دریافت: ۱۸ آبان ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۲ بهمن ۱۴۰۴ صفحات ۱۳۵ الی ۱۵۶

سبک توسعه و اکتساب فناوری پایش ناحیه گسترده سیستم‌های قدرت

علیرضا شیخی فینی[۱۱]، زهرا مدیحی بیدگلی[۲]، علیرضا اسدی[۳]

۱- استادیار گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم قدرت، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران
۲- پژوهشگر گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم قدرت، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران
۳- استادیار گروه آینده نگاری و سیاست‌پژوهی، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران

چکیده:

این پژوهش با هدف تبیین و تحلیل سبک‌های توسعه و اکتساب فناوری برای سامانه پایش ناحیه گسترده در سیستم‌های قدرت (WAMS) انجام شده است. با توجه به پیچیدگی شبکه‌های قدرت، رشد بار الکتریکی و ضرورت افزایش قابلیت اطمینان و پایداری، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین پایش و کنترل به‌ویژه واحدهای اندازه‌گیری فازوری (PMU) به ضرورتی راهبردی در صنعت برق تبدیل شده است. پژوهش حاضر ضمن مرور مدل‌های معتبر انتخاب روش اکتساب فناوری شامل مدل‌های مگانتز، رابرت و بری، فورد، کیه‌زا و مانزینی، گیلبرت و آراستی، معیارها و عوامل مؤثر بر انتخاب شیوه‌های مناسب انتقال و توسعه فناوری را استخراج و طبقه‌بندی نموده است. سپس با استفاده از تحلیل چرخه عمر فناوری، حجم بازار و شکاف فناورانه الگویی بومی برای انتخاب سبک اکتساب فناوری در سامانه پایش ناحیه گسترده ارائه می‌شود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که در مراحل اولیه توسعه فناوری، رویکرد تحقیق و توسعه داخلی و در مراحل بلوغ و گسترش، رویکردهای مشارکتی و انتقال فناوری مناسب‌تر است. در نهایت، ماتریس جذابیت–توانمندی به‌عنوان ابزار تصمیم‌سازی برای تعیین راهبرد مناسب توسعه فناوری‌های اولویت‌دار در صنعت برق کشور معرفی گردیده است.

کلیدواژه‌ها: اکتساب فناوری، توسعه فناوری، سامانه پایش ناحیه گسترده، واحد اندازه‌گیری فازوری، سیستم‌های قدرت هوشمند.

[۱]. نویسنده مسئول

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

۱- مقدمه

در شبکه‌های قدرت امروزی به دلیل گستردگی شبکه و وجود بارهای حساس و حاشیه کم امنیت سیستم و رزرو آن، حفظ امنیت و قابلیت اطمینان سیستم امری پرچالش و ضروری است [۱]. توسعه شبکه‌های امروزی به سمت شبکه‌های هوشمند و لزوم استفاده از فناوری اطلاعات و سیستم‌های مخابراتی، پایش‌های سنتی را برای حفظ امنیت سیستم به چالش کشانده و لزوم استفاده از سیستم‌های پایش و کنترل مدرن شبکه‌های قدرت در برابر حوادث به خصوص حوادث سخت و نادر که منجر به خاموشی‌های سراسری می‌شود، ضروری می‌سازد [۲]. این مهم خود حضور فناوری پایش ناحیه گسترده را ایجاب می‌نماید. در این راستا بایستی برای ورود، توسعه و بلوغ این فناوری در صنعت برق کشور مطالعه صورت گیرد [۳].

به منظور تصمیم‌گیری درباره نحوه اکتساب فناوری به طور معمول معیارها و عواملی دخیل هستند که باید طی فرآیند انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری، مدنظر قرار گیرند. این معیارها و عوامل اغلب ناظر بر ویژگی‌های فناوری، دارنده فناوری، ویژگی‌ها و اهداف گیرنده فناوری، بازار و شرایط محیطی هستند. از طرف دیگر به صورت کلی سه سبک برای توسعه فناوری و اکتساب آن وجود دارد که عبارت‌اند از:

- توسعه داخلی (درون‌زای) فناوری
- توسعه مشارکتی فناوری (همکاری فناورانه)
- انتقال فناوری

در این مقاله، سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار سامانه پایش ناحیه‌گسترده (WAMS) با توجه به مجموعه معیارهایی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- تشریح مدل سبک اکتساب فناوری

قبل از تصمیم‌گیری برای اعطای امتیاز فناوری، باید تمام روش‌های بهره‌گیری از مالکیت‌های معنوی به دقت مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به تنوع و گستردگی روش‌های تبادل فناوری، موضوع انتخاب روش مناسب در ادبیات مدیریت فناوری مورد توجه قرار گرفته و مدل‌های متعددی برای این منظور ارائه شده است. هریک از مدل‌ها از دیدگاه خاصی به این موضوع پرداخته و عوامل مؤثر بر انتخاب روش مناسب را ارائه کرده‌اند. در ادامه، به اختصار شش مدل از مدل‌های انتخاب روش مناسب انتقال فناوری را تشریح می‌کنیم.

مدل مگانتز

یکی از فنون تحلیلی انتخاب روش همکاری فناوری، ترسیم «موقعیت فناوری» در برابر «دارایی‌های مکمل»، همچون سرمایه نقدی، منابع بازاریابی و فروش و توانمندی‌های تولید است. [۴]. در این مدل اگر هم موقعیت فناوری و هم دارایی‌های مکمل قدرتمند باشند، اقدام به تولید و فروش، بهترین استراتژی ممکن است. اما اگر هردو ضعیف باشند، باید دارایی‌های فناوری را فروخت یا واگذار نمود. همچنین اگر موقعیت فناوری قوی، ولی دارایی‌های مکمل ضعیف باشد، دو گزینه مطرح می‌شود: ۱- می‌توان دارایی‌های مکمل را (از طریق توسعه، پیمان استراتژیک یا سرمایه‌گذاری مشترک)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

کسب کرد و نسبت به تولید و فروش محصولات اقدام کرد. ۲- می‌توان امتیاز فناوری مورد نظر را به شرکتی که از دارایی‌های مناسب برخوردار است، اعطا نمود. در نهایت، اگر دارایی‌های مکمل شرکتی قوی، ولی موقعیت فناوری آن ضعیف باشد، می‌توان فناوری مورد نظر را از طریق خرید امتیاز یا ورود به پیمان استراتژیک یا سرمایه‌گذاری مشترک با شرکتی که بتواند فناوری لازم را تأمین کند، به دست آورد.

مدل کیه‌زا و مانزینی

این مدل در ارتباط با انتخاب روش‌های همکاری فناورانه توسعه داده شده است و در آن فاکتورهایی چون هدف از همکاری، قابلیت تعریف مفاد همکاری و آشنایی با فناوری و بازار مورد توجه قرار گرفته‌اند و برای هریک از فاکتورهای تصمیم‌گیری، حالت‌های مختلفی در نظر گرفته شده است. به این ترتیب بر اساس وضعیت شرکت‌های گیرنده و دهنده‌ی فناوری در هر یک از ابعاد، روش یا روش‌های مناسب پیشنهاد شده است [۵].

مدل رابرت و بری

این مدل منحصراً با انتخاب روش مناسب انتقال فناوری در ارتباط نیست، بلکه روش‌های کلی دستیابی به فناوری (از جمله توسعه درون‌زای فناوری) را نیز مورد توجه قرار می‌دهد. در این مدل استراتژی‌های مختلف برای کسب فناوری به منظور ورود به یک تجارت جدید مورد بررسی قرار می‌گیرند. میزان آشنایی شرکت با بازار از یک طرف، و آشنایی با فناوری از طرف دیگر، دو عامل اصلی برای تصمیم‌گیری در مورد روش مناسب دستیابی به فناوری هستند که در این مدل مبنا قرار گرفته‌اند [۶].

مدل فورد

مدل فورد یکی از مدل‌های کلاسیک و پرکاربرد در تحلیل سبک‌های اکتساب فناوری است و به‌ویژه در مطالعات سیاست نوآوری و انتقال فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل بیان می‌کند که اکتساب فناوری فرایندی تدریجی و مرحله‌ای است که سازمان‌ها یا کشورها طی آن از وابستگی به منابع خارجی به سمت توانمندی درونی و نوآوری مستقل حرکت می‌کنند. این مدل معمولاً شامل چند سطح متوالی از انتقال و بومی‌سازی فناوری است که از خرید صرف تا توسعه بومی را دربرمی‌گیرد. مدل فورد تأکید می‌کند که: اکتساب فناوری تنها خرید تجهیزات نیست، بلکه فرایندی یادگیرانه است؛ هدف نهایی، توانمندسازی درونی و ایجاد چرخه یادگیری فناورانه در کشور یا سازمان است و کشورهایی که در مراحل اولیه انتقال باقی می‌مانند، در «دام تقلید» گرفتار می‌شوند و به استقلال فناورانه نمی‌رسند [۷].

مدل گیلبرت

در این مدل روش‌های انتقال فناوری به چهار دسته تقسیم می‌شوند [۸]:

- روش‌های غیرفعال: در این دسته روش‌هایی قرار می‌گیرند که در آن دریافت‌کننده به طور غیرفعال (یک طرفه) فناوری مورد نظر را تحت شرایط خاصی کسب می‌کند. (مثال: روش کلید در دست).
- روش‌های همکاری: در این دسته روش‌هایی قرار دارند که در آن دارنده (دهنده) و گیرنده فناوری در انتقال فناوری نقشی فعال (دوطرفه) ایفا می‌کنند. (مثال: ایجاد واحد تجاری مشترک یا اتحاد).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

- روش‌های ضد رقابتی: این دسته شامل روش‌هایی است که در آن فناوری مورد نیاز بدون اطلاع یا رضایت دارنده کسب می‌شود. (مثال: مهندسی معکوس یا جاسوسی صنعتی).
- روش‌های عمومی: در این دسته دانش یا مهارت مورد نیاز از طریق شرکت در دوره‌های آموزشی یا سمینار، شرکت در دوره‌های کارورزی، بازدید از نمایشگاه‌ها و مواردی از این دست کسب می‌شود.

در انتخاب روش‌های فوق دو عامل اساسی نقش دارند: تمایل و توانایی گیرنده فناوری نسبت با تأمین الزامات دارنده فناوری و کنترل دارنده فناوری بر نحوه استفاده از فناوری توسط گیرنده.

مدل آراستی و همکاران

مدل آراستی بر این اساس بنا شده است که اکتساب فناوری یک تصمیم استراتژیک چندبُعدی است که باید با توجه به نوع فناوری، سطح توانمندی فناورانه، و اهداف توسعه‌ای سازمان یا کشور انتخاب شود. او چهار سبک اصلی اکتساب فناوری را معرفی می‌کند که نشان‌دهنده‌ی میزان وابستگی یا استقلال فناورانه و درون‌زایی یا برون‌زایی یادگیری هستند [۹].

این مدل بر نقش یادگیری سازمانی در فرایند اکتساب فناوری تأکید دارد. انتخاب سبک مناسب باید بر اساس شکاف فناورانه، سطح بلوغ فناوری و اهداف ملی/سازمانی انجام شود. در نتیجه، مدل آراستی نوعی چارچوب تصمیم‌گیری است که نشان می‌دهد هر فناوری را باید متناسب با موقعیت یادگیری، منابع و اهداف استراتژیک با سبکی متفاوت اکتساب کرد.

همانگونه که مشاهده شد، مدل‌های ارائه شده از دیدگاه‌های متفاوت به بررسی عوامل تأثیرگذار بر انتخاب روش انتقال فناوری پرداخته‌اند که بعضی از این عوامل مشترک‌اند. در ادامه به تشریح مدل اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار سامانه پایش، اندازه‌گیری و کنترل ناحیه گسترده پرداخته شده است. بدین منظور در بدو امر به شرح ویژگی‌های کلی مدل پرداخته و سپس مدل نهایی ارائه می‌گردد.

۲-۱ اجزاء مدل اکتساب فناوری

در این قسمت به شرح اجزا و عناصر این مدل و نقش آن‌ها در مدل پرداخته می‌شود:

چرخه عمر فناوری (عام): پرسشی که در گام ابتداییِ مدل انتخاب روش اکتساب فناوری، مطرح می‌شود، این است که فناوری در حالت عام در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار دارد. مطابق با پاسخِ این پرسش، روش برخورد با فناوری تغییر می‌کند. در مدل ارائه شده فراخور وضعیت فناوری در چرخه عمر، سه حالت زیر به وجود می‌آید:

چنانچه معلوم شود فناوری در مرحلهٔ معرفی قرار دارد، "سبک خرید" حذف شده و تنها سبک "تحقیق و توسعه داخلی" و روش همکاری "تحقیق و توسعه مشترک" معنا پیدا می‌کنند. دلیل این امر عدم امکان‌پذیری سبک خرید و برخی دیگر از روش‌های همکاری است [۱۰].

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

اگر فناوری مذکور در مراحل رشد و بلوغ باشد، تصمیم‌گیری منوط به پرسش از حجم بازار خواهد بود که در بند بعدی به آن خواهیم پرداخت.

سرانجام اگر فناوری در مرحله پیری و افول باشد از آنجا که این به معنای معرفی فناوری رقیب در بازار است، پاسخِ پرسش بعدی بدیهی می‌گردد بدین صورت که چرخه عمر محصول نیز در حالت افول قرار می‌گیرد و در نتیجه سبک تحقیق و توسعه حذف می‌گردد، دلیل این کار نیز این است که چرخه عمر فناوری در حالت افول بوده، رقبا در حال خارج شدن از بازار و فروش فناوری هستند از سوی دیگر عاقلانه نیست که بر روی یک فناوری از رده خارج که در سطح بین‌المللی کنار نهاده شده، تحقیق و توسعه انجام شود.

حجم بازار داخل: با توجه به مطالب فوق در حالت‌های مختلفی پرسش از حجم بازار داخل ضرورت پیدا می‌کند. حالت اول متعلق به زمانی بود که فناوری عام در مرحله افول از چرخه عمر خود قرار داشت، حالت‌های دوم و سوم نیز ناظر بر وضعیتی است که طی آن چرخه عمر محصول در بازار بین‌الملل در مرحلهٔ رشد و بلوغ یا افول باشد. پاسخ به این پرسش دو خروجی را به وجود می‌آورد:

حالت اول حکایت از کم بودن حجم بازار داخل داشته و رقم پرداختی بابت خرید آن قابل توجه نیست که در این صورت سبک خرید محصول فناوری پیشنهاد می‌شود.

حالت دوم ناظر بر با ارزش بودن بازار داخلی بوده که در این صورت به دلایلی چون بازار جذاب داخل، لزوم عدم خروج مقادیر بالای ارز از کشور، لزوم افزایش فرصت‌های شغلی در کشور، سبک خرید حذف شده و ادامه فلوچارت از دو حالت زیر خارج نیست:

اولاً زمانی که در سطوح بالاتر مدل، سبک تحقیق و توسعه حذف شده باشد که طی آن روش‌های همکاریِ معنادار مدنظر قرار می‌گیرند و پرسش‌های بعدی بر مبنای آن مطرح می‌شوند.

ثانیاً زمانی که در سطوح بالاتر مدل، سبک تحقیق و توسعه حذف نشده باشد که در این صورت شکاف فناورانه مورد پرسش واقع می‌شود.

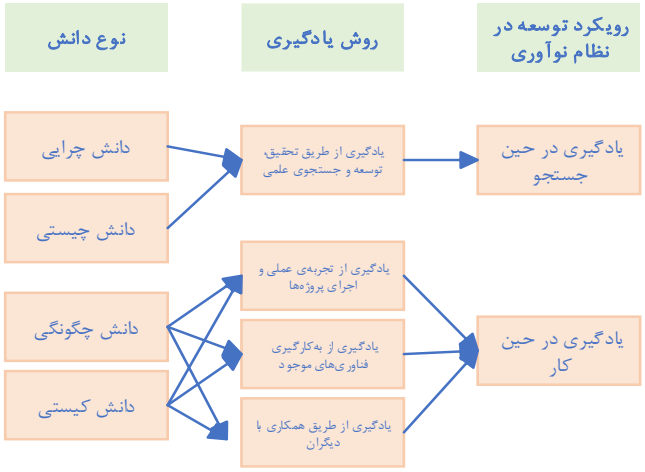
شکاف فناورانه: هدف از طرح این معیار، بررسی امکان تحقیق و توسعه در مسیرهایی است که این سبک از میان روش‌های اکتساب حذف نشده باشد. در صورتی که شکاف فناورانه غیرقابل پوشش باشد، سبک تحقیق و توسعه حذف می‌گردد و چنانچه شکاف فناورانه قابل پوشش باشد، سبک تحقیق و توسعه در کنار روش‌های همکاری معنادار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

به طور کلی نظام‌های نوآوری دارای دو سبک اصلی هستند. سبک "یادگیری بر پایه علم، فناوری و نوآوری (STI[2])" و سبک "یادگیری از طریق انجام، استفاده و تعامل (DUI[3])". تفاوت بین این دو سبک ناشی از تفاوت در روش‌های یادگیری و جریان دانشی موجود در آن‌هاست. از طرف دیگر انواع دانش فناورانه موجود در یک سیستم فناورانه چهار

[2] Science, Technology, and Innovation-based learning
[3] Doing, Using, and Interacting-based learning

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

نوع است: دانش چیستی[۴]، دانش چگونگی[۵]، دانش چرایی[۶] و دانش کیستی[۷]. همچنین انواع روش‌های یادگیری در نظام نوآوری عبارت‌اند از: یادگیری در حین جستجو[۸] (یادگیری از طریق تحقیق، توسعه و جستجوی علمی)، یادگیری در حین انجام کار[۹] (یادگیری از تجربه‌ی عملی و اجرای پروژه‌ها)، یادگیری در حین تعامل[۱۰] (یادگیری از طریق همکاری با دیگران) و یادگیری در حین استفاده[۱۱] (یادگیری از به‌کارگیری فناوری‌های موجود). البته می‌بایست به این موضوع توجه داشت که یادگیری در حین تعامل درصورت وقوع به‌صورت اَشکال زیر به وقوع می‌پیوندد: تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم در حالتی که هیچ‌یک از آنان دانش مورد نظر را ندارد (همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجهی وجود ندارد)؛ تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم که دانش از بازیگر خارجی به بازیگر داخلی جریان می‌یابد. منبع خلق دانش نیز می‌تواند در داخل سیستم و یا خارج از آن باشد. حالت اول خلق دانش (با منبع داخلی)، توسعه‌ی درون‌زا و حالت دوم، انتقال برون‌زای دانش نامیده می‌شود. شکل (۱) رابطه بین انواع دانش، روش‌های یادگیری و سبک‌های نظام نوآوری را نشان می‌دهد.



شکل ۱- رابطه بین انواع دانش، روش‌های یادگیری و سبک‌های نظام نوآوری

[4] Know-What
[5] Know-How
[6] Know-Why
[7] Know-Who
[8] Learning by searching
[9] Learning by doing
[10] Learning by interacting
[11] Learning by using

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

جدول ۱: مقایسه سبک‌های اکتساب فناوری

	یادگیری بر پایه علم، فناوری و نوآوری (STI)	یادگیری از طریق انجام، استفاده و تعامل (DUI)
پیش‌فرض‌ها	یادگیری در حین جستجو	یادگیری در حین انجام کار، استفاده و تعامل
اهداف	افزایش ظرفیت تحقیق و توسعه و افزایش ارتباط بین شرکت‌ها و پژوهشگاه‌ها	افزایش یادگیری سازمانی و افزایش ارتباط بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان
بازیگران اصلی	دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، مؤسسات تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان کوچک، مراکز رشد، صندوق‌های توسعه نوآوری، سرمایه خطرپذیر	شرکت‌های دانش‌بنیان بزرگ، بانک‌ها، شهرک‌های صنعتی، پارک‌های فناوری، شرکت‌های مادر تخصصی، بروکرهای فناوری
ویژگی‌های فناوری	فناوری‌های نوظهور در محصولات	فناوری‌های رشد یافته و بالغ
توانمندی فناورانه	فناوری محصول (توسعه محصول جدید)	فناوری فرآیند تولید
نوع دانش تولید شده	دانش چرایی دانش آشکار و جهانی دانش مبتنی بر علم	دانش چگونگی دانش ضمنی و پنهان و بومی دانش مبتنی بر مهندسی
نحوه ارتباطات	از دانشگاه به صنعت عموماً از داخل به داخل انتقال فناوری افقی	از صنعت به صنعت عموماً از خارج به داخل انتقال فناوری عمودی

هر یک از سبک‌های نظام نوآوری ویژگی‌ها و ملزومات خاص خود را به همراه داشته و در شرایط مخصوص به خود می‌بایست مورد استفاده قرار گیرند که در جدول (۱) آورده شده است.

در اینجا می‌بایست به این نکته توجه گردد که فرآیند یادگیری و نوآوری فناورانه در کشورهای پیشرو در زمینه فناوری با کشورهای در حال صنعتی شدن تفاوت‌های اساسی دارد. بدین‌صورت که در کشورهای پیشرفته تجمیع توانمندی‌های فناورانه از طریق "یادگیری در حین جستجو" اتفاق می‌افتد درحالی‌که این مهم در کشورهای درحال توسعه از طرق "یادگیری در حین انجام کار"، "یادگیری در حین تعامل" و "یادگیری در حین استفاده" شروع و در یک فرآیند گذار به "یادگیری در حین جستجو" تبدیل می‌گردد؛ به عبارت دیگر و براساس سطوح آمادگی فناوری (TRL)، کشورهای پیشرفته به علت در اختیار داشتن دانش بنیادین فناوری براساس سطوح آمادگی فناوری و نیروی متخصص تحقیق و توسعه، مراحل توسعه فناوری را از سطح یک تا نه به ترتیب طی می‌کنند. ولی در کشورهای در حال صنعتی شدن روش

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

منطقی این نیست که با تحقیقات بنیادین به دنبال کسب دانش فنی بنیادین فناوری و سپس تبدیل آن به نوآوری محصول باشند. بلکه می‌بایست مراحل و سطوح آمادگی فناوری را وارونه و از سطح نه به سمت سطح یک حرکت کنند.

با توجه به مطالب فوق در خصوص رویکردهای اکتساب فناوری‌های دو رویکرد DUI و STI وجود دارد که رویکرد DUI برای فناوری‌هایی که چرخه عمر فناوری در مرحله در حال رشد و یا بالغ است، مورد استفاده قرار می‌گیرد و رویکرد STI برای فناوری‌های نوظهور به کار می‌رود.

۳- ارزیابی معیارهای سبک اکتساب

به منظور اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار سامانه پایش، اندازه‌گیری و کنترل ناحیه گسترده معیارهایی از قبیل حجم بازار داخلی، میزان شکاف فناورانه و چرخه عمر فناوری در این قسمت مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بدین منظور اولاً با توجه به نظر خبرگان و ثانیا با توجه به منابع علمی و اطلاعات موجود در کشور میزان اهمیت هر یک از این معیارها برای فناوری‌های اولویت‌دار سامانه پایش، اندازه‌گیری و کنترل ناحیه گسترده مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۳-۱ ماتریس ارزیابی جذابیت و توانمندی

ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی ابزاری است که در شناسایی اولویت‌های فناورانه و اتخاذ استراتژی مناسب نسبت به آن‌ها می‌توان از آن بهره گرفت.در فرآیند تخصیص منابع (ازجمله منابع سرمایه‌ای، انسانی، تجهیزات و تسهیلات فیزیکی) به برنامه‌های راهبردی همواره نوعی رقابت داخلی برای غلبه بر محدودیت منابع وجود دارد [۱۲] در واقع با بهره‌گیری از نتایج به‌دست آمده در ارزیابی جذابیت و توانمندی، جایگاه راهبردی فناوری‌ها تعیین شده و فناوری‌های کلیدی تعیین می‌شوند [۱۳]. اما استفاده از این ابزار نیازمند تعریف و توسعه عوامل و معیارهایی است که امکان ارزیابی چند بعدی و همچنین جامعی را فراهم آورد [۱۴].

مدل‌های ارزیابی فناوری بر اساس چارچوبی دو بعدی شکل گرفته‌اند [۱۸-۱۵]. یکی از ابعاد این مدل‌ها عوامل داخلی را معرفی می‌کند که عمدتاً تحت کنترل بنگاه‌ها (و سازمان‌ها/کشورها) هستند و وابسته به رفتار و تصمیمات آنها هستند. این گروه از عوامل تحت عنوان توانمندی فناورانه شناخته می‌شوند [۲۰,۱۹]. در عواملی که مبین توانمندی‌های مستتر در بنگاه هستند و در جریان منحنی‌های یادگیری و رشد بنگاه در حرکت هستند، به عنوان «توانمندی فناورانه» شناخته می‌شوند [۲۳-۲۱][1]. همچنین عواملی بیرون از سازمان وجود دارند که در ورای کنترل سازمان هستند از جمله این عوامل می‌توان به رفتارمشتری، رقبا، دولت‌ها و دیگر ذی‌نفعان اشاره کرد؛ این عوامل جایگاه فناوری را بیرون از بنگاه تبیین می‌نمایند که تحت عنوان جذابیت[2]

فناورانه مطرح است [۲۴,۱۴]. هکس و مجلوف [۱۳] در مطالعه خود، دومین وظیفه در فرآیند پایش محیطی را ارزیابی میزان جذابیت هر یک از فناوری‌های کنونی شرکت (یا فناوری‌هایی که برای استفاده در محصولات و فرآیندها مد نظر هستند) معرفی می‌کنند. یک فناوری با سطح بالای جذابیت به هنگام کاربردی شدن به‌طور عمدهای وضعیت رقابتی سازمان را بهبود می‌دهد. برای گونه‌شناسی و اتخاذ راهبرد فناوری، می‌بایست جذابیت هر فناوری و توانمندی بنگاه) کشور(در آن به‌صورت توام در نظر گرفته شود. برای این منظور، نمودار جذابیت—توانمندی برای فناوری‌ها ترسیم شده

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

تا بتوان بر اساس آن نسبت به نوع راهبرد مناسب برای آن فناوری تصمیم‌گیری کرد. تحلیل‌های مختلفی بر اساس نمودار جذابیت–توانمندی می‌توان انجام داد که در ارتباط با هر کدام از فناوری‌های موجود در این چهار ناحیه می‌توان رویکردی راهبردی اتخاذ کرد:

ناحیه۱): فناوری‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند از جذابیت بالایی برخوردار نبوده و توانمندی شرکت نیز در آنها پایین است. این فناوری‌ها غیر ضروری هستند؛ راهبرد مناسب شرکت واگذاری به شرکت‌های دیگر و یا عدم تمرکز بر آنهاست.

ناحیه۲): فناوری‌های این ناحیه از جذابیت بالایی برخوردارند و بنابراین مهم هستند، ولی توان شرکت در آنها ناچیز است. دو راهبرد متفاوت می‌توان پیرامون این فناوری‌ها اتخاذ نمود: الف) بنگاه از خدمات بنگاه‌های موفق استفاده کند و یا ب) بنگاه به تقویت توانمندی‌های خود در زمینه این فناوری‌ها بپردازد.

در برخی مقالات دو عبارت ارزیابی توانمندی فناورانه[12] و ارزیابی رقابت‌پذیری فناوری[13] به صورت جایگزین به‌کار برده شده است.

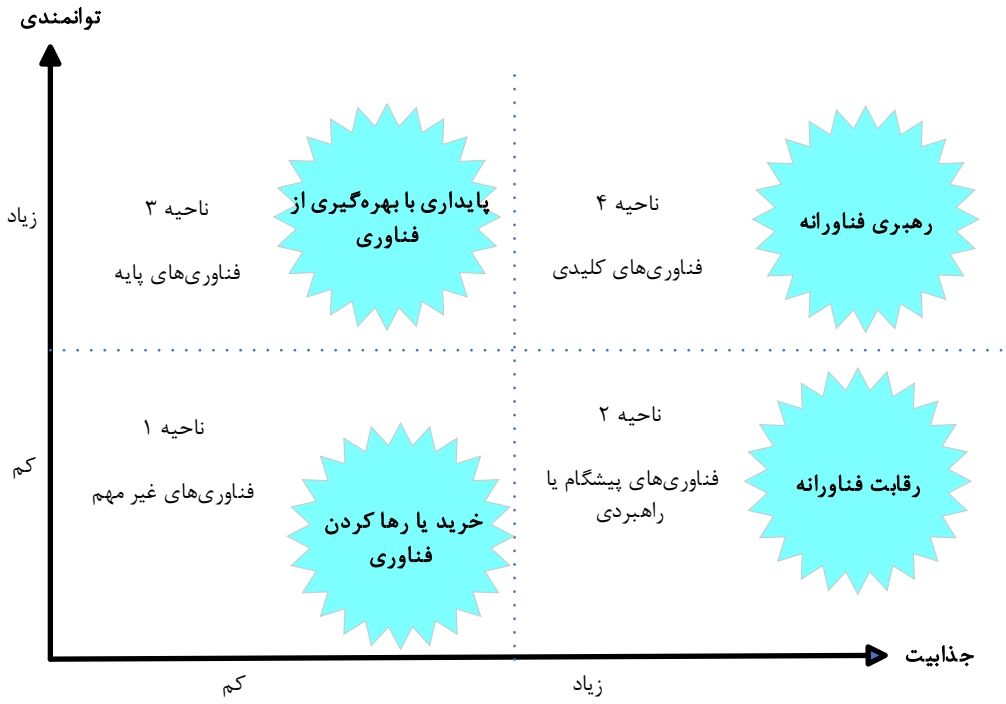
ناحیه۳): فناوری‌های این ناحیه جذابیت بالایی ندارند ولی توانمندی شرکت در آنها زیاد است. به دلیل تسلط شرکت بر این فناوری‌ها، راهبرد مناسب می‌تواند واگذاری آنها به شرکت‌های دیگر یا استفاده از آنها در محصولات دیگر باشد.

ناحیه۴): فناوری‌های این ناحیه از اهمیت زیادی برخوردارند زیرا جذابیت بالایی دارند و در عین حال توان شرکت نیز در آنها بالاست. راهبرد مناسب برای فناوری‌های مذکور این است که اولا با اولویت بالایی در فهرست اکتساب قرار گیرند و ثانیا به دلیل توانی که شرکت در زمینه آنها دارد به‌صورت تحقیق و توسعه داخلی یا مشارکتی کسب شوند.

برای انواع فناوری‌ها از منظر رقابتی، که در شکل (۲) به صورت متن در هر ناحیه چهارگانه بیان شده است، راهبرد اکتساب فناوری آن نیز نوشته شده است.

[12] Technological Capability Assessment
[13] Technology Competitiveness Assessment

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]



شکل۲- تحلیل انواع فناوری‌ها از منظر رقابتی و تحلیل انواع راهبرد اکتساب فناوری‌ها

هکس و مجلوف [۲۱,۱۳] جذابیت فناوری اثر فناوری در بیرون از بنگاه دانسته و معیارهایی را تعریف کرده‌اند که امکان تحلیل بیرونی هر فناوری را ممکن می‌سازد؛ معیارهایی از قبیل:پتانسیل تقویت مزیت رقابتی در محصول و در فرآیند، نرخ تغییر فناوری، پتانسیل ارزش افزوده، تاثیر بلند مدت فناوری (بر روی هزینه‌ها، عملکرد و کیفیت) و تاثیر بر استانداردهای صنعت. در مطالعه جولی [۱۴,۲۲] شاخص‌های جذابیت به چهار طبقه تقسیم شده‌اند.

الف) پتانسیل بازار

این دسته می‌بایست مزایای تجاری که با استفاده از فناوری می‌توان به آنها دست یافت را پوشش دهد. در تصمیم‌گیری پیرامون اکتساب یک فناوری می‌بایست بازار، تقاضا و مشتری‌ها به عنوان پیشران‌های کلیدی مورد توجه قرار گیرند.به منظور تشخیص پتانسیل بازار، جولی سه معیار را معرفی کرده است: حجم ایجاد شده در بازار توسط فناوری محدوده کاربردی و حساسیت بازار به عوامل فنی. هرچه حجم ایجاد شده در بازار توسط فناوری بیشتر باشد پتانسیل بازار نیز بیشتر خواهد بود؛ خواه فناوری منجر به تولید محصول شود و خواه فناوری مرتبط با فرآیند باشد. پتانسیل بازار تابعی از محدوده کاربردی است که فناوری ایجاد می‌کنند. فناوری‌ها ممکن است توانایی متفاوتی در دست‌یابی به بازارهای متنوع (بر اساس کاربردهای متفاوت) داشته باشند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

همچنین افزایش حساسیت بازار به عوامل فنی نیز باعث افزایش جذابیت فناوری خواهد بود. پیشرفت‌های فنی در فناوری ممکن است منجر به ارضای رضایت بخش نیازهای مشتری شود تا تمامی استثنائات بازار تحت پوشش قرار گیرد اما باید توجه داشت که مشتری ممکن است توجهی به عملکرد فنی نشان ندهد.

ب)وضعیت رقابتی

رقابت، پیشران مهمی درتوسعه فناورانه است؛ چرا که فناوری در نهایت باید راه خود را در بازار رقابت پیدا کند. فناوری به مجرد کسب مزیت رقابتی دارای جذابیت خواهد شد. مدیران می‌بایست به هنگام تخصیص منابع به پروژه‌های فناوری توجه ویژه‌ای به سطوح رقابتی مبذول دارند. هکس و مجلوف، وضعیت رقابتی را در دو دسته محصول و فرآیند بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که وقتی اکثریت نوآوری‌ها در حال افزایش‌اند، سازمان‌های کمی می‌توانند آن را حفظ نمایند [۲۱]. جولی، شش معیار در ارزیابی وضعیت رقابتی را بررسی نموده است: پویایی رقابت داخلی-خارجی، سطح درگیری رقبا در فناوری، شدت رقابتی، تاثیر فناوری بر مسائل رقابتی، موانع تقلید یا پیروی و پتانسیل توسعه یک طراحی غالب.

اولین معیار تنوع، تعداد رقباست. وقتی تعداد زیادی از رقبا به استفاده از نوعی فناوری برای ورود به کسب و کاری روی می‌آورند بدین معناست که آن کسب وکار جذاب است. سطح درگیری رقبا در فناوری برگرفته از تحلیل رقباست که توسط پورتر [۲۵] ارایه شده است و بدین معناست که درگیر بودن رقبا با یک نوع فناوری جذابیت آن را افزایش می‌دهد. شدت رقابتی نیز سطح متوسط رقابت برای توسعه‌ی فناوری است؛ شرکت‌ها به هنگام تشخیص جذابیت به سختی با هم به رقابت می‌پردازند و هنگامی که پیش‌بینی محدودی نسبت به آینده داشته باشند طبعاً آمادگی کمی برای رقابت خواهند داشت. همچنین شرکت‌ها ممکن است در هزینه، کیفیت، سرعت توسعه، سرعت انتقال و عملکرد با هم در رقابت باشند؛ اما آنچه اهمیت دارد مشارکت در فناوری، به‌منظور ساخت حاشیه رقابتی است. مفهوم تقلید یا پیروی مشتق شده از سازمان‌های صنعتی است. در واقع این معیار نشان‌دهنده ظرفیت فناوری برای حمایت از موانع مرتبط با منابع فناوری است (شامل تهیه منابع یا تقلید از آنها). در نهایت معیار توسعه‌ی یک طراحی غالب اشاره به این موضوع دارد که هنگامی که یک طراحی غالب در یک فناوری وجود ندارد سازمان شانس این را دارد تا آن را خلق کند و هنگامی که یک طراحی قالب موجود است شرکت‌ها برای بقا می‌بایست از آن استفاده کرده و سهم بازارشان را تسهیم نمایند.

ج) پتانسیل فنی

پنج معیار مختلف برای ارزیابی پتانسیل فنی استفاده می‌شود: وضعیت فناوری در چرخه عمر، پتانسیل پیشرفت، فاصله با فناوری‌های رقیب، تهدید فناوری‌های جایگزین و پتانسیل برای انتقالات واحد به واحد.

چرخه عمر فناوری نشان‌دهنده علاقه به فناوری در طول زمان است و تکامل عملکرد فناوری را به عنوان تابعی از تحقیقات شرکت توصیف می‌کند. هنگامی‌که یک فناوری در حال ظهور است فضای وسیعی برای بهبود آن وجود دارد و جذابیت آن بالاست. هنگامی‌که عملکرد یک فناوری در وضعیت ثبات است و بهبودی در آن حاصل نخواهد شد جذابیت پایینی وجود دارد. مفهوم پتانسیل پیشرفت فناوری اختلاف بین سطح عملکرد موجود فناوری و حداکثر توانایی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

آن است. هر چه این اختلاف بیشتر باشد جذابیت فناوری نیز بیشتر است. فاصله عملکردی فناوری با فناوری‌های رقیب نیز نشان‌دهنده توانایی یک فناوری در پیش‌افتادن از رقباست. احتمال جایگزینی فناوری در تمام مراحل چرخه عمر محصول وجود دارد اما این احتمال در مرحله بلوغ فناوری بسیار افزایش می‌یابد. چهارمین معیار بیانگر این موضوع است که تهدیدات فناوری‌های جایگزین از جذابیت یک فناوری می‌کاهد. آخرین معیار پتانسیل انتقالات واحد به واحد است که به معنی توانایی انتقال افقی فناوری به واحدهای مختلف سازمان است. آسان بودن یا نبودن این انتقال بستگی به ذات فناوری دارد.

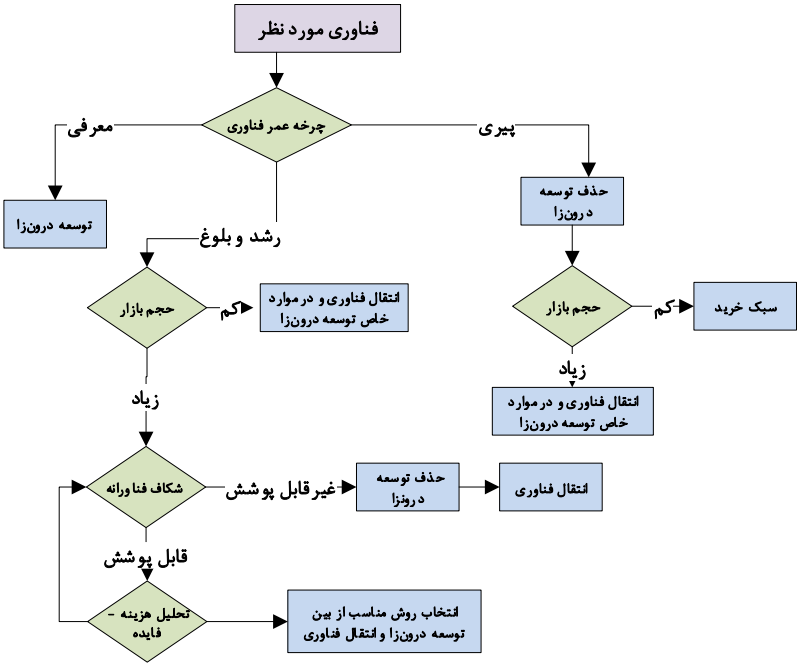
د) وضعیت سیاسی-اجتماعی

جذابیت فناوری تنها یک موضوع مرتبط با بازار، رقابت و ابعاد فنی نیست. ابعاد سیاسی-اجتماعی نیز ممکن است بر توسعه حوزه فناوری اثرگذار باشد. دو معیار اتخاذ شده در این زمینه عبارتند از: فشارهای اجتماعی از یک‌سو و حمایت‌های عمومی از سوی دیگر. فناوری‌های جدید می‌تواند نکات منفی در پی داشته باشند مانند حوادث کاری و آلودگی هوا. اثرات منفی فناوری‌ها ممکن است مزایایی برای گروه متنوعی از ذی‌نفعان در پی داشته باشد. بر این اساس، ذی‌نفعان می‌توانند با اعمال فشار بر سازمان خواستار توسعه این فناوری‌ها شوند.

۲-۳ معیار حجم بازار

برای سنجش میزان فرصت‌های کسب و کار جهت تأمین تقاضای داخل می‌توان از معیار حجم بازار فناوری در داخل کشور و میزان رشد این بازار استفاده نمود. منظور از حجم بازار، میزان حجم ریالی بازار بالفعل برای هریک از تجهیزات و فناوری‌های سامانه پایش، اندازه‌گیری و کنترل ناحیه گسترده در کشور است. شکل (۳) روندنمای مدل مفهومی اکتساب فناوری‌ها را نشان می‌دهد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]



شکل ۳- مدل مفهومی اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار

برآورد حجم بازار فناوری‌های کلیدی WAMS در ایران:

تحلیل عملیاتی از حجم بازار برای پنج مؤلفه کلیدی سامانه WAMS در ایران (PMU, PDC, زیرساخت مخابراتی، تحلیل‌داده/نرم‌افزار، امنیت سایبری) با دو سناریوی متوسط (پوشش منطقه‌ای) و زیاد (پوشش عمده شبکه) انجام می‌شود. روش برآورد مبتنی بر ترکیب «تعداد مورد نیاز» × «بهای واحد» برای تجهیز/سیستم و «تعداد پروژه» × «هزینه هر پروژه» برای خدمات نرم‌افزاری و امنیتی؛ و برای زیرساخت مخابراتی برآورد هزینه سرمایه‌ای کلی است. قیمت‌های جهانی مرسوم برای PMU و PDC، هزینه‌های مرسوم پروژه‌های یکپارچه‌سازی، تخمین نیازهای شبکه انتقال ایران (پست‌ها، نیروگاه‌ها) و پهنه‌بندی سناریوها در نظر گرفته شده است. در این مقاله، با توجه به نظر خبرگان دو سناریو بیان شده است و تخمین تعداد و هزینه‌های هر یک از فناوری‌های مرتبط در جدول (۲) درج شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

جدول ۲: ارزش بازار فناوری‌های WAMPAC

مولفه	ارزش بازار سناریوی متوسط (میلیون دلار)	ارزش بازار سناریو زیاد (میلیون دلار)	توضیح
PMU	۱	۱۲	نصب ۱۰۰ تا ۴۰۰ تجهیز (بین ۸۰۰۰ تا ۳۰ هزار دلار برای هر تجهیز)
PDC (سیستم/سرور، لایسنس/یکپارچه‌سازی)	۰.۵	۱۰	نصب ۵ تا ۱۵ تجهیز، هر تجهیز ۵۰ هزار تا ۲۰۰ هزار دلار
زیرساخت مخابراتی	۸۰	۱۸۰	از بهبود نقطه‌ای تا فیبر اختصاصی سراسری
تحلیل داده و نرم‌افزارهای WAMS (پلتفرم‌های آنالیتیک، الگوریتم‌های زمان–حقیقی، داشبوردها)	۵	۱۵	پروژه‌های بزرگ پلتفرم و یادگیری ماشین فرض: ۵ پروژه/پیاده‌سازی بزرگ در سطح اپراتور/ملی؛ هزینه هر پروژه برابر یک تا ۳ میلیون دلار (پیچیدگی، هوش مصنوعی، نگاشت داده)
امنیت سایبری	۵	۲۵	از راه‌اندازی پایه تا ایجاد مرکز عملیات امنیت ملی و دفاع فعال فرض: ۵ پروژه/پکیج امنیتی؛ هزینه هر پروژه یک تا ۵ میلیون دلار (از تنظیمات پایه تا راهکارهای دفاع فعال و مرکز عملیات امنیت سایبری اختصاصی، از سیاست‌گذاری و استاندارد تا راهکارهای سخت‌افزاری و سرویس‌های مدیریت تهدید)
مجموع	۹۱.۵	۲۴۲	

۳-۲ معیار چرخه عمر فناوری

هر فناوری دارای عمری بوده که به صورت یک منحنی ترسیم می‌شود چرخه عمر فناوری به طور کلی میزان تقاضا برای یک فناوری در طول زمان را بیان می‌دارد. این نمودار دارای چهار بخش اصلی معرفی، رشد، بلوغ و افول است که در شکل نشان داده شده‌اند.

هر فناوری، چرخه عمر خود را از مرحله معرفی که اولین ایده‌ها و مفاهیم در مورد آن مطرح می‌شود آغاز می‌کند. این مرحله عموماً در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی صورت می‌گیرد. در این مرحله بیشترین تعداد مقالات علمی در رابطه با آن موضوع منتشر می‌شود.

زمانی که فناوری مورد نظر قابلیت به کارگیری صنعتی و تجاری داشته باشد؛ مرحله رشد فناوری در مراکز تحقیق و توسعه صنعتی آغاز می‌شود. این مرحله تا زمانی که فناوری مورد نظر به مرحله‌ای برسد که بتوان با استفاده از آن محصول و یا خدمات جدیدی را ارائه کرد ادامه می‌یابد. در این مرحله حجم مقالات به تدریج کاهش می‌یابد و تعداد ثبت اختراع‌های مرتبط با آن فناوری افزایش می‌یابد.

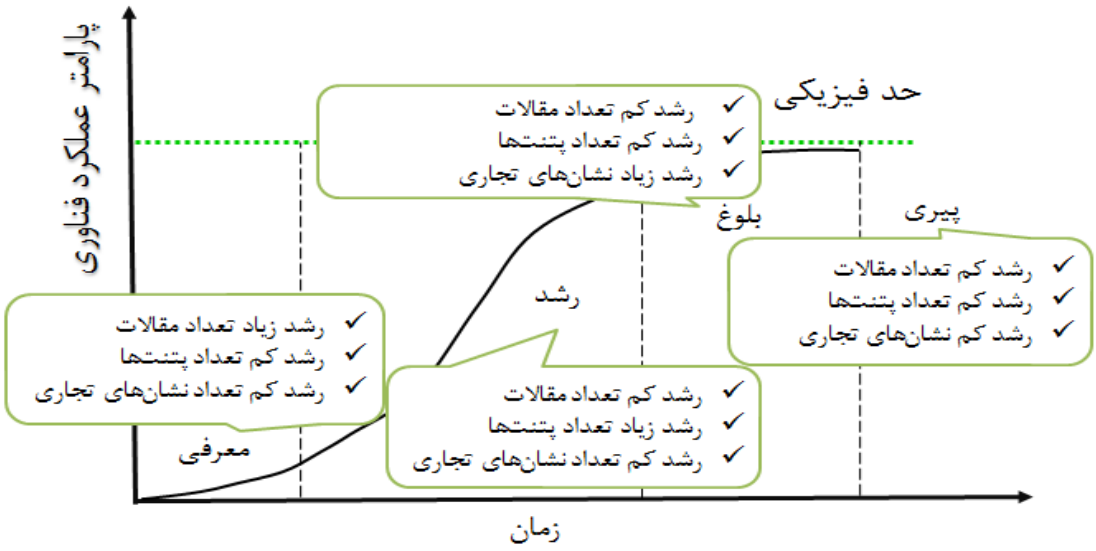
پس از مرحله رشد، فناوری وارد مرحله بلوغ می‌شود. در این مرحله سطح فناوری تغییر عمده‌ای نمی‌کند و تغییرات آن در حد بهینه‌سازی‌های محدودی خواهد بود که در خود صنعت صورت می‌گیرد. در این مرحله از عمر فناوری، مقالات

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

و ثبت اختراع‌ها کاهش یافته و در عوض نشان‌های تجاری و شرکت‌هایی که در رابطه با آن فناوری تأسیس می‌شوند، افزایش می‌یابد.

با گذشت زمان و ورود فناوری‌های رقیب که قابلیت‌های جدیدی را ارائه می‌کنند، تقاضا برای فناوری قدیمی کمتر شده و مرحله افول آغاز می‌شود. رشد منفی مقالات، ثبت اختراع‌ها و نشان‌های تجاری از ویژگی‌های این دوره چرخه عمر فناوری است.

با توجه به توضیحات فوق، چرخه عمر فناوری را می‌توانند به شرح زیر در نظر گرفت:



شکل ۴- چرخه عمر فناوری [۲۶]

۳-۲-۱ بررسی چرخه عمر فناوری پایش ناحیه گسترده و سنکروفازوری

الف) بررسی مقالات منتشر شده در زمینه تجهیزات پایش ناحیه گسترده و فناوری سنکروفازوری

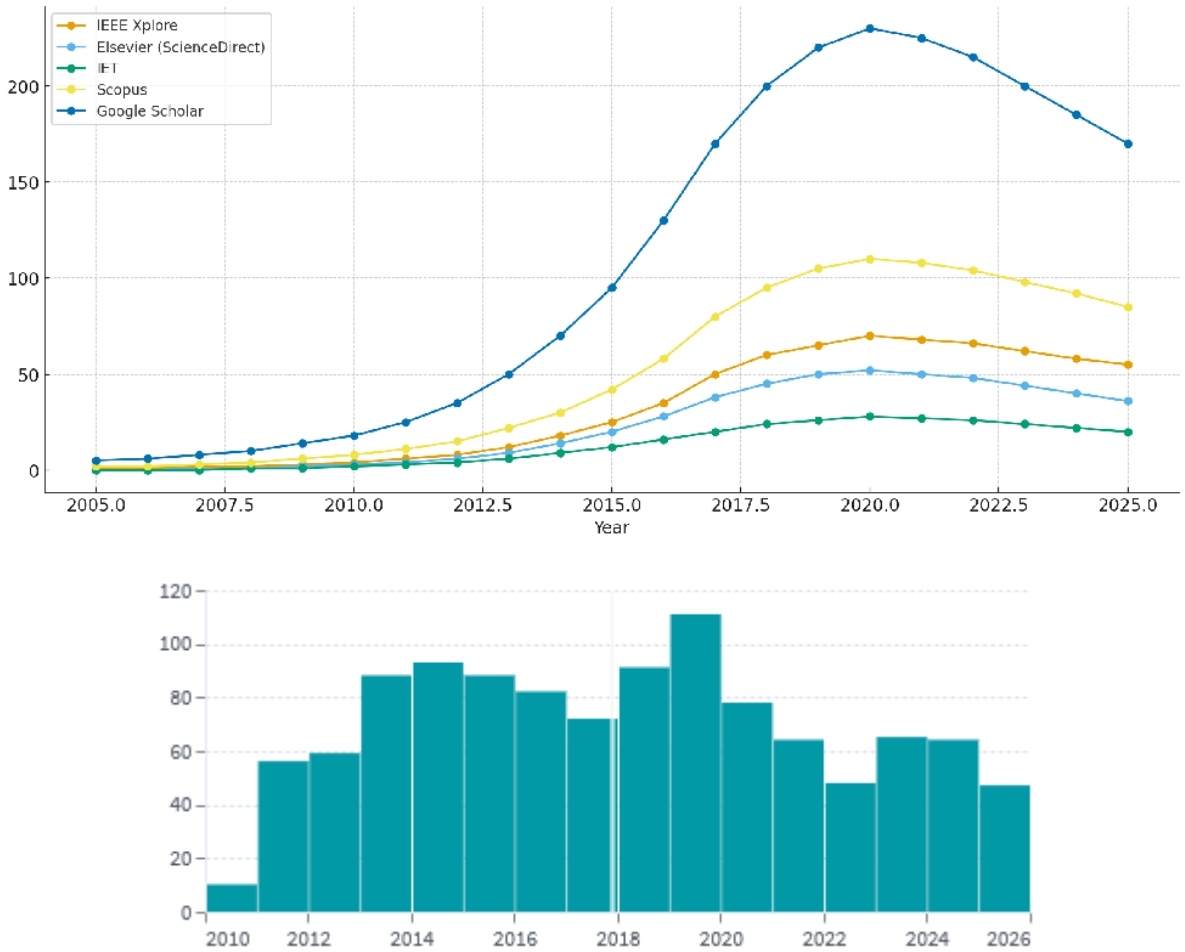
به منظور بررسی روند موضوعی مقالات حوزه پایش ناحیه گسترده و فناوری سنکروفازوری در سال‌های اخیر، مقالات چاپ شده در این حوزه در سال‌های ۲۰۲۵-۲۰۰۵ از ژورنال‌های IEEE، ELSEVIER و IET و نیز پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus و Google Scholar با جستجوی طیف گسترده‌ای از کلیدواژه‌های تخصصی استخراج شده‌اند.

با دقت در روند چاپ مقالات این حوزه مشخص است که در سال ۲۰۲۰ تعداد مقالات چاپ شده در این حوزه بسیار زیاد بوده ولی هرچه قدر از این سال‌ها به عقب باز می‌گردیم این تعداد کاهش می‌یابد. بنابراین در سال‌های اخیر شاهد رشد بیشتر مقالات در این حوزه هستیم ولی پس از این سال، تعداد مقالات با شیب ملایمی کم شده است. آمار بالای

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

مقالات در حوزه WAMS نشان می‌دهد که روند رشد و ارتقاء این سامانه تا سال ۲۰۲۰ ادامه داشته است ولی پس از آن، اندکی رو به کاهش گذاشته است.

در سال‌های ۲۰۲۵-۲۰۱۰ بیش از ۱۱۰۰ ثبت اختراع در زمینه WAMS در دنیا به ثبت رسیده است. نظر به تعداد ثبت اختراع‌ها، مشخص است که WAMS در سال‌های اخیر همواره مورد توجه بوده. با تغییر ساختار در شبکه‌ها و حرکت به سمت شبکه‌های هوشمند، فناوری WAMS نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند به گونه‌ای که در سال‌های اخیر شاهد افزایش چاپ مقالات در این زمینه و نیز ثبت اختراع‌های ثبت شده هستیم. شکل (۵) روند ثبت پتنت‌ها را در حوزه WAMS با حوزه اسکادا به عنوان یک فناوری رقیب مقایسه کرده است. با توجه به مطالب پیش‌گفته چرخه عمر فناوری سامانه پایش ناحیه گسترده در مرحله بلوغ است.

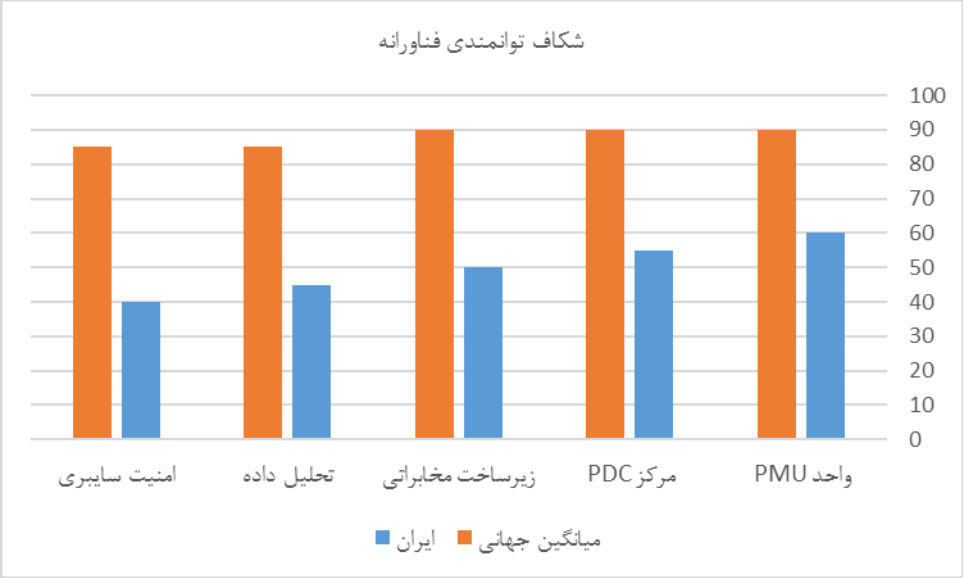


شکل ۵- تعداد اختراع‌های ثبت شده در حوزه WAMS در سال‌های ۲۰۲۵-۲۰۱۰ [۲۷]

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

۳-۳ شکاف فناورانه (سطح توانمندی فناورانه)

شکاف فناورانه به تفاوت میان سطح فعلی توانمندی‌های فناورانه یک صنعت یا کشور با سطح فناوری‌های پیشرفته و مطلوب در همان حوزه اشاره دارد. این شکاف نشان‌دهنده فاصله میان وضعیت موجود و فناوری هدف است و میزان نیاز به تحقیق، توسعه یا انتقال فناوری را مشخص می‌کند. بر اساس اینکه این فاصله وجود داشته باشد شکاف قابلیت پوشش نخواهد داشت و در صورتی که فاصله وجود نداشته باشد، شکاف قابلیت پوشش دارد. میزان توانایی بالفعل و بالقوه در فناوری سامانه پایش ناحیه گسترده، نظر خبرگان از طریق پرسشنامه استخراج گردیده و در شکل ۶ نمایش داده شده است.



شکل ۶- میزان توانمندی فناوری‌های سامانه پایش ناحیه گسترده بر اساس پرسشنامه

در این شکل، درصد سطح توانمندی فناورانه شاخصی ترکیبی است که میزان بلوغ، تسلط و توان داخلی کشور در هر مؤلفه از سامانه WAMS را نسبت به سطح فناوری جهانی نشان می‌دهد. این درصد نسبت توانمندی داخلی به سطح فناوری مرجع جهانی در همان مؤلفه است. هر چه نزدیک‌تر به ٪۱۰۰ باشد، یعنی فناوری موردنظر در کشور کاملاً بومی، قابل تولید و قابل توسعه مستقل است. مقادیر پایین‌تر بیانگر وابستگی فناورانه، ضعف زیرساختی یا کمبود دانش فنی در آن مؤلفه هستند. برای مثال: عدد ٪۶۰ برای PMU یعنی ایران حدود ٪۶۰ از توان طراحی، تولید، آزمایش و بهره‌برداری این واحد را نسبت به کشورهای پیشرو دارد (برخی بخش‌ها داخلی، برخی وابسته به واردات) و عدد ٪۴۰ برای امنیت سایبری یعنی توان داخلی در این بخش هنوز محدود است و نیاز به توسعه بومی یا همکاری فناورانه دارد.

در جدول (۳) قابلیت پوشش و یا عدم قابلیت پوشش فناوری‌های اولویت‌دار سامانه پایش ناحیه گسترده با توجه به گزارش پتانسیل‌سنجی و همچنین نظرات خبرگان نشان داده شده. در تحلیل شکاف فناورانه WAMS، «قابلیت پوشش شکاف» به معنی امکان رفع یا کاهش فاصله فناورانه در بازه زمانی میان‌مدت با تکیه بر ظرفیت‌های داخلی است. «شکاف فناورانه» به معنی درصد فاصله نسبی توانمندی ایران از سطح مرجع جهانی است و با رابطه (۱) تعریف می‌شود:

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

(۱) ۱۰۰ × سطح جهانی/(سطح ایران – سطح جهانی) =شکاف فناورانه

بر اساس سطح بلوغ فناوری، دسترسی به دانش فنی، منابع انسانی و زیرساخت در ایران، جدول ۳ ارزیابی شده است:

جدول ۳ – ارزیابی قابلیت پوشش شکاف فناورانه در مؤلفه‌های سامانه WAMS ایران

مؤلفه فناوری	میزان شکاف فناورانه (٪)	قابلیت پوشش	توضیح و تحلیل علمی
واحد اندازه‌گیری فازوری (PMU)	٪۳۵	قابل پوشش	فناوری در مرحله بلوغ متوسط است و طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار هم‌زمان‌سازی در کشور در حال توسعه است. با حمایت مالی و انتقال دانش ساخت تراشه‌های پردازشگر، امکان پوشش کامل در افق ۵ سال وجود دارد.
مرکز داده هم‌زمان (PDC)	٪۴۰	قابل پوشش نسبی	دانش طراحی PDC در سطح نرم‌افزار و سخت‌افزار در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی وجود دارد، اما نیاز به توسعه الگوریتم‌های تحلیلی و بهبود زیرساخت پردازشی دارد. شکاف در ۵ تا ۷ سال قابل کاهش است.
زیرساخت مخابراتی	٪۴۵	پوشش دشوار	به‌دلیل وابستگی به تجهیزات فیزیکی و شبکه‌های فیبر نوری سراسری، پوشش این شکاف نیازمند سرمایه‌گذاری ملی در حوزه ارتباطات است. در کوتاه‌مدت تنها بخشی از آن (در مراکز حیاتی) قابل جبران است.
تحلیل داده و نرم‌افزارهای WAMS	٪۵۰	قابل پوشش	با توسعه پژوهش‌های داده‌محور، یادگیری ماشین و شبیه‌سازی در مراکز دانشگاهی و صنعتی، این حوزه از بیشترین ظرفیت برای کاهش شکاف برخوردار است.
امنیت سایبری WAMS	٪۵۵	غیرقابل پوشش در کوتاه‌مدت	نیازمند زیرساخت حقوقی، استانداردهای ملی، سامانه‌های دفاع فعال و نیروی انسانی تخصصی است. به‌دلیل وابستگی به فناوری‌های رمزنگاری پیشرفته و تجهیزات وارداتی، پوشش کامل در افق بلندمدت ممکن است.

از پنج مؤلفه کلیدی WAMS، سه مورد (PMU، PDC، تحلیل داده) دارای قابلیت پوشش فناورانه بالا در افق ۵ تا ۷ سال هستند. در مقابل، دو مؤلفه (زیرساخت مخابراتی و امنیت سایبری) به‌دلیل ماهیت سرمایه‌بر، بین‌سازمانی و وابستگی بالا به فناوری‌های سخت‌افزاری و سیاستی، در کوتاه‌مدت پوشش‌پذیر نیستند و نیازمند برنامه ملی هماهنگ هستند. لازم به ذکر است، در عمل، میزان «قابلیت پوشش شکاف» فقط به عدد شکاف وابسته نیست بلکه به ماهیت فناوری، منبع دانش، مسیر یادگیری، و سطح بلوغ زیرساخت‌های ملی بستگی دارد؛ ممکن است یک فناوری با شکاف بزرگ‌تر، اما یادگیری آسان‌تر، قابل پوشش‌تر باشد از فناوری با شکاف کوچک‌تر اما پیچیده و سخت‌افزاری. به عنوان مثال حتی اگر فاصله عددی مخابرات کمتر از تحلیل داده باشد، نوع شکاف در مخابرات سخت‌تر قابل جبران است. در نرم‌افزار و تحلیل داده، دانش غالباً درون‌زا و قابل تولید است؛ توسعه الگوریتم‌ها، تحلیل بی‌درنگ و داشبوردها می‌تواند با نیروی متخصص داخلی انجام شود. در مقابل، در بخش ارتباطات سیستم قدرت، بخش زیادی از دانش در شرکت‌های خارجی متمرکز است و نیازمند انتقال فناوری رسمی است. حتی با شکاف عددی کمتر، وابستگی دانشی و انحصار بین‌المللی در مخابرات باعث می‌شود پوشش آن دشوارتر باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

۴- انتخاب روش مناسب اکتساب

با توجه به مدل اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار و اطلاعات بیان شده در قسمت قبل در ارتباط با چرخه عمر فناوری، حجم بازار، و شکاف فناورانه؛ از بین روش‌های اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار در جدول (۴) روش اکتساب فناوری منتخب برای هر یک از فناوری‌های سامانه پایش ناحیه گسترده با توجه به الگوریتم تدوین شده بیان گردیده است.

این الگوریتم در برخی شرایط اقدام به حذف یکی از روش‌های سبک اکتساب می‌نماید و تصمیم‌گیری در خصوص روش منتخب می‌بایست با توجه به شرایط موجود در کشور صورت پذیرد. در ادامه پس از جدول (۴) به صورت مشخص سبک اکتساب منتخب در هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار سامانه پایش ناحیه گسترده با تطبیق با شرایط موجود در کشور بیان شده است.

جدول ۴: سبک اکتساب مناسب هر یک از فناوری‌های سامانه پایش ناحیه گسترده اولویت‌دار

معیاراکتساب / حوزه فناوری	چرخه عمر فناوری	حجم بازار	شکاف فناورانه	سبک اکتساب مناسب	توضیحات
واحد PMU	رشد	کم	قابل پوشش	درون‌زا با همکاری هدفمند (STI و DUI محدود)	ایران به سطح طراحی اولیه رسیده است؛ اکتساب دانش فنی و بهبود طراحی مدار از طریق همکاری محدود با شرکت‌های خارجی کفایت دارد.
مرکز PDC	رشد	خیلی کم	قابل پوشش نسبی	اکتساب ترکیبی	بخش نرم‌افزار و الگوریتم قابل توسعه داخلی است، ولی به دانش طراحی سامانه‌های توزیع‌شده نیاز دارد؛ بهترین روش، پروژه‌های مشترک توسعه است.
زیرساخت‌های مخابراتی سیستم قدرت	بلوغ اولیه	خیلی زیاد	پوشش دشوار	اکتساب برون‌زا	فناوری ارتباطات سیستم قدرت نیازمند سرمایه و دانش سخت‌افزاری است؛ انتقال فناوری از شرکت‌های خارجی همراه با بومی‌سازی تدریجی پیشنهاد می‌شود
تحلیل داده و نرم‌افزارهای WAMS	معرفی–رشد اولیه	کم	قابل پوشش	درون‌زا	حوزه‌ای با پتانسیل بالای توسعه داخلی است؛ توسعه الگوریتم‌ها، تحلیل هوشمند و مدل‌های پیش‌بینی باید در مراکز پژوهشی داخلی انجام شود
امنیت سایبری در WAMS	معرفی	متوسط	غیرقابل پوشش در کوتاه‌مدت	اکتساب برون‌زا با یادگیری ساختار یافته (DUI→STI)	فناوری رمزنگاری صنعتی و دفاع سایبری نیازمند انتقال فناوری و آموزش بلندمدت است؛ همکاری با مراکز تخصصی بین‌المللی توصیه می‌شود.

همان‌گونه که از جدول (۴) پیداست سبک اکتساب مناسب فناوری WAMPAC با حذف سبک خرید، انتقال فناوری و در موارد خاص توسعه درون‌زا انتخاب می‌گردد. در ادامه به منظور تعیین سبک مناسب اکتساب، توضیحاتی در خصوص رویکردهای مختلف اکتساب فناوری (رویکردهای نظام نوآوری) بیان شده و در انتها به صورت مشخص سبک اکتساب مناسب فناوری WAMPAC ارائه گردیده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

۵- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تبیین سبک مناسب اکتساب و توسعه فناوری در حوزه سامانه پایش، اندازه‌گیری و کنترل ناحیه گسترده (WAMS) در سیستم‌های قدرت کشور انجام شد. با توجه به نیاز روزافزون شبکه‌های قدرت به ابزارهای دقیق پایش بی‌درنگ و کنترل هوشمند، انتخاب رویکرد مناسب اکتساب فناوری نقشی تعیین‌کننده در موفقیت فرایند بومی‌سازی و استقرار این سامانه‌ها دارد.

بررسی مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری در اکتساب فناوری از جمله مدل‌های مگانتز، رابرت و بری، فورد، کیه‌زا و مانزینی، گیلبرت و آراستی نشان داد که هیچ مدل منفردی پاسخگوی تمام شرایط محیطی، فناورانه و سازمانی نیست و لازم است از ترکیب معیارهای گوناگون، الگویی متناسب با شرایط صنعت برق کشور تدوین گردد. بر اساس تحلیل چرخه عمر فناوری، حجم بازار داخلی و میزان شکاف فناورانه، الگویی بومی برای انتخاب سبک اکتساب ارائه شد که می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌سازی در خصوص سرمایه‌گذاری، تحقیق و توسعه و انتقال فناوری‌های کلیدی در حوزه WAMS باشد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب سبک مناسب اکتساب فناوری برای سامانه پایش ناحیه گسترده نیازمند رویکردی چندمعیاره و پویاست و نمی‌توان از یک شیوه یکسان برای تمامی اجزای فناوری استفاده کرد. بر اساس چارچوب ارائه‌شده در مقاله، سه معیار اصلی شامل مرحله چرخه عمر فناوری، حجم بازار داخلی و شکاف فناورانه به عنوان عوامل تعیین‌کننده در انتخاب سبک اکتساب فناوری شناسایی و به‌کار گرفته شده‌اند.

براساس تحلیل‌های انجام‌شده در این مقاله می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فناوری‌هایی که در مراحل بالاتر چرخه عمر قرار داشته و از حجم بازار داخلی مناسب برخوردارند مانند فناوری زیرساخت مخابراتی و برخی اجزای نرم‌افزاری WAMS، حتی در صورت وجود شکاف فناورانه متوسط، قابلیت توسعه از طریق تحقیق و توسعه داخلی یا توسعه مشارکتی را دارند. در مقابل، فناوری‌های نوظهور یا فناوری‌هایی با پیچیدگی بالا و شکاف فناورانه قابل‌توجه، به‌ویژه در حوزه‌هایی نظیر امنیت سایبری پیشرفته، نیازمند همکاری فناورانه هدفمند یا انتقال کنترل‌شده فناوری در کوتاه‌مدت هستند.

همچنین، نتایج نشان می‌دهد که اتکای صرف به یک معیار منفرد (مانند شکاف فناورانه یا هزینه) می‌تواند منجر به تصمیم‌های ناپایدار و غیرکارآمد شود. ترکیب هم‌زمان معیارهای فنی، اقتصادی و راهبردی در قالب ماتریس تحلیلی پیشنهادی، امکان مقایسه منسجم گزینه‌های مختلف و انتخاب سبک بهینه اکتساب فناوری را فراهم می‌سازد.

در نهایت، مهم‌ترین دستاورد پژوهش آن است که راهبرد بهینه توسعه فناوری WAMS در کشور، یک راهبرد ایستا و ثابت نیست، بلکه باید به‌صورت مرحله‌ای و تطبیقی و متناسب با تغییر شرایط فناوری، بازار و توانمندی‌های داخلی بازنگری شود. این نتیجه می‌تواند به‌عنوان مبنایی عملی برای تصمیم‌سازی سیاست‌گذاران حوزه برق و انرژی و مدیران فناوری شرکت‌های سازنده و توسعه دهنده تجهیزات WAMS، در برنامه‌ریزی توسعه فناوری‌های راهبردی مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

مراجع:

[1] Singh, C., Jirutitijaroen, P., & Mitra, J. (2019). Introduction to power system reliability .

[2] H. H. Alhelou, et al., "Resilience Enhancement of WAMPAC Systems," IEEE Access, vol. 10, pp. 56321–56335, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3188937.

[3] Dileep, G. (2020). A survey on smart grid technologies and applications. *Renewable energy, 146*, 2589-2625.

[4] M. Ceccagnoli, "Complementary Assets and the Choice of Organizational Governance for Technology Commercialization," IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 60, no. 1, pp. 4–19, Feb. 201

[5] V.Chiesa and R. Manzini, "Organizing for technological collaborations: a managerial perspective," *R&D Management*, vol. 28, no. 3, pp. 199–212, 1998.

[6] E. B. Roberts and C. A. Berry, "Entering new businesses: selecting strategies for success," Sloan Management Review, vol. 26, no. 3, pp. 3–17, 1985

[7] L. Mortara and S. Ford, Technology acquisitions: A guided approach to technology acquisition and protection decisions, Centre for Technology Management, Institute for Manufacturing, University of Cambridge, 2012

[8] M. Gilbert and D. Cordey-Hayes, "Understanding the process of knowledge transfer to achieve successful technological innovation," Technovation, vol. 16, no. 6, pp. 301–312, 1996.

[9] M. R. Arasti, M. Modares Yazdi, and M. Delavari, "A Comprehensive Model for Selecting Appropriate Mode of Technology Transfer," Industrial Engineering & Management (Sharif), vol. 24, no. 43, 2008. (in Persian) .

[10] Available online at https://www.walkme.com/blog/technology-life-cycle

[11] M. B. Jensen, B. Johnson, E. Lorenz and B.-Å. Lundvall, "Forms of knowledge and modes of innovation," Research Policy, vol. 36, no. 5, pp. 680–693, Jun. 2007.

[12] M. K. Badawy, "Managing human resources," Research Technology Management, vol. 31, pp. 19-35, 1988.

[13] A. C. Hax and M. No, Linking technology and business strategies: a methodological approach and an illustration: Springer, 1993.

[14] D. R. Jolly, "Chinese vs. European views regarding technology assessment: Convergent or divergent?," Technovation, vol. 28, pp. 818-830, 2008.

[15] D. R. Jolly, "Development of a two-dimensional scale for evaluating technologies in high-tech companies: An empirical examination," Journal of Engineering and Technology Management, vol. 29, pp. 307-329, 2012.

[16] K. K. Brockhoff, "Instruments for patent data analyses in business firms," Technovation, vol. 12, pp. 41-59, 1992.

[17] N. K. Sethi, B. Movsesian, and K. D. Hickey, "Can technology be managed strategically?", Long Range Planning, vol. 18, pp. 89-99, 1985.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]

[18] H. Ernst, "The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry," Small Business Economics, vol. 9, pp. 361-381, 1997.

[19] E. U. Bond and M. B. Houston, "Barriers to matching new technologies and market opportunities in established firms," Journal of product innovation management, vol. 20, pp. 120-135, 2003.

[20] C.-Y. Wu, "Comparisons of technological innovation capabilities in the solar photovoltaic industries of Taiwan, China, and Korea," Scientometrics, vol. 98, pp.429-446, 2014.

[21] A. C. Hax and N. S. Majluf, "The use of the industry attractiveness-business strength matrix in strategic planning," Interfaces, vol. 13, pp.54-71, 1983.

[22] D. Jolly, "The issue of weightings in technology portfolio management,"Technovation, vol. 23, pp. 383-391, 2003.

[23] S. Lall, "Technological capabilities and industrialization," World development, vol. 20, pp.165-186, 1992.

[24] H. Ernst, "Patent portfolios for strategic R&D planning," Journal of Engineering and Technology Management, vol. 15, pp. 279-308, 1998.

[25] M. E. Porter, "Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors," Free Press, New York, 1980.

[26] Y. Huang, F. Zhu, A. L. Porter, Y. Zhang, D. Zhu & Y. Guo, “Exploring Technology Evolution Pathways to Facilitate Technology Management: From a Technology Life Cycle Perspective,” *IEEE Transactions on* Engineering Management, vol. 67, no. 4, pp. 1-13, 2020.

[27] Lens.org, “Patent search — phasor OR 'phasor measurement unit' OR 'synchrophasor' OR 'wide area *measurement',”* accessed Oct. 27, 2025. [Online]. Available: https://www.lens.org

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-28]