

# شناسائی و ارزیابی بلوغ یک طرح سامانه‌ی عملیاتی از طریق معرفی شاخص نظام‌مند سطوح آمادگی سیستمی (SRL)

ناصر رهبر

چکیده:

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۰  
تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۴

سطوح آمادگی فناوری (TRL) بعنوان یک شاخص نظام‌مند برای شناسائی بلوغ فناوری‌های خاص بطور گسترده استفاده شده و اجازه می‌دهند تا یک مقایسه استوار و محکم بین بلوغ انواع مختلف فناوری‌ها صورت پذیرد. در این مقاله ابتدا سطوح آمادگی فناوری معرفی شده و بر اساس نقائص مطرح شده، نشان داده می‌شود که تعریف مفاهیم فراگیرتر از آن که بتواند نقش یک فناوری مستقل را در یک سامانه‌ای که متشکل از چندین فناوری که اثر متقابل روی یکدیگر دارند تحلیل نماید، لازم خواهد بود. سپس بمنظور نشان دادن وابستگی‌های مرتبط در سطح سامانه‌ی عملیاتی، مفهوم سطوح آمادگی سیستمی (SRL) معرفی می‌گردد. در یک محیط سامانه‌ی عملیاتی، ملاحظات مربوط به مجتمع‌سازی، با هم‌کار کردن و پشتیبانی از یکدیگر اهمیت زیادی خواهند داشت. در ادامه مبانی مفهوم سطوح آمادگی سیستمی و چارچوب توسعه، ارزیابی، صحه‌گذاری آن نشان داده خواهند شد.

## واژه‌های کلیدی:

سطوح آمادگی فناوری، سطوح آمادگی سیستمی، بلوغ فناوری، مدیریت فناوری، توسعه فناوری، توسعه محصول



## ۱- مقدمه

در سال ۱۹۸۰ سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (ناسا)<sup>۱</sup> برای شناسائی ریسک مربوط به توسعه فناوری، هفت سطح آمادگی فناوری (TRL)<sup>۲</sup> را بنیان‌گذاری نمود. تا سال ۱۹۹۰ این شاخص به نه سطح افزایش یافت. تاکنون توسط ناسا این سنجه بطور گسترده بعنوان یک شاخص نظام‌مند برای شناسائی بلوغ فناوری‌های خاص مورد استفاده قرار گرفته و اجازه میدهد که بین بلوغ انواع مختلف فناوری‌ها یک مقایسه استوار و محکم صورت پذیرد. در سال ۱۹۹۹ با توجه به سودمندی عملی این

مفهوم، وزارت دفاع آمریکا<sup>۳</sup> مفهوم TRL را پذیرفت. در حالی که استفاده از مفهوم TRL در دو سازمان ناسا و وزارت دفاع مشابه می‌باشد اما در تفسیر آن تغییرات اندکی وجود دارد. بعنوان مثال در ناسا بایستی فناوری بلوغ سطح TRL=6 را داشته باشد تا روی بکارگیری آن در یک مأموریت حساب باز شود. در صورتی که در وزارت دفاع یک فناوری قبل از منظورشدن در برنامه سامانه سلاح بایستی به TRL=7 رسیده باشد [۱-۲].

## ۲- حرکت فراسوی TRL

علاوه بر نه سطح موجود TRL، توسعه این مفهوم به یک

1. The National Aeronautics and Space Administration (NASA)
2. Technology Readiness Level
3. Department of Defense (DoD)

شاخص پویاتر برای شناسایی فناوری بعنوان بخشی از تلاش‌های پژوهشی متعدد ناسا و DoD مطرح بوده است. بیشتر کارهای اولیه در این زمینه به تعریف ریسک‌ها و هزینه‌های<sup>۱</sup> مربوط به سطوح گوناگون TRL معطوف شده است. این مطالعات به ما کمک میکند که تعریف سطوح آمادگی فناوری را گسترش دهیم اما هنوز نتیجهٔ مجتمع نمودن فناوری‌ها و چگونگی گذر از شاخص TRL را نشان نمی‌دهد. جدول زیر سطوح نه‌گانهٔ شاخص فناوری را معرفی می‌کند.

TRL	Definition	تعریف
۱	Basic Principals Observed and Reported	اصول پایه مشاهده یا گزارش شده‌اند.
۲	Technology Concept and/or Application Formulated	مفهوم فناوری یا کاربرد آن فرموله شده است.
۳	Analytical and Experimental Critical Function and/or Characteristic Proof-of-Concept	مفهوم مورد نظر بصورت تحلیلی و تجربی به اثبات رسیده است
۴	Component and/or Breadboard Validation in Laboratory Environment	مولفه و یا یک مدل نمونهٔ تابلویی <sup>۲</sup> در محیط آزمایشگاهی به نمایش گذاشته شده است.
۵	Component and/or Breadboard Validation in Relevant Environment	مولفه و یا یک مدل نمونهٔ تابلویی در محیط مرتبط به نمایش گذاشته شده است.
۶	System/Subsystem Model or Prototype Demonstration in Relevant Environment	مدل سیستمی/زیرسیستمی یا نمونهٔ اولیه <sup>۳</sup> وجود دارد که در یک محیط مرتبط به نمایش گذاشته شده است.
۷	System Prototype Demonstration in Relevant Environment	نمونهٔ اولیه وجود دارد که با موفقیت در یک محیط مرتبط به نمایش گذاشته شده است.
۸	Actual System Completed and Qualified Through Test and Demonstration	موردی یکسان با آنچه مدنظر است وجود دارد و در محیط واقعی به نمایش گذاشته شده و آزمایشات کیفی را پشت سر گذاشته است.
۹	Actual System Proven Through Successful Mission Operations	موردی یکسان از نظر عملکردی با آنچه مدنظر است وجود دارد و با موفقیت انجام وظیفه نموده و مورد بهره‌برداری عملیاتی قرار گرفته است.

جدول ۱: سطوح آمادگی فناوری یک تا ۹

MRLها سنجه‌هایی هستند که ارزیابی فرآیند طراحی/مهندسی و بلوغ فناوری‌های مرتبط با فرآیند ساخت را بعهده دارند تا برنامه‌ها بسرعت فعال شده و فرآیند گذر جهت دستیابی و اکتساب سیستم مقرون بصرفه باشد. دومین تلاش کار اسمیت در انستیتوی مهندسی نرم افزار کارنگی در سال ۲۰۰۵ بود که در آن مفهوم TRL را طوری گسترش داد تا خصوصیات آمادگی بیشتری از جمله ارضای الزامات، وفاداری محیط زیست، بحرانی بودن، دسترسی به محصول و بلوغ محصول را شامل گشته و یک چارچوب ارزیابی از فناوری‌های مشابه را تعریف نماید. سومین و گسترده‌ترین تلاش توسط وزارت دفاع بریتانیا بر اساس اهمیت تزریق فناوری بصورت موفقیت‌آمیز در یک سیستم، صورت پذیرفت. آنها یک سنجهٔ تزریق فناوری<sup>۶</sup>

نخستین مطالعه که در آن اقدام به گسترش شاخص TRL و در نظر گرفتن روشی برای مشکل بلوغ از طریق مقیاس TRL انجام گردید توسط مال‌کین<sup>۴</sup> در سال ۲۰۰۲ صورت پذیرفت. پیشنهاد وی شاخص فناوری یکپارچه (ITI) بود که در آن بصورت بیطرفانه، اندازه‌گیری کمی از چالش‌های فناوری نسبی ذاتی در نامزدهای مختلف و یا مابین مفاهیم سیستم‌های پیشرفته در حال رقابت را انجام می‌داد. قطع نظر از کار اولیهٔ مال‌کین سه تلاش مستقل دیگر نیز برای گسترش سنجهٔ TRL مطرح شدند. در تلاش اول که از سوی DoD بصورت مفهوم سطوح آمادگی ساخت (MRL)<sup>۵</sup> عنوان گردید تا TRL را طوری گسترش دهد تا اهمیت قابلیت ساخت و تولید را شامل شده و با خطرات ریسک وابسته با زمان و ساخت مرتبط گردد.

1. Costs
2. Breadboard
3. Prototype
4. Mankins
5. Manufacturing Readiness Levels (MRL)
6. Insertion of Technology

را توسعه دادند که TRL، سطح آمادگی ادغام سیستم و سطح بلوغ یکپارچگی را در برداشت (داولینگ و پارادو ۲۰۰۵). آنها سپس تکالیف مهندسی سیستم هر شاخص را مرتبط با فازهایی که سیستم در آن در حین کار است و سایر سیاستهای وزارت دفاع بریتانیا قرار دادند [۳].

علیرغم تلاشهای گسترده‌ای که برای توسعه مفهوم TRL انجام گردید ولی باز هم بنا به دلائلی که در ادامه گفته می‌شود جهت ارزیابی سطح آمادگی یک سیستم کفایت نمی‌کند. با وجود این تفاوت‌های کوچک و در کنار استفاده موفق از شاخص TRL موارد زیر نیز بعنوان نقائص این تعریف مطرح شده‌اند [۱۰-۴]:

الف) TRL نمایش جامعی از مجتمع نمودن موضوع فناوری و یا زیرسامانه‌ها در یک سامانه عملیاتی بدست نمی‌دهد. به عبارت دیگر با اینکه استفاده از سطوح آمادگی فناوری در توسعه فناوری مفید است اما در باره اینکه چگونه فناوری با دیگر اجزاء یک سامانه تلفیق می‌گردد چیزی نمی‌گوید.

ب) در حرکت در مراحل بلوغ TRL هیچگونه راهنمایی که نشانگر عدم قطعیت آتی که ممکن است بوجود آید ارائه نمی‌دهد.

ج) سطوح آمادگی فناوری، صرفاً دید یک بعدی از بلوغ فناوری ارائه داده و همه چیز را در باره مدیریت یک برنامه توسعه فناوری به ما نمی‌گوید. به عبارت دیگر، سطوح آمادگی فناوری تنها عوامل فنی را اندازه‌گیری میکند و به جنبه‌های دیگر طرح نمی‌پردازد.

د) سطوح آمادگی فناوری توانایی ارزیابی ریسک فنی یک سامانه کامل را ندارد و تنها برای ارزیابی ریسک ناشی از یک فناوری منفرد مناسب است.

ه) در کشورهای پیشرفته، جغرافیای ارزیابی سطح آمادگی فناوری، کل جهان است. به بیان دیگر وقتی یک فناوری در جایی از دنیا به بلوغ رسیده باشد برای کشورهای مذکور نیز بالغ شده محسوب می‌شود زیرا معمولاً به راحتی در

دسترس‌شان قرار می‌گیرد. اما برای کشوری نظیر کشور ما این امر صادق نیست. ممکن است یک فناوری در کشورهای دیگر بالغ شده باشد، اما به علت شرایط حاکم بر کشور ما (تحریم و فشارهای جهانی)، بسادگی در دسترس ما نباشد، بگونه‌ای که در بسیاری از موارد ناچار به توسعه آن در داخل خواهیم بود.

و) طرح‌های دفاعی کشور (کاربردی و توسعه صنعتی) عمدتاً از فناوری‌های بالغ شده در سطح دنیا استفاده می‌کنند و معمولاً با فناوری‌هایی که در دنیا موجود نیستند و باید بوجود آیند سر و کار ندارند پس چگونه میتوان از سطوح آمادگی فناوری در اینگونه طرح‌ها استفاده کرد.

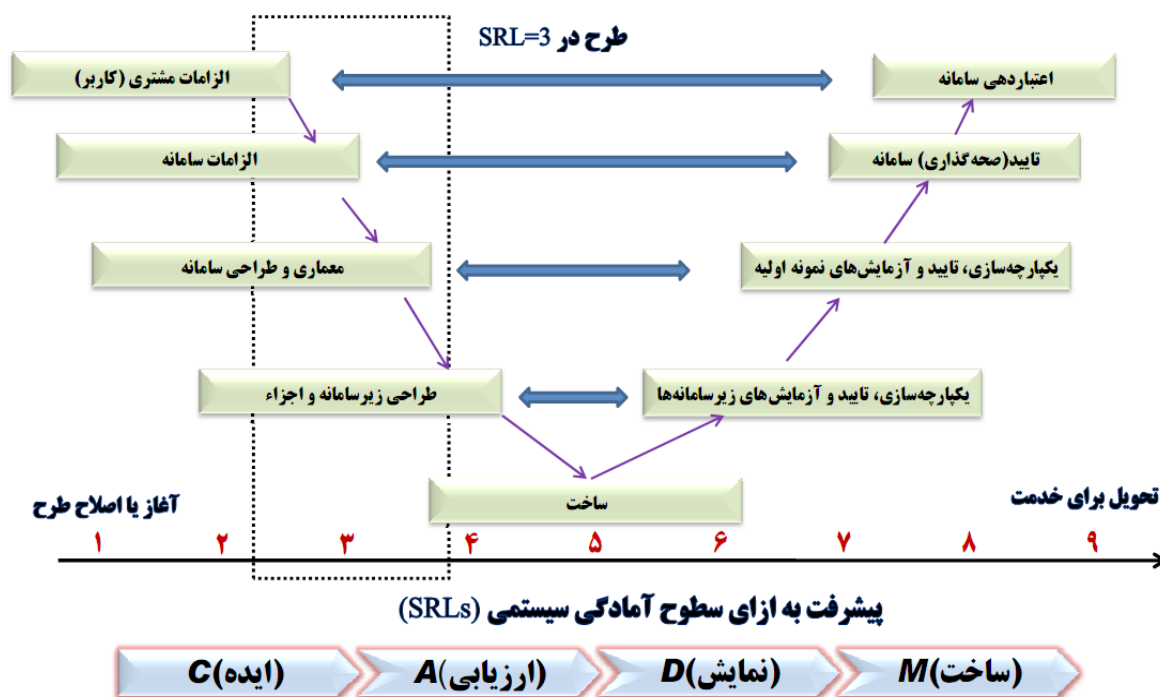
بر اساس موارد مذکور، نیاز به تعریف مفاهیم فراگیرتر از TRL که بتواند نقش یک فناوری مستقل را در یک سامانه‌ای که متشکل از چندین فناوری که اثر متقابل روی یکدیگر دارند تحلیل نماید احساس می‌شود. در یک محیط سامانه عملیاتی، ملاحظات مربوط به یکپارچه‌سازی یا مجتمع‌سازی<sup>۱</sup>، با هم‌کارکردن<sup>۲</sup> و پشتیبانی از یکدیگر<sup>۳</sup> اهمیت یکسانی خواهند داشت.

بمنظور نشان دادن وابستگی‌های مرتبط در سطح سامانه عملیاتی، مفهوم سطوح آمادگی سیستمی (SRL) <sup>۴</sup> در اینجا معرفی می‌شوند.

### ۳- سطوح آمادگی سیستم (SRL) چیستند؟

در مهندسی سیستم، یک سطح آمادگی فناوری امتیاز بین یک تا ۹ است که بلوغ یک طرح سیستمی در چرخه عمر اکتساب طرح که بنام نمودار V شکل (CADMID)<sup>۵</sup> معروف است را نشان می‌دهد. این حروف مخفف کلمات مفهوم یا ایده، ارزیابی، نمایش، ساخت، درحال خدمت و کنارگذاشت یا بازنشستگی می‌باشند. شکل ۱ نمودار V شکل در مهندسی سیستم را نشان می‌دهد. ابزار SRL یک روش معمول برای محاسبه این نمره را ارائه می‌دهد و از آن می‌توان در موارد ضروری برای مقایسه استوار و

1. Integration
2. Interoperability
3. Sustainment
4. System Readiness Levels (SRLs)
5. CADMID Concept, Assessment, Demonstration, Manufacture, In service, Disposal (Life Cycle mnemonic)



شکل ۱: نمودار V شکل در مهندسی سیستم

o موارد تجاری

o ارتباط با ذینفعان

- بهبود برنامه‌ریزی طرح از طریق پرداختن به تمامی نیازهای ترتیبات سیستمی مرتبط
- اطلاعات برای تضمین بلوغ سیستم از طریق استفاده از ابزار خودارزیابی
- بیان قابل تمیزی از بلوغ

### ۳-۳- چگونه بکارگیری می‌شوند؟ سطوح آمادگی سیستمی (SRLs)

در یک طرح در دست اکتساب، از یک ماتریس برای تحلیل خروجی‌های SRL استفاده می‌شود. این تحلیل منجر به درک این موضوع می‌شود که چه خروجی‌های دیگری مورد نیازند تا بلوغ حاصل گردد.

سطوح آمادگی سیستمی (SRLs) در طرح‌ها بایستی مشخص شوند تا بتوان بلوغ را در طی یک ترتیب نظام‌مند (از قبیل آموزش، ایمنی، شرایط محیطی و یا قابلیت

### ۳-۱- چه موقع از سطوح آمادگی سیستمی استفاده می‌شود؟

اساساً مدیران طرح بایستی سطح آمادگی سیستمی طرح را همواره بر مبنای مرحله CADMID درک نمایند. در هر حال سطوح آمادگی سیستمی مبتنی بر شواهد بوده و همچنین اطمینان از طرح در نقاط تصمیم‌گیری کلیدی را به ما اطلاع‌رسانی می‌کنند. برای حرکت از میان دروازه اولیه، بایستی شواهد در دسترس باشند تا نشان دهند که طرح به اندازه کافی به بلوغ رسیده است.

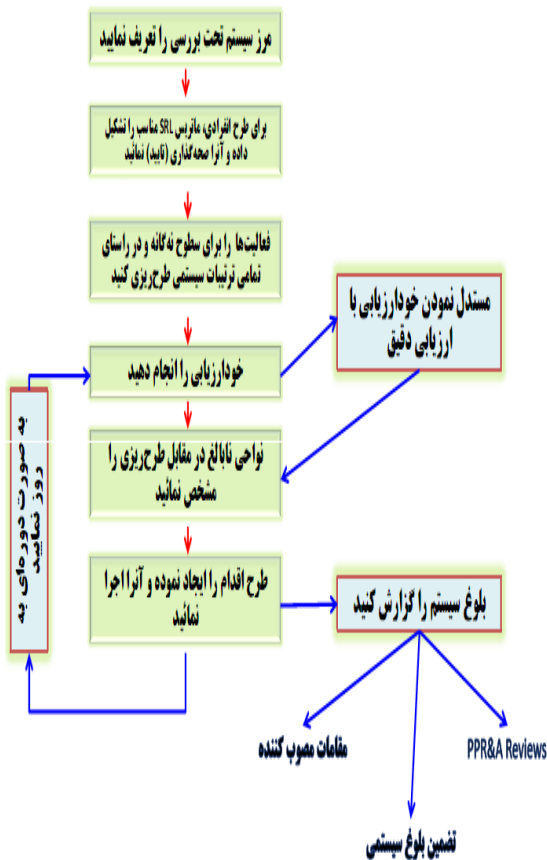
### ۳-۲- چرا از سطوح آمادگی سیستمی (SRLs) استفاده می‌شود؟

در یک طرح، سطوح آمادگی سیستمی (SRLs) موارد زیر را فراهم می‌کنند:

- یک زبان مشترک برای:
- o طرح‌ریزی فناوری

## ۲-۴- فرآیند سطح آمادگی سیستمی (SRL)

نمودار زیر به طرح کلی فرآیند برای بکارگیری SRLs و هدایت یک ارزیابی SRL می‌پردازد:



شکل ۲: فرآیند بکارگیری SRL در یک طرح

## ۳-۴- سطوح آمادگی سیستمی چگونه استفاده می‌شوند؟

برای بکارگیری سطوح آمادگی سیستمی در یک طرح، سیستم ابتدا تعریف شده و سپس یک ماتریس SRL متناسب با طرح ایجاد می‌گردد و در ادامه شواهد لازم به منظور پیشرفت هر یک از ترتیبات سیستمی، شناسایی می‌شوند.

### تعریف سیستم:

اطمینان و نگهداری) دنبال نمود و یک ابزار(ماتریس) ساده جهت خود ارزیابی آماده خواهد شد. این ابزار یک نقطه شروع خواهد داشت و می‌توان آنرا بطور سفارشی آماده نمود تا برای تمامی طرح‌ها با مبنای سازگار مورد استفاده قرار گیرد. این ماتریس، طرح را در طول یک مجموعه ترتیبات نظام‌مند مورد ارزیابی قرار می‌دهد. هر یک از سطوح آمادگی سیستمی نه‌گانه به خروجی خاصی از ترتیبات نظام‌مند از قبیل آموزش، ایمنی، شرایط محیطی و یا قابلیت اطمینان و نگهداری، همراستا خواهند شد.

## ۴-۳- آموزش سطوح آمادگی سیستمی

جهت آشنائی و استفاده مجریان طرح با مفهوم سطوح آمادگی سیستمی، ارائه کارگاه‌های آموزشی خاص در زمینه مدیریت فناوری، از جمله استفاده از سطوح آمادگی سیستمی (SRLs) و سطوح آمادگی فناوری (TRLs) و رهنگاشت فناوری ضروری است. کارگاه‌های آموزشی را می‌توان برای تیم‌های فرد یا گروه‌های دیگر طراحی و اجرا کردند.

## ۴-۲- بکارگیری سطوح آمادگی سیستمی (SRLs)

### ۴-۱- سطوح آمادگی سیستمی در کجا استفاده می‌شوند؟

سطوح آمادگی سیستمی (SRLs) برای تمامی طرح‌های اکتساب تجهیزات، قابل استفاده‌اند. این مقادیر طوری انتخاب شده‌اند تا بتوانند به کارکنانی که در بخش سنجش و ارتباط بلوغ سیستمی طرح کار می‌کنند کمک نمایند.

اگر از سطوح آمادگی سیستمی (SRLs) استفاده نشود آنگاه مجبور خواهیم شد برای نمایش ارزیابی بلوغ از الگوی مقاوم و یکسان در طرح‌ها استفاده شود.

سطوح آمادگی سیستمی (SRLs) مطلق نبوده و توصیفی هستند چنانکه ترتیبات نظام‌مند(از قبیل آموزش، ایمنی، شرایط محیطی و یا قابلیت اطمینان و نگهداری) ممکن است نرخ پیشرفت متفاوتی در سیستم‌های مختلف نتیجه دهند.

• بصورت واضح سیستم را توصیف نمائید. مخصوصاً به تعریف مرزهای سیستم توجه شود و هرگونه مفروضات و قیود بیان شوند. پیشنهاد می‌گردد که سطوح آمادگی سیستمی که برای طرح بکارگرفته می‌شوند از روی الزامات کاربر بدست آیند. بعنوان مثال سیستم را همانطوری تعریف کنید که توسط مقامات مصوب کننده طرح تعریف شده است.

#### ۴-۴ تولید یک ماتریس SRL متناسب با طرح

• طرح‌های انفرادی بایستی تمامی ترتیبات سیستمی داخل ماتریس عمومی SRL را دنبال نمایند. اگر موردی می‌بایست مستثنی شود استدلال قوی و واضح مطابق با PTG-AA2b لازم خواهد بود. رعایت ترتیبات پیشران‌های مهندسی سیستم (SED) ضروری خواهد بود [۲۱].

ترتیبات سیستمی اضافی که جهت تحویل موفقیت‌آمیز طرح مهم و کلیدی می‌باشند، بایستی به ماتریس مخصوص SRL طرح افزوده گردند. PTG-AA2b می‌تواند توصیه بیشتر ارائه دهد [۲۱].

• ماتریس مخصوص SRL طرح، بایستی با استفاده از نظر همکار متخصص، مستقل از ورودی اصلی اعتباردهی شود. به عنوان مثال گروه‌های حمایتی صنعت یا Dstl فعال شوند. شواهد لازم به منظور پیشرفت هر یک از ترتیبات سیستمی شناسائی گردند.

ماتریس مخصوص SRL یک طرح، دارای خروجی‌های کلیدی برای هر یک از ترتیبات سیستمی است و لذا نیازمند این است که این خروجی‌ها تحصیل شده و زمان تحویل بموقع آنها در داخل برنامه مدیریت عمر طرح منظور گردند.

• هنگامی که ماتریس مخصوص SRL تولید و اعتبار آن تایید شد، آنگاه بایستی از اطلاعات آن در برنامه‌ریزی عمر استفاده گردد.

• تیم می‌تواند نظارت و ارزیابی پیشرفت را با کمک ماتریس SRL شروع کرده و از آن به منظور برنامه‌ریزی طرح و قادر ساختن در نشان دادن ریسک و خطرات استفاده نماید.

#### ۵-۴- دستیابی به سطوح آمادگی سیستمی:

##### ماتریس عمومی SRL

جهت دستیابی به SRLs، خروجی‌های کلیدی از یک طرح اکتساب تجهیزات، مورد تحلیل قرار می‌گیرند، بطوری که درکی از فعالیت مورد نیاز برای بلوغ طرح را مهیا سازند. اینکار با استفاده از یک ماتریس از طریق خودارزیابی، برای تصرف خروجی‌های کلیدی پذیرفته شده انجام شده و خواهیم فهمید که چگونه آنها با گذشت زمان به بلوغ می‌رسند. ابزار خودارزیابی self assessment tool در دسترس بوده و از آن کمک گرفته می‌شود [۱۲].

با توجه به شکل ۳ در ماتریس عمومی SRL، هر یک از سطوح یک تا نه سطوح آمادگی سیستمی، به خروجی‌های کلیدی که برای دستیابی به ترتیبات سیستمی مورد نیاز هستند شکسته می‌شوند. این موارد عبارتند از:

- پیشران‌های مهندسی سیستم
- آموزش
- ایمنی و محیط‌زیست
- قابلیت اطمینان و نگهداری
- یکپارچه‌سازی عوامل انسانی
- نرم‌افزار
- سیستم‌های اطلاعات
- صلاحیت
- نواحی مخصوص طرح

رئوس مطالب ماتریس عمومی SRL در نمودار زیر نشان داده شده است:

می‌توان در موارد ضروری برای مقایسه‌ی استوار و محکم بین بلوغ انواع مختلف سیستم‌ها استفاده نمود. مفاهیم "بلوغ" و "آمادگی" در سیستم‌های مهندسی دارای اهمیت خاص هستند چونکه بایستی قادر باشیم تا آمادگی سیستمی را که برای هدف خاصی تعریف شده است ارزیابی نمائیم. بلوغ یک سیستم، کلیدی برای تعیین خطرات (ریسک)های مربوط به توسعه، بهره برداری، پیشرفت و نهایتاً دستیابی به محصول ساخته شده است.

## ۶- منابع و مراجع

- [1] Shishkio, R., D.H. Ebbeler, and G. Fox. "NASA Technology Assessment Using Real Options Valuation." *Systems Engineering* 7, No. 1 (2003): 1-12.
- [2] GAO. "Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes." In *The Defense Acquisition System*, edited by United States General Accounting Office: GAO/NSI-AD-99-162, July 30, 1999.
- [3] Sauser, B.J., D. Verma, J. Ramirez-Marquez, and R. Gove. "From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels." *Conference on Systems Engineering Research*, April 7-8. Los Angeles, CA 2006
- [4] Dowling, T., and T. Pardoe. "Timpa - Technology Insertion Metrics Volume 1." Edited by Ministry of Defense: QinetiQ, 2005.

## سطوح آمادگی فناوری



شکل ۳: نمونه‌ای از ماتریس عمومی SRL

## ۵- نتیجه‌گیری

سطوح آمادگی فناوری (LRT) بعنوان یک شاخص نظام‌مند برای شناسایی بلوغ فناوری‌های خاص بطور گسترده استفاده شده و اجازه می‌دهند تا یک مقایسه استوار و محکم بین بلوغ انواع مختلف فناوری‌ها صورت پذیرد. در این مقاله ابتدا سطوح آمادگی فناوری معرفی و بر اساس نقائص مطرح شده، نشان داده شد که تعریف مفاهیم فراگیرتر از آن که بتواند نقش یک فناوری مستقل را در یک سامانه‌ای که متشکل از چندین فناوری که اثر متقابل روی یکدیگر دارند تحلیل نماید، لازم خواهد بود. سپس بمنظور نشان دادن وابستگی‌های مرتبط در سطح سامانه‌ی عملیاتی، مفهوم سطوح آمادگی سیستمی (LRS) معرفی گردید و تشریح گردید. در مهندسی سیستم، یک سطح آمادگی فناوری امتیاز بین یک تا ۹ است که بلوغ یک طرح سیستمی در چرخه‌ی عمر اکتساب طرح که بنام نمودار V شکل معروف است را نشان می‌دهد. ابزار LRS یک روش معمول برای محاسبه‌ی این نمره را ارائه می‌دهد و از آن

ment Lifecycle, 7th Annual Conference on Systems Engineering Research 2009 (CSER 2009)

[12] "System Readiness Levels (SRLs)", AOF Technology Management Policy, Information and Guidance on the Technology Management aspects of UK MOD Defense Acquisition version 1.0.1, available at:

[http://www.aof.mod.uk/aofcontent/tactical/techman/content/srl\\_whatthey.htm](http://www.aof.mod.uk/aofcontent/tactical/techman/content/srl_whatthey.htm) (accessed 29th November 2008). (September 2008)

[5] Mankins, J.C. "Approaches to Strategic Research and Technology (R&T) Analysis and Road Mapping." Acta Astronautica 51, no. 1-9 (2002): 3-21.

[6] Meystel, A., J. Albus, E. Messina, and D. Leedom. "Performance Measures for Intelligent Systems: Measures of Technology Readiness." PERMIS '03 White Paper, 2003.

[7] Smith, J.D. "An Alternative to Technology Readiness Levels for Non-Developmental Item (Ndi) Software." Paper presented at the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii 2005.

[8] Cundiff, D. "Manufacturing Readiness Levels (MRL)." Unpublished white paper, 2003.

[9] Moorehouse, D.J. "Detailed Definitions and Guidance for Application of Technology Readiness Levels." Journal of Aircraft 39, no. 1 (2001): 190-92.

[۱۰] فولادی، قاسم. "راهنمای استفاده از سطوح آمادگی فناوری" انتشارات مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی - مرکز آینده پژوهی علوم و فناوری دفاعی - خرداد ۱۳۸۷ - ص ۵۷

[11] Tetlay. A. and John. P., Determining the Lines of System Maturity, System Readiness and Capability Readiness in the System Develop-