقه کار افراد، امتیاز بیشتری به پرسشنامه‌ی SUS تعلق گرفته است. از لحاظ آماری نیز این ارتباط معنادار است (p=۰/۰۰۰) که این یافته با نتایج حاصل از تحقیقات مکللان و همکاران [۱۶] و نیز کورتوم و همکاران [۱۷] مشابهت دارد. علیرغم قدمت پرسشنامه‌ی SUS، این روش در مقایسه با روش‌های دیگر ارزیابی کاربردپذیری، هنوز هم یک روش مناسب و عملاً ابزاری کمی به شمار می‌آید [۱۱]. با توجه به سادگی روش SUS و اینکه این روش متأثر از فن آوری نیست، می‌توان سال‌ها بدون نگرانی از رشد فن آوری و بدون نیاز به تغییر، آن را همچنان برای تعیین کاربردپذیری بکار برد [۱۸].

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه‌ی مسئولین و کارکنان آزمایشگاه شرکت پتروشیمی مورد مطالعه، قدردانی وسپاسگزاری نمایند.

منابع

1. Karwowski M, Marras W.S. Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems, 1st Edition. Boca Raton: CRC Press; 1999, Chapter 12, P. 3.

2. Stanton Neville A, Salmon Paul M, Walker H. G, Baber C, Jenkins P. Daniel, Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design, 1st Edition. Hampshire: Ashgate publishing limited; 2005, P. 431, 472.

3. Stanton N.A, Young M.S. A Guide to Methodology in Ergonomics: Designing for Human Use, 1st Edition. London: Taylor & Francis; 1999, PP. 45-46.

4. Sengel E. Usability level of a university web site, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013, 106: 3246 – 3252.

5. Greene K.K, Byrne M.D, Everett S.P. Comparison of usability between voting methods, 2006, Available from: https://www.usenix.org/legacy/event/evt06/tech/full_papers/greene/greene_html/

6. Brooke J. SUS: a quick and dirty usability scale, in: P.W.Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester, A.L. McClelland (Ed.), Usability Evaluation in Industry, 1996. Available from: http://www.usabilitynet.org/trump/documents/Suschapt.doc.

7. Jordan P.W, Thomas B, Weerdmeester B.A, McClelland I.L. Usability evaluation in industry, 1st Edition. London: Taylor & Francis; 1996, P. 189–194.

8. Lewis J.R, Sauro J. The factor structure of the System Usability Scale, Lecture notes in computer science, Springer Berlin Heidelberg, Volume 5619, 2009, PP 94-103, Available from: http://gate.ac.uk/sale/dd/statistics/Lewis_Sauro_HCII2009_SUS.pdf.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

9. Finstad K. The Usability Metric for User Experience, Interacting with Computers, 2010, 22: 323–327.
10. Macefield R. How to specify the participant group size for Usability study: A practitioner's guide. Journal of Usability Studies; 2009 November, 5 (1): 34-45.
11. Tullis T.S, Stetson J.N. A comparison of questionnaires for assessing website usability, Proceedings of UPA Conference, Minneapolis; 2004 June, Available from: http://www.usabilityprofessionals.org/usability_resources/conference/2004/UPA-2004-TullisStetson.pdf.
12. Finstad K. The System Usability Scale and Non-Native English Speakers. Journal of Usability Studies; 2006 August, 4 (1): 185-188.
13. Bangor A, Kortum P.T, Miller J.T. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. International journal of human-computer interaction. 2008;24(6): 574–594.
14. Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. Journal of Usability Studies. 2009; 4(3): 114-123.
15. Kortum P, Acemyan C.Z. How low can you go? Is the system usability scale range restricted?, Journal of Usability Studies. 2013;9(1): 14-24.
16. McLellan S, Muddimer A, Peres C. The effect of experience on system usability scale ratings. Journal of Usability Studies. 2012; 7(2): 56-67.
17. Kortum P, Johnson M. The relationship between levels of user experience with a product and perceived system usability. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, (2013), Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
18. Brooke J. SUS: A retrospective, Journal of Usability Studies. 2013;8(2): 29-40.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

Evaluation of usability of gas chromatography systems: Efficiency, Effectiveness and Satisfaction

M. Shekari[1], D. Afshari[2]

Received: 2013/04/29 Revised: 2013/11/09 Accepted: 2014/02/22

Abstract

Background and aims: Interface analysis methods are used to assess the man-machine interface of a particular system, product or device. Interface analysis methods can be used to assess a number of different aspects associated with a particular interface, including usability and user satisfaction. The purpose of this study was to evaluate the usability level of gas chromatographs that are being used in the laboratory of a petrochemical company.

Methods: In this article, the usability of two gas chromatography systems was evaluated by laboratory experts who work with these devices and respect to ISO 9241-11 in which the usability is considered along three dimensions: effectiveness, efficiency and satisfaction. The participants' satisfaction assessed using John Brooke's (1996) "System Usability Scale" (SUS) questionnaire. SPSS 16.0 was used in the analysis of the data.

Results: The findings of this study demonstrated that both of the systems have acceptable levels of effectiveness and efficiency. Regarding the participants' satisfaction level, system 2 obtained higher score in compare with system 1. The results indicated that the participants' satisfaction scores are directly related to their work experiences with the systems.

Conclusion: To assess the usability of a particular interface it is necessary to either make a comparison with another product or to define a target against which to make a judgment. The 10-item SUS is a fast and reliable tool to assess the usability.

Keywords: System Usability Scale, Gas chromatography system, Laboratory.

1. MSc student of Occupational Health, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. mohdshekari@yahoo.com

2. (**Corresponding author**) PhD, Department of Occupational Health, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. davodafi@yahoo.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]