

Reliability modeling of elevator

Farhad Afra¹, Alireza Alesaaadi²

¹ Department of Electrical Engineering, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran
afrasanarfars@gmail.com

² Department of Electrical Engineering, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran
alesaadi@iau.ac.ir

Received: 22 January 2025

Revised: 17 April 2025

Accepted: 21 April 2025

Abstract:

One of the equipments that is widely used today in buildings with four floors and more is the elevator. Therefore, it is important to study different aspects of the elevator. On the other hand, one of the studies that has become important in most systems, including the engineering system, is the study of reliability. Reliability means how well a system can perform its function correctly. Therefore, the purpose of this article is to study the reliability of the elevator. To determine the reliability of the elevator, it must first be determined what equipment this system is made of. Then the effect of failure of each component of the elevator on the failure of the whole system is studied and finally the reliability model of the elevator is obtained. In this article, the reliability model of two widely used types of elevators, including traction and hydraulic elevators, is obtained based on the effect of failure of basic components. Also, in order to check the reliability model of elevators, simulation has been done in MATLAB software environment.

Keywords: reliability, failure rate, traction elevator, hydraulic elevator, availability.

Corresponding Author: Farhad Afra

Corresponding Author Address: Department of Electrical Engineering- Kazerun Branch -Islamic Azad University- Kazerun, Iran

تعیین مدل قابلیت اطمینان آسانسور

فرهاد افرا^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد، علیرضا آل سعدی^۲، مربی

۱- دانشکده مهندسی برق، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران
afrasanatfars@gmail.com

۲- گروه برق، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران
alesaadi@iau.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱

تاریخ بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۰۳

چکیده:

یکی از تجهیزاتی که امروزه بطور گسترده در ساختمان‌های با تعداد چهار طبقه و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد آسانسور است. بنابراین مطالعه جنبه‌های مختلف آسانسور دارای اهمیت می‌باشد. از طرف دیگر یکی از مطالعاتی که امروزه در بیشتر سیستم‌ها از جمله سیستم قدرت اهمیت پیدا کرده است مطالعه قابلیت اطمینان است. قابلیت اطمینان به معنای این است که یک سیستم تا چه اندازه می‌تواند کارکرد خود را به درستی انجام دهد. بنابراین در این مقاله هدف مطالعه قابلیت اطمینان آسانسور می‌باشد. برای تعیین قابلیت اطمینان آسانسور در ابتدا باید مشخص شود که این سیستم از چه تجهیزاتی ساخته شده است. سپس تاثیر خرابی هر کدام از اجزای تشکیل دهنده آسانسور بر خرابی کل سیستم مورد مطالعه قرار گرفته و در نهایت مدل قابلیت اطمینان آسانسور به دست آورده می‌شود. در این مقاله مدل قابلیت اطمینان دو نوع پرکاربرد آسانسورها شامل آسانسورهای کششی و هیدرولیکی بر اساس تاثیر خرابی اجزای اساسی به دست آورده می‌شود. همچنین به منظور بررسی مدل قابلیت اطمینان آسانسورها، شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزار متلب صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: قابلیت اطمینان، نرخ خرابی، آسانسور کششی، آسانسور هیدرولیکی، دسترس‌پذیری.

نام نویسنده‌ی مسئول: فرهاد افرا

نشانی نویسنده‌ی مسئول: کازرون - دانشگاه آزاد اسلامی واحد کازرون - دانشکده مهندسی برق

۱- مقدمه

یکی از انواع متداول آسانسورها که اغلب برای ساختمان‌هایی با ارتفاع متوسط (۳ تا ۸ طبقه) نصب می‌گردند آسانسور هیدرولیکی* است. این آسانسور با نیروی فشار روغن کار می‌کند و نیروی محرکه کابین توسط واحد توان[†] و پیستون تامین می‌شود. نحوه کار یک آسانسور هیدرولیک بدین صورت است که در آسانسور هیدرولیک وظیفه پاورونیت تامین فشار روغن برای جک هیدرولیک آسانسور می‌باشد و در واقع با تغییر فشار روغن، جک مربوطه کابین آسانسور را به بالا یا پایین حرکت می‌دهد. این نوع آسانسورها در مقایسه با آسانسورهای کششی فضای کمتری در ساختمان اشغال کرده و نیاز به موتورخانه در بالا ندارند. این نوع آسانسور با توجه به ارتباط کابین و پیستون به انواع هیدرولیکی مستقیم - مرکزی، مستقیم - کناری و غیر مستقیم - کناری تقسیم می‌گردند. کنترل اغلب این آسانسورها به واسطه یک پیستون صورت می‌گیرد که در بخش تحتانی اتاقک آسانسور تعبیه گردیده است. بالاترین سرعت این آسانسورها ۲۰۰ فوت در دقیقه (یک متر بر ثانیه) تخمین زده شده است. به طور کلی در دسته بندی انواع آسانسور و سرعت آن‌ها جز نمونه‌های متوسط به شمار می‌روند. این قبیل آسانسورها نیازمند حضور موتورخانه هستند که نقطه جای‌گیری آن در تحتانی‌ترین قسمت نزدیک به چاله آسانسور می‌باشد. این آسانسورها در دو نوع آسانسورهای واجد چاهک و فاقد چاهک در بازار موجود هستند. در آسانسور هیدرولیک واجد چاهک (چاله) زمانی که اتاقک به سمت پایین در حال حرکت باشد، به واسطه کابل تعبیه شده در کف چاهک، پیستون در وضعیت جمع شده و کوچک قرار می‌گیرد. در برخی از نمونه‌های تولیدی در این قبیل آسانسورها یک مدل پیستون تلسکوپی استفاده شده که برای نصب آن نیاز به ایجاد سوراخی با عمق کم در بخش زیرین چاهک است. نهایت فاصله‌ای که این مدل آسانسورها می‌توانند مسافر یا بار را جابجا کنند حدود ۱۹ متر در دقیقه می‌باشد. در مدل آسانسور هیدرولیک فاقد چاهک شاهد یک پیستون در دو سمت اتاقک هستیم که شامل انواع آسانسورهای هیدرولیکی تلسکوپی، غیر تلسکوپی و طنابی می‌شوند: در نوع تلسکوپی دو الی سه پیستون تلسکوپی تعبیه شده که قادر به مدیریت سرعت آسانسور تا ارتفاع ۱۵ متر می‌باشند. این تجهیزات در پایه‌های چاهک آسانسور تنظیم می‌شوند و دیگر نیازی به کابل، قرقره و یا تعبیه سوراخ در زیر چاهک ندارند. آسانسورهای نوع غیرتلسکوپی همراه با یک پیستون نصب می‌شوند و توانایی جابجایی اتاقک را تا حدود ۶ متر در دقیقه دارند. در نوع کابلی یا طنابی، همانطور که از اسم این آسانسورها پیداست علاوه بر استفاده از پیستون از کابل نیز بهره برده شده است. این مدل می‌تواند اتاقک را تا فاصله ۱۸ متر انتقال دهد. آسانسورهای هیدرولیکی در موارد صنعتی و تجاری مانند آسانسور خودروبر و باربر در ارتفاع‌های کمتر از ۴ طبقه، بیشترین کاربرد را دارند.

متداول‌ترین نوع آسانسور، آسانسورهای کششی می‌باشند. انواع مختلف آسانسورهای کششی در ساختمان‌های مختلف بسته به نوع شرایط مکانی، نصب و راه‌اندازی می‌گردند. اکثر آسانسورهای مسافری که در سطح دنیا نصب و اجرا شده‌اند، از سیستم کششی بهره گرفته‌اند. آسانسورهای کششی نیز خود به انواع مختلفی تقسیم بندی می‌گردد که عبارتند از: آسانسورهای کششی با موتور گیربکس، آسانسورهای کششی با موتور گیرلس (بدون گیربکس)، آسانسورهای کششی روملس (بدون اتاق ماشین) و آسانسورهای کششی با عملکرد ولتاژ متغیر فرکانس متغیر. یک آسانسور کششی معمولاً از اتاق ماشین، واحد کنترل آسانسور، موتور، کابل، تیغه، کابل‌های استیل، شفت بتنی، درب‌های کابین، وزنه تعادل، ریل‌های راهنما، کابل‌های جبران‌ساز و بافر تشکیل شده است. علاوه بر آسانسورهای کششی و هیدرولیکی، آسانسورهای پنوماتیک، مغناطیسی، پیچی و پانوراما نیز در ساختمان‌های مختلف استفاده می‌شوند. با توجه به اینکه آسانسورها با جان افراد سر و کار دارند قابلیت اطمینان این تجهیزات از اهمیت زیادی برخوردار است. بر همین اساس کارهای تحقیقاتی زیادی در این زمینه انجام شده است.

در [1] مطالعه قابلیت اطمینان آسانسور انجام شده است. در این مقاله تاثیر افراد، مدیریت، تجهیزات و محیط بر قابلیت اطمینان آسانسور بررسی شده است. در [2] ارزیابی قابلیت نگهداری سیستم آسانسور به منظور بهبود مدیریت مبتنی بر دانش آن انجام شده است. این امر سبب عملکرد ایمن همراه با قابلیت اطمینان بالای آسانسور می‌گردد. در این مقاله به منظور جلوگیری از داده‌های خطا که سبب عملکرد اشتباه آسانسور می‌گردد نقص‌های عملیاتی سیستم مورد بررسی قرار گرفته است.

* Hydraulic lift

† Power unit

بر همین اساس تعداد ۴۳ نوع خطای عملیاتی مشخص شده و تاثیر هر کدام از این خطاها بر عملکرد کلی سیستم مطالعه شده است. مقاله [3] تحقیقی بر روی استراتژی تعمیرات نگهداری پیشگیرانه در تجهیزات آسانسور انجام داده است. در این مقاله یک استراتژی بهینه به منظور کاهش نرخ خرابی آسانسورها بر اساس مدل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی هدف انجام شده است. در مقاله [4] طراحی و آنالیز قابلیت اطمینان سیستم پایش آسانسور بر اساس اینترنت اشیا انجام شده است. در این مقاله به منظور حل مسائل قیمت بالا، سیم‌کشی پیچیده و عملکرد نامناسب سیستم‌های پایش آسانسورها یک سیستم پایش جدید و ایمن مبتنی بر تکنولوژی‌های اینترنت اشیا پیشنهاد داده است. در مقاله [5] با استفاده از روش بهینه‌سازی چند هدفه، تصمیم‌گیری در زمینه چگونگی انجام تعمیرات نگهداری پیشگیرانه آسانسورها صورت پذیرفته است. در این مقاله ابتدا داده‌های خطای گذشته آسانسور جمع‌آوری شده و به منظور تحلیل توزیع خطای آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس نرخ هزینه و مدل نرخ بهره‌وری به منظور تعیین فاکتورهای زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقاله [6] یک سیستم کنترلی جدید به منظور بهبود قابلیت اطمینان آسانسور پیشنهاد شده است. در این مقاله یک روش نوین جهت کنترل آسانسورها معرفی شده است که می‌تواند در آسانسورهای با هر تعداد طبقه و هر ورودی و خروجی مورد استفاده قرار بگیرد. در [7] مروری بر سیستم‌های آسانسوری مورد استفاده در ساختمان‌های مختلف شده است. در این تحقیق انواع مختلف آسانسورها و چگونگی طراحی آن‌ها و محاسبات مربوطه مورد مطالعه قرار گرفته است. در [8] طراحی و کنترل سیستم کنترل آسانسورها با استفاده از کنترل منطقی برنامه‌ریزی شده (PLC) صورت گرفته است.

در [9] ارزیابی قابلیت اطمینان آسانسورها با استفاده از داده‌های عمر تمامی اجزای آن صورت گرفته است. در این مقاله اجزای مختلف شامل سیم بوکسل، موتور، تیغه، ترمز، لاستیک جلوگیری از ارتعاش، کفشک راهنما، بیرینگ ماشین کششی، کفشک ایمنی در، بسته‌کننده فنر در و سوئیچ محدودکننده برای آسانسورها در نظر گرفته شده است. برای هر کدام از این اجزا یک مدل وایبال به دست آمده است. در [10] استفاده از آسانسورها در مواقع اضطراری را از نقطه نظر قابلیت اطمینان مورد مطالعه قرار داده است. در این مقاله تعداد ۱۳ مورد از خطاهایی که در مورد آسانسورها اتفاق می‌افتد را دسته‌بندی کرده است. این خطاها عبارتند از: اضافه بار شدن آسانسورها، خاموش شدن و قرار گرفتن آسانسور در بین طبقات، عملکرد غیرصحیح آسانسور (توقف در طبقات اشتباه، عدم توقف در همه طبقات)، خرابی آب (نشت آب به درون شفت آسانسور)، اشیای خارجی (قرار گرفتن اشیای خارجی در جلو درب‌ها که منجر به باز ماندن درب آسانسور می‌شود)، آرایش اشتباه آسانسور (آسانسور در جای مناسب و هم‌سطح با طبقات نمی‌ایستد)، ایزوله شدن اشتباه آسانسور (ایزوله شدن آسانسور به دلیل نامعلوم)، توقف آسانسور همراه با مسافر در درون آن (گیر افتادن افراد در آسانسور)، کنترل‌های همراه با خطا (دکمه‌های احضار کار نمی‌کند، پنل کنترل عمل نمی‌کند، مدارهای کامپیوتری خراب شده‌اند)، خطاهای مکانیکی (خرابی ترمزها، خرابی کابل‌های بوکسل)، خرابی یا خطای درب‌ها (استفاده اشتباه، خرابی مکانیکی، تجهیزات بهره‌برداری درب‌ها خراب یا دچار خطا شده‌اند)، خطاهای الکتریکی (قطع شدن منبع تغذیه، خطاهای مدارهای الکتریکی) و عملیات تعمیرات - نگهداری (تست‌های روتین، ایزوله کردن جهت دسترسی به شفت آسانسور، تعویض لامپ‌های روشنایی فلورسنت و ...). در [11] مطالعه قابلیت اطمینان مبتنی بر شاخص‌های امنیت آسانسورها صورت گرفته است. در این مقاله تجهیزات الکترومکانیکی آسانسورها مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. این تجهیزات شامل موتور الکتریکی، ترمز و کلاچ، جعبه دنده، پولی اصطکاک، مسدود کننده درب، کابین جهت افراد و وزنه تعادل می‌باشد.

با توجه به اینکه کار زیادی در زمینه ارزیابی قابلیت اطمینان آسانسورها انجام نشده است می‌توان از مقالاتی که قابلیت اطمینان سایر سیستم‌ها را بررسی کرده‌اند به منظور توسعه مدل قابلیت اطمینان آسانسور استفاده کرد و از آن‌ها ایده گرفت. در [12] مدل قابلیت اطمینان نیروگاه بادی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مدل هم خرابی اجزای تشکیل دهنده در نظر گرفته شده است و هم تغییرات سرعت باد. در [13] مدل قابلیت اطمینان انواع مختلف نیروگاه‌های امواج با در نظر گرفتن خرابی تجهیزات تشکیل دهنده و تغییرات توان خروجی نیروگاه به دست آورده شده است. در این مقاله مدل قابلیت اطمینان نیروگاه‌های امواج شامل پلامیس، اژدهای موج، بایو و ژنراتور شیار مخروطی دریا به دست آورده شده است. در [14] مدل

قابلیت اطمینان نیروگاه جزرومدی نوع مخزنی به دست آورده شده است. در این مقاله هم تاثیر خرابی تجهیزات تشکیل دهنده نیروگاه و هم تغییرات توان خروجی نیروگاه که ناشی از تغییرات ارتفاع جزرومد می‌باشد در نظر گرفته شده است. با توجه به مقالات مرور شده مشخص گردید که تاکنون مدل قابلیت اطمینان آسانسور ارائه نشده است. با توجه به اهمیت مطالعه قابلیت اطمینان آسانسور در این مقاله مدل قابلیت اطمینان آسانسورهای کششی و هیدرولیکی بررسی می‌گردد. دلایل اهمیت مطالعه قابلیت اطمینان آسانسور عبارت است از: امروزه آسانسور به عنوان یکی از تجهیزات مهم در ساختمان‌های با تعداد ۴ طبقه و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به محدودیت زمین، در بسیاری از شهرها ساختمان‌های با تعداد ۴ طبقه و بیشتر ساخته می‌شوند، به دلیل بالا رفتن سطح رفاه در جوامع مختلف، امروزه قابلیت اطمینان سیستم‌های مختلف از جمله آسانسور اهمیت دارد. با توجه به اینکه این تجهیز بایستی مرتباً در دسترس باشد و کار انتقال افراد و تجهیزات به طبقات مختلف را انجام دهد بررسی خراب شدن آن و در نتیجه قابلیت اطمینان آن اهمیت زیادی دارد. بر این اساس نوآوری‌های این مقاله به صورت زیر می‌باشد:

○ ارائه مدل قابلیت اطمینان به آسانسورها

○ محاسبه دسترس‌پذیری آسانسورها در مطالعات قابلیت اطمینان

با توجه به اهدافی که این مقاله در زمینه مطالعه قابلیت اطمینان آسانسور دنبال می‌کند سازماندهی آن به صورت زیر خواهد بود: در بخش دوم آسانسورها، انواع مختلف و تجهیزات تشکیل دهنده آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش سوم مدل قابلیت اطمینان آسانسورهای کششی و هیدرولیکی معرفی می‌گردد. نتایج شبیه‌سازی در بخش چهارم و نتیجه‌گیری مقاله نیز در بخش پنجم آورده می‌شود.

۲- انواع آسانسورها و تجهیزات تشکیل‌دهنده

آسانسور یک ماشین الکترومکانیکی است، که به صورت عمودی در حول یک محور حرکت می‌کند تا شخص یا باری را بین سطوح یک ساختمان جابجا کند. اکثر آسانسورهای مدرن توسط موتورهای الکتریکی و با کمک وزنه تعادل از طریق سیستم کابل‌ها و شیارها به حرکت در می‌آیند. مطابق مبحث پانزدهم مقررات ملی، ساختمان‌های بالای سه طبقه از روی همکف باید حداقل به یک دستگاه آسانسور ویلچربر مجهز باشند و ساختمان‌های هشت طبقه و بالای آن باید به دو دستگاه آسانسور مجهز باشند. آسانسورها دارای انواع متنوعی هستند و بسته به شرایط مکانی و نوع کاربری که قرار است در آنجا آسانسور نصب و راه اندازی گردد، توسط کارشناس آسانسور تعیین می‌گردد. آسانسورها از تجهیزات مختلفی تشکیل شده‌اند که از به هم پیوستن این قطعات سیستم آسانسور شکل می‌گیرد. در این بخش انواع مختلف آسانسورهایی که در ساختمان‌های مختلف نصب می‌شود معرفی و ویژگی‌های مربوط به آن‌ها بیان می‌گردد. انواع اصلی آسانسورها عبارتند از: آسانسورهای کششی، آسانسورهای هیدرولیک و آسانسورهای پنوماتیک [15].

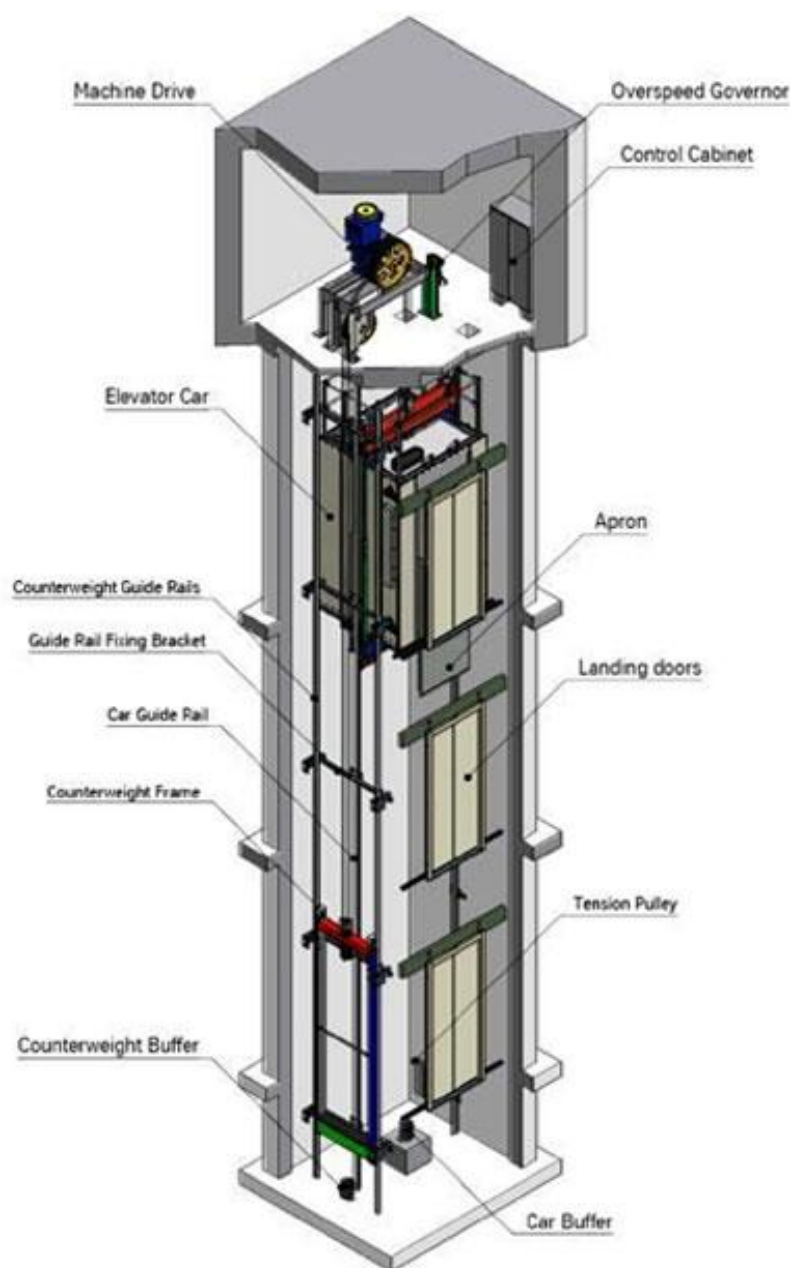
۲-۱- آسانسورهای کششی

متداول‌ترین نوع آسانسور، آسانسورهای کششی می‌باشند. انواع مختلف آسانسورهای کششی در ساختمان‌های مختلف بسته به نوع شرایط مکانی، نصب و راه‌اندازی می‌گردند. اکثر آسانسورهای مسافری که در سطح دنیا نصب و اجرا شده‌اند، از سیستم کششی بهره گرفته‌اند. آسانسورهای کششی نیز خود به انواع مختلفی تقسیم بندی می‌گردد که در ذیل به آن‌ها اشاره شده است:

- آسانسورهای کششی با موتور گیربکس
- آسانسورهای کششی با موتور گیرلس (بدون گیربکس)
- آسانسورهای کششی روملس[‡] (بدون اتاق ماشین)
- آسانسورهای کششی با عملکرد (ولتاژ متغیر فرکانس متغیر)

[‡] roomless

آسانسور کششی با موتور گیربکس: همواره موتور در وسیله‌های الکتریکی و مکانیکی جزو تجهیزات اصلی و با اهمیت بوده است. در آسانسورهای کششی می‌توان از انواع مختلف موتورهای آسانسوری استفاده کرد. موتورهای گیربکس‌دار آسانسور از نسل‌های اولیه و قدیمی در صنعت آسانسور هستند. در موتور آسانسور گیربکس از چرخ دنده و دنده ماردون یا حلزونی استفاده شده است، به این صورت که هنگام حرکت دنده ماردون توسط سیم‌پیچ موتور دنده و فلکه موتور می‌چرخد. به همین دلیل این گونه موتورها دارای حجم بیشتری هستند و حتماً به روغن نیاز دارند. سرعت حرکت کابین در این نوع موتورهای آسانسور معمولاً ۱ میلی ثانیه می‌باشد. البته موتورهای گیربکس در سرعت‌های بالاتر تولید می‌شوند اما به دلیل عدم توجه اقتصادی و وجود موتورهای گیرلس استفاده نمی‌شوند. موتورهای گیربکس بالای چاه آسانسور و در موتورخانه روی دال بتنی نصب می‌گردند و نیروی محرکه تولید شده موجب چرخش گیربکس شده و آسانسور را در بین طبقات مختلف ساختمان جابجا می‌کند.



شکل (۱): اجزای تشکیل دهنده آسانسور نوع کششی

آسانسور کششی با موتور گیرلس[§]: امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی، بهره‌گیری از موتورهای گیرلسی بسیار مرسوم شده است. موتور آسانسور گیرلس همان‌طور که از نام آن‌ها پیدا است فاقد گیربکس هستند. موتورهای گیرلس آسانسور از مزیت‌های بسیار بالاتری نسبت به انواع گیربکس‌دار برخوردارند. در موتورهای گیرلس بدلیل عدم وجود گیربکس، به روغن نیاز نبوده و در نتیجه نسبت به موتورهای گیربکسی وزن و صدای کمتری دارند و همچنین راندمان و طول عمر، ابعاد و اندازه کوچکتر و سرعت حرکت کابین در موتورهای گیرلس از ۱ تا ۴ متر بر ثانیه با توجه نوع موتور موجود می‌باشد.

آسانسور کششی بدون موتورخانه: آسانسورهای روملس یا همان آسانسورهای MRL نسل جدیدی از آسانسورها محسوب می‌گردند. این آسانسورها با طراحی بسیار پیشرفته‌ای که دارند به موتورخانه نیازی ندارند. در آسانسورهای MRL یا بدون موتورخانه، موتور داخل چاه آسانسور و بالاترین قسمت چاه نصب می‌شود و تابلو فرمان آسانسور کنار درب بالاترین طبقه نصب می‌شود. طراحی و محاسبات این‌گونه آسانسورها بایستی بسیار دقیق و مناسب باشد تا قطعات و تجهیزات به طور صحیح و استاندارد جانمایی و نصب شوند.

آسانسورهای کششی با عملکرد ولتاژ و فرکانس متغیر^{} (VVVF):** آسانسورهای کششی با سیستم کنترل VF۳ مدت‌ها می‌باشد که وارد بازار این صنعت شده است. در این نوع سیستم‌ها از موتورهای آسانسور تک سرعت استفاده می‌شود و در صورت استفاده از موتورهای دو سرعت، از سرعت دور بالای موتور استفاده می‌شود. تابلو فرمان این آسانسورها مجهز به اینورتر (درايو) می‌باشد که اینورتر از طریق کنترل فرکانس ورودی موتور، سرعت حرکت آسانسور را مدیریت می‌کند. به این صورت که سرعت موتور در زمان استارت توسط اینورتر به آرامی بالا می‌رود و هنگام ایست کامل از سرعت موتور به آرامی کاسته می‌شود که این امر بدلیل افزایش کیفیت حرکت آسانسور موجب رفاه و آسایش کاربر می‌گردد و نفرات داخل کابین در طول مسیر آسانسور هیچ‌گونه تکانه یا لرزشی را احساس نمی‌کنند. در واقع در تابلوهای مجهز به اینورتر کاربر هنگام استارت و استپ آسانسور شوکی حس نمی‌کند. همچنین در این‌گونه سیستم‌ها مصرف برق، اصطلاح آسانسور، دمای کاری موتور و صدای آسانسور بسیار پایین‌تر خواهد بود. بنابراین حرکت این‌گونه آسانسورها یکنواخت و بسیار مطلوب است. در این نوع آسانسورها، به منظور راه‌اندازی و کنترل سرعت موتورهای الکتریکی به کار رفته جهت حرکت آسانسور، از راه‌اندازی و کنترل سرعت نرم استفاده می‌شود. به این صورت که جهت کنترل سرعت موتور همزمان ولتاژ و فرکانس کاهش و یا افزایش داده می‌شود، به گونه‌ای که نسبت ولتاژ به فرکانس که متناسب با شار مغناطیسی موتور می‌باشد ثابت بماند و موتور آرام‌تر کار کند. در شکل ۱ اجزای تشکیل دهنده آسانسور کششی آورده شده است.

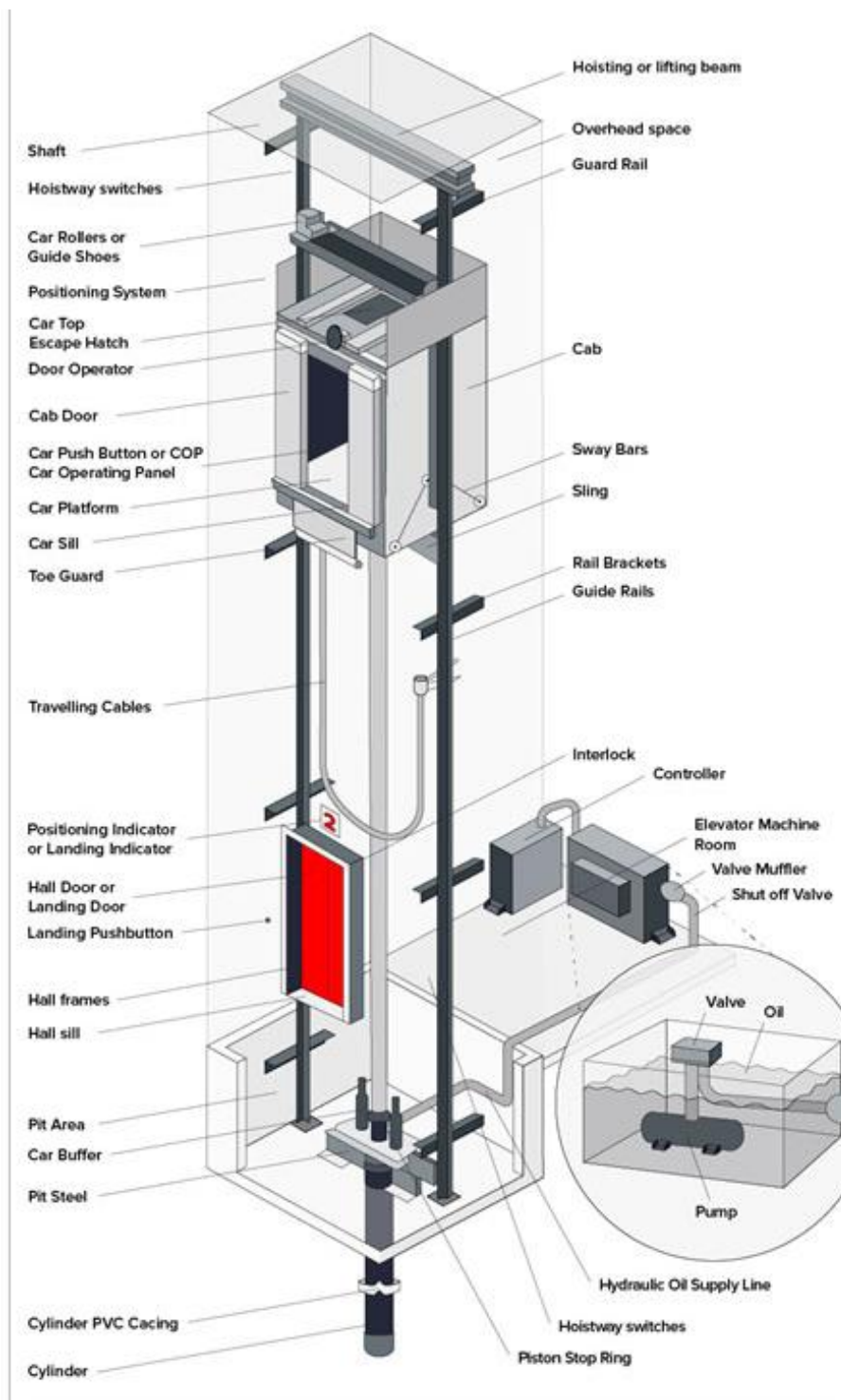
۲-۲- آسانسور هیدرولیکی

آسانسورهای هیدرولیکی یک سیستم بسیار امن، از مجموعه آسانسورها می‌باشند. در شکل ۲ اجزای تشکیل دهنده آسانسور هیدرولیکی آورده شده است. بطور کلی آسانسورهای کششی و هیدرولیکی از جمله آسانسورهای پرکاربرد می‌باشند و در این مقاله مدل قابلیت اطمینان این دو نوع آسانسور با در نظر گرفتن اثر خرابی اجزای تشکیل دهنده آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است تا بتوان شاخص‌های قابلیت اطمینان دسترس‌پذیری را بر این اساس محاسبه نمود.

معمولاً کمتر از این نوع آسانسورها کمتر در ساختمان‌های اداری و مسکونی استفاده می‌کنند. آسانسورهای هیدرولیکی به دلیل طراحی خاص، طول عمر مفید بالایی دارند. مکانیزم عملکرد آسانسورهای هیدرولیکی بدین گونه است که، موتورخانه در چاه آسانسور قرار دارد و با استفاده از پمپاژ روغن، به جک، کابین آسانسور بین طبقات جابجا می‌شود. آسانسورهای هیدرولیکی با توجه به شرایط جانمایی به دو صورت جک مستقیم و یا جک غیرمستقیم نصب و اجرا می‌شوند. سرعت حرکت کابین در این نوع آسانسورها معمولاً ۰/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. یکی از مزایای آسانسورهای هیدرولیکی حذف ریل وزنه و کادر وزنه تعادل می‌باشد که در نتیجه به فضای کمتری نیاز است. آسانسورهای هیدرولیکی معمولاً در کارخانه‌ها، آسانسورهای مخصوص حمل باربر، آسانسورهای جابجایی خودروبر و غیره که ظرفیت بین ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم دارند استفاده می‌گردند.

§ Gearless

** Variable voltage variable frequency



شکل (۲): اجزای تشکیل دهنده آسانسور هیدرولیکی

۲-۳- آسانسور پنوماتیک

آسانسورهای پنوماتیک^{††} یا خلاء در ساختمان‌هایی با طبقات کم استفاده می‌شوند مثلاً در ویلاها یا ساختمان‌های دو تا چهار طبقه در مدت زمان کوتاه قابلیت نصب و جانمایی دارند. حرکت این نوع آسانسورها به صورت مکش و دهش هوا می‌باشد هوا در داخل پیستون آسانسورهای پنوماتیک کاملاً وکیوم است و مشابه پیستون عمل می‌کند. به این طریق که با دهش یا فشار

^{††} Pneumatic lift

هوا، کابین آسانسور به سمت بالا رفته و با مکیدن یا مکش هوا کابین به سمت پایین حرکت می‌کند. این نوع آسانسورها را می‌توان با برق تک فاز راه‌اندازی نمود و در فضاهای کوچک بدون حفر چاهک یا موتورخانه جانمایی کرد. از دیگر مزایای این نوع از آسانسورها عدم استفاده از روغن و جابجایی آسان آن است. به این صورت که بدون هیچ‌گونه تخریب می‌توان آن را دемونتاز کرد و به مکان دیگری منتقل نمود و در محل دیگری مجدداً به سهولت نصب کرد. بدون شک در هنگام ذکر انواع آسانسور و سرعت آن‌ها، مدل هیبریدی جز نمونه‌های صدر جدول جای داده می‌شود. این مدل‌ها دارای مزایای خوب آسانسورهای هیدرولیکی و کششی می‌باشند و همچنین حداقل محدودیت‌ها نسبت به نمونه‌های پیشین را دارد، چرا که قادر به جابجایی مسافر و یا بار در ارتفاعاتی بسیار بیشتر از نمونه‌های هیدرولیکی هستند. مکانیسم عمل این آسانسورها به واسطه موتور و پیستون انجام می‌پذیرد و موتور به عنوان منبع اصلی توسط باتری، سوخت‌های احتراقی و یا برق فعالیت دارد. از آسانسور هیبریدی در ساخت و نصب آسانسورهای مسکونی و آسانسورهای سفارشی کارآمد در مصرف انرژی مانند آسانسورهای ویلچر خانگی استفاده می‌شود.

۲-۴- آسانسورهای مغناطیسی

این آسانسورها کاملاً توسط آهنربا کار می‌کنند، بدون کابل و قرقره بوده و تنها میدان مغناطیسی برای معلق نگه داشتن آسانسور استفاده می‌شود. این آسانسورها به زودی می‌توانند به واقعیت همگانی تبدیل شوند. بالابرهای مغناطیسی به جای اینکه به طناب‌ها و قرقره‌ها متصل شوند، از میدان‌های الکترومغناطیسی جهت حرکت به سمت بالا و در میان شفت و ریل‌ها استفاده می‌کنند. یک سیم‌پیچ مغناطیسی که در امتداد این شفت‌ها قرار دارد، آهنرباهای موجود در کابین آسانسور را دفع می‌کند و باعث می‌شود که درست بالای شفت‌ها معلق شود. شفت‌ها قابلیت چرخش را دارند و به آسانسورها اجازه می‌دهند به صورت افقی یا عمودی حرکت کنند؛ البته تاکنون اغلب آسانسورهای نوع مغناطیسی به صورت افقی یا شیب‌دار قابلیت طراحی بهینه دارند. برخلاف آسانسورهای کششی با سیم بکسل سنتی که در آن تنها یک آسانسور می‌تواند از یک مسیر استفاده کند، آسانسورهای مغناطیسی متعدد می‌توانند از همان مسیر استفاده کنند. این کابین‌ها سپس می‌توانند بر روی یک حلقه در اطراف یک ساختمان، تا حدودی مانند یک سیستم مترو، کار کنند. فناوری مغناطیسی به آسانسورها اجازه می‌دهد تا آزادانه در یک محور حرکت کنند، به این معنی که آن‌ها بسیار انعطاف‌پذیرتر از آسانسورهای کششی و هیدرولیک هستند. یک نرم-افزار برای کنترل حرکت این آسانسورها، با مسیرهای برنامه‌ریزی شده برای هر یک از کابین‌ها برای بهینه‌سازی سطح ترافیک و مدت زمان استفاده خواهد شد.

۲-۵- آسانسورهای پیچی

این آسانسورها برای ساختمان‌های مسکونی دو تا چهار طبقه بکار می‌رود. این آسانسورها با عنوان آسانسور بدون سقوط نیز شناخته می‌شوند چراکه امنیت بالایی دارند. آن‌ها برای حرکت از پیچ، مهره و تسمه استفاده می‌کنند و در صورتی که تسمه پاره شود آسانسور از کار می‌افتد و خطر سقوط ندارد. آن‌ها را می‌توان با ظرفیت‌های حمل مختلف در نظر گرفت. همچنین نیاز به فضای موتورخانه نیز ندارند. در کل خطرات آسانسورهای پیچی کمتر از بقیه آسانسورهاست.

۲-۶- آسانسور پانوراما

آسانسورهای پانوراما^{##} با شیشه احاطه شده‌اند و منظره دلپذیری را در اختیار کاربران خود قرار می‌دهند. به همین دلیل، آسانسور از نظر بصری ظاهر زیبایی دارد. شیشه‌های آسانسور پانوراما نباید در هنگام شکستن خورد شود تا ایمنی کاربران حفظ شود و به همین جهت از شیشه‌های لمینت شده و سکوریت شده استفاده می‌کنند. این واقعیت که افرادی که از آسانسور استفاده می‌کنند می‌توانند بیرون کابین را در حین حرکت ببینند، احساس آرامش بیشتری نسبت به آسانسورهای بسته ایجاد می‌کند.

۲-۷- آسانسور بیمارستانی

آسانسورهای بیمارستانی مجموعه آسانسورهایی هستند که در بیمارستان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و دارای انواع مختلفی می‌باشند:

- آسانسور تخت‌بر: آسانسورهای تخت‌بر یا حمل تخت بیماران در بیمارستان برای بیمارانی نصب و راه‌اندازی می‌گردد که قادر به نشستن بر روی ویلچر نمی‌باشند. از دیگر ویژگی‌های این آسانسور می‌توان به، داشتن درب در دو طرف کابین آسانسور و سیستم حرکت بسیار نرم و بدون تکان اشاره کرد. این آسانسورها بدلیل حجم و ابعاد بزرگ کابین باید دارای ظرفیت و قدرت بالایی باشند تا در صورت نیاز تخت و تجهیزات درمانی بیمار و کادر پزشکی را به سهولت بتوانند جابجا کنند. آسانسورهای تخت بر باید دارای الزامات زیر باشند: حداقل ابعاد کابین ۱۴۰۰ در ۲۴۰۰ میلیمتر باشد. حداقل عرض بازشو درب کابین ۱۳۰۰ میلیمتر و ارتفاع بازشو درب کابین ۲۱۰۰ میلیمتر باشد. مجهز به سیستم VF۳، دکمه باز ماندن درب کابین، سیستم نجات اضطراری، سیستم تراز مجدد طبقه و کلید مخصوصی که آسانسور را در اختیار افراد آموزش دیده و مجاز قرار دهد.
- آسانسور برانکاردبر: آسانسورهای برانکاردبر یا حمل بیمار همانگونه که از نام آن‌ها پیداست در مراکز درمانی و بیمارستان‌ها نصب می‌گردند، تا از طریق این آسانسورها بتوانند بیمارانی که نمی‌توان آن‌ها را از روی برانکارد تکان داد در بین طبقات جابجا کرد. این آسانسورها دارای ظرفیت و تحمل وزن بالایی باشند تا در مواقعی که بیمار به همراه کادر پزشکی و یا همراهانش در کابین آسانسور قرار می‌گیرند، دچار مشکل نشوند. آسانسورهای برانکارد بر باید دارای الزامات زیر باشند: حداقل ابعاد کابین ۱۱۰۰ در ۲۱۰۰ میلیمتر باشد. حداقل عرض بازشو درب کابین ۹۰۰ میلیمتر و ارتفاع بازشو درب کابین ۲۰۰۰ میلیمتر باشد. مجهز به سیستم VF۳، دکمه باز ماندن درب کابین، سیستم نجات اضطراری، سیستم تراز مجدد طبقه و کلید مخصوصی که آسانسور را در اختیار افراد آموزش دیده و مجاز قرار دهد.
- آسانسور ویلچربر: آسانسورهایی هستند که قابلیت حمل صندلی چرخ‌دار یا ویلچر را دارند. این نوع آسانسورها به دلیل ابعاد کوچک‌تر رایج‌ترین نوع آسانسورها هستند. آسانسورهای ویلچر بر باید دارای الزامات زیر باشند: حداقل ابعاد کابین ۱۱۰۰ در ۱۴۰۰ میلیمتر باشد. حداقل عرض بازشو درب کابین ۸۰۰ میلیمتر و ارتفاع بازشو درب کابین ۱۸۰۰ میلیمتر باشد. مجهز به سیستم VF۳، دکمه باز ماندن درب کابین، سیستم نجات اضطراری، سیستم تراز مجدد طبقه باشند.

۲-۸- آسانسورهای خودروبر

در دنیای امروز و با این حجم از خودرو که در سطح هر شهر وجود دارد، رفته رفته جای پارک ماشین‌ها نیز تبدیل به یک معضل در جهان خواهد شد. به همین علت این نیاز برای صاحبان املاک و پیمانکاران ساخت احساس می‌شود تا از پارکینگ‌های چند طبقه به کمک آسانسورهای خودرو بر بهره بگیرند. آسانسورهای خودرو بر با توجه به شرایط مکانی و ظرفیت بار در دو نوع کششی و هیدرولیک نصب می‌شوند.

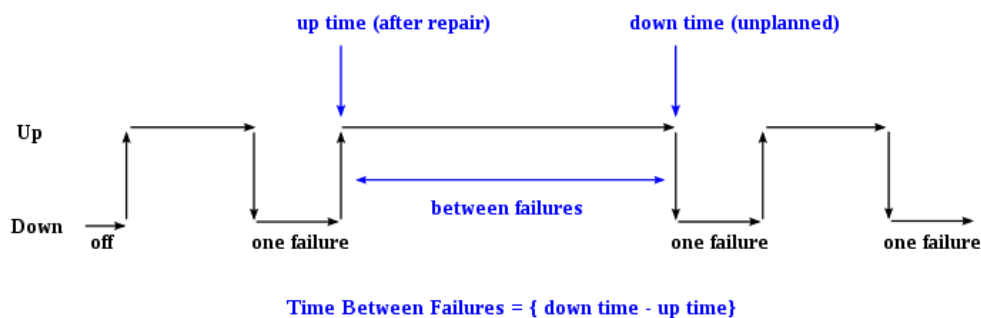
۳- قابلیت اطمینان آسانسور

در سیستم‌های مهندسی، قابلیت اطمینان^{۸۸} به معنای توانایی سیستم در عملکرد صحیح یک تجهیز می‌باشد. بنابراین در صورتی که تجهیز خراب شود قابلیت اطمینان آن کاهش پیدا می‌کند. در شکل ۳ یک تجهیز در دو حالت سالم (up) و خراب (down) در نظر گرفته شده است. همانگونه که در این شکل مشخص است یک تجهیز برای مدت زمانی سالم بوده تا اینکه یک

خرابی در آن اتفاق می‌افتد. به زمان سالم ماندن تجهیز تا بروز خرابی، متوسط زمان تا خرابی (mean time to failure) گفته می‌شود. بعد از اینکه تجهیز خراب شد مدت زمانی طول می‌کشد تا تجهیز تعمیر شود. به مدت زمان خراب ماندن تجهیز، متوسط زمان تعمیر (mean time to repair) گفته می‌شود. البته ممکن است یک تجهیز در طول مدت زمان مورد مطالعه چندین بار خراب شود و در هر بار خراب شدن مدت زمان تا خرابی و مدت زمان تعمیر یکسان نباشد، اما می‌توان در طول مدت زمان مورد نظر از زمان‌ها مقدار متوسط گرفت و متوسط مدت زمان تا خرابی و متوسط مدت زمان تا تعمیر را محاسبه نمود. یک زمان دیگر در شکل مشخص است که زمان بین دو خرابی است و متوسط زمان بین دو خرابی نام دارد. این مدت زمان از جمع متوسط زمان تا خرابی به علاوه متوسط زمان تعمیر به دست می‌آید. نرخ خرابی یک تجهیز (λ) در طول مدت زمان مورد مطالعه از تقسیم زمان مورد مطالعه بر متوسط زمان تا خرابی به دست می‌آید. همچنین نرخ تعمیر (μ) یک تجهیز نیز از تقسیم مدت زمان مورد مطالعه بر متوسط زمان تعمیر به دست می‌آید [16].

$$\lambda = (\text{total study time}) / (\text{mean time to failure}) \quad (1)$$

$$\mu = (\text{total study time}) / (\text{mean time to repair}) \quad (2)$$



شکل (۳): زمان‌های خرابی و تعمیر تجهیزات

دسترس پذیری یک تجهیز که همان احتمال سالم بودن آن است از رابطه (۳) به دست آورده می‌شود. احتمال خراب بودن تجهیز نیز از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد:

$$A = \mu / (\mu + \lambda) \quad (3)$$

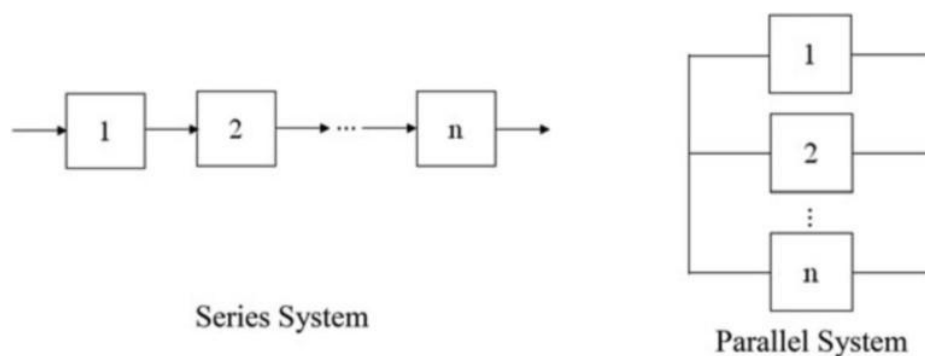
$$U = \lambda / (\mu + \lambda) \quad (4)$$

بنابراین در مطالعات قابلیت اطمینان آسانسور پارامترهای قابلیت اطمینان تجهیزات تشکیل دهنده آسانسور به صورت آورده شده در زیر باید جمع‌آوری گردد.

جدول (۱): پارامترهای قابلیت اطمینان آسانسور

واحد	معادل انگلیسی	پارامترها
تعداد خرابی در سال	Average failure rate	متوسط نرخ خرابی
تعداد تعمیر در سال	Average repair rate	متوسط نرخ تعمیر
ساعت	Mean time to failure	متوسط زمان تا خرابی
ساعت	Mean time to repair	متوسط زمان تعمیر
بدون واحد	Availability	دسترس پذیری
بدون واحد	Unavailability	دسترس ناپذیری

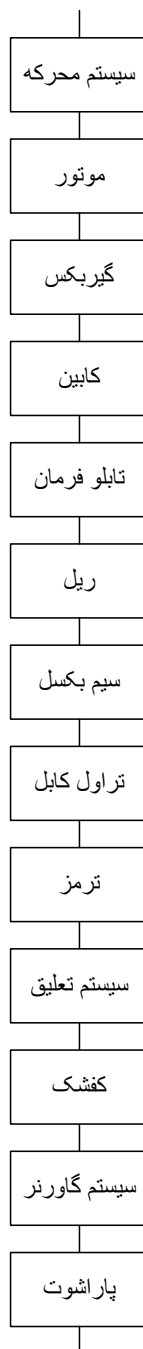
در صورتی که یک سیستم از تعدادی اجزا تشکیل شده باشد باید تاثیر خرابی اجزای تشکیل دهنده بر خرابی کل سیستم بررسی گردد و مدل قابلیت اطمینان سیستم به دست آید. بر همین اساس لازم است ابتدا سیستم مورد مطالعه بطور کامل مورد بررسی قرار گیرد و شناخت کلی از چگونگی عملکرد سیستم، اجزای تشکیل دهنده و تاثیر هر کدام از اجزا بر عملکرد کل سیستم مشخص شود. در این صورت است که می توان تاثیر خرابی اجزای مختلف سیستم بر خرابی کل سیستم را مشخص نمود. در صورتی که خرابی اجزای سیستم منجر به خرابی کل سیستم شود گفته می شود که این اجزا با هم سری هستند. به عنوان نمونه در یک آسانسور که از موتور و درایو موتور و ... تشکیل شده است در صورتی که موتور یا درایو موتور خراب شوند عملکرد کل آسانسور با مشکل روبه رو شده و آسانسور متوقف می شود. بنابراین این اجزا در مدل قابلیت اطمینان آسانسور با هم سری هستند. در صورتی که خرابی اجزا منجر به خرابی کل سیستم نگردد و تنها به اندازه ظرفیت آن تجهیز از ظرفیت سیستم کاسته شود آن تجهیز به صورت موازی قرار گرفته است. به عنوان نمونه زمانی که ۲ آسانسور در کنار هم باشند زمانی که یکی از آسانسورها خراب شود ظرفیتی که می توان جابجا نمود کاهش می یابد، اما باز به اندازه ظرفیت سالم می توان افراد را جابجا نمود. بنابراین این دو آسانسور با هم موازی هستند. در شکل ۴ یک سیستم با اجزای سری و یک سیستم با اجزای موازی نشان داده شده است.



شکل (۴): سیستم با اجزای سری و موازی

در یک سیستم که از تعدادی تجهیز تشکیل شده است و از نظر قابلیت اطمینان این تجهیزات با هم سری هستند، نرخ خرابی معادل برابر با مجموع نرخ خرابی هر کدام از اجزای تشکیل دهنده می باشد. احتمال سالم بودن یا دسترس پذیری (A) در یک تجهیز از تقسیم نرخ تعمیر بر مجموع نرخ خرابی و نرخ تعمیر به دست می آید. در یک سیستم که اجزای تشکیل دهنده آن با هم سری هستند دسترس پذیری معادل از حاصل ضرب دسترس پذیری های تجهیزات در هم محاسبه می گردد. در این بخش از مقاله، مدل قابلیت اطمینان مربوط به آسانسورهای کششی و هیدرولیکی به عنوان دو نوع از آسانسورهای پرکاربرد به دست آورده می شود. در ادامه اجزای اساسی این آسانسورها که خرابی و آسیب دیدگی هر کدام باعث خرابی کل آسانسور می گردد مورد مطالعه قرار می گیرد: سیستم محرکه دربرگیرنده موتور آسانسور است که می تواند از نوع موتور گیرلس و گیربکسی باشد. کابین، محلی است که بار یا مسافر در آن قرار می گیرد و جابجا می شود. تابلو فرمان که در موتورخانه قرار می گیرد با عنوان پنل کنترل نیز شناخته می شود و کار آن کنترل عملکرد آسانسور است. با استفاده از آن، ارتباط اجزای مختلف برقرار شده و درستی عملکرد آن ها بررسی می شود. ریل، محور حرکت و هدایت کابین و هدایت وزنه تعادل است. ریل ها باید آن قدر قوی باشند که بتوانند وزن کابین، اضافه بار، فشار ترمز و سایر فشارهایی که به آن ها وارد می شود را تحمل کنند. ریل ها مانع بروز نوسان در حرکت کابین می شوند. معمولاً سیم بکسل آسانسور از جنس رشته های فولادی است که موجب انتقال و حرکت کابین و وزنه تعادلی به بالا و پایین می شود. قطر و تعداد سیم بکسل ها با توجه به سنگینی باری که آسانسور تحمل می کند تعیین می شود. تراول کابل به تابلو فرمان متصل می شود و وظیفه انتقال دستورات آسانسور را به اجزای آن به عهده دارد و در ساختار آن از نخ نایلونی استفاده می شود. ترمز از سیم پیچ، هسته، لنت و بازو تشکیل شده و محل آن روی موتور است تا حرکت آن و در نتیجه بالا و پایین رفتن کابین را کنترل کند. در صورت قطع برق نیز سیستم ترمز به صورت خودکار وارد عمل می شود. سیستم تعلیق بالای چارچوب آسانسور است و باعث تعلق شدن وزنه های تعادلی می شود که به سیم بکسل متصل هستند.

کفشک به شاسی متصل می‌شود و تعادل بین وزنه و کابین را ایجاد می‌کند. کفشک‌ها دو نوع غلتکی و لغزشی دارند. سیستم گاورنر نوعی سیستم امنیتی است که وقتی سرعت آسانسور از حد خاصی بالاتر رود برای نگه داشتن سیم بکسل اقدام می‌کند. پاراشوت نیز جز اجزای ایمنی آسانسور است. معمولاً در آسانسورهای ساختمان‌های مسکونی از پاراشوت استفاده می‌شود.



شکل (۵): مدل قابلیت اطمینان آسانسور

با توجه به اینکه خرابی هر کدام از این اجزا سبب خرابی کل آسانسور می‌گردد این اجزا در مدل قابلیت اطمینان آسانسور با هم سری هستند. در شکل ۵ مدل قابلیت اطمینان آسانسور با در نظر گرفتن اثر خرابی اجزای اساسی نشان داده شده است. در مدل قابلیت اطمینان آسانسور، اجزایی که خرابی آن‌ها الزاماً به خرابی و یا توقف آسانسور نمی‌انجامد آورده نشده‌اند. به عنوان نمونه سیستم ریویزیون بیشتر در زمان تعمیر آسانسور به کار می‌آید و عملکرد آن مربوط به زمانی است که شستی‌ها کار نمی‌کنند و نیاز است که کابین در جهت بالا یا پایین حرکت کند. این دستگاه باعث حرکت کم‌سرعت آسانسور می‌شود تا

تعمیرکار بتواند کار تعمیر را انجام دهد. بنابراین این تجهیز در مدل قابلیت اطمینان آسانسور آورده نشده است. همچنین در صورت خراب شدن فن و یا سیستم روشنایی کابین آسانسور، باز حرکت آسانسور متوقف نمی‌شود و بنابراین این تجهیزات نیز در مدل قابلیت اطمینان آسانسور آورده نشده‌اند؛ زیرا خرابی آن‌ها تنها از سطح رفاه مسافران می‌کاهد و منجر به خرابی و یا توقف آسانسور نمی‌گردد.

۴- نتایج شبیه‌سازی

در این بخش مدل قابلیت اطمینان یک آسانسور به دست آورده می‌شود. پارامترهای قابلیت اطمینان تجهیزات تشکیل دهنده آسانسور در جدول ۲ نشان داده شده است. در این جدول نرخ خرابی و متوسط زمان تعمیر تجهیزات مختلف آورده شده است. با توجه به مدل قابلیت اطمینان آسانسور که در بخش قبل به دست آورده شد نرخ خرابی معادل، نرخ تعمیر معادل و همچنین دسترس پذیری معادل آسانسور به دست آورده شده است. با توجه به اینکه این تجهیزات در مدل قابلیت اطمینان آسانسور با هم سری هستند، نرخ خرابی معادل آسانسور از جمع نرخ خرابی این تجهیزات به دست می‌آید. همچنین دسترس پذیری آسانسور، برابر با حاصل ضرب دسترس پذیری این تجهیزات می‌باشد. با داشتن دسترس پذیری و نرخ خرابی معادل آسانسور می‌توان نرخ تعمیر معادل آسانسور را نیز به دست آورد. در جدول ۳ پارامترهای قابلیت اطمینان معادل آسانسور آورده شده است. به همین صورت می‌توان با داشتن پارامترهای قابلیت اطمینان انواع مختلف آسانسورها که شامل نرخ خرابی و نرخ تعمیر تجهیزات مختلف آن است، آسانسورهای مختلف را به لحاظ قابلیت اطمینان با هم مقایسه نمود. با توجه به اینکه اغلب پارامترهای قابلیت اطمینان آسانسورها در دسترس نمی‌باشد این مقایسه انجام نشده است. به عنوان ادامه این کار تحقیقاتی پیشنهاد می‌گردد این داده‌ها جمع‌آوری و قابلیت اطمینان انواع مختلف آسانسورها با هم مقایسه گردد.

جدول (۲): پارامترهای قابلیت اطمینان تجهیزات آسانسور

تجهیزات	نرخ خرابی (تعداد در سال)	متوسط زمان تعمیر (ساعت)
سیستم محرکه	۰/۲	۲۰
موتور آسانسور	۰/۴	۲۰
گیربکس در آسانسورهای نوع گیربکسی	۱	۲۰
کابین	۰/۲	۱۰
تابلو فرمان یا پنل کنترل	۰/۲	۲۰
ریل	۰/۴	۱۰
سیم بکسل آسانسور	۰/۲	۱۰
تراول کابل	۰/۲	۱۰
ترمز	۰/۵	۲۰
سیستم تعلیق	۰/۴	۲۰
کفشک	۰/۲	۱۰
سیستم گاورنر	۰/۴	۲۰
پاراشوت	۰/۴	۲۰

جدول (۳): پارامترهای قابلیت اطمینان معادل آسانسور

نرخ خرابی معادل آسانسور (تعداد در سال)	نرخ تعمیر معادل آسانسور (تعداد در سال)	دسترس پذیری معادل آسانسور
۴/۷	۵۰۲	۰/۹۹۴۶۵

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله ارزیابی قابلیت اطمینان آسانسور انجام پذیرفت. با توجه به اینکه امروزه قابلیت اطمینان آسانسورها به منظور حفظ جان افراد داخل آسانسور و جلوگیری از اختلال در جابجایی افراد در طبقات ساختمان بسیار اهمیت دارد، این تحقیق به مطالعه قابلیت اطمینان آسانسورها پرداخته است. ابتدا انواع مختلف آسانسورها شامل آسانسورهای کششی، هیدرولیکی، پنوماتیکی، مغناطیسی، پانورما و پیچشی مورد بررسی قرار گرفت و اساس کار این آسانسورها شرح داده شد. سپس تجهیزات تشکیل دهنده این آسانسورها مورد مطالعه قرار گرفت. در ادامه اصول قابلیت اطمینان در سیستم‌های مهندسی شرح داده شد و مدل قابلیت اطمینان آسانسورها بر اساس تأثیری که خرابی اجزای تشکیل دهنده بر خرابی کل آسانسور دارند به دست آورده شد. در این مدل، تجهیزاتی که خرابی آن‌ها سبب خرابی کل آسانسور و متوقف شدن آن می‌شد به صورت سری قرار گرفت و پارامترهای قابلیت اطمینان این مدل بر اساس معادل روابط مربوط به یک سیستم با اجزای سری به دست آورده شد. در این مدل، نرخ خرابی معادل از مجموع نرخ خرابی تجهیزات تشکیل دهنده آسانسور و دسترس‌پذیری معادل نیز از حاصل ضرب دسترس‌پذیری اجزای تشکیل دهنده به دست آمد. شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزار متلب انجام شد و مدل قابلیت اطمینان یک آسانسور بر اساس پارامترهای قابلیت اطمینان اجزای آن به دست آورده شد.

۵- تشکر و قدردانی

نویسنده از آقای دکتر امیر قاضی، دانشیار مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد داریون به دلیل در اختیار قرار دادن داده‌های مورد نیاز شبیه‌سازی تشکر و قدردانی می‌نماید.

References

مراجع

- [1] J. Zhang et al., "Reliability evolution of elevators based on the rough set and the improved TOPSIS method", *Math. Probl. Eng.*, 2018.
- [2] S. N. A. Siti, A. S. Asmone, M. Y. L. Chew, "An assessment of maintainability of elevator system to improve facilities management knowledge-base", in *IOP Conf. Series: Earth Environ. Sci.*, vol. 117, no. 1, IOP Publishing, 2018.
- [3] H. Liu, J. Wu, "Research on preventive maintenance strategy of elevator equipment", *Open J. Social Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 165–174, 2018.
- [4] X. Pan, "The design and reliability analysis of elevator monitoring system based on the internet of things", *Int. J. Smart Home*, vol. 10, no. 12, pp. 183–192, 2016.
- [5] D. Niu et al., "Preventive maintenance period decision for elevator parts based on multi-objective optimization method", *J. Build. Eng.*, vol. 44, p. 102984, 2021.
- [6] S. Ekanayake et al., "FPGA Based elevator controller with improved reliability", in *2013 UKSim 15th Int. Conf. on Computer Modelling and Simulation*, 2013.
- [7] A. Bhatia, "Building elevator systems", Continuing Education and Development, Inc. [Online]. Available: <https://pdhonline.com/courses/m376/m376content.pdf>. Accessed on: Sep. 12, 2025.
- [8] O. M. Shete, A. A. Vitekar, A. N. Patil, "Design & control of an elevator control system using PLC", *Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. Control Eng.*, vol. 5, no. 4, pp. 142–146, 2017.
- [9] S. H. Sohn et al., "Reliability Assessment of Elevators Using Life Data of the Components", *J. Power Syst. Eng.*, vol. 14, no. 6, pp. 61–66, 2010.
- [10] D. Turhanlar, Y. He, G. Stone, "The use of lifts for emergency evacuation-a reliability study", *Procedia Eng.*, vol. 62, pp. 680–689, 2013.
- [11] S. Shevchuk, S. Zaichenko, "Securing reliability and justification of service life of electromechanical equipment for elevator group of a multi floor building", *AIP Conf. Proc.*, 2019.
- [12] A. Ghaedi, H. Gorginpour, "Reliability evaluation of permanent magnet synchronous generator-based wind turbines considering wind speed variations", *Wind Energy*, vol. 24, no. 11, pp. 1275–1293, 2021.
- [13] A. Ghaedi, R. Sedaghati, M. Mahmoudian, "Reliability modeling of different wave energy conversion technologies", *Elect. Eng.*, pp. 1–25, 2024.

-
- [14] A. Ghaedi, M. Mirzadeh, “The impact of tidal height variation on the reliability of barrage-type tidal power plants”, *Int. Trans. Electr. Energy Syst.*, vol. 30, no. 9, p. e12477, 2020.
- [15] K. Al-Kodmany, “Elevator technology improvements: A snapshot”, *Encyclopedia*, vol. 3, no. 2, pp. 530–548, 2023.
- [16] A. Birolini, *Reliability engineering*, vol. 5. Berlin: Springer, 2007.