

# نمونه‌های موفق تعامل دانشگاه و صنعت

مسعود شفیعی\*

هدایت الله جمالی پور\*\*

\* استاد، دانشکده‌ی مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

\*\* کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور

h\_jamalipoor@yahoo.com

mshafiee@aut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۳/۲۰

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۰۱

**چکیده:** در این مقاله نحوه تعاملات بین صنعت و دانشگاه در برخی از کشورهای توسعه یافته جهان مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته، پارامترهای اساسی موثر در این ارتباط با توجه به ویژگی‌های این کشورها شناسایی شده است. در این راستا همچنین تلاش شده است نقاط ضعف و قوت هریک از این پارامترها کشف و بیان شود، تا در نهایت سیاستگذاران و برنامه ریزان این حوزه بتوانند الگویی مناسب برای ارتباط بخش صنعت و معدن با دانشگاه با توجه به محیط فرهنگی کشور طراحی، ارائه و بومی‌سازی نمایند. **کلید واژه:** ارتباط صنعت دانشگاه، تحقیق و توسعه، مدل‌های ارتباطی.

## مقدمه

حوزه صنعت و دانشگاه، بعنوان یکی از رویکردهای اصلی کشورهای پیشرفته و در حال توسعه است. در مقاله حاضر با توجه به اهمیت و نقش ارتباط صنعت و دانشگاه در توسعه ملی، سعی شده است برخی از الگوهای عملی ارتباطی کشورهای توسعه یافته که در راستای ایجاد و گسترش ارتباط صنعت و دانشگاه طراحی و اجراء شده است مورد بررسی قرار گیرد.

۱. پارامترهای موثر در ایجاد ارتباط بین صنعت و دانشگاه در رابطه با تعامل دانشگاه و صنعت در کشورهای مورد مطالعه پارامترهای زیر بعنوان پارامترهای اساسی در نظر گرفته می‌شوند:

- تبادل نیروی انسانی بین دانشگاه و صنعت
- فعالیتهای تحقیقاتی مشترک و راهاندازی آزمایشگاههای تحقیقاتی مشترک
- برگزاری دوره‌های آموزشی صنعتی برای دانشجویان
- تاسیس شرکت‌های آموزشی مشترک
- برگزاری دوره‌های آموزشی علمی کاربردی برای کارکنان بخش صنعت
- الگوی بازدید اساتید و دانشجویان دانشگاه از صنعت و بالعکس
- انتقال فناوری

تمدن بشری طی دوره‌های متفاوت تکاملی، تجربیات گوناگونی از نحوه تعامل و ارتباط را آزموده است. امروزه جریان توسعه جوامع در حقیقت جریانی است که طی آن مقوله پژوهش در دو حوزه مشترک تولید (صنعت) و مبادله (اقتصاد) فعال است. طبق این تعریف، نقش و جایگاه مراکز علمی و دانشگاهی بعنوان تأمین کننده منابع انسانی و هدایت کننده جریان فناوری حائز اهمیت است. رشد توأمان پژوهشگران دانشگاهی و صنعتی در بستر تعاملی پیوسته و مستمر، تجلی می‌یابد و آگاهی طرفین از حوزه‌های نوین مشترک، سرعت توسعه صنعتی را دوچندان می‌کند.

دانش، مادامی که در حوزه پژوهش و تحقیقات بنیادی مطرح شود از چشم اندازی نامشخص و با ریسک بالای سرمایه‌گذاری همراه است. اما زمانی که کاربردی شده و در حوزه فناوری و صنعت بصورت کالا یا خدمات تجلی یابد، قابلیت ثروت آفرینی و ارزش گذاری اقتصادی پیدا می‌کند. به بیان دیگر، صنعت همان بستر واقعی ارتباط دهنده پژوهش و اقتصاد در چرخه تکامل است. از این رو تقویت و گسترش ارتباط سازمانی و برقراری تعامل میان نیروی‌های انسانی دو

## ۲. تبادل نیروی انسانی بین دانشگاه و صنعت

آسانترین و معمولترین شکل همکاری دانشگاه و صنعت، بازدید دانشگاهیان از صنعت و بازدید صنعتگران از دانشگاهها است. در مرحله بعد انجام فرصت تحقیقاتی (با حقوق) به اساتید دانشگاهی برای حضور و فعالیت در صنعت می‌باشد. مزایای اصلی چنین تبادل‌های موقتی مبادله ایده‌ها و یادگیری مهارت‌های جدید به همراه بهبود درک متقابل و کاهش موانع می‌باشد. کادر صنعتی می‌تواند برای دانشگاهها دسترسی به مهارت‌های نادر و تجربه عملی را فراهم کند و کادر دانشگاهی می‌تواند در انگیزه دادن به محققان صنعت و دسترسی آنها به دانش روز کمک کند. آنها همچنین می‌توانند به بخش صنعت در زمینه جذب فارغ‌التحصیلان نخبه کمک نمایند. در جدول ۱ حقوق و مزایای اساتید دانشگاه و مدیران صنعت در کشور آلمان مقایسه شده‌اند. در این بین احتمال دارد به خاطر مزایای مالی بخش صنعت مشکلات قابل ملاحظه‌ای برای دانشگاهها به واسطه از دست دادن کادر علمی سطح بالای خود بوجود آید. نمونه‌ای از تفاوت شرایط استخدام اساتید و مدیران تحقیقاتی بخش صنعت در جدول ۱ ارائه شده است. در تعدادی زیادی از دانشگاهها، سیستم‌های ارزشیابی دانشگاهی امتیاز و ارزش لازم را به تجربه در صنعت نمی‌دهند. به همین خاطر یک محقق دانشگاهی ترجیح می‌دهد فرصت تحقیقاتی خود را به جای

فعالیت در بخش صنعت در دانشگاه دیگری سپری کند تا بتواند علاقت علمی خود را گسترش دهد. اما در این بین تعدادی از کشورها (سوئیس، فنلاند و سوئد) به اساتید دانشگاهها مرخصی‌های یک تا سه ساله می‌دهند که در این مدت زمان آنها می‌توانند همراه با حفظ جایگاه دانشگاهی خود در صنعت نیز کار کنند.

در برخی از کشورها مانند فرانسه نیز اساتید دانشگاه بدون تعهد تدریس، ممکن است در بخش صنعت فعالیت کنند. در این کشور شرکتی مانند A مشوق مبادله پرسنل با مرکز ملی تحقیقات علمی است و در حال حاضر ده‌ها تن از کارمندان مرکز ملی تحقیقات علمی در آزمایشگاه‌های شرکت A کار می‌کنند. این خطر وجود دارد که مرکز ملی تحقیقات علمی تعدادی از محققین زبده خود را که موقتاً به آزمایشگاه‌های صنعتی فرستاده می‌شوند از دست بدهد ولی اغلب اوقات کادر علمی دانشگاهی که به بخش صنعت می‌روند موقعیت شغلی خود را در دانشگاه حفظ می‌کنند و پس از مدتی به دانشگاه باز می‌گردند.

در کشور امریکا نیز نمونه‌های خوبی از حضور و موفقیت کادر صنعتی در دانشگاهها جهت کمک به انتقال فناوری وجود دارد. بعنوان مثال یک نفر از کادر شرکت جانسن متی مدت دو سال را در دانشگاه ایالتی میشیگان گذراند و درباره اثرات نمونه‌های

جدول ۱. مقایسه شرایط استخدامی کادر تحقیق و توسعه در صنعت و دانشگاه در کشور آلمان

حقوق بازنشستگی	امنیت شغلی	حق الزحمه
حقوق بازنشستگی به خوبی تعریف شده‌اند و ۷۵٪ حقوق زمان کار می‌باشند.	اساتید بطور دائمی استخدام می‌شوند. سن بازنشستگی ۶۵ سال است. اساتید دانشگاهی معمولاً از نظر موقعیت اجتماعی بالاتر از همکاران خود در صنعت به حساب می‌آیند.	<b>در دانشگاه:</b> حقوق اساتید در سطح ملی بوسیله دولت و با کمترین انعطاف‌پذیری تعیین می‌شود. فرصت‌های محدودی جهت کسب درآمد بیشتر عمدتاً از طریق قرارداد با صنعت وجود دارد
پرداخت بازنشستگی عادی بیمه اجتماعی معمولاً به اضافه یک حقوق بازنشستگی از طرف شرکت مربوطه وجود دارد که مقدار این حقوق وابسته به نوع شرکت تفاوت زیادی می‌کند. این دو مقدار روی هم به ندرت از ۵۰٪ حقوق زمان کار بالاتر می‌روند.	امنیت شغلی مدیران سطوح اول و دوم محدود است. میزان بازخرید کارکنان معمولاً به ازای هر ماه کاری یک ماه حقوق است. بسیاری از مدیران تحقیقاتی زود بازنشسته می‌شوند (یعنی بین ۵۵ تا ۶۰ سال)	<b>در صنعت:</b> حقوق مدیران تحقیقاتی توسط قراردادهای شخصی تعیین می‌شود و معمولاً بالاتر از حقوق اساتید دانشگاه است ولی ۵۰٪-۲۵٪ حقوق معمولاً مشروط به کسب سود شرکت است.

پذیری متقابل و تعامل دوطرفه است که می‌تواند برای هر دو طرف سودمند باشد.

یکی از نمونه‌های مناسب تعامل دانشگاه و صنعت کشور ژاپن است، در این کشور صنایع پرسنل خود را با حمایت مالی به مدت یک یا دو سال به دانشگاه‌ها می‌فرستند تا مجدداً در یک محیط علمی قرار گیرند و با پیشرفت‌های تحقیقاتی جدید آشنایی پیدا کنند و دانش لازم و تکنیک‌های علمی جدید را کسب کنند. چنین تبادل‌هایی ارتباط بین صنعت و دانشگاه را قوی‌تر می‌کند. در کشور ژاپن برای جلوگیری از افت علمی دانشگاه‌ها اساتید دانشگاه‌های ملی و عمومی از مشاوره دادن و کار در صنعت منع می‌شوند و نسبت به رقابت‌صنعتی موقعیتی بی‌طرفانه دارند. در این کشور اساتید فعال ممکن است چندین محقق بخش صنعت را در گروه‌های تحقیقاتی خود بکارگیرند.

یکی از ویژگی‌های محققان ژاپنی این است که این محققان نسبت به دانشمندان آمریکایی، انگلیسی، فرانسوی و آلمانی تمایل بیشتری دارند که مدتی را در کشورهای دیگر فعالیت علمی نمایند و از پیشرفت‌های علمی این کشورها آگاه شوند، در حالیکه دانشمندان این کشورها کمتر تمایل دارند در ژاپن فعالیت علمی نمایند. ژاپنی‌ها آگاه هستند که تبادل‌های علمی سطح بین‌المللی بین دانشمندان، بسیار برای این کشور با اهمیت است زیرا این کار برای نوآوری و ابداع مناسب می‌باشد.

بدون شک تجربیات مختلف محققان در داخل و خارج بخش صنعت اغلب برای دستیابی به موقعیت‌های سطح بالای صنعتی لازم است، الگوهای تبدیلی می‌توانند جهت فراهم کردن فرصت‌های مربوطه به منظور افزایش تجربه و به تبع آن رشد صنعت مفید باشند.

### ۳. فعالیت‌های تحقیقاتی مشترک و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های

#### تحقیقاتی مشترک

استخدام پاره وقت کادر صنعتی در دانشگاه‌ها و نیز کادر علمی در صنعت برای یک یا دو روز در هفته یا برای مدت مشخصی، یکی از راه‌های مناسب همکاری است. این موارد از شکل‌های باارزش و دارای قابلیت جهت همکاری بین صنعت و دانشگاه می‌باشند.

موقعیت علمی و جایگاه اساتید بازدید کننده می‌تواند برای یک محقق صنعتی بسیار تحریک کننده باشد. و این امکان را بوجود می‌آورد که صنعت توسعه پیدا کند. این امر همچنین می‌تواند منبع مفیدی از ایده‌ها و روش‌های جدید برای محققین بخش صنعت فراهم آورد، به‌علاوه چنین الگویی می‌تواند برای شرکت مورد نظر، دسترسی آسان به

قابل حل پلاتین روی محیط بیولوژیکی آموزش دید. این امر در سال‌های بعد عامل کلیدی در راه‌اندازی یک خط تولید جدید با فناوری نو در شرکت جانسن متی بود. در خط تولید جدید این شرکت که از طریق تجاری سازی علم و انتقال فناوری صورت گرفته بود داروهای شیمیایی با محتوی پلاتین تولید می‌شد تولید این داروها علاوه بر کسب شهرت و درآمد برای این شرکت، کمک شایانی به پزشکان برای درمان مناسب بیماران می‌کرد.

یکی دیگر از اشکال تبادل نیرو انسانی بین دانشگاه و صنعت انتقال دائمی پرسنل می‌باشد. چنین تبدالی به خاطر انتقال وظایف و تغییر صندوق بازنشستگی افراد با موانع نسبتاً زیادی مواجه است.

موانع فرهنگی و ساختاری نیز یکی دیگر از مشکلات ارتباط صنعت و دانشگاه است تنها در نیمی از شرکت‌های اروپایی داشتن تجربه صنعتی بعنوان امتیازی جهت پیشرفت در محیط دانشگاهی می‌باشد در حالی که کلیه تجربیات بخش صنعتی توسط بخش مهندسی پذیرفته می‌شود.

در حال حاضر در برخی از کشورها نیز جابجایی از بخش صنعت به دانشگاه بدلیل پایین‌تر بودن حقوق و دستمزد در دانشگاه‌ها متوقف و یا به سختی صورت می‌گیرد. در اکثر کشورها حقوق و دستمزد در دانشگاه‌ها بین ۱۰٪ تا ۳۰٪ پایین‌تر از بخش صنعت است، جابجایی کادر علمی به بخش‌های صنعت نیز با موانعی از قبیل تفاوت ساختار، تفاوت شیوه‌ها و روش‌های کار و مشکلات ناشی از تطابق کادر علمی با الگوی محیط صنعتی مواجه است.

در سال‌های اخیر اختلاف حقوق بین بخش‌های صنعت و دانشگاه بخش کوچک ولی مهمی از کادر علمی با تجربه دانشگاه‌ها را به سوی بدست آوردن سمت‌های عالی‌تر در بخش صنعت متمایل کرده است. برخورداری از جایگاه‌های عالی علمی نیز این تصور را بوجود می‌آورد که فرصت‌های شغلی در صنعت ممکن است بهتر باشد. روش‌های استخدامی پیشرفته و اغلب متفاوت که توسط تعدادی از بخش‌های صنعتی برای فارغ‌التحصیلان و کادر دانشگاهی در زمینه مهارت‌های نادر بکار می‌رود به ضرر دانشگاه‌ها می‌باشد. هم‌کنون اکثر دانشگاه‌های اروپا به این معضل مبتلا شده‌اند و این اتفاق باعث شده تحقیقات دانشگاهی در برخی از کشورهای اروپایی دچار آسیب شود. برخی از کشورها از جمله کشور آلمان برای عبور از این بحران با هدف حل مشکلات بخش صنعت و کاربردی کردن علم در دانشگاه‌ها اقدام به استخدام کادر صنعتی در دانشکده‌های مهندسی کرده است. این اقدام با هدف تأثیر

داخلی شرکت نشان داد تمام تخصص‌های مورد نیاز در شرکت وجود ندارد، لذا یک آزمایشگاه تحقیقاتی مشترک بین این شرکت و دانشگاه وابسته به مؤسسه ساری روبنز ایجاد گردید. بطوریکه دسترسی کامل به تخصص بیولوژیکی مورد نیاز بوجود آمد. کادر علمی دانشگاه مذکور از ارتباط با شرکت جانسن متی نفع بردند این نفع شامل بازدید از مرکز فناوری جانسن متی، سرپرستی پروژه‌های دانشجویی مشترک از قبیل اعطای پاداش کیس<sup>۱</sup> توسط شرکت، نشست‌های مربوط به بازبینی پروژه و دسترسی به بسیاری از تسهیلات موجود در جانسن متی بود. علاوه بر آن دانشجویان این دانشگاه دوره‌های آموزشی صنعتی خود را با کارکردن در مرکز فناوری جانسن متی گذراندند.

یک نمونه جالب دیگر از همکاری دانشگاه و صنعت، همکاری مؤثر بین کارخانه ولوو و دانشگاه فناوری چالمرز کشور سوئد است این همکاری ناشی از نیاز شرکت ولوو به کارکنانی با قابلیت بالا و تخصص‌های جدید نشأت گرفت. این پروژه هم برای دانشگاه و هم برای شرکت مذکور بسیار مفید بود. در این نمونه در مواردی اساتید و مهندسان پروژه بصورت ۵۰:۵۰ توسط کارخانه و دانشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. جدول ۳ نحوه همکاری این دو را نشان می‌دهد.

#### جدول ۲. الگوی ارتباط دپارتمان بازرگانی و صنعت انگلستان

اهداف:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تشویق انجام تحقیقات دارای اولویت با هدف توسعه‌ی تولید محصولات، توسعه‌ی فرآیندها و سرویس‌های جدید توسط صنعت.</li> <li>• تحریک افزایش واقعی در بخش تحقیق و توسعه‌ی صنعت</li> <li>• کمک به صنعت جهت بهره‌برداری از پیشرفت‌های علوم پایه و آگاهی دادن بیشتر به دانشمندان در مورد نیازهای صنعت از طریق تقویت ارتباط بین صنعت، تحصیلات تکمیلی و تیم‌های مشاوره تحقیقاتی.</li> <li>• توسعه‌ی فناوری‌های نوین دانش محور.</li> </ul>
ویژگی‌ها:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• برنامه‌ها که شامل تعدادی پروژه می‌شوند معمولاً حداقل ۳ تا ۵ سال دنبال می‌شوند که بیش از زمان لازم برای پروژه‌های دکترا می‌باشد.</li> <li>• پیشنهادها مربوط به برنامه‌های توسعه می‌تواند از طریق صنعت، دانشگاه یا دولت باشد.</li> <li>• برنامه‌های ارتباطی معمولاً شامل یک یا چند کارخانه با یک یا چند دانشگاه می‌شود. بعنوان مثال برنامه الکترونیک مولکولی شامل شرکت‌های قطعات فیلیپس و تورن ای ام آی و دانشگاه‌های دورهام، هال و آکسفورد و همچنین کالج ملکه مری در لندن می‌گردد.</li> </ul>
مدیریت
مسئولیت برنامه‌ها بر عهده یک سازمان دولتی یا هیئت مشاوره تحقیقاتی می‌باشد و همکاری از طریق تشکیل یک کار گروه شامل نمایندگان صنعت، دولت و تحصیلات تکمیلی دانشگاه صورت می‌گیرد.
تأمین مالی:
دولت تا ۵۰٪ مخارج را تأمین می‌کند.

فارغ‌التحصیلان آموزش دیده را بصورتی منظم فراهم کند. و بالاخره این مسئله می‌تواند انگیزه‌ای جهت آغاز برنامه تحقیقاتی مشترک بین دو بخش مذکور باشد که مزایایی را برای هر دو بخش در بر خواهد داشت.

بنظر می‌رسد تحقق این الگو می‌تواند برای توسعه‌ی صنعت، بسیار مفید باشد. یکی از بهترین شیوه‌های این الگو این است که صنعت اجازه دهد محققان خود بصورت پاره وقت در دانشگاه‌ها فعالیت داشته باشند. اجرای این شیوه می‌تواند به پویایی هر دو بخش کمک کند و مشکلاتی از قبیل انتقال دانشگاهیان به صنعت و تخلیه دانشگاه‌ها از نیروی کیفی و نیز اختلافات تفاوت حقوق‌ها و انتقال صندوق بازنشستگی را در پی ندارد.

یکی از بهترین روش‌های ارتباط دانشگاه با صنعت که در کشور انگلستان اجرا می‌شود تبادل مستقیم محققان بصورت پاره وقت با حفظ حقوق است بطوریکه یک محقق صنعتی بعنوان نمونه یک روز در هفته را در دانشگاهی می‌گذراند و در عوض یکی پژوهشگر علمی دانشگاه نیز زمان مشابهی را در شرکت مورد نظر کار می‌کند. نمونه‌هایی از این نوع ارتباطات را می‌توان در جدول ۲ مشاهده کرد. برای مثال وقتی شرکت جانسن متی تصمیم به تولید داروهای جدید مبتنی بر سیس - پلاتین و ترکیبات مربوطه به آن را گرفت و بررسی‌های

## جدول ۳. نحوه ی همکاری بین شرکت ولو و دانشگاه فنی چالمرز در زمینه علم مواد

<b>اهداف:</b>
تربیت کارکنان شرکت با قابلیت تخصص‌های مربوطه به فناوری کارخانه ولو، این آموزش‌ها در راستای ارتقا روش‌های تولید محصول با هدف عملکرد بهتر، هزینه کمتر و وزن کم‌تر صورت می‌گیرد.
موضوعات مورد علاقه دو طرف:
آیرویدینامیک، شکل‌دهی ورقه‌های فلزی، مجتمع کردن اتوماتیک کاهش سروصدا، اصطکاک‌شناسی، احتراق، تجزیه خروجی آگزوز، کنترل خوردگی و آلیاژهای سبک.
<b>مزایای این همکاری برای دانشگاه چالمرز:</b>
سرمایه‌گذاری توسط کارخانه ولو در زمینه تأمین تجهیزات، پرسنل و ایجاد محیطی مناسب جهت مطالعه فناوری سطح بالا با تأکید ویژه بر سائیدگی در اثر اصطکاک، بصورت مکانیکی و در اثر خوردگی.
<b>مکانیزم:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• اختصاص فضای آزمایشگاهی مناسب در پارک علمی دانشگاه چالمرز.</li> <li>• خرید میکروسکوپ‌ها و تجهیزات آنالیز سطح.</li> <li>• استخدام فارغ‌التحصیلان دانشگاه چالمرز جهت تأمین نیروی انسانی مورد نیاز.</li> <li>• همکاری محققان کارخانه ولو با محققان دانشگاه چالمرز و دانشجویان بخش تحقیقات</li> </ul>
<b>نتایج:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تأمین تجهیزات جدید و به روز برای اساتید دانشگاه (حتی آنهایی که کارخانه ولو در آن مشارکتی ندارد).</li> <li>• دسترسی کارخانه ولو به طیف وسیعی از امکانات موجود در دانشگاه چالمرز.</li> <li>• امکان ارتقای کیفی فارغ‌التحصیلان دانشگاه از این همکاری و انتقال تجربیات صنعتی.</li> <li>• فراهم کردن نمونه‌های آموزشی با ارزش از طراحی مهندسی جدید برای استفاده دانشگاه چالمرز.</li> </ul>

دانشگاه در مورد صنعت کمک می‌کند. برگزاری دوره‌های آموزشی صنعتی برای دانشجویان مقاطع تحصیلی مختلف به درک متقابل بین بخش صنعتی و دانشگاه کمک می‌کند. برگزاری این دوره‌ها سهم با ارزشی در تدوین محتوای دروس دانشجویان دارند و آن‌گهی برگزاری این دوره‌ها شناخت دو بخش صنعت و دانشگاه را از یکدیگر افزایش می‌دهد لذا باید برگزاری این دوره‌ها را تقویت کرد.

برگزاری این دوره‌های آموزشی صنعتی یک امر عادی در اکثر کشورهای صنعتی می‌باشد. بعنوان مثال در انگلستان بیش از ۲۰٪ دانشجویان مهندسی و حدود ۵۰٪ دانشجویان دانشگاه‌های (پلی تکنیک) انواع مختلف دروس فشرده‌ی مربوط به دوره‌های آموزش صنعتی را می‌گذرانند. علاوه بر دوره‌های فشرده درجه یک، الگوهای کیس در کشور انگلستان و سیفر<sup>۱</sup> در کشور فرانسه برای بسیاری از دانشجویان تحصیلات تکمیلی این امکان را فراهم می‌کند که بخشی از دوران آموزشی خود را

یکی دیگر از نمونه موفق ارتباط صنعت و دانشگاه را در اروپای مرکزی می‌توان دید این ارتباط بین سازمان میکروالکترونیک، دانشگاه فنی اسلوواکی واقع در براتیسلا و شرکت تسلا صورت گرفته است. تسلا یک شرکت بزرگ تولید وسایل الکترونیکی است و دانشگاه مذکور نیز متخصصانی با دانش روز جهت تولید وسایل الکترونیکی را آموزش می‌دهد. در آغاز همکاری توافق شد دانشگاه بر روی آن دسته از پروژه‌های دانشجویی مقاطع پایین که مشکلات عملی فوری تسلا را حل می‌کنند، متمرکز شود. مدتی بعد این همکاری به حد مشارکت در پروژه‌های تحقیقاتی بزرگ گسترش یافت و از ۱۹۸۷ یک آزمایشگاه مشترک در دانشگاه فنی اسلوواکی جهت طراحی مدارهای یکپارچه تأسیس گردید.

با تأسیس این آزمایشگاه، تبادل محقق بین دانشگاه و شرکت شکل مناسبی به خود گرفت و منافع هر دو سازمان تأمین شد و مزایای یکسانی برای هر دو بوجود آمد.

## ۴. دوره‌های آموزشی صنعتی برای دانشجویان

فعالیت‌های اولیه در این زمینه که توسط دولت، موسسات مالی و شرکت‌های صنعتی انجام می‌شود در رفع پیش‌داوری‌های

1. CIFRE ( Convention Industrielles de Formation par la Recherche)

مدیریت این کار را بعهدہ بگیرند تا این تحقیقات علمی با خطای کمتری صورت گیرد.

یکی از دوره‌های آموزشی که در کشور انگلستان صورت می‌گیرد طرح آموزشی مشترک بخش بازرگانی و صنعت است این دوره‌ها توسط شورای تحقیقات مهندسی و علوم فیزیک با مشارکت دانشگاه‌ها و سازمان‌های تحقیقاتی صنعتی برگزار می‌شوند. در این روش دانشجویان تحصیلات تکمیلی، تحقیقات مرتبط با صنعت را در سازمان‌های تحقیقاتی صنعتی انجام می‌دهند و دانشگاه‌ها بر روند اخذ مدارک آنها نظارت علمی می‌کنند. این روش با هدف کاربردی کردن دانش و فراهم کردن آموزش مرتبط با نیاز صنعت صورت می‌گیرد، انجمن برق و مرکز تحقیقات آب انگلستان دو سازمان از اولین سازمان‌هایی هستند که در این طرح مشارکت کردند.

یکی دیگر از روش‌های ارتباط صنعت با دانشگاه روش آموزش دو طرفه است در این روش دانشجویان مدتی از وقت خود را در صنعت و بخشی از آن در دانشگاه می‌گذرانند.

در این الگوی ارتباطی که در کشور انگلستان بیشتر رایج است، مکانیزم‌های ارتباط سازمانی بین صنعت، دانشگاه، هیئت‌های مشاوره تحقیقاتی و سایر مؤسسات تحقیقاتی فراهم می‌شود. مهمترین نقطه ضعف این الگو تشریفات اداری دوگانه نحوه تأمین منابع مالی توسط بخش بازرگانی و صنعت و شورای تحقیقات مهندسی و علوم فیزیک می‌باشد.

یکی از روش‌های خوب و موفق همکاری بین دانشگاه و صنعت، همکاری بین شرکت شل در تورنتو و دانشگاه پلی تکنیک شفیلد است. این همکاری با توجه به درخواست و نیاز شرکت شل برای ایجاد روش جدید تجزیه و تحلیل تزریق جریان صورت گرفت. نحوه ی ارتباط و همکاری در جدول ۴ آمده است.

هدف از این همکاری، توسعه روش تجزیه و تحلیل تزریق جریان برای رقیق شدن مواد روان‌ساز در موتورهای احتراق داخلی بود. این پروژه بعد از حضور یافتن یکی از محققان شرکت شل در کنفرانسی که در آن روش مذکور توسط یک استاد دانشگاه توصیف می‌شد آغاز گردید.

یکی دیگر از شیوه‌های همکاری دانشگاه با صنعت روش دانشگاه ام‌سی‌مستر کانادا است در این روش برای یک دوره آموزشی پنج‌ساله مهندسی و مدیریت، اساتیدی را بطور موقت از صنعت در دانشگاه استخدام می‌کنند. در سال آخر این دوره دانشجویان بعنوان عضوی از یک گروه وارد پروژه‌های صنعتی می‌شوند. استاد مذکور این پروژه‌ها را مدیریت کرده و در این راستا این دانشجویان را راهنمایی می‌نماید. یکی از گروه‌های موثر

در یک آزمایشگاه صنعتی با کار کردن بر روی بخش مناسبی از پایان‌نامه خود که می‌تواند ارتباط مستقیمی با صنعت داشته باشد بگذرانند و از امکانات و تجهیزات آزمایشگاه‌ها در راستای انجام تحقیقات خود بصورت رایگان استفاده نمایند. این الگوها قطعاً تأثیر آشکاری بر آگاهی دانشجویان از صنعت می‌گذارد و به آنها فرصتی می‌دهد تا ارتباط تکنولوژیکی فعالیت علمی خود را بدانند و تخصص‌های خود را هر چه بیشتر با نیازهای صنعت سازگار نمایند. علاوه برآن، این امر می‌تواند به درک بهتر تفاوت‌های بین محیط بخش صنعت و محیط دانشگاهی کمک کند. این تعاملات آموزشی علاوه براینکه برای محققان دانشگاهی منافع مادی و معنوی به همراه دارد، فرصت خوبی را نیز برای سازمان‌های صنعتی فراهم می‌کند تا استعداد دانشجو را از لحاظ مناسب بودن برای فعالیت در سازمان خود ارزیابی نمایند.

در بسیاری از موارد بخش صنعت ترجیح می‌دهد تمام هزینه یک دانشجوی دکترا را تأمین کند یا یکی از محققان صنعتی خود را موقتاً به دانشگاهی بفرستد تا تحقیقاتی را در زمینه‌ی که مورد نیاز صنعت است انجام دهد و نتایج آن در بخش صنعت مورد استفاده قرار گیرد. باید اذعان کرد، اگر دوره‌های آموزشی فیما بین صنعت و دانشگاه به خوبی سازماندهی نشوند می‌توانند برای ارتباط صنعت و دانشگاه مضر باشند. مسئولیت سازماندهی و مدیریت مناسب برگزاری این دوره‌ها برعهده هر دو بخش مذکور است.

یکی از شرکت‌های که در زمینه برگزاری دوره‌های آموزشی صنعتی برای دانشجویان فعالیت می‌کند شرکت اکومت است این شرکت منابع مالی مورد نیاز را جهت وارد شدن دانشجویان و اساتید دانشگاهی به آزمایشگاه‌های صنعتی اتحادیه اروپا (مانند یوآی‌تی‌پی‌ها) تأمین می‌کنند.

یکی از موارد مهمی که در برخی کشورهای صنعتی صورت می‌گیرد انجام تحقیقات مربوط به پایان‌نامه‌ها در آزمایشگاه‌های صنعتی شرکت‌ها است. این مسئله می‌تواند یکی از راه‌های مهم همکاری مشترک صنعت و دانشگاه باشد. موضوع تحقیق باید مورد علاقه شرکت مورد نظر و دانشگاه مربوطه باشد و باید بر موانع اساسی در هر دو بخش علمی و صنعتی تأکید داشته باشد. زیرا در دانشگاه ممکن است تصور شود چنین پایان‌نامه‌هایی از کیفیت پایینی برخوردار هستند و در صنعت ممکن است کسب مدرک علمی بعنوان یک علاقه شخصی غیر مربوط با نیازهای شرکت در نظر گرفته شود. به منظور برآورده کردن اهداف علمی و صنعتی در این نوع همکاری‌ها، توصیه می‌شود هر دو بخش صنعت و دانشگاه

## جدول ۴. مطالعات گسترده موفق بخش تحقیقات شرکت شل

اهداف
ارزیابی سودمندی روش تجزیه و تحلیل تزریق جریان برای شرکت شل
<b>مرحله شروع:</b>
توصیف روش جدید در کنفرانس توسط استاد دانشگاه.
<b>مکانیزم:</b>
پروژه‌های دانشجویی مربوطه با عناوین زیر توسط شرکت شل حمایت شدند:
• تجزیه و تحلیل تزریق جریان برای بررسی ویژگی‌های نمونه‌های که در محیط‌های غیر مایع بصورت حرارتی و با اکسید کردن رقیق شده‌اند.
• تجزیه و تحلیل تزریق جریان همراه با آشکارسازی فلونورسانس برای بررسی کامل ویژگی‌های محتوای نیتروژن مایع.
• آشکارسازی از طریق نورافشانی شیمیایی برای تجزیه و تحلیل تزریق جریان و اچ پی ال سی <sup>۱</sup> .
• بررسی ویژگی‌های اسیدهای کربوکسیلی و آلوئیدی در روغن‌های موتور.
<b>مزایای همکاری:</b>
• بورس سه مدرک دکترا در شیمی تجزیه برای کسانی که زمان تحصیل شان چند دوره در شرکت شل گذرانده‌اند.
• همراهی و کمک مالی شرکت شل در زمینه جهت‌گیری‌های آینده‌برای این جنبه از علم تجزیه.
• تهیه تجهیزات توسط شرکت شل جهت استفاده در دانشگاه.
• اعطای هزینه‌های پذیرش بیشتر دانشجو در دانشگاه.
• تدارک مهارت‌های جدید و ابزار تجزیه جهت حل مشکلاتی که تاکنون در صنعت وجود داشته‌اند.
• پیشرفت دانش شرکت شل در مورد فرآیند رقیق شدن مواد روان‌ساز در موتورهای احتراق داخلی.

در هدایت انجام این پروژه‌ها تیم مشاوره صنعتی است این تیم شامل افرادی از بخش صنعت می‌باشند که به دانشجویان عضو گروه، مشاوره تخصصی می‌دهند.

## ۵. تأسیس شرکت‌های آموزشی مشترک

یکی دیگر از الگوهای نسبتاً موفق ارتباط دانشگاه با صنعت ایجاد شرکت‌های آموزشی مشترک است. این الگو ابتداءً توسط کنسول تحقیقات مهندسی و علوم کشور انگلستان در سال ۱۹۷۴ ایجاد گردید تا مشارکت فعالی را بین شرکت‌های صنعتی و دانشگاه‌های موجود آورد. این شرکت با دریافت نیازهای بخش صنعت و سازماندهی آن در غالب برنامه‌ها و پروژه‌های مختلف و عرضه آن به متخصصان و محققان دانشگاهی بعنوان نقش واسط و حلقه اتصال دانشگاه و صنعت فعالیت می‌کند.

نوع فعالیت‌های این شرکت با هم تفاوت دارد. بطور مثال در یک نمونه از برنامه‌های آموزشی این شرکت، با تعدادی از فارغ‌التحصیل دانشگاهی برای یک دوره سه ساله قرارداد بسته می‌شود. این فارغ‌التحصیلان توسط دانشگاه مربوطه برای دادن مشاوره به شرکت مورد نظر اعزام می‌شوند و توسط شرکت،

حقوق کامل و معادل پرسنل صنعتی به آنها پرداخت می‌شود. آنها حدود ۹۰٪ از زمان کاری خود را در شرکت می‌گذرانند و بقیه زمان خود را برای دنبال کردن برنامه مطالعات مرتبط با نیازهای شرکت در دانشگاه بسر می‌برند.

به این افراد همکاران شرکت آموزشی می‌گویند. آنها ممکن است برای مدارج بالاتر ثبت نام کنند به شرطی که با دستیابی به اهداف شرکت مربوطه سازگار باشد. در این الگو دانشگاه بر اجرای پروژه‌های مهم صنعتی، توسط کادر علمی ارشد که یک یا دو روز از ماه را در شرکت آموزشی می‌گذرانند، نظارت می‌کند. همچنین برای آن دسته از محققان صنعتی که قرار است بخشی از وظایف کادر علمی را به عهده بگیرند تا آنها برای فعالیت در شرکت آموزشی وقت آزاد داشته باشند، بودجه مورد نیاز فراهم می‌شود. هر برنامه توسط کمیته‌ای متشکل از کادر شرکت و دانشگاه و یکی از مدیریت شرکت آموزشی انگلستان به صورت دوره‌ای هر چهار ماه یک بار مورد بازنگری قرار می‌گیرد تا به روز شود و پیشرفت کار سرعت بیشتری به خود بگیرد.

1.HPLC

**جدول ۵. برنامه شرکت آموزشی - حذف تابش‌های منواکسید نیتروژن**

<p><b>هدف</b></p> <p>طراحی مجدد کوره‌های با سوخت فسیلی و اندازه بزرگ جهت کاهش تابش‌های منواکسید نیتروژن.</p> <p><b>شرکاء</b></p> <p>دانشگاه پرت سموث و شرکت سیستم‌های احتراق هامورثی.</p> <p><b>محتوای فنی:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• دانشکده مهندسی سیستم در دانشگاه پرت سموث تجربه مهندسی احتراق را بکار گرفت.</li> <li>• ایجاد پایگاه داده از مقررات تابش نیتروژن.</li> <li>• مدل‌سازی فیزیکی و ریاضی</li> <li>• انجام آزمایش‌های مربوط به کوره با مقیاس بزرگ.</li> </ul> <p><b>تأمین مالی:</b></p> <p>مشارکت کنسول تحقیقات مهندسی و علوم، هیئت مشاوره تحقیقاتی کشاورزی و غذا و بخش بازرگانی و صنعت</p>
---

اهداف شرکت‌های آموزشی عبارتند از:

- بهبود عملکرد صنعتی ویژه در فناوری ساخت.
- آموزش کادر علمی توانا جهت مشاغل صنعتی.
- ارتقای بهره‌وری و کیفیت کار محققان بخش صنعت و دانشگاه.

به نظر می‌رسد این اهداف قابل دستیابی است. یک نقطه مثبت و عمده در این الگو برای صنعت این است که همکاران شرکت آموزشی بر خلاف سایر الگوهای فوق الذکر، اکثر وقت خود را در شرکت می‌گذرانند و تعهد بیشتر و درک بالاتری از نیازهای شرکت‌های صنعتی دارند. بنابراین خروجی پروژه‌های این الگو نسبت به الگوهای دیگر مزایای بیشتری برای شرکت صنعتی دارد.

همکاران شرکت آموزشی تحت فشارهای واقعی انجام کار، تجربه با ارزشی از کار با کادر علمی و صنعتی ارشد روی موضوعات مورد تقاضا، بدست می‌آورند. به بسیاری از این افراد پس از پایان فعالیت تحقیقاتی پیشنهاد استخدام توسط شرکت صنعتی داده می‌شود. دانشگاه نیز در این تعامل منافع مناسبی بدست می‌آورد. بطوریکه نسبت به نیازهای صنعت و روش‌های کاری آنها آگاه‌تر می‌شود و صنعت نیز از توانمندی دانشگاه در انجام پروژه‌های بزرگ مطلع می‌شود. جزئیات یک نمونه برنامه شرکت آموزشی در جدول ۵ آمده است.

**۶. انتقال فناوری**

فعالیت‌هایی که در بخش‌های قبلی در رابطه با همکاری صنعت و دانشگاه مطرح شد همگی بر انتقال فناوری تأثیر می‌گذارد و روش‌های موثر جهت مشخص نمودن ایده‌ها و

**جدول ۶. انتقال فناوری در مرکز توسعه دانشگاه<sup>۱</sup> واقع در دانشگاه فناوری وین**

<p><b>اهداف کلی:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• توسعه بیشتر انتقال فناوری و تحصیلات پیوسته.</li> <li>• تحریک فرآیند بین‌المللی‌سازی دانشگاه در چارچوب برنامه‌های اتحادیه اروپا.</li> </ul> <p><b>همکاری با اتاق بازرگانی وین:</b></p> <p>در سال ۱۹۸۷ توافق بلند مدتی بین اتاق بازرگانی وین<sup>۲</sup> و دانشگاه فناوری وین با اهداف زیر برقرار شد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تعیین زمینه‌های فنی محتمل جهت توسعه بیشتر.</li> <li>• ایجاد کردن و سازمان‌دادن اعمال مشترک، در شمار آوردن وضعیت بین‌المللی هنر، گرایش‌های جدید در توسعه فنی و نقاط قوت ویژه شرکت‌های وینی.</li> <li>• تعیین نقاط قوت کادر علمی و زیرساختار دانشگاه فناوری وین.</li> </ul> <p><b>فعالیت‌ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• راهنمایی تلفن در مورد تخصص‌های موجود در دانشگاه فناوری وین.</li> <li>• اطلاع‌رسانی در مورد رویدادهای مربوط به "تحقیق برای صنعت".</li> <li>• کنفرانس‌های انتقال فناوری که ظرفیت دانشگاه فناوری وین را نشان می‌دهد.</li> <li>• پروژه ویژه جهت برانگیختن همکاری مشترک بین موسسات کوچک و متوسط و دانشگاه فناوری وین.</li> </ul>
--



### پیشنهادات

- منابع عمومی تأمین مالی و الگوهای بسیاری جهت کمک به تشویق همکاری و درک متقابل بین کادر دانشگاهی و صنعتی وجود دارند. موثرترین روش‌ها این امکان را برای اعضای یک بخش فراهم می‌کنند که سازمان مشخصی را در بخش دیگر با کار روی پروژه مورد علاقه دو طرف بگذارند. سازمان‌های صنعتی این نوع فعالیت‌ها را، وقتی با صرفه به نظر برسند به طور کامل تأمین بودجه می‌کنند.
- تولید محصولات جدید در صنعت و احساس عدم امنیت در شرکت‌ها و دانشگاه‌ها موانعی را در مقابل آزاد گذاشتن پرسنل برای فعالیت‌های مذکور ایجاد می‌کند. اما اکنون دانشگاه‌ها این فرصت را در اختیار دارند که کادر صنعتی با تجربه را که از شرکت‌ها ی خود زود بازنشسته شده‌اند استخدام کنند.
- الگوهای تبادل در جایی که بکار می‌روند میزان حقوق بازنشستگی خود را حفظ می‌کنند تا کمترین مشکلات را باعث شود. مزایا و معایب برای هر دو بخش باید شناخته شوند و در حال تعادل نگهداشته شوند.
- کادر علمی بدون تعهدات تدریس (مانند کارکنان مرکز ملی تحقیقات علمی در آزمایشگاه‌های مشترک با دانشگاه‌های فرانسه) ممکن است به منظور جذب جهت گذراندن مدت زمانی در صنعت آماده‌تر باشند.
- الگوهایی از قبیل "شرکت آموزشی" و "ارتباط" چارچوب-های کاری مناسبی را جهت همکاری فراهم می‌کنند و طرح‌هایی از این نوع در حالیکه در حال حاضر الگویی وجود ندارد باید مورد تشویق واقع شوند. هرچه تشویقات اداری آنها کمتر باشد استفاده موثرتری دارند.
- دلیل همکاری صنعت و دانشگاه بوسیله طیف وسیع‌تر مرحله ارزیابی عملکرد کارد علمی توسعه خواهد یافت. بعنوان نمونه وارد شدن انتقال فناوری موفق به صنعت بطور اخص مناسب خواهد بود.
- تجربه صنعتی در حین گذراندن مقاطع تحصیلات تکمیلی و مقاطع پایین‌تر بسیار با ارزش است و باید بوسیله هر دو بخش دانشگاه و صنعت تشویق شود.
- تشویق ارتباطات مناسب بین پرسنل صنعت و دانشگاه به انتقال فناوری کمک می‌کند.
- نتیجه نهایی این است که تقریباً تمام دانشمندان و تکنولوژیست‌های صنعت بدلیل آموزش‌هایشان مقداری تجربیات

پیشبرد آنها از تصور به تولید یا طراحی فرآیند می‌باشد. قهرمان تولید<sup>۱</sup> نقش مهمی را در این فرآیند جدید بازی می‌کند. این شخص می‌تواند از یکی از دو بخش صنعت یا دانشگاه باشد ولی باید به ظرفیت پروژه باور داشته باشد و دارای انگیزه قوی جهت موفق نمودن پروژه باشد. آوردن موقت "قهرمان تولید" از بخش صنعت به دانشگاه و بازگشت مجدد او به بخش صنعت پس از مدتی، می‌تواند عامل شاخصی در پروژه به حساب آید.

اکثر دانشگاه‌ها دارای مسئول ارتباط هستند ولی بسیاری از صنایع نسبت به مفید بودن این دفاتر تردید دارند. یکی از موفق-ترین این دفاتر در موسسه فناوری ماساچوست در آمریکا است. هدف دفاتر ارتباط تسهیل ارتباط با صنعت است ولی معمولاً این دفاتر محدودکننده هستند و کارد علمی نیز به آنها با تردید می‌نگرند. نمایندگان بخش صنعت نیز معمولاً آزاد هستند تا ارتباط مستقیمی را به کمک راهنماها و پایگاه‌های داده مختلف و تماس‌های شخصی داشته باشند. کار انتقال فناوری از مرکز توسعه و دانشگاه واقع در دانشگاه فناوری وین بعنوان نمونه‌ای از تأسیس یک موسسه علمی که انتقال فناوری بعنوان یکی از اهداف تعریف شده آن می‌باشد در جدول ۶ آمده است.

### نتیجه‌گیری

الگوهای مناسب بسیاری برای ارتباط بخش صنعت با دانشگاه وجود دارد که ما در اینجا به تعداد محدودی از آنها پرداختیم بدون شک هریک از این الگوهای که به آن اشاره شد مزایا و معایبی دارند که در متن مقاله به برخی از این مزایا و معایب اشاره شده است. آنچه برای کشور ما و سایر کشورهای در حال توسعه مهم است این است که تجربیات کشورهای توسعه یافته صنعتی را مرور و با توجه به محیط فرهنگی و توان صنعتی و علمی الگو برداری مناسب نماید. متأسفانه در کشور ما هر از چند گاه تحولاتی در حوزه‌های صنعتی و کاربردی با الگو برداری از کشورهای توسعه یافته بدون توجه به محیط فرهنگی و ظرفیت علمی و تخصصی کشور صورت می‌گیرد که این تحولات بعد از مدتی بدون نتیجه مناسب با شکست و تعطیلی همراه می‌شود. امید می‌رود با توجه به ترسیم چشم انداز ۲۰ساله جمهوری اسلامی، برنامه پنجم توسعه و مشخص شدن نقشه جامع علمی کشور شاهد الگو برداری مناسب و بومی سازی این الگوها بر اساس اهداف چشم انداز ۲۰ساله باشیم.

1. Product Champion

۵. سامانه‌های ملی نوآوری در ایالات متحده، ۱۹۹۳.
۶. سامانه‌های نوآوری در ژاپن: گذشته، حال و آینده، انتشارات دانشگاه آکسفورد، ص ۷۶، ۱۹۹۳.
۷. شفيعی، مسعود، ارتباط صنعت و دانشگاه: آینده‌ای تابناک پیشینه‌ای تاریک، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.
۸. شفيعی، مسعود، دانشگاه‌ها و تحقیقات صنعتی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، زمستان ۱۳۸۸.
۹. گروپ ه.، گلرک. دب، شاسه. او، توانایی برای نوآوری و فنآوری برتر، انتشارات فیزیکا، هایدلبرگ آلمان، ۱۹۹۲.
۱۰. گزارش گروه کاری شماره ۳۷ انجمن مدیریت تحقیقات صنعتی اروپا: بهسازی روابط دانشگاه و صنعت، پاریس.
۱۱. گزارش گروه کاری شماره ۴ انجمن مدیریت تحقیقات صنعتی اروپا: بهسازی روابط دانشگاه و صنعت، پاریس، ۱۹۷۲.
۱۲. واحد هوشمند اقتصاد، لندن، ۱۹۸۴.
۱۳. هم‌اندیشی انجمن مدیریت تحقیقات صنعتی اروپا درباره‌ی بهسازی روابط دانشگاه و صنعت، برکسل.

دانشگاهی دارند و باید تماس‌های خود را با معلمان قبلی<sup>۱</sup> خود حفظ کنند. شاید برای کادر علمی حتی مهم‌تر باشد که فرصت‌هایی را جهت کسب تجربه از کار در صنعت و یا با بخش صنعت کسب کنند. در هر حالتی دانشجویان قبلی، دانشمندان نسل آینده را شکل می‌دهند چه وارد صنعت، موسسات دولتی یا هر جای دیگری شوند و یا در محیط علمی باقی بمانند.

#### منابع

۱. تعامل مراکز تحقیقات صنعتی با دانشگاه، نیویورک، ۱۹۸۴.
۲. چشم‌اندازهای صنعتی نوآوری و تعامل با دانشگاه‌ها، واشنگتن، ۱۹۹۱.
۳. خط مشی و راهبرد برای آموزش عالی، خط مشی و راهبرد برای شرکتهای، لندن، ۱۹۸۹.
۴. سامانه‌های ملی نوآوری، تحلیلی تطبیقی، انتشارات دانشگاه آکسفورد، ۱۹۹۳.