

به نام خدا

راهنمای تعیین سطح آمادگی فناوری

سطوح آمادگی فناوری (Technology Readiness Levels) یا به اختصار TRL معیاری برای ارزیابی تکامل یک فناوری در فرایند توسعه است. این سطوح از سطح ۱ (ایده اولیه) تا سطح ۹ (فناوری عملیاتی) دسته‌بندی می‌شوند. فایل راهنمای زیر با ارائه توضیح و یک مثال مشترک، به شما کمک می‌کند تا TRL طرح خود را تعیین کنید و اهمیت این موضوع از آن جهت است که طرح شما به درستی و هم‌تراز با طرح‌های هم سطح خودتان ارزیابی و امتیازدهی شود.

TRL 1 شکل‌گیری ایده و مطالعات پایه	
توضیح	تصور کنید ایده تولید "یک دستگاه پوشیدنی برای مانیتورینگ قند خون به صورت غیرتهاجمی" در ذهن شما شکل می‌گیرد. در این مرحله شما به جستجو در میان کتاب‌ها، مقالات، پتنت‌ها، تجربیات و... می‌پردازید و تحقیقات پایه‌ای حول مفاهیم علمی مرتبط با ایده خود انجام می‌دهید.
مثال	تحقیقات گسترده و پراکنده شما نشان می‌دهد تابش خاصی از نور می‌تواند میزان گلوکز را از طریق پوست تشخیص دهد!

TRL 2 تدوین مفهوم فناوری	
توضیح	حال به جمع‌بندی یافته‌های نظری می‌پردازید و مفاهیم علمی و ساختاری به دست آمده را روی کاغذ به تصویر می‌کشید. در این مرحله شما یک نمای کلی از ایده خود به همراه ابعاد و اندازه دستگاه و نقشه فنی اولیه رسم می‌کنید و مفاهیم نظری را در کنار آن قید می‌کنید.
مثال	با استفاده از دانش به دست آمده از سطح ۱ یک روش احتمالی برای اندازه‌گیری قند خون با استفاده از نور مادون قرمز تدوین کردید!

TRL 3 اثبات عملی بودن مفهوم فناوری	
توضیح	اکنون با انجام یک آزمایش اولیه نشان می‌دهید که مفهوم علمی شما امکان‌پذیر است.
مثال	یک پروتوتایپ بسیار ابتدایی ساخته‌اید که روی پوست مصنوعی آزمایش شده و تغییرات گلوکز را به صورت محدود اندازه‌گیری می‌کند.



TRL 4 تایید فناوری در محیط آزمایشگاهی	
توضیح	پس از تکمیل پروتوتایپ اولیه، در آزمایشگاه به صورت کنترل شده روی نمونه انسانی به بررسی عملکرد اجزا و زیرسیستم‌های فناوری خود می‌پردازید تا از صحت عملکرد و همچنین نواقص احتمالی آن آگاه شوید.
مثال	نمونه اولیه دستگاه را روی داوطلبین در شرایط آزمایشگاهی آزمایش کرده‌اید و داده‌هایی درباره دقت اندازه‌گیری جمع‌آوری کرده‌اید.

TRL 5 تایید فناوری در محیط شبیه‌سازی شده	
توضیح	فناوری در شرایطی که محیط واقعی را شبیه‌سازی می‌کند، مورد آزمایش قرار می‌دهید.
مثال	دستگاه را در محیط شبیه‌سازی شده کلینیک، همراه با متغیرهایی مانند دما، رطوبت و فعالیت بیماران مورد آزمایش قرار می‌دهید.

TRL 6 اثبات اولیه در محیط واقعی	
توضیح	نمونه اولیه را در یک محیط عملیاتی واقعی آزمایش می‌کنید. این مرحله به ارزیابی عملکرد فناوری در دنیای واقعی کمک می‌کند.
مثال	دستگاه پوشیدنی شما در زندگی روزمره بیماران واقعی استفاده شده و داده‌های اولیه جمع‌آوری شده است.

TRL 7 نمایش نمونه اولیه در محیط عملیاتی	
توضیح	دستگاه در محیط واقعی به طور کامل به کار گرفته شده و آزمایش‌های گسترده‌تری روی آن انجام می‌شود.
مثال	دستگاه شما در یک کلینیک یا بیمارستان برای گروه بزرگی از بیماران تحت نظارت کامل مورد استفاده قرار گرفته است.



TRL 8 سیستم کامل و تایید شده	
توضیح	دستگاه به طور کامل توسعه یافته و آماده استفاده در محیط واقعی است. تمامی آزمایش‌ها و تأییدیه‌های لازم دریافت شده است.
مثال	دستگاه شما تأییدیه‌های قانونی و استانداردهای پزشکی لازم را دریافت کرده و آماده تولید انبوه است.

TRL 9 فناوری عملیاتی	
توضیح	دستگاه به طور کامل عملیاتی شده و در شرایط واقعی در سطح کشور و دنیا مورد استفاده قرار گرفته است.
مثال	دستگاه شما اکنون به طور گسترده در بازار موجود است و توسط بیماران در سراسر ایران و جهان استفاده می‌شود.