بررسی سازوکار استانداردسازی فناوری و نوآوری با استفاده از نظریه‌ی جامدسازی آلیاژ دوتایی زودگداز

نویسنده: هانگ جیانگ، شوکوان ژائو، روپنگ ژانک، یالی یای مترجم: روح‌الله جعفری[1]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹٫۰۱٫۱۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹٫۰۲٫۱۶

چکیده

استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فناوری نقش مهمی در ارتقای رقابت‌پذیری کسب‌وکارها و شرکت‌ها ایفا می‌کند. بنابراین، تحلیل دقیق و درک کارکردها و سازوکارهای کاری آن‌ها بسیار مهم است. براساس تحلیل نظریِ سازوکارهای استانداردسازی فناوری و نوآوری، این مقاله تلاش کرده است تا مدل‌سازی را روی فرایند استانداردسازی فناوری، سازوکارهای داخلی کار نوآوری و استانداردهای فناوری و پیشبرد آن دسته از توسعه‌ی فناوری و نظام‌های فناوری انجام دهد که پیش‌رانشان استانداردسازی فناوری است. اگرچه امکان دارد برخی از ویژگی‌های موجود، سازوکارِ استانداردسازی فناوری و نوآوری را در اقتصادهای نوظهور از همتایان خود در اقتصادهای توسعه‌یافته متمایز کنند؛ اما تلاش‌های مدل‌سازی انجام‌شده در این مطالعه ممکن است برای هر دو اقتصاد نوظهور و توسعه‌یافته کاربرد داشته باشد. با استفاده از مدل ارائه‌شده، این مقاله بینش‌های ارزشمندی را به‌دست آورده است و توصیه‌های عملی را برای بهبود سطح توسعه‌ی فناوری و پیشبرد نظام‌های استانداردسازی فناوری ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی:
استانداردسازی فناوری، سطح توسعه‌ی فناوری، نظریه‌ی جامدسازی آلیاژ زودگداز، سازوکار

۱ مقدمه

جهانی‌شدن و پیشرفت فناوری با اِعمال فشار بر کسب‌وکارها برای رقابت در بازار بین‌المللی، تأثیر قابل‌توجهی بر آن‌ها گذاشته است (Bruton and Chen, 2016; Lei et al., 2016; Li, 2013a; Xu,2011a). بنابراین، ضروری است که شرکت‌ها به دنبال راه‌حل‌های نوآورانه باشند تا در بازار جهانی رقابتی باقی بمانند (Li, 2012, 2013b; Xu, 2011b, 2016; Xu et al., 2016; Yu and Madiraju, 2015). با این حال، وقتی بازار جهانی به‌طور مداوم درحال تحول است، شرکت‌ها و کارآفرینان فناوری ممکن است رفتارهای محافظه‌کارانه و دفاعی را در پیش بگیرند که مانعِ فعالیت‌های نوآورانه آن‌هاست (Utterback,1994). بنابراین، ضروری است شرکت‌ها و کارآفرینی فناورانه، روش‌های پایداری را برای مشارکت مداوم در نوآوری بیابند تا در صدر بازار بمانند.

کارآفرینی فناورانه و اثر اجتماعی- اقتصادی آن ارتباط نزدیکی با توسعه‌ی استانداردهای فناوری دارد (Drucker,2014). فناوری نیز همانند استانداردهای فناوری به سرعت تکامل می‌یابد. استانداردسازهای فناوری معمولاً وظیفه‌ی ابتکارات یک صنعت را برعهده دارند. سطح توسعه‌ی فناوری یک صنعت به‌طورکلی مُعرفِ جدیدترین فناوری‌ها، بازتابِ حاشیه‌های رقابتی نظام فناوری آن و نوآوربودن کارآفرینی فناورانه آن است. پیشبرد توسعه‌ی فناوری یک صنعت، مستلزم وجود یک استاندارد بالاتر فناوری و همچنین نوآوری‌های فناورانه متناظر با آن است. بنابراین، هدف راهبردی یک شرکت و جهت‌گیری‌های توسعه‌ی آینده‌ی آن به‌طور جدی به این بستگی دارد که آیا می‌تواند به یک استانداردساز فناوری تبدیل شود. ازاین‌رو، درک سازوکارهای کاری متقابل بین استانداردسازی فناوری و سطح توسعه‌ی فناوری بسیار مهم است؛ نکته‌ای که برای یک شرکت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا بتواند از کارآفرینی فناورانه و نوآوری خود بهره بگیرد تا در رقابت باقی بماند و توسعه‌ی مستمر در صنعت خود را حفظ کند.

هدفِ پژوهش‌های جاری بیشتر ارتباط بین استانداردهای فناوری و نوآوری است. هم‌افزایی بین استانداردسازی فناوری و نوآوری و چگونگی تأثیر آن بر سطح توسعه‌ی فناوری، چندان مورد توجه قرار نگرفته است. ازاین‌رو، ضروری است که پرده از سازوکارهای کاری استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فناوری برداشته شود تا درک بهتری از چگونگی کمک آن‌ها به توسعه‌ی کارآفرینی فناوری حاصل شود.

چیدمان مقاله به این ترتیب است؛ بخش بعدی با تمرکز

۱. دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد آموزش زبان انگلیسی، مربی دانشگاه شهید رجایی.

بر استانداردهای فناوری، به مرور ادبیات موجود می‌پردازد. بخش (۳) تعامل متقابل بین استانداردهای فناوری و سطوح توسعه‌ی فناوری را تحلیل می‌کند. بخش (۴) الگویی از استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فنی را براساس نظریه‌ی جامدسازی آلیاژ دوتایی زودگداز نشان می‌دهد. بخش (۵) تأثیر استانداردهای فناوری و نوآوری فناوری در سطح توسعه‌ی فناوری را براساس نظریه‌ی جامدسازی آلیاژ دوتایی زودگداز بررسی می‌کند. بخش آخر با برجسته‌کردن پیامدهای عملی مقاله، به نتیجه‌گیری می‌پردازد.

۲ مرور ادبیات

این بخش به مرور ادبیات موجود با تأکید بر شکل‌گیری و تکامل استانداردهای فناوری، فرایند استانداردسازی فناورانه و اثر استانداردهای فناوری بر نوآوری و توسعه‌ی فناوری می‌پردازد.

رِدی و کورت[1] (۱۹۸۹) شکل‌گیری استانداردهای فناوری را مورد بررسی قرار دادند و بر نقش مهم سازگاری فناوری در شکل‌گیری استاندارد فناوری تأکید کردند. آرتور[2] (۱۹۹۲) برای توضیح سازوکار شکل‌گیری استانداردهای فناوری، مطالعه‌ی دقیق‌تری در مورد برگشت‌ناپذیری بازار و وابستگی مسیر انجام داد. اِگیدی[3] (۱۹۹۹) استانداردهای فناوری را عاملی داخلی برای ترویج شکل‌گیری توسعه‌ی فناوری در نظر گرفت. آلِن و سریرام[4] (۲۰۰۰) با بررسی موارد ساخت، سخت‌افزار رایانه، طراحی قطعات ماشین و تبادل داده‌های محصول، خاطرنشان کردند که یک استاندارد فناوری اغلب از نوآوری منتج می‌شود. پژوهشگران، فرضیه‌ی انگیزه‌ی استانداردسازی را از سطح واحد و سازمان مطرح‌کرده و این فرضیه را براساس داده‌های صنایع و شرکت‌های آلمانی و بین‌المللی آزمودند. علاوه‌براین، پژوهشگران تصور کردند که استانداردسازی بخشی از فرایند تحقیق و توسعه است و عوامل بسیاری وجود دارد که بر استانداردسازی فناوری تأثیر می‌گذارد و عامل اصلی آن نیز فناوری است. فناوری، هسته‌ی اصلی استاندارد فناوری است؛ بدون آن استاندارد فناوری مانند رودخانه‌ای بدون آب یا درخت بدون ریشه خواهد بود. پژوهشگران همچنین خاطرنشان کردند که بیشتر شکل‌گیری استاندارد از نوآوری فناوری نشأت می‌گیرد.

آنتونِلی[5] (۱۹۹۴) تکامل استانداردها را به‌عنوان یک نظام اقتصادی و انواع نقش‌ها و اثرات استاندارد فناوری مورد مطالعه قرار داد. وی چنین استدلال می‌کرد که موضوعات استانداردسازیِ فناوری در صنایع سنتی پیچیده نیست. با این حال، با توسعه‌ی سریع فناوری اطلاعات و چرخه‌های کوتاه‌شده‌ی نوآوری، تقاضا برای استانداردسازی فناوری به‌طور مداوم افزایش می‌یابد و موضوعات استاندارد فناوری نیز به‌طور فزاینده‌ای برجسته می‌شوند که نتیجه‌ی آن نهادینه‌شدن استانداردسازی فناوری است. استانداردهای فناوری را می‌توان مرجع شکل‌گیری صنعت فناوری دانست، زیرا اُزسومِر و کاووسگیل[6] (۲۰۰۰) خاطر نشان کردند که «راه شکل‌گیری ساختاری در صنعت فناوری پیشرفته همیشه در پیرامون ایجاد استاندارد فناوری قرار دارد» پیشنهاد هاریهاران[7] (۱۹۹۰) دلالت بر آن داشت که تمام مدل‌ها، مشخصه‌های فناوری، گام‌ها یا برنامه‌های ادراکی، اثر قابل‌توجهی از منظر موقعیت بازار در سطح محصولات صنعت فناوری دارد. استانداردهای فناوری رقابت بین شرکت‌ها را سرعت می‌بخشند. بنابراین، به منظور رقابت در بازار جهانی، شرکت‌ها باید فناوری‌های جایگزین را توسعه دهند تا رابطه‌ی بین استاندارد فناوری و رقابت را درک کنند و پس از ایجاد استاندارد فناوری، فناوری‌ها را با روابط درحال تغییر خود تطبیق دهند (Katz and Shapiro, 1985). هنگامی‌که شرکت‌ها سعی می‌کنند شبکه‌ی کاربران خود را در سراسر جهان افزایش دهند تا یک استاندارد جهانی فناوری را ایجاد کنند، رقابت افزایش می‌یابد (AT and T Wireless, 1995). در پژوهش حاضر راجع‌به فرایند توسعه‌ی صنایع جهانی، استانداردهای فناوری به‌عنوان یک راهبرد مهم موردتوجه قرار گرفته است (Özsomer and Cavusgil, 2000). اثر فناوری استاندارد موجب ارتقای پیشرفت و توسعه‌ی فناوری می‌شود که درنتیجه نیروهای بیرونی، شکل‌گیری استانداردسازی فناوری را تسهیل می‌کنند. نیازهای بازار، استانداردسازی فناوری را پیش می‌برد که به پیشرفت فناوری نیز کمک می‌کند. علاوه‌بر نیروی محرکه‌ی بازار، دولت و سازمان‌ها نیز در استانداردسازی فناوری نقش دارند. به‌عنوان‌مثال، عامل محرکِ شکل‌گیری استاندارد فناوری برای صنعت HDTV، بازار نیست، بلکه سازمان‌های بین‌المللی هستند که سعی در استفاده از استانداردهای فناوری خود دارند (The Economist, 1993). استانداردهای فناوری از نظر هماهنگ‌کردن جهت‌گیری‌های

توسعه‌ی فناوری در زمانی که سازگاری مسئله‌ی قابل‌توجهی است، مهم می‌شوند. پذیرش استانداردهای فعلی فناوری می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها، به‌ویژه برای قطعات جایگزین سازگار شده و تولید در مقیاس بزرگ و توسعه در اندازه‌ی بازار را ترویج کند (Farrell and Saloner, 1986).

فرایند استانداردسازیِ فناوری نه تنها مسلتزم حمایت تولیدکنندگان،کاربران و کارگزاری‌های دولتی مرتبط است، بلکه از نظر جهت‌گیری‌های توسعه‌ی آینده بر استانداردهای فناوری موجود نیز تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان‌مثال، آلن و سریرام[۸] (۲۰۰۰) استاندارد فناوری را به‌عنوان یک نظام پیچیده، متشکل از انواع فعالیت‌های فنی درنظر می‌گیرند، و چنین استدلال می‌کنند که وقتی استانداردهایِ فناوری به قوانین پذیرفته‌شده تبدیل می‌شوند، تأثیر منفی و مثبتی بر توسعه‌ی فناوری دارند. استانداردهای فناوری به‌طورمعمول از شرکت‌هایی ناشی می‌شوند که دارای ابتکاری‌ترین فناوری هستند و استانداردها می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم موجب ارتقای توسعه‌ی فناوری شوند. استانداردسازیِ فناوری از طریق تسهیل فرایند پیشرفت فناوری و نوآوری، بر توسعه‌ی آن تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان‌مثال، چن و لیو[۹] (۲۰۰۸) به وجود رابطه‌ی سازگاری داخلی بین استانداردسازی فناوری و پیشرفت پی بردند. ویل[۱۰] (۱۹۸۵) بر این باور بود که استانداردسازی موجب ارتقای توسعه‌ی بازار تمام صنایع و در عین حال رقابت میان بنگاه‌ها می‌شود. پلکمانز[۱۱] (۱۹۸۷) دریافت که توسعه‌ی هماهنگ فناوری، مستلزم ترکیب سازمانی و مشارکت نزدیک در استانداردسازی فناوری است. کیم[۱۲] (۱۹۹۷) تأثیر استانداردهای فناوری را بر فرایند توسعه‌ی فناوری تأیید کرد و نشان داد که مسیر توسعه‌ی فناوری در کشورهای درحال‌توسعه با کشورهای توسعه‌یافته متفاوت است که شامل معرفی، جذب و بهبود است. استانداردسازی نقش مهمی در فرایند ایجاد مزیت‌های رقابتی بین‌المللی ایفا می‌کند (ANSI, 2000). ویل[۱۳] (۱۹۸۵) ادعا کرد که در بازار کاملاً رقابتی، استانداردهای فناوری تأثیر زیادی بر انگیزه و نیروی محرک نوآوری دارند. استانداردسازی با نشان‌دادن عوامل داخلی شکل‌گیری توسعه‌ی فناوری (Egyedi, 1999) و تأثیرگذاری بر سرعت و جهت‌گیری نوآوری فناوری، تأثیر بسیار مهمی در نوآوری فناوری دارد (Jakobs, 1999). کانو[۱۴] (۲۰۰۰) مفهوم نوآوریِ سامانه را با درنظر گرفتن نوآوری فناوری به‌عنوان بخش مهمی از توسعه‌ی فناوری مطرح کرد و بر این باور بود که استانداردهای فناوری عمدتاً از طریق نوآوری تدریجی نظام‌مند و مستقل فناوری منعکس می‌شوند. وی همچنین یک پژوهش تجربی پیشگامانه را براساس یک سری از استانداردهای فناوری که به‌طور مداوم تولید می‌شدند، درزمینه‌ی ارتباطات انجام داد، فرایند تکاملی نوآوری سامانه را در ارتباطات سیّار تحلیل کرد و این چنین نتیجه گرفت که فرایند استانداردسازیِ فناوری، مانع از نوآوری فناوری نمی‌شود. علاوه‌براین، او رابطه‌ی بین استانداردها و توسعه‌ی فناوری را با مقایسه‌ی فرایندهای شکل‌گیری استاندارد فناوری و نتایج حاصل از سامانه‌های ارتباطی سیّار در اروپا، ژاپن و ایالات متحده بررسی کرد. لی[۱۵] (۲۰۰۱) اصل مدیریت سامانه‌های استاندارد را مورد مطالعه قرار داد و پیشنهاد کرد که بهینه‌سازی، هماهنگی و ساده‌سازی، اصولِ اساسی استانداردسازی هستند. وی همچنین معتقد بود که به نظر می‌رسد نوآوری و استانداردسازیِ فناوری با هم متناقض و ناسازگار هستند که درواقع به منزله‌ی وحدت اضداد[۱۶] است. به جای ممانعت از نوآوری، استانداردسازیِ فناوری شرایط و بسترهای ضروری را برای نوآوری فناوری آماده می‌کند.

۳ تحلیل استانداردسازی فناوری و سطح توسعه فناوری

۳-۱ مفهوم استانداردسازی فناوری و نوآوری

سازمان بین‌المللی استانداردسازی[۱۷]، استاندارد فناوری را «یک فایل با یک یا مجموعه‌ای از الزامات اجباری یا راهنمایی خاص تعریف می‌کند که شامل جزئیات الزامات فناوری و راه‌حل‌های مربوط به فناوری است» و هدف آن «فعال‌کردن محصول یا خدمت مرتبط برای دستیابی به الزام ایمنی خاص یا الزام ورود به بازار است» (Hou, 1996). استانداردهای فناوری، موجودیت‌های فنی تکراری هستند که به‌طور یکنواخت در یک گستره‌ی خاص تنظیم می‌شوند و عموماً به‌عنوان اسناد فناوری موردتأیید مؤسسات شناخته‌شده قرار می‌گیرند. استانداردهای فناوری، قوانین یا دستورالعمل‌های غیراجباری هستند که برای محصولات، فرایندهای مرتبط و روش‌های تولید به منظور استفاده‌ی عمومی یا تکراری، همراه با اصطلاحات تخصصی و الزامات بسته‌بندی، نماد،

نشان یا برچسب استفاده می‌شوند. استاندارد فناوری را می‌توان به‌عنوان مشخصه‌های فناوری نیز درنظر گرفت که امکان استفاده و به‌کارگیری دوباره از آن در هر زمینه‌ی فناوری وجود دارد (Farrell and Saloner, 1986). براساس نظریه‌های علمی و تجارب برتر، استانداردهای فناوری، کارِ تخصیص دوباره و سازمان‌دهی عناصر فناوری را انجام می‌دهند تا ساختار داخلی فناوری را تنظیم‌کرده و فناوری را قادر به تولید بیشینه‌ی بهره در قالب جدید کنند. در اصل، استانداردهای فناوری، الزاماتی را تعیین می‌کنند که حتماً باید برآورده شوند و فناوری‌هایی که می‌توان برای کمک به دستیابی به استانداردها پیاده‌سازی کرد. استانداردهای فناوری با تعریف‌کردنِ قوانین و تعهدات حقوقی فناوری برای محصولات و خدمات، اساساً محدودیت‌هایی برای راه‌حل‌ها، روش‌ها و مسیرهای فناوری در تولیدات و خدمات سازمانی و مبانی کارآفرینی فناورانه و فعالیت‌های نوآورانه برای شرکت‌ها به هنگام مشارکت در تولید، ساخت‌وساز و تبادل کالا هستند.

استانداردسازی، مجموعه‌ای از فرایندهایی است که منجر به شکل‌گیری استانداردهای فنی می‌شوند. فرایندهای استانداردسازی را می‌توان به دو بخش طبقه‌بندی کرد: شکل‌گیری و انتشار استاندارد فناوری. منظور از شکل‌گیری استانداردهای فناوری، فرایند تنظیم فناوری است که فرایند تطبیق و درهم‌آمیختن عناصر فناوری که به‌صورت درونی تغییر می‌کنند، تسهیل می‌کند تا نوآوری و توسعه‌ی فناوری ترویج شود. انتشار استانداردهای فناوری به فرایندهای خاص از تدوین تا پیاده‌سازی استانداردها اشاره دارد. فرایند استانداردسازی فناوری با تمایل به توسعه‌ی فناوری، تغییر تقاضای بازار و اکتشاف فناوری نوآورانه ایجاد می‌شود. شکل‌گیری استانداردهای فناوری مستلزم مشارکت هم‌یارانه‌ی کارگزاری‌های دولتی، شرکت‌ها و سایر مقامات در انتخاب و ترویج فناوری‌های مناسب و استانداردهای آن‌هاست. استانداردهای فناوری به نیروهای محرک مهمی برای همیاری تحقیق و توسعه و توسعه‌ی شراکت‌های تجاری تبدیل شده‌اند که این امر فرایند استانداردسازی فناوری را تسهیل می‌کند. توسعه‌ی هم‌یارانه‌ی استانداردهای فناوری به یک ابتکار جدید برای شرکت‌ها تبدیل شده تا در نوآوری و پژوهش پیشرفته مشارکت فعال داشته باشند.

نوآوری فناوری نه تنها فرایند تولید ایده‌های جدید منعکس‌شده در طراحی محصول، تولید آزمایشی و بازاریابی بازارگراست، بلکه فرایند خلق، توزیع و کاربرد دانش نیز هست (Antonelli, 1994; Allen and Sriram, 2000; Pan and Jin, 2003). استانداردهای فناوری اثر مثبت و منفی بر کاربرد خروجی‌های نوآوری فناوری دارند. از یک طرف، استانداردسازیِ فناوری به استفاده‌ی فعال از نوآوری فناوری کمک می‌کند. مؤسسه‌ی استانداردسازی آلمان[18] خاطرنشان می‌کند که شرکت‌های درگیر در فرایند استانداردسازی می‌توانند خطرات و هزینه‌های فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ی خود را به‌طور مؤثری کاهش دهند. بنابراین، در بافت‌های مختلف اقتصادی، فنی و اجتماعی، شرکت‌ها می‌توانند از استانداردسازی فناوری به‌عنوان ابزاری برای یکپارچه‌سازی اثربخش منابع استفاده کنند، تا از این طریق بتوانند کارایی تحقیق و توسعه را ارتقا بخشیده و پایه و اساس محکمی را برای کل نوآوری سامانه فراهم کنند. علاوه‌براین، استانداردسازی فناوری می‌تواند ابتکارات نوآوری فناوری را در شرکت‌های مختلف همگام و هماهنگ کند؛ وقتی یک استاندارد فناوری نظام‌مند شکل گرفت، تأثیرات متقابل و تعامل فعالیت‌های نوآوریِ پراکنده در کل سامانه را قادر می سازد تا مؤثرترین نوآوری فناوری را تولیدکرده و یک مزیت رقابتی قوی ایجاد کند. همان‌طورکه فانک[19] (۲۰۰۳) خاطر نشان می‌کند، پس از ایجاد استاندارد فناوری، تولیدکنندگان می‌توانند مطابق استاندارد تولید و بهره‌برداری کنند و مصرف‌کنندگان می‌توانند طبق استاندارد قضاوت و انتخاب کنند. از طرف دیگر، استانداردهای فناوری تأثیرات منفی بر کاربرد دستاوردهای نوآوری فناوری دارند. به‌عنوان‌مثال، با توجه به اینکه قالب صفحه‌کلید QWERTY که شرکت رِمینگتون آرمز[20] ارائه کرده است، به‌طور گسترده‌ای مورد پذیرش واقع‌شده و به استاندارد تبدیل شده است، صفحه‌کلید Dvorak با وجود اینکه ۲۰ درصد سریع‌تر از نسخه‌ی اصلی با مزیت فناوری واضح است، نتوانست در این رقابت باقی بماند (Keil, 2002). اگرچه در این شرایط خاص، استانداردهای فناوری بهترین فناوری را انتخاب نکرده و سراغ گزینه‌ای با مطلوبیت کمتر رفتند، نوآوری فناوری برای صفحه‌کلیدها هنوز هم به‌طور مداوم درحال انجام است. این مثال نشان می‌دهد که گاهی اوقات ممکن است نوآوری فناوری فقط

در مقیاس اندک و بدون تحقق اهداف اصلی استانداردهای فناوری پذیرفته شود. بنابراین، وجود استانداردهای فناوری ممکن است اثر منفی بر پذیرش دستاوردهای نوآوری داشته باشد.

۳-۲ سطح توسعه‌ی فناوری و نظام فناوری

توسعه‌ی فناوری، فرایندی تعاملی در یک سامانه‌ی فنی با عناصر مختلف و مصالحه‌ی جنبش‌های متضاد عوامل محیطی و اجتماعی- اقتصادی است. توسعه‌ی فناوری، پیشرفت سطوح فناوری و تکامل مداوم یک نظام فناوری برای افزایش عملکرد فناوری است (Yang and Chen, 1985).

فناوری به‌طور مستقل وجود ندارد، بلکه در یک سامانه‌ی یکپارچه با تمام فناوری‌های مرتبط به‌عنوان اجزای سازنده‌ی آن مستقر است. عناصر فنی را می‌توان به‌عنوان واحدهای اساسی یک سامانه‌ی فناوری به شکل تجربه (عناصر فنی ذهنیت در مهارت‌ها)، شکل موجودیت (وسیله‌ی تولید) و شکل دانش (دانش فنی) تقسیم کرد. چیدمان، هم‌پوشانی و ترکیب عناصر فنی، ساختار فنی یک سامانه‌ی فناوری را تشکیل می‌دهد. هم‌افزایی عناصر فناوری از طریق تعاملات غیرخطی و تأثیر متقابل میان عناصر مرتبط فناوری ایجاد می‌شود (Wang, 2007).

منشأ فناوری ارتباط نزدیکی با نیازهای جامعه دارد و این بدان معناست که فناوری را می‌توان به‌عنوان یک تسهیل‌گر درنظر گرفت؛ از طرف دیگر، فناوری سازوکار داخلی خاص خودش را برای توسعه دارد که نشان می‌دهد فناوری یک محرک اولیه نیز است. مسیر توسعه‌ی فناوری در کشورهای درحال‌توسعه متفاوت از کشورهای توسعه‌یافته است و فرایند معرفی، جذب و بهبود را طی می‌کند. با این حال، هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای درحال توسعه، توسعه‌ی فناوری از اهداف فناوری و راهی تحقق آن نشأت می‌گیرد که برگشت‌ناپذیر است. توسعه‌ی فناوری باید با نیازهای اجتماعی و با هدف نهایی تأمین نیازهای جامعه در ارتباط باشد. فناوری و جامعه باید بازخورد به‌هنگام به یکدیگر ارائه دهند تا فرصت‌های توسعه ایجاد شود و سرعت توسعه یکدیگر را هماهنگ کنند (Xiao, 2002). توسعه‌ی فناوری درحقیقت ریشه در محیط‌های اقتصادی- اجتماعی خاص دارد، زیرا فناوری در انزوا به‌وجود نمی‌آید، بلکه در قالب خوشه‌ها، گروه‌ها و مجموعه‌هاست که ویژگی‌های فنی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی توسعه‌یافته در یک جامعه را نشان می‌دهد. تقاضا برای فناوری جدید انگیزه‌های توسعه‌ی فناوری را ایجاد می‌کند. به‌طورخاص، تقاضا از گروه‌های مختلف اجتماعی، انتخاب‌های فرهنگی، جهت‌گیری‌های ارزش و الگوهای قدرت، مسیر و شرایط توسعه‌ی فناوری را تعیین می‌کنند. براساس نیازهای یک جامعه، فناوری از طریق انتخاب‌های اجتماعی تولید فناوری جدیدی را انجام می‌دهد. مطالبات جدید اجتماعی، دور جدیدی از انتخاب‌های اجتماعی را ایجاد می‌کند و به فناوری‌های جدیدتری می‌انجامد. با توجه به این چرخه، می‌توان فناوری را هرچه بیشتر توسعه داد. پیشبرد فناوری یک فرایند توسعه مستمر مبتنی بر تغییر نیازهای اقتصادی- اجتماعی ناشی از انتخاب‌های اجتماعی است.

۳-۳ سازوکار استانداردسازی فناوری و سطح توسعه‌ی فناوری

۳-۳-۱ نقش دولت، سازمان‌های استانداردسازی ، شرکت‌ها و مصرف‌کنندگان در استانداردهای فناوری

استانداردسازی فناوری شامل فرایند شکل‌گیری و انتشار استانداردهای فناوری است. خوشه‌های فناوری از برخورد و تلفیق فناوری‌های نوآورانه نشأت می‌گیرند و برای تبدیل‌شدن به استانداردهای فناوری، باید وارد مجرای انتخاب بازار شوند. پس از انتشار استانداردها، استانداردسازی فناوری انجام خواهد شد. شکل‌گیری استاندارد فناوری اغلب نیازمند پشت‌سر گذاشتن فرایند پیچیده‌ای از رقابت استاندارد است. از آنجا که ایجاد استانداردها برای توسعه‌ی اقتصادی یک کشور یا منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است، دولت‌ها باید رقابت استاندارد را ترویج‌کرده و در آن شرکت کنند. هرچه یک شرکت قدرتمندتر باشد، توانایی آن در تأثیرگذاری بر استانداردها بیشتر خواهد بود. جایگاه یک شرکت از طریق سازوکارهای انتشار و پایگاه‌های کاربر بر فرایند رقابت استاندارد نیز تأثیر می‌گذارد. مصرف‌کنندگان نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری استانداردهای فناوری، به‌ویژه معیارهای واقعیت دارند. اینکه یک فناوری و استانداردهای آن مورد قبول بازار یا اکثر کاربران موجود در بازار باشد، کلید موفقیت آن است. بنابراین، تبدیل‌شدن به استانداردهای فناوری برای خوشه‌های

فناوری آسان‌تر است.

۳-۳-۲ استانداردهای فناوری و فرایند توسعه فناوری

به واسطه‌ی استانداردهای فعلی فناوری، نوآوری فناوری همواره با دنبال‌کردن مسیر تحت هدایت استانداردهای فناوری پیش می‌رود و تلاش می‌کند استانداردهای فعلی را به استانداردهای جدیدی ارتقا دهد که می‌توانند پذیرش گسترده‌تری داشته باشند. هنگامی‌که نوآوریِ فناوری براساس استانداردهای فناوری موجود پیش می‌رود، استانداردهای فناوری می‌توانند نمونه‌های مرجع را برای نوآوری فناوری ارائه دهند و اهداف توسعه شفاف‌تری را برای شرکت‌ها تعیین کنند که مخاطرات آن کاهش‌یافته و هدررفتِ منابع ناشی از شکست‌های نوآوری کمتر شده است. بنابراین، یک استاندارد فناوری جدید که توسط انواع فناوری‌های نوآورانه شکل گرفته است، به‌طورمعمول از استانداردهای فنی موجود ارتقا می‌یابد تا اینکه آن‌ها را کاملاً از بین ببرند. با تکرار همان فرایند مبتنی بر استاندارد فناوری ارتقایافته، تعامل بین استانداردهای فناوری و نوآوری می‌تواند به‌طور منظم صورت بگیرد که به دور جدیدتری از نوآوری فناوری و استانداردسازی فناوری می‌انجامد. از آنجا که این روند به‌طور مداوم پیش می‌رود، نظام فناوری تمایل به تثبیت دارد که نشان می‌دهد استانداردهای فناوری و نوآوری با همیاری یکدیگر سطح توسعه‌ی فناوری را ارتقا می‌بخشند.

۳-۳-۳ به‌روزرسانی استانداردهای فناوری و سرعت نوآوری فناوری

استانداردهای فناوری باید با جایگزین‌کردنِ استانداردهای قدیمی با استانداردهای جدید ارتقا یابند. بر همین قیاس، نوآوری فناوری صنعتی نیز چرخه‌ها و تناوب‌های خود را دارد. چرخه‌ی عمر فناوری، فرایندی است که دامنه‌ی آن از ورود نوآوری فناوری به بازار، بلوغ آن در بازار، تا زمانی‌که از بازار کنار گذاشته شود، گسترده است. نوآوری فناورانه ارتباط نزدیکی با چرخه‌ی عمر فناوری دارد، زیرا آن نیز در یک منحنی S شکل[۲۱] چرخه‌ی توسعه را پشت سر می‌گذارد. در دوره‌ی ابتدایی نوآوری فناورانه، که مرحله‌ی ابتدایی یک محصول جدید یا توسعه‌ی فناوری جدید است، نیروی انسانی و منابع مادی بیشتر سرمایه‌گذاری می‌شوند؛ اما دستاورد فنی آشکار به‌صورت فوری وجود ندارد و نوآوری فناوری به‌نسبت کُند است. پس از تلاش‌های مداوم در دوره‌ی ابتدایی، نوآوری فنی به‌طور قابل‌توجهی سریع‌تر می‌شود. در دوره‌ی رشد، سرمایه‌گذاری اندک در فناوری می‌تواند دستاوردهای بیشتری را در نوآوری فناوری کسب کند. پس از توسعه‌ی سریع این مرحله، توسعه‌ی فناوری کُند می‌شود. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه تنها می‌تواند به مقدار اندکی از نوآوری فنی منجر شود که این امر در مرحله‌ی بالغ بسیار دشوار است. بنابراین، هنگامی که استانداردهای فناوری با سرعتی مشابه با نوآوری فناوری به‌روز می‌شوند، می‌توان نوآوری فناوری را برای تولید فناوری‌های جدید تسریع کرد و درعین‌حال می‌توان فناوری‌های نوآورانه را تثبیت کرد تا استانداردهای فناوری را برای مدت‌زمان طولانی شکل دهند، که این امر سهم زیادی در توسعه‌ی کارآفرینی فناوری در همان زمان دارد.

۳-۳-۴ تعامل مداوم بین نوآوری فناوری و استانداردهای فناوری

به‌طورکلی، یک نظام فناوری تمایل به ثبات دارد. با این حال، در طول فرایند واقعی، انواع فناوری‌های نوآورانه که نوآوری فناوری تولید می‌کند، فعالیت‌های نظام را افزایش داده و مانع فرایند گذار می‌شوند. بنابراین، فرایند گذار نظام فناوری نمی‌تواند به‌طور لحظه‌ای انجام شود، بلکه تحقق آن فقط از طریق تعامل بین نوآوری و استانداردهای فناوری به‌صورت گام‌به‌گام امکان‌پذیر است. به‌طورخلاصه، پیشرفت یک نظام فناوری را می‌توان به‌عنوان پیش‌ران ثابت توسعه‌ی فناوری در سطح کلان در نظر گرفت؛ اما در سطح خُرد، این فرایندی است که طی آن فناوری‌های نوآورانه و رقابتی با انتخاب و بازرسی بازار، با استانداردهای فناوری موجود سازگار می‌شوند.

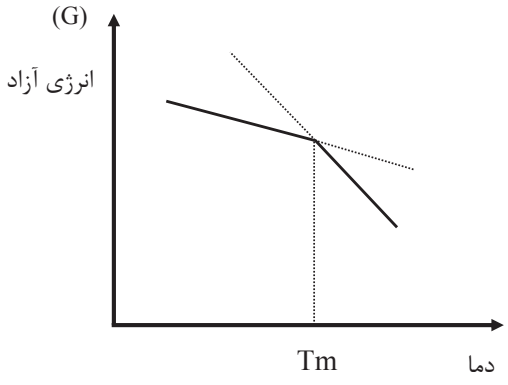
۴. مدل‌سازی استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فنی مبتنی بر نظریه‌ی جامدسازی آلیاژهای دوتایی زودگداز

سازوکار استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فناوری شبیه به فرایند جامدسازی آلیاژ دوتایی زودگداز است. در یک محیط بسیار فعال نوآوری، فناوری‌های نوآورانه، خوشه‌های فناوری را از طریق برخورد و تلفیق و از طریق «رقابت» در میان خوشه‌های فناوری شکل می‌دهند و درنتیجه برخی از خوشه‌های فناوری به استانداردهای فناوری تبدیل می‌شوند. پس از آن، فرایند استانداردسازیِ فناوری با مأموریت توزیع

و انتشاری استانداردهای فناوری آغاز می‌شود، که به‌دلیل ماهیت مستمر نوآوری فناورانه، یک فرایند درحال پیشرفت است. تأثیرات متقابل بین استانداردسازیِ فناوری و نوآوریِ فناوری، سطح پیشرفت فنی را بالا می‌برد و درنهایت به پیشبرد کل نظام می‌انجامد. در این مجموعه از فرایندها، به‌جز برخی از عناصر فعال فناوری در فرایندهای خاص، به‌طورکلی یک نظام فناوری پایدار است. سازوکار این فرایندها با استفاده از مدل زیر نشان داده شده است.

۴-۱ مدل‌سازی فرایند استانداردسازی فناوری

در طبیعت، همه‌ی مواد وقتی در شرایط ناپایدار قرار می‌گیرند همواره تلاش می‌کنند خود را به حالت پایدار برسانند. از دید دانش دماپویایی[۲۲]، پایداری یک ماده به انرژی آزاد آن بستگی دارد. هرچه میزان انرژی آزاد بیشتر باشد، وضعیت آن از پایداری کمتری برخوردار خواهد بود. همان‌طورکه شکل ۱ نشان می‌دهد، وقتی دما زیر Tm است، انرژی آزاد یک جامد کمتر از یک مایع است، بنابراین یک مایع با انرژی آزادِ بیشتر به‌طور خودبه‌خود به یک جامد با انرژی آزاد کمتر تبدیل می‌شود، که این آغاز فرایند جامدسازی است.

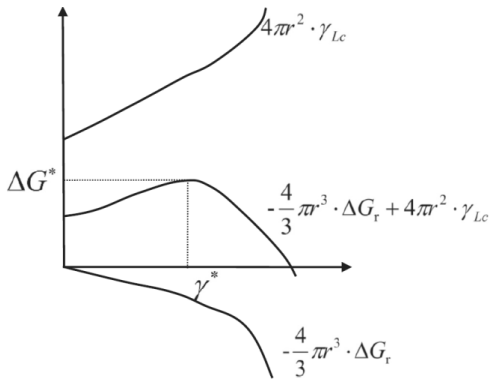


شکل ۱: نمودار تغییرات انرژی آزاد با دما

ابتدا، در یک فرایند جامدسازی، اتم‌های موجود در یک ماده‌ی درحال ذوب خوشه می‌شوند تا جنین‌های سلولی را شکل دهند، که برگشت‌پذیر، تکراری و گاه‌به‌گاه است. همچنان که فرایند جامدسازی پیش می‌رود، خوشه‌ها به‌طور مکرر وارد جنین‌ها می‌شوند تا آن‌ها را بزرگتر کنند. وقتی یک جنین از ابعاد آستانه بزرگ‌تر شد، به‌طور پایدار وجود خواهد داشت و تبدیل به هسته خواهد شد، که به‌طور مداوم رشد می‌کند تا به مرحله اصلی α تبدیل شود.

به‌دلیل شرایط مختلف جامدسازی، دو روش ممکن برای هسته‌سازی وجود دارد: همگن و ناهمگن. منظور از هسته‌سازی همگن، فرایند تشکیل هسته فاز جدید بدون هیچ‌گونه دخول، دیوار یا تاثیر سایر اشیاء خارجی است. اتم‌های روی سطح جنین، در وضیت پُرانرژی قرار دارند و به انرژی آزاد روی سطح جنین می‌انجامند. از آنجا که انرژی آزاد دارای ارزش مثبت است، باعث افزایش انرژی آزاد سامانه می‌شود، برای همین جنین‌ها ناپایدار هستند. برای یک کُره‌ی جنین سلولی با شعاع r، تغییر در کل انرژی آزاد آن ΔG را می‌توان به این‌صورت $\Delta G = -\frac{4}{3}\pi r^3.\Delta G_r + 4\pi r^2.\gamma L_c$ بیان کرد که در آن γ_{Lc} نشان‌دهنده‌ی انرژی آزاد در واحد سطح (erg/cm²) و ΔG_r، مقدار متغیر انرژی آزاد در واحد حجم است (erg/cm²).

همان‌طور که در شکل (۲) نشان می‌دهد، اگر یک جنین (با اندازه r <r*) بخواهد رشد کند، کل انرژی آزاد آن افزایش خواهد یافت، که از دید ترمودینامیک امکان‌پذیر نیست، برای همین، این جنین ناپدید خواهد شد. با این حال، وقتی یک جنین (با اندازه r <r*) همچنان رشد می‌کند، انرژی آزاد آن کاهش می‌یابد، برای همین، این جنین به رشد خود ادامه خواهد داد.

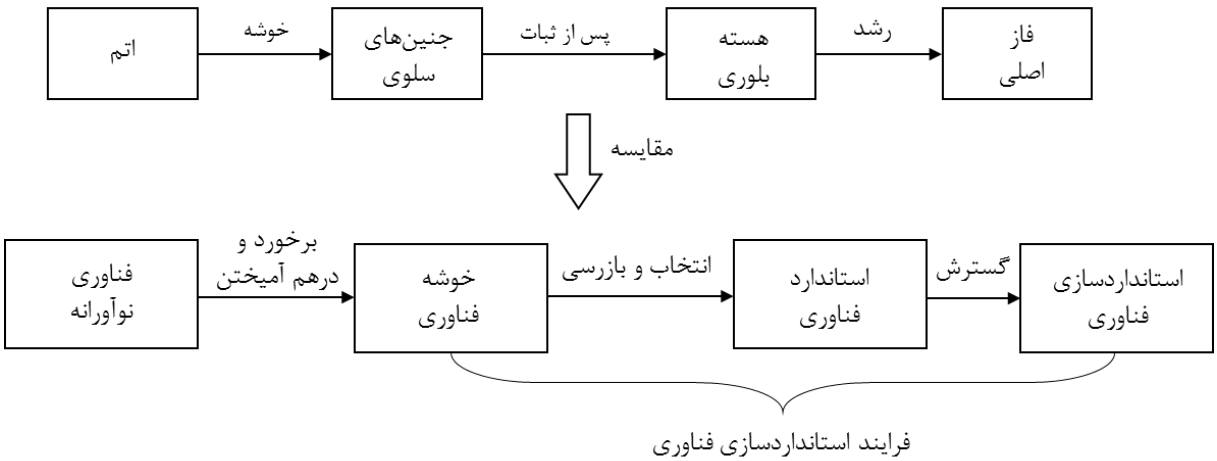


شکل ۲: رابطه‌ی بین شعاع هسته و ΔG

شعاع آستانه $r^* = \frac{2\gamma_{Lc}.T_m}{L_m.\Delta T}$ است؛ بنابراین، انرژی هسته‌سازی همگن برابر است $\Delta G^* = \frac{16\pi\gamma^3_{Lc}.T_m^2}{3(L_m.\Delta T)^2}$. برای یک آلیاژ زودگداز، فرایند جامدسازی به‌طورکلی یک هسته‌سازی ناهمگن است، مگر اینکه این آلیاژ پاکسازی فوق‌العاده پاک، عملیات تبرید یا فرآوری پودر دارای دانه‌های بسیار ریز را پشت سر گذاشته باشد. درصورت وجود هرگونه میانجی (دخول، دیوارها یا سایر اشیای خارجی) در ماده‌ی درحال ذوب، ممکن است تک‌تک اتم‌ها یا گروهی از اتم‌ها روی آن رسوب کنند و جنین تشکیل دهند. بر

این اساس، انرژی هسته‌سازی ناهمگن را می‌توان از این معادله به‌دست آورد $\Delta G^* = \frac{16\pi\gamma_{Lc}^3}{3\Delta G_V^2} \times \frac{1}{4}(2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta)$ که Θ نشان‌دهنده‌ی زاویه‌ی تماس بین هسته و پایه‌ی آن است. وقتی زاویه‌ی تماس بین ۰ تا ۱۸۰ درجه باشد، متوجه می‌شویم که هسته‌سازی ناهمگن در مقایسه با هسته‌سازی همگن به انرژی هسته‌سازی بحرانی کمتری نیاز دارد، برای همین در مقایسه با هسته‌سازی همگن، اغلب از نرخ هسته‌سازی بالاتر با درجه‌ی خنک‌کننده‌ای کمتر برخوردار است.

بین فناوری نوآورانه و اتم‌ها می‌توان یک مقایسه انجام داد. در یک نظام فناوری موجود، فناوری‌های نوآورانه بسیار فعالی وجود دارد (ژو، ۲۰۱۳) که کل نظام فناوری را به‌نسبت ناپایدار می‌سازند. نظام فناوری تمایل به تغییر از حالت بی‌نظمی به حالت منظم دارد؛ وقتی سرانجام در یک زمان معین به حالت منظم می‌رسد، نظام فناوری پیشرفت خواهد کرد. در این فرایند، تعدادی از فناوری‌های نوآورانه با مشارکت شرکت‌ها (یا اتحادیه بنگاه‌ها)، کارگزاری‌های دولتی، کارآفرینان فناورانه و مصرف‌کنندگان، به‌هم برخوردکرده و درهم می‌آمیزند، برای همین، خوشه‌های فناوری بسیاری با درجه و حوزه‌های متفاوت در نظام فناوری وجود دارد که تماس‌های مکرر اما ناپایدار با هم دارند. با توسعه‌ی مستمر نظام فناوری، برخی از خوشه‌های فناوری خاص در نظام می‌توانند از طریق انتخاب و بازرسی بازار به استانداردهای فناوری تبدیل شوند، که به‌عنوان پایه و اساس دستیابی به هدف استانداردسازی فناوری از طریق انتشار و همیاری استانداردهای فناوری عمل می‌کند (به شکل (۳) نگاه کنید).



شکل ۳: مقایسه‌ی بین فرایند هسته‌سازی و فرایند استانداردسازی فناوری

خوشه‌های فناوری موجود در نظام فناوری، میزان فعال‌بودن نظام فناوری را افزایش می‌دهند، برای همین، خوشه‌های مختلف فناوری به‌طور پایدار وجود ندارند. وقتی خوشه‌های فناوری، یک پایگاه کاربری بزرگ را گرد هم می‌آورند، از طریق انتخاب و بازرسی بازار به استانداردهای فناوری تبدیل می‌شوند. اگر تعداد کاربران یک خوشه‌ی فناوری از حد آستانه‌ی پذیرفته‌شده بیشتر باشد، مورد استقبال گسترده‌ی بازار قرار می‌گیرد.

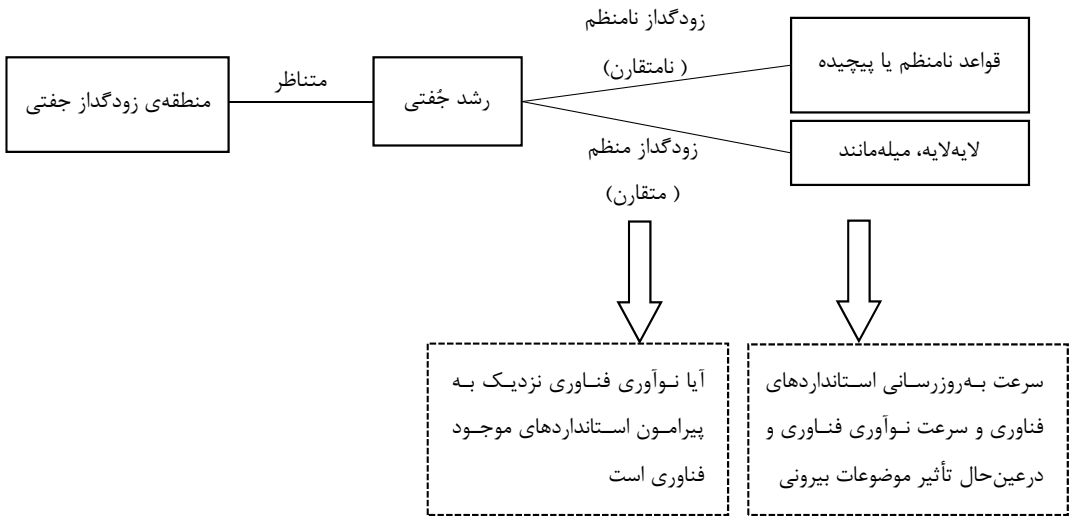
کارگزاری‌های دولتی یا سازمان‌های استانداردسازی آن فناوری‌های پیشرفته و به‌نسبت بالغ را به‌عنوان استانداردهای فناوری انتخاب می‌کنند. از طرف دیگر، فناوری‌ها با یکدیگر رقابت‌کرده و مصرف‌کنندگان هدایت می‌شوند تا محصولاتی را انتخاب کنند که دارای فناوری‌های محبوب و غالب هستند؛ به این ترتیب فناوری قادر خواهد بود تا به تدریج به یک استاندارد فناوری در صنعت تبدیل شود. در هر دو وضعیت، مشارکت کارگزاری‌های دولتی، سازمان‌های استانداردسازی، شرکت‌ها و مصرف‌کنندگان در فرایند شکل‌گیری استانداردهای فناوری ضروری است،که مشابه عملکرد ناخالصی، دیواره یا سایر مواد خارجی در فرایند هسته‌سازی زودگداز است. کارگزاری‌های دولتی، فرماندهانی برای هدایت جهت‌گیری‌های توسعه استانداردها هستند و درعین‌حال مسئولیت ایجاد و تکمیل نظام استانداردسازی فناوری را نیز برعهده دارند. سازمان‌های استانداردسازی در هماهنگی و متعادل‌سازی روابط همه‌ی موضوعات نقش دارند.

شرکت‌ها و کارآفرینان فناورانه، نیروهای اصلی شکل‌دهنده‌ی استانداردهای فناوری بوده و ستون فقرات نوآوری صنعتی به‌شمار می‌روند که به تجاری‌سازی دستاوردهای علمی و فناورانه کمک می‌کند (Tao et al., 2016; Wang et al., 2015; Xu et al., 2005, 2007; Yan et al., 2015; Yin et al., 2016). تقاضای مصرف‌کنندگان به‌عنوان مبنای مهم توسعه‌ی استاندارد عمل می‌کند و فرایند انتخاب کاربران، عامل کلیدی شکل‌گیری استانداردهای فناوری است.

۲-۴ مدل‌سازی تعامل بین استانداردسازی فناوری و نوآوری فناوری

در شرایط تعادل، فقط آلیاژ با ترکیب زودگداز می‌تواند به صد درصد فاز زودگدازی برسد. طبق نظریه‌ی ترمودینامیک، وقتی یک ماده‌ی درحال ذوب، به‌سرعت در ناحیه‌ی سایه‌دار (که از طریق بسط دو خط مایع شکل می‌گیرد) در شرایط تقریباً تعادل سرد می‌شود، دو جزء سازنده در فاز مایع به حالت فوق‌اشباع می‌رسند؛ حتی اگر ترکیب یک آلیاژ زودگداز هم نباشد، هنوز هم می‌توان به شرایط رسوب دست یافت. به‌طورکلی، یک فاز به‌طورمعمول به‌عنوان یک فاز رسوبی ترجیحی عمل می‌کند و سپس فاز دیگر روی سطح فاز اول رسوب می‌کند؛ درصورت تداومِ فرایند جامدسازی که دارای رشد مشارکتی دو فاز است، آن‌ها درنهایت صد درصد ساختار خُرد زودگداز، موسوم به ساختار شبهِ زودگداز را رسوب می‌کنند.

وقتی نقاط ذوب دو جزء سازنده در فاز زودگداز مشابه باشد، منطقه‌ی زودگداز جُفتی، متقارن بوده و ساختار جامدسازی آن منظم خواهد بود. به‌ویژه، ساختار جامدسازی، لایه‌لایه یا میله‌مانند، به کسر حجم دو جزء سازنده در دو فاز زودگداز و اثر جزء سازنده سوم بستگی دارد. وقتی نقاط ذوب دو جزء سازنده در فاز زودگداز بسیار متفاوت باشد، منطقه‌ی زودگداز جُفتی اغلب یک منطقه‌ی زودگداز جُفتی نامتقارن را در سمت آن جزء سازنده‌ای شکل می‌دهد که نقطه‌ی ذوب بالاتری دارد و منجر به یک ساختار جامدسازی نامنظم یا پیچیده می‌شود (شکل (۴) را ببینید).



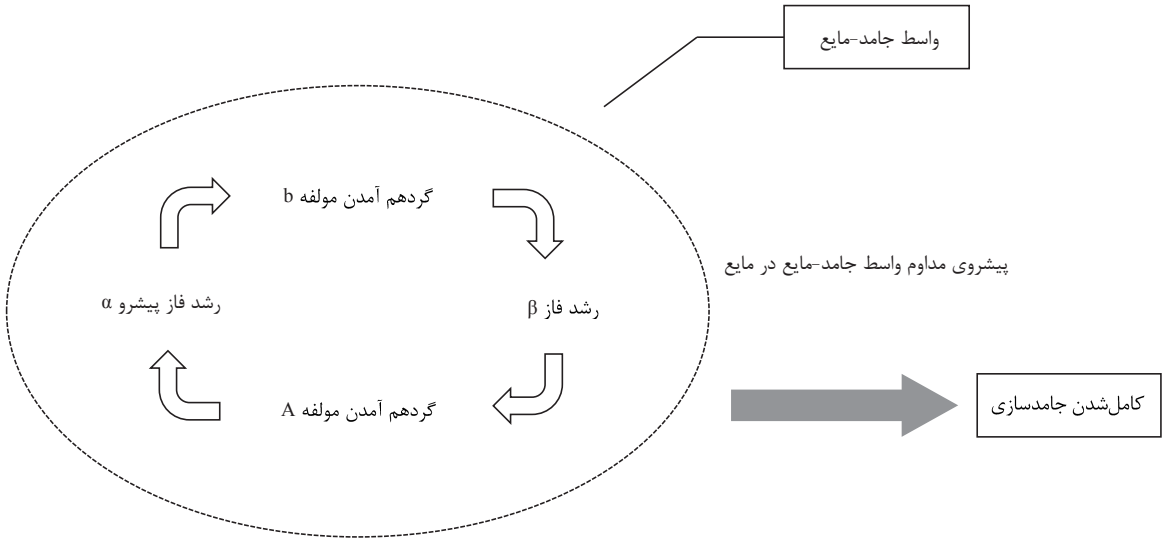
شکل ۴: مقایسه‌ی بین ساختار جامدسازی، استانداردهای فناوری و نوآوری فناوری

بحث فوق می‌تواند مربوط به اثر مثبت نوآوری فناوری بر استانداردهای فناوری باشد. فناوری‌ها باید قبل از تبدیل‌شدن به استاندارد، پیشرفت و نوآوری را طی کنند؛ نوآوری فناوری می‌تواند موجب ترویج شکل‌گیری استانداردها شده و درنهایت به نوآوری استانداردها دست یابد. علاوه‌براین، استانداردهای فناوری هم تأثیر مثبت و هم منفی بر نوآوری فناوری دارند. از یک‌سو، استانداردسازیِ فناوری برای استفاده‌ی فعال از خروجی‌های نوآوریِ فناوری، نظیر گذار و انتشار فناوری بسیار مفید است. از سوی دیگر، اگر فناوری‌هایی به استانداردهای فناوری تبدیل شوند که خیلی بهینه نیستند، مانع از نوآوری فناوری خواهند شد، زیرا خروجی‌های نوآوری را نمی‌توان انتشار داد. بنابراین، وقتی نوآوریِ فناوری مبتنی بر استانداردهای فناوری موجود باشد، استانداردهای جدیدی که از انواع مختلف فناوری‌های نوآورانه ایجاد می‌شوند، به

جای آنکه استانداردهای موجود را به‌طورکامل خراب کنند، موجب ارتقای آن‌ها خواهند شد. همان فرایندِ مبتنی بر استانداردهای فناوریِ ارتقایافته، دوباره تکرارشده و به‌طور متناوب پیش خواهد رفت، که در آن تعامل بین استانداردهای فناوری و نوآوری به‌طور منظم انجام می‌شود. در مقابل، وقتی نوآوریِ فناوری مبتنی بر استانداردهای فناوری موجود نباشد، فناوری‌های نوآورانه که با نوآوریِ فناوری تولید می‌شوند، پس از انتخاب و بازرسی بازار، استانداردهای غیررسمی[۲۳] را شکل خواهند داد که برای استانداردهای فنی فعلی مُخرّب هستند، و در آن تعامل بین نوآوری فناوری و استانداردها نامنظم است. توسعه‌ی فناوری به‌طورمعمول چهار دوره را پشت سر می‌گذارد که دوره‌ی مقدماتی، رشد سریع، بلوغ و پایداری است. وقتی یک فناوری بین دوره‌ی بلوغ و پایداری باشد، استاندارد فناوری را شکل خواهد داد. استانداردهای فناوری سه مرحله شامل شکل‌گیری، انتشار و جایگزینی را پشت سر می‌گذارند. پس از شکل‌گیری یک استاندارد فناوری در مرحله‌ی انتشار، استانداردهای فناوری معرّف سطح فناوری فعلی هستند که بیشتر شرکت‌ها می‌توانند به آن دست‌یافته و پیاده‌سازی کنند، درحالی‌که نوآوری فناورانه بیانگر فعالیت‌هایی است که به‌طور مداوم با توسعه‌ی فناوری و اجتماعی- اقتصادی و تقاضای بازار انجام می‌شود. از آنجا که چرخه‌ی عمر فناوری کوتاه‌تر شده و فناوری‌ها خواستار استانداردهای بالاتر هستند، سرعت به‌روزرسانی استانداردهای فناوری و سرعت نوآوری فناوری سریع‌تر می‌شود. با این وجود، سرعت به‌روزرسانی استانداردهای فناوری ممکن است با سرعت نوآوری فناوری یکسان نباشد و چه‌بسا، به‌دلیل تأثیر محیط‌های بیرونی، نتایج نهایی آن‌ها متفاوت باشد.

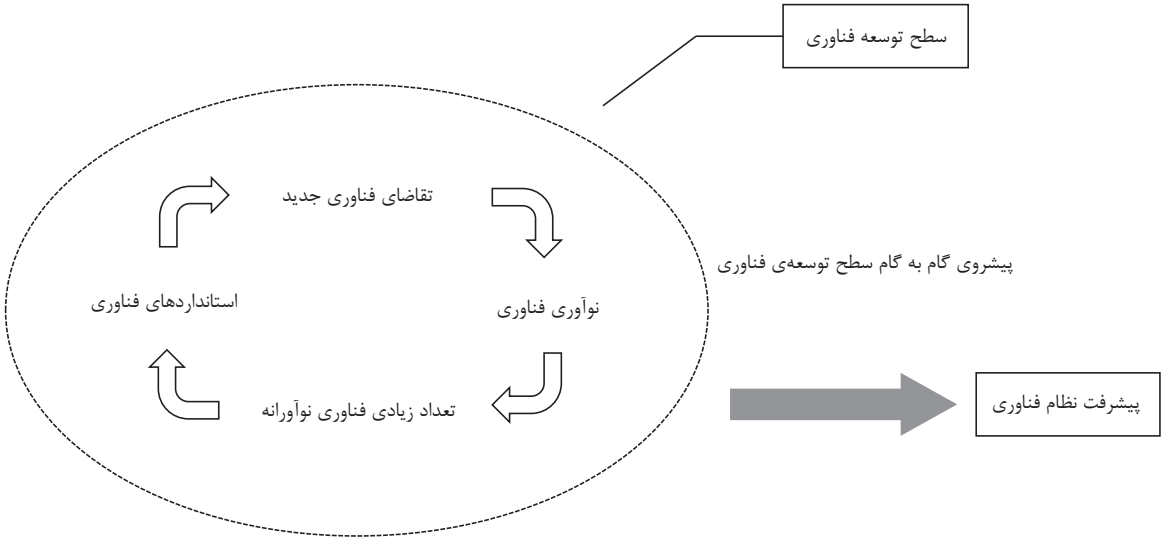
۳-۴ مدل‌سازی تأثیر استانداردسازی فناوری و نوآوری فناوری بر سطح توسعه فناوری

فرایند تبلور به ایجاد مستمر هسته‌های جدید بلورین و همچنین رشد بیشتر هسته‌های موجود بستگی دارد. رشد بلورها، فرایندی است که از دیدگاه کلان، به تدریج از واسط جامد- مایع به فاز مایع پیش می‌رود؛ در سطح خُرد، این فرایند به انتشار و چسبندگی اتم‌ها از مایع به سطح بلور متکی است. مؤلفه‌های دو فاز موجود در منطقه‌ی زودگداز جفتی، رشد جفتی خود را هنگامی آغاز خواهند کرد که کسر حجمی آن‌ها ثابت باشد. با رشد فاز α، مؤلفه‌ی B که برای فاز β الزامی است در فاز مایع نزدیک به فاز α انباشته خواهد شد. در همان زمان، رشد فاز β منجر به تجمع مؤلفه‌ی A در جلوی واسط می‌شود، که رشد فاز α را بیشتر می‌کند. بنابراین، یک سلول زودگداز کامل، یعنی دانه‌ی زودگداز، می‌تواند از یک هسته رشد کند. فرایند جامدسازی کامل هنگامی پایان می‌یابد که اجزای حل‌شده، در طول واسط جامد- مایع پخش شوند و میانجی جامد- مایع به‌تدریج به فاز مایع پیش رود، که درنتیجه یک ساختار زودگداز متشکل از هر دو فاز α و β حاصل می‌شود (شکل (۵) را ببینید).



شکل ۵: رشد متناوب دو فاز و در نهایت جامدسازی آن

به‌طور مشابه، پیشرفت کل نظام فناوری نه تنها به فرایند استانداردسازی فناوری، مشتمل بر شکل‌گیری و انتشار استانداردهای فناوری بستگی دارد، بلکه به فرایند متناوب تعامل بین استانداردهای فناوری و نوآوری نیز وابسته است. به‌طورخاص، پیشرفت یک نظام فناوری را می‌توان نیروی محرکه‌ی ثابت سطوح توسعه‌ی فناوری از منظر کلان درنظر گرفت و در سطح خُرد نیز فرایندی است که طی آن فناوری‌های نوآورانه و رقابتی با انتخاب و بازرسی بازار، خود را با محیط‌های توسعه‌ی فناوری موجود تطبیق می‌دهند. استانداردسازی فناوری تقاضا برای فناوری‌های جدید را میسر کرده و تنظیمات اساسی را برای نوآوری فناوری فراهم می‌کند. درهمین‌حال، فناوری‌های رقابتی جدید به‌طور مداوم از فرایند نوآوری فناوری تولید می‌شوند و دور بعدی فرایند استانداردسازی فناوری را ارتقا می‌دهند. این فرایندها دوباره به‌صورت متناوب تکرار شده، مقیاس‌های کروی خود را تقویت می‌کنند و مرز توسعه‌ی فنی را پیش می‌برند تا اینکه نظام فناوری در یک حالت به‌نسبت پایدار به سطح بالاتری برسد (همان‌طور که شکل (۶) نشان می‌دهد).

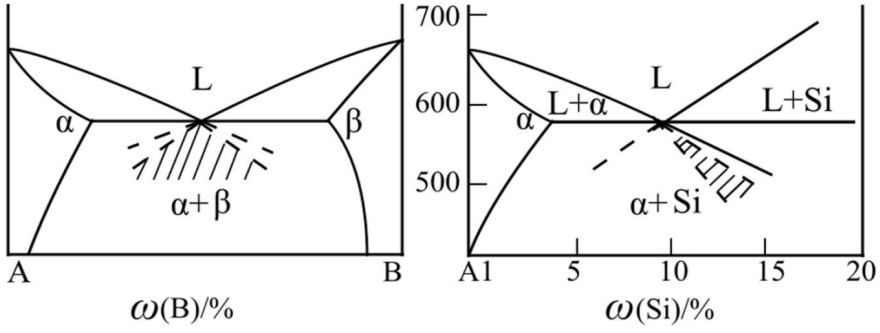


شکل۶: تأثیر هم‌افزایی‌کننده استانداردسازی فناوری و نوآوری فناوری بر نظام‌های فناوری

۵. تأثیر استانداردهای فناوری و نوآوری فناوری بر سطح توسعه فناوری براساس نظریه‌ی جامدسازی جفتی زودگداز

۵-۱ تأثیر نوآوری فناوری و استانداردهای موجود فناوری بر سطح توسعه فناوری

منطقه سایه‌دار، ناحیه‌ی جفتی زودگداز نامیده می‌شود، که مستلزم دمای جامدسازی و گستره‌ی ترکیب خاص است. این ناحیه جتفی زودگداز می‌تواند متقارن یا نامتقارن باشد (در شکل (۷) نشان داده شده است)



شکل ۷: ناحیه‌ی جفتی زودگداز متقارن و نامتقارن

۵-۱-۱ ناحیه‌ی جفتی زودگداز متقارن

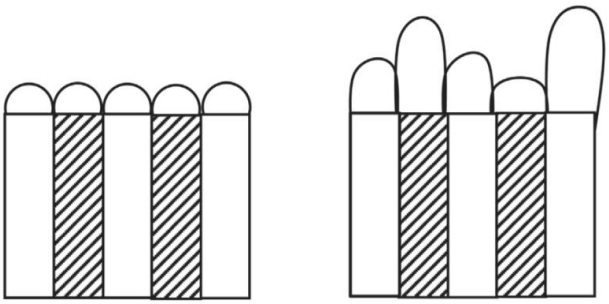
وقتی نقاط ذوب دو مؤلفه‌ی شکل‌دهنده‌ی زودگداز، مشابه باشد، شکل‌های دو خط مایع با یکدیگر متقارن بوده و توانایی رسوب دو فاز در مجاورت ترکیب زودگداز مشابه است، به‌طوری‌که شکل‌دهی یک هسته‌ی دوتایی متصل به هم آسان خواهد بود. در همین زمان، دو فاز نیز ظرفیت انتشار مشابهی در نزدیکی ترکیب زودگداز دارند، برای همین، رشد دو فاز با سرعت یکسان آسان خواهد بود. بنابراین، ناحیه‌ی جفتی از خط زودگداز C_E به عنوان محور تقارن خود استفاده می‌کند تا به ناحیه‌ی جفتی زودگداز متقارن تبدیل شود. ناحیه‌ی جفتی بدون رویه با آلیاژ زودگداز بدون رویه به این نوع تعلق دارد، روش رشد آن زودگداز منظم است و شکل حاصل از آن به ترتیب لایه‌لایه، میله‌ای یا نواری است.

وقتی نوآوری فناوری به‌دقت پیرامون استانداردهای فناوری پیش می‌رود، شرکت‌ها و کارآفرینان فناوری، براساس استانداردهای فناوری موجود نوآوری می‌کنند. از آنجا که استانداردهای فناوری، بازتابِ تقاضای بازار هستند، قادرند نمونه‌های مرجع را برای نوآوری فناوری ارائه دهند، به‌طوری که شرکت‌ها و کارآفرینان فناوری بتوانند اهداف توسعه‌ای روشنی برای کاهش خطرات و هدررفتِ منابع به‌دلیل شکست‌های نوآوری داشته باشند. استانداردهای فناوری، نوآوریِ فناوری را «اصلاح» و هدایت می‌کنند، برای همین، انواع فناوری‌های نوآورانه یک استاندارد فناوری جدید را شکل می‌دهند که به‌جای از بین بردنِ کامل استانداردهای فنی موجود، آن‌ها را به‌روز می‌کند. سپس، همین فرایندها براساس استانداردهای فناوری ارتقایافته، خود را دوباره تکرار می‌کنند و به‌صورت متناوب پیش می‌روند. تعامل بین استانداردهای فنی و نوآوری فنی، یک الگوی منظم را نشان می‌دهد. همچنان که استانداردسازیِ فناوری و نوآوری فناوری به پیشرفت خود ادامه می‌دهد، داخل یک نظام فناوری تمایل به پایداری و پیشروی دارد، و این امر حاکی از آن است که استانداردهای فناوری و نوآوری به‌طور مشترک سطح پیشرفت فناوری را ارتقا داده و آن را به‌صورت پیوسته پیش می‌برند.

۵-۲-۱ ناحیه‌ی جفتی زودگداز نامتقارن

وقتی بین نقاط ذوب دو مؤلفه‌ی شکل‌دهنده‌ی آلیاژ زودگداز، تفاوت زیادی وجود داشته باشد، دو خط مایع نامتقارن خواهند بود. نقطه‌ی زودگداز، معمولاً در نزدیکی مؤلفه با دمای ذوب پایین قرار دارد. خواص دو فاز تفاوت بسیار زیادی با هم دارند؛ فاز با نقطه‌ذوب بالا به‌راحتی با سرعت رشد سریع‌تری رسوب می‌کند. برای همین، فاز اصلی به‌طورمعمول در قسمت مؤلفه با نقطه‌ذوب پایین ظاهر می‌شود. بنابراین، ناحیه‌ی زودگداز، تقارن خود را با سوگیری به سمت مؤلفه با نقطه‌ذوب بالا از دست می‌دهد؛ هرچه ماهیت دو فاز متفاوت‌تر باشد، انحراف بین آن‌ها بیشتر می‌شود. این نوعِ خاص به‌عنوان ناحیه‌ی جفتی زودگداز نامتقارن شناخته می‌شود. بیشتر ناحیه‌های جفتی زودگداز به آلیاژ زودگداز بدون رویه و رویه‌دار تعلق دارند و روش رشد آن‌ها زودگداز نامنظم است. اصول و قواعد ترمودینامیکی و جنبشی جامدسازی زودگداز نامنظم، مشابه جامدسازی زودگداز است؛ تنها تفاوت این است که سازوکارهای رشد آن فلزی نبوده، بلکه غیرفلزی است. رشد یک واسط جامدسازی غیرفلزی، دارای یک الگوی رویه‌دار در مقیاس اتمی با ناهمسان‌گردی[۲۴] قوی است، و ناهمسان‌گردی بلورشناختی، یک عامل کلیدی برای تعیین جهت‌گیری رشد کریستال است. برای همین، رشد آن جهت‌دار است، به این معنی که در بعضی جهات به‌سرعت رشد می‌کند؛ اما رشد آن در بعضی دیگر به آرامی انجام می‌شود. از این رو، یک واسط جامد- مایع زودگداز نامنظم، تخت نیست، بلکه الگوهای ناهموار و چندضلعی از خود نشان می‌دهد (شکل (۶) را ببینید).

وقتی نوآوریِ فناوری به‌دقت از استانداردهای فعلی فناوری پیروی نمی‌کند، شرکت‌ها از توانایی ابتکاری بسیار زیادی برای یافتن مسیری جدید برای مشارکت در نوآوری برخوردار خواهند بود تا رهبر صنعت شوند. اگر بسیاری از فناوری‌های نوآورانه حاصل از نوآوریِ فناوری، بعد از انتخاب و بازرسی بازار، استانداردهای غیررسمی را شکل دهند، استانداردهای فناوری فعلی را از بین می‌برند. پس از شکل‌دهی استانداردهای فناوری، اگر نوآوری فناوری هنوز مبتنی بر استانداردها نباشد، توسعه‌ی هماهنگ استانداردهای فناوری و نوآوری متعادل نخواهد بود. بنابراین، سطح توسعه‌ی فناوری دیگر خطی نخواهد بود، بلکه در بعضی نقاط برآمده یا تورفته خواهد بود (شکل (۸) را ببینید).



شکل ۸: واسط پایدار و ناپایدار جامد- مایع

۲-۵ سازوکار عملکردی پژوهشِ نوآوری فناوری به‌دقت پیرامون استانداردهای فناوری موجود

یک ساختار زودگداز منظم، چه میله‌ای باشد چه لایه‌لایه، به کسر حجمی فاز α و β در زودگداز و اثر مؤلفه‌ی سوم بستگی دارد.

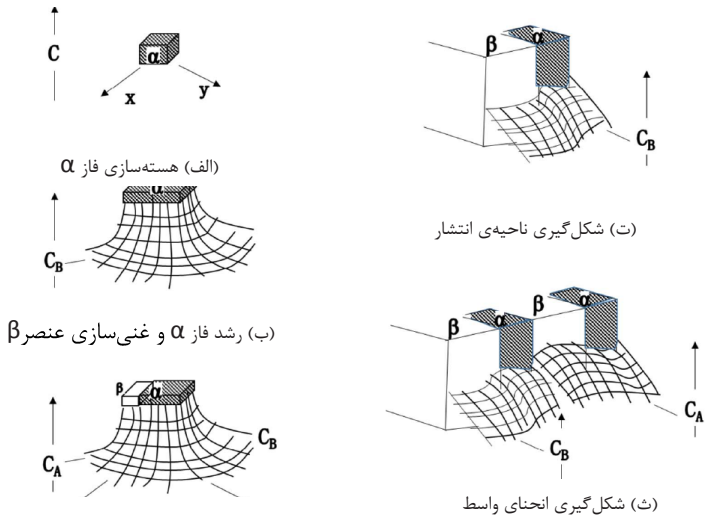
۱-۲-۵ آلیاژ زودگداز لایه‌لایه

سرعت رشد در بیشتر زودگدازهای فلز- فلز، در همه‌ی جهات یکنواخت است، برای همین، آن‌ها یک واسط با شکل کروی دارند، درحالی‌که ساختار زودگداز داخلی آن‌ها نشان‌دهنده‌ی یک الگوی لایه‌لایه بین دو فاز است. بنابراین، درصورت جامدسازی بدون جهت‌گیری، روش رشدِ زودگداز، کروی است و ساختار کروی از لایه‌لایه‌ی دو فاز تشکیل شده که به سمت بیرون پراکنده است.

با رشد فاز پیشرو α، غنی‌سازیِ مؤلفه‌ی B که فاز β به آن نیاز دارد، به‌طور مداوم در نزدیکی فاز α ظاهر خواهد شد.

در همین زمان، رشد فاز β منجر به غنی‌سازی مؤلفه‌ی A در جلوی واسط شده، شرایط را برای رشد فاز α فراهم می‌آورد. بنابراین، سازمان‌دهی متناوب فاز α و فاز β شکل خواهد گرفت. رشد متناوب دو مرحله در زودگداز نیازی به هسته‌سازی هر قطعه‌ی جداگانه ندارد. رشد آن‌ها با استفاده از روش پُل‌زدن برای تکثیر فازهای لایه‌لایه‌ی مشابه انجام می‌شود، برای همین، به این شیوه می‌توان از یک هسته‌ی بلورین، یک دانه‌ی کامل زودگداز به‌دست آورد (شکل (۹) را ببینید).

وقتی نوآوری فناوری به‌دقت از استانداردهای فناوری فعلی پیروی می‌کند، بسته به سرعت به‌روزرسانی استانداردهای فناوری، سرعت نوآوری در فناوری و مشارکت شرکت‌ها (یا اتحادیه‌های شرکتی) و کارآفرینان فناورانه، دولت و مصرف‌کنندگان، استانداردها و نوآوری فناوری با شکلی خاص در تعاملات منظم مشارکت فعال خواهند داشت.



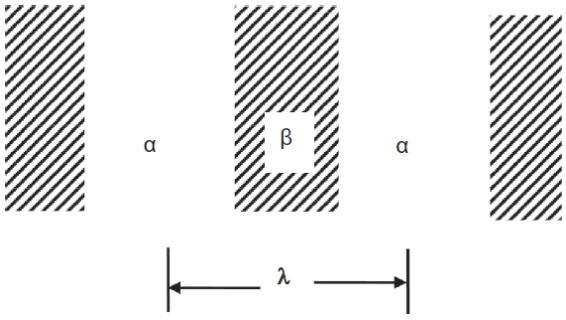
شکل ۹: شکل‌گیری آلیاژ زودگداز منظم لایه‌لایه

با توسعه فناوری، فناوری جدید همچنان جایگزین فناوری قدیمی می‌شود و استانداردهای جدیدِ فناوری نیز به‌طور مداوم تولید می‌شوند تا جایگزین استانداردهای قدیمی فناوری شوند. با توجه به کوتاه‌شدن چرخه‌ی عمر فناوری مدرن، سرعت نوآوریِ فناوری سریع‌تر می‌شود. وقتی سرعتِ به‌روزرسانی استانداردِ فناوری با سرعت نوآوریِ فناوری برابر باشد، استانداردهای فناوری و نوآوری اغلب به‌طور متناوب مانند «تراشه‌های لایه‌ای» پیشروی می‌کنند. آن‌ها به‌دلیل برخورداری از سرعت برابر، می‌توانند در فرایند تحولات خود با یکدیگر رقابت کنند. در طی فرایند انتشار استانداردهای فناوری، شرکت‌هایی که برای اولین‌بار به استانداردهای فناوری دست می‌یابند، شروع به یافتن مزیت‌های رقابتی جدید می‌کنند که پیش‌شرط‌های نوآوریِ فناوری را امکان‌پذیر می‌سازند. در طی فرایند نوآوری فناوری، بسیاری از فناوری‌های نوآورانه‌ی پراکنده نمی‌توانند منابع را به‌طور بهینه اختصاص داده و به‌کار بگیرند، برای همین، شرکت‌ها، کارآفرینان فناورانه یا دولت از این فرصت استفاده می‌کنند تا برخی از خوشه‌های فناوری را به سمت تبدیل‌شدن به استانداردهای فناوری سوق دهند.

۵-۲-۲ فاصله‌ی لایه‌لایه

منظور از فاصله‌ی لایه‌لایه، میانگین عرض λ لایه‌های واحد تشکیل‌دهنده‌ی هر فاز (شکل۱۰) است که نشان‌دهنده‌ی میزان پراکندگی بین دو فاز در یک آلیاژ زودگداز است. در محدوده‌ی مشخصی از نرخ‌های خنک‌کننده، فاصله‌ی لایه‌لایه نسبت معکوس با ریشه‌ی مربع نرخ رشد R، یعنی $\lambda \alpha \frac{1}{R_2^1}$ دارد. در یک سرعت رشد معین، شیب غلظت جانبی در جلوی واسط جامد- مایع فقط برای تولید فاصله بین لایه‌های لازم برای دو نوع اتم کفایت می‌کند. اگر سرعت رشد افزایش یابد، املاح تخلیه‌شده در فاز مایع کاهش‌یافته و زمان استفاده‌شده برای انتشار جانبی نیز بر این اساس کاهش می‌یابد، برای همین، لایه‌های حاصل باریک‌تر می‌شوند. در مقابل، اگر سرعت رشد کاهش یابد، املاح تخلیه‌شده در فاز مایع افزایش‌یافته و زمان استفاده‌شده برای انتشار جانبی نیز بر این اساس افزایش می‌یابد، درنتیجه، لایه‌های حاصل عریض‌تر خواهند بود. این رابطه بین سرعت رشد و لایه‌های حاصل، روشی مؤثر برای کنترل ریزساختار و خواص آلیاژهای زودگداز فراهم می‌کند؛ افزایش سرعت رشد می‌تواند فاصله‌ی لایه‌ای را کاهش دهد تا استحکام آن بهبود یابد.

وقتی سرعت به‌روزرسانیِ استانداردهای فناوری با سرعت نوآوری در فناوری برابر باشد، استانداردهای فناوری و نوآوری اغلب به‌طور متناوب مانند «تراشه‌های لایه‌ای» پیشرفت می‌کنند. در سرمایه‌گذاری‌های جدید نوآوری، فناوری‌های نوآورانه‌ی حاصل از نوآوریِ فناوری و الزامات مختلف فناوری ناشی از استانداردهای فناوری، دور جدیدتری از نوآوری و استانداردسازی فناوری را ترویج می‌کنند. اگر سرمایه‌گذاری در نوآوری افزایش یابد، فعالیت‌های بیشتری در فناوری‌های نوآورانه صورت می‌گیرد و درنتیجه فرصت‌های برخورد بین فناوری‌ها افزایش می‌یابد که این امر باعث سرعت‌بخشیدن به فرایند استانداردسازی فناوری می‌شود. همچنین با شکل‌گیری استانداردهای فناوری، تغییرات تقاضا در بازار بیشتر خواهد شد که درنتیجه‌ی تولید و برخورد فناوری‌های نوآورانه جدید، تسهیل می‌شود. بنابراین، توسعه‌ی متناوب بین استانداردهای فناوری و نوآوری، نزدیک‌تر می‌شود و نظام فناوری به جهش دست پیدا می‌کند.



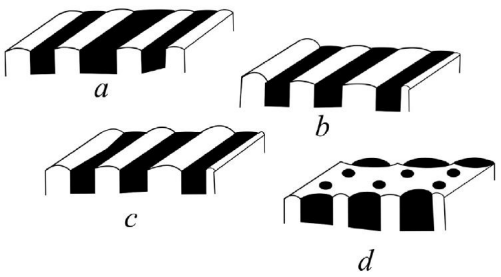
شکل ۱۰: فاصله‌ی لایه‌لایه

۵-۲-۳ آلیاژ زودگداز میله‌مانند

علاوه‌بر ساختار لایه‌لایه، نوع دیگر یک آلیاژ معمولی، آلیاژ زودگداز میله‌ای است. در این ساختار، ترکیبات یک فاز به‌طور برابر در امتدادِ جهت رشد فاز در مجموعه‌ی پیوسته‌ی فاز دیگر به شکل میله یا الیاف توزیع می‌شوند.

وقتی کشش سطحی فاز جامد α برابر با فاز β است، اگر کسر حجمی یک فاز بسیار کوچک‌تر از فاز دیگر باشد آنگاه این فاز با یک الگوی میله‌مانند رشد می‌کند. به‌ویژه، اگر کسر حجمی یک فاز کمتر از $\frac{1}{\pi}$ باشد، ساختار میله‌مانند خواهد داشت. علاوه‌براین، وقتی مؤلفه‌ی سوم در دو فازِ یک آلیاژ زودگداز به‌طور نابرابر توزیع شود، غنی‌سازی آن در جلوی واسط جامد- مایع یک فاز، مانع رشد فاز خواهد شد. با این حال، فاز دیگر به‌دلیل کاهش غنی‌سازی مؤلفه‌ی فاز سوم در

جلوی واسط آن، به سرعت رشد می‌کند. درنهایت، فاز پیشرو، فاز عقب‌افتاده را به شکل یک ساختار مشبک جدا می‌کند و آن فاز به یک ساختار میله‌مانند تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).

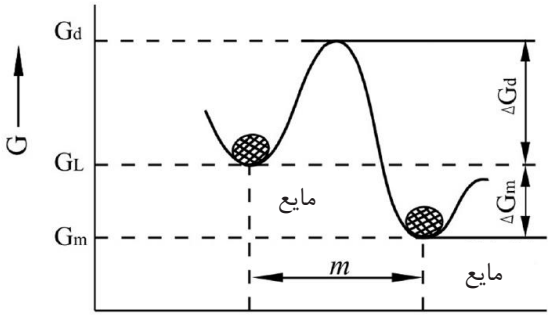


شکل ۱۱: فرایند شکل‌گیری یک آلیاژ زودگداز میله‌مانند

وقتی سرعت به‌روزرسانی استانداردهای فناوری با سرعت نوآوری فناوری برابر نیست، استانداردهای فناوری و نوآوری اغلب به‌طور متناوب با یک الگوی «میله‌مانند» پیشرفت کنند. به‌عنوان‌مثال، وقتی سرعت نوآوری فناوری سریع‌تر از سرعت به‌روزرسانی استانداردهای فناوری است، فناوری برای مدت طولانی تحت‌تأثیر یک فرهنگ نوآورانه‌ی قوی در حالت پایدار یا بلوغ باقی نمی‌ماند. به بیانی دیگر، اگر روند استانداردسازی فناوری آهسته پیش برود اما نوآوری فناوری پیشرفت کند، نوآوری فناوری، استانداردهای فناوری را به شکل «شبکه‌ی غربال» جدا خواهد کرد. در مقابل، وقتی نوآوری فناوری نمی‌تواند با به‌روزرسانی‌های استانداردهای فناوری همگام شود، باید استانداردهای فناوری بیرونی معرفی شوند که درنتیجه، شرکت‌ها مجبور می‌شوند مشغول یکپارچه‌سازی با استانداردهای فناوری معرفی شده باشند، بدون آنکه وقتی برای مشارکت در نوآوری فناوری داشته باشند. بنابراین، استانداردهای فناوری، نوآوری فناوری را به شکل «شبکه‌ی غربال» جدا خواهند کرد. به‌طورخلاصه، وقتی نوآوری فناوری سریع‌تر از به‌روزرسانی‌های استانداردهای فناوری پیش می‌رود، دستیابی به تخصیص بهینه‌ی منابع، اقتصاد مقیاس برای شرکت‌ها و تعامل‌پذیری محصول بین شرکت‌ها، غیرممکن است. در مقابل، وقتی استانداردهای فناوری سریع‌تر از نوآوری فناوری به‌روز شوند، شرایط برای تولید فناوری‌های نوآورانه مساعد نیست که درنتیجه، توسعه‌ی فناوری عقب می‌ماند. از این رو، باید استانداردهای بیرونی دائماً معرفی شوند که این امر به یک دور باطل منجر می‌شود. پیشرفت مثبت فناوری‌ها در یک نظام فناوری وابستگی بسیار زیادی به تطابق سرعت به‌روزرسانی استانداردهای فناوری و نوآوری فناوری دارد.

۳-۵ فعال‌بودن فناوری‌ها در جهش یک نظام فناوری براساس تغییر انرژی اتم‌ها در یک فرایند جامدسازی

شکل (۱۲) تغییر انرژی اتم‌ها در فرایند تبلورِ یک فلز مایع را مطابق نظریه‌ی جنبش‌شناسی تغییر شکل[۲۵] نشان می‌دهد. اتم‌های فلز مایع که با نیروی جامد ΔG_m رانده می‌شوند، باید برای تغییر شکل ساختار مایع با انرژی آزاد بالا ΔG_L به ساختار فلزی بلورین با انرژی آزاد پایین ΔG_S، برسد بالقوه‌ی ΔG_d غلبه کنند، که درنهایت به تکمیل‌شدن فرایند جامدسازی می‌انجامد. سد بالقوه به واسطه‌ی نوسانات دما در داخل فلز مایع یا نوسانات انرژی حاصل می‌شود. فرایند جامدسازیِ فلزِ مایع، یک فرایند تغییر شکل توسط نیروی جامد ΔG_m از طریق هسته‌سازی و رشد با غلبه‌ی مداوم بر سد بالقوه ΔG_d با نوسانات انرژی است.



شکل ۱۲: تغییر انرژی اتم‌ها در فرایند تبلور

به‌طورکلی، جامدسازی بلورین، فرایندی برای کاهش انرژی آزاد یک سامانه است، حال آنکه واسط جامد- مایع تولید شده در فرایند جامدسازی باعث افزایش انرژی آزاد سامانه می‌شود. بنابراین، در فرایند جامدسازی، انرژی آزاد یک سامانه کاهش می‌یابد؛ اما درعین‌حال افزایش نیز می‌یابد و مانع فرایند جامدسازی می‌شود. درنتیجه، فرایند جامدسازی نمی‌تواند فوراً تکمیل‌شده و هم‌زمان در یک مقیاس بزرگ پیش برود، بلکه تنها با غلبه بر سد انرژی ترمودینامیک و سینتیک می‌تواند از طریق فرایند هسته‌سازی تدریجی از مایع به جامد انتقال یابد. به‌طور مشابه، برای این‌که یک نظام فناوری پایدار به یک حالت پایدار بالاتر دست یابد، ابتدا باید فناوری‌های موجود در نظام برای دستیابی به جهش نظام فناوری، در یک حالت بسیار فعال حرکت کنند. برخورد و تلفیق در بین انواع فناوری‌های نوآورانه باعث می شود فناوری‌ها در حالت پایدار بسیار فعال شوند.

درنهایت، این فناوری‌های بسیار فعال با انتخاب و بازرسی بازار به یک وضعیت پایدار دیگر می‌رسند تا بتوانند خود را با محیط فعلی توسعه‌ی فناوری سازگار کنند.

به‌طورکلی، وقتی یک نظام فناوری فعالیت‌های کمتری دارد، اغلب از پایداری بیشتری برخوردار است. اما فناوری‌هایی که نوآوریِ فناوری ایجاد می‌کند باعث افزایش تعداد فعالیت‌های نظام می‌شوند. از این رو، در طی فرایند گذار یک نظام فناوری، تعداد فعالیت‌های نظام کاهش می‌یابد؛ اما در همان زمان افزایش نیز می‌یابد و این امر مانع فرایند گذار می‌شود. بنابراین، فرایند گذار یک نظام فناوری نمی‌تواند به‌صورت لحظه‌ای کامل شود، بلکه باید در امتداد تعامل بین استانداردهای فناوری و نوآوری حرکت کند تا سطح توسعه‌ی فناوری ارتقایافته و کل نظام فناوری پیشرفت کند.

۵-۴ بحث و توصیه

سازوکار استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فناوری حاصل از نظریه‌ی جامدسازی زودگداز دوتایی ما را قادر می‌سازد تا یافته‌های زیر را خلاصه کنیم.

اول، استانداردسازی فناوری، شکل‌گیری و انتشار استانداردهای فناوری را دربرمی‌گیرد. خوشه‌های فناوری که از طریق برخورد و تلفیق فناوری‌های نوآورانه شکل می‌گیرند، از طریق انتخاب بازار به استانداردهای فناوری تبدیل می‌شوند. پس از انتشار استانداردها، استانداردسازی فناوری انجام می‌شود.

دوم، نوآوریِ فناوری که به‌دقت پیرامون استانداردهای فناوری موجود پیش می‌رود، فرایند توسعه‌ی فناوری را روان‌کرده و نظام فناوری را تثبیت می‌کند.

سوم، تطابق بین به‌روزرسانی‌های استانداردهای فناوری و نوآوری برای توسعه‌ی مثبت فناوری‌ها در یک نظام فناوری سودمند است.

چهارم، به‌طورکلی یک نظام فناوری اغلب پایدار است و امکان ندارد جهش نظام فناوری با یک اقدام تنها انجام شود بلکه از طریق تعامل مداوم بین استانداردهای فناوری و نوآوری صورت می‌گیرد.

براساس یافته‌ها، توصیه‌های زیر ارائه می‌شوند:

اول، مشارکت کارگزاری‌های دولتی، سازمان‌های استانداردسازی، شرکت‌ها، کارآفرینان فناورانه و مصرف‌کنندگان برای هدایت و ترویج شکل‌گیری استاندارد فناوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دولت باید جهت‌گیری‌های ایجاد و بهبود نظام‌های استانداردسازی فناوری را تعیین کند. سازمان‌های استانداردسازی باید روابط همه‌ی موجودیت‌ها را هماهنگ و متعادل کنند (ژو و همکاران، ۲۰۱۴). شرکت‌ها و کارآفرینان فناورانه باید به‌عنوان نیروی اصلی استانداردسازی فناوری، فعالانه در نوآوری مشارکت فعال داشته و یک فرهنگ نوآوری قدرتمند بسازند.

دوم، افزایش سرمایه‌گذاری در نوآوری باعث افزایش کیفیت و کمیت فعالیت‌های فناوری‌های نوآورانه، افزایش فرصت‌های برخورد میان فناوری‌ها و شتاب‌بخشیدن به فرایند استانداردسازی فناوری خواهد شد. پس از شتاب‌گرفتن فرایند استانداردسازی فناوری، تقاضای بازار باعث تسهیل در تولید و برخورد فناوری‌های نوآورانه جدید خواهد شد. بنابراین، توسعه‌ی متناوب بین استانداردهای فناوری و نوآوری نزدیک‌تر خواهد شد و نظام فناوری با یک تحول اساسی جهش می‌یابد.

درنهایت، پیش از معرفی استانداردهای فناوری بیرونی، باید نوآوری و محیط‌های اجتماعی- اقتصادی کنونی در نظر گرفته شود. ارتقای استانداردهای موجود ممکن است همیشه برای توسعه‌ی فناوری مفید نباشد. درعین‌حال، وقتی امکان شکل‌گیری استانداردهای غیررسمی براساس ترجیحات مصرف‌کنندگان در بازار وجود ندارد، دولت باید یک استاندارد رسمی را برای بهینه‌سازی تخصیص منابع تدوین کند.

۶ نتیجه‌گیری

چالش‌های پیش‌روی نظام‌های فناوری برای دستیابی به جهش همیشه با استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فناوری همراه است. این مقاله براساس تحلیل نظری استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فناوری با استفاده از نظریه‌ی جامدسازی آلیاژ زودگداز دوتایی، پیشنهاد می‌کند که استانداردسازی فناوری و نوآوری به‌طور مشترک توسعه‌ی فناوری را ارتقا داده و جهش نظام‌های فناوری را تسهیل می‌کند. به منظور بررسی بیشتر روابط متقابل بین استانداردهای فناوری و نوآوری، این مقاله قیاس بین نظریه‌ی جامدسازی آلیاژهای زودگداز دوتایی و فرایند استانداردسازی فناوری را ترسیم‌کرده و سازوکارهای داخلی نوآوری و استانداردسازی فناوری را آشکار می‌کند. اگرچه امکان دارد برخی از خصوصیات، سازوکار استانداردسازی فناوری و نوآوری را در اقتصادهای نوظهور از همتایان آن‌ها در اقتصادهای توسعه‌یافته متمایز کند، اما تلاش‌های مدل‌سازی انجام‌شده در این مطالعه ممکن است برای هر دو اقتصاد نوظهور

و توسعه‌یافته کاربرد داشته باشد. برای پرداختن به کاستی ادبیات جاری، این مقاله با بررسی رابطه بین استانداردسازی فناوری و توسعه‌ی فناوری از منظر جدید نظریه‌ی جامدسازی زودگداز، سهم خود را در ادبیات می‌پردازد. با وجود این مطالعه محدودیت‌های مختلفی نیز دارد. به‌عنوان‌مثال، این مطالعه تفاوت بین استانداردهای واقعیت و استانداردهای رسمی را با یکدیگر مقایسه نمی‌کند. علاوه‌براین، این مقاله تنها به بررسی مدلی می‌پردازد که در آن استانداردسازی فناوری و نوآوری فناوری به‌صورت متوالی انجام می‌شود. با وجودِ محدودیت‌ها، این پژوهش بینش‌های ارزشمندی در مورد نوآوری و استانداردسازی فناوری ارائه‌کرده و پایه و اساس محکمی برای پژوهش آینده در این زمینه ایجاد می‌کند.

منبع:

Exploring the mechanism of technology standardization and innovation using the solidification theory of binary eutectic alloy.
Hong Jiang, Shukuan Zhao,, Zuopeng (Justin) Zhang, Yali Yi.

مراجع:

Allen, R.H., Sriram, R.D., 2000. The role of standards in innovation. Technol. Forecast. Soc.Chang. 64 (2), 171-181.

ANSI,2000. National Standards Strategy for the United States. ANSI, Washington, DC.

Antonelli, C., 1994. Localized technological change and the evolution of standards as economic institutions. Inf. Econ. Policy 6 (3), 195-216.

Arthur, B.W., 1992. Technological progress and economic theory. In: Economic Science Press.

AT & T Wireless (1995). Unpublished Internal Report.

Bruton, G., Chen, J, 2016. Entrepreneurship research in Asia: what we know and where we move in the future. J. Ind. Integr. Manag. 1 (1), 1650003. http://dx.doi.org/10.1142/S2424862216500032.

Chen, C, Liu, C, 2008. An empirical study of internal compliance relationship between standardization and technology progress. Res. Financ. Probl. 12, 37-40.

Drucker, P., 2014. Innovation and Entrepreneurship. Routledge.

Egyedi, T.M., 1999. Tension between standardisation and flexibility revisited: a critique. In: Standardization and Innovation in Information Technology SIIT. 99. pp. 15-17.

Farrell, J., Saloner, G., 1986. Installed base and compatibility: innovation, product preannouncements, and predation. Am. Econ. Rev. 940-955.

Funk, J.L., 2003. Standards, dominant designs and preferential acquisition of complementary assets through slight information advantages. Res. Policy 32 (8), 1325-1341.

Hariharan, S., 1990. Technological Compatibility, Standards and Global Competition: The Dynamics of Industry Evolution and Competitive Strategies. vol. I and II (Doctoral dissertation).

Hou, C., 1996. Abridged Edition of International Standardization. Shanghai University of Finance and Economics Press, Shanghai.

Jakobs, K. (Ed.), 1999. Information Technology Standards and Standardization: A Global Perspective. IGI Global.

Kano, S., 2000. Technical innovations, standardization and regional comparison-a case study in mobile communications. Telecommun. Policy 24 (4), 305-321.

Katz, M.L., Shapiro, C., 1985. Network externalities, competition, and compatibility. Am. Econ. Rev. 75 (3), 424-440.

Keil, T., 2002. De-facto standardization through alliances-lessons from Bluetooth. Telecommun. Policy 26 (3), 205-213.

Kim, L, 1997. Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning. Harvard Business Press.

Lei, J, Lin, B, Sha, S, 2016. Catching-up pattern among countries in science-based industries: a case study in pharmaceutical industry. J. Ind. Integr. Manag. 1 (1), 1650004. http://dx.doi.org/10.1142/S2424862216500044.

Li, C, 2001. Standardization Foundation. China Metrology Press, Beijing.

Li, L, 2012. Effects of enterprise technology on supply chain collaboration: analysis of China-linked supply chain. Int. J. Enterp. Inf. Syst. 6 (1), 55–77. http://dx.doi.org/ 10.1080/17517575.2011.639904.

Li, L, 2013a. The path to made-in-China: how it was done and future prospects. Int. J. Prod. Econ. 146 (1), 4-13. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.05.022.

Li, L, 2013b. Technology designed to combat fakes in the global supply chain. Bus. Horiz. 56 (2), 167-177. http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2012.11.010.

Özsomer, A, Cavusgil, Tamer S, 2000. The effects of technology standards on the structure of the global PC industry. Eur. J. Mark. 34 (9/10), 1199-1220.

Pan, H, Jin, X, 2003. Study on the synergy development relationship between technology standard and

dustries: a survey. IEEE Trans. Ind. Inf. 10 (4), 2233-2248. http://dx.doi.org/10.1109/TII.2014.2300753.

Xu, L., Cai, L., Zhao, S, Ge, B, 2016. Editorial: inaugural issue. J. Ind. Integr. Manag. 1 (1), 1601001. http://dx.doi.org/10.1142/S2424862216010016.

Yan, H, Xu, L, Bi, Z, Pang, Z, Zhang, J, Chen, Y, 2015. An emerging technology-wearable wireless sensor networks with applications in human health condition monitoring. J. Manag. Anal. 2 (2), 121-137. http://dx.doi.org/10.1080/23270012. 2015.1029550.

Yang, P, Chen, C, 1985. The Science and Technology Theory. Zhejiang Education Press, Hangzhou, Zhejiang.

Yin, Y, Zeng, Y, Chen, X, Fan, Y, 2016. The internet of things in healthcare: an overview.

J. Ind. Inf. Integr. 1 (1), 3–13. http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2016.03.004.

Yu, Y, Madiraju, S, 2015. Enterprise application transformation strategy and roadmap design: a business value driven and IT supportability-based approach. J. Manag. Anal. 2 (2), 111-120. http://dx.doi.org/10.1080/23270012.2015.1048923.

1. Reddy and Cort
2. Arthur
3. Egyedi
4. Allen and Sriram
5. Antonelli
6. Özsomer and Cavusgil
7. Hariharan
8. Allen and Sriram
9. Chen and Liu
10. Veall
11. Pelkmans
12. Kim
13. Veall
14. Kano
15. Li
16. Unity of opposites
17. ISO
18. DIN
19. Funk
20. Remington Arms Company
21. S-shaped curve
22. thermodynamics
23. De facto
24. anisotropy
25. Transformation kinetics

technology innovation. China Soft Science 10, 110-114.

Pelkmans, J., 1987. The new approach to technical harmonization and standardization. J. Common Mark. Stud. 25 (3), 249-269.

Reddy, N.M, Cort, S.G, 1989. Industrywide technical product standards. R & D Manag. 19 (1), 13-25.

Tao, F, Wang, Y, Zuo, Y, Yang, H, Zhang, M, 2016. Internet of things in product lifecycle energy management. J. Ind. Inf. Integr. 1 (1), 26-39. http://dx.doi.org/10. 1016/j.jii.2016.03.001.

The Economist, 1993. Do Not Adjust your Set. 2. pp. 6-65.

Utterback, J., 1994. Mastering the dynamics of innovation: how companies can seize opportunities in the face of technological change. Available at. https://papers.ssrn. com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1496719.

Veall, M.R, 1985. On product standardization as competition policy. Can. J. Econ. 416-425.

Wang, Y., 2007. Inner traction of technology development. Sci. Res. 12, 168-171.

Wang, P., Valerdi, R., Zhou, S, Li, L, 2015. Introduction: advances in IoT research and applications. Inf. Syst. Front. 17 (2), 239-241. http://dx.doi.org/10.1007/s10796- 015-9549-2.

Xiao, F, 2002. The theory of the social formation of technology. In: Chinese Social Sciences. 5.

Xu, L, 2011a. Information architecture for supply chain quality management. Int. J. Prod.

Res. 49 (1), 183-198. http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2010.508944.

Xu, L., 2011b. Enterprise systems: state-of-the-art and future trends. IEEE Trans. Ind. Inf. 7 (4), 630-640. http://dx.doi.org/10.1109/TII.2011.2167156.

Xu, L., 2013. Introduction: systems science in industrial sectors. Syst. Res. Behav. Sci. 30 (3), 211-213. http://dx.doi.org/10.1002/sres.2186.

Xu, L, 2014. Engineering informatics: state of the art and future trends. Front. Eng. Manag. 1 (3), 276-288. http://dx.doi.org/10.15302/J-FEM-2014038.

Xu, L, 2016. Inaugural issue editorial. J. Ind. Inf. Integr. 1 (1), 1-2. http://dx.doi.org/10. 1016/j.jii.2016.04.001.

Xu, L, Li, Z, Li, S, Tang, F, 2005. A polychromatic sets approach to the conceptual design of machine tools. Int. J. Prod. Res. 43 (12), 2397–2422. http://dx.doi.org/10. 1080/00207540500047259.

Xu, L, Li, Z, Li, S, Tang, F., 2007. A decision support system for product design in concurrent engineering. Decis. Support. Syst. 42 (4), 2029–2042. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.dss.2004.11.007.

Xu, L., He, W., Li, S., 2014. Internet of things in in-