

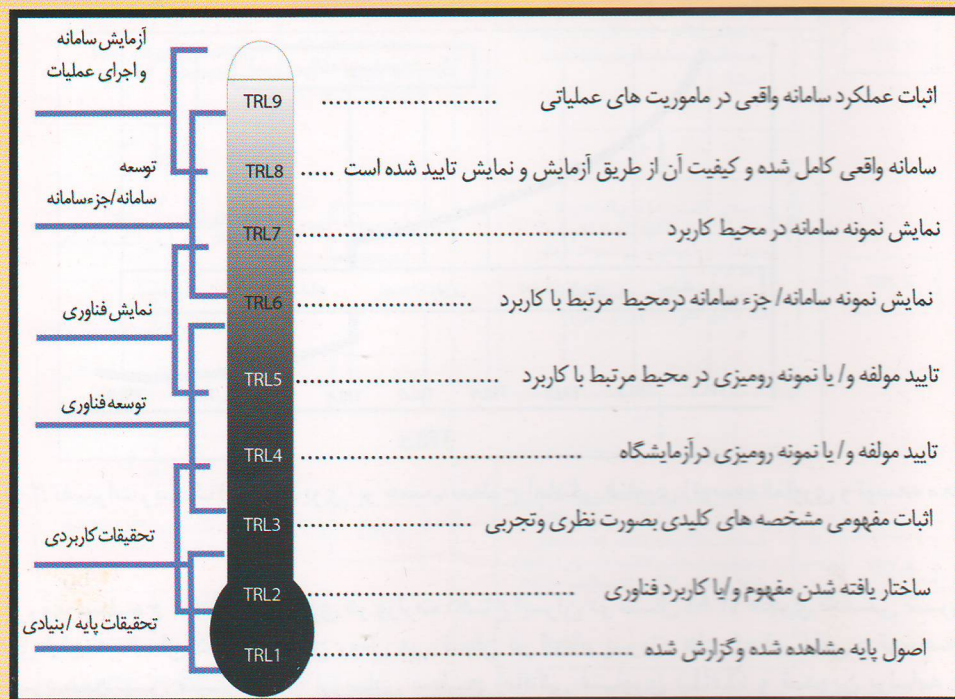
فصل دوم: تاریخچه و تعریف سطوح آمادگی فناوری (Technology Readiness Levels-TRLs)

۲-۱- تاریخچه:

یکی از معیارهایی که جهت سنجش آمادگی و بلوغ فناوری‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، سطوح آمادگی فناوری (TRLs) است. در سال ۱۹۹۵، منکینز این سطوح را تا ۹ سطح توصیف کرد. از آن سال به بعد سازمان ناسا از این ابزار در ارزیابی سطح آمادگی و بلوغ فناوری‌ها در برنامه توسعه فناوری خود استفاده نمود.

جدول ۲-۱: تعریف سطوح آمادگی فناوری توسط منکینز (۱۹۹۵)

توصیف	سطح آمادگی فناوری
این پایین ترین سطح بلوغ فناوری است. در این سطح، تحقیقات علمی به منظور انتقال به تحقیقات کاربردی و توسعه شروع می شود.	۱- اصول پایه مشاهده و گزارش شده
وقتی اصول فیزیکی پایه مشاهده شد، در سطح بلوغ بعدی، کاربردهای عملی این مشخصه‌ها را می توان شناسایی کرد. در این سطح، کاربرد ها هنوز ذهنی و گمانی هستند و تجزیه و تحلیل مفصل در خصوص اثبات آنها صورت نگرفته است	۲- فرموله شدم مفهوم و/ یا کاربرد فناوری
در این مرحله از فرآیند بلوغ، تحقیق و توسعه فعال شروع می شود. این فعالیت باید شامل مطالعات تحلیلی و مطالعات آزمایشگاهی به منظور اثبات نتایج مطالعات تحلیلی باشد. این مطالعات و آزمایشات باید کاربرد ها و مفاهیم فرموله شده در سطح ۲ را اثبات نماید.	۳- اثبات مفهومی مشخصه های کلیدی بصورت نظری و تجربی
مولفه های اصلی فناوری مذکور باید یکپارچه گردند تا نشان داده شود که اجزا با یکدیگر کار می کنند و عملکرد مورد نظر را در محیط آزمایشگاه مهیا می سازند. اجزا به صورت موقتی و مجزا به صورت دستی روی میز آزمایشگاه به هم وصل شده اند.	۴- تایید مولفه و/ یا بردبرد در محیط آزمایشگاه
مولفه های اصلی فناوری باید بر عناصر واقعی متکی شده به گونه ای که بتوان کل کاربردها را در سطح مولفه ها، زیر سیستم ها و سیستم، در یک محیط شبیه سازی شده تست نمود.	۵- تایید مولفه و/ یا بردبرد در محیط مرتبط با کاربرد
مدلی از سیستم یا نمونه اولیه ای از آن در یک محیط مرتبط تست می شود. در صورتی که محیط مرتبط یک محیط فضایی باشد، می بایست مدل یا نمونه در فضا به نمایش گذاشته شود.	۶- نمایش مدل سیستم/ زیر سیستم یا نمونه در محیط مرتبط با کاربرد
نمونه ایی از سیستم واقعی باید در محیط واقعی به نمایش گذاشته شود. این نمونه باید نزدیک به سیستم عملیاتی اصلی و یا در مقیاس همانند آن باشد و در محیط عملیاتی تست گردد.	۷- نمایش نمونه سیستم در محیط عملیاتی
غالباً این مرحله نمایانگر پایان توسعه سیستم برای بیشتر عناصر فناوری است. در این حالت فناوری جدید با سیستم موجود یکپارچه شده است.	۸- بررسی کیفیت سیستم واقعی کامل شده از طریق تست و نمایش
در این مرحله عیب و ایرادهای احتمالی برطرف می گردد.	۹- اثبات عملکرد سیستم واقعی در مأموریت های عملیاتی

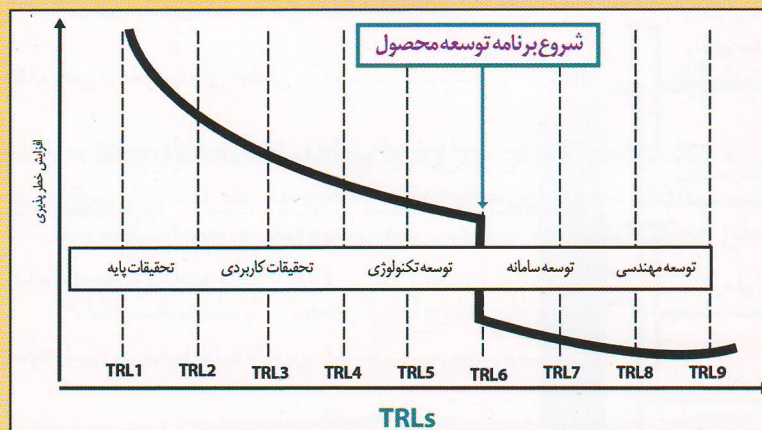


شکل ۲ - ۱ سطوح آمادگی فناوری ارائه شده توسط ناسا

در ۱۹۹۵، در قالب مقاله ای با عنوان "سطوح آمادگی فناوری در ناسا" پیشنهاد استفاده از این سطوح در صنایع و فناوری های مختلف مطرح شد و پیرو آن سازمان حسابرسی ایالات متحده در قالب یک گزارش رسمی، دستور العمل استفاده از سطوح آمادگی فناوری را در صنایع و بخش خصوصی ابلاغ کرد. هدف از این کار، کاهش ریسک پروژه های فناوری و تعدیل هزینه های ناشی از آزمون فناوری ها و پروژه های ارتقای فناوری آمریکا بود. در این راستا، نیروی هوایی آمریکا به بررسی اهمیت این ابزار پرداخت و با مطالعه بر روی ۳۳ پروژه بزرگ دفاعی و غیردفاعی به این نتیجه رسید که: برای داشتن یک ریسک (خطرپذیری) قابل قبول برای شروع برنامه (پروژه) توسعه محصول، فناوری ها باید سطح ۶ آمادگی را پشت سر گذاشته باشند، در غیر این صورت ریسک برنامه بسیار بالا خواهد بود. این امر ناشی از این واقعیت است که وقتی فناوری سطح آمادگی ۶ را پشت سر می گذارد مخاطره به شدت کاهش می یابد. این تحقیق نشان می دهد که وقتی فناوری در سطوح آمادگی ۳ و ۴ قرار دارد هزینه نسبت به حالتی که فناوری در سطح آمادگی ۷ باشد حدود ۷۵ درصد افزایش می یابد.

سطوح آمادگی فناوری

(Technology Readiness Levels-TRLs)

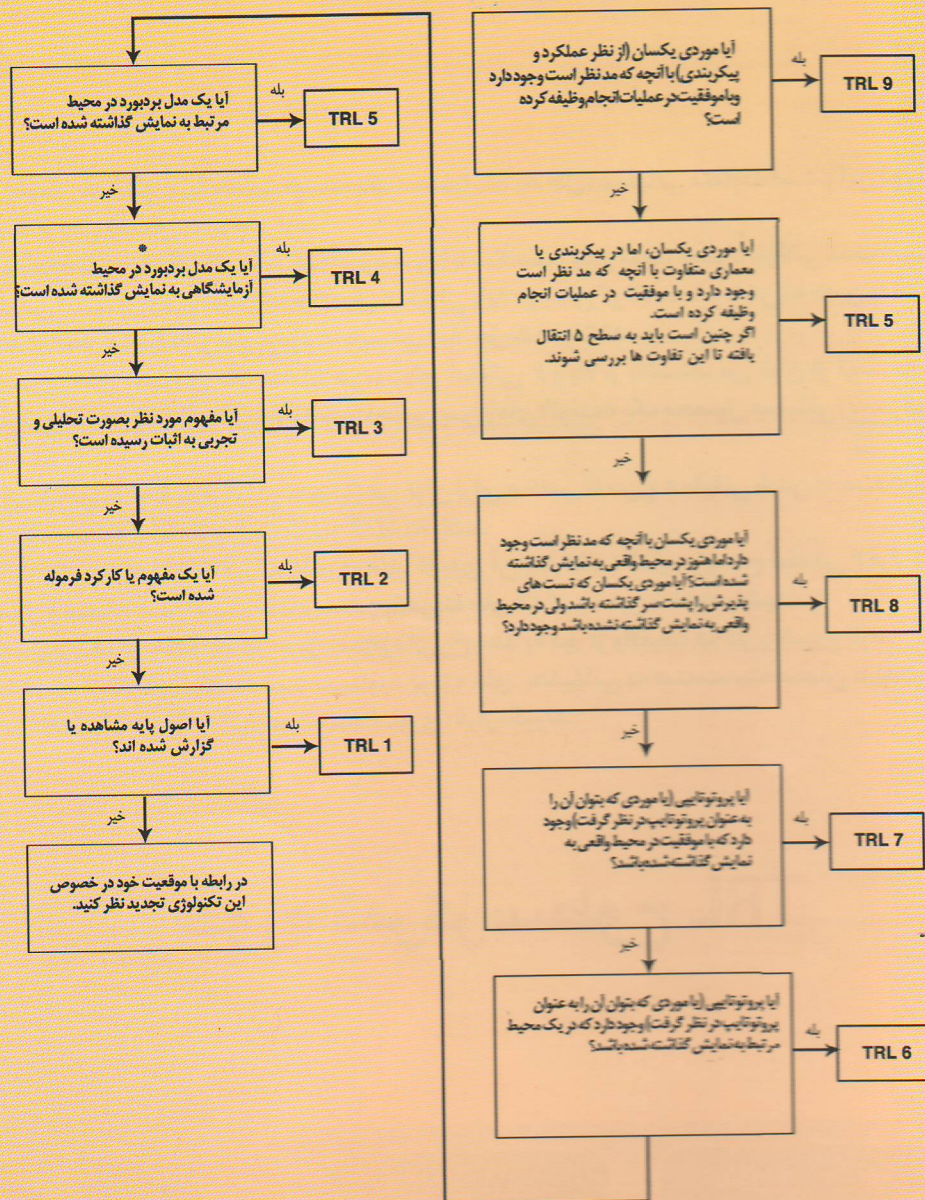


شکل ۲-۲: تغییرات ریسک (خطرپذیری) بر حسب سطوح آمادگی فناوری (توسعه فناوری و توسعه محصول)

مطالعه بر روی سطوح آمادگی فناوری در وزارت دفاع ایران در سال ۱۳۸۱ هجری شمسی شروع شد. بررسی های اولیه نشان داد که از این روش می توان در انجام پروژه های تحقیقاتی و توسعه صنعتی استفاده کرد. همچنین شیوه نامه ارزیابی سطح آمادگی فناوری (TRL) و تدوین برنامه ی بلوغ فناوری (Technology Maturation Plan-TMP) به منظور مواجهه فعال با انواع ریسک ها، در ابتدای هر پروژه یا شروع هر مرحله از اجرای پروژه و افزایش ضریب موفقیت در کسب نتایج، از اسفند ۱۳۹۳ در دستور کار وزارت نفت قرار گرفته است.

فصل سوم: فرایند تعیین سطح آمادگی (بلوغ) یک فناوری

برای آن که بتوان سطوح آمادگی فناوری را در یک پروژه با موفقیت مورد استفاده قرار داد لازم است برای هر یک از سطوح، تعاریف خاص، قابل سنجش و مرتبط با پروژه ایجاد کرد. این تعاریف باید مورد توافق ذینفعان پروژه باشد. اکنون بایستی سوالاتی را به ترتیب طرح کرد که با جواب دادن به آنها بتوان سطح آمادگی یک فناوری را تعیین نمود. این فرایند به طور مفصل در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل ۳-۱: فرایند تعیین سطح آمادگی یک فناوری

* نمایش نمونه ساخته شده: آزمایشگاهی (بردبورد)، برس بورد، پروتوتایپ و مهندسی محیط تست: محیط آزمایشگاه، محیط مرتبط، محیط واقعی یا تست میدانی، بکار گرفته شده در عملیات واقعی

سطوح آمادگی فناوری

(Technology Readiness Levels-TRLs)

خلاصه

- ۱ - ماهیت توسعه یک فناوری با ماهیت توسعه یک محصول (یا راه حل) عملیاتی متفاوت است و این دورانی می توان با یک روش مدیریتی یکسان مدیریت کرد.
- ۲ - پروژه توسعه فناوری ممکن است به نتیجه برسد و یا با شکست روبرو شود، معمولاً طولانی مدت است. این یک امر کاملاً طبیعی است. پروژه توسعه یک محصول عملیاتی باید در زمان کوتاه مدت و با هزینه معین به نتیجه برسد. مسائل و دغدغه های فناورانه در این پروژه ها بایستی قبلاً حل شده باشند.
- ۳ - اگر فناوری های کلیدی یک سامانه در سطح آمادگی ۶ و بالاتر باشند، می توان از توسعه محصول (سامانه عملیاتی) سخن گفت، در غیر این صورت چنین پروژه ای (توسعه یک محصول عملیاتی) به سرانجام مورد انتظار نمی رسد.
- ۴ - محصول یک پروژه تحقیقاتی را در صورتی می توان برای صنعتی شدن و عملیاتی شدن به صنعت منتقل کرد که توانسته باشد سطح ۶ آمادگی را پشت سر گذاشته باشد.
- ۵ - هیچگاه از یک پروژه تحقیقاتی که فناوری های کلیدی آن بالغ نشده اند و در سطح آمادگی ۶ قرار نگرفته اند، انتظار محصول و سامانه عملیاتی در کوتاه مدت و با هزینه های اندک و معین نداشته باشید.
- ۶ - نباید به امید آنکه در وسط برنامه/پروژه معجزه ای رخ دهد به دور از واقعیت ها کار را شروع کرد.
- ۷ - برای اطمینان از انتقال موفقیت آمیز دستاورد پروژه های تحقیقاتی به صنعت، متخصصان صنعت بایستی از TRL ۳,۴ در کنار تیم تحقیقاتی (توسعه دهنده فناوری) قرار بگیرند.

حوزه تمرکز سطوح TRL

