

## ارائه راهکارهایی برای توسعه همکاریهای دانشگاه و صنعت در ایران\*

جعفر توفیقی<sup>۱</sup> و نسرين نورشاهی<sup>۲</sup>

**چکیده:** با عبور از دوران توسعه صنعتی و ورود به عصر دانایی و توسعه دانش بنیان ارتباط دانشگاه و صنعت به ضرورتی حیاتی و اجتناب ناپذیر و به یک الزام تبدیل شده است، به طوری که این دو نهاد بازیگران اصلی نظامهای ملی نوآوری قلمداد می‌شوند و ارتباط بازتعریف شده آنها مهم‌ترین نقش را در تجاری سازی دستاوردهای علمی و توسعه اقتصادی خواهد داشت. دانشگاهها در ادامه مأموریتهای آموزشی و پژوهشی سنتی خود در نظام ملی نوآوری در توسعه فناوری و کارآفرینی مسئولیتهای جدیدی را عهده‌دار شده و با تولید دانش با ارزش اقتصادی، زمینه‌های نوآوری مبتنی بر دانش را برای بنگاههای اقتصادی و صنعت فراهم کرده‌اند. مشخصه‌های اصلی توسعه مبتنی بر دانایی نوآوری، نیروی انسانی کارآفرین، واحدهای تحقیق و توسعه و شرکتهای کوچک و متوسط دانش بنیان به شمار می‌روند و زیرساختهای عمده این عصر، دانشگاههای کارآفرین و مراکز رشد و پارکهای علم و فناوری به حساب می‌آیند. امروزه، برای برقراری ارتباط مؤثر بین دانشگاه و صنعت باید راهبردها و راهکارهای جدیدی را در چارچوب کارکردهای نظامهای نوآوری اتخاذ کرد. در این مقاله ویژگیهای صنعت و دانشگاه در کشور ایران از منظر نظامهای نوآوری بیان و با توجه به کارکردهای این نظام جایگاه صنعت ایران در رتبه‌های جهانی مشخص شده است. سپس، با توجه به کارکردهای سیاستگذاری، تحقیق و توسعه، تأمین منابع، توسعه منابع انسانی، انتقال و انتشار فناوری، کارآفرینی و تولید کالا و خدمات پیشنهادهایی برای توسعه ارتباط دانشگاه و صنعت در ایران ارائه شده است.

### واژه‌های کلیدی: دانشگاه، صنعت، نظام ملی نوآوری، فناوری.

\* این مقاله در سمینار یکروزه "نقش دانشگاهها در تربیت نیروهای متخصص" مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۲ که در فرهنگستان علوم برگزار شده بود ارائه شده است.

۱. استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. towfighi@modares.ac.ir

۲. استادیار مؤسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی، تهران، ایران. nasso\_43@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۵/۳)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۵/۴)

## ۱. مقدمه

در دنیای امروزی نظامهای تولید کالا و خدمات با نظامهای تولید دانش و فناوری یکپارچه شده است و در درون نظامهای نوآوری و در تعامل تنگاتنگ و ارگانیک با یکدیگر همزیستی و همکاری می‌کنند. نظام نوآوری ترکیب منسجمی از دانشگاهها، مراکز پژوهشی، واحدهای تحقیق و توسعه، شرکتهای دانش بنیان، سرمایه‌های خطر پذیر، امکانات و زیرساختهای فیزیکی و نهادی و سرمایه‌های انسانی است که با یک مدیریت متمرکز و ساختار حقوقی و مقررات خاص و با اتصال به یک بازار مصرف، کالا و خدمات دانش محور تولید می‌کند [۱].

امروزه، نوآوری از یک تفنن به یک ضرورت برای بقا تبدیل شده است. الگوهای نوآوری ابتدا غالباً به صورت خطی ارائه شدند [مثل فشار دانش به بنگاه یا کشش و تقاضای بنگاه]، ولی بعدها مدل‌های نوآوری توسعه بیشتری یافتند و به صورت نهادینه شدن جریان خلاق و زایشی و اثربخش دانش، چه به صورت آشکار و چه پنهان، تعبیر شدند که از طریق شبکه‌ای پویا در سطح ملی (نظام ملی نوآوری/شبکه ملی نوآوری «NIS/NIN») با کارکردهای متنوع سیاستگذاری، پشتیبانی، تحقیق و توسعه، تولید، انتقال و اشاعه علم و فناوری و دسترسی به آن، کارآفرینی و تولید کالا و خدمات [تقاضا و عرضه آن] توسعه می‌یابند [۲]. در رویکردهای جدید به نوآوری " نگاه سیستم شبکه‌ای"<sup>۱</sup> اهمیت یافته است که نیازمند همگرایی فرابخشی در سطح ملی است. در الگوهای شبکه‌ای تمرکز بر افزایش تعامل و روابط متقابل نهادها و کنشگران نظام ملی نوآوری است. اهم فعالیت‌های ارتباطی دانشگاه و صنعت با توجه به مؤلفه‌های نظام ملی نوآوری به طور خلاصه عبارت‌اند از: سیاستگذاری و پشتیبانی، تحقیق و توسعه، تسهیل و تأمین منابع مالی تحقیق و توسعه، توسعه منابع انسانی، انتشار و انتقال فناوری، ارتقای کارآفرینی و تولید کالا و خدمات [۱]. بر اساس نظام مذکور رویکردی سیستمی به ارتباط دانشگاه و صنعت اتخاذ می‌شود.

البته، سابقه رابطه دانشگاه و صنعت به پیش از ارائه نظریه نظام نوآوری باز می‌گردد، منتها پیچیدگی شرایط امروز جهان و رقابت تنگاتنگ بر سر تولید دانش و بهره برداری و تجاری سازی دانش، مدل‌های جدیدتر و پیچیده‌تری از ارتباط دانشگاه و صنعت را طلب می‌کند. فلسفه وجودی نظامهای نوآوری را می‌توان در ایجاد زیست بوم مشترک برای دانشگاه و صنعت دانست، به طوری که در این زیست بوم مفاهیم و درک متقابل بین این دو نهاد عمق می‌یابد و موجبات یکپارچگی زنجیره تولید دانش تا بهره‌برداری و تجاری سازی دانش فراهم می‌شود. در نظامهای نوآوری همکاری دولت، دانشگاه و صنعت از ابتدای زنجیره تولید، انتشار و بهره‌برداری از دانش آغاز و موجب مأموریت‌گرا شدن فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی دانشگاهها می‌شود. دانشگاهی که برنامه‌ریزی و فعالیت‌های آموزشی و

پژوهشی آن مأموریت‌گرا و معطوف به اثربخشی در توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی باشد، دانشگاه کارآفرین نامیده می‌شود. توسعه پایدار کشور ایران نیز مستلزم پایه‌گذاری و شکل‌گیری نظام نوآوری و صنعت دانش - بنیان و دانشگاه کارآفرین است و این امر منوط به رابطه مبتنی بر همزیستی و همکاری متقابل میان حوزه صنعت و نظام علمی و آموزش عالی است؛ به عبارت دیگر، همکاری دانشگاه و صنعت در نظام نوآوری تابعی از میزان دانش بنیان بودن صنعت و نیز میزان کارآفرین بودن دانشگاه و میزان دانش بنیان بودن دولت است. تجربه جهان امروز نیز نشان می‌دهد که بین توانمندی‌های دانشی و فناوری و برتری‌های صنعتی و اقتصادی کشورها رابطه تنگاتنگی وجود دارد. دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی به‌عنوان مهم‌ترین نهادهای تولید دانش و تربیت نیروی انسانی، می‌توانند و باید نقش محوری در تولید دانش و فناوری و تربیت نیروی انسانی مورد نیاز حوزه صنعت کشور ایفا کنند. تقویت بخش صنعت در گرو استفاده از آخرین دستاوردهای علمی و فناوریهای پیشرفته است. برای استفاده از این دستاوردها رابطه و همکاری دانشگاه به‌عنوان نماینده حوزه دانشی با بخش صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آموزش عالی و دانشگاهها انتظار می‌رود که ظرفیتهای پاسخگویی خود را به صنعت افزایش دهند و تقاضاگرا باشند. در جدول ۱ بعضی از معیارها و ملاکهای دانشگاه کارآفرین و دولت و صنعت دانش بنیان درج شده است.

جدول ۱: معیارها و ملاکهای دانشگاه کارآفرین، صنعت و دولت دانش بنیان

دانشگاه کارآفرین	صنعت دانش بنیان	دولت دانش بنیان
فرهنگ دانشگاهی کارآفرین نظام برنامه ریزی آموزشی و پژوهشی تعاملی) تلفیق عرضه محوری و تقاضا محوری) ساختار سازمانی چابک و منعطف برنامه‌های آموزشی و روشهای تدریس مبتنی بر تقویت روحیه خلاقیت، کارآفرینی و نوآوری مأموریت‌گرا بودن ( تولید دانش با ارزش افزوده اقتصادی) نظام ارزشیابی و ارتقا مبتنی بر رفتارهای فناورانه و نوآورانه برنامه‌های میان رشته‌ای و فرا رشته‌ای ( مدیریت فناوری، سیاستگذاری علم و فناوری، کارآفرینی و ...	توانایی تولید و تأمین دانش مورد نیاز توانایی توسعه دانش و فناوریهای موجود واحدهای تحقیق و توسعه ( توانمندیهای درونزا برای توسعه فناوری) تخصیص اعتبارات کافی برای تحقیق و توسعه نظام یادگیری فناوری ( ) توانمندیهای برونزا برای انتقال و جذب فناوری) توانایی رصد، تحلیل و آینده نگری فناوری	اتخاذ سیاستهای حمایتی و تشویقی برای بخش خصوصی حمایت از بخش خصوصی به جای رقابت تنظیم ساختارهای حقوقی ویژه و تسهیل کننده مقررات زدایی و تسهیل قوانین و مقررات کسب و کار دانش بنیان توسعه صندوقهای سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاری خطر پذیر حضور فعال در پارکها و مناطق ویژه علم و فناوری توسعه بازار برای ارائه محصولات تکنولوژیک

<p>تأمین بخشی از هزینه‌های تحقیق و توسعه تسهیل کننده همکاریهای بین‌المللی</p>	<p>حضور در پارکها و مناطق ویژه فناوری حضور و توانایی رقابت در بازار جهانی فناوری سهم از بازار ثبت اختراعات مدیران، متخصصان و نیروهای انسانی خلاق و نوآور</p>	<p>مدیریت دانشگاهی مبتنی بر کارایی و اثر- بخشی پژوهشهای منجر به ثبت اختراع و مورد نیاز صنعت ترویج فرهنگ تجاری سازی میان اعضای هیئت علمی تسهیل مبادله کادر علمی تحقیقاتی با صنعت تأسیس دفاتر تجاری سازی فناوری تأسیس شرکتهای انشعابی یا زایشی همکاری با پارکها، مراکز رشد و مناطق ویژه فناوری توانایی بازاریابی برای دانش و فناوری تأسیس دفاتر مالکیت فکری</p>
---	--	---

همان‌گونه که از ملاکهای جدول ۱ استنباط می‌شود، در نظامهای نوآوری دانشگاهها در معرض یک تحول پارادایمی و تحول ساختی - کارکردی نسبت به دانشگاههای کلاسیک قرار گرفته‌اند. به طوری که فرهنگ سازمانی دانشگاه کارآفرین یک فرهنگ برون‌گرا و به دنبال اثربخشی در نظام اقتصادی، سیاسی و اجتماعی است. آموزش و پژوهش در این سبک از دانشگاه کاربرد و معطوف به حل مسئله است. تعامل دانشگاه کارآفرین با دولت، بازار و ذینفعان تعاملی پویا، چند جانبه و مبتنی بر اثرگذاری و اثرپذیری است. در صنعت دانش بنیان نیز توانمندیهای مربوط به دسترسی و تولید دانش و فناوری و بهره‌برداری از آن مهم‌ترین مزیت رقابتی است و این سبک از صنعت یک صنعت پویا و به طور مستمر در حال خلاقیت و نوآوری است. صنعت دانش بنیان در بازار فناوری جهانی منفعل و صرفاً مصرف کننده نیست، بلکه با سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و جذب نیروهای انسانی مبتکر و خلاق و ظرفیت سازی برای خلق، انتقال و جذب فناوری به بیشترین ارزش افزوده دست پیدا می‌کند. البته، نقش دولت دانش بنیان نیز در این میان بسیار حیاتی است. در نظامهای نوآوری نقش کلیدی را بخش خصوصی دارد. دولت با اتخاذ سیاستهای حمایتی و تشویقی و تنظیم ساختارهای حقوقی ویژه و تسهیل کننده می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در تحقق اهداف توسعه داشته باشد. همچنین، دولت می‌تواند با حمایت از صندوقهای سرمایه‌گذاری خطر پذیر و تأسیس نهادهای واسط و حضور فعال در این مراکز همکاری دانشگاه و صنعت را تسهیل کند.

ارتباط دانشگاه و صنعت در کشور ایران دارای سابقه‌ای ۷۰ ساله برابر با عمر دانشگاه در کشور است، اما به‌رغم توافق عمومی بر ضرورت و اهمیت این مهم، هنوز این رابطه سیستمی و پیوسته

نیست و به شکلی گاه به گاه و گسسته وجود دارد [۱]. بر این اساس، در مقاله حاضر با اتخاذ رویکرد نظام ملی نوآوری [بر اساس کارکردها و فعالیتهای نظام مذکور] ابتدا شواهدی از وضعیت عملکرد مؤلفه‌های این نظام در کشور و به دنبال آن برخی از راهکارها و سازکارهای اجرایی به‌منظور افزایش همکاریهای صنعت و دانشگاه در چارچوب نظام ملی نوآوری عرضه شده است.

## ۲. چگونگی ارتباط دانشگاه و صنعت با توجه به هر یک از مؤلفه‌های نظام ملی نوآوری در کشور ایران

طی دهه‌های اخیر فعالیتهای مختلفی در سطح ملی و در قالب هر یک از مؤلفه‌های نظام ملی نوآوری با رویکرد زمینه‌سازی، تسهیل و تسریع ارتباط اثربخش بین دانشگاه و صنعت صورت گرفته است. در سطح سیاستگذاری کلان و برنامه‌ای، مراجعه به اسناد بالادستی نظیر سند چشم‌انداز، نقشه جامع علمی کشور، اسناد برنامه‌های توسعه پنج ساله (سوم تا پنجم)، سیاستهای کلان برنامه پنجم توسعه و... توجهات ویژه به رابطه حوزه دانشی و حوزه صنعت و خدمات کشور را نشان می‌دهد. در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ کشور، بر توسعه دانش بنیان کشور ایران با رعایت مشخصاتی چون استفاده بهینه از علم، فناوری و نوآوری و نیز تعامل سازنده بین تمام نهادهای موجود در حوزه‌های علوم پایه، علوم ارزشی و معرفتی، علوم کاربردی و فناوری با جامعه خردورز و فضیلت‌مدار تأکید شده است. در اهداف و شاخصهای کلان نقشه جامع علمی کشور یکی از شاخصهای کلان که برای ارزیابی سامانه علم و فناوری کشور تعیین شده، شاخص کارگروهی است که از سنجه‌های مهم آن حجم قراردادهای مشاوره و پژوهشی صنعت با مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی و به عبارت دیگر، مشارکت و تعامل دو بخش یا دو حوزه دانش از یک سو و صنعت از سوی دیگر است [۳].

- در سیاستهای کلی برنامه پنجم توسعه، در سرفصل امور علمی - فناوری این سیاستها بند ۷، تحول در نظام آموزش عالی و پژوهشی تأیید و بر ارتباط مؤثر بین دانشگاهها و مراکز پژوهشی با صنعت و بخشهای مربوط جامعه و دستیابی به فناوریهای پیشرفته مورد نیاز تأکید شده است.
  - در قانون برنامه پنجم، فصل دوم علم و فناوری ماده ۱۹ بند الف، بر بازنگری آیین‌نامه ارتقای اعضای هیئت علمی به نحوی که پس از پایان سال دوم برنامه ۵۰٪ امتیازات پژوهشی اعضای هیئت علمی در جهت رفع مشکلات کشور و در حوزه‌های کاربردی باشد و در ماده ۲۰ همین قانون (تکرار ماده ۴۵ قانون برنامه چهارم توسعه) بر حمایت مالی از ایجاد و توسعه بورس ایده و بازار فناوری به منظور استفاده از ظرفیتهای علمی تأکید شده است [۴].
- شاید عملیاتی‌ترین و مشخص‌ترین برنامه و سیاست ارتباط حوزه دانشی با حوزه‌های اجرایی-صنعتی کشور بند "د" ماده ۴۵ قانون برنامه چهارم توسعه باشد. زنجیره ارتباطی دولت، دانشگاه و صنعت

به‌عنوان سه عامل تسهیل‌کننده، تولیدکننده و کاربر نهایی پژوهش و دانش، در این ماده قانونی محور اصلی است. برای اجرای مفاد این ماده قانونی دبیرخانه مربوط از سال ۱۳۷۹ تاکنون در جهت بهبود زمینه‌های مناسب به منظور انجام یافتن پژوهش کاربردی در بخشهای مختلف اجرایی کشور و کمک به افزایش تقاضا برای تحقیقات در این بخشها فعالیت دارد.

مأموریت و چشم‌انداز دبیرخانه مذکور، به عنوان یک پایگاه مسئله‌محور، مشارکت مبتنی بر نیاز و با رویکرد حل مسئله با دستگاههای اجرایی کشور در حمایت مالی از پژوهشهای کاربردی و تقاضا محور است. این دبیرخانه تا سال ۱۳۸۶ بیش از ۲۸۵۶ پروژه دریافت کرده است که از این میان تعداد ۱۲۴۵ پروژه مورد حمایت قرار گرفته است [۵].

علاوه بر فعالیتهای سیاستگذاری و برنامه‌ریزی، در سطح اجرا و عملیات نیز فعالیتهای گوناگونی در سطح ملی طی دهه‌های اخیر با هدف گسترش و بهبود روابط دانشگاه و صنعت صورت پذیرفته که از آن جمله به تأسیس دفاتر صنعت و دانشگاه در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی و دانشگاهها، افزایش سهم دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی از کل دانشجویان کشور [این سهم از حدود ۲۰ درصد در سال ۱۳۸۰ به حدود ۳۳ درصد در سال ۱۳۸۸-۸۹ افزایش یافته است]، تأسیس دانشگاههای صنعتی که تعداد این دانشگاههای تخصصی از ۱۲ واحد در سال ۱۳۸۰ به ۲۰ واحد در سال ۱۳۸۸-۸۹ افزایش یافته است. علاوه بر این، در این سال چهار مؤسسه آموزش عالی صنعتی نیز به فعالیت مشغول بوده‌اند [۶]، فرهنگ‌سازی و ایجاد تغییرات نگرشی و رویکردی از طریق برگزاری همایشها و کنفرانسهای مرتبط با موضوع [تا سال ۱۳۹۰، ۱۵ کنگره سراسری همکاری صنعت، دانشگاه و دولت با هدف زمینه‌سازی ارتباط حوزه‌های مذکور برگزار شده است]، برگزاری جشنواره‌های علم و فناوری، تصویب و راه‌اندازی پارکهای علم و فناوری [تعداد این واحدها از ۱۴ واحد در سال ۱۳۸۴ به ۲۲ واحد در سال ۱۳۸۷ افزایش یافته است]، مراکز رشد واحدهای فناور [تعداد مجوزهای قطعی واحدهای مذکور از سه مورد در سال ۱۳۸۵ به ۱۷ مورد در سال ۱۳۸۷ افزایش یافته است]، استقرار واحدهای فناور در پارکها و مراکز رشد [تعداد واحدهای فناور از ۶۷۶ واحد در سال ۱۳۸۴ به ۱۶۵۵ واحد در سال ۱۳۸۷ افزایش یافته است]، تسهیل و ساماندهی فرایند ثبت اختراع [تعداد اختراعات ثبت شده در ایران طی سالهای ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ از ۳۰۳۴ مورد به ۱۰۳۰۹ مورد افزایش یافته است]، ساماندهی و توسعه کارآموزی با طراحی و اجرای سامانه پذیرش و جایابی کارآموزان در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران و توسعه کارآفرینی در دانشگاههای کشور با ارائه طرح کاراد [تا سال ۱۳۸۷، ۹۰ مرکز کارآفرینی در دانشگاههای دولتی ایجاد شده است] می‌توان اشاره کرد [۶].

### ۳. جایگاه کشور ایران با توجه به مؤلفه‌های نظام ملی نوآوری

در گزارش ادواری «نمایه رقابت پذیری جهانی کشورها»<sup>۱</sup> حاصل مطالعات شواب<sup>۲</sup> و همکارانش، وضعیت اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ۱۳۵ کشور جهان از جمله ایران در سال ۲۰۱۱-۲۰۱۰، بر اساس بیش از ۱۰۰ شاخص کمی و کیفی از نظر میزان رقابت‌پذیری در عرصه‌های اقتصادی، اجتماعی و بین‌المللی [با استفاده از داده‌های عمومی]<sup>۳</sup> قابل دسترس و نیز پیمایش از مدیران اجرایی در آن کشورها] مقایسه شده است. در این گزارش سرمایه‌گذاری مادی و معنوی کشورها عامل کلیدی تعیین کننده رشد اقتصادی بیان و نیز تحلیل شده است که کشورها را در سه سطح کلی توسعه شامل کشورهای با سطح توسعه عامل محور<sup>۴</sup> (مبتنی بر منابع طبیعی)، کشورهای با سطح توسعه کارایی محور<sup>۵</sup> (مبتنی بر کارایی تولید و کسب و کار) و کشورهای با سطح توسعه نوآوری محور<sup>۶</sup> (مبتنی بر نوآوری و پیشرفت در تولید و کسب و کار) می‌توان دسته‌بندی کرد. در این گزارش بر اساس سه دسته شاخص کلی شامل الف. الزامات اولیه<sup>۷</sup> شامل نهادها، زیرساختها، محیط کلان اقتصادی، سلامت و آموزش ابتدایی، ب) شاخصهای تقویت کننده کارایی<sup>۸</sup> شامل آموزش عالی و مهارت آموزی، کارایی بازار کالاها، کارایی بازار کار، توسعه بازار مالی، آمادگی فناورانه و اندازه بازار و ج. شاخصها یا عوامل بیانگر نوآوری و پیشرفت<sup>۹</sup> شامل تحقیق و توسعه و پیشرفت کسب و کار و نوآوری، رتبه و سطح پیشرفت کشورها مشخص می‌شود.

کشورهای جهان با تلاش به‌منظور بهبود شاخصهای پیشگفته سعی در گذار از یک مرحله به مرحله بعدی دارند، برای مثال، کشور ترکیه در ۱۰ سال گذشته با تلاش در زمینه دو زیر شاخص آموزش عالی و مهارت‌آموزی و همچنین، زیر شاخص سرمایه‌گذاری کافی برای R&D به سمت فراهم ساختن دستیابی به فرایندهای تولید پیشرفته از طریق نوآوری گام بر می‌دارد و این شرایط او را به گذار از کارایی محوری به سطح توسعه نوآوری محور هدایت کرده است. کشور ترکیه در سال ۲۰۱۰-۱۱، در مقایسه با کشور ایران، از نظر ظرفیتهای نوآوری و پیشرفت کسب و کار از رتبهٔ بهتری

---

1. Global Competitiveness Report (GCI)

2. Klaus Schwab

۳. این داده‌ها سالانه توسط کارشناسان مجمع جهانی اقتصاد World Economic Forum با همکاری شبکه مؤسسات همکار در کشورهای مذکور گرد آوری می‌شود.

4. Factor- Driven

5. Efficiency - Driven

6. Innovation- Requirements

7. Basic Requirement

8. Basic Requirement

9. Innovation & Sophistication Factors

در جهان برخوردار است. در حالی که رتبه کل ایران در شاخص یا محور تقویت کننده‌های کارایی ۹۰ است، کشور ترکیه رتبه ۵۵ را حایز شده است، در موضوع آموزش عالی و مهارت آموزی رتبه ایران ۸۷ و رتبه ترکیه ۷۱، در خصوص آمادگی فناورانه رتبه ایران ۹۶ و رتبه ترکیه ۵۶، در زمینه شاخص کلی نوآوری رتبه ایران ۸۲ و رتبه ترکیه ۵۷ گزارش شده است. کشور ایران در مرحله گذار از کشورهای سطح اقتصاد عامل محور به سطح اقتصاد کارایی محور است و کشور ترکیه در حال حاضر در سطح کارایی محور قرار دارد و برای سطح نوآوری محور هدفگذاری کرده است. از نظر شاخص دسترسی به آخرین فناوریها، رتبه ایران ۱۲۳ و رتبه ترکیه ۴۸ است. شاخص ظرفیت برای نوآوری در ایران رتبه ۶۸ و در ترکیه رتبه ۵۵ دارد. در عین حال، کیفیت مؤسسات پژوهشی علمی ایران رتبه ۵۲ در برابر رتبه ۸۹ ترکیه است. با این همه، کشور ترکیه به لحاظ هزینه R&D صرف شده توسط شرکتها و کسب و کار در رتبه ۶۲ قرار دارد، حال آنکه این رتبه برای ایران ۱۰۷ است.

در شاخص همکاری صنعت و دانشگاه در تحقیق و توسعه در کشور ترکیه رتبه ۸۲ و در کشور ایران رتبه ۹۷ دارد. بدین ترتیب، از نظر تعداد ثبت اختراعات در هر میلیون نفر جمعیت برای کشور ایران رتبه ۸۰ و برای کشور ترکیه رتبه ۷۰ در جهان بوده است. در حالی که دسترسی محلی به پژوهش و خدمات و مهارت آموزی برای کشور ایران رتبه ۷۴ در جهان و برای کشور ترکیه این رتبه ۵۸ بوده است. کشور ایران از نظر قدرت جذب فناوریها در شرکتها در رتبه ۱۱۶ جهان قرار دارد و کشور ترکیه رتبه ۵۱ را به خود اختصاص داده است [۷].

#### ۴. ویژگیهای نظام علم، فناوری و صنعت ایران

الف. صنعت عملیات محور: برای شکل‌گیری یک صنعت مراحل مختلفی باید طی شود. که از جمله مهم‌ترین این مراحل فعالیتهای مربوط به تولید فناوری یا انتقال فناوریهای مورد نیاز است. اصولاً توانمندیهای فناورانه مجموعه‌ای از دانشهای بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای است که به دارنده فناوری امکان می‌دهد تا فرایندهای مختلف صنعت مورد نظر را طراحی و اجرا کند. البته، توانمندیهای طراحی معمولاً به سه بخش طراحی مفهومی<sup>۱</sup>، طراحی پایه<sup>۲</sup> و طراحی تفصیلی<sup>۳</sup> تقسیم می‌شود. عمده دانش مورد نیاز برای طراحی یک صنعت در این سه حوزه متمرکز است. صنعت ایران در دو مؤلفه اول با ضعف توانمندی رو به روست و تاکنون عمده نیاز خود به دانش طراحی را از شرکتهای بین‌المللی صاحب فناوری تأمین کرده است. بعد از اینکه مراحل طراحی یک صنعت به پایان رسید،

---

1. Conceptual Design

2. Basic Design

3. Detail Design



مرحله تأمین تجهیزات و ساخت و ساز مطرح می‌شود. پس از پایان این مراحل نوبت بهره برداری<sup>۱</sup> و نگهداری<sup>۲</sup> است. دو مرحله اخیر در مقایسه با مرحله توسعه فناوری به مراتب به دانش پیشرفته کمتری نیاز دارند و معمولاً با آموزش کادرهای تکنیسن و تعدادی محدود از کارشناسان اجرا می‌شود. بخش عمده صنعت ایران از فعالیتهای توسعه فناوری به دور است و عمدتاً در مرحله بهره برداری وارد میدان می‌شود؛ یعنی زمانی که عمده فعالیتهای دانشی صنعت را شرکتهای صاحب فناوری به پایان رسانده‌اند و صنعت در کشور مستقر شده است و برای بهره‌برداری به کادر مدیران و تکنسینهای ایرانی سپرده می‌شود و نقش صنعت ما از بهره برداری به بعد شروع می‌شود. این به معنای صنعت عملیات محور است؛ یعنی صنعتی که نقشی در تولید دانش مورد نیاز خود ندارد. در مقابل، صنایع دانش بنیان و فناور محور قرار دارند که با برخورداری از توانمندیهای فناورانه توان تولید و توسعه فناوریهای مورد نیاز خود و دیگران را دارند.

ب. نبود نظام انتقال فناوری: در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه انتقال فناوری به‌عنوان مهم‌ترین راهبرد برای توانمندسازی فناورانه استفاده می‌شود. این کشورها در کنار بیشتر پروژه‌های توسعه صنعتی نظام یادگیری فناوری را مستقر می‌کنند و به مرور دانش فنی صنعت مربوط را از شرکتهای صاحب فناوری فرا می‌گیرند، به طوری که پس از چند سال قادر می‌شوند تا فناوری مربوط را کسب و بومی کنند. کشورهایی مانند چین، کره جنوبی و مالزی از جمله کشورهایی هستند که فناوریهای زیادی را با همین روش از کشورهای مبدأ به کشور خود منتقل کرده‌اند و اکنون خود صاحب فناوری هستند. بدیهی است که نظام یادگیری فناوری بازار وسیعی را برای پژوهشگران و فناوران کشور مقصد ایجاد می‌کند و این خود زمینه‌های ارتباط بیشتر صنعت و دانشگاه را فراهم می‌کند. در کشور ایران نظام تعریف شده انتقال فناوری وجود ندارد.

پ. ضعف زیرساختهای تحقیق و توسعه صنعتی در کشور ایران: یکی از روشهای توانمندسازی فناورانه، توسعه زیرساختهای تحقیق و توسعه است. نهادهای مؤثر در تحقیق و توسعه شامل دانشگاهها، مراکز پژوهشی و مراکز تحقیق و توسعه (R&D) و شرکتهای طراحی مهندسی هستند. در صنایع پیشرفته مراکز تحقیق و توسعه مهم‌ترین پیشران توسعه فناوری به‌شمار می‌روند و عمده اختراعات ثبت شده در دنیا به مراکز تحقیق و توسعه بنگاههای صنعتی و اقتصادی مربوط می‌شود؛ این مراکز در ارتباط مستمر با دانشگاهها و مراکز پژوهشی و شرکتهای طراحی مهندسی ظرفیتهای فناورانه ایجاد می‌کنند و قادرند فناوری صنعت خود را روز به روز بهبود بخشند و در بازار رقابت کالا و خدمات حضور داشته باشند. فناوریهای موجود اگر مداماً به روز نشوند، از گردونه رقابت خارج خواهند

- 
1. Operation
  2. Maintenance

شد و توان ادامه حیات در بازار را نخواهند داشت. لذا، یکی از مهم‌ترین وظایف مراکز تحقیق و توسعه بازرگانی و بهبود فناوریهای صنعت است. شاهد هستیم صنایعی که واحدهای تحقیق و توسعه توانمند دارند، به‌طور پیوسته فناوریهای جدیدی را روانه بازار می‌کنند و کشورهای دیگر را به پیروی از خود وادار می‌سازند. واحدهای تحقیق و توسعه پل ارتباطی صنعت و دانشگاه هستند و بازار وسیعی را برای اشتغال دانش‌آموختگان خلاق و نوآور دانشگاهها ایجاد می‌کنند. در کشور ایران چنین واحدهایی از توسعه کافی برخوردار نیستند و طبق آمار موجود در سال ۱۳۸۳ فقط ۱۸۷۴ واحد تحقیق و توسعه در صنعت ایران تأسیس شده است [۸].

ت. ناچیز بودن هزینه‌های تحقیق و توسعه: یکی از مهم‌ترین شاخصهای صنایع دانش بنیان میزان هزینه‌هایی است که صنعت برای تحقیق و توسعه صرف می‌کند. رابطه مستقیمی بین هزینه‌های تحقیق و توسعه و توسعه‌یافتگی فناوری وجود دارد. عمده ثبت اختراعات در دنیا مربوط به شرکتهایی با هزینه‌های تحقیق و توسعه بالاتر است. امروزه، در دنیا یکی از مهم‌ترین شاخصهای رتبه‌بندی کشورها از نظر پژوهش و فناوری درصد هزینه‌های تحقیق و توسعه از تولید ناخالص داخلی است. در حال حاضر، کشورها به چهار دسته تقسیم می‌شوند: در دسته اول رهبران فناوری قرار دارند. این دسته شامل کشورهایی است که تا چهار درصد از تولید ناخالص داخلی خود را صرف فعالیتهای تحقیق و توسعه می‌کنند و به همین دلیل نیز عمده فناوریهای پیشرفته تحت امتیاز این شرکتها یا کشورها قرار دارد. این کشورها برای توسعه زیرساختهای پژوهش و فناوری سرمایه‌گذاری زیادی کرده‌اند و از توان توسعه درونزا و برونزای فناوری به‌خوبی برخوردارند. کشورهای دسته اول با توسعه همکاریهای بین‌المللی در عرصه پژوهش و فناوری در بازار فناوری حضور فعال دارند و با فعالیتهای نوآورانه بازارهای بین‌المللی را در اختیار دارند. در دسته دوم کشورهایی قرار می‌گیرند که رهبران فناورانه بالقوه نام دارند. این کشورها نیز با تقویت زیرساختهای تحقیق و توسعه و استقرار نظامهای یادگیری فناوری و تعامل فعال با شرکتهای دارنده فناوری به سرعت در حال تعقیب رهبران فناوری هستند و پیش‌بینی می‌شود در آینده نزدیک در بازار صاحبان فناوری به رقابت بپردازند. در دسته سوم (اقتباس‌کنندگان فناوری) کشورهایی قرار دارند که از مسیر انتقال فناوری از خارج توانمندسازی خود را شروع کرده‌اند و با استقرار نظامهای یادگیری فناوری به سرعت در حال بومی کردن فناوریهای اقتباس شده از شرکتهای و کشورهای مبدأ هستند. دسته چهارم کشورهایی هستند که در حاشیه قرار دارند و از الگوی توسعه صنعتی منهای توانمندسازی فناورانه استفاده می‌کنند. ویژگی مهم این کشورها آن است که صنعت را به‌صورت کلید در دست توسعه می‌دهند و اساساً برنامه‌ای برای یادگیری و انتقال فناوری ندارند. از طرف دیگر، حرکت این کشورها در مسیر توسعه درونزای فناوری نیز بسیار کند و غیر هدفمند است. بدیهی است که این کشورها همواره باید دنباله رو سه دسته اول

باشند و به همین دلیل، در بازار فناوری حضور نخواهند داشت. هزینه‌های تحقیق و توسعه در این کشورها عمدتاً زیر یک درصد است و ارتباط صنعت و دانشگاه نیز در این الگوی توسعه صنعتی امکان‌پذیر نخواهد بود، زیرا اصولاً در این الگوی توسعه صنعتی، صنعت با فعالیتهای دانشی چندان سر و کار ندارد و شرکتهای خارجی دانش مورد نیاز این صنایع را تأمین می‌کنند. می‌توان ادعا کرد که در کشورهای دسته چهارم توسعه صنعتی بیشتر باعث رونق بازار پژوهش و فناوری در دانشگاهها، مراکز تحقیقاتی و واحدهای تحقیق و توسعه در کشورهای مبدأ می‌شود تا کشور مقصد. کشور ما عمدتاً جزء کشورهای دسته چهارم قرار می‌گیرد. به گزارش OECD [۹] در سال ۲۰۰۹ هزینه‌های تحقیق و توسعه در کشورهای اتریش ۲/۷۵، آلمان ۲/۸۲، سنگاپور ۲/۶۶، سوئد ۳/۶۲، دانمارک ۳/۰۲، فنلاند ۳/۹۶، فرانسه ۲/۲۱، رژیم اشغالگر قدس ۴/۲۷، کره جنوبی ۳/۳۶، امریکا ۲/۷۹ و ترکیه ۰/۸۵ از تولید ناخالص داخلی بوده است. در حالی که در کشور ایران این رقم در حدود ۰/۷۹ برآورد می‌شود [۱۰]. در کشور ایران پروژه‌های صنعتی فراوانی اجرا می‌شود، ولی متأسفانه، در کنار آنها برنامه‌ای برای انتقال و یادگیری فناوری وجود ندارد. نتیجه این می‌شود که صنعتی را برای چندمین بار در کشور شرکتهای خارجی طراحی و اجرا می‌کنند، اما هنوز در حوزه فناوریهای مربوط توانمندیهای لازم کسب نشده است. شاهد این مدعا این است که صنعت ایران رتبه چندانانی در ثبت اختراعات بین‌المللی ندارد و عمدتاً تحت لیسانس شرکتهای خارجی است. در حالی که در دنیا شرکتهایی وجود دارند که در سال صدها اختراع بین‌المللی توسط واحدهای تحقیق و توسعه خود ثبت می‌کنند و به تنهایی معادل یا حتی بیشتر از کل اعتبارات پژوهشی ایران (حدود سه میلیارد دلار) برای تحقیق و توسعه خود سرمایه‌گذاری می‌کنند. برای نمونه، شرکت اوراکل<sup>۱</sup> ۴/۹۲ و شرکت Hp-7 ۴/۴۷، شرکت آمازون ۲/۸۲، شرکت اپل<sup>۲</sup> ۲/۵۷، شرکت اینتل<sup>۳</sup> ۹/۱۸، شرکت IBM ۷/۷۱ و شرکت سیسکو<sup>۴</sup> ۶/۲۸ میلیارد دلار برای تحقیق و توسعه هزینه کرده‌اند [۱۱].

ث. کمبود میان رشته‌ایها: امروزه، رشته‌های مختلفی مرتبط با علم و فناوری در دانشگاههای برتر جهان راه اندازی شده است که آشنایی با این زمینه‌های علمی توسط مدیران دانشگاه و صنعت می‌تواند تسهیلگر ارتباط این دو نهاد تأثیرگذار باشد. از جمله این رشته‌ها می‌توان به سیاستگذاری علم و فناوری، مدیریت فناوری، علم و فناوری در جامعه، نظامهای نوآوری، کارآفرینی، مدیریت انتقال فناوری و غیره اشاره کرد. با توجه به اینکه فناوری پل ارتباطی دانشگاه و صنعت است، آشنایی با این رشته‌ها و مفاهیم می‌تواند مدیران این دو نهاد را با مفاهیم واقعی ارتباط دانشگاه و صنعت آشنا کند.

- 
1. Oracle-6
  2. Apple
  3. Intel-2
  4. Cisco

واقعیت این است که در کشور ایران مدیریت نهاد دانشگاه و صنعت عمدتاً در اختیار دانش‌آموختگان دانشگاههاست که با مسائل دانشگاه و صنعت آشنایی حرفه‌ای ندارند و طبیعتاً نمی‌توانند برنامه‌ریزی مؤثری برای برقراری ارتباط این دو نهاد داشته باشند. تجربه نشان می‌دهد که بعضاً آشنایی کافی با تعاریف و مفاهیم علم و فناوری در بین مدیران دانشگاه و صنعت وجود ندارد؛ در حالی که امروزه، برنامه‌ریزی برای ارتباط مؤثر این دو نهاد خود دانش و تجربه کافی در مدیریت و برنامه‌ریزی را طلب می‌کند. همچنین، دانشجویان دانشگاهها نیز در طی دوران تحصیل با مفاهیم کلیدی همچون کارآفرینی، فناوری، نوآوری و تحقیق و توسعه آشنایی حرفه‌ای پیدا نمی‌کنند و لذا، وقتی این دانش‌آموختگان مدیریت این دو نهاد را بر عهده می‌گیرند، چندان با الگوهای ارتباطی دانشگاه و صنعت آشنا نیستند.

ج. وجود نداشتن رقابت پذیری: دانشگاهها تولید کننده و عرضه کننده دانش هستند و صنعت نیازمند و متقاضی دانش است. نکته اساسی این است که کدام صنعت نیازمند دانش است؟ رقابت در صنعت یکی از مهم‌ترین محرکهای ایجاد نیاز به دانش در صنعت است. تجربه‌های جهانی نشان می‌دهد که صنایع دولتی با توجه به استفاده از رانتهای دولتی چندان نیازی به دانش و رقابت احساس نمی‌کنند، بلکه صنایع بخش خصوصی هستند که صرفاً باید با تکیه بر دانش، خلاقیت و نوآوری خود در بازار به رقابت بپردازند. از آنجایی که امروزه، دانش مهم‌ترین مزیت رقابتی بنگاههای صنعتی به شمار می‌رود، مهم‌ترین عامل رقابت و برتری نیز دسترسی به دانش و بهره‌برداری مناسب از آن است. اساساً بودجه‌های سرسام آوری که صنایع برای تحقیق و توسعه هزینه می‌کنند، تماماً برای تولید دانش و خلق مزیت‌های رقابتی نسبت به سایر رقبا در بازار است. بدیهی است در یک نظام اقتصادی و صنعتی که بر رقابت بنا نهاده نشده باشد، انگیزه‌ای نیز برای برتری جویی از طریق دسترسی به دانش وجود نخواهد داشت. عمده صنعت ایران در دست بخش دولتی است و بخش خصوصی علی‌رغم تأکیدات فراوان و سیاستهای اصل ۴۴، متأسفانه، هنوز نقش چندانی در صنعت و اقتصاد ایران ندارد. لذا، هر جا که از ارتباط دانشگاه و صنعت صحبت می‌شود، منظور صنعت دولتی است که بنا به مطالب پیشگفته انگیزه چندانی برای دسترسی به دانش از طریق ارتباط با دانشگاهها ندارد. به دلیل همین بی‌نیازی صنعت چندان رغبتی به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه نیز ندارد. ارتباطاتی هم که در سالهای گذشته بین دانشگاه و صنعت به وجود آمده است، بیشتر با فشارهای قانونی و مقرراتی بیرون از صنعت به‌وقوع پیوسته و کمتر ناشی از محرکها و نیازهای درونزا بوده است و لذا، کمتر نیز نتیجه مؤثر در پی داشته است.

چ. کوچک بودن حجم صنعت و اقتصاد: یکی از مصادیق ارتباط دانشگاه و صنعت جذب دانش‌آموختگان دانشگاهها در بنگاههای صنعتی است. در شکل‌گیری این ارتباط وجود داشتن

فرصت‌های شغلی در صنعت نقش تعیین کننده‌ای دارد. بدیهی است هر چه حجم صنعت و اقتصاد یک کشور بزرگ‌تر باشد، به معنای وجود داشتن ظرفیت بالا برای جذب دانش‌آموختگان دانشگاهی است و بر عکس، عمدتاً پدیده بیکاری دانش‌آموختگان نتیجه پایین بودن حجم کسب و کار و اقتصاد است. کشورهایی وجود دارند که با تعداد جمعیت مشابه کشور ما حجم اقتصادشان (تولید ناخالص داخلی) چندین برابر کشور ماست و جمعیت شاغل آنها نیز تا دو برابر جمعیت شاغل در کشور ایران است. به گزارش توسعه انسانی [۱۲] سرانه تولید ناخالص داخلی (GDP) در سال ۲۰۰۹ برای کشورهای نروژ ۵۶۲۱۴، آلمان ۳۶۳۳۸، سوئد ۳۷۳۷۷، ژاپن ۳۲۴۱۸، انگلستان ۳۵۱۵۵، سنگاپور ۵۰۶۳۳، فرانسه ۳۳۶۷۴، مکزیک ۱۴۲۵۸، مالزی ۱۴۰۱۳، لیبی ۱۶۵۰۲ و ایران ۱۱۵۸۸ دلار بوده است. همچنین، در سال ۲۰۱۰ در کشورهای امریکا درآمد سرانه ۴۷۰۹۴، امارات ۵۸۰۰۶، کره جنوبی ۲۹۵۱۸، عربستان سعودی ۲۴۷۲۶ و استرالیا ۳۸۶۹۲ دلار بوده است [۱۳]. علاوه بر حجم اقتصاد کشور، استاندارد نیروی انسانی در بنگاه‌های صنعتی نیز بسیار حایز اهمیت است. مثلاً در کشور ما درصد دارندگان مدرک کاردانی به بالا در جمعیت شاغل حدوداً چهارده درصد است، در حالی که در اقتصادهای پیشرفته این رقم تا چهل درصد نیز می‌رسد. این شاخص بدین معناست که با بهبود این استاندارد در کشور ما چند میلیون فرصت شغلی برای دانش‌آموختگان دانشگاهها ایجاد خواهد شد. در کشورهایی که زیرساخت‌های توانمند برای تحقیق و توسعه و نظام یادگیری تکنولوژیک وجود دارد، فرصت‌های شغلی دانش بنیان باعث رونق بازار جذب نیروهای با استعداد و توانمند دانشگاهی خواهد شد. البته، این نکته نیز قابل تأمل است که به دلیل دوری دانشگاهها و صنعت در کشور ما برنامه‌ریزی برای عرضه نیروی انسانی توسط دانشگاهها بدون تعامل و هماهنگی با متقاضیان و ذینفعان آموزش عالی است که این نیز خود عدم جذب کافی دانش‌آموختگان دانشگاهی را تشدید می‌کند.

ح. شکل نگرفتن نظام نوآوری: در بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه ارتباط دانشگاه و صنعت در چارچوب نظامهای نوآوری برقرار می‌شود. همچنان که پیشتر گفته شد، طبق تعریف، نظام نوآوری مجموعه‌ای از نهادهای دولتی و غیر دولتی است که فعالیت و همکاری آنها موجب نوآوری می‌شود. کارکردهای اصلی نظام نوآوری خلق دانش<sup>۱</sup>، انتشار دانش<sup>۲</sup> و بهره‌برداری از دانش<sup>۳</sup> است. در واقع، نظامهای نوآوری چرخه تولید علم تا ثروت را تحقق می‌بخشند. در این نظام دانشگاهها، صنعت و دولت در همکاری نزدیک برای تحقق اهداف مشترک فعالیت می‌کنند؛ تولید دانش از دانشگاه شروع و با تحقیق و توسعه به فناوری تبدیل می‌شود و سپس، از طریق بنگاههای صنعتی و کارآفرینی فناورانه به صورت کالا و خدمات به بازار عرضه می‌شود که این حلقه آخر نظام نوآوری است.

1. Knowledge Creation
2. Knowledge Dissemination
3. Knowledge Utilization

در نظام نوآوری نفوذ در بازار و خلق ارزش افزوده اقتصادی مهم‌ترین محرک برای همکاری دولت، دانشگاه و صنعت به‌شمار می‌آید. در این نظام آموزش و پژوهش متأثر از تحولات بازار و در خدمت توسعه فناوری و کاملاً مأموریت‌گرا خواهد بود. در این نظام دانشگاه و صنعت از انگیزه‌های درونی بسیار قوی برای همکاری برخوردارند و دولت نیز با وضع سیاستهای حمایتی این ارتباط را تسهیل می‌کند. منافع دانشگاه و صنعت به این ارتباط گره خورده است و صنعت چون یک صنعت دانش بنیان و رقابتی است، نیاز دارد که از آخرین تحولات علمی در دانشگاهها و واحدهای تحقیق و توسعه بهره برداری کند. در نظام نوآوری برنامه‌ریزی آموزشی و پژوهشی دانشگاه متناسب با نیازهای صنعت و با مشارکت ذینفعان انجام می‌شود. این شرایط در نظام آموزش عالی ایران و برنامه‌ریزیهای بخش صنعت دچار ضعف و نقصان است.

خ. نو پا بودن مراکز رشد، پارکهای علم و فناوری، شهرکهای علمی - تحقیقاتی و مناطق ویژه فناوری: یکی از پلهای ارتباطی بین دانشگاه و صنعت نهادهای واسط مانند پارکهای علم و فناوری، مراکز رشد و محیطهایی از این قبیل هستند. تجربه‌های جهانی نیز نشان می‌دهد که نهادهای واسط نقش چشمگیری در چرخه علم تا ثروت و تجاری‌سازی یافته‌های علمی دارند و محیطهای مناسبی برای انتقال و توسعه فناوری و کارآفرینی فناورانه به شمار می‌روند. امروزه، بسیاری از بنگاههای دانش بنیان زاییده همین مناطق و مراکز هستند و نقش حیاتی در توسعه فناوری و توسعه اقتصادی کشورها ایفا می‌کنند. این مراکز محل تلاقی مناسبی برای دولت، دانشگاهها و صنعت هستند و با برنامه‌ریزی تعاملی و هدفمند چرخه تولید علم، انتشار و بهره برداری از علم را تکمیل می‌کنند. در این محیطها برنامه‌ریزی مأموریت‌گراست و تلاش تمام نهادها حلقه‌های یک زنجیر به نام تجاری‌سازی علم و فناوری را کامل می‌کند. این مراکز آن چنان موفق بوده‌اند که در بعضی از کشورها مناطق ویژه فناوری در وسعت یک شهر تأسیس شده است و این مناطق پیشران نوآوریهای فناورانه و توسعه اقتصادی هستند. برای مثال، چین یکی از کشورهایی است که توسعه مناطق ویژه فناوری را در دستور کار خود قرار داده است. طبق آمار موجود در سال ۲۰۰۴، حدود ۵۳ منطقه ویژه ملی برای توسعه فناوریهای برتر<sup>۱</sup> در چین فعال بوده‌اند [۱۴]. در این ۵۳ منطقه فناوری حدود ۳۸۰۰۰ شرکت دانش بنیان با درآمد سالانه حدود ۲۰۰ میلیارد دلار مشغول فعالیت بوده‌اند که تولید ناخالص داخلی آنها برابر هشتاد میلیارد بوده است. هزینه‌های تحقیق و توسعه این شرکتها حدود یک میلیارد دلار بوده است. تعداد شاغلان در این مناطق ویژه بر چهار میلیون و پانصد هزار نفر بالغ است که ۳۹ درصد آنها مدارک دانشگاهی داشته‌اند. همچنین، ۴۷ منطقه ویژه فناوری - اقتصادی در کشور چین تأسیس شده است که مأموریت اصلی این مناطق تجاری سازی فناوریهای کسب شده است. امروزه، پیشران

---

1. National Hi-Tech. Technology Development Zone

توسعه اقتصادی کشورها شرکتهای دانش بنیان هستند که عمدتاً نیز مشتق از دانشگاهها و رشد یافته در پارکهای علم و فناوری هستند. برای نمونه، از دانشگاه MIT حدود ۲۵۸۰۰ شرکت دانش بنیان فعال مشتق شده است که حدود ۳/۳ میلیون نفر در آنها شاغل هستند و حدود دو هزار میلیارد دلار فروش سالانه آنها بوده است که از نظر حجم یازدهمین اقتصاد دنیا به حساب می آید [۱۵] یا در دره سیلیکون که از حدود ۱۲۵۰ میلیارد دلار درآمد آن، حدود ۴۰۰ میلیارد دلار مربوط به شرکتهای مشتق از دانشگاه استنفورد است [۱۶]. شرکت Hewlett Packard که یکی از شرکتهای مشتق از دانشگاه استنفورد است، به تنهایی هشتاد میلیارد دلار درآمد کسب کرده است. در کشور ایران نیز از ابتدای برنامه سوم تأسیس پارکها و مراکز رشد به عنوان یک سیاست راهبردی در قانون برنامه وارد شد و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز به راه اندازی و توسعه این مراکز پرداخت. با وجود تجربه اندک در کشور ما و نو پا بودن این تجربه، می توان عملکردی مثبت را از این مراکز مشاهده کرد که در صورت تقویت می توانند تسهیلگر و توسعه دهنده ارتباط دانشگاه و صنعت باشند. البته، یکی از شرایط موفقیت این مراکز حضور واحدهای تحقیق و توسعه صنعت در این قبیل مراکز است که هنوز صنعت ما به صورت جدی از حضور در این مراکز استقبال نمی کند و بیشتر دانشگاهیان و پژوهشگران بازیگران اصلی مراکز رشد و پارکهای علم و فناوری هستند و فناوران و صنعتگران باید مشارکت جدی تری در این مراکز داشته باشند. تجربه جهانی نیز نشان می دهد که ارتباط دانشگاه و صنعت بیشتر در این مراکز صورت می پذیرد.

د. شرکتهای طراحی و مهندسی: یکی دیگر از حلقه های اتصال دانشگاه و صنعت شرکتهای طراحی و مهندسی هستند که دستاوردهای آموزشی و پژوهشی دانشگاهها را با فعالیتهای طراحی و مهندسی و خلق فناوری برای صنعت قابل استفاده و قابل بهره برداری می کنند. مشکل اینجاست که شرکتهای طراحی و مهندسی در کشور ایران چندان توان طراحی، به ویژه طراحی مفهومی و پایه، را ندارند و لذا، ظرفیت ارتباط با دانشگاهها نیز به حداقل کاهش پیدا می کند. در واقع، دستاوردهای آموزشی و پژوهشی مستقیماً برای صنعت چندان قابل استفاده نیستند و صرفاً پس از ترجمه به زبان طراحی و مهندسی برای صنعت قابل بهره برداری خواهند بود. بنابراین، در شکل گیری ارتباط دانشگاه و صنعت باید مجموعه ای از نهادها نقش ایفا کنند. علاوه بر نهاد دانشگاه، مراکز رشد، پارکهای علم و فناوری، شهرکها و مناطق ویژه فناوری و واحدهای تحقیق و توسعه صنعت و شرکتهای طراحی و مهندسی نیز باید نقش ایفا کنند و نمی توان این مسئولیت را صرفاً به نهاد دانشگاه و صنعت محدود کرد. در کشور ایران هنوز زنجیره این نهادها به طور کامل شکل نگرفته است. بعضی از تجربه های جهانی نشان می دهد که مراکز پژوهشی متنوعی وجود دارند که بعضی پژوهشهای بنیادی و بعضی پژوهشهای کاربردی و توسعه ای و برخی دیگر پژوهش فناورانه و صنعتی را انجام می دهند و زنجیره دانش بنیادی تا دانش

فنی را تکمیل می‌کنند، در حالی که در کشور ما بیشتر پژوهشگاهها نقش تقریباً واحدی را ایفا می‌کنند و حتی با پذیرش دانشجو سعی می‌کنند لباس دانشگاه را به تن کنند. این مراکز پژوهشی ترجیح می‌دهند مقاله منتشر کنند تا توسعه فناوری و ثبت اختراع. از طرف دیگر، تا واحدهای تحقیق و توسعه توانمند در صنعت شکل نگیرد، ارتباط دانشگاه و صنعت چندان جنبه عملی پیدا نخواهد کرد.

د. ضعف در نظام برنامه‌ریزی آموزشی و پژوهشی: نظام برنامه‌ریزی در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و دانشگاهها عمدتاً یک نظام عرضه محور است؛ بدین معنا که تصمیم‌گیری در باره برنامه‌ریزی درسی و آموزشی و در خصوص نوع رشته‌ها و محتوای آنها و حتی ظرفیت پذیرش دانشجو عمدتاً توسط دانشگاهها صورت می‌گیرد و ذینفعان عمده آموزش عالی در این فرایند حضور و مشارکت ندارند. توجه به ترکیب شورای گسترش آموزش عالی و شورای عالی برنامه‌ریزی که شوراهای اصلی در توسعه آموزش عالی و پژوهش به‌شمار می‌روند، نشان دهنده این مدعاست. همچنین، محتوای پژوهشهای دانشگاهی نیز عموماً با خواست و اراده دانشگاهیان تعیین می‌شود. اساساً در نظام برنامه‌ریزی دانشگاهها جایی برای حضور نمایندگان بخش تقاضا؛ یعنی صنعت پیش بینی نشده است. حتی در فرایندهای آموزشی و پژوهشی دانشگاهها نیز اصحاب صنعت حضور نظام‌مند و مستمر و برنامه‌ریزی شده ندارند.

ر. دانش محور بودن دانش‌آموختگان و ضعف در توانمندیهای مهارتی و بینشی (KSA): با پیچیده‌تر شدن الگوهای توسعه علمی، فناوری و صنعتی روز به روز انتظارات از قابلیت‌های دانش‌آموختگان دانشگاهها بیشتر می‌شود. بسیاری از استانداردهای آموزشی، پژوهشی و استانداردهای کالا و خدمات در حال جهانی شدن است. در چنین شرایطی لازم است دانش‌آموختگان دانشگاهها از قابلیت‌ها، ظرفیتها و توانمندیهای جهانی برخوردار باشند. امروزه، در کنار توانمندیهای دانشی و تخصصی مهارتهای دیگری از جمله توانایی خلاقیت، کارآفرینی و نوآوری، مدیریت و کارگروهی، مهارتهای ارتباطی و مذاکره، اخلاق حرفه‌ای و توانایی حل مسئله و مانند اینها مورد نیاز است تا دانش‌آموختگان بتوانند منشأ اثر در جامعه ملی و بین‌المللی باشند. همچنین، در کنار دانش و مهارت، ویژگیهای بینشی بسیار نقش تعیین‌کننده‌ای در کارایی و اثربخشی دانش‌آموختگان دارند. ویژگیهایی مانند احساس مسئولیت و پاسخگویی در قبال مردم و جامعه و تلاش برای تحقق ارزشها و آرمانهای مشترک ملی و بین‌المللی، احترام به محیط زیست و ... لازمه توسعه همکاریهای دانشگاه و صنعت است. دانشگاههای ایران بیشتر بر توانمندسازی تخصصی دانشجویان تمرکز می‌کنند و به ندرت به توسعه مهارتها و بینشها توجه می‌شود.

ز. مأموریت‌گرا نبودن دانشگاهها: در کشور ایران دانشگاهها عموماً مأموریتها و اهداف عمومی و یکسانی را دنبال می‌کنند و کمتر به دنبال برنامه‌ریزی مأموریت‌گرا هستند. مأموریت‌گرایی در



برنامه‌ریزیهای آموزشی و پژوهشی می‌تواند دانشگاهها را به سمت صنایع خاص متمایل کند و این امر موجب می‌شود تا دانشگاهها با تمرکز امکانات و منابع خود در حوزه‌های خاص بهتر پاسخگوی نیازها و انتظارات صنعت باشند. همچنین، برنامه‌ریزی مأموریت‌گرا دانشگاهها را به استقرار نظامهای تضمین کیفیت و مدیریت حرفه‌ای‌تر فرایندهای آموزشی و پژوهشی وادار می‌کند.

ژ. ضعف توان بازاریابی برای دانش و فناوری: یکی از موانع توسعه ارتباط دانشگاه و صنعت ضعف اطلاع‌رسانی در باره توانمندیهای علمی دانشگاههاست. دانشگاهها لازم است دانش تولید شده را مستند سازی و با روشهای مناسب اطلاع‌رسانی کنند. امروزه، دانش نیز مانند سایر کالاها باید با روشهای مناسب به بازار عرضه شود تا توجه متقاضیان را جلب کند. بعضی از صنایع نیز توان نیازسنجی آموزشی و پژوهشی ندارند و لذا، بعضاً نبود ارتباط به دلیل بی‌نیازی نیست، بلکه به دلیل عدم تشخیص نیاز است. یکی از کارکردهای مهم واحدهای تحقیق و توسعه در صنعت تحلیل آسیبها و مشکلات موجود و مستند سازی آنها و سپس، سفارش کار به دانشگاههاست.

#### ۵. جمع‌بندی و ارائه راهکارها

- به نظر اولین گام برای توسعه همکاریهای دانشگاه و صنعت بهبود فرهنگی است؛ بدین معنا که لازم است فضای گفت و گو، مفاهمه و درک مشترک بهبود یابد و طرفین به ضرورت و اهمیت همکاری آگاه شوند و این باور در درون این سازمانها نهادینه شود و مهم‌تر اینکه دانشگاه و صنعت باید ارزش افزوده مادی و معنوی ناشی از همکاریها را مشاهده و لمس کنند.
- دانش‌آموختگان دانشگاهها نقش مهمی در توسعه همکاریها ایفا می‌کنند. لذا، لازم است دانشگاهها در روشهای تدریس و محتوای برنامه‌های آموزشی و پژوهشی به‌گونه‌ای عمل کنند که دانشجویان علاوه بر کسب دانش تخصصی کاربردی، توانمندیهای مهارتی و بینشی نیز کسب کنند. در برخی از دانشگاههای تراز اول جهان روشهای تدریس فناوری محور است؛ بدین معنا که دانشجو توانایی تحلیل و توسعه فناوریهای موجود را به‌دست می‌آورد و این چیزی است که صنعت بیش از توانمندیهای پژوهشی به آن نیاز دارد. همچنین، بهره‌برداری از متخصصان صنعت در دانشگاه و بر عکس تاثیر بسزایی در کیفیت سیاستگذاریها و برنامه‌ریزیهای این دو نهاد خواهد گذاشت.
- بازنگری در نظام ارزشیابی و ارتقای اعضای هیئت علمی و ترویج فرهنگ تجاری سازی از سیاستهای تشویقی و حمایتی مهمی است که می‌تواند ظرفیتهای علمی موجود در دانشگاه را به سمت همکاری بیشتر و مؤثرتر با صنعت هدایت کند. همچنین، تأسیس دفاتر تجاری سازی فناوری در دانشگاهها نیز تسهیل کننده ارتباط خواهد بود.

- تجربه‌های جهانی نشان می‌دهد که رقابت پذیر کردن صنعت با حرکت به سمت خصوصی سازی و افزایش نقش بخش خصوصی در صنعت و اقتصاد باعث افزایش حجم تقاضا برای دانش می‌شود که این امر خود تقاضا برای ارتباط با دانشگاه را افزایش می‌دهد.
- توسعه نظام استاندارد کالا و خدمات یکی از مهم‌ترین محرکهای ایجاد نیاز به دانش در بخش صنعت و خدمات است. برای مثال، در مبحث محیط زیست امروزه، در کشورهای پیشرفته به کاهش آلاینده‌های زیست محیطی توجه زیادی شده است و استانداردهای شدیدی در صنعت تولید خودرو و تولید سوخت اعمال می‌شود. در حالی که در کشور ایران به این استانداردها توجه زیادی نمی‌شود. بدیهی است که برای تحقق این استانداردها دانشگاهها باید تحقیقات گسترده‌ای را انجام دهند و فناوریهای جدیدی به خدمت گرفته شود. این به معنای خلق بازارهای جدید برای پژوهش و فناوری است که خود باعث افزایش حجم ارتباطات دانشگاه و صنعت خواهد شد. از طرف دیگر، بی توجهی به این استاندارد؛ یعنی تن دادن به فناوریهای سنتی موجود و کم نیازی به دانش تولید شده در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی. مثال دیگر ضریب بازیافت از مخازن نفتی است که در کنار گاز بزرگ‌ترین سرمایه طبیعی کشور محسوب می‌شود. در حال حاضر، ضریب بازیافت از مخازن نفتی ایران حدود ۲۵ درصد است و این بدین معناست که بخش اعظمی از ذخایر نفتی ایران مدفون شده است و قابل استخراج نیست، در حالی که در حال حاضر، شرکتهای بزرگ نفتی به کمک دانشگاهها به دنبال ابداع روشهای نوین برای ازدیاد ضریب برداشت از مخازن نفتی هستند که در مواردی تا ۶۰ درصد نیز افزایش پیدا کرده است. مشابه این مثالها فراوان است و نشان می‌دهد که بهبود استانداردها به معنای توسعه بازار تقاضا برای دانش و فناوری است که موجب توسعه روابط دانشگاه و صنعت خواهد شد.
- بخش مهمی از ارتباطات دانشگاه و صنعت از طریق نهادهای واسط مانند پارکها و مراکز رشد صورت می‌پذیرد. پارکها و مراکز رشد تجربه موفق در توسعه همکاریهای دانشگاه و صنعت به شمار می‌روند. در واقع، این مراکز زمینه‌های تبدیل دستاوردهای علمی دانشگاهها به فناوری و سپس، تجاری سازی فناوریها و تولید کالا و خدمات را فراهم می‌کنند. تجاری سازی علم عمدتاً در این مراکز صورت می‌گیرد. واحدهای تحقیق و توسعه صنعت نیز در این مراکز حضور دارند و با همکاری شرکتهای دانش بنیان مسقر در این مراکز موجبات توسعه و انتقال فناوری را فراهم می‌کنند. این تجربه‌ها در جهان آن چنان موفق بوده است که امروزه، مناطق ویژه فناوری در مقیاسی بسیار وسیع‌تر از پارکها و مراکز رشد در بعضی از کشورها تأسیس شده و نقش مهمی در ارتباط دانشگاه، دولت و صنعت فراهم کرده‌اند.

- همانگونه که در بخشهای قبلی مقاله اشاره شده ارتباط دانشگاه و صنعت؛ یعنی ارتباط دانشگاه با مراکز تحقیق و توسعه صنعت. صناعی که این مراکز را ندارند، عملاً زیرساختهای لازم برای این ارتباط را ندارند. مراکز تحقیق و توسعه در مسیر نگهداری و توسعه فناوری صنعت خود به دانش نیازمند می‌شوند و به سوی دانشگاهها رو می‌آورند.
- پروژه‌های صنعتی که تحت لیسانس شرکتهای صاحب فناوری توسعه پیدا می‌کنند باید نظام یادگیری فناورانه طراحی و مستقر کنند. این نظام به معنای انتقال فناوری از کشور مبدأ به کشور مقصد است و موجبات توانمندسازی فناورانه کشور را فراهم می‌کند. متأسفانه، پروژه‌های صنعتی فراوانی در کشور اجرا می‌شود و هیچ یادگیری فناورانه حاصل نمی‌شود. استقرار این نظام موجب رونق بازار دانشمندان و فناوران و پژوهشگران و دانشگاهها می‌شود.
- رشته‌های میان رشته‌ای و فرا رشته‌ای بسیاری در دانشگاههای درجه اول جهان راه‌اندازی شده است که موجب کسب دانش، مهارت و بینش لازم برای شناخت دانشگاه و صنعت توسط دانش‌آموختگان می‌شود. واقعیت این است که اگر مدیران دانشگاه و صنعت این ظرفیتهای دانشی را نداشته باشند و درک درستی نیز از دانش و فناوری و الگوهای توسعه علمی و صنعتی وجود نداشته باشد، نمی‌توان راهبردها و راهکارهای لازم را برای توسعه ارتباط این دو نهاد فراهم کرد، رشته‌هایی مانند سیاستگذاری علم و فناوری، مدیریت فناوری و نظامهای نوآوری. از آنجا که منابع انسانی عامل اصلی ارتباط دانشگاهها و صنعت در نظامهای ملی نوآوری به‌شمار می‌روند، اساساً نقش مهم و برجسته دانشگاهها در قبال جامعه و اقتصاد مبتنی بر دانش، برنامه‌ریزی مناسب برای تربیت افرادی است که در حفظ و ادامه تعامل دانشگاهها با صنعت مؤثرند، به خصوص توجه به روحیه جست و جوگری، خلاقیت، کارآفرینی و کار گروهی در برنامه‌های آموزشی دانشجویان و همچنین، استفاده از تجارب متخصصان فن و مشارکت آنان در طراحی برنامه‌های درسی یا مبادله کادر علمی و تحقیقاتی بین دانشگاه و صنعت که هم موجب ارتقای کیفی برنامه‌های آموزشی و هم موجب جلب اعتماد صنعت برای همکاری متقابل در انجام دادن پژوهشها و انتقال نیازهای پژوهشی آنان می‌شود [۱].
- تأسیس مراکز تحقیقاتی مشترک: یکی از موانع همکاری مؤثر دانشگاه و صنعت در کشور ایران مقطعی و موردی بودن این ارتباطات است. بعضاً نیازی مقطعی در صنعت ایجاد می‌شود و به دنبال این نیاز با دانشگاه همکاری آغاز و مجدداً ارتباط قطع می‌شود. در مواردی هم آن چنان موانع اداری و دیوانسالارانه بر سر راه این ارتباط وجود دارد که تا ارتباط برقرار شود، اساساً موضوع نیاز منتفی یا فراموش می‌شود. لذا، برای پایدار کردن این ارتباط باید دو نهاد در ساختارهای مشترک زیست مشترک و مستمر داشته باشند. زیست مشترک به مرور زمان به درک و مفاهمه مشترک و

ایجاد اعتماد متقابل بین دانشگاه و صنعت منجر می‌شود و در خلال یک زندگی مشترک نیازمندیها خلق و راه‌حلها تولید می‌شوند. یکی از مشکلات کمبود گفت‌وگو بین دانشگاه و صنعت است. کمتر در قبال مسائل متقابل احساس مسئولیت وجود دارد. دانشگاه در مقابل صنعت و صنعت در مقابل دانشگاه احساس مسئولیت کافی نمی‌کنند و عمدتاً به دنبال تأمین منافع کوتاه مدت خود از این ارتباط هستند. کمبود گفت‌وگو به جدایی در درک مشکلات، موانع، فرصتها و نقاط ضعف و قوت یکدیگر منجر می‌شود. مراکز تحقیقاتی مشترک یکی از تجربه‌هایی است که می‌تواند زمینه گفت‌وگوهای مداوم را فراهم کند. پژوهشگران دانشگاه و فناوران صنعت در این مراکز در تعریف نیازهای پژوهشی و فناوری و طراحی راه‌حلها همکاری نزدیک و تعاملی دارند و این ارتباط به طور مستمر و پایدار برقرار می‌ماند.

• یکی از لوازم و پیش‌نیازهای ارتباط دانشگاه و صنعت افزایش اختیارات دانشگاهها در برنامه‌ریزیهای آموزشی و پژوهشی است. بدیهی است که حاکمیت قوانین و مقررات پیچیده و بازدارنده و دیوانسالاری موجود اجازه تحرک، پویایی و چابکی لازم را به دانشگاهها نمی‌دهد تا آنها بتوانند با اختیارات کافی به نیازها و انتظارات صنعت پاسخگو باشند. اصولاً یکی از نقشهای مهم دولت در نظامهای نوآوری تسهیلگری این ارتباط است. تسهیلگری به مقررات زدایی و حذف موانع دست و پا گیر کمک می‌کند تا فاصله تولید دانش توسط دانشگاه تا بهره‌برداری از آن توسط صنعت به کوتاه‌ترین حد ممکن کاهش پیدا کند.

## مراجع

۱. اسماعیلی، میترا، توفیقی، ج، یمنی دورزی سرخابی، م، حاجی حسینی، ح، کیامنش، ع. ر. (۱۳۹۰)، وضعیت ارتباط دانشکده‌های فنی و مهندسی دانشگاههای دولتی تهران با صنعت در چارچوب نظام ملی نوآوری، *فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی*، شماره ۵۹.
2. Freeman, C, (1995), The national system of innovation, *Journal of Economics*, Vol. 19.
۳. شورای عالی انقلاب فرهنگی (۱۳۸۶)، نقشه جامع علمی کشور.
۴. مجلس شورای اسلامی (۱۳۸۹)، قانون برنامه پنجم توسعه (۱۳۹۳-۱۳۸۹).
۵. فصیحی، سید فرهنگ (۱۳۸۷)، حمایت از پژوهشهای کاربردی و تقاضا محور، (دبیرخانه ماده ۴۵، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری).
۶. محمدنژاد عالی زمینی، یوسف و روشن، احمد رضا (۱۳۸۹)، گزارش ملی آموزش عالی، تحقیقات و فناوری سال ۱۳۸۷، تهران: مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی.
7. Schwab, K. (2011), The global competitiveness, Report 2010-2011, World Economic Forum.

۸. آمار واحد های تحقیق و توسعه کشور (۱۳۸۳)، [www.amar.org.ir](http://www.amar.org.ir).
9. Main Science and Technology Indicators, OECD Science, Technology and R&D Statistics, Available at: <http://dx.doi.org/10.1787/rdxp-table-2011-1-en>
10. Unesco, [www.stats.uis.unesco.org](http://www.stats.uis.unesco.org)
۱۱. لهردی، ندا (۱۳۹۰)، کدام شرکت ها چقدر خرج تحقیق و توسعه می کنند؟ [www.donya.e-eghtesad.com](http://www.donya.e-eghtesad.com)
12. Human development report (2011), Available at: [www.undlo.org](http://www.undlo.org)
۱۳. ضیایی، سید امیر حسین (۱۳۹۱)، راهبرد گسترش جغرافیایی آموزش عالی ۱۱ سلامت در جمهوری اسلامی ایران، گزارش وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی.
14. Chen K. and Kenny M. (2007), University/research institutes and regional innovation systems: The cases of Beijing and Shenzhen, *World Development Journal*, Vol. 35, Issue 6, pp. 1056-1074.
15. Edward, B. R. and Eesley C. (2009), *Entrepreneurial Impact: The role of MIT*, Massachusetts Institute of Technology.
16. Bayer, R.L. (2008), Transfer of university innovation to industry: path and pitfalls, *SPIE Innovation Summit*, Sun Francisco, [spie.org/documents/newsroom/audio/Byer.pdf](http://spie.org/documents/newsroom/audio/Byer.pdf)