

مهندسی لجستیک در ایجاد و مدیریت سیستم

کلیه تهیه و تدوین: گروه کارشناسی کمیته لجستیک جامع

چکیده

لجستیک که باید بیشترین انعطاف را در پشتیبانی نیازمندی‌های مصرف‌کنندگان و پشتیبانی شونده‌ها داشته باشد، خود نیز در تقابل با تغییرات محیطی باید دارای انعطاف مضاعفی باشد. برای ایجاد انعطاف در مأموریت، ساختار و عملیات لجستیک می‌بایستی مهندسان لجستیک به ابزارهای متنوع و پیشرفته نیز مسلط باشند. آنچه که امروزه موفقیت در سیستم‌های لجستیکی را به همراه دارد، صرفاً استفاده از ابزارها و روش‌های کلاسیک مهندسی لجستیک نیست، بلکه طیف وسیعی از دانش روز بشری از ریاضیات پیشرفته گرفته تا سیستم‌های فازی، هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی و سیستم‌های اطلاعاتی است.

در این مقاله سعی می‌شود تا با مرور مفاهیم کلاسیک مهندسی لجستیک، دیدگاه‌های جدید نیز مورد بررسی قرار گیرد.

۱- مقدمه

عمل نیز همواره با استفاده از روش‌های علمی مناسب به تجزیه و تحلیل آن پردازند.

طراحی علمی یک سیستم، یعنی اطمینان از عملکرد و کارایی سیستم، تا هر زمانی که سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آنچه که مسلم است، نمی‌توان ادعا کرد که همه سیستم‌های لجستیک دارای ساختار و مأموریت یکسانی هستند و از یک طراحی و تحلیل واحدی برخوردارند، بلکه هر سیستم لجستیک برای خود یک ساختاری دارد که عملکرد و کارایی آن نیازمند مطالعه، تحقیق، طراحی علمی و تحلیل‌های خاص است.

اگر لجستیک به عنوان یک سیستم، مورد مطالعه قرار گیرد، آنچه که اطمینان از عملکرد و کارایی سیستم لجستیک را ایجاد می‌کند طراحی دقیق و مناسب، قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری، قابلیت پشتیبانی و عوامل انسانی است.

لازمه تحلیل مناسب یک سیستم لجستیک، در اختیار داشتن حجم عظیمی از اطلاعات گذشته است. عدم وجود اطلاعات کافی و عدم قطعیت در اطلاعات موجود، موجب شده است که ابزار علمی جدیدی در

طراحی و توسعه سیستم‌ها با فرآیندهای مهندسی سیستم امکان‌پذیر است و این امر با توسل به ابزار علمی و تحلیلی مربوط به علم سیستم‌ها صورت می‌پذیرد. طراحی علمی یک سیستم، یعنی اطمینان از عملکرد و کارایی سیستم، تا هر زمانی که سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر لجستیک به عنوان یک سیستم، مورد مطالعه قرار گیرد، آنچه که اطمینان از عملکرد و کارایی سیستم لجستیک را ایجاد می‌کند طراحی دقیق و مناسب، قابلیت اطمینان^۱، قابلیت نگهداری^۲، قابلیت پشتیبانی^۳ و عوامل انسانی^۴ است. سیستم لجستیک ابتدا در محیط‌های نظامی توسعه داده شد و به تدریج بنگاه‌های اقتصادی و تولیدی از این مفهوم بهره‌مند شدند. در سال‌های اخیر که دنیا با تحولات زیادی در عرصه تولید، روابط تجاری و تبادلات بین‌المللی مواجه شده، سیستم‌های لجستیک هم به لحاظ طراحی و تحلیل و هم از نظر کارکردی دچار تغییرات زیادی شده‌اند. انعطاف‌پذیر بودن، سرعت فعالیت‌ها، هزینه پایین در سیستم‌های لجستیک، قدرت و توان بنگاه‌ها (در سیستم‌های اقتصادی و تولیدی) و ارتش‌ها (در سیستم‌های نظامی) را در چیرگی بر حریفان افزایش داده و موفقیت آنها را قطعی کرده است.

یک سیستم لجستیک کارآ، نیازمند مهندسانی است که با دید سیستمی نسبت به طراحی آن اقدام کنند و در

حوزه لجستیک مورد استفاده قرار گیرد که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مروری بر مفاهیم مهندسی سیستم

لجستیک، یک سیستم است و برای بررسی ابعاد آن باید با مفهوم سیستم آشنا بود. در ادامه به طور اجمال مفاهیم اولیه سیستمی با تاکید مهندسی مرور می‌شود تا بتوان با رویکرد سیستمی به مقوله مهندسی لجستیک پرداخت. یک سیستم از مجموعه منظمی از عناصر به هم وابسته در تعامل برای رسیدن به یک هدف خاص، تشکیل می‌شود. سیستم‌ها می‌توانند خیلی بزرگ مانند جهانی که در آن زندگی می‌کنیم و یا خیلی کوچک مانند یک اتم باشند. سیستم‌ها ابتدا به شکل طبیعی بودند ولی به تدریج با ظهور انسان، سیستم‌های ساخت بشر نیز پدید آمد. اما مطالعه سیستم‌ها در یک قالب علمی و شناخت ساختار و مشخصه‌های آن فقط در سال‌های اخیر امکان‌پذیر شده است. ظهور فناوری‌های بشر که عموماً با دخالت بشر در سیستم‌های طبیعی حاصل شده (مثل علوم هسته‌ای، دانش حسابگری، علم نجوم و...) موفقیت‌های بی‌سابقه‌ای را برای ایجاد سیستم‌های جدید و پیشرفته در پی داشته است. این فناوری‌ها به دنبال این هستند که با طرح نظریه‌های قابل قبول به توسعه سیستمی با هزینه معقول و ارائه خدمات با کیفیت برای همه مصرف‌کنندگان پردازند و این ضرورت جز با بکارگیری مفاهیم و ابزار مهندسی در تمام مراحل چرخه عمر سیستم صورت نمی‌پذیرد. اگر بخواهیم چرخه عمر

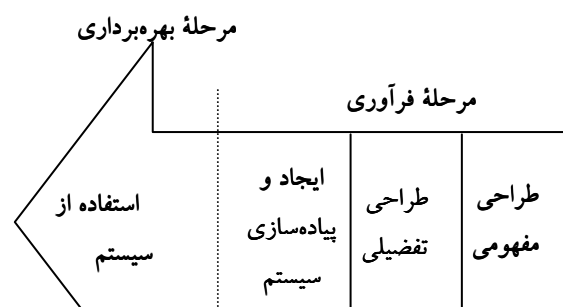
یک سیستم را به طور کلی بررسی کنیم، می‌توان آن را شامل دو مرحله "فرآوری" و "بهره‌برداری" دانست که نقطه اوج مرحله فرآوری، آغاز مرحله بهره‌برداری خواهد بود. [۱] شکل «۱» چرخه عمر مهندسی یک سیستم را در حالت کلی نشان می‌دهد. [۱]

نکته‌ای که لازم است در اینجا به آن اشاره شود این است که در این فرآیند کلی، نباید صرفاً بر روی تولید و ارائه خدمات (خروجی سیستم) تکیه کرد، بلکه باید به فرآیندهای موازی سیستم، شرایط مصرف‌کننده، پشتیبانی و نگهداری سیستم، قابلیت اطمینان و اثربخشی آن و عوامل متعدد دیگر نیز توجه شود.

مهندسی را می‌توان تبدیل "کشفیات عملی به فناوری‌های علمی" دانست. فعالیت‌های مهندسی با طراحی و تحلیل نیازهای سیستم آغاز شده و در جهت ایجاد بیشترین بهره‌برداری از سیستم، با کمترین هزینه و ضایعات گام بر می‌دارد و در این راه از دانش ریاضی و علوم طبیعی، بسیار استفاده می‌شود. صاحبان بر این عقیده‌اند که وجود مهندسی سیستم به عنوان فرآیندی برای ارتقاء و بهره‌برداری مطلوب از سیستم‌های ساخت دست بشر، لازم و ضروری است. این فرآیند از نقطه‌ای با خلق نیازها، در مرحله طراحی مفهومی شروع شده و فعالیت‌های ساخت، پیاده‌سازی، اعتبارسنجی، بهره‌برداری مطلوب را در بر می‌گیرد و سعی دارد اثربخشی و کارایی سیستم را توسعه دهد.

۳- مهندسی لجستیک (در ایجاد سیستم)

آنچه که می‌توان از مباحث گذشته نتیجه گرفت این است که اولاً لجستیک یک سیستم است یعنی بر اساس یک نیاز (پشتیبانی سیستم‌ها) موجودیت می‌یابد و تمامی مراحل مطالعه یک سیستم را اعم از طراحی مفهومی، طراحی تفصیلی، پیاده‌سازی و نظارت و کنترل را در بر می‌گیرد، ثانیاً نیاز به مهندسی دارد چون هر سیستم لجستیک، خود یک مورد منحصر به فرد است که متناسب با خصوصیات خود باید مورد مطالعه قرار گیرد.



شکل ۱: چرخه عمر مهندسی سیستم

پس باید با استفاده از مدل‌سازی و تحلیل‌های علمی هر سیستم لجستیک، متناسب با نیازها و شرایط مورد انتظار، مورد طراحی قرار گیرد. به طور کلی مراحل زیر در مورد هر سیستم لجستیک باید مورد ملاحظه قرار گیرد: [۱]

۱-۳- طراحی مفهومی: مطالعات توجیهی و برنامه‌ریزی پیشرفته سیستم

۲-۳- طراحی اولیه سیستم: تحلیل سیستم، تعریف معیارها، تجزیه سیستم

۳-۳- طراحی تفصیلی: طراحی تفصیلی و مطالعه اجزاء، توسعه و پیاده‌سازی، ارزیابی و آزمایش، اصلاح سیستم (در صورت لزوم)

۴-۳- پیاده‌سازی سیستم: تکمیل و آزمایش اجزاء و ایجاد سیستم

۵-۳- استفاده از سیستم و پشتیبانی چرخه عمر:

بهره‌برداری از سیستم و اجزاء آن، پشتیبانی سیستم در چرخه عمر

۶-۳- از رده خارج کردن سیستم

هر یک از موارد فوق، خود از اجزاء کوچک‌تری تشکیل می‌شود که بیان و شرح آنها از عهده این مقاله خارج است. در هر صورت، نکات زیر تضمین‌کننده یک مهندسی مطلوب برای یک سیستم لجستیک است:

۱-۶-۳- مدیریت عالی سیستم: که باید نیازها و پتانسیل‌های مجموعه را کاملاً بشناسد. می‌توان ادعا نمود که مهمترین عامل در دستیابی به یک سیستم لجستیک خوب، مدیریت ارشد آن است.

۲-۶-۳- استفاده از ابزار و فنون پیشرفته: که باید جوابگوی نیازها بوده و با پیشرفت فناوری سازگاری داشته باشد.

۳-۶-۳- آموزش مستمر نیروی انسانی: از آنجا که بسیاری از فعالیت‌های لجستیک تخصصی بوده و کمتر مؤسسه آموزشی است که تمام نیازهای آموزشی و علمی سیستم لجستیک را بتواند در قالب یک رشته علمی ارائه دهد، آموزش مستمر نیروی انسانی ضروری است.

۴-۶-۳- انعطاف‌پذیری: یعنی اینکه با تغییر شرایط،

سیستم لجستیک بتواند خود را برای پشتیبانی هماهنگ سازد. باید علاوه بر مهندسی سیستم لجستیک تمام کارکردها و وظایف لجستیکی نیز با نگرش مهندسی مورد بررسی قرار گیرد. البته، شاید نتوان که تمام کارکردهای سیستم‌های لجستیکی را تهیه و فهرست نمود. چون هر سیستم لجستیکی بنا به رسالت سیستم (اعم از نظامی یا غیر نظامی) وظایف و فعالیت‌های لجستیکی ویژه‌ای دارد. اما به‌طور کلی موارد زیر، جزء وظایف بیشتر سیستم‌های لجستیکی است: [۴]

۱-۴-۶-۳- تأمین: خرید یا آماده‌سازی قطعات، مواد و ملزومات سیستم و انبار و توزیع آنها؛

۲-۴-۶-۳- نگهداری: حفظ وضعیت و کنترل ابزار تولید (ماشین‌آلات، ابزار تخصصی و عمومی، تعمیر و یا تعویض آنها؛

۳-۴-۶-۳- حمل و نقل: جابه‌جایی مواد، ابزار، ماشین‌آلات و نیروی انسانی به موجب مأموریت و رسالت سیستم. در سیستم‌های نظامی، مرزبندی هر یک از این وظایف و جزئیات آنها تعریف و تبیین شده است و بخش خاصی به نام لجستیک انجام این وظایف را به عهده دارد. ولی در سیستم‌های غیر نظامی (تولیدی)، این مرزبندی امکان‌پذیر نبوده و می‌توان ادعا نمود که لجستیک در تمامی فرآیندها، نقش دارد؛ به عبارت دیگر، وظایف لجستیک بین بخش‌های مختلف توزیع می‌شود.

۴- مهندسی لجستیک (در مدیریت سیستم)

همان‌طور که اشاره شد، رسالت لجستیک، ارتقاء کارایی و افزایش توانمندی سیستم است. توفیق در این رسالت، در دو جهت مورد نظر است:

الف- حفظ پتانسیل موجود (اعم از سخت‌افزار، نرم‌افزار و نیروی انسانی)؛

ب- بهبود روش‌ها و ارتقاء سطح کیفی فعالیت‌ها.

سیستم‌ها به مرور زمان و برحسب بهره‌برداری از آنها، دچار استهلاک می‌شوند و اگر لجستیک، ناظر به عملکرد سیستم نباشد، پس از مدتی سیستم از رده خارج

می‌گردد. سؤال این است که نظارت لجستیک بر فعالیت سیستم دارای چه فرآیندی است؟ استنباط اولیه ذهنی حکم می‌کند که بدانیم، سیستم در چه زمانی افت خواهد داشت (پیش‌بینی)، در مرحله دوم برای سرپا نگهداشتن و یا دوباره به خط کردن سیستم، چه تمهیداتی باید اندیشید (نگهداری و تعمیرات) و در مرحله سوم برای فعالیت مستمر، سیستم، به چه حمایت‌هایی نیاز خواهد داشت (پشتیبانی).

مفاهیمی مانند قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری، قابلیت پشتیبانی، در دسترس بودن^۵، عوامل نیروی انسانی^۶ در این مرحله مورد بررسی قرار می‌گیرند. از این مفاهیم تقریباً در تمامی سیستم‌های لجستیک به طور گسترده استفاده می‌شود. اما آنچه که ذکر آن مهم به نظر می‌آید این است که متأسفانه در طراحی و عملکرد سیستم لجستیک، به جنبه بهبود روش‌ها و ارتقاء سطح کیفی فعالیت‌ها، توجهی نمی‌شود. یک سیستم، همواره در تعامل با محیط خود است. محیط، به دلیل پیشرفت فناوری همواره در حالت تغییر است و جهت پشتیبانی سیستم، ایجاد پیشرفت‌های لازم در سیستم، متناسب با محیط یکی از ضروریات می‌باشد. لذا پیشرفت در فناوری یا عملکرد سیستم ارتباط با فعالیت‌های لجستیک دارد. حال این اقدام یا رأساً توسط خود لجستیک صورت می‌گیرد و یا لجستیک پیشنهاد کننده آن به بخش‌های ذیربط خواهد بود. بهبود روش‌ها و ارتقاء سطح کیفی به سه حوزه مهم توجه دارد: الف - سخت‌افزار که تغییرات فناوری آن مدنظر است، ب - نرم‌افزار که همان روش‌هاست و همواره باید مطالعه بر روی ساده‌سازی و انعطاف‌پذیری آنها صورت گیرد، ج - نیروی انسانی و آموزش که باعث گسترش توان عملیاتی نیروهاست. بررسی و ارزیابی کارآیی واحدهای تصمیم‌گیری می‌تواند بخشی از این حوزه باشد. نمونه دیگر، تخصیص منابع (بودجه) با هدف افزایش توان رزم (در سیستم‌های نظامی) می‌باشد. شناسایی نیازهای آموزشی نیروی انسانی نیز می‌تواند یکی از فعالیت‌های کیفی لجستیک باشد. [۵]

برای این که بتوان پتانسیل و وضعیت موجود یک سیستم

را حفظ کرد باید احتمال خرابی و یا افت سیستم پیش‌بینی شود. این تحلیل، قابلیت اطمینان است. البته قابلیت اطمینان به پیشگیری خرابی نیز توجه دارد. نتایج تحلیل‌های قابلیت اطمینان در قابلیت نگهداری استفاده می‌شود که مشخص می‌کند برنامه بازدیدها و تعمیرات (تعویض‌ها) به چه صورت باشد و نتیجه بررسی‌های قابلیت نگهداری به پشتیبانی کمک می‌کند و برآیند همه این تحلیل‌ها، میزان در دسترس بودن سیستم را مشخص می‌کند. [۳]

۴-۱- قابلیت اطمینان

قابلیت اطمینان یعنی احتمال فعالیت رضایتبخش سیستم تحت شرایط عملیاتی معین و در زمان خاص؛ به عبارت دیگر، اگر در زمان t احتمال افت (خرابی) سیستم $F(t)$ باشد، آنگاه قابلیت اطمینان سیستم $R(t)$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

معمولاً برآورد احتمال خرابی سیستم امکان‌پذیر است، برای این منظور احتمال خرابی زیرسیستم‌ها را محاسبه نموده و بسته به این که زیرسیستم‌ها با چه ساختاری (سری یا موازی) با هم در ارتباطند، احتمال خرابی کل سیستم بدست می‌آید. اگر یک سیستم فرضی از n زیر سیستم تشکیل شده باشد که قابلیت اطمینان زیرسیستم‌ها $R_i(t)$ ، $(i=1, \dots, n)$ باشد آنگاه قابلیت اطمینان سیستم در

حالت‌های دوگانه از روابط زیر بدست می‌آید:

الف - در حالت سری

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

این رابطه گویای این واقعیت است که: اولاً اگر قابلیت اطمینان حداقل یک زیرسیستم مساوی صفر باشد، آنگاه قابلیت اطمینان کل سیستم نیز صفر خواهد بود و ثانیاً هر چه مقدار زیر سیستم‌ها بیشتر شود، مقدار $R(t)$ کاهش خواهد یافت؛ زیرا $R_i(t) \in [0, 1]$ بنابراین، $R_i(t) \in [0, 1]$ خواهد بود.

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t))$$

قابلیت اطمینان یعنی احتمال فعالیت رضایتبخش سیستم تحت شرایط عملیاتی معین و در زمان خاص

ب - در حالت موازی

در این حالت هر چه تعداد زیر سیستم‌ها بیشتر شود، مقدار $R(t)$ نیز افزایش پیدا خواهد کرد. در این صورت زیر سیستم‌های ذخیره (یدکی)^۷ را در سیستم‌ها به صورت موازی تعبیه می‌کنند.

توزیع‌های آماری که در مطالعه قابلیت اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ عبارت‌اند از: توزیع نرمال، توزیع لگاریتم نرمال، توزیع نمایی و فوق نمایی، توزیع پواسون و توزیع وایبال.[۶]

توزیع‌های آماری که در مطالعه قابلیت اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ عبارت‌اند از: توزیع نرمال، توزیع لگاریتم نرمال، توزیع نمایی و فوق نمایی، توزیع پواسون و توزیع وایبال.

دیدگاه جدید در حوزه قابلیت اطمینان، کاربرد نظریه فازی است. در حالتی که وضعیت سیستم نه در حالت مطلوب است و نه در حالت خرابی مطلق. این حالت در بیشتر سیستم‌ها صادق است؛ زیرا این سیستم‌ها با گذشت زمان از حالت مطلوب فاصله گرفته و به حالت خراب (دریک وضعیت پیوسته) نزدیک می‌شوند. این فرآیند را می‌توان با استفاده از مجموعه‌های فازی مدل‌سازی نمود. همچنین می‌توان احتمال خرابی را به صورت اعداد فازی در نظر گرفت. کاربرد این موضوع در سیستم‌هایی مصداق پیدا می‌کند که اطلاعات زیادی در مورد خرابی زیرسیستم‌ها وجود ندارد که بتوان توزیع احتمالی را تخمین زد و یا انجام آزمایش خرابی به دلیل محدودیت‌های زمانی یا هزینه‌ای توجیه‌پذیر نیست. اعداد فازی حدودی از احتمال را با تفرانس‌های معین در نظر گرفته و با استفاده از جبر فازی و الهام از روابط سری و موازی زیرسیستم‌ها، با سطح اطمینان‌های ($\&$ - برش^۸) مختلف می‌توان مقدار تقریبی قابلیت اطمینان کل سیستم را تخمین زد.

۴-۲- قابلیت نگهداری

قابلیت نگهداری، به کارآمدی نگهداری سیستم از نظر راحتی، دقت، سلامتی و هزینه‌ای ارتباط پیدا می‌کند. یعنی مهندسان سیستم، باید به ایجاد سیستمی مبادرت نمایند که بتوان با کمترین هزینه، کوتاهترین زمان و کمترین منابع (انسانی، ابزاری و موادی) آن را نگهداری نمود.

اصولاً نگهداری یک سیستم به دو صورت زیر انجام می‌شود:[۲]

۴-۲-۱- اقدامات اصلاحی: یا اقدامات برنامه‌ریزی نشده که بر اثر خرابی ناگهانی سیستم انجام می‌گیرد.

۴-۲-۲- اقدامات پیشگیرانه: یا اقدامات برنامه‌ریزی شده که در دوره‌های زمانی مشخص (اغلب قبل از خرابی سیستم) صورت می‌پذیرد.

این اقدامات یا به تعمیر سیستم (در صورت امکان) یا به تعویض زیر سیستم خراب شده ختم می‌شود.

میزان منابع مورد نیاز برای هر اقدام، تعیین زمان‌های بازرسی و اقدامات برنامه‌ریزی شده، زمان متوسط بین دو تعویض، زمان تأخیر لجستیکی، زمان تأخیر مدیریتی، زمان متوسط بین دو نگهداری، برآورد هزینه‌های نگهداری و... مواردی هستند که محاسبه آنها در حوزه قابلیت نگهداری صورت می‌پذیرد. همان طور که در قسمت قابلیت اطمینان ذکر شد، در اینجا نیز به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات دقیق، نظریه فازی برای محاسبه معیارهای نگهداری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قابلیت نگهداری، به کارآمدی نگهداری سیستم از نظر راحتی، دقت، سلامتی و هزینه‌ای ارتباط پیدا می‌کند. یعنی مهندسان سیستم، باید به ایجاد سیستمی مبادرت نمایند که بتوان با کمترین هزینه، کوتاهترین زمان و کمترین منابع (انسانی، ابزاری و موادی) آن را نگهداری نمود.

۴-۳- قابلیت پشتیبانی

قابلیت پشتیبانی به معنی مجموعه همه ملاحظات مورد

مورد ملاحظه دقیق و علمی قرار گرفته باشد.

قابلیت پشتیبانی به معنی مجموعه همه ملاحظات مورد نیاز برای بهره‌برداری کارآ و اقتصادی از سیستم در طول چرخه عمر آن است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش شد تا با بهره‌گیری از مفاهیم مهندسی سیستم و لجستیک در ایجاد و مدیریت سیستم مفاهیمی از قبیل قابلیت اطمینان، قابلیت انعطاف‌پذیری، قابلیت پشتیبانی و قابلیت نگهداری و تعمیر مورد توجه قرار گرفته و بررسی گردد. هر یک از مفاهیم فوق‌الذکر می‌توانند اثر بخشی و کارایی سیستم لجستیک را در شرایط مختلف تضمین نمایند. بنابراین، ضروری است تا کارشناسان و متخصصین لجستیکی به مفاهیم مهندسی لجستیک آشنا بوده و قابلیت ارائه تحلیل‌های کارشناسی مورد نظر را در وضعیتهای مختلف داشته باشند.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Reliability
- 2- Maintainability
- 3- Supportability
- 4- Human Factors
- 5- Availability
- 6- Manability
- 7- Stand by یا Redundant
- 8- &- Cut

منابع و مآخذ

- 1- Blanchard, B.S, **Logistics Engineering and Management**, 4th, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.j., 1990.
- 2- Patton, J.D, **Logistics Technology and Management**, Publishers Creative Services Inc., 1956
- 3- Bramel, J., and Simchi, D. – Levi, **The Logic of Logistics**; Springer – Vaelag, New york, Inc, 1997
- 4- Jones, j.V, **Logistics Support Analysis Handbook**, Tabbooks Inc., 1989.
- 5- Langford, J.W, **Logistics Principles and Applications**, McGraw – Hill, Inc., 1995.
- 6- Blanchard.B.S, and Fabrycky, W.J., **system engineering and Analysis**; Prentice, Second Edition, 1995

نیاز برای بهره‌برداری کارآ و اقتصادی از سیستم در طول چرخه عمر آن است. برخی از این ملاحظات عبارتند از: ارزیابی وسایل اندازه‌گیری (خصوصاً برای وسایل حساس)، محاسبه ارزش اقتصادی قطعات در انبار به منظور اطمینان از تأمین قطعات برای جاگزینی تعمیرات، ارزیابی سازگاری نیروی انسانی با مسئولیت‌هایی که به عهده دارند، ارزیابی مکان‌ها و فضاها برای وظایف عملیاتی و نگهداری.

قابلیت پشتیبانی، تضمین می‌کند که سیستم به هنگام بهره‌برداری دچار مشکلی نشده و به صورتی کارآ به تولید (ارائه خدمات) پردازد.

اگر R قابلیت اطمینان سیستم، M قابلیت نگهداری و S قابلیت پشتیبانی آن باشد، آنگاه قابلیت در دسترس بودن A، برآیند همه آنها خواهد بود.

$$A = f(R, M, S) \quad \text{یعنی:}$$

آنتروپومتری، علمی است که بواسطه آن اندازه‌گیری فیزیک بدن انسان مورد ارزیابی و محاسبه قرار می‌گیرد.

۴-۴ عوامل انسانی

مهندسی عوامل نیروی انسانی (ارگونومی)، از مهمترین شاخص‌های مهندسی لجستیک است که کمترین بی‌توجهی و عدم دقت، موجب رخوت، خستگی و نهایتاً از دست رفتن علاقه و انگیزه کاری در نیروی انسانی خواهد بود. آنتروپومتری، علمی است که بواسطه آن اندازه‌گیری فیزیک بدن انسان مورد ارزیابی و محاسبه قرار می‌گیرد. یعنی اگر بخواهیم برای کارکنان لباس فرم تهیه کنیم و یا صندلی تانک و هواپیما را طراحی کنیم و یا دستگاهی بسازیم که انسان با آن به طور متناوب کار کند و در تمام این طراحی‌ها اندازه میانگین جامعه استفاده کننده را در نظر نگیریم در آن صورت یا آن موضوع قابل استفاده و بهره‌برداری نخواهد بود و یا این‌که حداکثر پس از مدتی (پیش از پایان چرخه عمر سیستم)، نیروی انسانی توانایی خود را از دست خواهد داد. لجستیک خوب، زمانی حاصل می‌شود که مطالعات آنتروپومتری و ملاحظات ارگونومی