**چگونگی استفاده از ابزارهای قابلیت اطمینان برای ره‌نگاشت و تطابق مفاهیم مدیریتی با مفاهیم مهندسی**

## ابوالفضل عباس پور

### دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد جنوب تهران

Abolfazl\_abbaspour@yahoo.com

## محمد‌علی بهشتی نیا

### استادیار دانشگاه سمنان

beheshtinia@gmail.com

## حمید عبدلی آقائی

### معاونت پژوهش مرکز تحقیقاتی شهید قندی (سراج)

abdoliaghaei@yahoo.com

**چکیده**

ره نگاشت های علوم و فناوری که گاهی با عنوان «کارراهه یا نقشه راه» علوم و فناوری نیز ترجمه شده اند بیشتر در صنعت، دولت و دانشگاه برای به تصویر کشیدن ارتباطی ساختاری بین علوم، فناوری و کاربردهای آن ها استفاده میشود. ره نگاشت ها به عنوان تصمیم یار به منظور بهبود هماهنگی بین فعالیت ها و منابع در محیط های دارای پیچیدگی و عدم قطعیت روز افزون، مورد استفاده قرار می گیرند. ره‌نگاشت یکی از ابزارهای آینده‌نگاری می‌باشد که برای به تصویر کشیدن مسیر دستیابی به آینده‌ی مطلوب می‌باشد. نکته‌ای که تاکنون به آن توجه نشده است قابلیت اطمینان رسیدن به آینده‌ی تصویر شده می‌باشد. در این مقاله، این ایده‌ی جدید توصیف شده و برخی از ابزارهای قابلیت اطمینان برای ره‌نگاشت انطباق داده شده است.

**واژگان کلیدی:** قابلیت اطمینان، ره‌نگاشت، افزونگی،FMEA/FMECA, FTA، failure rate

1. **مقدمه**

از ابزارهای آینده‌نگاری[[1]](#footnote-1)، ره‌نگاشت فن‌آوری[[2]](#footnote-2) است که مسیر رفتن از وضعیت کنونی به مقصد را ترسیم می‌کند و سرمایه‌گذاری را با اهداف همراستا می‌کند (رونالد كستف، رابرت اسكالر, 1385). در آمریكا، در اواخر دهه‌ی 1970 و اوایل دهه‌ی 1980 میلادی اولین تلاش‌ها برای تدوین ره‌نگاشت[[3]](#footnote-3) توسط شرکت‌های موتورولا[[4]](#footnote-4) و كورنینگ صورت گرفت. پس از آن، این روش توسط شركت‌های دیگری نظیر فیلیپس[[5]](#footnote-5) و اس.‌آی.‌اِی نیز مورد استفاده قرار گرفت (كاشي).

در علوم مهندسی چنین بیان می‌شود که عملکرد یک سیستم در هیچ موردی به صورت قطعی قابل تعریف نیست و دارای طبیعت اتفاقی بوده و به صورت اتفاقی در تغییر است (روی بیلینتون، رونالد آلن, 1390). این مساله در علوم انسانی که ره‌نگا‌ری[[6]](#footnote-6) یکی از زیرشاخه‌های آن است بسیار بیشتر نمود پیدا می‌کند.

از آنجا که ارزیابی فرآیندهای اتفاقی صرفاً با شیوه‌های احتمالات میسر است (روی بیلینتون، رونالد آلن, 1390) از قابلیت اطمینان[[7]](#footnote-7) برای تعیین احتمال دستیابی به هدف مورد نظر استفاده می‌شود.

قابليت اطمينان داراي تعاريف مختلفي مي‌باشد:

* مناسب بودن وسيله‌اي براي هدفي در زمان مشخصي
* ظرفيت سيستم يا وسيله براي انجام ماموريتي كه براي آن طراحي شده است.
* مقاومت سيستم يا وسيله در برابر شكست[[8]](#footnote-8)
* احتمال اين كه واحد در حال كار بتواند وظيفه مورد نظر را در بازه زماني مشخص به نحو احسن انجام دهد.
* توانايي سيستم براي شكست كم هزينه (مباحثی در رابطه با قابلیت اطمینان سیستم‌ها, 1389)

از میان تعاریف، تعریف زیر، مقبولیت و پذیرش بیشتری پیدا کرده است:

قابلیت اطمینان یک سیستم عبارت است از احتمال عملکرد رضایت‌بخش آن سیستم تحت شرایط کاری مشخص برای مدت زمان معین (روی بیلینتون، رونالد آلن, 1390).

با توجه به تعاریف فوق، اهمیت تعیین قابلیت اطمینان ره‌نگاشت امری واضح می‌باشد. تنها مساله‌ای که باقی می‌ماند چگونگی استفاده از ابزارهای قابلیت اطمینان برای ره‌نگاشت و تطابق مفاهیم مدیریتی با مفاهیم مهندسی می‌باشد.

1. **افزونگی[[9]](#footnote-9)**

افزونگی یكی از مهمترین ابزارها در تحمل پذیری خطای سیستم‌ها می‌باشد. افزونگی با اضافه كردن چند ماژول به جای یك ماژول، و استفاده كردن از همه‌ی آن‌ها سعی می كند احتمال درست كاركردن سیستم را بالا ببرد. مثلاً فرض كنید كه یك سیستم به جای آنكه یك پردازنده داشته باشد، شامل دو پردازنده باشد. حال اگر یكی از آن‌ها از كار بیفتد سیستم می تواند به طور خود كار پردازنده دوم را جایگزین كند. در ادامه انواع افزونگی به طور خلاصه بیان شده است (حیدری, 1390).

برای ره‌نگاشت می‌توان دو نوع افزونگی در نظر گرفت. یکی افزونگی داخلی و دیگری خارجی. افزونگی داخلی در داخل یک ره‌نگاشت در نظر گرفته می‌شود و می‌تواند به صورت موضعی باشد یعنی در یک مقطع زمانی در نظر گرفته شود؛ و افزونگی خارجی می‌تواند منجر به ره‌نگاشتی موازی شود و در چند مقطع بایستی وارد شود.

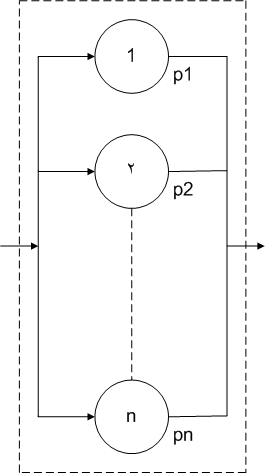
به عنوان مثال، در شکل 1 –که ره‌نگاشت چندلایه به تصویر کشیده شده است- می‌توان در لایه‌های مختلف، افزونگی داخلی را مشاهده نمود. در لایه‌ی منابع، S22، در لایه‌ی فن‌آوری T32، در لایه‌ی محصول P32 و در لایه‌ی بازار M12 و M13 افزونگی می‌باشند. فرض کنید محصول مورد نظر هواپیما باشد. در این صورت می‌توان S11 را از منابع داخلی سازمان و S22 را از نهادهای دولتی یا شرکا در نظر گرفت. T31 را می‌توان از فن‌آوری‌های توربوفن برای پیشرانش، و به صورت موازی آن T32 را از فن‌آوری‌های توربوجت قرار داد. P31 می‌تواند یک هواپیمای مسافربری سبک و P32 یک هواپیمای خدماتی (مثلاً در صنعت کشاورزی، یا آتش‌نشانی) باشد. برای بازار نیز می‌توان به جای تمرکز بر بازارهای دولتی، به سمت بازارهای خصوصی نیز رفت و علاوه بر M11، برای بازارهای M12 و M13 نیز برنامه‌ریزی نمود.



شکل 1- افزونگی داخلی در ره‌نگاشت چندلایه

مثالی از افزونگی خارجی، سناریوپردازی است. در سناریوپردازی با در نظر گرفتن حالت محتملی در یک بازه‌ی زمانی، زنجیره‌ای در لایه‌های مختلف ایجاد می‌شود که می‌تواند ره‌نگاشتی موازی با ره‌نگاشت اولیه ایجاد کند.

همانطور که از مثال‌های فوق مشخص است با در نظر گرفتن افزونگی‌های فوق، احتمال دستیابی به هدف مورد نظر بیشتر خواهد شد. زیرا در مسیرهایی با افزونگی داریم:



شکل 2- شماتیکی از مسیری با افزونگی (ساختار موازی)

احتمال دستیابی به هدف = احتمال عدم دستیابی به هدف-1

يا با كاربرد نمادهاي معرفي شده از قبل:

p(i) = احتمال كاركرد سالم جزءi

1-p(i) = احتمال خرابي جزء i

با توجه به قوانين احتمال، احتمال عدم دستیابی به هدف برابر است با:



يا در صورتيكه 1-p(i) را q(i) بناميم: ( عبارت از احتمال خراب شدن جزء i خواهد بود)



که در آن R(s) احتمال دستیابی به هدف می‌باشد.

لازم به ذکر است که سایر مباحث افزونگی، از قبیل رویکرد full on و stand-by برای ره‌نگاشت مشابه علوم مهندسی می‌باشد.

1. **نرخ خرابی[[10]](#footnote-10)**

از آنجا که موارد یک ره‌نگاشت (مانند S1, T4, P2, and M3 در شکل 1) قابلیت تست ندارند یا داده‌های آماری یا اصول (مانند قانون مور[[11]](#footnote-11)) ممکن است در مورد آن‌ها وجود نداشته باشد بیشتر بایستی از روش‌های کیفی برای تعیین احتمال خرابی (عدم محقق شدن یک زیرسیستم) بهره جست.

1. **رشد قابلیت اطمینان[[12]](#footnote-12)**

محصول که طراحی می‌شود باید تحت تست های جامع قرار گیرد و اقدامات اصلاحی متناسب انجام شود. این فرآیندِ دارای ساختار که شامل پیدا کردن مشکلات قابلیت اطمینان و پایش افزایش قابلیت اطمینان محصول در طی مراحل بعدی می باشد معمولاً به نام رشد قابلیت اطمینان نامیده می شود (مقدمه ای بر رشد قابلیت اطمینان). در ره‌نگاشت نیز مرورهایی که پس از تدوین ره‌نگاشت به منظور اصلاح آن صورت می‌پذیرد سبب افزایش قابلیت اطمینان خواهد شد. علاوه بر بهبود قابلیت اطمینان از طریق اصلاح موارد، می‌توان از روش‌هایی چون استفاده از افزونگی برای افزایش قابلیت اطمینان بهره جست. بنابراین، در هر مرور بایستی رشد قابلیت اطمینان را نیز مد نظر قرار داد.

1. **FMEA[[13]](#footnote-13)/FMECA[[14]](#footnote-14) and FTA[[15]](#footnote-15)**

FMEA می تواند به عنوان یک گروه سیستماتیک از فعالیت‌ها در جهت توصیف موارد زیر استفاده گردد:

1. تشخیص و ارزیابی شکست بالقوه یک آیتم یا روند و اثرات آن شکست
2. شناسایی اقدامات که می تواند موجب از بین بردن یا کاهش احتمال شکست بالقوه در حال رخداد باشد (احتمال وقوع)

FMECA به یک بسط از FMEA می گویند که در آن حالات شکست ها با توجه به حساسیت های خود دسته بندی می شوند، به عنوان مثال اندازه گیری ترکیبی از شدت حالت شکست و احتمال وقوع آن.

FMEA و FMECA شناسایی سیستماتیک شکست بالقوه را در موارد زیر انجام می دهند:

1. تولیدات(کاربردی و سخت افزار FMEA / FMECA)
2. فرآیند‌ها(روند FMECA)

و به منظور بررسی اثراتشان به منظور تعریف اقدامات، با آنهایی که بالاترین اولویت مربوط به شکست دارای بحرانی ترین عواقب را دارد شروع می نماید.

آنالیز درخت خطا یکی از تکنیک های منطقی و احتمالاتی است که مهم ترین کاربرد را در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم امروز دارد. این روش یک رویکرد مبتنی بر شکست استقرائی است. به عنوان یک رویکرد استقرایی، FTA با یک رویداد ناخواسته شروع می شود، مانند شکست یک موتور اصلی، و پس از آن علل آن را با استفاده از یک روند سیستماتیک با گام‌های رو به عقب تعیین می کند. (مایکل استاماتلاتوس و همکاران، سال 2002)

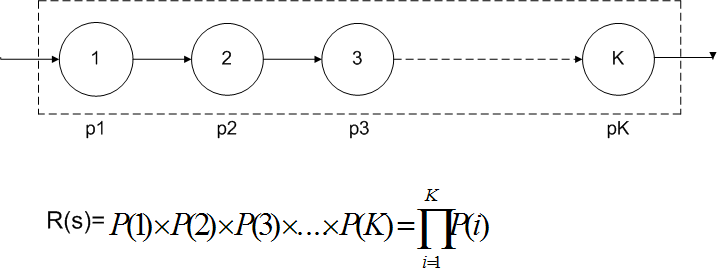
در تعیین علل، یک درخت خطا (FT) به عنوان یک تصویر منطقی از وقایع و ارتباط آنها ساخته می شود که برای نتیجه گیری رویداد ناخواسته یا رویداد بالا لازم و کافی هستند. .(مایکل استاماتلاتوس و همکاران، سال 2002)

FMECA و FTA برای ره‌نگاشت مشابه علوم مهندسی می‌باشد یعنی می‌توان حالت‌های عدم دستیابی به هدف را در هر دو رویکرد بالا به پایین و پایین به بالا مورد بررسی قرار داد و برای رتبه‌بندی[[16]](#footnote-16) شدت[[17]](#footnote-17)، وقوع[[18]](#footnote-18) و شناسایی[[19]](#footnote-19) در FMECA از همان جداول علوم مهندسی استفاده کرد.

1. **محاسبه قابلیت اطمینان**

در علوم مهندسی ابتدا قابلیت اطمینان هر زیرسیستم محاسبه شده و سپس بر اساس ارتباط بین زیرسیستم‌ها قابلیت اطمینان کل سیستم بدست می‌آید.

در ره‌نگاشت برخلاف قطعات که از توزیع احتمال خرابی –که می‌تواند توابعی چون Nrmal, Gamma and weibull باشد- قابلیت اطمینان زیرسیستم‌ها حاصل می‌شود روش‌های کیفی را بایستی بکار گرفت تا احتمال خرابی هر مورد بدست آید؛ اما در محاسبه‌ی قابلیت اطمینان کل سیستم هر دو یکسان می‌باشند. در قسمت افزونگی، چگونگی محاسبه‌ی ترکیب‌های موازی[[20]](#footnote-20) ارائه شد. در شكل زير يك تركيب متوالي[[21]](#footnote-21) شامل k زير سيستم يا k مرحله نشان داده شده است. با همان تعاریف ترکیب‌های موازی و با توجه به قوانين احتمالات داريم:





در بسیاری از موارد، ترکیبی از حالت‌های سری و موازی وجود دارد. در این صورت بایستی به معادل‌سازی و ساده‌سازی سیستم پرداخت و نحوه‌ی محاسبات برای علوم مهندسی و ره‌نگاشت یکسان است.

1. **نتیجه‌گیری**

ره‌نگاشت یکی از ابزارهای آینده‌نگاری می‌باشد که برای به تصویر کشیدن مسیر دستیابی به آینده‌ی مطلوب می‌باشد. نکته‌ای که تاکنون به آن توجه نشده است قابلیت اطمینان رسیدن به آینده‌ی تصویر شده می‌باشد. با توجه به اینکه ماهیت علوم مهندسی و علوم انسانی -که ره‌نگاشت زیرشاخه‌ای از آن است- متفاوت است برای بکارگیری مفاهیم قابلیت اطمینان در ره‌نگاشت بایستی مفاهیم را از علوم مهندسی به علوم انسانی انطباق داد. مهم‌ترین مباحث در قابلیت اطمینان افزونگی، نرخ خرابی، FMEA/FMECA، FTA و محاسبه‌ی قابلیت اطمینان است که در این مقاله به آن‌ها پرداخته شد.

1. **منابع**
2. مباحثی در رابطه با قابلیت اطمینان سیستم‌ها. (1389). بازيابی در 1390، از قابلیت اطمینان: <http://reliability999.blogfa.com>
3. حیدری, م. (1390). افزونگی(Redundancy) و انواع آن. بازيابی در 1390، از http://mahdyheidari.blogfa.com/post-10.aspx
4. رونالد كستف، رابرت اسكالر. (1385). مسيرنماهاي علوم و فناوري. مركز آينده‌پژوهي علوم و فناوري دفاعي-موسسه آموزشي و تحقيقاتي صنايع دفاعي.
5. روی بیلینتون، رونالد آلن. (1390). ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های مهندسی: مفاهیم و روش‌ها. (م. رضائیان, مترجم) مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
6. كاشي, ا. ت. (بدون تاريخ). الگوريتم تدوين نقشه راه فناوري (تكنولوژي) براي محصولات نوظهور. مقدمه ای بر رشد قابلیت اطمینان. (بدون تاريخ). بازيابی در 9 13, 1390، از شرکت مهندسی ایده‌پویان شریف
7. (2009). Space product assurance -Failure modes, effects (and criticality) analysis (FMEA/FMECA). ESA Requirements and Standards Division(.
8. Michael Stamatelatos, William Vesely, Joanne Dugan, Joseph Fragola, Joseph Minarick III, Jan Railsback. (2002). Fault Tree Handbook with Aerospace Applications. NASA.
9. Standard for Performing a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Establishing a Critical Items List (CIL) (DRAFT.NASA).

1. foresight [↑](#footnote-ref-1)
2. technology roadmap [↑](#footnote-ref-2)
3. roadmapping [↑](#footnote-ref-3)
4. Motorola [↑](#footnote-ref-4)
5. PHILIPS [↑](#footnote-ref-5)
6. roadmapping [↑](#footnote-ref-6)
7. reliability [↑](#footnote-ref-7)
8. failure [↑](#footnote-ref-8)
9. redundancy [↑](#footnote-ref-9)
10. failure rate [↑](#footnote-ref-10)
11. Moor [↑](#footnote-ref-11)
12. Reliability growth [↑](#footnote-ref-12)
13. Failure Mode and Effects Analysis [↑](#footnote-ref-13)
14. Failure Mode and Effects and Criticality Analysis [↑](#footnote-ref-14)
15. Fault Tree Analysis [↑](#footnote-ref-15)
16. ranking [↑](#footnote-ref-16)
17. severity [↑](#footnote-ref-17)
18. occurance [↑](#footnote-ref-18)
19. detection [↑](#footnote-ref-19)
20. parallel [↑](#footnote-ref-20)
21. series [↑](#footnote-ref-21)