

### Technology

فناوری از یک سو به معنای شناخت فن و شیوه انجام دادن کارها به صورت مؤثر و کارآمد و از سوی دیگر به معنای دانشی کاربردی است. فناوری به مفهومی گسترده، کاربرست اطلاعات و دانش درباره به کارگیری منابع مادی موجود در محیط، برای رفع نیازمندی‌های انسانی است. فناوری، مجموعه‌ای است دربرگیرنده اطلاعات، ابزارها و تکنیک‌ها که از علم و تجربه عملی نشئت گرفته‌اند و در توسعه، طراحی، تولید و به کارگیری محصولات، فرایندها، سیستم‌ها و خدمات به کار می‌روند. در واقع، فناوری تعیین کننده مرزهای امکانات برای هر جامعه و نیز گزینه‌های پیش‌روی جامعه برای تحول و بهبود است. فناوری، در قالب فناوری آموزشی از سویی به منزله مؤلفه نظام آموزش‌های علمی-کاربردی عمل می‌کند و به تازگی، به صورت آموزش و یادگیری بر پایه فناوری اطلاعات و ارتباطات به ارتقاء فرایندهای یاددهی-یادگیری کمک می‌کند و هم به منزله موضوع و محتوا (آموزش فناوری) در آموزش‌های علمی-کاربردی مطرح است.

### مفهوم و کارکرد فناوری

اصطلاح تکنولوژی که هم‌اکنون در فرهنگستان زبان فارسی معادل فناوری ذکر شده است. از نظر لغوی ترکیبی از دو واژه یونانی Techno (به معنای فن، هنر، مهارت و پیشه) و Logia (به معنای شناخت، علم و آگاهی یا بهره‌گیری از عقل در به کارگیری و شناخت) است. از این رو فناوری را می‌توان در زبان فارسی به «فن‌شناسی» یا «فن‌شناخت» ترجمه کرد. در فرهنگ لاروس، فناوری «مطالعه ابزارها، شیوه‌ها و روش‌های به کار گرفته شده در حوزه‌های گوناگون صنعت» تعریف شده است. در اطلس فناوری نیز از آن همچون عامل تبدیل کننده عوامل تولیدی به کالاها و خدمات یاد شده است (اسدی و همکاران، ۱۳۸۸).

از نظر کارکردی، فناوری را می‌توان دانش عملی یا کاربرد دانش برای مقاصد عملی وابسته به بهبود زیستی و هستی انسانی و بافت زندگی او از راه حفظ و به سازی زیست بوم‌ها و پیش برد فعالیت‌های اقتصادی - اجتماعی جامعه معرفی کرد. در واقع از منظر کارکردی؛ فناوری، کاربرد دانش یا دانش کاربردی است که می‌تواند در نوعی کالا (سخت افزار)، روش یا فرایند (نرم افزار) یا ترکیبی از این دو متبلور شود. فناوری مبین شناخت و کاربرد خلاقانه مهارت،

تبحر و تخصص، ابزار، ماشین آلات و تجهیزات و مهم تر از همه، دانش روش در هر کاری است که نیازمند تولید، تبدیل، فراوری و یا تغییر نهادها به عنوان سخت افزار برای دستیابی به فراورده است. بشر در زندگی خویش همواره با مسائلی روبه رو است که در این میان فناوری به مثابه راه حل های پیشنهادی برای سازش و کاربرد استراتژی های حل مسأله عمل می کند و به واقع فرایند حل مسأله به شمار می رود (حسینی و شریف زاده، ۱۳۹۳).

فناوری در مفهومی گسترده کاربرد دانش علمی و دانشی منظم است برای اهداف عملی، از طریق سیستم های نظام یافته ای که مردم، سازمان ها، موجودات زنده، اشیا و ماشین را همچون مؤلفه های وابسته به هم دربر می گیرد. از این دیدگاه، مفهوم فناوری به دانش فنی و ابزار صنعتی محدود نمی شود و جنبه های دیگر را نیز دربر می گیرد (طالبی و رکنی زاده، ۱۳۸۰ به نقل از پیسی، ۱۳۷۶):

**الف) جنبه فنی:** شامل دانش، مهارت، فن، ابزار و ماشین آلات، مواد اولیه، محصولات و ضایعات و...؛  
**ب) جنبه سازمانی:** شامل مدیریت، برنامه ریزی، فعالیت اقتصادی و صنعتی، بازاریابی، نهادهای تحقیق و توسعه؛ و  
**ج) جنبه فرهنگی:** هدفها، ارزش ها و قواعد اخلاقی جامعه، پشتوانه های فکری - فلسفی، انگیزه و میل به خلاقیت و نوآوری، ایده های کارآفرینانه و... البته ممکن است که مدیریت به منزله نرم افزار، همچون بخشی از سرمایه انسانی (در سطح فرد و توان و قابلیت های او) و یا همچون سازمان افزار در چارچوب سرمایه نهادی (در سطح سازمان و رفتار سازمانی) دیده شود. همین طور، ممکن است سرمایه فکری نیز جزئی از سرمایه انسانی و سرمایه حکمرانی زیرمجموعه سرمایه نهادی به شمار آید.

تاکنون چندین موج فناوری بروز یافته است (جدول ۱). هم‌اکنون، دانش - فناوری های همگرا از جمله دانش - فناوری نانو (دانش - فناوری ناظر به دستکاری فیزیکی در ابعاد یک میلیارد متر)، دانش - فناوری زیستی (بایو)، دانش - فناوری (اینفو)، و دانش - فناوری ناظر به قابلیت های شناختی (کائو) نیرویی بی بدیل برای پیشرفت به شمار می رود (پایا و کلانتری نژاد، ۱۳۸۹).

براساس دیدگاه نوازشریف، چهار جزء زیر را برای فناوری برشمرد (Sharif, 1997, 1993):

۱. فن افزار: مجموعه‌ای از ابزارها، ماشین‌آلات، تجهیزات و تسهیلات فیزیکی؛

۲. انسان‌افزار: آن بخش از فناوری که در انسان تجلی یافته است (همانند تجارب، مهارت‌ها، ابتکار عمل، ارزش و انگیزه‌ها)؛

۳. اطلاعات‌افزار: آن وجهی از فناوری که ماهیت اطلاعاتی دارد و از آن در فن‌افزار استفاده می‌شود. مانند: اسناد، مدارک، داده‌ها، آمار، نقشه‌ها، جزوات، کتاب، نشریات، نظریات، تکنیک‌ها و روش‌ها؛ و

۴. سازمان‌افزار: ارگان (ارگان‌افزار)، تشکیلات، مناسبات، چارچوب عملیاتی، سازمان و ساختار دربرگیرنده که نقش کلیدی، هماهنگ‌کننده و کنترل‌کننده سه جزء دیگر را عهده‌دار است.

چهار رکن اشاره‌شده مکمل و لازم‌وملزوم یکدیگرند و در هر فناوری به‌طور هم‌زمان موردنیاز هستند. ستاری‌فر (۱۳۷۴) برای بیان ضرورت حضور هم‌زمان ارکان مزبور، از تابع کاپ داگلاس بهره‌گرفته و رابطه زیر را برقرار کرده است.

$$Tcc = A^{B^a} B^{B^b} C^{B^c} D^{B^d} \quad Tcc = F(A, B, C, D)$$

$Tcc =$  تابع ضریب تأثیر فناوری

$A =$  محتوای توانایی‌های انسانی فناوری (انسان‌افزار)

$B =$  محتوای اطلاعات و دانش فنی فناوری (اطلاع‌افزار)

$C =$  محتوای ماشین‌آلات فناوری (فن‌افزار)

$D =$  محتوای سازمانی فناوری (سازمان‌افزار) و

$\beta_i =$  درجه و نقش هریک از ارکان چهارگانه بالا بر فناوری.

این تابع گویای این نکته است که هیچ تبدیلی بدون وجود هم‌زمان چهار رکن فناوری امکان‌پذیر نیست و به‌طور ضمنی نشان می‌دهد که هریک از ارکان مزبور باید بزرگ‌تر از صفر باشند، در غیر این صورت ارزش  $Tcc$  صفر خواهد بود. در این تابع  $Tcc$  هیچ وقت برابر صفر نیست و رقم مثبتی دارد و حداکثر مقدار آن برابر یک است. هر اندازه  $Tcc$  به یک نزدیک‌تر شود، مبین این حقیقت است که

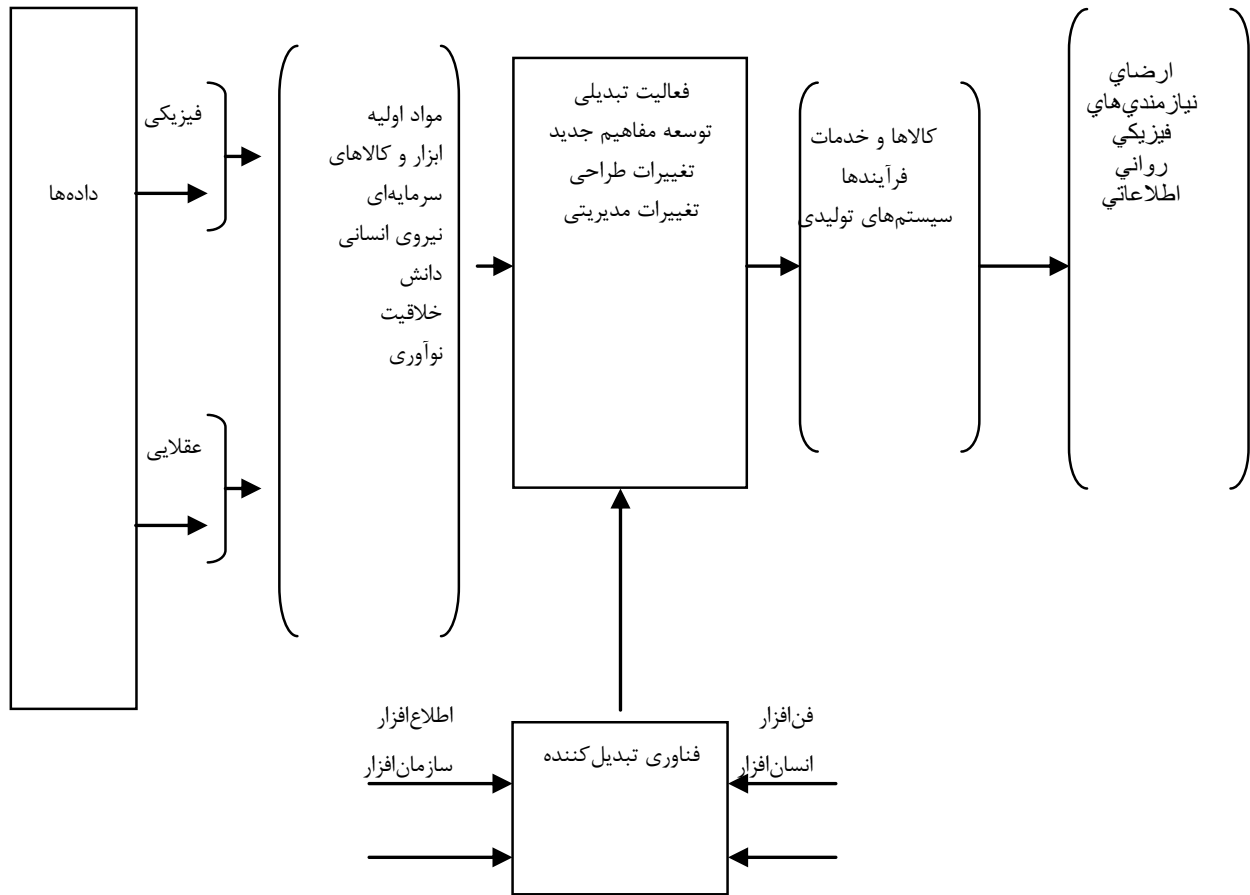
جدول ۱. موج‌های بلندمدت فناوری (Smith, 2006)

مقطع تاریخی	موج / چرخه	فناوری
۱۷۸۰-۱۸۳۰	اول	پنبه، آهن، نیروی آب
۱۸۳۰-۱۸۸۰	دوم	راه‌آهن، نیروی بخار، ماشین بخار
۱۸۸۰-۱۹۳۰	سوم	الکتریسیته، مواد شیمیایی، استیل
۱۹۳۰-۱۹۸۰	چهارم	خودروها، الکترونیک، نفت، هوافضا
۱۹۸۰-	پنجم	رایانه، ارتباطات راه‌دور، فناوری زیستی، شبیه‌سازی، نانوفناوری و ...

از دیدگاه مردوخی (۱۳۷۰) مفهوم فناوری در مراحل گوناگون فرایند توسعه، مفهومی تغییرپذیر است. ازاین‌رو لازم است با توجه به کنش و برهم‌کنش عوامل متعدد تأثیرگذار و متغیر، برای هر مرحله از فرایند توسعه، برداشت مفهومی و تعریف عملیاتی مناسب آن مرحله برای فناوری ارائه شود. فناوری نه در خلأ، بلکه در فرایند توسعه و در کنش و برهم‌کنش با سایر مؤلفه‌ها و ابعاد فرایند توسعه و نظام اجتماعی شکل می‌گیرد و توسعه می‌یابد. با توجه به پویایی فرایند توسعه، جایگاه و کارکردهای موردانتظار، فناوری نیز به‌طور پیوسته در مراحل گوناگون دستخوش تحول می‌شود. ازاین‌رو ارائه تعریفی ایستا، استاندارد و جهان‌شمول از فناوری در حوزه‌ها و بخش‌های گوناگون غیرنمایان و غیرواقعی جلوه‌گر خواهد شد.

## اجزاء و مؤلفه‌های فناوری

هر فناوری دارای دو بعد سخت و نرم است. بعد سخت‌افزاری فناوری دربردارنده هرگونه وسیله و ابزار مادی است که در صورت مهیا بودن سرمایه به‌راحتی قابل وصول است؛ ولی بعد نرم‌افزاری فناوری دربرگیرنده دانش روش یا شیوه انجام کار یا فوت‌وفن به‌کارگیری ابزارها است. چنانچه فناوری به معنای کلیت نظام‌یافته از علم برای عمل و عامل تبدیل‌کننده عوامل تولید (ازجمله مواد اولیه و کالاهای سرمایه‌ای) به کالاها و خدمات تلقی شود، آنگاه می‌توان



شکل ۱. داده‌ها و استانداردها در فرایند تغییرات فنی

نرخ کارآفرینی (کارآفرینی مبتنی بر فناوری و یا کارآفرینی فناورانه) و ارزش‌افزایی به‌شمار می‌آید. شناخت و مدیریت فناوری نیازمند درک مؤلفه‌های فناوری است که عمدتاً بر چهار نوع هستند (حسینی و شریف‌زاده، ۱۳۹۳):

- تسهیلات فیزیکی تبلور یافته در اشیاء، همانند ابزار، وسایل، تجهیزات، ماشین‌آلات، ساختارها که فن‌افزار نامیده می‌شود و می‌تواند، توان و اعمال کنترل (فیزیکی) بشر را که برای تمامی امور عملیاتی لازم است، افزایش دهد. این مؤلفه بیشتر به بعد سخت‌افزاری فناوری و فناوری سخت یا مادی معطوف است. برای ارزیابی این مؤلفه به معیارهایی همانند گستره عملیات، گستره دستاوردها، کیفیت دستاوردها، امنیت عملیات، مناسب بودن محیط

هماهنگی، هم‌سویی، توازن و ارتباط متقابل میان چهار رکن مزبور، کامل‌تر است که این خود می‌تواند تفسیرکننده توان فناوری بالای کشور باشد. براین اساس، هرکشوری برای رسیدن به توسعه کشاورزی، نیازمند فناوری است و با چارچوب‌های قدیمی نمی‌توان فناوری‌ها را تولید، توسعه و یا انتقال داد. باید به ابعاد چهارگانه آن در نظام تولید و انتقال فناوری توجه شود و دراین راستا وظیفه هر بخش از نظام، تبیین، هماهنگی، توازن و مدیریت مقتضی است.

فناوری مدرن عامل تولید با کمیت، کیفیت، سرعت و هزینه مناسب و عامل رقابت، کوتاه‌تر شدن عمر محصولات، تنوع در محصولات و خدمات، افزایش حساسیت بازار به زمان و هزینه، تنوع ساختار اقتصاد و کسب‌وکار و افزایش

کار و ... توجه می‌شود؛

- توانایی‌های بشری تبلور یافته در افراد، همانند مهارت، دانش، تخصص و خبرگی، تجربه، خلاقیت، و نوآوری و بنیه کارآفرینی که انسان‌افزار نامیده می‌شود و در بهره‌برداری بهره‌ورانه از منابع طبیعی و فناوری سهم است. این مؤلفه که به نوعی دستاورد و تبلور مؤلفه دانش‌افزاری به‌شمار می‌آید، بعد نرم‌افزار فناوری و فناوری نرم را بازتاب می‌دهد. سطح تحصیلات عمومی، سطح سواد اطلاعاتی، گستره تحصیلات تکمیلی، سطح حرفه‌آموزی، ترکیب و تنوع تخصص‌ها، مناسب آموزش و بازآموزی با حرفه‌ها و مشاغل، تجربه مفید و مرتبط، انگیزش و... از جمله معیارهای ارزیابی این مؤلفه به‌شمار می‌آیند؛

- حقایق (علمی) تبلور یافته در مستندات یا نهادافزار، همانند پارامترهای طراحی، طرح و نقشه‌ها، مشخصات، مواد چاپی، دستورالعمل‌های مهندسی، عملیات، نگهداری و خدمات‌دهی که اطلاعات‌افزار نامیده می‌شود و بنیان و درون‌داد یادگیری و اقدام بهره‌ورانه از دید صرفه‌جویی در زمان و منابع و کاهش ضایعات، پردازش هدفمند برای رسیدن به شناخت، دانش و بصیرت و ارتقاء توانمندی‌های انسانی (دانش‌افزار و انسان‌افزار) به‌شمار می‌رود. معیارهایی همانند قابلیت دسترسی و گردش آزاد اطلاعات، سطح دسترسی و بهره‌گیری از فناوری اطلاعات (نفوذ اینترنت)، سواد اطلاعاتی و سطح بهره‌برداری از اطلاعات، مرتبط و مناسب بودن به‌هنگامی و مطلوبیت، پایایی و قابل اعتماد بودن اطلاعات در ارزیابی مؤلفه اطلاعات‌افزار به‌کار می‌آیند؛

- شبکه‌های سازمانی تبلور یافته در مؤسسات و نهادها، همانند روش‌ها، فنون، پیوندها، شبکه‌ها، قوانین و مقررات، سیاست‌ها و راهبردها که سازمان‌افزار یا نهادافزار نامیده می‌شود و به‌مثابه چتری حمایت‌گر یا چارچوبی هدایت‌گر، تمامی فعالیت‌ها و امور مبتنی‌بر کاربست هدفمند و ترکیب بهره‌ورانه سایر مؤلفه‌های برشمرده شده (فن‌افزار، انسان‌افزار، اطلاعات‌افزار) و نیز منابع موجود را هماهنگ می‌کند. در ارزیابی این مؤلفه به

معیارهایی مانند درجه هماهنگی، تعدد و تنوع پیوندها، اثربخشی سازمانی، کامل بودن سازوکار بازار، ظرفیت فناوری، پتانسیل تحول و نوآوری و پایداری نهادی پرداخته می‌شود.

### قابلیت‌های فناوری

فناوری مؤلفه‌های گوناگون سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، اعم از انسان‌افزار، اطلاعات‌افزار و سازمان‌افزار را دربر دارد. در این میان، هر چند دسترسی به تمامی مؤلفه‌های فناوری شرطی ضروری برای تحقق دستاوردهای مورد انتظار است، اما نمی‌تواند شرطی کافی به‌شمار آید و در واقع، افزون‌بر این، برخورداری از ظرفیت یا قابلیت فناوری برای بهره‌برداری کامل از فناوری نیز ضروری است. در بیشتر موارد، بر پایه پنداره‌ای ناراست، ظرفیت فناوری با توانایی انجام دادن تحقیق و توسعه هم‌تراز پنداشته می‌شود. هرچند کارکرد تحقیق و توسعه در فرایند توسعه فناوری از جایگاهی مهم برخوردار است؛ باوجوداین، مهم‌ترین جنبه ظرفیت‌سازی در حوزه فناوری، توانایی پیش‌برد و مدیریت پایدار تغییر و تحولات فناوری است. به‌طور کلی، واردات (جذب یا انتقال) فناوری و توسعه فناوری (درون‌زا یا بومی) در سطح محلی دو گزیدار مهم بهره‌گیری از فناوری در کشورهای درحال توسعه است. بهره‌گیری از این گزیدارها نیازمند بهره‌مندی توأمان از بنیه «توان عملیاتی» و «یادگیری نهادی» برای پیشبرد فناوری است. به‌طور کلی، ظرفیت‌های فناوری را می‌توان به گونه‌های زیر دسته‌بندی کرد (شریف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸):

- قابلیت استفاده از فناوری، از جمله عملیاتی کردن، پایش و نگهداری مؤلفه‌های فناوری در فرایندهای مربوطه؛
- قابلیت گردآوری و استقرار فناوری، از جمله تأمین تسهیلات فیزیکی، تنظیم روند عرضه و تقاضا و تأمین وسیع (گردآوری و انباشت) منابع مورد نیاز؛
- قابلیت جذب فناوری، از جمله کاوش، گزینش، رایزنی و تنظیم مناسبات مربوط به تأمین، تهیه و تجهیز به‌هنگام فناوری؛

### نظام فناوری

مفهوم نظام فناوری برای اولین بار توسط توماس هوگس در کتاب «شبکه‌های قدرت» به کار رفت. ادوارد ونک و توماس کوهن در سال ۱۹۷۷ م این واژه را معادل نظام انتقال فناوری مطرح کردند. به اعتقاد هوگس، نظام‌های فنی مسائل و مشکلات مشخص شده یا ایجاد شده به وسیله سیستم را حل می‌کنند (Hughes, 1987). شناسایی یک مسأله معمولاً شامل شناسایی تقاضا و منابع در دسترس است. اختراع و توسعه فناوری جدید نیازمند حمایت مالی، ظرفیت‌ها و منابع تکمیلی است. سایر کارکردهای مهم، انتقال و پذیرش فناوری است. همچنین هوگس به اهمیت عوامل نهادی (برای مثال ارزش‌های جامعه و قانون‌گذاری در انتخاب راه‌حل‌های فنی، سازمانی و اجتماعی) اشاره کرده است. در اوایل دهه ۱۹۹۰ م کارسون و استنکیویتز مفهومی از نظام فناوری را گسترش دادند که مستقل از مفهوم هوگس بود (Carlsson and Jacobsson, 1997). آنها نظام فناوری را «مجموعه‌ای از سازمان‌ها در تعامل با محیط اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص یا مجموعه‌ای از زیرساخت‌ها در فرایند تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری» تعریف کردند (رضوی و اکبری، ۱۳۹۲).

نظام فناوری ملی در سطح کلان جامعه به وسیله عناصر متعدد و پیوندهای چندگانه میان آنها شکل می‌گیرد. این عناصر و پیوندها که از چیدمان اقتضایی، نهادمند و پویا برخوردارند، فرایندهای تولید، عرضه، کاربرد، سودمندی اقتصادی و سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری را سامان می‌دهند (Edquist, 1997). هرچند مفهوم نظام نوآوری و فناوری که نخست از سوی لاندوال در سال ۱۹۹۲ م مطرح شد، به یک گستره ملی معطوف بود، اما پژوهش‌های بعدی نشان داد که نظام‌های فناوری کشورهای گوناگون و حتی مناطق گوناگون در یک کشور \_ بسته به عواملی همانند ساختار اقتصادی، مناسبات نهادی و نهادهای تولید دانش، و نیز نهادهای تخصصی اجتماعی تفاوت معناداری با هم دارند (Nelson, 1993). از همین رو اخیراً پژوهشگران بیشتر به بررسی نظام‌های نوآوری و فناوری در سطوح منطقه‌ای و

- قابلیت تولید فناوری، از جمله شناسایی نیازهای بازار، توسعه محصولات و فرایندهای جدید، شناسایی ایده‌ها، ابتکارات و نوآوری‌ها، گزینش و عملیاتی کردن آنها، طراحی فناوری، فراهم‌سازی ملزومات و تجهیزات مورد نیاز، ساخت نمونه‌های اولیه و آزمون آنها، یافتن منابع سرمایه‌گذاری برای تأمین مالی و توسعه فناوری؛ و

- قابلیت توسعه و اشاعه فناوری، کارآفرینی در توسعه فناوری بر پایه رویکردهای بازارگرا و تقاضامدار برای تجاری‌سازی محصولات فناوری از طریق معرفی و تبلیغ فناوری، شناسایی بازارهای جدید فناوری، یافتن شرکای جدید برای سرمایه‌گذاری و توسعه فناوری، تنظیم مناسبات مورد نیاز برای فروش محصولات فناوری و خدمات حمایتی مربوطه، ارزیابی فناوری و پیامدهای مربوطه، شناسایی نوآوری‌های مورد نیاز برای ارتقاء فناوری و مانند آن.

دو قابلیت نخست، یعنی به‌کارگیری و گردآوری فناوری را می‌توان در رده یادگیری توأم با عمل و قابلیت جذب فناوری و تولید فناوری را می‌توان در رده یادگیری برای تغییر قرار داد. قابلیت توسعه و اشاعه فناوری نیز ترکیبی از دو صورت یادگیری مزبور را شامل می‌شود. به‌طور معمول ارتقاء قابلیت به‌کارگیری فناوری به افزایش مقیاس عملیات، پایش و نگهداری بستگی دارد و زمینه‌های پیشرفت تدریجی برای به‌کارگیری بهینه از همه مؤلفه‌های فناوری در دسترس را فراهم می‌کند. قابلیت استقرار و گردآوری مبین توانایی بسیج تمامی منابع موردنیاز برای دستیابی به کارآیی بهینه و مزایای اقتصادی و افزایش گستره عملیاتی برای پاسخگویی به وضعیت‌های گوناگون بازار است. قابلیت جذب فناوری توانایی یک بخش، صنعت و بنگاه را برای هدایت مدیریت تغییرات فناورانه بازتاب می‌دهد. اقدامات نهادی و مالی موردنیاز برای تهیه فناوری نیز به این قابلیت مربوط می‌شود. ارتقاء قابلیت تولید فناوری رسیدن به خودکفایی و توان کنترل عرضه مؤلفه‌های اساسی فناوری برای افزایش بهره‌وری و توان رقابت بر پایه فناوری را نوید می‌دهد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ شریف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸).

محلی روی آورده‌اند (Cook et al., Autio, 2000 1998).  
(Braczyk et al. 1998).

از دید نظام فناوری، عوامل مؤثر بر توسعه فناوری نیز با نگاه نظام‌مند در سه طبقه ورودی‌ها، خروجی‌ها و مؤلفه‌های فرایندی قابل بررسی‌اند (سلطانی، ۱۳۸۴):

- مؤلفه‌های ورودی: نیروهای متخصص، سرمایه‌گذاری خارجی و داخلی، اختراعات و دانش فنی.

- مؤلفه‌های خروجی: فناوری جدید، کاهش هزینه، بهبود محصولات و افزایش فروش.

- مؤلفه‌های فرایندی: تولید، کارآفرینی، تعیین اولویت‌های فناوری، ارتقاء دانش فنی و مهندسی معکوس.

- عوامل محیطی: شبکه‌های اطلاع‌رسانی، قوانین و مقررات مالکیت فکری، مراکز رشد و پارک‌های فناوری و نگاهت فناوری مرتبط با شبکه نهادی درگیر در امور توسعه فناوری.

ویژگی بارز نظام فناوری در این است که جریان نوآوری، ابداع، تولید، انتقال، کاربرد، تعدیل و سازگارسازی فناوری در محدوده‌ای مشخص و معین، برپایه تعامل کمابیش مستقیم کنشگرانی که در آن محدوده در حرکت بوده و نیز یک فرایند بازخورد تکرارشونده چرخه‌ای متقابل میان بازار و واحدهای تحقیق و توسعه، سامان می‌یابد. ویژگی‌ها، کارکردها، کاربردها و دستاوردهای این نظام بر پایه تعامل با سایر نظام‌ها و نهادها و سایر عوامل تأثیرگذار و نیز، یک جریان همسازی و یادگیری مستمر مشخص می‌شود. بنابراین «نظام نوآوری ملی» بدنه‌ای پازل‌گونه دارد که قطعات پازل را خرده نظام‌های منطقه‌ای و سایر نهادهای ملی تشکیل می‌دهند (دل‌انگیزان و همکاران، ۱۳۸۳).

### فناوری و نظام نوآوری

فناوری یکی از مؤلفه‌های کلیدی زیست‌بوم نوآوری است. فناوری بسان مؤلفه‌ای از نظام اجتماعی و نظام نوآوری در یک برهم‌کنش تکامل‌یابنده با مؤلفه‌های دانش، فرهنگ و ارزش‌ها، سازمان اجتماعی و نظام زیستی یا بیولوژیکی به سر می‌برد. یک نظام ملی نوآوری، کلیه کنشگران فعال در فرایند تولید، نشر، پذیرش، و بهره‌گیری از دانش و نیز زمینه

نهادی و سیاستی سامان‌دهنده فرایند مزبور را دربر می‌گیرد. دستاورد غایی یک نظام نوآوری با عملکرد خوب، تأمین نیازهای دانش و فناوری بخش‌های اقتصادی بر پایه یکپارچه‌سازی زیرساخت‌های علم و فناوری با ظرفیت‌های بخش‌های اقتصادی است. عناصر مهم یک نظام ملی نوآوری را می‌توان به شرح زیر معرفی نمود (Borrás and Edquist, 2015). نظام‌های نوآوری به انواع گوناگون بخشی (مربوط به یک بخش خاص همانند نظام نوآوری ساختمان)؛ ناحیه‌ای یا منطقه‌ای (همانند نظام نوآوری یک استان)؛ ملی (مربوط به یک کشور خاص) و فناورانه (متمرکز بر فناوری خاص همانند نظام نوآوری زیست‌فناوری) تقسیم شده‌اند. نظام نوآوری به چگونگی شکل‌گیری و کارکرد شبکه‌های کنشگران در تولید، نشر، و به‌کارگیری نوآوری‌ها و نیز، چگونگی تأثیرگذاری نهادها و مؤسسات بر انگاره تعاملات در این شبکه معطوف است. نظام نوآوری کارکردهای گوناگونی دارد (Hekkert et al., 2007): (۱) پیش‌برد فعالیت‌های کارآفرینی؛ (۲) توسعه یا خلق دانش بر پایه تحقیق و یادگیری؛ (۳) انتشار دانش که به معنی انتقال و تسهیم دانش میان کنشگران گوناگون است و در این مورد تمایل به یادگیری کنشگران، داشتن هنجارهای لازم و نزدیکی جغرافیایی، اشتراک زبانی و فرهنگی انشار دانش را تسهیل می‌کند؛ (۴) هدایت و راهبری کنشگران که متضمن گزینش موضوع و محور مناسب برای همکاری، تخصیص منابع و ترسیم چشم‌انداز توسعه فناوری نوظهور است؛ (۵) شکل‌دهی به بازار مطمئن و رقابتی؛ (۶) تسهیل و تأمین منابع، اعم از منابع مالی، انسانی، مادی و مکمل؛ (۷) مشروعیت‌بخشی و توسعه سرمایه اجتماعی از طریق شکل‌دهی به شبکه‌ها و ائتلاف‌های پشتیبان برای مدیریت چالش‌های سرمایه‌گذاری، تضاد منافع و مانند آن. به‌طور کلی، از چارچوب نظام نوآوری می‌توان برای هم‌گراسازی آموزش‌های علمی - کاربردی با مؤلفه‌های مهم دیگر، مانند فناوری، بازار و غیره بهره برد.

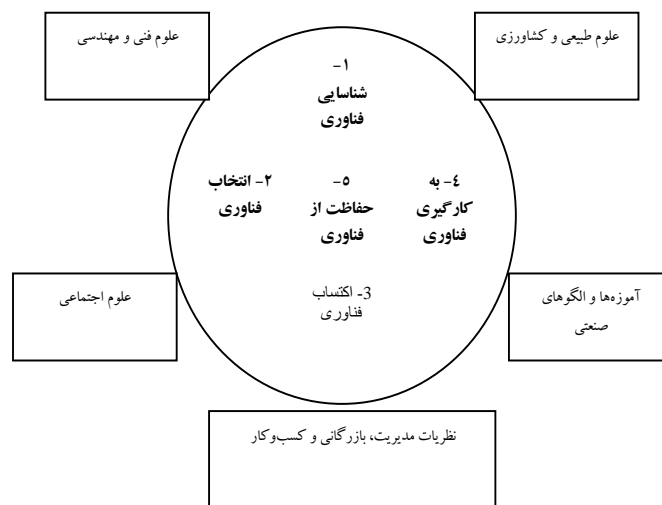
## فناوری

فناوری، پیشرفت فناوری و وظایف مدیریتی یا به بیان دیگر، هدایت تغییرات فناوری است. مدیریت فناوری جدید همچون دست‌آورد همگرایی میان مهندسی، علوم و مدیریت در پی برنامه‌ریزی، توسعه و بهره‌برداری از قابلیت‌های فناورانه برای شکل‌دهی و تحقق اهداف راهبردی و عملیاتی یک سازمان، شرکت یا نظام است و کلیه وجوه مدیریت آن سازمان، شرکت یا نظام را دربر می‌گیرد (جعفرنژاد، ۱۳۸۸). مدیریت فناوری به‌منزله نظام و فرایند، کارکردی چندسطحی داشته و در سطوح گوناگون، از جمله سازمان‌ها، شرکت‌ها، کارخانه‌ها و صنایع، بخش‌ها و زیربخش‌های اقتصادی، ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی قابل تعریف است. کارکرد مدیریت فناوری در سطوح گوناگون شامل مأموریت‌ها و وظایف معینی است. برای نمونه در سطح بخشی و ملی، تدوین سیاست‌ها و اولویت‌های فناوری، آینده‌نگاری فناوری، تهیه نقشه جامع فناوری (هم‌تراز یا ذیل نقشه جامع علمی کشور)، برنامه‌ریزی فضایی یا آمایش سرزمین در حوزه فناوری، ارتقاء فرهنگ و سواد فناوری، شبکه‌سازی (شبکه آزمایشگاهی کشور) و نهادسازی (مانند شورای ملی علوم، تحقیقات و فناوری) ضروری است. در حال هماهنگی کارکردهای نظام مدیریت فناوری در سطوح گوناگون که

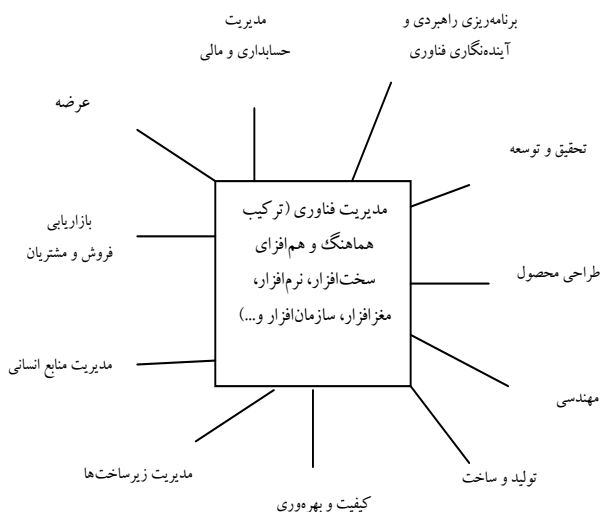
## مدیریت فناوری

مدیریت فناوری، همه فعالیت‌های مرتبط با دستیابی به فناوری از طریق تحقیق و توسعه یا انتقال فناوری، بومی‌سازی و به‌کارگیری فناوری در زنجیره ارزش محصولات و خدمات را در برمی‌گیرد. مدیریت فناوری از دو سو اهمیت دارد: نخست اینکه مدیریت خود یکی از مؤلفه‌های اساسی فناوری است و دوم تأثیری که این مؤلفه بر ارتقاء و پیشرفت مؤلفه‌های دیگر فناوری دارد. مدیریت فناوری در عین حال که مؤلفه‌ای از نظام فناوری است، ولی در عمل مؤلفه‌ای مهم‌تر از سایر مؤلفه‌ها بوده و نقش هدایت‌گر و پیش‌برنده را برای سایر مؤلفه‌های توسعه فناوری ایفا می‌کند. این مهم از طریق تعیین و تشخیص نیازهای فناوری، تسهیل انتقال فناوری، ارزیابی فناوری، و توسعه نظام‌ها و خدمات اطلاعات فناوری به انجام می‌رسد (شکل ۲).

مدیریت فناوری حوزه‌ای میان‌رشته‌ای است که هدفش برنامه‌ریزی و توسعه و پیاده‌سازی توانمندی‌های فناورانه برای شکل‌دهی و دستیابی به اهداف عملیاتی و راهبردی نظام‌ها، بخش‌ها و سازمان‌ها است. هسته اصلی مدیریت



شکل ۲. کارکردهای مدیریت فناوری



شکل ۳. مدیریت فناوری به‌عنوان منظومه‌ای بین‌رشته‌ای (برگرفته توأم با تعدیل از جعفرنژاد، ۱۳۸۸)

پیشرفت می‌کنند، می‌توان ایده فناورانه جدیدی را به مرحله پیشینه تولید ارزش هدایت کرد. این مهم به‌دست نمی‌آید، مگر آنکه فردی کارآفرین (فناور پیشرو) هدایت این مسیر را به‌عهده گیرد. فردی که از قوانین پیمودن مسیر متوازن به خوبی آگاه باشد و آموزش‌های لازم را به‌ویژه در بعد تجاری فناوری (توسعه کسب‌وکارهای فناورانه) دیده باشد (Markam, 2002). تقویت زنجیره ارزش فناوری مستلزم همگرایی فناوری و کارآفرینی و تقویت ظرفیت کارآفرینی فناورانه به‌منزله مجموعه‌ای از عوامل زیرساختی، مدیریتی و نهادی و انسانی است که برای پیشبرد کارآفرینی فناورانه با رویکرد تجاری‌سازی دانش لازم است (Pett & Zhang, 2011).

### فناوری در آموزش‌های علمی-کاربردی

موقعیت و مناسبت فناوری در آموزش‌های علمی - کاربردی از دو دیدگاه اهمیت دارد. نخست، کاربرد فناوری در آموزش‌های علمی - کاربردی برای ارتقاء فرایند آموزش و تسهیل یادگیری است. از این دیدگاه، به‌طور مشخص می‌توان به کاربرد فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات در آموزش‌های علمی - کاربردی پرداخت. پیشرفت‌های

پيامد تکامل و انسجام و پویایی نظام است، عامل مهمی در پیشرفت، هم‌زمانی، همگرایی و برابری فناوری میان بخش‌ها، زیربخش‌ها و مناطق گوناگون به‌شمار می‌رود (شکل ۳).

مدیریت فناوری سبب تکمیل زنجیره ارزش فناوری و رساندن ایده‌ای فناورانه به مرحله بهره‌برداری تجاری در بازار می‌شود (شکل ۴).

اگر ایده‌ای فناورانه بخواهد از مرحله نوزادی به مرحله بلوغ صنعتی و سودآوری برسد (نوآوری فناورانه)، نه‌تنها باید به جنبه‌های علمی و مهندسی توجه شود، بلکه به همان میزان و هم‌زمان باید جنبه‌های مالی، اقتصادی، بازار و کسب‌وکار آن نیز مورد توجه قرار گیرد. به بیان دیگر، در جریان توسعه فناوری چند عامل و مشخصه در آن واحد با هم رشد می‌کنند. مهم‌ترین این عوامل عبارت‌انداز: مفاهیم و نظریه‌های علمی، طراحی، محیط ارزیابی، آزمون و اثبات فناوری، ابعاد تجاری، اقتصادی، بازار و کسب‌وکار فناوری و ... . بنابراین دیدگاه، موفقیت توسعه یک فناوری مستلزم رشد و بلوغ هم‌زمان این عوامل در هنگام اجرای پروژه توسعه آن فناوری است. تنها از طریق پیمودن مسیر متوازن که در آن بخش‌های «علمی-فنی» و «تجاری» هم‌زمان

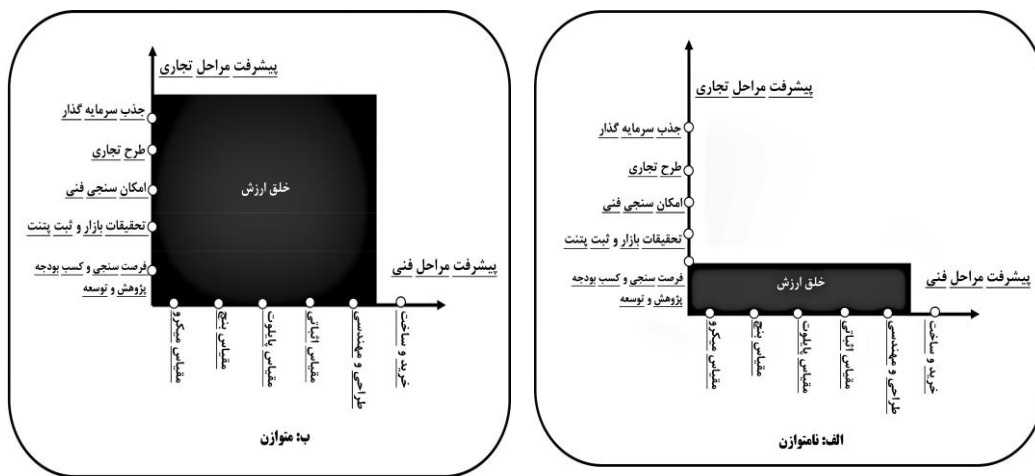


## فناوری

استعدادهای متفاوت فراگیران امکان بروز می‌یابد و افزایش انگیزه، می‌تواند موجب افزایش توان شناختی، پرورش تفکر انتقادی و خلاق، افزایش مهارت حل مسأله و دستیابی به سطح یادگیری از دانش و فهمیدن به ارزیابی و ترکیب به دلیل نظردادن درباره فعالیت‌ها و محتوای سایر یادگیرندگان افزایش می‌یابد. همچنین بهره‌گیری از فناوری شبکه‌های مجازی موجب ایجاد محیط یادگیری غیررسمی‌تر، مشارکتی‌تر و تعاملی‌تر می‌شود و فاصله و موانع ارتباطی میان آموزشگر و یادگیرنده را کمتر می‌کند. دستیابی به اطلاعات روز در کمترین زمان و با کمترین هزینه، برای فراگیران و آموزشگران از دیگر نتایج به‌کارگیری از فناوری‌های نوین در آموزش‌های علمی - کاربردی است. با آموزش مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)، امکان را دگرگون، مدل‌های موجود آموزشی را غنی‌تر و شیوه‌های آموزشی جدیدی را نیز ایجاد می‌کند. این مدل‌ها ویژگی‌های آموزش مبتنی بر فناوری را به اشتراک می‌گذارند و شیوه‌های «یادگیری بدون محدودیت زمانی و مکانی» متناسب با نیازهای دانشجوی فراهم می‌شود. به‌کارگیری از فاوا نماد دوره جدیدی از آموزش است. فاوا، الگوی فکری آموزش جدید

فناوری اطلاعات و ارتباطات طی سال‌های اخیر، بر ابعاد گوناگون زندگی آدمی اثرگذار بوده است. با گسترش فناوری اطلاعات و نفوذ وسایل ارتباط از راه دور، ابزارها و روش‌های آموزش نیز دچار تحول شده است؛ به گونه‌ای که افراد می‌توانند با به‌کارگیری امکانات در دسترس به یادگیری بپردازند. لذا توسعه دوره‌های آموزش الکترونیکی به سرعت رشد و گسترش یافته و در کنار ارتقاء کیفیت آموزش به یکی از محبوب‌ترین روش‌های آموزشی تبدیل شده است (رضایی و زاهدی، ۱۳۹۷).

کاربرد فناوری در آموزش‌های علمی - کاربردی می‌تواند به تغییر و تحول اساسی در رویکردهای یادگیری منجر شود. این تحولات با ورود اینترنت، شتاب بیشتری گرفته و بر فرایند تدریس و یادگیری اثری عمیق گذاشته است. فناوری‌های نوین و از جمله، رسانه‌های اجتماعی با داشتن مزیت‌های بسیار، مانند تعاملی بودن، مشارکت در خلق و تدوین دانش به‌دست فراگیر یا کاربر، تسهیم مهارت‌های فراشناختی شود. با به‌کارگیری از شبکه‌های اجتماعی، یادگیرنده فعالانه در تولید محتوا مشارکت دارد و آموزه‌ها، شکل‌دهی به محیط‌های جذاب و متنوع که در آن



شکل ۴. مسیر نوآوری فناورانه برای رساندن ایده فناورانه به بازار (Markam, 2002)

آموزش و یادگیری را پیشنهاد می‌کنند که در آنها، یادگیرنده نقش فعالی داشته و بر یادگیری خود راهبر، مستقل، انعطاف‌پذیر و تعامل‌کننده پافشاری دارد (فرج‌اللهی و ظریف صناعی، ۱۳۸۸). البته کاربرد فناوری در آموزش، با عنوان فناوری آموزشی سابقه طولانی دارد و پیش از ظهور فناوری اطلاعات و ارتباطات هم رایج بوده و به مرور زمان تحول چشم‌گیری یافته است (فرداناش، ۱۳۸۷؛ ثمری و آتشک، ۱۳۸۸).

بعد دیگر مناسبست فناوری و آموزش‌های علمی - کاربردی، به چگونگی آموزش فناوری در این نظام آموزشی معطوف است. در بیشتر کشورها، در دوره آموزش عمومی، حوزه‌ای از یادگیری با هدف تربیت فناورانه تعریف شده است. این حوزه در گذشته از الگوی آموزش‌های حرفه‌ای و فنی پیروی می‌کرد. در دهه آخر قرن بیستم میلادی این الگو تحت تأثیر تحولات اجتماعی، اقتصادی و فناورانه به‌سمت آموزش فناوری نوین تغییر جهت داد. توجه به سواد فناوری برای زندگی در قرن بیست‌ویکم میلادی به‌منزله چشم‌اندازی است که ایجاد درک فناورانه، توانایی استفاده و ارزیابی فناوری هدف‌های اصلی آن هستند. از همین‌رو بر تربیت فناورانه در سند چشم‌انداز بیست‌ساله، سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی پافشاری شده است (ادیب و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین، توجه به آموزش فناوری در آموزش‌های علمی - کاربردی که بر یادگیری فنون و فناوری‌ها استوار است، از جایگاه خاصی برخوردار است. این مهم نیازمند ارتقاء سواد فناوری و قابلیت فناورانه آموزشگران، تجهیز محیط‌های آموزشی به فناوری و امکانات کار با فناوری، ارتقاء محتوای مرتبط با فناوری در برنامه درسی دروس علمی - کاربردی و مانند آن است.

#### کتاب‌شناسی

ادیب، ی.، عزتی، م.، ر.، فتحی آذر، ا.، محمودی، ف. (۱۳۹۵). چارچوبی برای طراحی الگوی مطلوب برنامه درسی «کار و فناوری» (با تأکید بر دوره متوسطه اول). *مطالعات برنامه درسی*، ۱۱(۴۰)، ۳۳-۶۰.

اسدی، ع.، اکبری، م.، شریف‌زاده، ا. و علم‌بیگی، ا. (۱۳۸۸). *درآمدی بر رویکرد سیستمی در ترویج و توسعه کشاورزی با تأکید بر نظام دانش و اطلاعات کشاورزی*. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران.

پایا، ع. و کلاتری‌نژاد، ر. (۱۳۸۹). ارزیابی فلسفی و دلالت‌های سیاست‌گذارانه تأثیرات چهارمین موج توسعه علمی و فناورانه بر فرهنگ و جامعه: ملاحظاتی از دیدگاه عقلانیت نقاد. *سیاست علم و فناوری*، ۲(۴)، ۳۳-۵۱.

پسی، آ. (۱۳۷۶). *تکنولوژی در تمدن جهان*. (فریدون بدرای، مترجم). تهران: نشر و پژوهش فروزان روز.

ثمری، ع. و آتشک، م. (۱۳۸۸). تأثیر میزان شناخت و کاربست فناوری آموزشی توسط معلمان در بهبود کیفیت فرایند یادگیری دانش آموزان. *فناوری آموزش*، ۴(۱)، ۱۱-۲۱.

جعفرنژاد، ا. (۱۳۸۸). *مدیریت فناوری مدرن*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

حسینی، س. م. و شریف‌زاده، ا. (۱۳۹۳). *توسعه دانش بنیان کشاورزی مدیریت دانش، فناوری و نوآوری در کشاورزی*. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی.

دل‌انگیزان، س.، دل‌الی اصفهانی، ر.، عمادزاده، م. (۱۳۸۳). سیستم ابداعات منطقه‌ای و ملی (نقش صنعت، دانشگاه و دولت). *مجموعه مقالات هشتمین کنگره سراسری همکاری‌های دولت، دانشگاه و صنعت برای توسعه ملی*. تهران.

رضائی، ع.، زاهدی، م. ه. (۱۳۹۷). نقش فن‌آوری‌های نوین در پیشرفت آموزش‌های الکترونیکی (با نگاهی به فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌رو در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی داخل). *نشریه پژوهش در نظام‌های آموزشی*؛ ۱۲(۴۰)، ۲۰۵-۲۲۲.

رضوی، س. م.، اکبری، م. (۱۳۹۲). *نظام نوآوری*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

ستاری‌فر، م. (۱۳۷۴). *درآمدی بر سرمایه و توسعه*. جلد اول. تهران: دانشگاه علامه طباطبایی.

سلطانی، ب. (۱۳۸۴). *پژوهش و فناوری در نظام ملی نوآوری کشور*. *رشد فناوری*، ۳(۱۳)، ۱۹-۱۹.

شریف‌زاده، ا.، رضوی، س. م. (۱۳۸۸). *توسعه فناوری*. در جهانگیر یداللهی فارسی (ویراستار). *دانشنامه کارآفرینی (جلد اول، صفحات ۴۳۷-۴۴۶)*. تهران: مؤسسه کار و تأمین اجتماعی، بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران.

طالبی، ه. و رکنی‌زاده، ر. (۱۳۸۰). *استلزامات فناوری جدید*. چکیده مقالات چهل و چهارمین نشست روسای دانشگاه‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی کشور. تهران: مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی. صص ۷۹-۸۲.

فرج‌اللهی، م. و ظریف صناعی، ن. (۱۳۸۸). *آموزش مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات در آموزش عالی*. *دوماهنامه علمی-پژوهشی راهبردهای آموزش در علوم پزشکی*، ۲(۴)، ۱۶۷-۱۷۱.

فرداناش، ه. (۱۳۸۷). *مبانی نظری تکنولوژی آموزشی*. تهران: سمت.

مردوخی، ب. (۱۳۷۰). *تغییرپذیری مفهوم تکنولوژی در فرایند توسعه*. *رهیافت*، ۱(۲)، ۴۰-۴۶.

معادل‌ها

Edward Wenk		ادوارد ونک
Technology Capability	Compilation	استقرار فناوری
Info-Ware		اطلاعات‌افزار
Human- Ware		انسان‌افزار
Coevolutionary interactions		برهم‌کنش تکامل‌یابنده
Technology Coefficient	Contribution	تابع ضریب تأثیر فناوری
Object-embodied facilities	physical	تسهیلات فیزیکی تبلور یافته در اشیاء
Thomas Kuehn		توماس کوهن
Thomas Hughes		توماس هوگس
Orga-Ware		سازمان‌افزار
Intellectual capital		سرمایه فکری
governance capital		سرمایه حکمرانی
Networks of Power		شبکه‌های قدرت
Techno- Ware		فن‌افزار
Technology Champion		فناور پیشرو
convergent technologies		فناوری‌های همگرا
Technology Utilization Capability		قابلیت استفاده از فناوری
Technology Expansion and Diffusion Capability		قابلیت توسعه و اشاعه فناوری
Technology Generation Capability		قابلیت تولید فناوری
Technology Acquisition Capability		قابلیت جذب فناوری
Technology Champion		کارآفرین (فناور پیشرو)
Technology Components		مؤلفه‌های فناوری
Technological Delivery System		نظام انتقال فناوری
Insitu-ware		نهاد‌افزار
Doing and Institutional Learning.		یادگیری نهادی

Autio, E. (1998). Evaluation of RTD in regional systems of innovation. *European planning studies*, 6 (2): 131-140.

Borrás, S & Edquist, C. (2015). Education, training and skills in innovation policy. *Science and Public Policy*; 42(2): 215-227.

Braczyk, H., Cooke, P., Heidenreich, M. (Eds.), (1998). *Regional Innovation Systems: the role of governances in a globalized world*. London: UCL Press.

Carlsson, B., & Jacobsson, S. (1997). Diversity creation and technological systems: a technology policy perspective. In: Edquist, C. (Ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter Publishers.

Cooke, P., Boekholt, P., & Tödtling, F. (2000). *The governance of innovation in Europe: regional perspectives on global competitiveness*. Cengage Learning EMEA.

Edquist, C. (Ed.) (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Psychology Press.

Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432.

Hugbes, T. P. (1987). The evolution of large technological systems. In Bijker, W.E., W.E. Hugbes and T. Pinch (1987) *The social construction of technological systems: New directions in the society of history and technology*, Cambridge: MIT Press.

Markam, S. K. (2002). Moving technologies from lab to market. *Research Technology Management*, 45(6), 31-42.

Nelson, R. R. (ed.) (1993). *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York: Oxford University Press.

Petti, C., Zhang, Sh. (2011). Factors influencing technological entrepreneurship capabilities Towards an integrated research framework for Chinese enterprises. *Journal of Technology Management in China*, 6 (1), 7-25.

Smith, D. (2006). *Exploring Innovation*. Berkshire, UK: McGraw-Hill Higher Education.

همایون مرادنژادی (عضو هیئت علمی دانشگاه ایلام)