بهبود تجربه کاربری در نرم‌افزار تلفن همراه با استفاده از معماری اطلاعات

فاطمه زهرا قاضی‌زاده و شیوا وفادار

چکیده: تجربیات کاربری در تعامل با نرم‌افزار، یکی از عوامل بسیار مهم در موفقیت نرم‌افزارهای تجاری تلفن همراه است. معماری اطلاعات، روشی است که در آن می‌توان با شناخت کاربران و محتوای برنامه، واسط کاربری نرم‌افزار را برای دستیابی به تجربه کاربری مطلوب طراحی نمود. در این پژوهش تأثیر معماری اطلاعات بر روی قابلیت استفاده نرم‌افزار با استفاده از رویکردی کمّی ارزیابی شده است. بدین منظور، با انتخاب یک نرم‌افزار تلفن همراه و با تحلیل رفتار کاربران از طریق ثبت خودکار تعاملات با نرم‌افزار، مشکلات آنها در استفاده از نرم‌افزار تحلیل شده است. سپس با استفاده از روش‌های معماری اطلاعات، سیستم مسیریابی بازطراحی شده و مورد ارزیابی کمّی قرار گرفته است. ارزیابی بر روی ۱۱ کارکرد مختلف و بر مبنای ۸ معیار کمّی برای هر نسخه نرم‌افزار صورت گرفته است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد از میان ۸۸ اندازه‌گیری انجام‌شده، ۷۴ مورد بهبود، ۱۰ مورد تنزل و چهار مورد عدم تغییر در مقادیر رخ داده است. بیشترین بهبودها به ترتیب در معیارهای زمان جستجوی صفحه مورد نظر، تعداد فعالیت‌های اضافه کاربر و پیداکردن مسیر کارکرد توسط کاربران بوده است.

کلیدواژه: **تجربه کاربری، قابلیت استفاده، معماری اطلاعات، برنامه تلفن همراه، ارزیابی کمّی.**

۱- مقدمه

صنعت نرم‌افزار در ایران، در دوره جدیدی از بلوغ قرار گرفته که در آن کیفیت نقش مهمی یافته است. در سال‌های گذشته، تمرکز صنعت نرم‌افزار بیشتر بر تولید نرم‌افزار و ارائه قابلیت‌های متنوع بوده است. اما امروزه به علت تنوع در محصولات و تولیدکنندگان نرم‌افزار، کیفیت محصول یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در موفقیت سیستم‌های نرم‌افزاری است.

یکی از مشکلات صنعت، هزینه‌هایی است که تولید نرم‌افزار باکیفیت برای تولیدکنندگان ایجاد می‌کند. بهبود تجربیات کاربری در قالب قابلیت استفاده نرم‌افزار، یکی از روش‌های مقرون به صرفه و تأثیرگذار در افزایش کیفیت سیستم‌های نرم‌افزاری است. در مقابل سایر ویژگی‌های کیفی که نیاز به زیرساخت‌ها و اعمال تاکتیک‌های گوناگون در مراحل مختلف طراحی و تولید نرم‌افزار دارند، قابلیت استفاده با بهبود واسط کاربری به روش‌های مختلف قابل ارتقاست.

از طرف دیگر، یکی از چالش‌ها در صنعت نرم‌افزار نحوه اندازه‌گیری قابلیت استفاده است. اغلب این تصور وجود دارد که تجربیات کاربری، شهودی و وابسته به نظرات کاربران است و تغییر آن لزوماً منجر به بهبود نخواهد شد یا این بهبود قابل اثبات نیست. به عبارت دیگر، این سؤال مطرح است که تولیدکننده یک سیستم نرم‌افزاری چگونه می‌تواند اطمینان حاصل کند که تغییر در واسط کاربری منجر به بهبود قابلیت استفاده شده و میزان بهبود تا چه اندازه بوده است.

هدف از این پژوهش، پاسخ به این سؤال تولیدکنندگان نرم‌افزار است. بدین منظور از روش معماری اطلاعات برای طراحی واسط کاربری یک نرم‌افزار تلفن همراه استفاده شده و نشان داده می‌شود استفاده از این روش تا چه اندازه منجر به بهبود تجربیات کاربران در استفاده از آن شده است. به صورت دقیق‌تر، با تمرکز بر سیستم مسیریابی[1] یک نرم‌افزار تلفن همراه، معیارهای مشخصی از قابلیت استفاده شامل پیداکردن مسیر، تعداد خطا در یک وظیفه، شدت خطای وظیفه، زمان صرف‌شده برای خطا، زمان مکث، فعالیت‌های اضافه کاربر، تعداد جابه‌جایی بین صفحات و زمان جستجوی صفحه مورد نظر ارزیابی شده است. این ارزیابی از طریق طراحی و اجرای یک آزمایش تجربی، با اندازه‌گیری معیارها در کارکرد ۴۰ نفر با نرم‌افزار و از طریق سیستم ثبت وقایع به صورت خودکار و با مقادیر کمّی صورت گرفته است. سپس با استفاده از روش معماری اطلاعات، از طریق تحلیل رفتار کاربران، تحلیل محتوا و بازطراحی واسط کاربری، نسخه جدیدی از نرم‌افزار تولید شده است. معیارهای قابلیت استفاده برای نسخه جدید، در تعامل ۴۰ کاربر جدید با نرم‌افزار، مجدداً ارزیابی شده است. مقایسه نتایج ارزیابی به ما اطمینان می‌دهد که تغییر در واسط کاربری با استفاده ار روش معماری اطلاعات، منجر به بهبود معیارهای قابلیت استفاده در این نرم‌افزار شده و میزان بهبود برای هر یک از قابلیت‌های نرم‌افزار نیز مشخص می‌گردد.

مقاله حاضر، در ادامه پژوهش‌های قبلی نویسندگان در زمینه قابلیت استفاده در نرم‌افزارهای تلفن همراه است [۱] و [۲]. در کارهای گذشته، با طراحی و اجرای یک آزمایش تجربی، معیارهایی از قابلیت استفاده در یک نرم‌افزار منتخب اندازه‌گیری شده است [۱]. در یک آزمایش تجربی دیگر، میزان اثر انواع مختلف راهنمای کاربری در بهبود یک معیار مشخص قابلیت استفاده اندازه‌گیری شده است [۲]. آنچه این تحقیق را از سایر پژوهش‌های نویسندگان متمایز می‌سازد، تمرکز آن بر معماری اطلاعات برای طراحی سیستم مسیریابی در نرم‌افزار تلفن همراه و همچنین ارزیابی اثر این روش بر بهبود قابلیت استفاده است. در این ارزیابی، بر خلاف پژوهش‌های قبل، دو آزمایش تجربی طراحی شده و معیارهای قابلیت استفاده در دو نسخه از نرم‌افزار (نسخه اولیه و نسخه اصلاح‌شده) اندازه‌گیری گردیده است. علاوه بر این که از تحلیل نتایج ارزیابی نسخه اول در طراحی واسط کاربری نسخه جدید نرم‌افزار نیز استفاده شده است. آنچه این پژوهش را از سایر پژوهش‌های مرتبط (که

این مقاله در تاریخ ۲۸ آذر ماه ۱۳۹۷ دریافت و در تاریخ ۵ خرداد ماه ۱۳۹۸ بازنگری شد.

فاطمه زهرا قاضی‌زاده، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران، (email: mhs.ghazizade@gmail.com).

شیوا وفادار (نویسنده مسئول)، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران، (email: sh.vafadar@gu.ac.ir).

1. Navigation System

در بخش بعد تشریح می‌گردد) متمایز می‌سازد، تمرکز آن بر استفاده از معماری اطلاعات به عنوان روشی برای بازطراحی واسط کاربری یک نرم‌افزار و اندازه‌گیری مجدد اثرات این روش در معیارهای قابلیت استفاده نرم‌افزار اصلاح‌شده است.

در ادامه این مقاله، در بخش ۲ پژوهش‌های مرتبط بررسی می‌شوند. در بخش ۳ فرایند پژوهش شرح داده می‌شود. در بخش ۴ روش معماری اطلاعات برای بهبود واسط کاربری تشریح می‌گردد. در بخش ۵ نرم‌افزار مدیریت فعالیت‌های شخصی به عنوان نرم‌افزار منتخب برای مطالعه موردی معرفی می‌گردد و مراحل اجرای معماری اطلاعات برای بازطراحی واسط کاربری آن شرح داده می‌شود. در بخش ۶ آزمایش تجربی برای اندازه‌گیری تجربیات کاربری تشریح می‌شود. در بخش ۷ نتایج ارزیابی برای هر یک از معیارها، در نسخه اولیه و نسخه اصلاح‌شده ارائه و تحلیل می‌گردد. در پایان، در بخش ۸ نتیجه‌گیری و برنامه‌های آینده نویسندگان در زمینه قابلیت استفاده نرم‌افزار بیان می‌گردد.

۲- پژوهش‌های مرتبط

در فضای پژوهش، روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قابلیت استفاده ارائه شده است. این پژوهش‌ها از جنبه هدف، روش اندازه‌گیری، برنامه کاربردی مورد ارزیابی، محیط و سیستم عامل، تجهیز مورد استفاده و ... از یکدیگر متمایز می‌شوند.

برای قابلیت استفاده معیارهای مختلفی در فضای پژوهش ارائه شده است. این معیارها از جمله اثربخشی، کارایی، جذابیت، بهره‌وری، قابل فهم بودن [۳] و معیارهای مرتبط با زمان از جمله زمان پاسخ [۳] و [۴]، امکان ارزیابی کمّی قابلیت استفاده را فراهم نموده‌اند. ارائه مدلی سلسله‌مراتبی برای فاکتورهای قابلیت استفاده [۵] و ارزیابی، پالایش و امتیازدهی آنها منجر به معرفی معیارهایی کاربردی در این زمینه شده است. بر مبنای معیارهای قابلیت استفاده، اندازه‌گیری کمّی قابلیت استفاده نرم‌افزار با استفاده از تعاملات کاربر و نرم‌افزار کاربردی در پژوهش‌های مختلفی انجام شده است [۴] و [۶] تا [۱۰].

در اندازه‌گیری کمّی معیارها، روش‌ها و ابزارهای مختلفی برای جمع‌آوری خودکار تعاملات کاربران با نرم‌افزارهای کاربردی ارائه شده است [۶] تا [۹]. اساس کار در این پژوهش‌ها، تزریق کد به برنامه و ثبت تعاملات کاربر با برنامه است. در این نوع پژوهش‌ها توالی مسیرهایی که کاربر طی کرده، ثبت می‌شوند و گام‌های کاربران در قالب الگوی استفاده شناسایی و تحلیل می‌گردد. به عنوان مثال ابزاری برای نظارت بر رفتار عملیاتی کاربر برای نرم‌افزارهای تحت سیستم عامل اندروید ارائه شده تا بتواند قابلیت استفاده را در شرایط عملیاتی ثبت و تحلیل کند. چارچوب ارزیابی ارائه‌شده به صورت خودکار و خودمختار بازخوردهایی را درباره مسایل قابلیت استفاده در شرایط واقعی جمع‌آوری می‌کند. با استفاده از برنامه‌نویسی جنبه‌گرا، کدهایی به برنامه تزریق می‌شوند تا تعاملات کاربر با برنامه را ضبط نماید.

به جز روش‌های کمّی ارزیابی قابلیت استفاده، روش‌هایی مانند مصاحبه، مشاهده و پرسشنامه نیز از جمله روش‌های متداول در ارزیابی قابلیت استفاده هستند [۱۱] تا [۱۶]. استفاده از چند روش مختلف به صورت هم‌زمان نیز توسط پژوهشگران به کار رفته است. در این روش‌ها، ترکیب ارزیابی معیارهای قابلیت استفاده بر اساس تعاملات کاربر با نرم‌افزار به همراه روش‌های پرسشنامه، مصاحبه و مشاهده مورد استفاده قرار گرفته است [۳] و [۱۴].

از جنبه هدف ارزیابی نیز پژوهش‌های مختلف از یکدیگر متمایز می‌شوند. به عنوان نمونه، تأثیر انواع راهنما بر روی معیارهای زمانی قابلیت استفاده بررسی و ارزیابی شده است [۴]. بررسی مقایسه‌ای قابلیت استفاده نرم‌افزارهای مختلف از دیگر اهداف پژوهش‌های قابلیت استفاده بوده است [۱۱] و [۱۳]. در یک پژوهش، تفاوت معیارهای قابلیت استفاده بین دو برنامه تلفن همراه در سیستم عامل اندروید بررسی شده است. در این پژوهش، ویژگی کیفی قابلیت استفاده در دو برنامه تلفن همراه ارزیابی شده است. این ارزیابی بر روی دو نوع معیار قابلیت استفاده یعنی معیارهای عینی و ذهنی صورت گرفته که روش ارزیابی برای معیارهای عینی به صورت مشاهده و برای معیارهای ذهنی ارائه پرسشنامه بوده است [۱۳]. در پژوهشی دیگر [۱۱]، سه برنامه تلفن همراه در محیط اندروید با استفاده از کاربران حقیقی و در محیط‌های اجرایی واقعی بررسی و قابلیت استفاده آنها در موضوعات محیط یا زمینه استفاده، معیارهای عینی و معیارهای ذهنی به صورت مقایسه‌ای بررسی شده است. ارزیابی ۱۰ برنامه متداول در دو سیستم عامل اندروید و iOS موضوع پژوهش دیگری بوده است [۱۲]. در این پژوهش، ارزیابی بر روی دو پلتفرم تلفن همراه و تبلت انجام شده که طی بیش از چهار آزمایش، ۳۵۷۵ کاربر به قابلیت استفاده ۱۰ برنامه امتیاز دادند. در این ارزیابی، معیارهای ذهنی و احساسات کاربر نسبت به برنامه از طریق امتیازدهی اندازه‌گیری شده است.

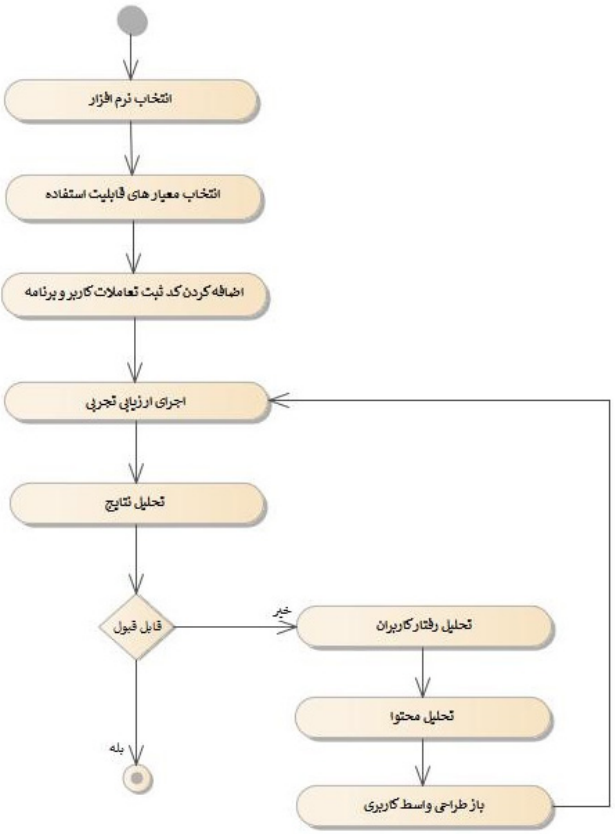
شناسایی و تحلیل اطلاعات حاصل از تعاملات کاربران نیز به روش‌های مختلفی انجام شده است. مدل‌سازی رفتار کاربران با استفاده از ماشین حالت [۸]، استفاده از قوانین مکاشفه‌ای [۱۰] و استفاده از استانداردهای ISO۹۲۴۱ و ISO۲۵۰۶۲ [۱۵] از جمله پژوهش‌هایی هستند که با هدف تعیین مشکلات قابلیت استفاده نرم‌افزارهای تلفن همراه انجام شده است. طراحی واسط کاربری با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از الگوهای طراحی HCI و ارزیابی قابلیت استفاده برنامه‌های تلفن همراه که از این روش در آنها استفاده شده است، از دیگر پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه است [۷].

در پژوهش حاضر، هدف بهبود قابلیت استفاده با به کارگیری معماری اطلاعات است. راهبرد اصلی در اندازه‌گیری قابلیت استفاده، کمّی و روش گردآوری اطلاعات، ثبت تعاملات کاربر با نرم‌افزار به صورت خودکار است. نرم‌افزار منتخب، یک نرم‌افزار متن باز مدیریت فعالیت‌های شخصی است که در محیط اندروید نصب و اجرا می‌گردد. آنچه این پژوهش را از سایر پژوهش‌های مرتبط متمایز می‌سازد، تمرکز آن بر استفاده از معماری اطلاعات به عنوان روشی برای تحلیل رفتار کاربران، کشف مشکلات قابلیت استفاده، تمرکز بر محتوای نرم‌افزار و بازطراحی واسط کاربری یک نرم‌افزار است. همچنین در این پژوهش، قابلیت استفاده نرم‌افزار اصلاح‌شده، برای تعیین اثر تغییرات اعمال‌شده، مجدداً ارزیابی می‌گردد.

۳- فرایند پژوهش

در این قسمت، فرایند پژوهش حاضر تشریح می‌گردد. شکل ۱ این فرایند را نشان می‌دهد که شامل مراحل و گام‌های زیر است:

ابتدا یک نرم‌افزار به عنوان مطالعه موردی انتخاب می‌شود (نرم‌افزار منتخب در بخش ۵ به تفصیل شرح داده شده است) و سپس معیارهای مورد نظر برای ارزیابی قابلیت استفاده نرم‌افزار مشخص می‌گردند (این معیارها در بخش ۶-۱ شرح داده شده‌اند). جهت استخراج اطلاعات تعامل کاربر و برنامه، کدهای مورد نیاز برای ثبت وقایع به نرم‌افزار کاربردی اضافه می‌شود. سپس یک ارزیابی تجربی برای اندازه‌گیری معیارهای قابلیت استفاده نرم‌افزار طراحی و اجرا می‌گردد (جزئیات ارزیابی تجربی در بخش ۶ شرح داده شده است) و نتایج آن تحلیل می‌شود (نتایج ارزیابی در



شکل ۱: فرایند پژوهش.

بخش ۷ به تفصیل ارائه شده است). برای شرایطی که قابلیت استفاده نرم‌افزار در وضعیت مطلوبی نباشد، روش معماری اطلاعات برای بازطراحی واسط کاربری نرم‌افزار اعمال می‌گردد (جزئیات روش و اعمال آن در نرم‌افزار منتخب در بخش‌های ۴ و ۵ شرح داده شده است). معماری اطلاعات شامل مراحل زیر است:

- تحلیل رفتار کاربران
- تحلیل محتوا
- بازطراحی واسط کاربری

بعد از اعمال تغییرات، لازم است ارزیابی تجربی مجدداً برای نرم‌افزار اجرا گردد. در این ارزیابی تجربی، معیارهای قابلیت استفاده نرم‌افزار بهبودیافته، اندازه‌گیری و نتایج تحلیل می‌شود. بدین ترتیب می‌توان میزان اثر تغییرات اعمال‌شده را به صورت کمّی مشخص نمود (نتایج ارزیابی نسخه بهبودیافته و مقایسه آن با ارزیابی نسخه اولیه در بخش ۷ تشریح شده است).

٤- طراحی واسط کاربری با استفاده از معماری اطلاعات

معماری اطلاعات یک نظام طراحی برای سازماندهی محتوا در سیستم‌های نرم‌افزاری است به طوری که امکان یافتن و درک بهتر اطلاعات را فراهم آورد [۱۷]. فرایند طراحی بر اساس معماری اطلاعات شامل سه مرحله اصلی است [۱۷] و [۱۸]:

۱) کاوش و تفحص: در این مرحله سعی می‌شود مسأله‌ای که باید حل شود، توسط طراح شناخته و تحلیل شود.
۲) استراتژی: در این مرحله، طراح یک راه‌حل برای مسأله ارائه می‌دهد.
۳) طراحی و مستندسازی: در این مرحله، راه‌حل در قالب مشخصی ارائه می‌شود و در اختیار افرادی که مسؤول ایجاد یا استفاده از اطلاعات هستند قرار داده می‌شود.

در این پژوهش، طراحی واسط کاربری یک نرم‌افزار تلفن همراه با استفاده از نظام طراحی معماری اطلاعات اجرا می‌گردد. در این راستا، معماری اطلاعات برای سازماندهی منو و سیستم مسیریابی برنامه‌های نرم‌افزاری استفاده می‌گردد. هدف از انجام این کار آن است که محتوای برنامه کاربردی با سهولت بیشتری در اختیار کاربران قرار گیرد و تصویر روشنی از کارکردهای نرم‌افزار برای آنها ایجاد گردد. بدین ترتیب، سه فعالیت اصلی طراحی واسط کاربری با استفاده از معماری اطلاعات به شرح زیر خواهد بود:

- کاوش و تفحص برای شناخت و تحلیل رفتار کاربران در تعامل با نرم‌افزار
- ارائه استراتژی از طریق تحلیل محتوای نرم‌افزار و مشکلات کاربران
- طراحی و مستندسازی واسط کاربری

در ادامه این بخش هر یک از این مراحل و نحوه اجرای آنها به اختصار تشریح می‌گردد.

٤-١ کاوش و تفحص برای شناخت و تحلیل رفتار کاربران

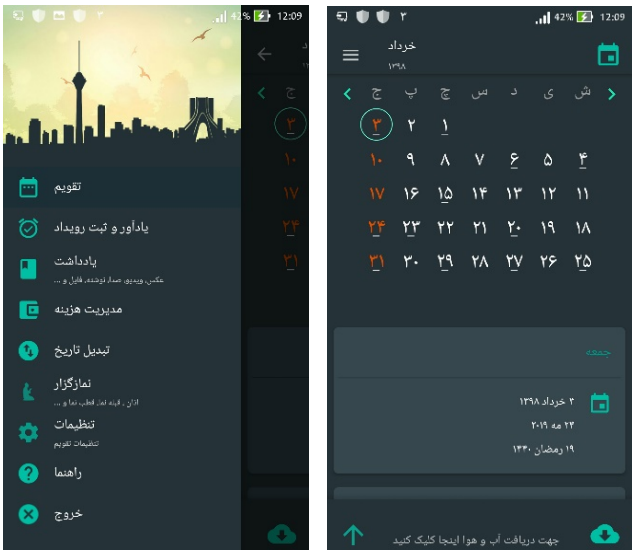
هر سیستم نرم‌افزاری برای استفاده توسط کاربران تولید می‌شود. به همین علت، تجربیات کاربران در تعامل با نرم‌افزار نقش مهمی در موفقیت یا عدم موفقیت یک سیستم نرم‌افزاری دارد. بنابراین تحقیق درباره علایق، رفتار، نیازها و مشکلات کاربران در استفاده از برنامه، باید در طراحی واسط کاربری آن لحاظ گردد. این موضوع می‌تواند در ارتقای تجربه کاربری مؤثر باشد.

مرحله اول از معماری اطلاعات، تحلیل رفتار کاربران است. در این مرحله، اطلاعاتی درباره کاربران نهایی، نحوه استفاده آنها از برنامه، اطلاعات و کارکردهای مورد نیاز آنها جمع‌آوری می‌گردد. روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری این اطلاعات وجود دارد. در یک دیدگاه ساده می‌توان این اطلاعات را از روش مشاهده تعامل کاربر با نرم‌افزار به دست آورد یا در روش‌های پیشرفته‌تر می‌توان نسخه اولیه‌ای از برنامه در اختیار کاربران قرار داد و با استفاده از ثبت وقایع به صورت اتوماتیک، این اطلاعات را استخراج نمود. اطلاعاتی که در ثبت وقایع توسط نرم‌افزار به صورت خودکار جمع‌آوری می‌گردند عبارتند از ۱) کارکرد مورد استفاده کاربر در نرم‌افزار، ۲) نوع فعالیت کاربر در کارکرد (اعم از مشاهده یک صفحه، انتخاب یک دکمه و ...)، ۳) زمان (تاریخ، ساعت، ثانیه) انجام فعالیت توسط کاربر، ۴) رویدادی که در نرم‌افزار به سبب فعالیت کاربر اجرا می‌شود و ۵) پیغام‌ها و خطاهای اعلام‌شده از سمت نرم‌افزار به کاربر (مانند واردکردن ورودی متنی اشتباه یا پیام‌هایی که نرم‌افزار به کاربر می‌دهد مانند اطمینان از پاک‌کردن یک فایل خاص).

با استفاده از ثبت خودکار وقایع، به عنوان نمونه می‌توان دریافت کاربران چه طور از برنامه استفاده می‌کنند، چه انتظاری از برنامه دارند، برای یافتن کارکرد مورد نظر چه مسیرهایی را طی می‌کنند، چه خطاهایی در تعامل با نرم‌افزار مرتکب می‌شوند و در انجام کدام وظیفه بیشترین تعلل و خطا را دارند. شناخت و تحلیل رفتار کاربر و مشکلات آنها در تعامل با نرم‌افزار، خروجی این مرحله در نظر گرفته می‌شود.

٤-٢ ارائه استراتژی از طریق تحلیل محتوای نرم‌افزار

در مرحله دوم از معماری اطلاعات برای طراحی واسط کاربری، تحلیل محتوای نرم‌افزار انجام می‌شود. محتوای نرم‌افزار در طراحی واسط کاربری، همه اطلاعات و کارکردهایی است که از طریق نرم‌افزار در اختیار



شکل ۲: نمایی از سیستم مسیریابی نسخه اولیه نرم‌افزار.

کاربران قرار می‌گیرد. این محتوا شامل بخش‌های مختلف نرم‌افزار، کارکردهایی مختلفی که در هر بخش باید درنظر گرفته شود، بخش‌هایی که اطلاعات هر کارکرد را در اختیار کاربر قرار می‌دهد و در پایین‌ترین سطح فیلدهای اطلاعاتی که در اختیار کاربر قرار می‌گیرد، می‌باشد. تحلیل محتوا می‌تواند روی یک یا چند بخش یا کل نرم‌افزار انجام شود.

نحوه سازماندهی محتوای برنامه، تأثیر بسزایی در قابلیت استفاده نرم‌افزار توسط کاربران مختلف دارد. بدین منظور، ابتدا باید لیست دقیقی از محتوای نرم‌افزار تهیه کرد و آن را در یک نقشه منسجم و قابل درک، قابل یادگیری و قابل یادآوری در اختیار کاربر قرار داد. بدین منظور از نتایج به دست آمده از تحلیل رفتار کاربران استفاده می‌گردد تا بتوان یک استراتژی در قالب نقشه دسترسی کاربر ایجاد کرد. این نقشه نحوه سازماندهی، طبقه‌بندی، نامگذاری و مسیریابی کاربران برای دستیابی به محتوای برنامه را مشخص مینماید.

در صورت استفاده از معماری اطلاعات به منظور بازطراحی واسط کاربری، هدف بهبود در سیستم مسیریابی برنامه است. بدین منظور، ساختار محتوای نرم‌افزار تغییر پیدا می‌کند و نقشه نرم‌افزار جدیدی برای آن طراحی می‌گردد. در این راستا با تعیین مشکلات نرم‌افزار از طریق تحلیل رفتار کاربران یا نحوه سازماندهی محتوای برنامه، می‌توان اقداماتی در جهت رفع مشکلات انجام داد. به عنوان مثال اگر یک خطا در تعامل کاربران مختلف برنامه به دفعات تکرار می‌شود، لازم است تمهیداتی برای جلوگیری از بروز خطا در نظر گرفته شود. مثلاً در صورتی که کاربران در یافتن مسیر دسترسی به برنامه دچار مشکل هستند، لازم است مسیر دسترسی تغییر کند و مثلاً برای کارکردهای مهم به صفحه اصلی منتقل شود تا این خطا توسط کاربران مجدداً رخ ندهد. بدین ترتیب، قابلیت استفاده برنامه و مشکلات کاربران در تعامل با آن بهبود می‌یابد.

نقشه نرم‌افزار، خروجی مرحله استراتژی است و به عنوان ورودی طراحی واسط کاربر استفاده می‌شود.

۳-٤ طراحی و مستندسازی واسط کاربری

مرحله سوم در این روش، طراحی واسط کاربری بر اساس نقشه‌ای است که در مرحله قبل تهیه شده است. در این مرحله، نقشه سیستم مسیریابی برنامه، به یک واسط گرافیکی تبدیل می‌شود تا بتواند در اختیار کاربران قرار گیرد. این عملیات می‌تواند به منظور طراحی اولیه واسط کاربری انجام شود یا می‌تواند مبنایی برای طراحی مجدد واسط کاربری به منظور بهبود قابلیت استفاده و تجربیات کاربری استفاده‌کنندگان باشد.

۵- مطالعه موردی: نرم‌افزار مدیریت فعالیت‌های شخصی

در این پژوهش، از روش معماری اطلاعات برای بازطراحی سیستم مسیریابی و واسط کاربری یک نرم‌افزار منتخب استفاده شده است. بدین منظور، یک نرم‌افزار متن باز مدیریت فعالیت‌های شخصی به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده است. در این نرم‌افزار کاربردی ابتدا معیارهای قابلیت استفاده ارزیابی می‌گردند و سپس با تمرکز بر روی سیستم مسیریابی و منوی برنامه با استفاده از روش معماری اطلاعات، واسط کاربری نرم‌افزار جهت بهبود قابلیت استفاده بازطراحی و ارزیابی مجدد می‌گردد.

در نرم‌افزار منتخب، کارکردهای اصلی زیر در نظر گرفته شده است:

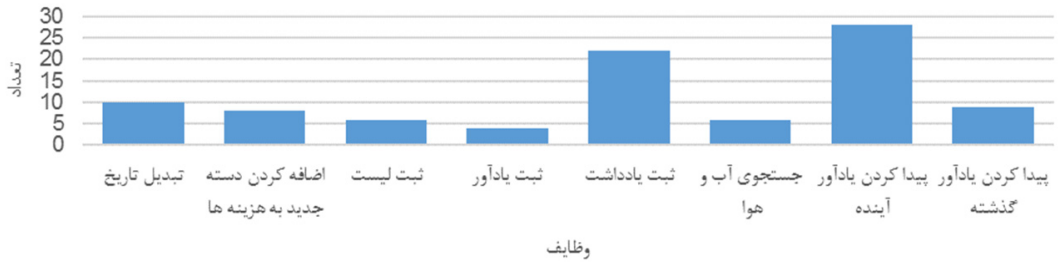
- جستجوی آب‌وهوا
- ثبت یادداشت
- کلیک بر روی یک روز خاص
- ثبت یک یادآور در تاریخ امروز
- ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده
- اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها
- تبدیل تاریخ به میلادی
- پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)
- پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)
- ثبت یک لیست
- اضافه‌کردن نماز از دست رفته

۵-۱ شناخت و تحلیل رفتار کاربران بر اساس ارزیابی اولیه

در این پژوهش، تحلیل رفتار کاربران با رویکرد درک نحوه تعامل کاربران با برنامه و نحوه استفاده از آن انجام شده است. در این مطالعه موردی، یک نسخه اولیه از نرم‌افزار به صورت متن باز وجود داشته است. شکل ۲ نمایی از ساختار منو در نسخه اولیه نرم‌افزار را نشان می‌دهد.

برای ثبت تمام وقایع و تعاملات هر کاربر با نرم‌افزار، کدهای مورد نیاز به برنامه اضافه شده است. بدین ترتیب با استفاده از مکانیزم ثبت وقایع، امکان اندازه‌گیری دقیق معیارهای قابلیت استفاده در برنامه فراهم شده است. جهت شناخت و تحلیل رفتار کاربران، نسخه اولیه نرم‌افزار در اختیار ۴۰ شرکت‌کننده قرار گرفته و دستورالعمل‌هایی برای استفاده از کارکردهای مختلف نرم‌افزار به شرکت‌کنندگان ارائه شده است. با استفاده از وقایع ثبت‌شده، امکان استخراج تعاملات کاربران با نرم‌افزار فراهم شده است.

بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، مشکلات کاربران در هنگام انجام کارکردها در برنامه، شناسایی و جزئیات معیارهای ارزیابی در بخش ۵-۱ تشریح گردیده است. مشکلات استخراج‌شده از تحلیل رفتار کاربران در شکل ۳ آمده است. در این شکل، هرچه مقدار فراوانی مشکلات برای یک کارکرد بیشتر باشد نشان‌دهنده بحرانی‌بودن وضعیت قابلیت استفاده در کارکرد مورد نظر است. بنا بر نتایج ارزیابی اولیه، کارکردهای پیداکردن یادآور آینده، ثبت یادداشت، تبدیل تاریخ، پیداکردن یادآور گذشته، اضافه‌کردن دسته جدید به هزینه‌ها و تبدیل تاریخ بیشترین مشکلات را در ارتباط با قابلیت استفاده در نرم‌افزار داشته‌اند.



شکل ۳: نمودار فراوانی کارکردهای دارای مشکل در مرحله تحلیل رفتار کاربر.

۵-۲ تحلیل محتوا

جهت تحلیل محتوا در مطالعه موردی، ابتدا فهرستی از محتوای نرم‌افزار اولیه تهیه گردید. این فهرست شامل بخش‌های مختلف برنامه، زیربخش‌های هر یک، نوع و عنوان آنها و نحوه ارتباط آنها با هم بوده است. بررسی این اطلاعات نشان می‌دهد مشکلاتی در محتوای نسخه اولیه نرم‌افزار وجود دارد. به عنوان مثال، برخی از بخش‌های نرم‌افزار بدون عنوان بودند و برخی صفحات مشابه از لحاظ شباهت ظاهری و عملکرد با هم سازگاری نداشتند. همچنین چندین صفحه از نرم‌افزار اولیه، فاقد برچسب بودند که این مسئله باعث می‌شود کاربران درباره موقعیتی که در آن قرار دارند اطلاع نداشته باشند.

در گام بعدی نقشه سیستم مسیریابی نسخه اولیه نرم‌افزار رسم شده است. در نقشه نرم‌افزار، فرم بصری از رابطه بخش‌ها و زیربخش‌ها ارائه می‌شود. با استفاده از این نمودار می‌توان مشکلات ساختار و چینش محتوای نرم‌افزار را شناسایی نمود. نقشه به دست آمده از نرم‌افزار اولیه در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که در تصویر مشخص است درخت دارای سطحی طویل و عمق کم بود. این ناسازگاری در عمق و سطح درخت نقشه نرم‌افزار باعث می‌شود گزینه‌هایی زیادی روبه‌روی کاربر قرار گیرد و حجم زیاد انتخاب‌ها باعث بروز مشکل برای کاربران در تصمیم‌گیری برای پیداکردن مسیر کارکرد شود.

گام بعدی، سازماندهی مجدد محتوا در برنامه کاربردی است به طوری که امکان یافتن و درک بهتر کارکردهای نرم‌افزار برای کاربران فراهم شود. این هدف با ارائه طراحی جدیدی برای نقشه نرم‌افزار محقق می‌شود که در آن سعی می‌گردد مشکلاتی که در مراحل قبل تشخیص داده شده‌اند برطرف گردند. نتیجه این فعالیت، ارائه یک نقشه جدید نرم‌افزار است. نقشه جدید نرم‌افزار مدیریت فعالیت‌های شخصی که در شکل ۵ نشان داده شده با اعمال تغییرات زیر ایجاد گردیده است:

۱) تغییر در چینش کارکردهای اصلی

بنا بر نتایج تحلیل رفتار کاربران مشخص شد بیشترین مشکلات قابلیت استفاده مرتبط با قابلیت "پیداکردن یادآور آینده" بوده است. بنابراین در نسخه جدید، کارکرد ثبت رویداد از منو خارج شد و به صفحه اصلی برنامه انتقال یافت.

۲) کاهش تعداد گزینه‌های منو

در نسخه اولیه برنامه، منو دارای بیش از هفت گزینه بود که این تعداد زیاد گزینه‌ها باعث ایجاد مشکل برای کاربران جهت انتخاب مسیر و یافتن کارکردهایی مثل "پیداکردن یادآورهای فعال و غیر فعال" می‌شد. در نسخه جدید نرم‌افزار به دلیل تغییر در ساختار و چینش محتوا، تعداد گزینه‌های منو به پنج کاهش یافت.

۳) منوی ثابت به جای منوی کشویی مخفی

در مرحله تحلیل رفتار کاربر، نیاز کاربران به جابه‌جایی زیاد بین صفحات مختلف نرم‌افزار شناسایی شد. این مشکل اغلب بدین علت بود که در نسخه اولیه برنامه، منوی کشویی و مخفی لحاظ شده بود و بنابراین منو از حال کشویی و مخفی، به حال ثابت و در پایین صفحه قرار گرفت.

٤) تغییر ساختار برنامه بر اساس رفتار پیش‌فرض کاربران

تحلیل رفتار کاربران نشان می‌دهد اکثر کاربران برای انجام وظیفه "ثبت یادآور" در هر صفحه‌ای که باشند ابتدا به صفحه تقویم برنامه مراجعه می‌کنند و روز مورد نظر برای ثبت رویداد را از تقویم انتخاب می‌کنند. پس از این که متوجه اشتباه‌بودن مسیر شدند آن گاه منو را بار دیگر بررسی کرده و مسیر درست را انتخاب می‌کنند. این مورد نشان‌دهنده این است که کاربران انتظار دارند این کارکرد را در صفحه تقویم پیدا کنند و بنابراین در طراحی مجدد، ساختار برنامه به گونه‌ای تغییر یافت که مطابق با انتظارات کاربران باشد.

۵) حذف نوار منوی بالای صفحه

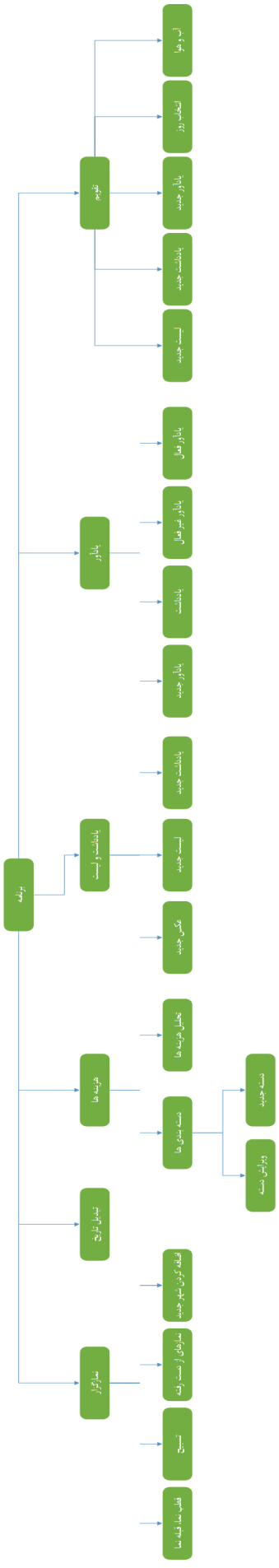
با تحلیل رفتار کاربران مشخص شد که کاربران از نوار برگه در صفحه رویدادهای برنامه برای پیداکردن کارکردها استفاده نمی‌کنند. بنابراین در طراحی مجدد، روش دیگری برای دسته‌بندی محتوای این صفحه استفاده شد و نوار بالای صفحه حذف گردید تا اطلاعات مورد نیاز در یک صفحه و یک جا به کاربر نمایش داده شود.

٦) اصلاح دسته‌بندی محتوا

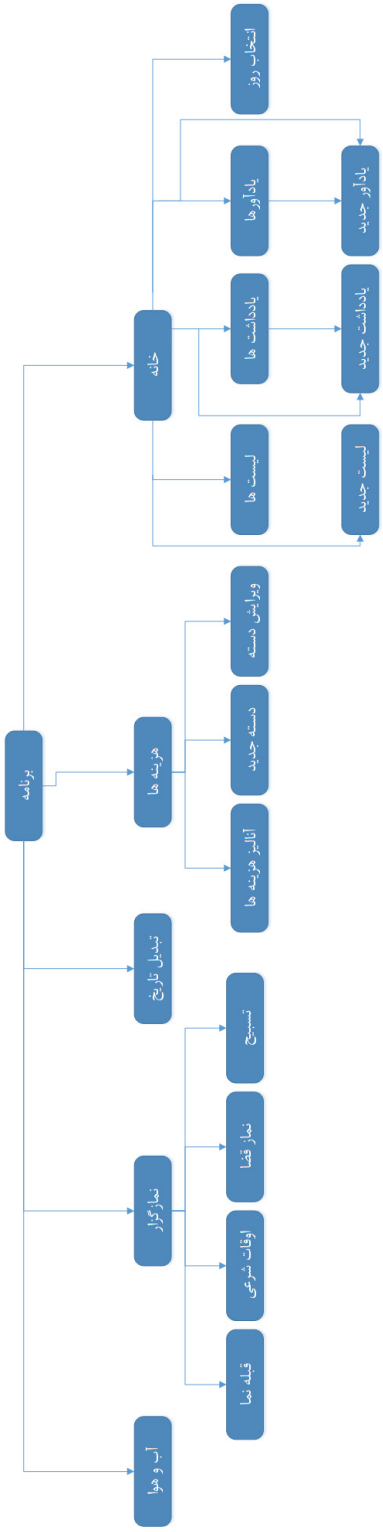
به منظور کاهش گزینه‌های انتخابی کاربر و در نتیجه کاهش بار ذهنی کاربر برای یافتن مسیر، در ساختار برنامه تغییراتی اعمال شد. بدین منظور، صفحه‌ها و محتوای مشابه در دسته‌های یکسانی قرار گرفتند. برخی صفحات به دسته‌بندی‌های دیگری انتقال پیدا کردند و همچنین گره‌های سطح سوم درخت، نسبت به درخت نسخه قبلی کاهش پیدا کرده است.

۵-۳ طراحی مجدد واسط کاربری نرم‌افزار

بر اساس اصلاحات اعمال‌شده، واسط کاربری جدیدی برای نرم‌افزار مورد مطالعه طراحی گردیده است. شکل ۴ نمایی از نسخه اصلاح‌شده را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که تمرکز اصلاحات در واسط کاربری نرم‌افزار بر سیستم مسیریابی و ساختار منوی برنامه بوده و تغییر دیگری در آن ایجاد نشده تا شرایط بررسی و مقایسه با نسخه قبل وجود داشته باشد. چنانچه در این شکل می‌توان دید، منوی مخفی در برنامه وجود ندارد و منو از حالت کشویی به حالت ثبت در پایین صفحه اصلاح شده و همچنین گزینه‌های منو به پنج مورد کاهش یافته است. یادآور آینده نیز به صفحه اصلی منتقل شده است. ثبت یادآور، ثبت لیست و ثبت یادداشت نیز به صفحه اصلی منتقل شده است. علاوه بر این که در بخش یادآور، لیست و یادداشت نیز امکان ثبت وجود دارد. بدین ترتیب مسیرهای مختلفی برای این قابلیت‌ها در نرم‌افزار در نظر گرفته شده است.



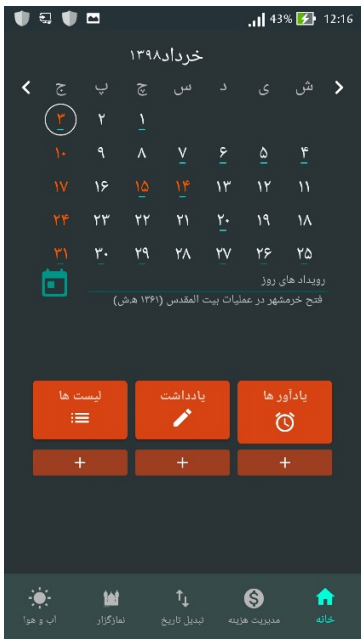
شکل ۴: نقشه نرم‌افزار نسخه اولیه.



شکل ۵: نقشه نرم‌افزار نسخه جدید.

٦- طراحی آزمایش تجربی برای اندازه‌گیری تجربیات کاربری

در این پژوهش، ارزیابی قابلیت استفاده با طراحی و اجرای یک آزمایش تجربی و با اندازه‌گیری معیارها به صورت کمّی انجام می‌شود. در طراحی آزمایش، مجموعه کارکردهای تعیین‌شده برای نرم‌افزار منتخب در نظر گرفته شده است. در یک آزمایش کنترل‌شده از کاربران خواسته می‌شود تا مجموعه کارکردهای مشخصی را مطابق با دستورالعمل تعیین‌شده در نرم‌افزار اجرا کنند. کارکردها و دستورالعمل‌ها در دو نسخه نرم‌افزار



شکل ۶: نمایی از سیستم مسیریابی نسخه جدید نرم‌افزار.

یکسان هستند.

۶-۱ معیارها

برای ارزیابی تجربه کاربری، تعدادی معیار قابل اندازه‌گیری از میان معیارهای قابلیت استفاده [۱۶] انتخاب شده است. برای محاسبه معیارهای تعیین‌شده، کدهای مورد نیاز برای ثبت تمام وقایع و تعاملات هر کاربر با برنامه اضافه شده است. بدین ترتیب با استفاده از مکانیزم ثبت وقایع، امکان اندازه‌گیری دقیق معیارهای منتخب قابلیت استفاده در برنامه فراهم شده است. معیارهای ارزیابی به شرح زیر هستند و فرمول اندازه‌گیری هر معیار در جدول ۱ آمده است.

- **پیداکردن مسیر کارکرد:** این معیار مشخص می‌کند چند درصد از کاربرانی که اقدام به اجرای وظیفه کردند، موفق به رسیدن به صفحه مورد نظر و پیداکردن مسیر درست شدند.
- **تعداد خطاها:** مسیرها و صفحه‌های اشتباهی است که کاربر در طول اجرای وظیفه آنها را مشاهده کرده است. این صفحه‌ها کاملاً نامربوط با روند اجرای وظیفه هستند و بنابراین رفتن به این صفحه‌ها توسط کاربر برای پیداکردن صفحه مورد نظر و اجرای وظیفه خطا محسوب می‌شود.
- **شدت خطای وظیفه:** در یک وظیفه چند درصد از کاربران برای پیداکردن مسیر درست کارکرد مورد نظر، دارای خطا بودند.
- **زمان صرف‌شده برای خطا:** مدت زمانی که کاربران برای اجرای یک وظیفه در مسیر و صفحات اشتباه باشند، یعنی از زمان ورود کاربر به صفحه نادرست تا زمان خروج از آن و پیداکردن مسیر درست کارکرد.
- **زمان مکث:** مدت زمانی که کاربران بین فعالیت‌ها مکث نمایند تا بتوانند مسیر را انتخاب کنند.
- **فعالیت‌های اضافه کاربر:** صفحه‌هایی که کاربر در طول اجرای وظیفه برای رسیدن به کارکرد مورد نظر مشاهده می‌کند. این صفحه‌ها نامربوط به اجرای وظیفه نیستند و خطا محسوب نمی‌شوند و تنها غیر لازم هستند. به عنوان مثال کاربر برای رسیدن به کارکرد مورد نظر و اجرای کامل وظیفه به جای یک بار، سه بار به منو مراجعه کرده یا صفحه مورد نظر نهایی را دو بار مشاهده کرده و بعد از دومین بار وظیفه را اجرا کرده است.
- **جابه‌جایی بین صفحات:** تعداد رفت و برگشت کاربر بین دو صفحه به طور متوالی و بیش از سه بار است. هرچه این موضوع بیشتر در یک وظیفه اتفاق بیفتد نشان‌دهنده سردرگمی کاربر و مطمئن‌نبودن از درستی صفحه‌ای که در آن قرار دارند برای اجرای وظیفه است.
- **زمان جستجوی صفحه مورد نظر:** مدت زمانی که کاربران برای یافتن کارکرد مورد نظر جستجو کنند. یعنی از ابتدای آغاز وظیفه تا زمانی که به صفحه کارکرد مورد نظر برسند.

جدول ۱: معیارهای منتخب برای اجرای ارزیابی.

شماره	نام معیار	فرمول اندازه‌گیری
۱	پیداکردن مسیر کارکرد	$X = A/B$ A = تعداد کاربرانی که مسیر درست کارکرد را برای اجرای وظیفه مورد نظر با موفقیت پیدا کردند B = کل کاربرانی که برای اجرای وظیفه اقدام کردند
۲	تعداد خطاها	$X = A$ A = تعداد کل صفحات خطا و اشتباه دیده‌شده در وظیفه توسط کاربران
۳	شدت خطای وظیفه	$X = A/B$ A = تعداد کاربرانی که در طول اجرای وظیفه دارای خطا بودند B = کل کاربرانی که برای اجرای وظیفه اقدام کردند
۴	زمان صرف‌شده برای خطا	$X = Ta$ Ta = کل زمان صرف‌شده کاربران در صفحات اشتباه
۵	زمان مکث	$X = Ta$ Ta = کل زمان مکث کاربران
۶	فعالیت‌های اضافه کاربر	$X = A - B$ A = تعداد صفحات مورد انتظار برای رسیدن به صفحه مورد نظر B = تعداد صفحات دیده‌شده توسط کاربر برای رسیدن به صفحه مورد نظر
۷	جابه‌جایی بین صفحات	$X = A$ A = تعداد جابه‌جایی متوالی بیش از ۳ بار کاربران بین دو صفحه
۸	زمان جستجوی صفحه مورد نظر	$X = Ta$ Ta = کل زمان جستجوی کاربران برای رسیدن به صفحه کارکرد مورد نظر

۶-۲ شرکت‌کنندگان

شرکت‌کنندگان افرادی هستند که در آزمایش تجربی از نرم‌افزار مورد مطالعه استفاده می‌کنند. در این آزمایش، تعاملات این افراد با نرم‌افزار به صورت خودکار ثبت می‌گردد و مبنای تحلیل و ارزیابی خواهد بود.

در مطالعه موردی که در این پژوهش انجام شده، برای ارزیابی نسخه اولیه از نرم‌افزار از ۴۰ شرکت‌کننده استفاده گردیده و نتایج تعامل آنها با نرم‌افزار استخراج شده است. سپس برای ارزیابی نسخه اصلاح‌شده، مجدداً از ۴۰ شرکت‌کننده دیگر استفاده گردیده است. برای جلوگیری از اثر یادگیری، کاربران متفاوتی در ارزیابی تجربی دوم شرکت کرده‌اند. بدین

جدول ۲: ویژگی شرکت‌کنندگان در ارزیابی.

مقطع تحصیلی	رده سنی	تجربه کار با برنامه
کارشناسی	۲۰-۲۳	خیر

جدول ۳: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار پیداکردن مسیر کارکرد.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۰
۲	ثبت یادداشت	٪۹۲/۵	٪۱۰۰	۸/۱
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	٪۱۰۰	٪۹۶/۷	-۳/۳
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	٪۹۱/۸	٪۱۰۰	۸/۹
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	٪۹۳/۳	٪۱۰۰	۷/۲
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	٪۶۶/۶	٪۷۰/۹	۶/۵
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	٪۶۴	٪۹۳/۳	۴۵/۸
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	٪۳۲	٪۸۵/۷	۱۶۷/۸
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	٪۲۳	٪۱۰۰	۳۳۴/۸
۱۰	ثبت یک لیست	٪۴۵/۴	٪۹۶/۱	۱۱۱/۷
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	٪۹۰	٪۹۶/۶	۷/۳

ترتیب کاربرانی که از نسخه بهبودیافته استفاده کرده‌اند با کاربران نسخه اولیه متفاوت بوده‌اند.

ویژگی‌های شرکت‌کنندگان در آزمایش به صورتی انتخاب می‌شود که بتوانند نماینده کاربران احتمالی نرم‌افزار باشند. با توجه به این که نرم‌افزار مورد مطالعه، محصولی بوده که به صورت عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرد، شرکت‌کنندگان از رده سنی ۲۰ تا ۲۳ سال انتخاب شده‌اند. در جدول ۲ جزئیات و اطلاعات مشارکت‌کنندگان در این آزمایش نشان داده شده است.

۷- نتایج ارزیابی

در این قسمت، نتایج ارزیابی تجربی ارائه می‌گردد. این نتایج، مشخص می‌نماید آیا تغییرات در سیستم مسیریابی نرم‌افزار بر مبنای معماری اطلاعات، منجر به بهبود تجربه کاربری استفاده‌کنندگان نرم‌افزار شده و در صورت مثبت‌بودن پاسخ بر روی چه معیارهایی تا چه اندازه بهبود صورت گرفته است.

بدین منظور، نسخه اولیه با نسخه جدید از نظر معیارهای مختلف در کارکردهای مورد ارزیابی مقایسه می‌گردد. برای محاسبه درصد تغییرات برای هر قابلیت از (۱) استفاده شده است

$$C = \frac{b_n - a_n}{a_n} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

که در آن a_n اندازه معیار در نسخه اولیه و b_n اندازه معیار در نسخه اصلاح‌شده است. درصد بهبود برای معیار پیداکردن مسیر معادل C و برای معیارهای تعداد خطا در یک وظیفه، شدت خطای وظیفه، زمان صرف‌شده برای خطا، زمان مکث، تعداد فعالیت‌های اضافه کاربر، تعداد جابه‌جایی بین صفحات و زمان جستجوی صفحه که بهبود آنها معادل کاهش در مقادیر است معادل با $-C$ در نظر گرفته می‌شود.

۷-۱ پیداکردن مسیر کارکرد

در این قسمت، نتایج ارزیابی بر روی معیار پیداکردن مسیر کارکرد تشریح می‌گردد. در این معیار تعداد کاربرانی که مسیر درست کارکرد را

جدول ۴: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار تعداد خطاها در یک وظیفه.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	۱	۰/۳	۷۰
۲	ثبت یادداشت	۱/۷	۰/۹	۴۷/۰۵
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	۰/۴	۰/۱	۷۵
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	۱	۰/۱	۹۰
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	۱/۴	۰/۱	۹۲/۸۵
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	۱/۲	۱/۲	۰
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	۲	۰/۲	۹۰
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	۳/۲	۰/۴	۸۷/۵
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	۱/۷	۰/۰۹	۹۴/۷۰
۱۰	ثبت یک لیست	۱/۵	۰/۸	۴۶/۶۶
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	۰/۱	۰/۵	-۴۰۰

برای اجرای وظیفه مورد نظر با موفقیت پیدا کردند، به نسبت کل کاربران مشخص می‌شوند. نتایج ارزیابی در نسخه اولیه و نسخه جدید در جدول ۳ نشان داده شده است. بنا بر نتایج ارزیابی، در ۱۰ مورد از کارکردها این معیار بهبود یافته است در حالی که برای یک کارکرد این معیار کاهش داشته است. بیشترین بهبود بر روی کارکرد پیداکردن یادآورهای گذشته اتفاق افتاده که از ٪۲۳ به ٪۱۰۰ ارتقا یافته است. در حالی که میزان کاهش در کارکرد کلیک بر روی یک روز خاص در حدود ٪۳ بوده است.

۷-۲ تعداد خطاها در یک وظیفه

منظور از تعداد خطاها در یک وظیفه، تعداد کل صفحات خطا و اشتباه دیده‌شده در وظیفه توسط کاربران است. جدول ۴ نتایج ارزیابی این معیار در نسخه اولیه و نسخه جدید را نشان می‌دهد.

بنا بر نتایج ارزیابی، به طور متوسط شدت خطاها در ۹ کارکرد مختلف کاهش داشته است در حالی که در یک مورد تغییری اتفاق نیفتاده و در یک مورد بیشتر شده است. بیشترین بهبود، در کارکرد پیداکردن یادآورهای آینده بوده که متوسط خطاها از ۱/۷ به ۰/۰۹ کاهش یافته است. در حالی که خطاهای کاربران به طور متوسط در کارکرد اضافه‌کردن نماز از دست رفته ۰/۴ بیشتر شده است. بیشترین درصد بهبود در این جدول برای کارکرد پیداکردن یادآورهای گذشته است که به مقدار ٪۹۴/۷ بهبود حاصل شده است.

۷-۳ شدت خطای وظیفه

در این قسمت، نتایج ارزیابی بر روی معیار شدت خطای وظیفه بررسی می‌گردد. شدت خطای وظیفه به معنی تعداد کاربرانی است که در طول اجرای وظیفه دارای خطا بوده‌اند. نتایج این ارزیابی در جدول ۵ نشان داده شده است. با بررسی نتایج جدول می‌توان دریافت که در نسخه اولیه، در اجرای وظیفه پیداکردن یادآورهای آینده، همه کاربران با خطا مواجه شده بودند در حالی که در نسخه جدید این مقدار به ٪۲۸/۵ کاهش یافته است. در سایر موارد (به جز دو کارکرد) نیز در نسخه جدید، کاربران بیشتری موفق به اجرای کارکرد بدون خطا شده‌اند. شدت خطای وظیفه در پیداکردن یادآورهای گذشته نیز دارای بهبود قابل ملاحظه‌ای (به مقدار ٪۸۴/۶) بوده است.

جدول ۵: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار شدت خطای وظیفه.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	٪۵۰	٪۱۹٫۳	۶۱٫۴
۲	ثبت یادداشت	٪۷۷٫۵	٪۲۹	۶۲٫۶
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	٪۱۷٫۱	٪۶٫۴	۶۲٫۶
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	٪۲۹٫۷	٪۹٫۶	۶۷٫۷
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	٪۳۳٫۳	٪۱۰	۷۰
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	٪۴۰	٪۵۴٫۵	-۳۷
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	٪۵۶	٪۳۳٫۳	۵۸٫۴
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	٪۱۰۰	٪۲۸٫۵	۷۱٫۵
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	٪۶۱٫۵	٪۹٫۵	۸۴٫۶
۱۰	ثبت یک لیست	٪۸۱٫۸	٪۱۹٫۲	۷۶٫۵
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	٪۱۰	٪۳۰	-۲۰۰

جدول ۶: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار زمان صرف‌شده برای خطا.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	۱۳٫۹	۴٫۲	۶۹٫۷۸
۲	ثبت یادداشت	۳۰٫۷	۴٫۸	۸۴٫۳۶
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	۰٫۸	۱٫۳	-۶۲٫۵
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	۸٫۷	۰٫۶	۹۳٫۱۰
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	۱۲٫۷	۱٫۶	۸۷٫۴۰
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	۵٫۸	۱۵٫۳	-۱۶۳٫۷۹
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	۱۰٫۶	۳٫۵	۶۶٫۹۸
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	۱۵٫۱	۵٫۷	۶۲٫۲۵
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	۱۱	۲٫۷	۷۵٫۴۵
۱۰	ثبت یک لیست	۲۰٫۱	۴٫۲	۷۹٫۱۰
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	۳	۱	۶۶٫۶۶

۷-۴ زمان صرف‌شده برای خطا

در این معیار، تجربیات کاربران با توجه به زمان صرف‌شده در صفحات و مسیر اشتباه مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج ارزیابی مرتبط با نسخه اولیه و نسخه جدید در جدول ۶ نشان داده شده است. در رسیدن به ۹ کارکرد مختلف، کاربران زمان کمتری را در مسیرهای اشتباه صرف کرده‌اند. بهترین بهبود در این زمینه، در ارتباط با کارکردهای ثبت یک لیست (بهبود ۱۶٫۱ ثانیه) و ثبت یادآور بعدی (با بهبود ۱۱٫۱ ثانیه) بوده است. در حالی که اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها، ۹٫۵ ثانیه و کلیک بر روی یک روز خاص، ۰٫۵ ثانیه افزایش داشته است. بیشترین بهبود در زمان صرف‌شده در خطا، در کارکرد ثبت یادآور اتفاق افتاده که دارای ٪۹۳٫۱ بهبود بوده است.

۷-۵ زمان مکث

در این پژوهش، یکی از معیارهای ارزیابی قابلیت استفاده، مدت زمانی در نظر گرفته شده که کاربر وارد یک صفحه می‌شود اما عکس‌العملی نشان نمی‌دهد. این زمان بدین معنی است که کاربر، نیاز به زمان برای درک کارکرد مورد نظر دارد تا بتواند تصمیم درستی در این زمینه بگیرد.

جدول ۷: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار زمان مکث.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	۳۵٫۹	۳۸٫۶	-۷٫۵۲
۲	ثبت یادداشت	۵۰٫۷	۹۷٫۲	-۹۱٫۷۱
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	۱۷	۱۱٫۸	۳۰٫۵۸
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	۲۲٫۶	۱۵٫۸	۳۰٫۰۸
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	۱۷٫۵	۹٫۲	۴۷٫۴۲
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	۴۷	۱۸٫۹	۵۹٫۷۸
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	۲۵٫۳	۱۱٫۵	۵۴٫۵۴
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	۳۷٫۳	۱۶٫۷	۵۵٫۲۲
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	۱۴٫۶	۸٫۳	۴۳٫۱۵
۱۰	ثبت یک لیست	۲۸٫۴	۱۰٫۵	۶۳٫۰۲
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	۲۴٫۸	۱۷٫۱	۳۱٫۰۴

جدول ۸: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار تعداد فعالیت‌های اضافه کاربر.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	۲٫۴	۰٫۰۹	۹۶٫۲۵
۲	ثبت یادداشت	۶٫۱	۰٫۷	۸۸٫۵۲
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	۲٫۳	۰	۱۰۰
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	۴٫۹	۲٫۱	۵۷٫۱۴
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	۲٫۴	۰٫۶	۷۵
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	۲٫۶	۰٫۴	۸۴٫۶۱
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	۳٫۴	۰٫۲	۹۴٫۱۱
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	۵	۰٫۸	۸۴
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	۲٫۹	۰٫۸	۷۲٫۴۱
۱۰	ثبت یک لیست	۳٫۶	۰٫۰۷	۹۸٫۰۵
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	۱٫۷	۰٫۳	۸۲٫۳۵

نتایج ارزیابی این معیار در نسخه اولیه و نسخه جدید در جدول ۷ نشان داده شده است. زمان مکث کاربران در نسخه جدید در ۹ کارکرد بهبود داشته است در حالی که در دو کارکرد این مقدار افزایش داشته است. با بررسی جدول ۷ می‌توان دریافت که در مجموع بر روی معیار زمان مکث بیشترین بهبود بر روی قابلیت ثبت لیست با مقدار ٪۶۳ اتفاق افتاده است.

۷-۶ تعداد فعالیت‌های اضافه کاربر

فعالیت‌های اضافه کاربر، بر اساس تفاضل تعداد صفحات مورد انتظار برای رسیدن به صفحه مورد نظر با تعداد صفحاتی است که کاربر در عمل برای رسیدن به صفحه مورد نظر مشاهده کرده است. جدول ۸ نتایج مقایسه دو نسخه نرم‌افزار بر روی این معیار را نشان می‌دهد. بنا بر نتایج این ارزیابی، در نسخه جدید، در همه موارد تعداد فعالیت‌های اضافه کاربر کاهش یافته است. این نتیجه بدین معنا است که کاربر با خطای کمتری توانسته مسیر دستیابی به کارکرد را پیدا کند. مطابق با جدول ۸، بیشترین بهبود در این زمینه در انتخاب یک روز خاص اتفاق افتاده که کاربران بدون فعالیت اضافه کارکرد را به انجام رسانده‌اند.

۷-۷ تعداد جابه‌جایی بین صفحات

جابه‌جایی متوالی بین صفحات بدین معنی است که کاربر امکان یافتن

جدول ۹: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار تعداد جابه‌جایی بین صفحات.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	۰/۰۷	۰	۱۰۰
۲	ثبت یادداشت	۰/۱۵	۰	۱۰۰
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	۰/۰۸	۰	۱۰۰
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	۰/۱۲	۰/۱۲	۰
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	۰/۰۵	۰/۰۳	۴۰
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	۰/۱۶	۰/۰۳	۸۱/۲۵
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	۰/۱۷	۰	۱۰۰
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	۰/۱۲	۰/۰۷	۴۱/۶۶
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	۰/۱۴	۰/۰۹	۳۵/۷۱
۱۰	ثبت یک لیست	۰	۰/۱۵	–
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	۰	۰	–

جدول ۱۰: نتایج طراحی سیستم مسیریابی با استفاده از معماری اطلاعات بر روی معیار زمان جستجوی صفحه مورد نظر.

شماره	وظیفه	نسخه اولیه	نسخه جدید	درصد بهبود
۱	جستجوی آب‌وهوای شهر گرگان	۳۵	۳۸/۵	-۱۰
۲	ثبت یادداشت	۵۵/۳	۱۲/۱	۷۸/۱
۳	کلیک بر روی یک روز خاص	۱۵/۶	۱۱/۸	۲۴/۳۵
۴	ثبت یک یادآور در تاریخ امروز	۳۷/۶	۱۶/۱	۵۷/۱۸
۵	ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده	۳۰/۵	۸/۲	۷۳/۱۱
۶	اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها	۵۵/۷	۲۰/۲	۶۳/۷۳
۷	تبدیل تاریخ به میلادی	۲۸/۵	۱۲/۹	۵۴/۷۳
۸	پیداکردن یادآورهای آینده (فعال)	۴۷/۵	۲۰/۳	۵۷/۲۶
۹	پیداکردن یادآورهای گذشته (غیر فعال)	۱۹/۸	۷/۸	۶۰/۶۰
۱۰	ثبت یک لیست	۴۴/۷	۱۳/۱	۷۰/۶۹
۱۱	اضافه‌کردن نماز از دست رفته	۲۰/۲	۱۶	۲۰/۷۹

صفحه مورد نظر خود را نمی‌یابد و در بین صفحات مختلف سرگردان است. به همین علت، این معیار به عنوان یکی از معیارهای تجربه کاربری در نظر گرفته شده است. چنانچه جدول ۹ نشان می‌دهد در نسخه جدید در ۵ کارکرد، جابه‌جایی بین صفحات وجود نداشته، در ۵ کارکرد این مقدار صفر نبوده ولی نسبت به نسخه اولیه بهبود داشته و در ثبت یک لیست، جابه‌جایی متوالی بیشتر شده است. در کل کارکردها، بیشترین بهبود در جابه‌جایی بین صفحات در تعدادی از صفحات، به میزان ۱۰۰٪ اتفاق افتاده است.

۷-۸ زمان جستجوی صفحه مورد نظر

کل زمانی که کاربر برای رسیدن به کارکرد مورد نظر صرف کرده در این معیار مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج ارزیابی در جدول ۱۰ نشان داده شده است. بنا بر نتایج ارزیابی، به جز جستجوی آب‌وهوا، در همه موارد زمان رسیدن به کارکرد کاهش داشته و بهبود اتفاق افتاده است. بیشترین بهبود در زمان جستجوی کارکرد، به میزان ۷۸/۱٪ در ثبت یادداشت اتفاق افتاده است.

۸- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

معماری اطلاعات روشی برای سازماندهی محتوا در سیستم‌های نرم‌افزاری با هدف افزایش دسترسی و قابلیت درک اطلاعات توسط کاربران است. در این مقاله اثر طراحی سیستم مسیریابی در واسط کاربری نرم‌افزار با استفاده از معماری اطلاعات بر روی قابلیت استفاده یک نرم‌افزار تلفن همراه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، بر اساس تحلیل رفتار ۴۰ کاربر مختلف در تعامل با یک نرم‌افزار منتخب از طریق داده‌های ثبت‌شده در سابقه رویدادها و تاریخچه تعاملات کاربران در زمان استفاده، مشکلات کاربران و انتظارات پیش‌فرض آنها از سیستم مسیریابی نرم‌افزار استخراج گردید. همچنین از طریق تحلیل محتوای نرم‌افزار، نقشه نرم‌افزار ترسیم و ضعف‌های سیستم مسیریابی بررسی شد.

نتایج این بررسی‌ها، منجر به بازطراحی سیستم مسیریابی و واسط کاربری جدید نرم‌افزار گردید. سپس با طراحی و اجرای یک آزمایش تجربی، میزان تأثیر سازماندهی محتوا در سیستم مسیریابی نرم‌افزار به صورت کمّی اندازه‌گیری شد. در ارزیابی نرم‌افزار اصلاح‌شده، اطلاعات ۴۰ کاربر دیگر که از نسخه جدید نرم‌افزار استفاده کرده‌اند لحاظ گردید.

نتایج ارزیابی نشان داد که همه معیارهایی که در این آزمایش تجربی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند در مجموع بهبود یافته‌اند. بر اساس نتایج حاصل، بیشترین بهبودها به ترتیب زیر در معیارها رخ داده است:

۱) زمان جستجوی صفحه مورد نظر
۲) تعداد فعالیت اضافه کاربر
۳) پیداکردن مسیر
۴) تعداد خطا
۵) زمان صرف‌شده برای خطا
۶) شدت خطای وظیفه
۷) جابه‌جایی بین صفحات
۸) زمان مکث

از میان معیارهای مورد بررسی بیشترین بهبود در معیارهای زمان جستجوی صفحه مورد نظر، تعداد فعالیت‌های اضافه کاربر و پیداکردن مسیر توسط کاربران اتفاق افتاده است. علت این امر را می‌توان به علت جایگزینی منوی ثابت به جای منوی کشویی مخفی در نرم‌افزار دانست. این موضوع باعث شده که کاربر با دیدن کارکردهای مستقر در صفحه اصلی، به صورت راحت‌تری بتواند کارکرد مورد نظر را انتخاب کند. در نتیجه زمان کمتری برای یافتن کارکرد مورد نظر صرف کند و کلیک‌های اضافه او در نرم‌افزار که به علت سرگردانی در یافتن کارکرد است کاهش یابد.

همچنین بر اساس نتایج آزمایش می‌توان دریافت تمامی کارکردهایی که در این آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند در مجموع همه معیارها بهبود یافته‌اند. بیشترین بهبودها به ترتیب زیر در کارکردها مشاهده شده است:

۱) اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها
۲) پیداکردن یادآورهای گذشته
۳) پیداکردن یادآورهای آینده
۴) تبدیل تاریخ
۵) ثبت یک لیست
۶) ثبت یادآور بعدی در تاریخی در آینده
۷) ثبت یادداشت
۸) ثبت یک یادآور در تاریخ امروز
۹) کلیک بر روی یک روز خاص
۱۰) جستجوی آب‌وهوا
۱۱) اضافه‌کردن نماز از دست رفته

بررسی تحلیلی بهبودهای ایجادشده در معیارهای مختلف نشان می‌دهد که در کارکردهای اضافه‌کردن دسته‌بندی جدید به لیست هزینه‌ها، پیداکردن یادآورهای گذشته و پیداکردن یادآورهای آینده، بیشترین بهبود حاصل شده است. علت این امر را می‌توان در سه تغییر ایجادشده در واسط کاربری نرم‌افزار دانست:

۱) تغییر در نقشه نرم‌افزار به ویژه کارکردهای اصلی که در آن بخش‌های لیست و یادآور از قسمت منوی مخفی به صفحه اول نرم‌افزار منتقل شده است.

۲) تغییر دسته‌بندی محتوا و کاهش بار ذهنی کاربر (به عنوان نمونه همه کارکردهای مرتبط با یادآور در قسمت یادآورها قرار داده شده‌اند).

۳) کاهش تعداد گزینه‌های منو و کاهش تعداد انتخاب‌های کاربر در مراجعه به آن.

این تغییرات موجب شده که مشکلات کاربران در کارکردهای مرتبط در همه معیارها مانند پیداکردن مسیر، شدت خطای وظیفه، تعداد خطا و ... کاهش یابد.

در پژوهش حاضر به علت پیچیدگی و هزینه‌های زمانی و اجرایی آزمایش تجربی، مشابه هر آزمایش تجربی دیگر محدودیت‌هایی وجود دارد. جهت تعمیم پژوهش به سایر نرم‌افزارهای کاربردی و دیگر معیارهای ارزیابی، لازم است در ادامه این پژوهش، روش ارائه‌شده برای نرم‌افزارهای مختلف تلفن همراه و نرم‌افزارهای تحت وب با استفاده از معیارهای متنوع دیگر، با کاربرانی با رده‌های سنی مختلف اعمال گردد. همچنین می‌توان از روش‌های دیگر طراحی واسط کاربر استفاده کرد و میزان بهبود این روش‌ها در قابلیت استفاده نرم‌افزار را اندازه‌گیری نمود.

در بررسی انجام‌شده در این پژوهش، تمامی معیارهای ارزیابی و همه کارکردهای نرم‌افزار دارای اهمیت یکسان در نظر گرفته شده‌اند. به همین علت در تحلیل محتوا، فراوانی مشکلات هر کارکرد، عامل اصلی برای انتخاب آن کارکرد برای بهبود و انتقال آن به سطوح بالاتر در نقشه نرم‌افزار بوده است. در پژوهش‌های آینده می‌توان به کارکردهای مختلف با توجه به اهمیت آنها در نرم‌افزار وزن‌های مختلفی اختصاص داد. همچنین می‌توان برای معیارهای مختلف قابلیت استفاده نیز ارزش‌های مختلفی در نظر گرفت. در این صورت، انتخاب مشکلات برای بهبود می‌تواند بر مبنای اهمیت کارکرد، اهمیت معیار و تعداد مشکلات انجام شود.

نرم‌افزار مورد ارزیابی در این پژوهش، نرم‌افزار تلفن همراه انتخاب شده است. روش معماری اطلاعات برای طراحی سایر نرم‌افزارها از قبیل نرم‌افزارهای مبتنی بر وب نیز قابل استفاده است. نکته حایز اهمیت، در نظر گرفتن محدودیت‌های متفاوتی است که در نرم‌افزار تحت وب و نرم‌افزار تلفن همراه وجود دارد. مثلاً محدودیت‌های اندازه صفحات، لمسی‌بودن صفحات و ... در نرم‌افزار تلفن همراه ممکن است نوع و معیارهای مورد نظر را نسبت به نرم‌افزار تحت وب متفاوت کند. همچنین فراهم‌آوردن شرایط آزمایش کنترل‌شده در این دو نوع نرم‌افزار متفاوت است. به عنوان مثال با توجه به معماری نرم‌افزارهای تحت وب، در جمع‌آوری اطلاعات ثبت وقایع باید سرعت اینترنت مورد توجه قرار گیرد زیرا این عامل می‌تواند در زمان ثبت اطلاعات وقایع رخ داده، اثرگذار باشد و نتایج را تحت تأثیر قرار دهد.

در این پژوهش از تحلیل وقایع ثبت‌شده برای ارزیابی فعالیت‌های کاربر استفاده شده است. استفاده از نظرات کاربران در قالب پرسش‌نامه و مصاحبه، روش دیگری برای ارزیابی قابلیت استفاده نرم‌افزارهایی است که با استفاده از معماری اطلاعات بازطراحی شده‌اند. اعمال روش‌های مختلف ارزیابی در یک مطالعه موردی و مقایسه آنها، به عنوان کارهای آینده می‌تواند اطلاعات بیشتری از قابلیت استفاده نرم‌افزار توسط کاربران در اختیار پژوهشگران قرار دهد.

مراجع

[۱] م. ع. سلیمانی، ف. ز. قاضی‌زاده و ش. وفادار، "قابلیت استفاده نرم‌افزارهای تلفن همراه: رویکردی کمّی در ارزیابی،" *مجموعه مقالات بیست و سومین کنفرانس انجمن کامپیوتر*، ۶ صص. ۷۲-۶۷، اسفند ۱۳۹۶.

[2] F. Z. Ghazizadeh and S. Vafadar, "A quantitative evaluation of usability in mobile applications: an empirical study," in *Proc. Int. Symp. on Computer Science and Software Engineering Conf., CSSE'17*, 6 pp., Tehran, Iran, 25-27 Oct. 2017.

[3] B. Shivade and M. Sharma, "Usability analyzer tool□: a usability evaluation tool for android based mobile application," *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science*, vol. 3, no. 3, pp. 247-252, May/Jun. 2014.

[4] F. Nayebi, J. Desharnais, and A. Abran, "An expert-based framework for evaluating ios application usability," in *Proc. Joint Conf. of the 23rd Int. Workshop on Software Measurement and the 8th Int. Conf. on Software Process and Product Measurement*, pp. 147-155, Ankara,Turkey, 23-26 Oct. 2013.

[5] F. Lettner and C. Holzmann, "Usability evaluation framework: automated interface analysis for android applications," in *Proc. of the 13th Int. Conf. on Computer Aided Systems Theory*, *Part II*, pp. 560-567, LNCS vol. 6928,pp. 560-567,Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

[6] A. Saleh, R. Bintiisamil, and N. B. Fabil, "Extension of pacmad model for usability evaluation metrics using goal question metrics (Gqm) approach," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 79, no. 1, pp. 90-100, Sept. 2015.

[7] J. Heo, D. H. Ham, S. Park, C. Song, and W. C. Yoon, "A framework for evaluating the usability of mobile phones based on multi-level, hierarchical model of usability factors," *Interact. Comput.*, vol. 21, no. 4, pp. 263-275, Aug. 2009.

[8] P. Kortum and M. Sorber, "Measuring the usability of mobile applications for phones and tablets," *Int. J. Human-Computer Interact.*, vol. 31, no. 8, pp. 518-529, Jul. 2015.

[9] A. H. Kronbauer, C. A. S. Santos, and V. Vieira, "Smartphone applications usability evaluation: a hybrid model and its implementation," in: M. Winckler,P. Forbrig, R. Bernhaupt (eds) *Human-Centered Software Engineering*, *HCSE'12*. LNCS vol. 623, pp. 146-163, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

[10] F. Lettner and C. Holzmann, "Automated and unsupervised user interaction logging as basis for usability evaluation of mobile applications," in *Proc. of the 10th Int.Conf. on Advances in Mobile Computing & Multimedia*, pp. 118-127, Bali, Indonesia, 3-5 Dec. 2012.

[11] W. Kluth, K. H. Krempels, and C. Samsel, "Automated usability testing for mobile applications," in *Proc. of the 10th Int. Conf. on Web Information Systems and Technologies*, *WEBIST'14,* vol. 2, pp. 149-156, Barcelona, Spain, 3-3 Apr. 2014.

[12] X. Ma, B. Yan, G. Chen, C. Zhang, K. Huang, and J. Drury, "A toolkit for usability testing of mobile applications," in :J.Y.Zhang, J. Wilkiewicz, A. Nahapetian(eds.) *Mobile Computing, Applications, and Services, MobiCASE'11*, LNICST vol. 95, pp. 226-245, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

[13] X. Ma, *et al.*, "Design and implementation of a toolkit for usability testing of mobile apps," *Mob. Networks Appl.*, vol. 18, no. 1, pp. 81-97, Feb. 2013.

[14] R. Duran-Saez, X. Ferre, H. Zhu, and Q. Liu, "Task analysis-based user event logging for mobile applications," in *Proc. IEEE 25th Int. Requirements Engineering Conf. Workshops, REW'17*, pp. 152-155, Lisbon, Portugal, 4-8 Sept. 2017.

[15] K. Moumane, A. Idri, and A. Abran, "Usability evaluation of mobile applications using ISO 9241 and ISO 25062 standards," *Springerplus*, vol. 5, Article No. 548, Apr. 2016.

[16] A. H. Kronbauer, D. Machado, and C. A. S. Santos, "Capture and analysis of interaction data for the evaluation of user experience with mobile devices," in A. Marcus (eds.) *Design, User Experience, and Usability: Users and Interactions*, *DUXU15*, LNCS vol. 9187, pp. 54-65, Springer, Cham, 2015.

[17] D. Spencer, *A Practical Guide to Information Architecture, Five Simple Steps*, 2010.

[18] L. Rosenfeld, P. Morville, and J. Arango, *Information Architecture: for the Web and Beyond*, 4th Ed. 2015.

فاطمه زهرا قاضی‌زاده تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار) از دانشگاه مازندران و در مقطع کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار) از دانشگاه گلستان به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به پایان رسانده است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: مهندسی نرم‌افزار، قابلیت استفاده در نرم‌افزار، طراحی و تست تجربه کاربری در نرم‌افزار.

شیوا وفادار تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار) در سال ۱۳۷۹ از دانشگاه علم و صنعت ایران و در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار) به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر به پایان رسانده است و هم‌اکنون استادیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه گلستان می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: مهندسی نرم‌افزار، مهندسی کیفیت سیستم‌های نرم‌افزاری، قابلیت استفاده نرم‌افزار و مهندسی هوش برای سیستم‌های نرم‌افزاری.