مقاله

مروری بر خرابی‌های رایج و روش‌های عیب‌یـــابی در آســـانسورهای مســـافربر

مهشاد عطایی*
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک
دانشگاه علم و صنعت ایران
mahshad_ataei@mecheng.iust.ac.ir

محمد ریاحی
دانشیار دانشکدهٔ مهندسی مکانیک
دانشگاه علم و صنعت ایران
riahi@iust.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۰

چکیده

آسانسورها نقش مهمی در نقل و انتقال افراد و اشیاء در ساختمان‌ها دارند. از همین رو، شناخت انواع خرابی و روش‌های عیب‌یابی این تجهیزات در جای خود امری مهم و ضروری محسوب می‌شود. در این مقاله، انواع خرابی‌های رایج در آسانسورها، همچون خرابی سازوکار درب‌ها، ترمز، الکتروموتور، مدارهای ایمنی، تابلوی برق و جز این‌ها معرفی می‌شود. سپس روش‌های متنوع داده‌کاوی، همچون شبکه‌های عصبی و سیستم چندعامله که به‌منظور تشخیص عیوب گوناگون در آسانسورها مورد استفاده قرار می‌گیرند، بررسی می‌گردد. در ادامه، سیستم‌های نظارت و کنترل از راه دور، که امروزه در کانون توجه متخصصان قرار گرفته است و از جمله موارد کارآمد در عیب‌یابی آسانسورها می‌باشد، تشریح می‌گردد. روش‌های مذکور می‌توانند علاوه بر پیشگری از خرابی و از کار افتادگی آسانسورها، سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های نگه‌داری و تعمیرات این دسته از تجهیزات شوند و میزان دقت و کیفیت شناسایی خرابی‌ها را بهبود ببخشند.

واژگان کلیدی: آسانسور، نگه‌داری و تعمیرات، عیب‌یابی، داده‌کاوی، نظارت و کنترل از راه دور

۱. مقدمه

آسانسور وسیله‌ای است دائمی برای جابه‌جایی عمودی بین دو سطح توقف یا بیشتر [۱]. این تجهیزات نقش مهمی در ساختمان‌های مسکونی، هتل‌ها، مراکز خرید، ساختمان‌های اداری و دیگر ساختمان‌های مرتفع به‌عنوان وسائل حمل‌ونقل عمودی دارند. به‌همین دلیل لازم است وضعیت عملکرد و حالت‌های متنوع خرابی آنها به‌منظور مدیریت، نگه‌داری و تعمیرات و عملکرد ایمن تحت نظارت و بررسی قرار گیرد [۲]. معمولاً عملکرد آسانسورها با در نظر گرفتن عواملی چون ایمنی، کیفیت نقل‌وانتقال مسافر، سروصدا و ارتعاش، میزان مصرف انرژی، زمان باز و بسته‌شدن درب و

جز این‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۳]. هدف از تشخیص خرابی‌های گوناگون در آسانسورها، یافتن عیوب بالقوه، افزایش ایمنی و قابلیت اطمینان تجهیز، کاهش نرخ حوادث و افزایش عمر تجهیز است [۴]. در این مقاله، ابتدا انواع خرابی‌های مکانیکی و الکتریکی شایع در آسانسورهای مسافربر مرور و بررسی می‌شود. سپس روش‌های متنوع داده‌کاوی که به‌منظور تشخیص عیوب گوناگون در آسانسورها مورد استفاده قرار گرفته است، بازگو می‌شود. این روش‌ها شامل الگوریتم بستهٔ موجک و شبکه‌های عصبی، سیستم چندعامله[1]، همچنین سیستم‌های نظارت و کنترل از راه دور آسانسورها می‌باشد.

۲. انواع خرابی‌های رایج در آسانسورها

اساساً خرابی آسانسورها را می‌توان به دو دستهٔ مکانیکی و الکتریکی تقسیم کرد. در این بخش خرابی‌های مکانیکی و الکتریکی شایع در آسانسورهای مسافربر بررسی می‌شود. با توجه به آمارهای موجود بیش از ۸۰ درصد از خرابی‌ها و ۷۰ درصد سوانح آسانسورها مربوط به خرابی سیستم درب است. خرابی این سیستم معمولاً غیرقابل پیش‌بینی و نامعلوم است [۵] و به صورت خرابی سازوکار درب خارجی و داخلی آسانسور مطرح می‌شود.

۲-۱. خرابی سازوکار درب خارجی

از جمله خرابی‌های متداول در آسانسورها، خرابی درب خارجی است که به چند صورت ظاهر می‌شود؛ خرابی سیستم درب‌بسته‌کن آسانسور که با فنر یا زنجیر باعث می‌شود در حالت آزاد درب بسته بماند [۶]. یکی دیگر از خرابی‌ها ناشی از استفادهٔ زیاد است که سبب می‌شود درب آسانسور از تنظیم خارج شود. دلیل دیگر خرابی درب آسانسور، عدم نصب صحیح است و علت نهایی عدم چفت‌شدن درب بر اثر انبساط و انقباض ناشی از تغییر دماست. در نهایت، تمام این خرابی‌ها سبب می‌شود قفل درب بسته نشود و مدار ایمنی آسانسور باز بماند و آسانسور از کار بیافتد [۷].

۲-۲. خرابی سازوکار درب داخلی

در این حالت درب داخلی آسانسور بسته نمی‌شود. چون این سازوکار بخشی از سیستم ایمنی آسانسور محسوب می‌شود، در صورت وقوع این خرابی، آسانسور از کار می‌افتد. عوامل ایجادکنندهٔ این خرابی شامل استفادهٔ زیاد، تکیه‌دادن به درب و در نتیجه تغییر شکل آن، انبساط و انقباض ناشی از تغییر دما، خرابی قفل درب داخلی و نصب اشتباه درب می‌باشد [۶].

۲-۳. خرابی سازوکار قفل درب

این خرابی یکی از مهمترین و رایج‌ترین خرابی‌ها در آسانسور است. قفل درب آسانسور یکی از اجزای مهم سیستم ایمنی این تجهیز است و در صورت خرابی، آسانسور به‌طور کامل از کار می‌افتد. همچنین، اگر آسانسور در حال حرکت باشد و قفل درب یکی از طبقات به‌علت خرابی از مدار خارج شود، آسانسور در حال حرکت متوقف می‌شود. این خرابی می‌تواند دو پیامد داشته باشد: اولاً وقتی قفل درب آسانسور خراب شود، ممکن است فردی درب آسانسور را باز و به‌داخل چاهک سقوط کند. ثانیاً به‌علت توقف آسانسور در حال حرکت، ممکن است افرادی داخل کابین آسانسور باشند و با این اتفاق در آن محبوس شوند و حالت خفگی به آنها دست دهد. عواملی که سبب ایجاد این خرابی می‌شوند عبارت‌اند از [۶-۷]:

۱. نصب اشتباه قفل درب
۲. کثیفی پلاتین داخل قفل که مانع از عبور جریان شده و منجر به قطعی مدار می‌گردد و سبب بازماندن درب می‌شود.
۳. استفاده زیاد از آسانسور که سبب می‌شود درب آن از تنظیم خارج شود و سیستم خودکار درب از کار بیافتد و مانع شود که زبانه و سوراخ قفل روبروی هم قرار بگیرند تا درب بسته شود و در نتیجه آسانسور از کار می‌افتد.

۲-۴. خرابی سازوکار ترمز

حرکت نامطمئن ترمزها دلیل اصلی حوادثی چون لغزش آسانسور و برخورد با سقف است [۸]. همچنین عدم عملکرد ترمز ایمنی آسانسور در مواقع اضطراری دلیل اصلی سقوط کابین به انتهای چاهک است [۶]. کفشک ترمز آسانسورها نیز به‌دلیل کارکرد تحت بار زیاد ممکن است خراب شود و باعث شود آسانسور درست در طبقات نایستد؛ این مسئله سبب می‌شود اهرم پشتی قفل درب آسانسور نتواند قفل را باز کند [۷]. از جمله دیگر عواملی که سبب خرابی سیستم ترمز آسانسور می‌شود، فرسودگی یا سایش گاورنر می‌باشد.

۲-۵. خرابی سیم بکسل

ایمنی عملکرد آسانسور ایجاب می‌کند سیم بکسل در صورت خراب‌شدن تعویض شود. سیم بکسل مورد استفاده در آسانسور ممکن است در اثر استفاده زیاد ساییده و نهایتاً پاره شود. دلیل این خرابی مربوط به استفاده تحت بار زیاد، همچنین اتمام عمر سیم بکسل است که در این‌صورت سیستم ایمنی پاراشوت آسانسور وارد عمل شده و کابین را نگه می‌دارد [۷].

۲-۶. خرابی جعبه‌دنده

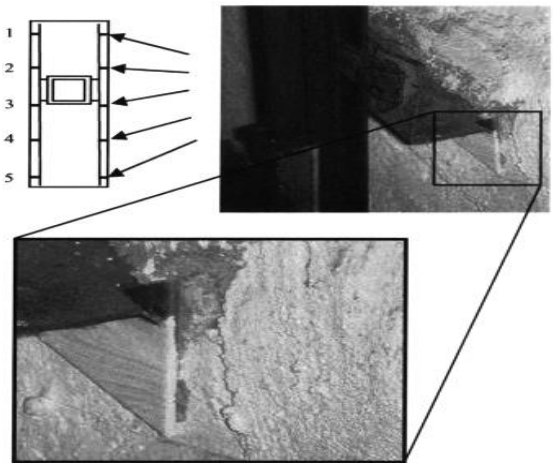
از دیگر خرابی‌های آسانسورها، خرابی جعبه‌دنده است که دلیل اصلی آن کارکرد تحت بار زیاد می‌باشد. در صورت خرابی این قسمت، کارکرد آسانسور با اشکال مواجه خواهد شد، اما به از کار افتادن آسانسور نمی‌انجامد [۶-۷].

۲-۷. خرابی الکتروموتور

از دیگر خرابی‌های آسانسورها، سوختن الکتروموتوری است که کابین را بالا و پایین می‌برد. علت این خرابی، به خراب‌شدن سیستم کنترل فاز (کنترل بار) آسانسور بازمی‌گردد. در صورت خراب‌شدن سیستم کنترل فاز، موتور از وضعیت سه فاز، به دو فاز تبدیل می‌شود و پس از مدتی به‌دلیل کارکرد تحت فشار می‌سوزد. سوختن موتور نیز سبب از کار افتادن آسانسور و توقف آن می‌گردد [۷]. از دیگر موارد خرابی الکتروموتور ارتعاش غیرعادی و نیز افزایش دمای آن می‌باشد [۳].

۲-۸. خرابی ریل‌های راهنما

آسانسور شامل کابینی برای حمل بار یا مسافر است که حداقل قسمتی از آن در داخل ریل‌های راهنمای صلب، که به‌صورت عمودی یا مورب با زاویه‌ای کمتر از ۱۵ درجه نسبت به محور قائم نصب شده، حرکت می‌کند [۱]. انقباض‌های حرارتی در ساختمان‌ها معمولاً منجر به ایجاد درز و شکاف به روی دیوارها می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱. گیرهٔ راهنمای آسانسور و تخریب دیوار [۹]

همچنین وقوع زمین‌لرزه نیز سبب ایجاد ترک‌هایی روی دیوارهای ساختمان می‌شوند. این حرکات جزیی دیوارها سبب ناهمترازی عمودی ریل‌های راهنما شده و انواع خرابی‌های مکانیکی را درپی خواهد داشت [۹]؛ خرابی‌هایی چون:

۱. حرکت ریل راهنمای جنبی، بدون تغییر فاصلهٔ بین ریل‌های راهنما: هنگام حرکت روبه بالا یا پایین، آسانسور نوسان می‌کند و از پهلو به لرزش می‌افتد. بنابراین این خرابی به آسانی قابل کشف است.

۲. افزایش فاصلهٔ بین ریل‌های راهنما: هر نوع حرکتی از جانب فرد داخل آسانسور، منجر به لرزش جانبی آسانسور می‌شود. لذا این نوع خرابی نیز به آسانی قابل کشف است.

۳. کاهش فاصلهٔ بین ریل‌های راهنما: این خرابی سبب افزایش اصطکاک ریل‌ها و فرسایش آنها و در نتیجه سنگین‌شدن بیش از حد کابل‌ها شده، میزان مصرف موتور را افزایش و ظرفیت باربری را کاهش می‌دهد. اگر آسانسور دارای سیستم بازرسی حداکثر بار باشد، آن را به‌راه می‌اندازد؛ در غیر این‌صورت، آسانسور از اضافه‌بار روی موتور جلوگیری کرده و در اواسط مسیر متوقف می‌شود. بدین‌ترتیب، افراد داخل آسانسور در آن محبوس می‌شوند. شایان ذکر است اگر کابل‌ها اضافه‌بار را متحمل نکنند و تمامی سیستم‌های حفاظتی آن‌طور که باید کار نکند، این نوع خرابی می‌تواند به یک فاجعه ختم شود. علاوه بر موارد فوق، ریل راهنما دچار خرابی‌های دیگری چون خوردگی و زنگ‌زدگی، خمش و ارتعاشات دوره‌ای نیز می‌گردد [۳].

۹-۲. خرابی مدارهای ایمنی

خرابی مدارهای ایمنی، بیشتر از طریق سوختن فیوزهای مختلف صورت می‌گیرد؛ بدین‌صورت که در زمان‌های پرمصرف برق و با نوسان زیاد ولتاژ و جریان، فیوزهای این قسمت دچار سوختگی می‌شود و در نتیجه منجر به از کار افتادن و توقف آسانسور می‌گردد [۷].

۱۰-۲. خرابی تابلو برق

تابلوی برق آسانسور مرکز کنترل این تجهیز است که از یک سیستم الکترونیکی تشکیل شده است. این سیستم در اثر تغییر دما، افزایش و کاهش ولتاژ و یا جریان برق [۷]، سایش کنتاکت[۲] و یا ذوب آن [۳]، دچار نقص در عملکرد خود می‌شود. همچنین در صورت وجود گردوخاک و عدم تهویهٔ مناسب ممکن است سیستم خراب شود. در صورت خرابی تابلو برق، کل آسانسور از کار می‌افتد [۷].

۱۱-۲. خرابی کلیدهای احضار

کلیدهای احضار بر اثر استفادهٔ مکرر خراب می‌شوند و دچار سایش، فرسودگی و همچنین عدم عملکرد صحیح می‌شوند، اما تأثیری در عملکرد آسانسور ندارند [۳، ۷]. در بخش بعد به روش‌هایی که تاکنون در کشف خرابی آسانسورها به‌کار رفته معرفی می‌شود.

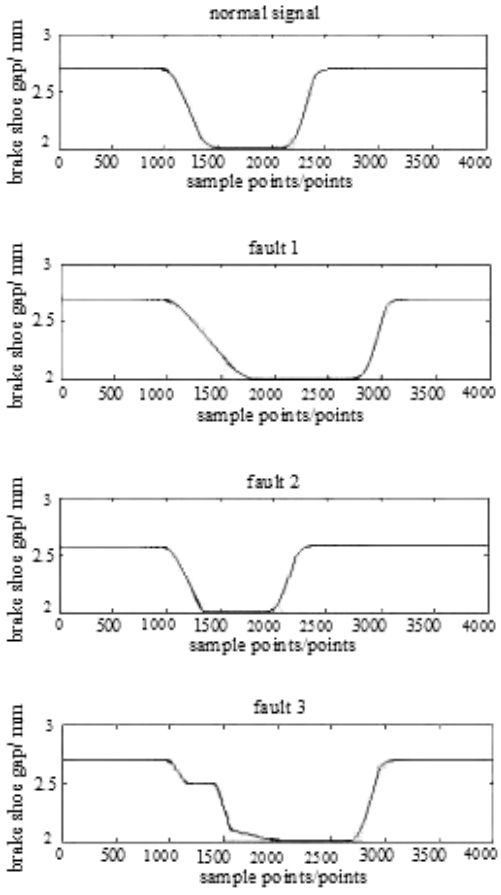
۳. روش‌های داده‌کاوی

در سال‌های اخیر، پژوهشگران زیادی از روش‌های مختلف داده‌کاوی همچون شبکه‌های عصبی، سیستم چندعامله و جز این‌ها و نیز روش‌های نظارت و کنترل از راه دور بهره گرفته‌اند تا به تشخیص عیب و رفع آن در تجهیزات بزرگ و پیچیده‌ای چون آسانسورها بپردازند. استفاده از الگوریتم بستهٔ موجک به‌عنوان یکی از روش‌هایی که در عیب‌یابی به‌کار می‌روند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. وقتی بستهٔ موجک سیگنال‌ها را تجزیه می‌کند، سیگنال‌ها را به رشته‌های فرکانسی مناسب تبدیل می‌کند. سیگنال‌های تجزیه‌شده به هر کدام از رشته‌ها انرژی معینی دارد، بنابراین انرژی سیگنال در رشته‌های فرکانسی مختلف می‌تواند به‌عنوان یک بردار ویژه برای نمایش وضعیت عملکرد تجهیز و ورودی شبکهٔ عصبی مورد استفاده قرار گیرد. در تجزیهٔ متعامد بستهٔ موجک، سیگنال‌ها در رشته‌های فرکانسی مختلف مستقل از یکدیگرند و با اصل بقای انرژی مطابقت دارند [۱۰]. بر همین اساس، پیلیانگ و همکاران، ابتدا در سال ۲۰۰۹ م، با استفاده از الگوریتم بستهٔ موجک و مدل چندبعدی شبکهٔ‌عصبی فازی B-spline[۳] به تشخیص سه نوع خرابی در سیستم ترمز آسانسور [۱۱] و در سال ۲۰۱۰ م با استفاده از الگوریتم بستهٔ موجک و شبکهٔ عصبی شعاع‌محور[۴]، که توسط الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات[۵] بهینه شده است، به عیب‌یابی دستگاه کشش آسانسور پرداختند [۱۰].

۱-۳. عیب‌یابی سیستم ترمز

در سیستم ترمز آسانسور، اگر فنر ترمز لق شده باشد (خرابی ۱، شکل ۲)، به‌هنگام ترمزکردن آسانسور کفشک و تسمهٔ ترمز به‌طور محکم روی چرخ ترمز فشرده نشده و گشتاور ترمزی کافی ایجاد نمی‌شود؛ لذا مدت زمان ترمز طولانی‌تر

خواهد شد. از طرفی، اگر فنرهای ترمز بسیار سفت باشند یا ولتاژ راه‌اندازی کافی نباشد (خرابی ۲، شکل ۲)، در هنگام ترمز، فنر بازوی ترمز به اندازهٔ کافی باز نشده و کفشک ترمز در مدت زمان کمتری روی چرخ ترمز فشرده شده و در نتیجه سایش شدید ترمز رخ خواهد داد و منجر به کاهش طول عمر کفشک ترمز خواهد شد. همچنین، در شرایط محیط مرطوب یا راه‌اندازی مجدد آسانسوری که برای مدتی متوقف بوده است، بخش‌های گوناگون سیستم ترمز ممکن است روغنکاری ضعیفی داشته و یا دچار زنگ‌زدگی شده باشند (خرابی ۳، شکل ۲).



شکل ۲. منحنی فاصله -زمان برای کفشک ترمز وقتی آسانسور ترمز می‌کند [۱۱]

حرکت کفشک ترمز در اثر چرخش ضعیف قطعات متصل متوقف می‌شود و در نتیجه بازوی ترمز به‌درستی عمل نمی‌کند و به وقوع حوادث منجر می‌شود [۱۱]. به‌منظور تشخیص هر کدام از خرابی‌های فوق، اگر B-spline با شبکه‌های عصبی فازی ترکیب شود، عملکرد سیستم و توانایی یادگیری و ادراک آن بهبود می‌یابد [۱۲] و می‌تواند به‌طور گسترده‌ای در پردازش تصویر، کنترل سیستم، تشخیص الگو و همچنین در عیب‌یابی با کارایی زیادی به‌کار رود [۱۳]. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که دقت شناسایی عیب و انواع آن هنگام به‌کارگیری روش عیب‌یابی مذکور بالاست و این روش می‌تواند برای پایش و تشخیص عیب در سیستم ترمز آسانسور مؤثر باشد.

۲-۳. عیب‌یابی سیستم کشش

براساس تحقیقات انجام‌شده، عیوب موتورهای القایی - که به‌عنوان ماشین کشش در سیستم آسانسور مورد استفاده قرار می‌گیرند - از جمله مهمترین عیوب‌اند [۱۴-۱۵]. به‌همین دلیل در سال ۲۰۱۰ م، اصلی‌ترین خرابی‌های دستگاه کشش و علل آن بررسی شدند و تشخیص خرابی‌های دستگاه کشش آسانسور با استفاده از الگوریتم بستهٔ موجک و شبکهٔ عصبی شعاع‌محور صورت گرفت [۱۰]. شبکهٔ عصبی شعاع‌محور قدیمی با کمبودهایی در استراتژی‌های خود مواجه است؛ این استراتژی‌ها تنها حل بهینه در فضای محلی را به‌منظور تعیین پارامترهای ساختار شبکه می‌یابند. در حال حاضر، به‌دست آوردن مقادیر بهینهٔ پارامترهای ساختاری شبکه در حالت نظری مشکل است [۱۰]. حال آنکه، الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات، که نخستین‌بار توسط کندی و ابرهارت[۶] در سال ۱۹۹۵ م ارائه شد [۱۶]، الگوریتم تکاملی جدید و پیشرفته‌ای است که مشابه با الگوریتم ژنتیک، از یک حل تصادفی شروع کرده و با تکرار حل، روش حل بهینه را می‌یابد. این امر از طریق ارزیابی کیفیت حل انجام می‌شود. این الگوریتم برای بهینه‌ساختن شبکهٔ عصبی دو جنبه دارد: نخست آموزش شبکه به‌منظور بهینه‌سازی وزن‌های بین لایه‌های شبکه؛ دوم بهینه‌سازی مکان‌شناسی شبکه که به‌جهت

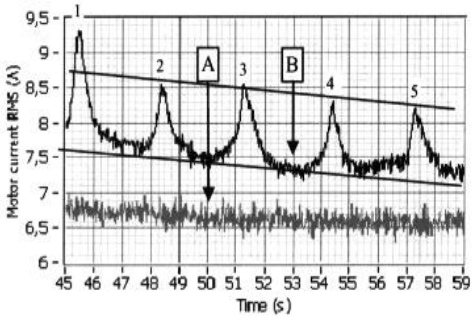
بهینه‌ساختن مراکز، عرض‌ها و وزن‌های شبکهٔ عصبی شعاع‌محور استفاده شده است. میزان صحت و دقت این روش در شناسایی هر یک از عیوب به بیش ۹۲/۵ درصد رسیده است و نتایج قابل توجهی را دربر دارد [۱۰].

جدول ۱. اصلی‌ترین خرابی‌های دستگاه کشش و علل آن [۱۰]

نقص	علت
۱	شفت حلزونی دندهٔ کشنده دچار فرسایش شده و خلاصی دنده افزایش یافته است
۲	شفت‌های کاهندهٔ حلزونی و موتور کشش ناهم‌محورند
۳	کشنده و پایهٔ ثابت تیر تحمل‌کنندهٔ بار از استحکام کافی برخوردار نیست
۴	چرخ قرقرهٔ کشش و اتاقک آسانسور در یک خط مستقیم قرار ندارند

۳-۳. تشخیص عیب در ریل‌های راهنما

عیوب مکانیکی در ریل‌های راهنما با استفاده از نظارت و کنترل از راه دور آسانسور نیز قابل تشخیص‌اند. این امر به‌وسیلهٔ آنالیز اثر جریان موتور به‌عنوان یک روش عیب‌شناسی محقق می‌شود؛ به‌صورتی‌که یک موتور القایی علاوه بر اینکه سیستم مکانیکی را می‌گرداند، به‌عنوان یک مبدل (ترانسفورماتور) دائمی و مؤثر (یا یک حسگر گشتاور بار) نیز عمل کرده و تغییرات کوچک گشتاور را، که در سیستم مکانیکی رخ داده است، می‌یابد و به‌همین دلیل می‌تواند به‌منظور تشخیص سفتی ریل‌های راهنما در برابر اتاقک آسانسور مورد استفاده قرار گیرد [۹]. سیگنال‌های جریان نیز می‌توانند در حوزهٔ زمان یا فرکانس آنالیز شوند؛ آنالیز سیگنال‌های جریان در حوزهٔ زمان قادر است سیستم‌ها را در حالت گذرا آنالیز و تحلیل کند؛ مانند عملکرد اولیه یا نهایی سیستم [۱۷]. عیب بار مکانیکی، که با افزایش اصطکاک در حرکت عمودی آسانسور ایجاد می‌شود، توسط موتور القایی به‌صورت تغییر گشتاور بار قابل مشاهده است. برای یافتن عیوب در این فرایند، روش بسیار دقیق مجذور میانگین ریشه[۷] به‌صورت شکل جریان موتور القایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با دانستن رفتار عادی این جریان، شناسایی الگوهای غیر قابل انتظار، تشخیص هرگونه سوء عمل مکانیکی و نیز موقعیت و شدت آن ممکن می‌شود [۹]. شکل ۳، که وقوع مقارن تداخلات جریان را در تمام گیره‌های ریل راهنمای آسانسور نشان می‌دهد، حاکی از آن است که اتصالات کشویی اتاقک آسانسور[۸] بایستی تنظیم گردد؛ همچنین گیرهٔ ریل راهنما (شمارهٔ ۱) نیاز به تنظیمات دارد. اگر فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های اتاقک آسانسور بیش از حد باشد، گشتاور نیرو هر بار که اتاقک آسانسور از میان مسیر باریک عبور می‌کند، افزایش می‌یابد (شکل ۳ نمودار B). اگر یک تکیه‌گاه ریل راهنمای آسانسور از بین رفته باشد یا اگر این تکیه‌گاه، ریل راهنمای آسانسور را به‌درستی نگه ندارد، سیگنال جریان مربوط به این تکیه‌گاه در منحنی جریان، کوچکتر خواهد بود و یا ممکن است ناپیدا باشد [۹].



شکل ۳. مصرف جریان موتور RMS وقتی آسانسور به‌سمت پایین حرکت می‌کند. منحنی A: آسانسور در شرایط سالم است و دو فرد را حمل می‌کند. منحنی B: در سیستم آسانسور یک عیب (کاهش فاصلهٔ بین ریل‌های راهنمای آسانسور) وجود دارد و آسانسور خالی از مسافر است [۹]

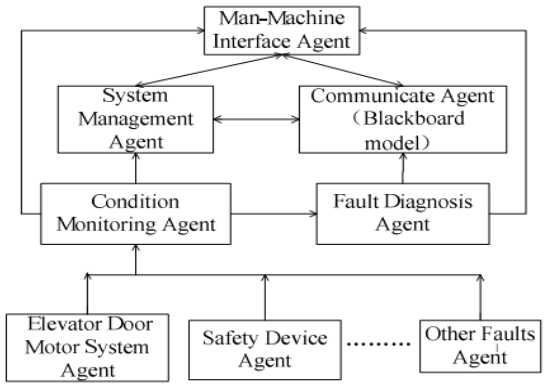
۴-۳. عیب‌یابی سیستم درب

خرابی سیستم درب آسانسور معمولاً غیر قابل پیش‌بینی و نامعلوم است. در نتیجه وجود یک سیستم عیب‌یابی دقیق، انعطاف‌پذیر و قابل اطمینان بسیار ضروری می‌نماید [۵]. یکی از مشکلات معمول درب آسانسور، تغییر شکل درب کابین است. در این حالت آسانسور هنوز می‌تواند به‌کار خود ادامه دهد، اما استفادهٔ پیوسته و مکرر از آن می‌تواند از کار افتادگی کل سیستم را به‌همراه داشته باشد. به‌منظور تشخیص خرابی درب آسانسور، یک سیستم رایانه‌ای برای نظارت عملکرد سیستم درب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تا وقتی عملکرد سیستم به مرز هشدار رسید و نیازمند سرویس بود، به کاربر هشدار دهد تا از کار افتادگی کامل آسانسور حادث نشود. این سیستم از دو قسمت تشکیل شده است [۱۸]:

۱. ماکروکامپیوتر پایشی در محل آسانسور[۹] که به‌طور پیوسته وضعیت جاری سیستم درب آسانسور را نظارت کرده و به‌طور همزمان به جمع‌آوری، ذخیره و تحلیل داده‌ها می‌پردازد تا عیوب مختلف درب‌های آسانسور را پیش‌بینی کند. این سیستم از قسمت‌های حسگر و جمع‌آوری داده، پردازش سیگنال، تحلیل داده و اعلام خطر و ارتباطات تشکیل شده است.

۲. سیستم پایشی خارجی که در مرکز کنترل آسانسور قرار دارد، یک رایانهٔ معمولی است که با مایکروکامپیوتر داخلی مرتبط است و با نرم‌افزاری برون خطی[۱۰] مجهز شده است. این نرم‌افزار از پنج قسمت دریافت پایگاه داده‌ها و اخطارها از مایکروکامپیوتر داخلی، بخش تعیین وضعیت درب آسانسور، بخش محاسبه و تعیین کیفیت کار آسانسور، بخش فراهم‌کردن اطلاعاتی مانند اطلاعات آماری عملکرد درب آسانسور، بخش گزارش هشدارها و ایجاد گزارش ماهانه از عملکرد درب آسانسور تشکیل شده است.

در پژوهشی دیگر در سال ۲۰۰۹ م، به‌هنگام طراحی یک سیستم چندعامله برای عیب‌یابی سیستم درب آسانسور[۱۱]، اجزای سیستم درب به‌عنوان عوامل قابل تشخیص مورد استفاده قرار گرفت و اطلاعات جمع‌آوری شده از این عوامل در پایگاه داده‌ها ذخیره و به هر یک از عوامل مرتبط در یک سیستم چندعامله انتقال داده شد [۵]. سیستم عیب‌یاب درب آسانسور که بر اساس فناوری چندعامله عمل می‌کند، در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴. ساختار سیستم عیب‌یاب درب آسانسور [۵]

یک سیستم چندعامله از اجزایی چون عامل مدیریت سیستم، عامل عیب‌یابی، عامل ارتباط‌دهندهٔ ماشین و انسان، عامل پایش وضعیت و عامل ارتباطات تشکیل شده است. در ابتدا عامل پایش وضعیت داده‌ها را بررسی و به عامل ارتباط‌دهندهٔ انسان و ماشین انتقال می‌دهد. به‌هنگام یافتن هرگونه عیب، درخواست تشخیص از طریق عامل ارتباط‌دهندهٔ انسان و ماشین داده می‌شود. در همین هنگام، عامل مدیریت عیب ایجادشده، ویژگی‌های آن و سایر پارامترهای دخیل را مشخص و به عامل هوشمند مربوطه انتقال می‌دهد. سپس عامل تشخیص عیب با کنکاش داده‌ها به نتیجه‌گیری نهایی رسیده و این نتیجه‌گیری را به‌صورت خروجی در اختیار عامل تخته سیاه قرار می‌دهد. اگر عامل تشخیص عیب قادر به حل مسئله نباشد، عامل مدیریت سیستم یک عامل تشخیص عیب دیگر را به‌کار گرفته و همچنین اطلاعات و نتایج عامل تشخیص عیب قبلی را از طریق عامل ارتباطات در اختیار این عامل جدید قرار می‌دهد. اگر بار دیگر این عامل جدید هم قادر به

تشخیص عیب نشد، این بار از یک انسان متخصص برای تشخیص عیب و گرفتن نتیجهٔ نهایی از طریق عامل ارتباط انسان و ماشین استفاده خواهد شد [۵].

۵-۳. طراحی سیستم نظارت از راه دور پایش خرابی

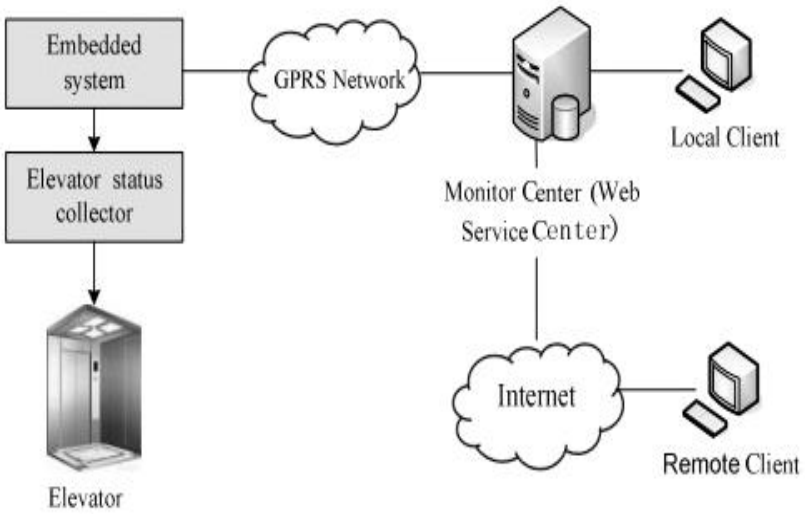
امروزه فناوری ارتباطات و رایانه سبب پیشرفت و بهبود سیستم‌های نظارت از راه دور به‌طریق ایجاد اتصال شبکه (اینترنت یا شبکهٔ بی‌سیم) بین آسانسور و مرکز نظارت متمرکز در ناحیهٔ دوردست شده است. این سیستم آمار خرابی‌ها و وضعیت کارکرد آسانسور را اطلاع می‌دهد [۱۹] و می‌تواند روی یک ساختمان و یا حتی یک شهر به‌منظور مدیریت عملکرد آسانسورها نصب شود. در شرایط خرابی آسانسور، سیستم نظارت می‌تواند از یکسو به‌موقع به کارکنان نت اطلاعرسانی کند و آنها را در تعمیر بلافاصلهٔ آسانسور یاری دهد تا مدت از کار افتادگی ناشی از آنالیز نوع خرابی کاهش یابد و از سوی دیگر، با به‌کارگیری عملیات اضطراری، مسافران محبوس‌شده را تسکین دهد تا از هرگونه واکنش غیرعادی آنها جلوگیری شود [۲].

برخی از پژوهشگران به طراحی و اجرای سیستم نظارت از راه دور آسانسور پرداخته‌اند. در یکی از این پژوهش‌ها، که در سال ۲۰۱۱ م انجام شد، طراحی و اجرای سیستم مذکور بر پایهٔ جی. پی. آر. اس.[۱۲] و فناوری تعبیه‌شده[۱۳] صورت گرفت (شکل ۵) که در آن، سیگنال‌های اطلاعاتی مربوط به وضعیت آسانسور از طریق رابط کنترلر به دستگاه تعبیه‌شده فرستاده می‌شود. سیستم تعبیه‌شده به آنالیز و پردازش سیگنال‌ها می‌پردازد و در صورت رخداد خرابی، داده‌های آسانسور به‌همراه پیامی کوتاه و اعلام هشدار (به‌صورت صدا و نور)، از طریق شبکهٔ جی. پی. آر. اس. به مرکز پردازش و ارتباطات داده‌ها از راه دور فرستاده می‌شود تا آنالیز بیشتری روی آن صورت گیرد. سپس داده‌ها در پایگاه دادهٔ مرکز سرویس و نظارت از راه دور ذخیره می‌شوند. نرم‌افزار نظارتی در واحد مرکز نظارت توسط C^{++} تقویت می‌شود؛ این نرم‌افزار وضعیت عملکرد آسانسور را در زمان واقعی به‌همراه تصاویر پویا و پارامترهای جاری نشان می‌دهد [۱۹]. سیستم نظارت از راه دور آسانسور بر پایهٔ جی. پی. آر. اس. و فناوری تعبیه‌شده، دارای ویژگی‌هایی چون قابلیت اطمینان زیاد، عملکرد در زمان واقعی، هزینه‌های کارکرد کم و جز این‌هاست. همچنین به‌کمک این روش وضعیت آسانسورهای سراسر جهان از طریق اینترنت قابل نظارت است [۱۹]. در تحقیق دیگری، یک سیستم نظارت از راه دور خرابی آسانسور، که براساس زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک عمل می‌کند، به‌کار گرفته شد. این سیستم قادر است راه‌حلی مناسب برای کشف خرابی، آنالیز و حذف آسانسور در حال کار مهیا کند. در این پژوهش، خرابی آسانسور طبقه‌بندی می‌شود، سیگنال‌های آسانسور (سیگنال انکودر دوار، سیگنال کلید برق درب، سیگنال احضار آسانسور و سیگنال انتخاب طبقه از داخل کابین) توسط ابزار جمع‌آوری سیگنال جمع می‌شود و MCU[۱۴] به‌عنوان مرکز پردازش مورد استفاده قرار می‌گیرد تا سیگنال‌های خرابی را پردازش کند. سپس نتایج از طریق به‌کارگیری فناوری ارتباط شبکه و نیز فناوری پایگاه داده به رابط نظارت خرابی آسانسور انتقال داده می‌شوند [۲].

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله انواع خرابی‌هایی که در آسانسورهای مسافربر رخ می‌دهند مرور و بررسی و روش‌های متنوع عیب‌یابی که تاکنون برای پایش خرابی‌ها در سیستم آسانسور به‌کار گرفته شده است، معرفی شد. نتایج این بررسی نشان داد که بخش‌های مکانیکی و الکتریکی آسانسور می‌تواند دچار خرابی‌های بالقوه‌ای شود که به از کار افتادگی کامل سیستم بیانجامد. لذا بهره‌مندی از روش‌های عیب‌یابی گوناگون می‌تواند از وقوع از کار افتادگی‌ها جلوگیری کند. استفاده از روش درخت تصمیم‌گیری اصلاح‌شده به‌عنوان یکی از روش‌های داده‌کاوی، که از مجموعهٔ حدسی استفاده می‌کند، مطلوب و برای کشف حوادث احتمالی مؤثر بوده و سبب صرفه‌جویی در هزینه و دستیابی به میزان دقت

طبقه‌بندی رضایت‌بخشی می‌شود. همچنین روش شبکه‌های عصبی به‌همراه الگوریتم بستهٔ موجک در شناسایی انواع عیوب از دقت بالایی برخوردار است و به‌کارگیری سیستم چندعامله می‌تواند سبب افزایش کیفیت تشخیص خرابی در سیستم شود. بهره‌گیری از سیستم‌های نظارت و کنترل از راه دور سبب کاهش هزینه‌های مربوط به بازرسی آسانسورها می‌شود؛ زیرا در این روش دیگر به حضور بازرسان جهت بازبینی‌های دوره‌ای نیازی نیست و تمامی این امور توسط سیستم‌های الکتریکی - رایانه‌ای انجام می‌شود. با استفاده از هر یک از روش‌های عیب‌یابی مذکور می‌توان خرابی‌های گوناگون در سیستم آسانسور و آثار ناشی از هر یک از این خرابی‌ها را تشخیص داد و با یک برنامهٔ بازرسی مدون در بازه‌های زمانی مشخص با این خرابی‌ها مقابله کرد.



شکل ۵. طرح معماری سیستم نظارت آسانسور از راه دور [۱۹]

۵. مآخذ

[1] Janovsky, Lubomir, *Elevator Mechanical Design*, 2nd edition, 1993.

[2] Yao, Zehua, Jianru Wan, Xiangwei Li, Liguang Shi, and Jianxiong Qian, "The Design of Elevator Failure Monitoring System." *Advances in Automation and Robotics*, Vol.1, Lecture Notes in Electrical Engineering, Volume 122, 2012, pp. 437-442.

[3] Park, Seung-Tae, Bo-Suk Yang. "An implementation of risk-based inspection for elevator maintenance." *Journal of Mechanical Science and Technology* Vol. 24, Issue 12, 2010, pp. 2367-2376.

[4] Zhao, Chen-Guang, Hong-Yu Xu, Liang Jia. "Research of Elevator Fault Diagnosis Based on Decision Tree and Rough set." *International Conference on Computer Science and Information Processing (CSIP)*, 2012, pp. 1318-1322.

[5] Guangming, Zhang, Huang Shuixia, Yuan Yuhao, "The Study of Elevator Fault Diagnosis Based on Multi –agent System." *Computational Intelligence and Software Engineering, CiSE*, 2009, pp. 1-5.

[۶] مسعود، کلانتری، "طراحی و ساخت سیستم عیب‌یاب آسانسورهای ساختمان به طریق پیش‌بینانه و بر اساس اصول مهندسی نگاهداشت و بازطراحی در آنالیز انواع خطا و تحلیل اثرات آن"، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۵.

[۷] کلانتری، مسعود، امیرحسین دوایی مرکزی، محمد ریاحی، "خرابی در آسانسورها: بررسی آماری و باز طراحی زیرسیستم‌های مستعد خرابی"، *دومین کنفرانس بین‌المللی و هشتمین کنفرانس ملی مهندسی ساخت و تولید*، تهران، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۶.

[8] Xuefeng, Wang, "The Main Faults and Causes of Elevator in the Operation." *Popular Standardization*, China, No. 6, 2003, pp. 20-21.

[9] Flores, A. Q., J. B. Carvalho, A. J. M. Cardoso, *Mechanical Fault Detection in an Elevator by Remote Monitoring*, Proceedings of the 2008 International Conference on Electrical Machines, PP. 1-5, 2008.

[10] He, Wuming, Wang Peiliang, Yu Qiangguo. "Fault Diagnosis of Traction Machine for Lifts Based on Wavelet packet algorithm and RBF Neural Network." *International Conference on Computational and Information Sciences*, 2010, pp. 372-375.

[11] Wang, Peiliang, Wuming He, Wenjun Yan, "Fault Diagnosis of Elevator Braking System Based on Wavelet packet algorithm and Fuzzy Neural Network." *The Ninth International Conference on Electronic Measurement & Instruments*, 2009, pp. 1028-1031.

[12] Shuang, Chong, Song Ruixiang. "Improved B-Spline Fuzzy Neural Networks." *Control Theory & Application*, China, No. 02, 2001, pp. 277-278.

[13] Wen, Xiaoqin, Zhiyi Sun, "Fault diagnosis approach based on fuzzy neural networks and its application." *The 2002 International Conference on Control and Automation*, Xiamen, China, 2002, pp. 217-218.

[14] Chan, W. L., A.T.P. So, S. K. Liu, "A cost effective remote monitoring and communication system for elevator system." *ELEVCON* 98, Zurich, Switzerland, 1998, pp. 1-6.

[15] Ye, Z., B. Wu, A. Sadeghian, "Current signature analysis of induction motor mechanical faults by wavelet packet decomposition." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 50, Issue 6, 2003, pp. 1217-1228.

[16] Kennedy, J., R. Eberhart, "Particle Swarm Optimization." *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*, Vol. 4, 1995, pp. 1942-1948.

[17] Pillay, P., Z. Xu, "Motor current signature analysis." *Conference Record of the 1996 industry Applications Conference*, Vol. 1, 1996, pp. 587-594.

[18] Ling, K. V., Y.C. Soh. "Development of an intelligent lift monitoring system for preemptive maintenance." *Control, Automation, Robotics and Vision Conference*, ICARCV 2004 8th, Vol. 1, 2004, pp. 491-493.

[19] Dawei, E., Zhai “The design and implementation of remote elevator monitoring system based on GPRS and embedded technology.” *Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 2695-2698.

پی‌نوشت

1. Multi Agent System
2. Contact
3. Basic spline function
4. Radial Basis Function neural network
5. Particle Swarm Optimization
6. Kennedy & Eberhart
7. Root Mean Square
8. Cabin sliding fittings
9. On-site microcomputer-based monitoring apparatus
10. Off-line software
11. Elevator Door System
12. General Packet Radio Service
13. Xiamen Municipal Science and Technology Program
14. Mono-Chip Computer