EasyChair Preprint

№ 1827

Evaluating Learnability of software with Users: A Quantitative and Automated Approach to Evaluation

Mahla Sharani, Mohammad Ali Soleymani and Shiva Vafadar

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

November 4, 2019

ارزیابی قابلیت یادگیری نرم‌افزار توسط کاربران: رویکردی کمّی و خودکار در ارزیابی

مهلا شعرانی[۱]، محمدعلی سلیمانی[۲]، شیوا وفادار[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، گرگان
Mahla.sharani1375@yahoo.com

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت، تهران
ma.soleymani2@gmail.com

[۳] استادیار گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان
Sh.vafadar@gu.ac.ir

چکیده

قابلیت استفاده یکی از ویژگی‌های مهم کیفیت نرم افزار است که در آن نحوه تعامل کاربران با نرم‌افزار مورد توجه قرار می گیرد. ویژگی‌های مختلفی جهت ارزیابی قابلیت استفاده نرم افزار وجود دارند. یکی از این ویژگی‌ها، امکان یادگیری نحوه استفاده از نرم افزار توسط کاربران آن است. در این پژوهش، روشی کمّی و خودکار جهت ارزیابی قابلیت یادگیری نرم افزار توسط کاربران ارائه شده سپس از این روش، جهت ارزیابی قابلیت یادگیری یک نرم‌افزار تلفن همراه استفاده شده است. در این ارزیابی، معیارهای فعالیت‌های اضافه کاربر، فعالیت‌های جاافتاده کاربر و تعداد خطا، بر اساس تاریخچه تعاملات کاربران با نرم افزار، طی سه هفته متوالی مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور اجرای این بررسی، یک آزمایش تجربی طراحی شده و از ۲۹ کاربر خواسته شده که سه هفته متوالی از قابلیت‌های مشخصی از نرم‌افزار استفاده نمایند. داده‌های تعاملات کاربران با نرم‌افزار به صورت خودکار ثبت شده است. سپس، با استفاده از روش فرآیند کاوی، میزان انحراف کاربران از نحوه مطلوب تعامل با نرم‌افزار، ارزیابی و میزان بهبود آن در طی هفته های مختلف تحلیل شده است.

نتایج ارزیابی نشان می‌دهد، در نرم‌افزار موردنظر، با توجه به مقدار بدست آمده برای معیارها طی سه هفته، یادگیری نحوه موردانتظار اجرای برخی وظایف، در هفته دوم به میزانی می‌باشد که اجرای مجدد آنها در هفته سوم تاثیری بر یادگیری نداشته است. همچنین، می‌توان دریافت، یادگیری نحوه موردانتظار اجرای برخی وظایف دیگر در طول سه هفته افزایش پیدا نموده است.

کلمات کلیدی

قابلیت استفاده، نرم‌افزار، ارزیابی کمّی و خودکار، فرآیند کاوی، تکنیک بررسی تطابق، کیفیت

۱- مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون استفاده از نرم‌افزارهای متنوع در حوزه‌های مختلف، کیفیت یک نرم‌افزار نقش مهمی در تأمین نیازهای کاربران متنوع و درنتیجه موفقیت آن در فضای کسب و کار خواهد داشت. یکی از ویژگی‌های مهم کیفیت نرم‌افزار، ویژگی قابلیت استفاده آن است. قابلیت استفاده به معنی استفاده کاربران از نرم‌افزار جهت رسیدن به اهداف خود به صورت اثربخش، کارا و با رضایت می‌باشد[1]. روش‌های مختلفی جهت ارزیابی قابلیت استفاده ارائه شده است. پرسشنامه و بررسی تعاملات کاربران روش‌های متداول ارزیابی هستند، اما دقت این روش‌ها با یکدیگر متفاوت بوده و در بسیاری موارد نتایج

حاصل از این روش‌ها با یکدیگر همخوانی ندارند[2]. بطوریکه در برخی از پژوهش‌ها نتایج حاصل از پرسشنامه، مورد تردید واقع شده است[۱]. همچنین در بسیاری از مطالعات ثابت شده است که تکنیک‌های مربوط به ثبت رویداد، از نظر ارائه دیدگاه‌های کاربردی مفید برای ارزیابان، قابل اعتمادتر و کارآمدتر می‌باشند[3].

از طرفی تحلیل دستی تاریخچه تعاملات کاربران، بسیار دشوار و پرهزینه می‌باشد، از این رو انجام تحلیل‌ها به صورت خودکار امری ضروری است. تحلیل خودکار داده‌ها، مزیت‌هایی چون کاهش هزینه و زمان موردنیاز(بدلیل عدم اجرای کارهای تکراری توسط کارشناسان جهت تحلیل نتایج) و همچنین امکان کار بر روی داده‌های حجیم را در پی خواهد داشت[4]. جهت رفع مشکلات مربوط به تحلیل دستی تعاملات، در این پژوهش، قابلیت یادگیری نرم‌افزار، به عنوان زیرمجموعه‌ای از ویژگی قابلیت استفاده، مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور، یک روش ارزیابی مبتنی بر مدل، کمّی و خودکار ارائه شده و سپس از روش مطرح شده، جهت ارزیابی قابلیت یادگیری یک نرم‌افزار تلفن همراه استفاده شده است. در این ارزیابی، معیارهای فعالیت‌های اضافه کاربر، فعالیت‌های جاافتاده کاربر و تعداد خطا با توجه به استفاده از روش مطرح شده در این پژوهش انتخاب شده، سپس مقدار آنها طی سه هفته متوالی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، پس از ثبت خودکار تعاملات کاربران با نرم‌افزار، با استفاده از تکنیک بررسی تطابق در روش فرآیندکاوی، میزان انحراف کاربران از نحوه موردانتظار تعامل با نرم‌افزار، ارزیابی و میزان بهبود آن در طی هفته‌های مختلف بررسی شده است.

در تکنیک بررسی تطابق، میزان تطابق مدل فرآیند موردنظر و تاریخچه تعاملات کاربران موردبررسی قرار می‌گیرد. از این رو جهت استفاده از این تکنیک در این پژوهش، مدل فرآیند یا مدل وظیفه موردانتظار، براساس توالی فعالیت‌های موردانتظار جهت اجرای یک وظیفه مشخص طراحی شده است. سپس براساس تاریخچه تعاملات کاربران با نرم‌افزار، میزان تطابق فعالیت‌های ثبت شده با مدل وظیفه موردانتظار استخراج شده است. یادگیری استفاده از نرم‌افزار توسط کاربران، طی هفته‌های متوالی، براساس مقایسه میزان تطابق فعالیت‌های آنها با مدل وظیفه موردانتظار و در نتیجه اندازه‌گیری معیارهای در نظر گرفته شده، ارزیابی می‌شود.

در ادامه مقاله، در بخش۲ به بررسی پژوهش‌های مرتبط پرداخته می‌شود. در بخش۳ فرآیند ارزیابی قابلیت استفاده تشریح می‌گردد. در بخش ۴ به بررسی تکنیک بررسی تطابق پرداخته می‌شود. در بخش ۵، مطالعه موردی تشریح می‌شود. در این مطالعه، یک نرم افزار تقویم تلفن همراه متن باز انتخاب و مراحل مختلف فرآیند مطرح شده، بر آن اعمال می‌شود. در بخش۶ نتایج حاصل از مطالعه موردی تفسیر می‌شود. در پایان نیز، جمع بندی و کارهای آینده تشریح میگردد.

۲- پژوهش‌های مرتبط

از روش‌های مبتنی بر مدل، جهت ارزیابی قابلیت استفاده، براساس تاریخچه تعاملات کاربران استفاده می‌شود[5]. به طور مثال در پژوهشی با تطابق خودکار فعالیت‌های ثبت شده کاربران و نحوه استفاده موردانتظار که از طریق یک مدل وظیفه توصیف شده است، معیارهایی چون زمان انجام هر وظیفه، نرخ موفقیت در انجام وظیفه، تعداد دفعات کلیک، مقدار جابه‌جایی اشاره‌گر و خطا اندازه‌گیری شده‌اند[6]. در پژوهش‌های دیگر نیز با استفاده از این روش، معیارهایی چون فاصله‌ی مکان نما، تعداد کلیک‌ها، مدت زمان انجام وظیفه، نرخ تکمیل وظایف با موفقیت[4]، متداول ترین مسیر، صفحات ورودی و خروجی، صفحات بازدیدشده، میانگین زمان صرف شده در یک صفحه، مدت زمانی که اشاره‌گر بر روی المان‌ها شناور می‌ماند، مدت زمان استفاده از عناصر، مکان اشاره‌گر و عناصر زیر اشاره‌گر[7] محاسبه شده است. تفاوت این پژوهش‌ها با پژوهش مطرح شده در این مقاله، در ویژگی کیفی در نظر گرفته شده، معیارهای منتخب و روش اندازه‌گیری معیارها می‌باشد.

در برخی از پژوهش‌ها با استفاده از روش‌های مبتنی بر مدل، به کشف مشکلات قابلیت استفاده، براساس تاریخچه تعاملات کاربران پرداخته شده است. به طور مثال در پژوهشی با تطابق بین الگوهای مکرر استفاده کاربران از نرم‌افزار و مسیرهایی پیش‌بینی شده از اجرای وظایف توسط کاربران، انحرافات مربوط به مسیریابی که شامل عدم توانایی در اتمام یک وظیفه با موفقیت و اتمام آن وظیفه در زمانی طولانی می‌باشد، تشخیص داده شده و سپس با کمک تحلیل آنها مشکلات قابلیت استفاده استخراج شده است[8].

در پژوهشی دیگر، جهت تشخیص مشکلات قابلیت استفاده، پس از ثبت مختصات کلیک‌های کاربران هنگام اجرای یک وظیفه مشخص و کلیک‌های یک یا چند فرد آشنا به دنباله کلیک‌های مطلوب جهت اجرای یک وظیفه مشخص، به مقایسه آنها پرداخته شده‌است. با استفاده از این روش، دو نوع ناسازگاری شامل: فعالیت‌های غیرضروری و فعالیت‌های از دست رفته کاربران استخراج شده سپس با استفاده از این اطلاعات، به کشف مشکلات قابلیت استفاده پرداخته شده است. به طور مثال: بر روی لینک مشخصی کلیک نشده است(فعالیت از دست رفته)، که ممکن است دلیل آن واضح نبودن و یا سختی در یافتن آن باشد[9].

در برخی پژوهش‌ها، جهت کشف مشکلات قابلیت استفاده، به تشخیص خودکار الگوهای مربوط به مشکلات قابلیت استفاده، در بین تاریخچه تعاملات کاربران پرداخته شده است [10,11].

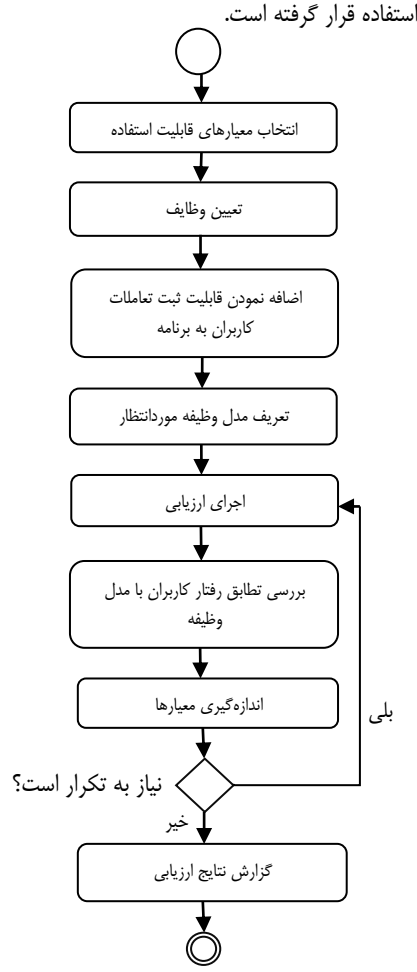
۳- فرآیند ارزیابی کمّی و خودکار قابلیت یادگیری

هدف اصلی این پژوهش، ارائه روشی مبتنی بر مدل جهت ارزیابی کمّی و خودکار ویژگی قابلیت یادگیری می‌باشد. این ارزیابی، براساس تطابق رفتار کاربران با نحوه تعامل موردانتظار با نرم‌افزار صورت می‌گیرد که جهت اجرای آن، فرآیندی مطابق شکل۱، تعریف شده است. بدین منظور، مجموعه مراحل زیر اجرا می‌شوند:

- ابتدا معیارهای قابلیت استفاده انتخاب می‌شوند. معیارهایی که امکان محاسبه دقیق آنها بر اساس فرمول‌های تعریف شده و با استفاده از روش بررسی تطابق رفتار کاربران با مدل وظیفه موردانتظار، وجود داشته باشد.
- سپس، وظایفی جهت اجرای کارکردهایی از نرم افزار که ارزیابی کیفیت آنها از نظر ویژگی قابلیت یادگیری دارای اهمیّت می‌باشد، تعیین می‌شوند.
- در ادامه، به نرم‌افزار موردنظر، قابلیت ثبت تعاملات کاربران با کارکردهایی از آن که در مرحله قبل انتخاب شده است، اضافه می‌گردد. وقایع ثبت شده، باید شامل اطلاعات کافی جهت محاسبه معیارها با استفاده از روش در نظر گرفته شده و بر اساس فرمول‌های تعریف شده برای آنها باشند.

- سپس، برای هر کدام از وظایف تعیین شده، یک مدل وظیفه موردانتظار تعریف می‌شود. در مدل وظیفه ایجاد شده، دنباله فعالیت‌های موردانتظار جهت اجرای یک وظیفه مشخص توسط کاربران تعیین می‌شود.
- در ادامه، یک ارزیابی تجربی طراحی می‌شود. در این مرحله جزئیات مربوط به مراحل اجرای ارزیابی، شامل: شرکت کنندگان، شرایط اجرای ارزیابی و نحوه انجام آن مشخص شده سپس کاربران مطابق با آزمایش طراحی شده از نرم‌افزار موردنظر استفاده کرده و اطلاعات مربوط به تعاملات آنها با نرم‌افزار، ثبت می‌شود.
- پس از جمع‌آوری داده‌ها، با استفاده از تکنیک بررسی تطابق به عنوان یکی از تکنیک‌های فرآیند کاوی، میزان تطابق میان رفتار کاربران و مدل وظیفه موردانتظار مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- سپس، مقدار معیارهای در نظر گرفته شده از طریق نگاشت اطلاعات حاصل از مرحله قبل به معیارها، براساس فرمول در نظر گرفته شده برای آنها محاسبه می‌شوند.
- در صورتی که تعداد تکرار ارزیابی به میزان در نظر گرفته شده توسط کارشناس قابلیت استفاده رسیده باشد، نتایج بدست آمده جهت تحلیل قابلیت یادگیری هر یک از کارکردهای منتخب به کار گرفته می‌شوند، در غیراینصورت ارزیابی مجدد انجام می‌شود.

این فرآیند، جهت ارزیابی خودکار قابلیت یادگیری در یک نرم افزار تقویم تلفن همراه مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل(۱) : نمودار فعالیت اجرای ارزیابی کمّی و خودکار قابلیت یادگیری

٤- تکنیک بررسی تطابق

در این پژوهش از روش فرآیندکاوی، جهت ارزیابی کمّی و خودکار معیارها استفاده می‌شود، که شامل تکنیک‌های مختلف و کاربردی در تحلیل داده‌های ثبت شده می‌باشد. تکنیک مورد استفاده در این پژوهش، تکنیک بررسی تطابق است. در این تکنیک، با کمک تطابق میان رویدادهای ثبت شده و مدل وظیفه موردانتظار، انحرافات تشخیص داده می‌شوند[12]. انحرافات، شامل پرش از تاریخچه رخداد و پرش از مدل می‌باشند. در انحراف پرش از مدل، مشخص می‌شود که کدامیک از فعالیت‌های موجود در مدل وظیفه موردانتظار، اجرا نشده است. در انحراف پرش از تاریخچه رخداد، فعالیت‌های خارج از مدل وظیفه موردانتظار یا اضافی و فعالیت‌های موجود در مدل وظیفه موردانتظار که مطابق با ترتیب فعالیت‌های موجود در مدل وظیفه موردانتظار نمی‌باشند تعیین می‌شود. با کمک تشخیص انحرافات، می‌توان معیارهایی از ویژگی قابلیت استفاده را اندازه‌گیری نمود.

٥- مطالعه موردی: نرم‌افزار متن باز تقویم

در این پژوهش، قابلیت یادگیری یک نرم‌افزار متن باز تلفن همراه تقویم مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مطالعه موردی هدف اصلی، ارزیابی قابلیت یادگیری به عنوان یک زیرمجموعه از ویژگی قابلیت استفاده در نرم‌افزارهای تلفن همراه می‌باشد. به همین دلیل کاربران وظایف موردنظر را در سه هفته متوالی اجرا نموده و در هر بار اجرا وظایف ثبت یادداشت و تنظیم یادآور را به تعداد پنج مرتبه تکرار نموده‌اند. با توجه به فرآیند انجام ارزیابی(شکل۱)، جهت ارزیابی قابلیت یادگیری نرم‌افزار منتخب، ابتدا معیارهای قابلیت استفاده، با توجه به روشی که جهت اندازه‌گیری آنها درنظر گرفته شده است، یعنی بررسی تطابق رفتار کاربران با مدل وظیفه موردانتظار، انتخاب می‌شوند. معیارهای نهایی که در این ارزیابی اندازه‌گیری شده‌اند، به همراه توضیحات در جدول (۱) تشریح گردیده است. این معیارها از [۲] و [9] استخراج شده سپس در صورتی که فرمول دقیقی جهت اندازه‌گیری آنها در نظر گرفته نشده باشد، فرمولی به آنها تخصیص داده شده و در صورتی که دارای فرمول باشند، جهت استفاده در این پژوهش، تغییر و سفارشی شده‌اند.

جدول (۱) معیارهای قابلیت استفاده

شماره	نام معیار	فرمول اندازه‌گیری
۱	تعداد خطا	$X = A$ A = تعداد خطای به وجود آمده توسط کاربر جهت انجام یک وظیفه مشخص بدون توجه به موفقیت کاربر در اجرای آن
۲	فعالیت‌های جاافتاده کاربر	$X = A$ A = تعداد گام‌های جاافتاده کاربر جهت انجام یک وظیفه مشخص با توجه به عدم موفقیت کاربر در اجرای آن
۳	فعالیت‌های اضافه کاربر	$X = A$ A = تعداد گام‌های اضافه کاربر جهت انجام یک وظیفه مشخص با توجه به موفقیت کاربر در اجرای آن

در ادامه وظایفی جهت اجرای کارکردهایی از نرم‌افزار موردنظر که از نظر ویژگی قابلیت یادگیری حائز اهمیت می‌باشند، مشخص شده‌اند. وظایف در نظر گرفته شده جهت ارزیابی به شرح زیر می‌باشند:

۱. ثبت یادداشت.
۲. تنظیم یادآور.
۳. تبدیل تاریخ ۱۰ ژانویه ۲۰۱۸ به تاریخ شمسی.

۵-۱- مراحل اجرای ارزیابی

در این ارزیابی تجربی، ۲۹ دانشجو به عنوان کاربر مشارکت نمودند که تجربه قبلی کار با این برنامه را نیز نداشته‌اند. اطلاعات مربوط به شرکت‌کنندگان در این ارزیابی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲) : ویژگی شرکت کنندگان در ارزیابی

مقطع تحصیلی	رده سنی	تجربه قبلی کار با برنامه
کارشناسی و کارشناسی ارشد	۲۰-۳۰	خیر

در ادامه، مجموعه مراحل زیر جهت اجرای ارزیابی انجام شده است:

۱. ابتدا دستورالعملی مکتوب در مورد وظایف و کارکردهای مشخصی از نرم‌افزار به کاربران داده شده است تا توضیحات داده شده برای تمامی آنها یکسان باشد.
۲. کاربران شروع به انجام وظایف کرده و پس از اتمام هرکدام، با توجه به ترتیب درج شده در توضیح متنی، وظیفه بعدی را شروع کردند.
۳. تمام تعاملات کاربران با برنامه، ثبت شده و با اتمام آخرین وظیفه، ذخیره گردید.

پس از انجام ارزیابی در هر هفته، از کاربران خواسته شد برنامه موردنظر را تا انجام ارزیابی هفته بعد اجرا نکنند، زیرا اجرای برنامه در این مدت زمان بر یادگیری کاربران تاثیر می‌گذارد.

۵-۲- تعریف مدل وظیفه مورد انتظار

با توجه به وظایف در نظر گرفته شده برای کاربران، مدل وظیفه موردانتظار طراحی و سپس بر اساس زبان مدلسازی شبکه‌های پتری[۱]، در نرم‌افزار WoPeD[۲] رسم شده است.

مدل وظیفه موردانتظار شامل دنباله فعالیت‌های موردانتظار جهت اجرای یک وظیفه مشخص می‌باشد. در شکل۲، مدل وظیفه مربوط به اجرای هر سه وظیفه تعیین شده در این مطالعه موردی، مشخص شده است. همانطور که در شکل۲ نشان داده شده است، در گراف شبکه پتری، چهار عنصر مکان(دایره)، گذر(مستطیل)، کمان و نشانه[۳](دایره پررنگ) وجود دارد. مکان‌ها به عنوان بخش‌هایی جهت نگهداری نشانه و گذرها نشان‌دهنده فعالیت‌های موردانتظار جهت انجام وظایف می‌باشند. از فعالیت‌های در نظر گرفته شده در این مطالعه موردی، می‌توان به فعالیت ذخیره یادداشت که فعالیت نهایی، جهت انجام وظیفه ثبت یادداشت بوده و هنگام انتخاب گزینه ذخیره در فایل تعاملات کاربران ثبت می‌شود، اشاره نمود. در شکل (۲)، مکان‌ها و گذرهایی که کمرنگ، کمی پررنگ و پررنگ می‌باشند، به ترتیب مسیر موردانتظار مربوط به وظایف ثبت یادداشت، تنظیم یادآور و تبدیل تاریخ می‌باشند. در فرآیند موردنظر، مکان‌ها و گذرهای بدون رنگ ، متعلق به وظیفه مشخصی نبوده و ممکن است هنگام انجام هر کدام از سه وظیفه، اجرا شوند.

۵-۳- استفاده از تکنیک بررسی تطابق

در این مرحله، با استفاده از تکنیک بررسی تطابق، به بررسی میزان انحراف کاربران از نحوه موردانتظار تعامل با نرم‌افزار، می‌پردازیم. در این پژوهش، از ابزار Prom به منظور اجرای خودکار تکنیک بررسی تطابق استفاده شده است.

در ادامه، جهت محاسبه معیارهای در نظرگرفته شده، بین اطلاعات حاصل از اجرای تکنیک بررسی تطابق و معیارها، با توجه به فرمول درنظر گرفته شده برای آنها نگاشت صورت می‌گیرد.

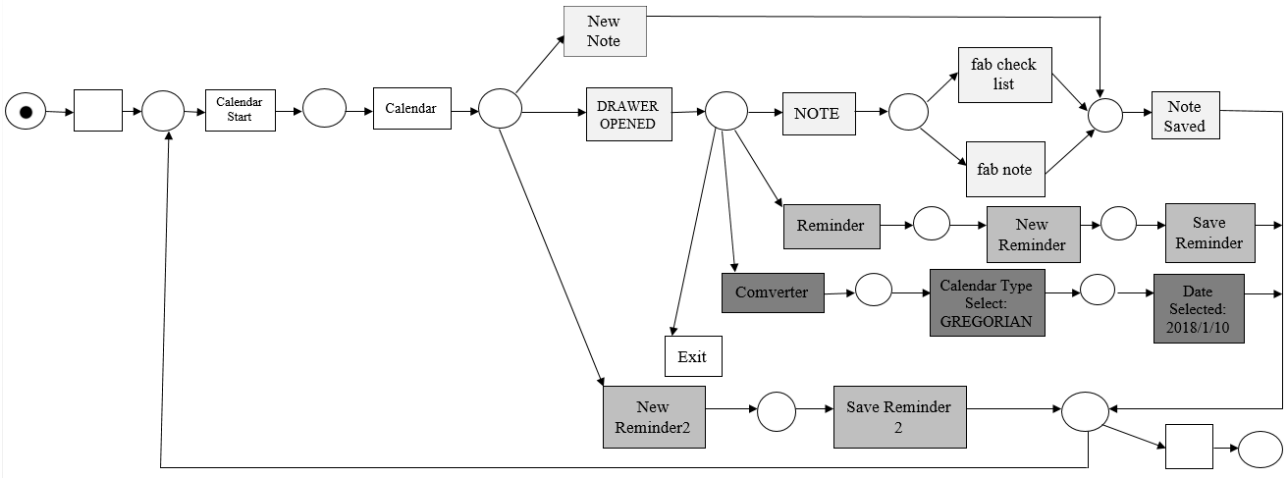
همانطور که در بخش چهار توضیح داده شده است، در انحراف پرش از تاریخچه رخداد، فعالیت‌های خارج از مدل وظیفه موردانتظار یا اضافی و فعالیت‌های موجود در مدل وظیفه موردانتظار که مطابق با ترتیب فعالیت‌های موجود در مدل وظیفه موردانتظار نمی‌باشند تعیین می‌شود. همچنین با توجه به تعریف معیار فعالیت‌های اضافه کاربر یعنی تعداد فعالیت‌هایی که انتظار نمیرود هنگام انجام یک وظیفه مشخص اجرا شوند و فعالیت‌های موردانتظاری که مطابق با ترتیب فعالیت‌های موردانتظار موجود در مدل وظیفه موردانتظار اجرا نشده‌اند، می‌توان دریافت مقدار این معیارکه بیان کننده میزان سرگردانی کاربر هنگام انجام وظایف می‌باشد، از طریق تعیین مقدار انحرافات پرش از تاریخچه رخداد قابل محاسبه است. مقدار معیار تعداد خطا نیز از طریق تعیین مقدار انحرافات پرش از تاریخچه رخداد محاسبه می‌شود، زیرا رخداد خطا، جز فعالیت‌های موردانتظار یا فعالیت‌های موجود در مدل وظیفه موردانتظار نمی‌باشد.

در انحراف پرش از مدل، تعداد فعالیت‌های موجود در مدل وظیفه موردانتظار که اجرا نشده‌اند، تعیین می‌شود. در معیار فعالیت‌های جاافتاده کاربر نیز تعداد فعالیت‌های موردانتظاری که توسط کاربر اجرا نشده و موجب عدم موفقیت کاربر در انجام یک وظیفه مشخص شده است، تعیین می‌شود. در نتیجه با استفاده از قابلیت تشخیص انحراف پرش از مدل، می‌توان مقدار معیار فعالیت‌های جاافتاده کاربر را محاسبه نمود.

در این مطالعه موردی، ارزیابی بنابر تعداد تکرار درنظر گرفته شده، سه مرتبه انجام شده سپس براساس نتایج بدست آمده به تحلیل قابلیت یادگیری نرم‌افزار موردنظر پرداخته می‌شود.

۶- نتایج ارزیابی

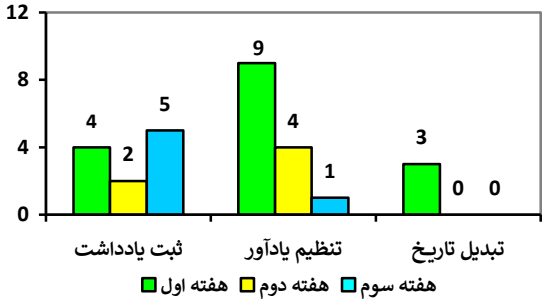
در این مرحله، پس از اندازه‌گیری معیارها، به ارائه و تحلیل نتایج بدست آمده پرداخته می‌شود. پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به تعاملات کاربران، مشخص شد برخی از کاربران به تعداد دفعات کمتر یا بیشتری هر کارکرد را اجرا نموده بودند. جهت عدم تاثیر تجربیات مختلف بر نتایج آزمایش، داده‌های مربوط به تعامل کاربرانی که در هر هفته دو کارکرد ثبت یادداشت و تنظیم یادآور را بین ۴ تا ۶ مرتبه اجرا کرده‌اند، جهت اندازه‌گیری معیار فعالیت‌های اضافه کاربران انتخاب شده و نتایج سایر کاربران (که تعداد تجربیات آنها بیشتر یا کمتر بوده) حذف شده است. بدین ترتیب، جهت اندازه‌گیری معیار فعالیت‌های اضافه کاربران برای وظیفه تنظیم یادآور، اطلاعات مربوط به ۱۹



شکل(۲) : مدل وظیفه موردانتظار

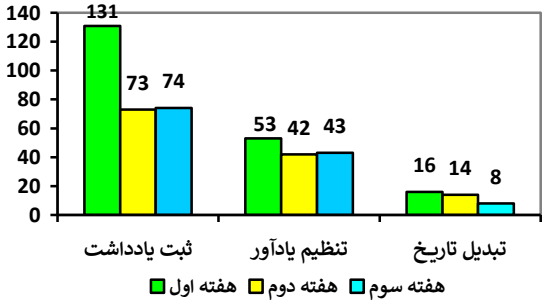
کاربر و برای وظیفه ثبت یادداشت، اطلاعات مربوط به ۲۰ کاربر مورداستفاده قرار گرفته است. همچنین ۱۰ نفر از کاربران وظیفه تبدیل تاریخ را در هر هفته اجرا نموده بودند که اطلاعات مربوط به آنها در اندازه‌گیری معیار فعالیت اضافه کاربران برای این وظیفه شرکت داده شده است. جهت اندازه‌گیری دو معیار دیگر یعنی فعالیت‌های جاافتاده کاربران و تعداد خطا، داده‌های مربوط به تعامل تمام ۲۹ کاربر مورد استفاده قرار گرفته است.

در نمودار (۱) مجموع مقدار معیار فعالیت‌های اضافه کاربران، در نمودار (۲)، مجموع مقدار معیار فعالیت‌های جاافتاده کاربران و در نمودار (۳)، مجموع مقدار معیار تعداد خطاهای کاربران برای تمام وظایف و در سه هفته متوالی، مشخص شده است. با تحلیل مقادیر بدست آمده می‌توان میزان تغییرات معیارهای فوق، در هفته‌های مختلف را به صورت دقیق اندازه‌گیری نمود.



نمودار(۱) : مقدار معیار فعالیت‌های اضافه کاربران

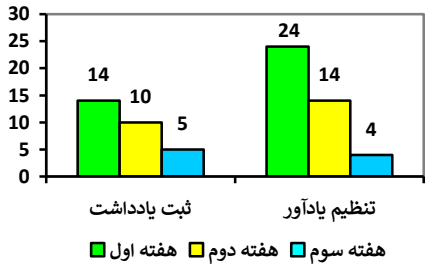
مطابق نمودار (۱)، مجموع فعالیت‌های اضافه کاربران، برای وظیفه ثبت یادداشت در هفته سوم نسبت به هفته دوم افزایش یافته و کاربران در هفته دوم، فعالیت‌های اضافه کمتری نسبت به هفته سوم داشته و در نتیجه با انجام فعالیت‌های اضافه کمتری وظیفه موردنظر را انجام داده‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت یادگیری نحوه انجام صحیح و موردانتظار وظیفه ثبت یادداشت، به طوریکه حداقل فعالیت‌های اضافه توسط کاربران اجرا شود، در هفته دوم به میزانی است که اجرای مجدد این وظیفه در هفته سوم تاثیری بر یادگیری نداشته است. مقدار این معیار، برای وظایف تنظیم یادآور و تبدیل تاریخ، در طول سه هفته کاهش پیدا نموده است که نشان دهنده کاهش فعالیت‌های اضافی جهت انجام وظایف و افزایش یادگیری نحوه انجام صحیح و موردانتظار این وظایف، در طول سه هفته می‌باشد.



نمودار(۲) : مقدار معیار فعالیت‌های جاافتاده کاربران

مطابق نمودار(۲)، در وظایف تنظیم یادآور و ثبت یادداشت، مجموع فعالیت‌های جاافتاده کاربران در هفته دوم و سوم(از آنجایی که مقدار این معیار برای وظایف تنظیم یادآور و ثبت یادداشت در هفته سوم به اندازه یک واحد از هفته دوم بیشتر می‌باشد، می‌توان مقدار این معیار برای این وظایف در هفته دوم و سوم را برابر یکدیگر در نظر گرفت) نسبت به هفته اول کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته و در نتیجه فعالیت‌های موردانتظار کمتری جاافتاده و منجر به عدم انجام وظایف شده‌اند. به طور مثال، در صورتیکه کاربران در هفته اول پس از اجرای اولین فعالیت از وظیفه مشخصی، موفق به اجرای سایر فعالیت‌های آن نشده و در نتیجه وظیفه موردنظر را انجام نداده‌اند، در هفته دوم، کاربران پس از اجرای تعداد بیشتری از فعالیت‌های آن وظیفه موفق به اجرای باقی فعالیت‌های آن نشده و در نتیجه موفق به انجام وظیفه موردنظر نشده‌اند. پس می‌توان نتیجه گرفت، یادگیری نحوه موردانتظار انجام وظایف تنظیم یادآور و ثبت یادداشت، به طوریکه اجرای فعالیت‌های جاافتاده کمتری موجب عدم انجام وظایف موردنظر شود، در هفته دوم به میزانی می‌باشد که اجرای مجدد آن در هفته سوم تاثیری بر یادگیری نداشته است. در وظیفه تبدیل تاریخ نیز، مقدار معیار فعالیت‌های جاافتاده کاربران در طول سه هفته کاهش پیدا نموده و درنتیجه یادگیری نحوه موردانتظار انجام این وظیفه در طول سه هفته افزایش یافته است.

مطابق نمودار(۳)، تعداد خطاها، هنگام اجرای وظایف ثبت یادداشت و تنظیم یادآور توسط کاربران، در طول سه هفته کاهش پیدا نموده است که نشان دهنده افزایش یادگیری نحوه انجام وظایف بدون ایجاد خطا، در طول سه هفته می‌باشد.



نمودار(۳) : مقدار معیار تعداد خطاهای کاربران

همچنین، با توجه به ماهیت وظیفه تبدیل تاریخ، امکان ایجاد خطا هنگام اجرای این وظیفه وجود نداشته و در نتیجه مقدار این معیار برای این وظیفه در تمام اجراها برابر صفر می‌باشد.

۷- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این پژوهش هدف اصلی، ارزیابی کمّی و خودکار قابلیت یادگیری نرم‌افزارها براساس تطابق رفتار کاربران با مدل وظیفه موردانتظار است. بدین منظور، فرآیندی جهت انجام ارزیابی تعریف شده و براساس آن قابلیت یادگیری نرم افزار تلفن همراه تقویم موردارزیابی قرار گرفته است. در این ارزیابی، ابتدا معیارهای قابلیت استفاده شامل: معیار تعداد خطا، فعالیت‌های اضافه کاربر و فعالیت‌های جاافتاده کاربر انتخاب شده است. در ادامه، پس از تعیین وظایف موردنظر جهت اجرا توسط کاربران و اضافه نمودن قابلیت ثبت خودکار تعاملات کاربران به نرم‌افزار، برای تمام وظایف در نظر گرفته شده، یک مدل وظیفه موردانتظار طراحی شده است. سپس، یک ارزیابی تجربی طراحی و طی سه هفته متوالی تکرار شد. در ادامه، معیارهای در نظر گرفته شده با کمک بررسی تطابق رفتار کاربران با مدل وظیفه موردانتظار طراحی شده، اندازه‌گیری شده میزان بهبود آنها طی هفته‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می‌دهد، مجموع فعالیت های اضافه کاربران هنگام اجرای درست وظایف تنظیم یادآور و تبدیل تاریخ، در طول سه هفته کاهش پیدا نموده، در نتیجه یادگیری نحوه موردانتظار اجرای این وظایف افزایش یافته است. اما مجموع فعالیت های اضافه کاربران جهت انجام وظیفه ثبت یادداشت، در هفته سوم نسبت به هفته دوم افزایش یافته است. در نتیجه یادگیری نحوه موردانتظار اجرای این وظیفه در هفته دوم به میزانی می‌باشد که اجرای مجدد آن در هفته سوم تاثیری بر یادگیری نداشته است. مجموع فعالیت‌های جاافتاده کاربران هنگام اجرای وظایف تنظیم یادآور، ثبت یادداشت و تبدیل تاریخ در طول سه هفته کاهش یافته و در نتیجه یادگیری نحوه موردانتظار اجرای وظایف افزایش یافته است. همچنین تعداد خطاهای کاربران طی اجرای وظایف تنظیم یادآور و ثبت یادداشت در طول سه هفته کاهش یافته و در نتیجه یادگیری نحوه موردانتظار اجرای وظایف افزایش یافته است.

در ادامه این پژوهش می‌توان مجموعه فعالیت‌های زیر را درنظر گرفت:

- افزایش تعداد معیارها، کارکردها و قابلیت‌های نرم‌افزار مورد ارزیابی
- ارزیابی سایر نرم‌افزارها براساس فرآیند ارزیابی مطرح شده

مراجع

[۱] مازنی، فاطمه، وفادار، شیوا، "ارزیابی قابلیت استفادهٔ نرم‌افزار: بررسی مقایسه‌ای پرسشنامه و عملکرد کاربران"، پردازش و مدیریت اطلاعات، دورهٔ ۳۴، شمارهٔ ۴، ص ص ۱۸۳۷-۱۸۶۶، تابستان ۱۳۹۸.

[۲] قاضی زاده، فاطمه زهرا، **ارائه چارچوبی برای ارزیابی قابلیت استفاده در برنامه‌های کاربری تلفن همراه**، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: شیوا وفادار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، ۲۳-۴۵، ۱۳۹۶.

[1] ISO (2011) ISO/IEC 25010 - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models. Geneva: International Organization for Standardisation, Geneva.

[2] Carter, P, "*Liberating usability testing*", Interactions, Vol. 14, 2, pp. 18–22, 2007.

[3] de Santana, V. F., Baranauskas, M. C. C., "*Welfit: a remote evaluation tool for identifying web usage patterns through client-side logging*", International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 76, pp. 40-49,2015.

[4] Harrati, N., Bouchrika, I., Tari, A., Ladjailia, A., "*Exploring user satisfaction for e-learning systems via usage-based metrics and system usability scale analysis*", Computers in Human Behavior , Vol. 61, pp. 463-471, 2016.

[5] Burzacca, P., Paternò, F., "*Remote Usability Evaluation of Mobile Web Applications*", International Conference on Human-Computer Interaction, 2013.

[6] Harrati, N., Bouchrika, I., Tari, A., Ladjailia, A., "*Automating the Evaluation of Usability Remotely for Web Applications via a Model-Based Approach*", First International Conference on New Technologies of Information and Communication (NTIC), 2016.

[7] Atterer, R., Wnuk, M., Schmidt, A., "*Knowing the user's every move: User activity tracking for Web site usability evaluation and implicit interaction*", 15th International Conference on the World Wide Web, 2006.

[8] Geng, R., Tian, J., "*Improving Web Navigation Usability by Comparing Actual and Anticipated Usage*", IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 45, pp. 84-94, 2015.

[9] Okada, H., Fujioka, R., "*Automated Methods for Webpage Usability & Accessibility Evaluations*", in Pinder, S. (ed.) Advances in Human Computer Interaction. InTech, pp. 351–364, doi: 10.5772/81, 2008.

[10] Okada, H., ASAHI, T, "*GUITESTER: A Log-Based Usability Testing Tool for Graphical User Interfaces*", IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, Vol. E82-D, pp.1030-1041, 1999.

[11] Conti, A., Giovanni Schiavone, A., Paternò, F., "Customizable automatic detection of bad usability smells in mobile accessed web applications", International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, 2017.

[12] van der Aalst, W., Adriansyah, A., van Dongen, B., "*Replaying History on Process Models for Conformance Checking and Performance Analysis*", Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov, vol. 2, pp. 182–192, 2011.

---

۱ Petri Nets

۲ Workflow Petri Net Designer

۳ Token