

Optimizing the Availability of the optical communication network and its effects in reducing the blocking of railway lines

Fatemeh Hajizadeh¹, Saeed Ghazi Maghrebi^{2*}

1- Ph.D. student, Electrical and Computer Faculty, Yadgar Imam Khomeini branch, Shahr-e-Ray, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Electrical and Computer Faculty, Yadgar Imam Khomeini branch, Shahr-e-rey, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Availability means the stability of the network in operational conditions and at a given time. In other words, the network should not be turned off during operation, and if it is turned off, the failure must be fixed at a certain time. Availability is a combination of system reliability and maintainability. Broadband optical telecommunication networks are used to transfer high capacity domestic or international data in the form of data transmission. In the international traffic transfer agreements, there are network quality level agreements that, if the access level is lower than the agreed levels, or blackout. Network, network owners suffer heavy losses. Also, in various industries such as the railway industry, train control structures are based on optical telecommunication networks, and reducing the level of network access may lead to blocked railway lines and irreparable accidents, so high availability leads to stability. Network and reduce line congestion. In this article, in addition to modeling the increase in the access level of the optical transmission network (the implemented case example of the optical transmission network of the Hormozgan railway region) and observing its results in reducing the blockage of railway lines, the behavior of the network through the Monte Carlo method of prediction and simulation has been made.

ARTICLE INFO

Receive Date: 22 February 2023
Revise Date: 15 March 2023
Accept Date: 15 March 2023

Keywords:

Availability,
Reliability,
Maintainability,
Monte Carlo,
Optical transmission network

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2023.386908.3049>

*Corresponding author: Saeed Ghazi Maghrebi
Email address: ghazimaghrebi@iausr.ac.ir

بهینه سازی قابلیت دسترسی شبکه مخابرات نوری و اثرات آن در کاهش مسدودی خطوط ریلی

فاطمه حاجی زاده^۱، سعید قاضی مغربی^{۲*}

۱- دانشجوی دکترا، گروه مهندسی مخابرات، دانشکده برق و کامپیوتر، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی مخابرات، دانشکده برق و کامپیوتر، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

قابلیت دسترسی شبکه به معنای پایداری شبکه در شرایط عملیاتی و در زمان مشخص است؛ به عبارتی شبکه در زمان عملیات نباید خاموش شود و اگر خاموش شد، باید در زمان مشخص رفع خرابی شود. قابلیت دسترسی مجموعه ای از قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری شبکه یا سیستم است. شبکه های مخابرات نوری گسترده، برای انتقال ظرفیت بالایی از داده های داخلی و یا بین المللی بصورت ترانزیت داده، استفاده می شوند، در قراردادهای انتقال ترافیک بین المللی تفاهم نامه های سطح کیفیت شبکه وجود دارد که در صورت پایین بودن سطح قابلیت دسترسی از سطوح مورد توافق و قابل قبول و یا خاموشی شبکه، صاحبان شبکه متحمل خسارت های سنگینی می شوند. همچنین در صنایع مختلف مانند صنعت ریلی، ساختارهای کنترل قطار بر بستر شبکه های مخابرات نوری قرار دارند و کاهش سطح دسترسی شبکه ممکن است منجر به مسدودی خطوط ریلی و سوانح غیر قابل جبرانی گردد، بنابراین سطح بالای قابلیت دسترسی منجر به پایداری شبکه و کاهش مسدودی خط می شود. در این مقاله علاوه بر مدل سازی افزایش سطح دسترسی شبکه انتقال نوری (نمونه موردی پیاده سازی شده شبکه انتقال مخابرات نوری منطقه هرمزگان راه آهن می باشد) و مشاهده نتایج آن در کاهش مسدودی خطوط ریلی، رفتار شبکه از طریق متد مونت کارلو پیش بینی و شبیه سازی می شود.

کلمات کلیدی: قابلیت دسترسی، قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری، مونت کارلو، شبکه انتقال نوری

| شناسه دیجیتال: | | سابقه مقاله: | | | |
|---|------------|---------------|------------------------------------|------------|------------|
| doi: | چاپ | انتشار آنلاین | پذیرش | بازنگری | دریافت |
| https://doi.org/10.22065/jsce.2023.386908.3049 | ۱۴۰۲/۱۰/۳۰ | ۱۴۰۱/۱۲/۲۴ | ۱۴۰۱/۱۲/۲۴ | ۱۴۰۱/۱۲/۲۴ | ۱۴۰۱/۱۲/۰۳ |
| سعید قاضی مغربی ghazimaghrebi@iausr.ac.ir | | | *نویسنده مسئول: پست الکترونیکی: | | |

۱- مقدمه

برای پیش‌بینی خرابی‌ها و عملکرد مناسب شبکه در یک زمان مشخص، نیاز به ارزیابی قابلیت دسترسی شبکه شامل قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری آن می‌باشد [۱]. قابلیت اطمینان سیستم عبارت است از احتمال کارکرد سالم و بدون اشکال سیستم برای یک مدت مشخص و در شرایط مشخص [۲]. عملکرد موثر و کارایی سیستم در طول عمر عملیاتی خود با تعیین قابلیت اطمینان آن مرتبط است. از این رو، بحث قابلیت اطمینان به عنوان یک بحث مهم در بهره برداری از شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. قابلیت تعمیر و نگهداری احتمالی است مبنی بر اینکه شرایط نگهداری، در مدت زمان مشخص با بکارگیری روش‌ها و منابع مشخص می‌تواند اجرا شود [۳].

در این مقاله با مدل‌سازی افزایش سطح دسترسی شبکه انتقال نوری نمونه موردی پیاده‌سازی شده، شبکه انتقال مخابرات نوری منطقه ریلی هرمزگان، شاهد کتاهش تعداد مسدودی خطوط ریلی بدلیل قطع شبکه مخابراتی خواهیم بود. همچنین رفتار شبکه از طریق متد مونت کارلو شبیه‌سازی می‌شود.

مسدودی خط^۱ وضعیتی است که در آن قطعه‌ای از خط بدلیل نیاز به عملیات نگهداری، تعمیر یا نوسازی به واحد تعمیرات واگذار می‌شود و در نتیجه قطار نمی‌تواند از آن عبور کند. مسدودی خط شامل دو حالت است، مسدودی خط برنامه‌ریزی شده و مسدودی خط بدلیل خرابی‌های تصادفی. زمانی که خرابی تصادفی منجر به مسدودی خط می‌شود، معضلاتی نظیر کاهش ظرفیت بالقوه مسیر، نارضایتی مسافری، کاهش مشتریان قطارهای باری، جریمه توقف قطارهای باری و مسافری در تمام محور ریلی و ضرردهی به بار می‌آورد. [۱۲].

۲- مفاهیم قابلیت دسترسی

در این تحقیق در مرحله نخست، تعاریف، روابط و توابع قابلیت دسترسی تشریح می‌گردد.

قابلیت دسترسی (Availability)

قابلیت دسترسی^۲ سیستم، مدت زمان‌های فعال شبکه در دوره زمانی مشخص است و به صورت زیر محاسبه می‌شود [۹] و [۱۶] تا [۱۷].

$$Availability(A) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{\mu}{\mu+\lambda} \quad (1) \quad \text{قابلیت دسترسی}$$

$$\bar{A} = 1-A = \frac{\lambda}{\mu+\lambda} \quad (2) \quad \text{عدم قابلیت دسترسی}$$

با توجه به اینکه زمان خرابی از توزیع نمایی با پارامتر λ و زمان تعمیر از توزیع نمایی با پارامتر (μ) برخوردار است، قابلیت دسترسی وابستگی به قابلیت اطمینان (MTBF) و قابلیت نگهداری (MTTR) شبکه دارد بنابراین برای محاسبه و بهینه‌سازی قابلیت دسترسی شبکه، نیاز به شناخت، محاسبه و بهینه‌سازی قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری شبکه می‌باشد.

۲-۱- قابلیت اطمینان $R(t)$

قابلیت اطمینان یک سیستم $(R(t))$ ، بیانگر احتمال عدم از کار افتادگی سیستم است که با گذشت زمان تغییر می‌کند و دارای توابع تابع نرخ خرابی^۴ (λ) و متوسط زمان بین خرابی‌ها^۵ (MTBF) می‌باشد. همچنین انواع روش‌های مدل‌سازی بلوک دیاگرام قابلیت اطمینان عبارت‌اند از سیستم‌های سری (کارکرد همه اجزا)، سیستم‌های موازی (در صورت عملکرد یکی از اجزاء)، سیستم‌های

¹ rack possession

² Availability

³ Reliability

⁴ Failure Rate

⁵ Mean Time Between Failure

ترکیبی (ترکیبی از سیستم‌ها) به شرح زیر می‌باشد. اگر اگر R_i قابلیت اطمینان هر واحد ($i=1,2,\dots,n$) و n تعداد کل واحدهای سیستم باشد، بنابراین [۹] و [۱۶] تا [۱۷].

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = e^{-\lambda t}, Q(t) = F(t) = \int_0^t f(t) \cdot dt = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = n/(T \times N), n = \text{number of failure}, N = \text{number of equipment}, T = \text{Total time} \quad (4)$$

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (5)$$

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) \cdot dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \cdot dt = \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

$$R_{series}(t) = Pr(\cap_{i=1}^n A_i(t)) = \prod_{i=1}^n R_i(t), Q_{series} = 1 - \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (7)$$

$$MTBF_{series} = \int_t^{\infty} e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i(t)} dt = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (8)$$

$$R_{parallel}(t) = Pr(\cup_{i=1}^n A_i(t)) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t)), Q_{parallel} = \prod_{i=1}^n Q_i(t) \quad (9)$$

$$MTBF_{parallel} = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i} \quad (10)$$

$$R_{parallel-series} = Pr(\cup_{i=1}^M \cap_{j=1}^N A_{ij}(t)) = 1 - \prod_{i=1}^M (1 - \prod_{j=1}^N (R_{ij}(t))) \quad (11)$$

$$R_{series-parallel} = Pr(\cap_{j=1}^M \cup_{i=1}^N A_{ij}(t)) = \prod_{i=1}^N (1 - \prod_{j=1}^M (1 - R_{ij}(t))) \quad (12)$$

۲-۲- قابلیت نگهداری (m_t)^۶

قابلیت نگهداری شامل زمان بازگرداندن سیستم از حالت خرابی به یک سطح مشخص از عملکرد با هدف کاهش زمان تعمیر می‌باشد و دارای توابع نرخ تعمیر (μ) میانگین سرویس تعمیر شده در واحد زمان و مدت زمان رفع خرابی (MTTR)^۷ با توزیع نمایی می‌باشد. بنابراین اگر K تعداد واحدها، λ_i نرخ واحد خرابی نام TTR_i ($i=1,2,\dots,k$) مدت زمان تعمیر اصلاحی واحد نام باشد داریم [۹] و [۱۶] تا [۱۷].

$$Maintenance(t) = \int_0^t \frac{1}{MTTR} e^{-\frac{1}{MTTR}t} dt = 1 - e^{-\frac{1}{MTTR}t} \quad (13)$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (14)$$

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i TTR_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (15)$$

$$TTR_i = TTFDT + TTFD + TTFFL + TTAF$$

$TTFDT$ = مدت زمان کشف خرابی

$TTFFL$ = مدت زمان یافتن محل خرابی^۸

$TTAF$ = مدت زمان رسیدن به محل خرابی^{۱۰}

$TTFD$ = زمان تعمیر خرابی^{۱۱}

⁶ Maintenance

⁷ Mean Time to Repair

⁸ Time to Failure Detection

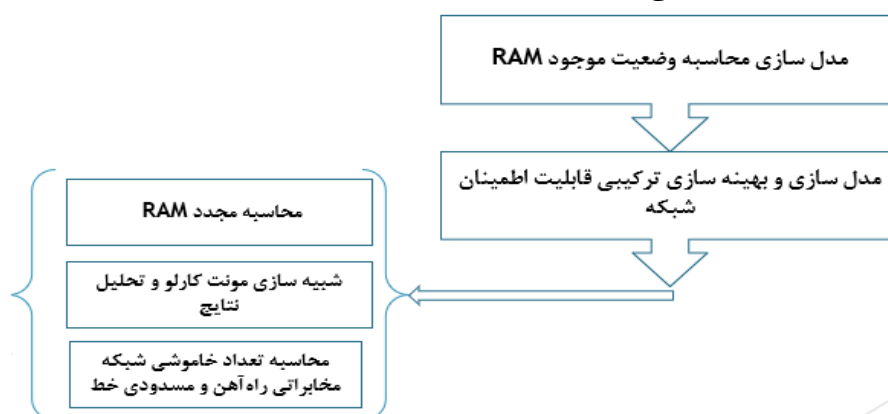
⁹ Time to Find the Failure Location

¹⁰ Time to Arrive the Failure location

¹¹ Time to failure repair

۳- روش تحقیق

روش تحقیق این مقاله به صورت زیر می باشد:



۳-۱- محاسبه قابلیت دسترسی شبکه و مسدودی خط

برای محاسبه قابلیت دسترسی شبکه، ابتدا قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری شبکه را محاسبه، سپس قابلیت دسترسی شبکه بدست می آوریم.

۳-۲- محاسبه قابلیت اطمینان شبکه

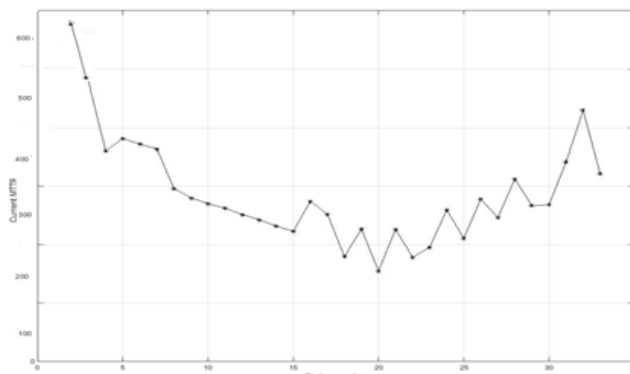
ارتباط مخابراتی بین ایستگاه‌ها، از طریق کابل فیبر نوری برقرار می‌گردد. شبکه فیبر نوری راه آهن در فاصله حدود ۲ تا ۳ متری دو طرف خطوط ریلی (Block) به صورت سری در سراسر مسیر راه آهن گسترده شده است، که خطوط فیبر نوری نامیده می‌شوند. (خدایی و همکاران، ۱۳۹۷). از طریق روابط ۱ تا ۱۵ قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری شبکه در نهایت قابلیت دسترسی شبکه مخابرات نوری منطقه هرمزگان را بدست می آوریم.

جدول شماره ۱: آمار خرابی، نرخ شکست و قابلیت اطمینان بلاک‌های فیبر نوری

| block | Failures | (λ) |
|-------|----------|---------------|
| A-B | 9 | 0.00456 |
| B-C | 11 | 0.00152 |
| C-D | 13 | 0.00190 |
| D-E | 12 | 0.00152 |
| E-F | 15 | 0.00304 |
| F-G | 17 | 0.00342 |
| G-H | 14 | 0.00304 |
| H-I | 18 | 0.00266 |
| I-J | 11 | 0.000190 |
| J-K | 11 | 0.000304 |
| K-L | 14 | 0.000228 |
| L-M | 13 | 0.000190 |

برای مدل سازی و تحلیل قابلیت اطمینان شبکه فیبر نوری سری مطابق با مدل RBD ابتدا قابلیت اطمینان زیرسیستم های بلاک های فیبر نوری محاسبه و سپس قابلیت اطمینان شبکه سری فیبر نوری محاسبه می گردد.

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می گردد، تعداد قطعی های شبکه خطوط فیبر نوری با تعداد مسدودی خط حدود ۱۷۲ قطعی، برابر است. همانطور که در نتایج نشان داده شده است، در وضعیت موجود شبکه، با هر خرابی ها شبکه خاموش می شود و هر خاموشی شبکه منجر به مسدودی خط می شود، مطابق با نتایج حاصله قابلیت اطمینان شبکه ۰/۹۱ و تقریباً در هر ۱۴۱ ساعت شبکه یک قطعی دارد. قابلیت نگهداری ۰/۹۳ با حدود ۶ ساعت و بیست دقیقه زمان تعمیر خرابی و قابلیت دسترسی شبکه ۰/۹۵ می باشد



شکل ۱: MTTR موجود شبکه فیبر نوری راه آهن

$$\text{Reliability}_{\text{Line (1)}} = \prod_{i=1}^n R_{b \text{ Line (1)}} = R(b)_1 R(b)_2 R(b)_3 R(b)_4 R(b)_5 R(b)_6 R(b)_7 R(b)_8 R(b)_9 R(b)_{10} R(b)_{11} R(b)_{12} = 0.994552 \times 0.998181 \times 0.997726 \times 0.998181 \times 0.996365 \times 0.995911 \times 0.996365 \times 0.996818 \times 0.997726 \times 0.996365 \times 0.997272 \times 0.997726 = 0.9192$$

$$Q_{b \text{ Line (1)}} = \prod_{i=1}^n Q_{i(t)} = 1 - R(t) = 1 - 0.9192 = 0.0803$$

$$MTBF_{\text{series}} = \int_0^{\infty} e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} dt = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{12} \lambda_i} = \frac{1}{0.0071} = 141$$

$$MTTR_{\text{Line 1}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i TTR_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = 6:20$$

$$MTTR_{\text{Line 2}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i TTR_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = 6:54$$

$$\mu_1 (\text{line 1}) = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{6:20} = 0.158$$

$$\mu_2 (\text{line 2}) = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{6:54} = 0.143$$

$$M(t)_{\text{line 1}} = 1 - e^{-\frac{1}{MTTR} t} = 1 - e^{-\frac{1}{6:20} \times 3} = 0.931$$

$$M(t)_{\text{line 2}} = 1 - e^{-\frac{1}{MTTR} t} = 1 - e^{-\frac{1}{6:54} \times 3} = 0.907$$

$$\text{Availability (A, B)} = 1 - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} = 1 - \frac{0.0070 \times 0.0071}{(0.0070 + 0.158) \times (0.0071 + 0.143)} = 1 - \frac{0.000049}{0.1650 \times 0.1500} =$$

$$0.9979 \&$$

$$\bar{A} = 1 - A = 0.0021$$

جدول ۲: نتایج مدل سازی RAM در شبکه انتقال نوری

| | | |
|-------------------------|---|------|
| Number of failures | Optical fiber series line | ۱۷۲ |
| Number of Line Blockage | Optical fiber series line | ۱۷۲ |
| Reliability (RBD) | $R_b \text{ Line } (1) = \prod_{i=1}^n R_b \text{ Line } (1) = R(b)1 R(b)2 \dots R(b)11 R(b)12$ | 0.91 |
| MTBF | $MTBF \text{ series} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$ | 141h |
| Maintenance | $M(t) \text{ line } 1 = 1 - e^{-\frac{1}{MTTR}t} = 1 - e^{-\frac{1}{6:20} \times 3}$ | 0.93 |
| MTTR (Line 1) | $\frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i TTR_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$ | 6:20 |
| Availability | $1 - \frac{\lambda_1}{(\lambda_1 + \mu_1)} = 1 - \frac{0.0070}{(0.0070 + 0.158)}$ | 0.93 |

۴- مدل سازی ترکیبی قابلیت اطمینان

خطوط موازی فیبر نوری

$$R_b \text{ Optical fiber parallel} = 1 - [\prod_{i=1}^N (1 - R_i(t))] = 1 - (1 - R_b \text{ Line } (1)) (1 - R_b \text{ Line } (2)) = 1 - R(b)1 R(b)2 R(b)3 R(b)4 R(b)5 R(b)6 R(b)7 R(b)8 R(b)9 R(b)10 R(b)11 R(b)12 \times (1 - R(b)1 R(b)2 R(b)3 R(b)4 R(b)5 R(b)6 R(b)7 R(b)8 R(b)9 R(b)10 R(b)11 R(b)12)$$

$$R_b \text{ Network parallel-series} = Pr (U_{i=1}^M \cap_{j=1}^N A_{ij}(t)) = 1 - \prod_{i=1}^M (1 - \prod_{j=1}^N (R_{ij}(t)))$$

تحلیل نتایج حاصل اجرای مدل سازی ترکیبی بر قابلیت دسترسی شبکه

$$R_b \text{ Line } (1) = \prod_{i=1}^n R_b \text{ Line } (1) = R(b)1 R(b)2 R(b)3 R(b)4 R(b)5 R(b)6 R(b)7 R(b)8 R(b)9 R(b)10 R(b)11 R(b)12 = 0.9197 \quad (4-14)$$

$$Q_b \text{ Line } (1) = 1 - R(t) = 1 - 0.9197 = 0.0803$$

$$R_b \text{ Line } (2) = \prod_{i=1}^n R_b \text{ Line } (2) = R(b)1 R(b)2 R(b)3 R(b)4 R(b)5 R(b)6 R(b)7 R(b)8 R(b)9 R(b)10 R(b)11 R(b)12 = 0.9188 \quad (4-15)$$

$$Q_b \text{ Line } (2) = 1 - R(t) = 1 - 0.9188 = 0.0812$$

$$R_{\text{parallel Lines A \& B}} = 1 - [\prod_{i=1}^N (1 - R_i(t))] = 1 - (1 - R_b \text{ Line } (1)) (1 - R_b \text{ Line } (2)) = R_b \text{ Line } (1) + R_b \text{ Line } (2) = 0.993 \quad (4-16)$$

$$Q_{\text{parallel Lines A \& B}} = 1 - R(t) = 1 - 0.99 = 0.006$$

$$MTTR (\text{Line } 1) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i TTR_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = 4:24$$

$$\mu_1 = \frac{1}{MTTR_1} = \frac{1}{4:24} = 0.236$$

$$MTTR (\text{Line } 2) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i TTR_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = 4:51$$

$$\mu_2 = \frac{1}{MTTR_2} = \frac{1}{4:51} = 0.205$$

$$M(t) \text{ line 1} = 1 - e^{-\frac{1}{MTTR} \times t} = 1 - e^{-\frac{1}{4:24} \times 3} = 0.987$$

$$M(t) \text{ line 2} = 1 - e^{-\frac{1}{MTTR} \times t} = 1 - e^{-\frac{1}{4:51} \times 3} = 0.978$$

$$Availability (A, B) = 1 - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} = 1 - \frac{0.0070 \times 0.0071}{(0.0070 + 0.226) \times (0.0071 + 0.205)} = 0.9989$$

$$\bar{A} (A, B) = 1 - 0.9989 = 0.0011$$

$$MTBF_{\text{parallel}} = \frac{1}{N \times T} \times \sum_{i=1}^n \frac{1}{i} = \frac{1}{2 \times 26280} \sum_{i=1}^{12} \frac{1}{i} = \frac{1}{0.0003044} \times 3.10321 = 10194$$

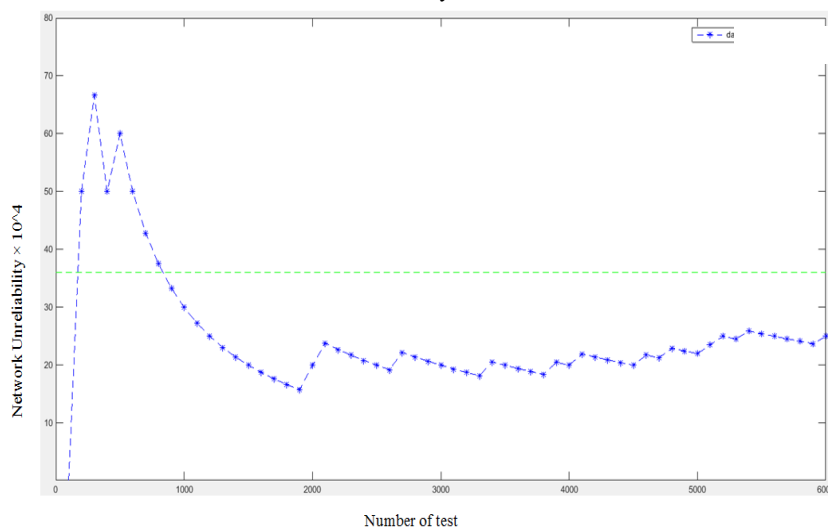
۵- شبیه سازی مونت کارلو^{۱۲}

در شبیه سازی مونت کارلو مجدداً از طریق آزمایش های مکرر، توالی سیکل های عملکرد و تعمیر برای هر یک از واحدها مقایسه می شود. هر گاه در زمان MTTR همزمانی دوره های تعمیر اتفاق بیفتد، به معنی خاموشی شبکه می باشد. در غیر این صورت با عدم همزمانی تعمیر در دو مسیر، شبکه در دسترس قرار دارد. نتایج شبیه سازی Reliability شبکه با توزیع احتمالی دارای λ و μ نشان داده شده است.

$$\lambda 1 = 0.0070, \lambda 2 = 0.0024$$

$$\mu 1 = 0.226, \mu 2 = 0.205$$

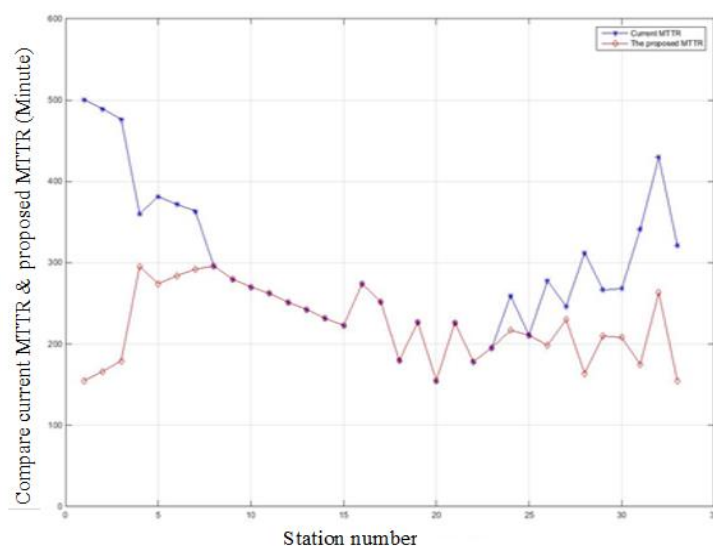
$$Unreliability = 0.006$$



شکل ۲: افزایش قابلیت اطمینان (کاهش عدم قابلیت اطمینان) شبکه

مطابق شکل ۲ شبیه سازی مونت کارلو از طریق نرم افزار MATLAB به ازای ۶۰۰۰ نمونه انجام شد. بعد از آزمون ۳۰۰۰ ام، نتیجه ای معادل با عدم قابلیت اطمینان برابر با ۰/۰۰۰۲ به دست آمد. در جدول ۳ تاثیرات آن بر پارامترهای RAM نشان داده است.

¹² Mont Carlo



شکل ۳: نمودار مقایسه MTTR موجود شبکه و پس از مدل سازی قابلیت اطمینان

جدول ۳: نتایج حاصل از اجرای قسمت ب مرحله دوم (مدل سازی بهبود تعیین بهبود فواصل تعمیر و نگهداری) و تاثیرات آن بر سایر پارامترهای RAMS

| مراحل تحقیق | شبکه فیبر نوری | قابلیت اطمینان | MTBF (h) | قابلیت نگهداری | MTTR (h) | قابلیت دسترسی | مقایسه تعداد خاموشی شبکه و مسدودی خط |
|-------------|-------------------------|----------------|----------|----------------|----------|---------------|--------------------------------------|
| مرحله اول | تحلیل وضعیت وجود | ۰,۹۱ | ۱۴۱ | ۰,۹۳ | ۶,۲۷ | ۰,۹۵ | ۱۷۲ |
| مرحله دوم | مدل سازی قابلیت اطمینان | ۰,۹۹۸ | ۱۰۱۹۴ | ۰,۹۸۲ | ۴,۳۲ | ۰,۹۹۸ | ۲ |

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، با مدل سازی و بهبود هر یک از پارامترهای RAMS شاهد تاثیرات خوبی در سایر پارامترهای RAM بودیم. قابلیت اطمینان شبکه از ۰,۹۹۳ به ۰,۹۹۸ افزایش یافته است، قابلیت دسترسی از ۰,۹۹۷ به ۰,۹۹۸ افزایش یافته است، قابلیت نگهداری از ۰,۹۱۹ به ۰,۹۸۲ افزایش یافته است، مدت MTTR از میانگین ۶:۲۷ به ۴:۳۲ کاهش یافته و مدت زمان MTBF از ۴۵۳۱ ساعت به ۱۰۱۹۴ ساعت افزایش یافته است. همچنین همانطور که در نتایج شبیه سازی هر دو مرحله نشان داده شده است، خاموشی کامل شبکه و مسدودی خط، از ۱۷۲ مرتبه به ۲ مرتبه کاهش یافته است.

۶- نتایج

در مرحله اول انجام تحقیق، پارامترهای RAMS وضعیت موجود شبکه انتقال مخابرات نوری راه آهن از طریق مدل RBD محاسبه گردید. در این مرحله تعداد خاموشی شبکه و در نتیجه مسدودی بدست آمد. همچنین با مدل سازی افزایش قابلیت اطمینان شبکه شاهد افزایش قابلیت اطمینان، افزایش فواصل زمانی بین خرابی ها و کاهش خاموشی شبکه بودیم که تعداد مسدودی خط به دلیل خاموشی شبکه از ۱۷۲ مورد به ۷ مرتبه کاهش و MTBF آن از ۱۴۱ ساعت به ۴۵۳۱ ساعت افزایش یافت. برای انجام مرحله اول تحقیق، یعنی مدل سازی و محاسبه وضعیت موجود شبکه، نیاز به آمار خرابی ها می باشد که این آمار از پایگاه داده های خرابی راه آهن

بدست آمد.

در نهایت با مقایسه نتایج تحلیلی و شبیه سازی در هر دو مرحله، مشاهده گردید. افزایش ۰,۰۰۵ درصد قابلیت اطمینان و کاهش ده درصدی زمان MTTR (قابلیت نگهداری)، منجر به افزایش سه و نیم برابری سطوح کیفی پارامترهای RAMS و کاهش هفتاد درصدی خاموشی شبکه و مسدودی خط شد. مدل سازی و بهبود زیرساخت مخابراتی انتقال و پیش بینی تعداد خاموشی های شبکه و مسدودی خط آهن به دلیل قطع زیرساخت مخابراتی برای نخستین بار تحقیقاتی انجام شده است.

مراجع

- [1] Wakar. A, Osman. H, Usman. P, and Junaid. Q, (2017), “*Reliability Modelling and Analysis of Communication Networks*”, Elsevier Journal of Network and Computer Applications, Volume 78, p. 191-215.
- [2] Macchi, M. Garetti, M. Centrone, D. Fumagalli, L. and Pavirani, G. (2012). “*Maintenance management of railway infrastructures based on reliability analysis*”, Elsevier Reliability Engineering & System Safety, Vol 104, p. 71-83.
- [3] Ting, J. and Jian, D. W, (2012). “*Reliability Models of GSM-R Redundant Network on High-Speed Railway*” Materials science & Engineering, vol.198-199, p. 1783-1788.
- [4] Lijie, Ch. Tao, T. Xianqiong, Zh. and Schnieder, E. (2012). “*Verification of the safety communication protocol in train control system using colored Petri net*” Reliability Engineering & System Safety, Vol. 100, P 8-18.
- [5] A. Maria, (2013), “*The introduction of common safety methods*” IEEE International Conference on Railway Safety Assurance: Management and Method in a Safe Network, London, UK.
- [6] Seongwoo, W. (2020), “*Reliability Design of Mechanical Systems*”, chapter “Modern Definitions in Reliability Engineering”, ResearchGate, p 53-99.
- [7] Dhillon, B. S. (1999), “*Design Reliability: Fundamentals and Applications*, university of Ottawa”, Ontario, Canada.
- [8] Allan, R. N. , (1979), “*Book Review: Economics of Reliability in Electrical Power Systems*”, The international journal of electrical Engineering & education, Vol 16, Issue 4, p. 383-383.
- [9] Karanki, D. Vinod, G. and Ajit S, (2020), “*Advances in RAMS Engineering*”, book, Springer Nature Switzerland AG.
- [10] Singh, J. and Banerjee, R , (2019), “*A Study on Single and Multi-layer Perceptron Neural Network*” IEEE 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC).
- [11] Ghazi Mazhrebi, S. Yazdani, M. and Hajizadeh, f. (2019), “Examining Liberalization of Iranian Railway Communication Service,” IEEE International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC).
- [12] Yazdani, M. (2014). “*signaling & communication in the railway from yesterday to tomorrow*”, The Iranian Railway Training & research center, Tehran, P. 303.
- [13] khodae, A, Yazdani, M, Hajizadeh, F. (2018). “*The liberation of rail telecommunication services*”, the Iranian railways training and research center, Tehran, p. 318.
- [14] Bourne, A. J. (1989). “*Book Review: Advances in Reliability Technology Symposium*”, The international journal of electrical Engineering & education, Volume: 26 issue: 4, p. 376-376.
- [15] Dialynas, E. N. (1992). “*Book Review: 11th Advances in Reliability Technology Symposium*”, The international journal of electrical Engineering & education, Vol 29, Issue 2, pp. 132-132,
- [16] Smith, D. (2017). “*Reliability, Maintainability and Risk*”, Elsevier Ebook, 9th Edition, p. 430.
- [17] Saraswat, S. and Yadava, G.S. (2008). “*An overview on reliability, availability, maintainability and supportability (RAMS) engineering*”, International Journal of Quality & Reliability

- Management, VOL. 25, p. 330-344.
- [18] Figiel, K.D. and Sule, D.R. (1990). "A generalized reliability block diagram (RBD) simulation", IEEE Simulation Conference Proceedings, USA.
- [19] Min, Yu. Chunhui, Y. and Sen, Z. (2013). "Reliability Model for Control Centre of Railway Signalling System Based on SRN", IEEE Fourth International Conference on Digital Manufacturing & Automation, CHINA.
- [20] Panda, Ch. Narayan Patro, S. and Kumar Gantayat, P.(2012), "Link Reliability in WDM Optical Network", Chinmayananda Panda et al / Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE), Vol. 3 No. 1, P. 126-132.
- [21] Brémaud, P. (2020), "Markov Chains: Gibbs Fields, Monte Carlo Simulation and Queues", Springer International Publishing, p. 557.
- [22] Bing. H, Zhengyang. Ch, Bei L, Yanmin. Q, (2022), "MLP-SVNET: A Multi-Layer Perceptrons Based Network for Speaker Verification", IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)Singapore.
- [23] Yuan. L, (2022), "Research of reliability data analysis and optimization for interior system", IEEE Global Reliability and Prognostics and Health Management (PHM-Yantai), China.