



ارزیابی و بهینه‌سازی کیفیت خدمات شبکه‌های تلفن همراه با استفاده از شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه: مطالعه موردی شهر کرمان

محسن شیخ حسینی/ گروه پژوهشی کامپیوتر و فناوری اطلاعات/ پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی/ دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته/ کرمان- ایران/ m.sheikhhosseini@kgut.ac.ir

فتحیه دادبین/ کارشناس ارشد مهندسی برق-مخابرات/ شرکت مخابرات استان کرمان/ کرمان- ایران/ fathieh738@yahoo.com

چکیده

فرایند ارزیابی و بهینه‌سازی کیفیت خدمات شبکه‌های ارتباطاتی تلفن همراه بر مبنای گزارش‌گیری روزانه از شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه، پردازش آن‌ها به‌منظور تعیین نقایص، مرتفع کردن معایب و تست شبکه جهت اطمینان از رفع نقص استوار است. روش مرسوم انجام تست بر مبنای آزمون رانندگی است که به‌دلیل نیازمندی به عوامل انسانی و تجهیزات، زمان‌بر و پرهزینه است. به‌منظور غلبه بر این محدودیت‌ها، در این مقاله یک روش نرم‌افزاری برای انجام آزمون تست پیشنهاد می‌شود که مبتنی بر یک قابلیت پیش‌بینی شده در نرم‌افزار OPTIMA است. بنابراین در یک مطالعه موردی عملکرد روش نرم‌افزاری پیشنهادی به‌همراه روش مبتنی بر آزمون رانندگی در شبکه تلفن همراه شهر کرمان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. جامعه آماری نمونه ۷۰ سایت تلفن همراه می‌باشد که آزمون تست سایت‌های معیوب هم از طریق روش نرم‌افزاری پیشنهادی و هم توسط آزمون رانندگی انجام می‌پذیرد. بر مبنای نتایج حاصله مشخص می‌شود که هر دو روش در سنجش میزان رفع نقص عملکرد یکسانی دارند، این درحالی است که روش پیشنهادی علاوه بر حذف هزینه حضور فیزیکی افراد و تجهیزات، زمان اجرای آزمون را تقریباً به یک سوم کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی: تست رانندگی، سیستم جهانی ارتباطات سیار، شاخص‌های کلیدی عملکرد، کیفیت خدمات، نرم‌افزار OPTIMA.

QoS evaluation and optimization for mobile telecommunication networks using key performance indicators: a case study for kerman city

■ Mohsen Sheikh-Hosseini/ Assistant Professor, Department of Computer and Information Technology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran/ m.sheikhhosseini@kgut.ac.ir

■ Fathieh Dadbin/ Master of Science, Electrical Engineering-Communications, Telecommunication Company of Iran, Kerman Province/ fathieh738@yahoo.com

ABSTRACT

Process of quality of service (Qos) evaluation and optimization for mobile telecommunication networks is consisted of daily collection of key performance indicators (KPI) reports, determination and fixing of defects, and network testing to ensure the omission of the defects. Drive test is common approach of testing which is time-consuming and expensive due to necessity for experts and equipment. To overcome these limitations, this paper proposes a new software-based testing method using OPTIMA software. Performance of the proposed method together with drive test approach have been studied and evaluated for the 70 BTS sites of Kerman GSM network as the statistical society. The results demonstrate that the proposed method provides performance similar to that of drive test for defect fixing. However, this software method not only removes the dependency to experts and equipment, but also reduces the testing time about one-third compared to the drive test.

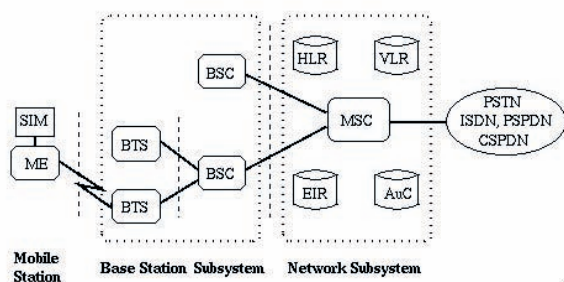
Keywords: Drive test, Global system for mobile communication, Key Performance Indicators, Quality of service, OPTIMA software.

مرسوم آزمون تست رفع نقایص که در حال حاضر مبتنی بر آزمون سخت‌افزاری رانندگی است، با روش نرم‌افزاری مبتنی بر نرم‌افزار OPTIMA جایگزین شود. لازم بذکر است که نرم‌افزار OPTIMA یک نرم‌افزار یکپارچه برای مدیریت شبکه است که در حال حاضر شبکه تلفن همراه کشور توسط آن مدیریت و برنامه‌ریزی می‌شود. از این رو در یک مطالعه موردی، عملکرد این دو روش تست در ۷۰ سایت تلفن همراه از شبکه شهر کرمان مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرد. پس از صدور دستور رفع نقص و مرتفع شدن مشکل، آزمون تست رفع نقص سایت‌های معیوب هم از طریق روش نرم‌افزاری پیشنهادی و هم توسط آزمون رانندگی انجام می‌پذیرد. بر مبنای نتایج حاصله مشخص می‌شود که هر دو روش در سنجش میزان رفع نقص، عملکرد تقریباً یکسانی دارند، این در حالی است که روش پیشنهادی علاوه بر حذف هزینه حضور فیزیکی افراد و تجهیزات، متوسط زمان اجرای آزمون تست را از سه ساعت به یک ساعت کاهش می‌دهد. ادامه ساختار مقاله بدین صورت می‌باشد که قسمت بعد به معرفی مفاهیم مرتبط با این کار پژوهشی اختصاص دارد. قسمت سوم این مقاله معطوف به معرفی الگوریتم نرم‌افزاری پیشنهادی و ارزیابی عملکرد آن می‌باشد و در نهایت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مقاله در قسمت آخر ارائه می‌شود.

۲- سیستم جهانی ارتباطات سیار و بهینه سازی

۲-۱- ساختار سیستم جهانی ارتباطات سیار

ساختار سیستم جهانی ارتباطات سیار در شکل (۱) نمایش داده شده است که شامل سه بخش واحد سیار^۱ (MS)، زیرسیستم ایستگاه پایه^۲ (BSS) و زیرسیستم شبکه^۳ (NS) می‌باشد. واحد سیار یا مشترک شامل سیم کارت^۴ (SIM) و دستگاه تلفن همراه^۵ (ME) است و زیرسیستم ایستگاه پایه از دو زیربخش^۶ BTS و^۷ BSC تشکیل شده است که در اصطلاح به ترتیب سایت و مرکز کنترل سایت نامیده می‌شوند. در پایان زیر بخش شبکه سیستم شامل چندین زیربخش مختلف است که مهمترین آن‌ها مرکز کلیدزنی موبایل^۸ (MSC) است که به عنوان قلب شبکه محسوب می‌شود. همچنین فعالیت سایر اجزاء زیرسیستم شبکه که در شکل (۱) نمایش داده شده‌اند معطوف به ثبت اطلاعات مشترکان و تعیین هویت آن‌ها، اطلاعات سیم‌کارت‌ها و دستگاه‌های تلفن همراه می‌باشد.



شکل ۱: ساختار کلی سیستم جهانی ارتباطات سیار [۲۲]

در ساختار سلولی هر سلول شبکه به یک BTS تجهیز می‌شود که شامل چندین سکتور است و هر سکتور شامل تجهیزاتی همچون چندین فرستنده و گیرنده رادیویی است و وظیفه اصلی آن برقراری ارتباط رادیویی مشترکان با سایر اجزا شبکه می‌باشد. چندین BTS یا سایت توسط یک مرکز کنترل سایت یا BSC مدیریت و کنترل می‌شوند که وظیفه اصلی مرکز کنترل سایت برقراری ارتباط سایت‌ها

سیستم جهانی ارتباطات سیار^۱ (GSM) یک شبکه مخابراتی مبتنی بر ساختار سلولی است که با ایده‌ی تقسیم منطقه جغرافیایی به تعداد زیادی سلول و استفاده دوباره از منابع فرکانسی شبکه در این ساختار با هدف پوشش‌دهی تمام منطقه جغرافیایی شروع به کار کرد [۱-۳]. امروزه میلیون‌ها کاربر در سراسر جهان از سیستم‌های تلفن همراه بهره‌مند می‌باشند و بر مبنای اطلاعات پایگاه داده اتحادیه جهانی مخابرات شبکه سلولی تلفن همراه گسترده‌ترین شبکه استاندارد مخابراتی است که بیش از ۶ میلیارد مشترک را شامل می‌شود [۴].

ارایه خدمات مطلوب به این حجم وسیع از مشترکان در مرحله نخست مستلزم طراحی و پیاده‌سازی بهینه ساختار شبکه است و در مرحله بعد در گرو بهینه‌سازی منظم عملکرد شبکه می‌باشد [۱-۳]. بنابراین در مرحله طراحی تیم‌های مختلف مهندسی به‌منظور طراحی بهینه مکان و تجهیزات سایت‌ها و تخصیص منابع به آنها همکاری دارند [۵، ۶]. پس از پیاده‌سازی شبکه سلولی، عملکرد آن به‌صورت منظم بر مبنای معیارهایی همچون کیفیت خدمات^۲ و کیفیت تجربه^۳ مورد ارزیابی و بهینه‌سازی قرار می‌گیرد که در کیفیت خدمات هدف ارزیابی عملکرد بر مبنای شاخص‌های مختلف شبکه است ولی در کیفیت تجربه، تجربیات مشترکان ملاک قضاوت می‌باشد [۶، ۷]. در واقع بهینه‌سازی همان فرایند شناسایی و اصلاح مشکلات و نقایص مؤثر در کارایی و کیفیت عملکرد شبکه یا پروسه اصلاح یا تنظیم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پارامترهای مختلف شبکه در جهت دستیابی به بیشینه کیفیت خدمات می‌باشد [۷، ۸].

شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی و بهینه‌سازی کیفیت خدمات شبکه تحت عنوان شاخص‌های کلیدی عملکرد^۴ (KPI) شبکه شناخته می‌شوند. به طور کلی، بهینه‌سازی عملکرد شبکه بر مبنای این شاخص‌ها شامل گزارش‌گیری روزانه از این شاخص‌ها، پردازش آن‌ها به‌منظور مشخص کردن شاخص‌های خارج از محدوده استاندارد، صدور دستور رفع نقص و در نهایت انجام آزمون‌های تست جهت اطمینان از رفع نقایص و قرارگیری شاخص‌های مد نظر در محدوده استاندارد است. در این راستا فعالیت‌های پژوهشی قابل توجهی انجام پذیرفته است که برخی از آن‌ها نظیر [۹-۱۲] معطوف به کلیاتی همچون معرفی تکنیک‌های بهینه‌سازی و ارزیابی عملکرد و انجام آزمون رانندگی^۵ است و برخی دیگر همچون [۱۳-۲۱] به مطالعه موردی و عملی شبکه تلفن همراه در نقاط مختلف دنیا اختصاص دارد. به‌عنوان مثال کاربردهای مختلف آزمون رانندگی در ارزیابی کیفیت خدمات شبکه در [۹] مورد مطالعه قرار گرفته است و [۱۰] به ارایه راهکار برای کاهش هزینه عملیاتی این آزمون در نسل‌های جدید شبکه تلفن همراه اختصاص دارد. مقالات [۵] و [۱۱] نیز به نحوه ارزیابی عملکرد شبکه‌های مختلف تلفن همراه با استفاده از شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه اختصاص دارند. در [۱۲] ترکیب شاخص‌های کلیدی عملکرد با کیفیت تجربه کاربر برای بهبود عملکرد شبکه پیشنهاد شده است. در مطالعات موردی، [۱۳-۱۵] به ارزیابی عملکرد شبکه تلفن همراه کشور نیجریه بر مبنای شاخص‌های کلیدی آن اختصاص دارند و این ارزیابی برای کشورهای هندوستان، ترکیه، افغانستان و اندونزی به ترتیب در [۱۶، ۱۷، ۱۸] و [۱۹] ارایه شده است. در نهایت بهبود ترافیک شبکه تلفن همراه کشورهای نیجریه و هندوستان به ترتیب در [۲۰] و [۲۱] گزارش شده است. این مقاله به ارزیابی و بهینه‌سازی کیفیت خدمات سیستم جهانی ارتباطات سیار کشور ایران با استفاده از شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه اختصاص دارد. در این تحقیق پیشنهاد می‌شود که روش

با زیرسیستم شبکه می‌باشد. در نهایت هر چندین BSC توسط یک مرکز کلیدزنی MSC مدیریت و کنترل می‌شوند و ارتباط آن‌ها با سایر اجزا شبکه و سایر شبکه ارتباطاتی همچون شبکه تلفن ثابت از طریق این مرکز کلیدزنی برقرار می‌شود [۲۲]. لازم بذکر است که علاوه بر بخش‌های مذکور، معمولاً هر شبکه GSM مبتنی بر واحدی بنام مرکز نگهداری و پشتیبانی^{۱۴} (OMC) است که در برخی مراجع به‌عنوان یک قسمت مستقل محسوب می‌شود و در برخی دیگر به‌عنوان یک زیربخش زیرسیستم شبکه محسوب می‌شود که وظیفه اصلی آن مانیتورینگ مداوم و بهینه‌سازی عملکرد شبکه و تمامی تجهیزات مربوطه به‌منظور دستیابی به کیفیت خدمات بهتر و افزایش ضریب امنیتی و حفاظتی شبکه است [۲۲].

۲-۲- شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه

شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه به‌طور معمول بر مبنای اطلاعات واصله از شمارشگرهای مختلفی که در قسمت‌های مختلف شبکه نصب شده است محاسبه و گزارش می‌شوند. مهمترین این شاخص‌ها عبارتند از [۲۳، ۵]:

- نرخ موفقیت در برقراری مکالمه^{۱۵} (CSSR): این شاخص معرف درصد موفقیت در اختصاص کانال ترافیکی به تقاضاهایی است که صرفاً برای برپایی مکالمه درخواست شده است.
- نرخ قطعی مکالمه^{۱۶} (CDR): این شاخص معرف درصد تداوم ارتباط است و قطعی مکالمه می‌تواند به دلیل پایین بودن قدرت و کیفیت سیگنال یا تداخل حاصل از نزدیک بودن کانال فرکانسی باشد.
- نرخ مسدود بودن کانال ترافیکی^{۱۷} (TCHCR): شاخص مسدود بودن کانال ترافیکی بیانگر درصد باز درخواست‌های اختصاص کانال ترافیکی است که به دلیل وجود نداشتن کانال ترافیکی آزاد، مسدود شده‌اند.
- نرخ موفقیت در جابجایی بین سلولی^{۱۸} (HSR): معرف درصد موفقیت شبکه در مدیریت جابجایی مکالمات مشترکان بین سلول‌های مختلف شبکه است.
- قدرت آنتن‌دهی (RX Level): این شاخص به اندازه‌گیری توان سیگنال دریافتی کاربران در نقاط مختلف سایت می‌پردازد و می‌تواند به‌عنوان معیاری از میزان پوشش‌دهی سایت مربوطه توسط BTS محسوب شود.
- کیفیت آنتن‌دهی (RX Quality): این شاخص معرف کیفیت سیگنال دریافتی در سایت‌ها است و به‌صورت مستقیم با احتمال خطای سیستم در ارتباط است.

۲-۳- فرایند ارزیابی و بهینه‌سازی شبکه

روند کلی فرایند ارزیابی و بهینه‌سازی کیفیت خدمات شبکه بدین شرح است که واحد نگهداری و پشتیبانی به‌صورت روزانه نسبت به گزارش‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات سایت‌ها و مراکز کنترل سایت اقدام می‌نماید. در مرحله بعد شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه از این اطلاعات استخراج می‌شود و با پردازش این شاخص‌ها، سایت‌هایی که شاخص‌های آن‌ها خارج از محدوده استاندارد باشد مشخص می‌شوند و برای آن‌ها دستور رفع نقص صادر می‌شود که این دستور می‌تواند نرم‌افزاری و یا سخت‌افزاری باشد. رفع نقص در حالت نرم‌افزاری بدون دخالت عوامل انسانی و از طریق نرم‌افزار انجام می‌پذیرد، اما رفع نقص سخت‌افزاری مبتنی بر حضور فیزیکی افراد در سایت‌های مشکل‌دار و رفع نقایص است. در نهایت آخرین مرحله پروسه بهینه‌سازی انجام آزمون تست جهت اطمینان از رفع نقایص و قرارگیری شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه در محدوده استاندارد می‌باشد.

روش معمول انجام آزمون تست بر مبنای آزمون میدانی رانندگی است که این آزمون با یک وسیله نقلیه مجهز سیستم تست شامل وسایلی همچون دستگاه تلفن همراه، دستگاه موقعیت‌یاب، رایانه و نرم‌افزاری مربوطه جهت پردازش و استخراج اطلاعات انجام می‌پذیرد. روش کار به این صورت است که کارشناس مربوطه با وسیله نقلیه در مسیر از قبل مشخص شده در محدوده سایت مدنظر حرکت می‌کند و با برقراری مکالمه و پردازش اطلاعات نسبت به تشخیص نقاط نداشتن پوشش و یا دارای پوشش ضعیف اقدام می‌نماید [۱۰-۱۵، ۲۳-۲۴].

۳- الگوریتم پیشنهادی و ارزیابی نتایج

در این قسمت ابتدا فرایند بهینه‌سازی عملکرد شبکه کشور با استفاده از شاخص‌های کلیدی عملکرد معرفی و یک روش نرم‌افزاری برای انجام آزمون تست آن پیشنهاد می‌شود. در انتها نتایج ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی ارائه می‌گردد.

۳-۱- الگوریتم پیشنهادی

فرایند ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد شبکه تلفن همراه کشور ایران بدین صورت است که یک مرکز مجهز به سیستم‌های رایانه‌ای با قدرت پردازش بالا به‌صورت روزانه نسبت به گزارش‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات شبکه تمامی استان‌های کشور اقدام می‌کند. بر مبنای این گزارش، شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه کشور توسط نرم‌افزار یکپارچه مدیریت شبکه در این مرکز محاسبه می‌شوند. در شروع سیکل کاری روزانه، مراکز نگهداری و پشتیبانی شبکه در اقصی نقاط کشور از طریق این نرم‌افزار به جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد متعلق به یک روز قبل از سایت‌های تحت کنترل خود دسترسی خواهند داشت و با پردازش این شاخص‌ها، نسبت به شناسایی سایت‌های با شاخص‌های خارج از محدوده استاندارد و صدور دستور رفع نقص آن‌ها اقدام می‌نمایند. برای رفع نقص سخت‌افزاری کارشناس مربوطه به سایت مراجعه و طبق دستور نسبت به رفع مشکل اقدام می‌نماید. در مرحله آخر برای اطمینان از رفع نقص، اطلاعات عملکردی سایت مربوطه توسط آزمون رانندگی استخراج و به مرکز نگهداری و پشتیبانی ارسال می‌شود و این مرکز با پردازش اطلاعات نسبت به میزان بهبود عملکرد شبکه قضاوت می‌کند و در صورت لزوم، دوباره دستور رفع نقص صادر می‌کند و این فرایند تا حصول اطمینان از عملکرد بهینه شبکه ادامه می‌یابد.

لازم به‌ذکر است که آزمون رانندگی کشور ایران مبتنی بر سنجش دو شاخص قدرت آنتن‌دهی (RX Level) و کیفیت آنتن‌دهی (RX Quality) است که بر مبنای جدول (۱)، وضعیت پوشش‌دهی و کیفیت مکالمه شبکه به چهار صورت عالی، خوب، متوسط و ضعیف گزارش می‌شود. خروجی آزمون رانندگی نیز شامل یک ترسیم رنگی از موقعیت مکانی نقطه مدنظر است که رنگ آن طبق جدول (۱) بر مبنای مقادیر این دو شاخص به‌صورت سبز، زرد، نارنجی و قرمز می‌باشد که به‌ترتیب معرف وضعیت‌های عالی، خوب، متوسط و ضعیف می‌باشند. همان‌طور که در جدول (۱) نمایش داده شده است سطح سیگنال دریافتی بر مبنای واحد dBm اندازه‌گیری می‌شود و کیفیت سیگنال دریافتی در واقع معرف نرخ خطای بیت در مقیاس ۰ تا ۷ می‌باشد.

آزمون تست رانندگی از محدودیت‌هایی برخوردار است که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نکته نخست در محدودیت تعداد کارشناسان خبره انجام آزمون و نیازمندی به حضور کارشناس در محل مربوطه و انجام چندباره

آزمون تا رفع کامل نقص است. زیرا هر مرکز نگهداری وظیفه سرویس‌دهی به تعداد زیادی سایت را دارد و از طرفی تعداد کارشناسان این مرکز محدود است، از این‌رو در حالتی که تعداد سایت‌های معیوب زیاد باشد به علت کمبود نیروی انسانی امکان رفع نقص تمام سایت‌ها یا وجود ندارد یا دست کم رفع نقص بسیار زمانبر است.

- نکته بعدی در وابستگی آزمون تست به سیستم‌های مختلف سخت‌افزاری و نرم‌افزاری از یک طرف و ارتباط مستمر کارشناس آزمون تست و مرکز نگهداری و پشتیبانی از طرف دیگر است که هر گونه نقص در هر کدام از این موارد می‌تواند انجام آزمون تست را با اختلال همراه کند.
- چالش مهم دیگر در زمان انجام آزمون تست رانندگی برای رفع نقص هر سایت است که این مأموریت به‌طور معمول برای یک سایت واقع شده در داخل بافت شهری بین ۲ تا ۴ ساعت به طول می‌انجامد. اما در حالتی که رفع نقص مربوط به سایت‌های خارج از محدوده شهری نظیر جاده‌ها باشد، باید مدت زمان رسیدن به نقطه‌ی مورد نظر نیز به این زمان دو تا چهار ساعته اضافه شود.
- نکته دیگر در لزوم پیوستگی ارتباط در زمان انجام آزمون است و در صورت قطعی مکالمه باید آزمون دوباره از نقطه قطع مکالمه آغاز شود.

جدول ۱: مبنای تعیین وضعیت و میزان رفع نقص در آزمون رانندگی

وضعیت	رنگ معادل	RX Lev (dBm)	RX Qual
عالی	سبز	$-70 < RxLev$	$0 < RxQual$
خوب	زرد	$-70 < RxLev < -90$	$2 < RxQual < 4$
متوسط	سبز پررنگ	$-90 < RxLev < -100$	$4 < RxQual < 6$
ضعیف	قرمز	$-100 < RxLev$	$6 < RxQual$

بنابراین با توجه به اینکه اطلاعات شاخص‌های کلیدی شبکه که در دسترس کاربر مرکز نگهداری و پشتیبانی شبکه متعلق به روز قبل است، اگر پس از رفع نقص به هر دلیلی آزمون تست انجام نشود، این کاربر امکان قضاوت راجع به سنجش میزان رفع نقص را ندارد و باید تا فردای آن روز صبر کند و بر مبنای شاخص دریافتی جدید نسبت به آن قضاوت و در صورت لزوم دستور جدید رفع نقص صادر نماید. در این صورت ممکن است رفع نقص یک سایت چندین شبانه روز طول بکشد که این امر کاملاً نامطلوب است و کاهش رضایت مشتریان را بدنبال دارد.

اگر چه نرم‌افزار OPTIMA به‌صورت روزانه جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد کل شبکه متعلق به روز ماقبل را در اختیار مراکز نگهداری و پشتیبانی قرار می‌دهد و قابلیت دسترسی به جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد کل سایت‌های تحت مدیریت این مراکز در بازه زمانی کمتر از یک روز را برای آن‌ها فراهم نمی‌کند، اما این نرم‌افزار این امکان را برای این مراکز فراهم می‌کند که به اطلاعات یک سایت خاص از حوزه تحت مدیریت خود در بازه‌های زمانی یک ساعته دسترسی داشته باشند. متأسفانه در حال حاضر از این قابلیت در شبکه تلفن همراه کشور استفاده نمی‌شود، از این‌رو در این کار پژوهشی پیشنهاد می‌شود که با فعال کردن این قابلیت، کاربران مراکز نگهداری و پشتیبانی شبکه یک ساعت پس از رفع نقص یک سایت خاص، دوباره از طریق نرم‌افزار OPTIMA نسبت به استخراج شاخص‌های کلیدی عملکرد آن سایت اقدام نمایند و پس از پردازش مربوطه در صورت لزوم دوباره دستور رفع نقص را صادر نمایند. واضح

است که با توجه به بازه زمانی یک ساعته مورد نیاز، این روش ضمن حذف هزینه حضور فیزیکی عوامل انسانی و تجهیزات، امکان کاهش زمان اجرای آزمون تست را نیز فراهم می‌آورد. به‌منظور صحت‌گذاری بر این مزایا، در ادامه عملکرد این روش پیشنهادی به‌همراه آزمون تست رانندگی در شبکه تلفن همراه شهر کرمان مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرد.

۳-۲- ارزیابی نتایج: مطالعه شبکه تلفن همراه شهر کرمان

در این تحقیق شاخص‌های نرخ موفقیت در برقراری مکالمه (CSSR)، نرخ قطعی مکالمه (CDR) و نرخ مسدود بودن کانال ترافیکی (TCHCR)، برای ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد شبکه مورد مطالعه انتخاب شده اند که محدوده استاندارد مدنظر برای آن‌ها به ترتیب عبارتند از: $CSSR \geq 98\%$ ، $CDR \leq 2\%$ و $TCHCR \leq 2\%$. روش کار بدین صورت است که ابتدا با گزارش‌گیری از شبکه، جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد سایت‌های جامعه آماری استخراج می‌شود. لازم به ذکر است که جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد برای هر سکتور شبکه شامل یک جدول مبتنی بر ۵۰ ستون و ۲۴ سطر می‌باشد که هر ستون معرف اطلاعاتی خاص همچون مقادیر پارامترهای کلیدی عملکرد شبکه و اطلاعات مکانی آن سکتور است و هر سطر این جدول این اطلاعات را برای یک بازه زمانی یک ساعته از شبانه‌روز مدنظر نمایش می‌دهد. در این مقاله به‌علت کمبود جا فقط به برش‌هایی از این جداول اکتفا شده است که حاوی اطلاعات مدنظر تحقیق می‌باشند.

مرحله بعد پردازش این اطلاعات برای تمامی سایت‌های تحت کنترل در جامعه آماری نمونه و تعیین سایت‌های معیوب با مقادیر شاخص خارج از محدوده استاندارد است. روش مرسوم در تعیین سایت‌های معیوب نیز مبتنی بر عملکرد آن سایت در ساعت‌های اوج شبکه است و مقدار شاخص‌ها در این ساعت‌ها ملاک قضاوت قرار می‌گیرد. لازم به‌ذکر است که معمولاً برای هر شبانه‌روز دو ساعت اوج در نظر گرفته می‌شود که عبارتند از بازه زمانی ۱۱:۰۰-۱۲:۰۰ و ۱۹:۰۰-۲۰:۰۰. البته ممکن است بر مبنای تغییر فصول این دو بازه زمانی اندکی متفاوت در نظر گرفته شوند. برای تعیین تمامی نقاط معیوب، جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد تمام جامعه آماری بر اساس ساعت‌های اوج شبکه فیلتر می‌شود و خروجی ملاک قضاوت قرار می‌گیرد.

جدول (۲) این خروجی را برای یک شبانه روز از جامعه آماری نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود تعداد کل سایت‌های معیوب در این شبانه‌روز برابر با ۱۴ عدد می‌باشد که شاخص‌های خارج از محدوده استاندارد آن‌ها با رنگ تیره‌تری مشخص شده‌اند. همچنین بر طبق این جدول، عملکرد برخی سکتورها نظیر سکتورهای شماره ۲۰ و ۳۲ فقط در یکی از ساعت‌های اوج قبل از ظهر یا بعدازظهر خارج از محدوده استاندارد گزارش شده است. دلیل این امر در این است که ممکن است میزان ترافیک این سکتورها در این دو ساعت متفاوت باشد یا اینکه در بازه زمانی بین این دو ساعت اوج نقص یا رفع نقصی در سکتور مدنظر رخ داده است. از طرف دیگر عملکرد سکتور شماره ۸۷ در هر دو ساعت اوج قبل از ظهر و بعدازظهر خارج از محدوده استاندارد گزارش شده است که می‌تواند به‌دلیل ترافیک زیاد این دو ساعت یا رفع نکردن نقص آن باشد.

مرحله بعد صدور دستور رفع نقص نقاط معیوب می‌باشد که محتویات آن با توجه به اینکه اصلاح کدام شاخص مدنظر می‌باشد متفاوت است. به‌عنوان مثال به‌طور معمول اصلاح شاخص موفقیت در برقراری مکالمه با دستور بررسی موجب رها و گرفتن برگشتی آنها همراه است و برای شاخص نرخ قطعی مکالمه دستور بررسی زاویه آنتن سکتور و

تغییر زاویه پوشش صادر می‌شود.

جدول ۲: استخراج جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد تمامی سایت‌های معیوب در یک شبانه‌روز

استان	تاریخ و زمان	شماره سکتور	CSSR	TCHCR	CDR
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۱۲	۸۰/۱	۳/۱۹	۳/۱
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۲۰	۸۳/۰۵	۱/۵۶	۳/۳۲
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۰	۳۲	۸۵	۴/۱۳	۳/۵
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۰	۵۶	۸۴	۴/۱	۴
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۷۰	۷۰/۹	۱/۹	۲/۶
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۰	۸۴	۷۵/۳۲	۳/۴۳	۳/۸
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۰	۸۷	۸۶/۳	۴/۸	۳/۹
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۸۷	۸۱	۵/۱	۳/۶
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۰	۹۵	۷۴/۲	۳/۶۵	۲/۹۸
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۱۲۳	۷۹/۴	۳/۱	۳/۶۵
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۱۳۲	۷۸/۵۸	۵/۴	۳/۲۸
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۱۳۸	۸۱/۱	۳/۲۶	۲/۹۹
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۰	۱۵۱	۶۹	۱/۴۵	۲/۷۵
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۰	۱۷۸	۸۳/۰۱	۴/۳۲	۳/۶۴
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۱-۱۹	۱۷۹	۷۴	۴/۷۱	۳/۸۵

در پایان پس از رفع نقص، آزمون تست تمامی نقاط جدول (۲) هم به روش مرسوم آزمون رانندگی و هم توسط روش پیشنهادی نرم‌افزاری انجام می‌پذیرد. به‌عنوان نمونه شکل‌های (۲) و (۳) به ترتیب معرف نتایج آزمون میدانی رانندگی برای سکتورهای شماره ۱۲ و ۸۷ می‌باشند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ناحیه تحت پوشش سکتور ۱۲ در شکل (۲) سبز رنگ نمایش داده شده است که این به معنای موفقیت‌آمیز بودن رفع نقص است. اما رنگ ناحیه سکتور شماره ۸۷ در قسمت بالای شکل (۳) قرمز رنگ است و در قسمت پایین این شکل سبز رنگ می‌باشد. این بدان معنی است که پس از نخستین رفع نقص مشکل این سکتور برطرف نشده است، از این‌رو دوباره دستور رفع نقص دیگری صادر شده است که منجر به نرمال شدن وضعیت این سکتور شده است.

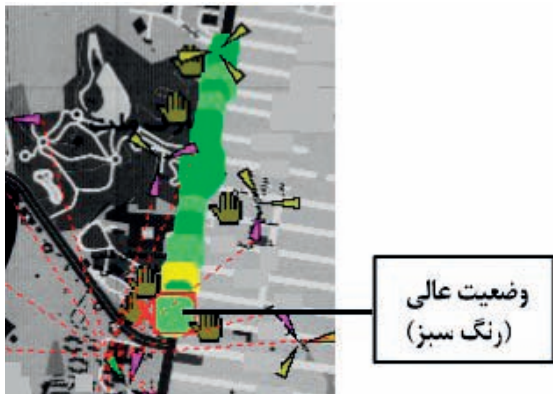
از طرف دیگر نتایج آزمون نرم‌افزاری پیشنهادی برای سکتورهای شماره ۱۲ و ۸۷ در جدول‌های (۳) و (۴) نمایش داده شده‌اند که در واقع بر مبنای گزارش‌گیری از نرم‌افزار OPTIMA یک ساعت پس از رفع نقایص استخراج شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود نتایج روش نرم‌افزاری پیشنهادی در سنجش میزان رفع نقص مشابه با نتایج آزمون رانندگی است و همان‌طور که نتایج آزمون رانندگی معرف موفقیت‌آمیز بودن رفع نقص سکتور شماره ۱۲ بود، مقادیر شاخص‌های کلیدی عملکرد این سکتور در جدول (۳) نیز تاییدکننده این مطلب است. مقادیر شاخص‌های کلیدی عملکرد جدول (۴) نیز بیانگر این مطلب است که رفع نقص سکتور شماره ۸۷ در مرحله نخست موفقیت‌آمیز نبوده است و عملکرد این سکتور در رفع نقص دوباره نرمال شده است.

جدول ۳: خروجی آزمون پیشنهادی برای سکتور شماره ۱۲

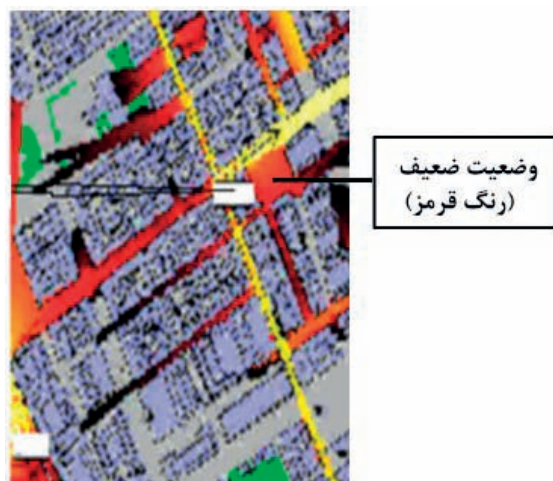
استان	تاریخ و زمان	شماره سکتور	CSSR	TCHCR	CDR
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۲-۱۲	۱۲	۹۸/۲	۱/۸	۱/۰۸

جدول (۵) معرف مقادیر شاخص‌های کلیدی عملکرد ۱۴ سکتور معیوب جدول (۲) در ساعت اوج شبانه‌روز بعد است و همان‌طور که ملاحظه می‌شود در مقایسه با جدول (۲) درصد زیادی از شاخص‌ها در محدوده استاندارد قرار گرفته‌اند و عملکرد شبکه در مجموع بهبود یافته است. لازم بذکر است اصلی‌ترین دلیل عدم قرارگیری برخی

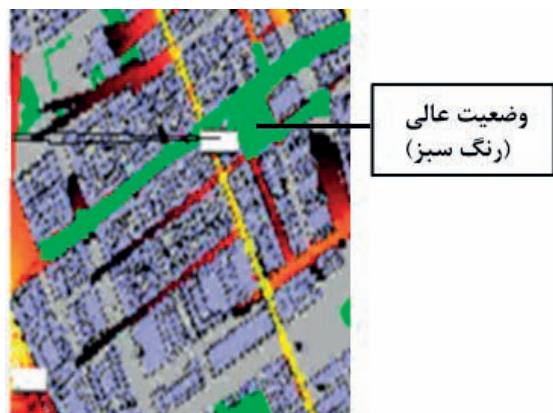
شاخص‌های جدول (۵) در محدوده استاندارد ناشی از گزارش‌گیری در ساعت اوج مصرف است. البته ممکن است همچنان برخی نقایص روز قبل به‌صورت بهینه مرتفع نشده باشند که این امر با گزارش‌گیری از سایت‌ها در طی چند روز متوالی مشخص می‌شود. به‌عنوان مثال شکل (۴) روند بهبود عملکرد سکتور شماره ۱۲ در طی چهار روز متوالی را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشخص است نتایج معرف این است که پس از رفع نقص صورت‌پذیرفته، عملکرد این سکتور خاص در محدوده نرمال قرار گرفته است.



شکل ۲: خروجی آزمون رانندگی برای سکتور شماره ۱۲



الف: پس از رفع نقص اول



ب: پس از رفع نقص دوم

شکل ۳: خروجی آزمون رانندگی برای سکتور شماره ۷۸

جدول ۴: خروجی آزمون پیشنهادی برای سکتور شماره ۷۸

الف: رفع نقص اول

استان	تاریخ و زمان	شماره سکتور	CSSR	TCHCR	CDR
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۲-۱۰	۸۷	۸۹	۴	۳/۱

ب: رفع نقص دوم

استان	تاریخ و زمان	شماره سکتور	CSSR	TCHCR	CDR
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۲-۱۲	۸۷	۹۸	۱/۵	۱/۸

جدول ۵: جدول شاخص‌های کلیدی عملکرد سایت‌های معیوب یک شبانه روز پس از رفع نقص

استان	تاریخ و زمان	شماره سکتور	CSSR	TCHCR	CDR
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۱۲	۹۸/۱	۲/۵	۱/۹۵
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۲۰	۹۷/۱	۱/۳۹	۲/۴
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۳۲	۹۵/۳	۰/۵۸	۲
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۵۶	۹۶/۱	۱/۰۲	۲/۱
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۷۰	۹۳/۱	۱/۷۸	۳/۳
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۸۴	۹۹/۰۳	۲/۱۵	۰
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۸۷	۹۸/۵	۱/۷۸	۱/۹
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۹۵	۹۸/۵۲	۲/۳۶	۱/۲
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۱۲۳	۹۴	۱/۸	۰/۵۷
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۱۳۲	۹۷	۱/۹	۲/۲۲
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۱۳۸	۹۵/۱۲	۱/۷	۱/۱۱
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۱۵۱	۹۵	۱/۱	۲/۵
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۱۷۸	۹۹/۰۱	۱	۲/۴
کرمان	۲۰۱۷/۳/۱۳-۱۰	۱۷۹	۹۸/۶	۱/۳۲	۰/۷۸

با ۶۰ دقیقه است. اما همان‌طور که از جدول (۶) مشخص است زمان آزمون تست رانندگی برای همه آزمون‌ها خیلی بیشتر از یک ساعت است که میانگین آن برابر با ۱۵۰ دقیقه است.
جدول ۶: زمان انجام آزمون تست رانندگی برای سکتورهای معیوب جدول ۲ (بر حسب دقیقه)

شماره سکتور	تعداد آزمون	متوسط زمان انجام آزمون تست
۱۲	یکبار	۲۴۰
۲۰	یکبار	۷۰
۳۲	یکبار	۱۵۰
۵۶	یکبار	۹۰
۷۰	یکبار	۱۱۰
۸۴	یکبار	۱۹۵
۸۷	دوبار	۸۰
۹۵	یکبار	۲۲۵
۱۲۳	یکبار	۲۷۰
۱۳۲	یکبار	۴۵
۱۳۸	عدم انجام	-
۱۵۱	عدم انجام	-
۱۷۸	یکبار	۲۱۰
۱۷۹	یکبار	۱۲۰

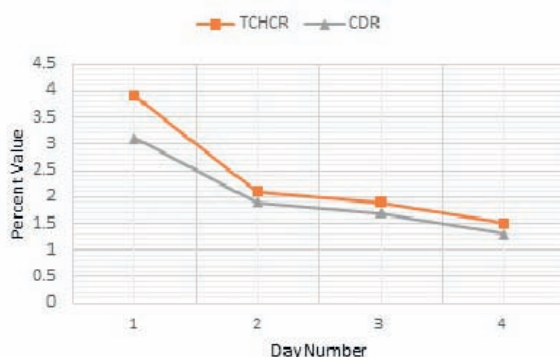
اما با توجه به اینکه زمان‌های ارایه شده در جدول (۶) متعلق به آزمون تست یک شبانه روز خاص بود، قضاوت در رابطه با متوسط زمان تست مورد نیاز در این دو روش بر این مبنا عادلانه نیست. بنابراین در این تحقیق عملکرد شبکه در یک بازه زمانی چندین شبانه روزه مورد ارزیابی قرار گرفته است و میانگین عملکرد این دوره زمانی به‌عنوان ملاک عملکرد قرار گرفته است. برای این منظور متوسط زمان اجرای آزمون تست به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$T_{test} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{test}^i = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M T_{test}^{i,j} \quad (1)$$

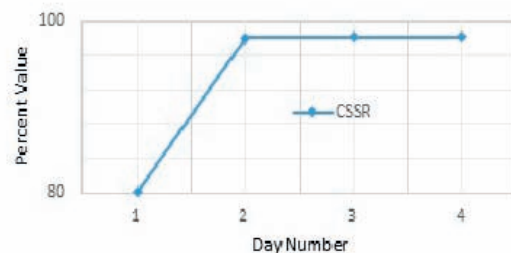
که T_{test}^i و $T_{test}^{i,j}$ به ترتیب متوسط زمان اجرای آزمون تست، متوسط زمان اجرای آزمون تست شبانه روز نام و زمان لازم

نتایج ارایه شده تاکنون فقط مربوط به سنجش میزان توانایی دو روش آزمون تست در میزان رفع نقایص بود، در این قسمت این دو آزمون از منظر زمان لازم برای انجام آزمون تست مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرند. زمان لازم برای انجام آزمون تست رانندگی سایت‌های معیوب جدول (۲) در جدول (۶) گزارش ذکر شده است. همان‌طور که قابل پیش‌بینی بود با توجه به اینکه روش پیشنهادی نرم‌افزاری مبتنی بر گزارش‌گیری از نرم‌افزار OPTIMA دقیقاً یک ساعت پس از رفع نقص است، از این رو زمان انجام آن برای تمامی آزمون‌ها برابر

ب: شاخص‌های CDR و TCHCR



الف: شاخص CSSR



شکل ۴: نمودار بهبود عملکرد سکتور شماره ۱۲ در طی چهار روز متوالی الف: شاخص CSSR ب: شاخص‌های CDR و TCHCR

مراجع

- [1] T.S., Rappaport, Wireless Communication principles & Practice, Prentice-Hall, 1996.
- [2] W.C. Jakes, Microwave Mobile Communication, IEEE press, 1974.
- [3] H. Gunnar, GSM Networks, Protocols, Terminology & Implementation, Artech-House, 1998.
- [4] E. Hossain, et al., "Evolution toward 5G multi-tier cellular wireless networks: An interference management perspective", IEEE Wireless Communications, vol. 21, no. 3, pp: 118-127, 2014.
- [5] P. Kumar, B. Anuradha, and V. Naresh, "Improvement of Key performance indicators and QoS evaluation in operational GSM network," Int. Jour. of Engineering Research and Applications, vol. 1, no. 3, pp.411-417, 2002.
- [6] D. Soldani, M. Li, and R. Cuny, QoS and QoE management in UMTS cellular systems, John Wiley and Sons, 2006.
- [7] E. Liotou, et al., "Quality of experience in mobile cellular networks: key issues and design challenges", IEEE Communications Magazine, vol. 53, no. 7, pp. 145-153, 2015.
- [8] R. A. Mishra, Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimization 2G/2.5G/3G...Evolution to 4G, John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- [9] J. Zhang, J. Sun, and D. Yang, "Application of drive test for QoS evaluation in 3G wireless networks," In Proc. IEEE ICCT, 2003.
- [10] W. A. Hapsari, et al., "Minimization of drive tests solution in 3GPP," IEEE Commun. Mag., vol. 50, no. 6, pp. 28-36, 2012.
- [11] J. D. L. Delgado and J. M. R. Santiago, "Key performance indicators for QOS assessment in TETRA networks," Int. Journal of Mobile Network Communications & Telematics, vol. 3, no. 6, 2013.
- [12] I. Leontiadis; et al., "The good, the bad, and the KPIs: how to combine performance metrics to better capture underperforming sectors in mobile networks," IEEE Int. Conf. on Data Engineering, USA, 2017.
- [13] A.S Adegoke, and I.T. Babalola, "Quality of service analysis of GSM telephone system in Nigeria," American Journal of science and industrial research, vol. 2, no. 5, pp. 707-712, 2011.
- [14] J. Isabona, and K. Obahiagbon, "A practical optimization method to improve QOS and GOS-based key performance indicators in GSM network cell cluster," Int. Jour. of Wirless & Mobile Networks, vol. 6, no. 5, pp. 93-107, 2014.
- [15] B. Y. Lawal, et al., "Quality of service and performance analysis of a GSM network In Eagle Square, Abuja and its environs, Nigeria," Int. Jour. of Scientific & Engineering Research, vol. 7, no 8, pp. 1992-1999, 2016.
- [16] R. K. Upadhyay, V. K. Singh, and R. Kumar, "Performance analysis of GSM networks," Int. Jour. of Advance Research in Science and Engineering, vol. no.3, pp. 244-253, 2014.
- [17] R. Kadioglu, Y. Dalveren, and A. Kara, "Quality of service assessment: a case study on performance benchmarking of cellular network operators in Turkey," Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, vol. 23, pp. 548-559, 2015.
- [18] M. A. Habibi, et al., "Measurement and analysis of quality of service of mobile networks in Afghanistan end user perspective," CoRR abs/1701.05402, 2017.
- [19] C. E. Suharyanto, P. Simanjuntak, and F. E. Gunawan, "Quality of service of GSM: a comparative internet access analysis of provider in Batam," Int. Jour. of Open Information Technologies, vol. 5, no.6, pp. 26-32, 2017.
- [20] O. A. Osahenwemwen, and J. Emagbetere, "Traffic analysis in mobile communication in Nigeria," Jour. of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences, vol. 3, no. 2, pp. 239-143, 2011.
- [21] M. Panda, and S. P. Padhy, "Traffic analysis and optimization of GSM network," IJCSI Int. Jour. of Computer Science Issues, vol. 1, no 1, pp. 28-31, 2011.
- [22] M. Rahnema, "Overview of the GSM system and protocol architecture", IEEE Commun. Mag., vol. 31, no. 4, pp. 92-100, 1993.
- [23] D. F. Mojisola and K. Gbolahan, "Participatory analysis of cellular network quality of service," Int. Jour. of Computing & ICT Research, vol. 9, no 1, pp. 25-40, 2015.
- [24] B. Haider, M. Zafrullah and M. K. Islam, "Radio frequency optimization & QoS evaluation in operational GSM network", In Proc. of WCECS 2009, vol. 1, USA, 2009.

برای انجام آزمون لازم از شبانه‌روز نام است. N و M^i نیز به ترتیب معرف تعداد شبانه‌روزهای انجام آزمون و تعداد دفعات انجام آزمون رفع نقص در شبانه‌روز نام می‌باشد.

متوسط زمان انجام آزمون تست برای یک بازه ۱۰ شبانه‌روزی در جدول (۷) نمایش داده شده است. بر مبنای نتایج این جدول متوسط زمان آزمون تست رانندگی برابر با ۱۷۵ دقیقه محاسبه می‌شود که تقریباً سه برابر متوسط زمانی یک ساعته مورد نیاز آزمون نرم‌افزاری پیشنهادی است.

جدول ۷: مقایسه متوسط زمان انجام آزمون تست (بر حسب دقیقه)

ترتیب شبانه‌روز	زمان متوسط روزانه آزمون رانندگی: T^i test	زمان متوسط روزانه آزمون پیشنهادی: T^i test
۱	۱۵۰	۶۰
۲	۲۰۰	۶۰
۳	۱۵۷	۶۰
۴	۱۹۵	۶۰
۵	۱۷۲	۶۰
۶	۱۹۵	۶۰
۷	۱۳۵	۶۰
۸	۱۸۰	۶۰
۹	۱۷۵	۶۰
۱۰	۱۹۰	۶۰

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، عملکرد شبکه GSM کشور بر مبنای شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه مورد ارزیابی و بهینه‌سازی قرار گرفت و در این راستا یک روش جدید مبتنی بر نرم‌افزار OPTIMA برای تست رفع نقص شبکه پیشنهاد شد. عملکرد روش نرم‌افزاری پیشنهادی به همراه روش سخت‌افزاری مبتنی بر آزمون رانندگی در شبکه تلفن همراه شهر کرمان مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. بر مبنای نتایج مشخص شد که هر دو روش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری عملکرد یکسانی در سنجش میزان رفع نقص دارند. اما روش نرم‌افزاری پیشنهادی ضمن حذف هزینه‌های سخت‌افزاری مربوط به نیروی انسانی و تجهیزات، زمان انجام آزمون تست را به یک سوم کاهش می‌دهد.

پی‌نوشت‌ها

- 1 Global system for mobile communication (GSM)
- 2 Quality of service (QoS)
- 3 Quality of experience (QoE)
- 4 Key Performance Indicators
- 5 Drive test
- 6 Mobile station
- 7 Base Station Subsystem
- 8 Network Subsystem
- 9 Subscriber Identity Module
- 10 Mobile Equipment
- 11 Base Transceiver Station
- 12 Base Station Controller
- 13 Mobile Switching Center
- 14 Operation and Maintenance Center
- 15 Call Set-up Success Rate
- 16 Call Drop Rate
- 17 Traffic Channel Congestion Rate