

## پیشرفت‌های نظری در تبیین گذارهای فناورانه، با تأکید بر نقش رویکرد سیستم‌های فنی - اجتماعی

فاطمه تقفی<sup>۱</sup>ماندانا آزادگان مهر<sup>۲</sup>

### چکیده

ظهور فناوری‌های جدید فقط به معنی تغییر یا نسخ فناوری‌های موجود نیست، بلکه مقارن با ساختارها و تنظیمات اجتماعی جدیدی است. از این رو، مدیریت گذار فناورانه صرفاً به معنی حمایت از تحقیقات و توسعه فناوری‌های نوظهور نیست و مستلزم حکمرانی صحیح تغییر از سیستم فنی - اجتماعی موجود به سیستم فنی - اجتماعی جدیدی است. توصیف این تغییرات از اهداف رویکردها و چارچوب‌های گوناگونی نظیر رویکرد سیستم‌های نوآوری (به ویژه رویکرد سیستم‌های نوآوری فناورانه) و رویکرد چندلایه‌ای است. نظریه پردازان بعضی از شاخه‌های مشتق از رویکرد چندلایه، یعنی مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها<sup>۳</sup> و مدیریت گذار یا توسعه‌های مفهومی سیستم‌های نوآوری فناورانه مثل موتورهای نوآوری، رویکردی به مراتب تجویزی‌تر دارند. در این مقاله، با دیدگاه مقایسه‌ای، به سیر شکل‌گیری این رویکردها، اشتراک‌ها و افتراق‌ها و بنیان‌های نظری‌ای می‌پردازیم که در سیر توسعه این رویکردها مؤثر بوده‌اند. به نظر می‌رسد تلفیق بینش‌های حاصل از دو جریان اصلی، یعنی رویکردهای سیستم‌های نوآوری و رویکردهای مبتنی بر سیستم‌های فنی - اجتماعی، آینده تحلیل و سیاست‌گذاری گذارهای فناورانه را شکل خواهد داد.

واژگان کلیدی: گذار فناورانه، سیستم فنی - اجتماعی، رویکرد چندلایه، رویکرد سیستم‌های نوآوری.

### مقدمه

رویکردها و نظریه‌های متعددی شکل گرفته است. در واقع، با کمک رویکردها و نظریه‌های بسیاری تلاش شده است تا تغییر سیستمی توضیح داده شود، از جمله تحول رژیم‌ها (Van de Poel, 2003)، انقلاب‌های فناورانه (Perez, 2010)، گذارهای فناورانه (Geels, 2007; 2006; 2005; 2002)، مدیریت گذار (Rotmans et al., 2001) و سیستم نوآوری (Elzen et al., 2004; Geels, 2005; Negro et al., 2007).

از این میان، گذارهای فناورانه (مجموعه فرایندهایی که به

تحلیل فرایندهای نوآوری و دگرگونی‌های ناشی از نوآوری‌ها در بخش‌های مختلف اقتصاد از مهم‌ترین حوزه‌های پژوهشی ادبیات نوآوری است. درک فرایندهای نوآوری و نقش آن‌ها در تحول بخش‌های صنعت و اقتصاد، به سبب مداخله هم‌زمان عوامل اجتماعی، فنی، نهادی و ساختارهای بازار، بسیار دشوار است. در عین حال، بسیار مهم است که چگونگی این تغییرات فناورانه و نوآوری‌ها، و سازوکارهای مؤثر در آن‌ها را درک کنیم تا بتوانیم راهکارهای مداخله و راهبری این تغییرات را بیاموزیم. در این زمینه

۱. دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران (نویسنده مسئول): Fsaghafi@ut.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری مدیریت فناوری، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

تغییرات بنیادین در سیستم فنی - اجتماعی می‌انجامند) یک زمینه در حال رشد و پویای تحقیقاتی است که در آن تغییر از سیستم فنی - اجتماعی<sup>۱</sup> موجود به سیستم فنی - اجتماعی جدید مد نظر است. با توجه به اینکه فناوری‌های بالغ با سبک زندگی، فناوری‌های مکمل، مدل‌های کسب‌وکار، ساختارهای نهادی و حتی ساختارهای سیاستی درهم تنیده‌اند، قفل‌شدگی<sup>۲</sup> و وابستگی به مسیر مهم مشکلاتی هستند که بر سر راه گذارها قرار دارند. چند رویکرد و چارچوب مفهومی اصلی و فرعی در این حوزه شکل گرفته است، از جمله رویکرد چندلایه‌ای<sup>۳</sup> که بیشتر بیانگر نحوه وقوع گذارهای فناورانه و شکل‌گیری سیستم‌های فنی - اجتماعی جدید است (Geels, 2002; 2004; Geels and Schot, 2007; Smith et al., 2010). دسته دیگری از مطالعات ذیل عنوان مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها<sup>۴</sup> قرار می‌گیرند و در آن‌ها تأکید بر اهمیت نقش جاویژه‌های مطرح در رویکرد چندلایه برای اعمال تغییر در سیستم فنی - اجتماعی است (Kemp et al., 2001; Geels and Schot, 2007; Raven et al., 2010). دسته سوم مربوط به مطالعات پژوهشگرانی است که رویکرد مداخله‌جویانه بیشتری را دنبال می‌کنند و در جست‌وجوی راه‌های مدیریت حکمرانی و مدیریت گذارند (Rotmans et al., 2001; Smith et al., 2010; Loorbach, 2010). این گروه از مطالعات تحت عنوان کلی مدیریت گذار<sup>۵</sup> دسته‌بندی می‌شوند. دو دسته اخیر را می‌توان زیرمجموعه دیدگاه سیستم‌های فنی - اجتماعی و دیدگاه چندلایه در نظر گرفت. راون و همکاران (2010) مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها و مدیریت گذار را ابزارهای کاربردی برای حکمرانی گذار بر مبنای رویکرد چندلایه معرفی می‌کنند. رویکرد مشهور و غالب دیگر دیدگاه سیستم نوآوری است که خود زیرمجموعه‌هایی دارد در سطح ملی، بخشی، فناورانه و منطقه‌ای. به زعم بعضی از صاحب‌نظران حوزه مطالعات نوآوری، در دیدگاه سیستم نوآوری رویکرد چندلایه، پدیده‌های تجربی مشابهی به موازات هم بررسی می‌شوند (Markard et al., 2012). مخصوصاً از میان انواع رویکردهای سیستم نوآوری، سیستم‌های نوآوری فناورانه،<sup>۶</sup> که برای توضیح و تبیین شکل‌گیری فناوری‌های نوظهور و تغییرات فناورانه یا ساخت سیستم خیلی مورد توجه قرار گرفته است (Hellsmark and Jacobsson, 2009; Musiolik and Markard, 2011;

بعضی از صاحب‌نظران برای مقایسه و تلفیق بینش‌های حاصل از این رویکرد با رویکرد چندلایه تلاش‌هایی کرده‌اند (Weber and Rohracher, 2012). در این مقاله دسته‌بندی‌ای ارائه می‌دهیم از زیرشاخه‌های ادبیات گذار و تحول فناورانه و در واقع رویکردهای مربوط به تغییرات سیستم‌های فنی - اجتماعی، به صورت سیر مطالعات صورت‌گرفته و ارتباطات آن‌ها با یکدیگر. پس از معرفی مفهوم گذار فناورانه، سیستم‌های فنی - اجتماعی و بنیان‌های نظری مرتبط با آن‌ها، رویکردهای رقیب در توضیح تغییر در این سیستم‌ها را معرفی می‌کنیم.

## ۱. مفهوم کلی تحول فناورانه و گذار

مفهوم گذار<sup>۷</sup> به‌طور کلی برای بازه گسترده‌ای از پدیده‌های تجربی به‌کار رفته است. مثلاً در مطالعات توسعه، گاهی از تحول از اقتصاد کمونیست به اقتصاد آزاد تحت عنوان «گذار» یاد شده که در آن بر تأثیر خصوصی‌سازی، نهادهای دموکراتیک و آزادسازی سیستم تجاری، سیستم نوآوری، و آموزش تأکید می‌شود. اما در ادبیات نوآوری اغلب مفهوم گذار با فناوری گره می‌خورد و بیشتر به مشکلات کشورهای صنعتی با تغییر سیستم‌های سنتی و شکل‌گرفته آن‌ها اشاره می‌شود؛ مخصوصاً شمار فراوانی از مطالعات این بخش به وابستگی کشورها به نفت و سوخت‌های فسیلی، و آلودگی‌های آن مربوط است و در آن‌ها گذار به اقتصاد پایدار هدف قرار گرفته است (Safarzyńska and Van den Bergh, 2010). گذارها در مطالعات پایداری به یک زمینه مهم و در حال ظهور پژوهشی تبدیل شده‌اند (Markard et al., 2012). در اینجا گذار فناورانه به مفهوم وسیع آن مد نظر است: اینکه فناوری‌های جدید چگونه شکل می‌گیرند و چطور در اجتماع پذیرفته می‌شوند و کاربرد می‌یابند. گذار فناورانه مثال‌های تاریخی متعدد و آشنایی دارد همچون تغییر از کشتی بادبانی به کشتی بخار، یا حمل‌ونقل با درشکه و اسب به حمل‌ونقل با اتومبیل (Geels, 2002; 2004). معمولاً گذار به فناوری‌های جدید با مشکلاتی همراه است که ریشه در ساختارهای اجتماعی دارند و پدیده وابستگی به مسیر و قفل‌شدگی را در آن‌ها مشاهده می‌کنیم (Safarzyńska and Van den Bergh, 2010). زیرا فناوری‌ها، هنگامی که به بلوغ می‌رسند، با سبک زندگی، فناوری‌های مکمل، مدل‌های کسب‌وکار و ساختارهای نهادی و سیاسی کاملاً درهم تنیده‌اند (Kemp and Rip, 1998). بسیاری از این مشکلات با اقدامات سیاستی معمول به راحتی برطرف نمی‌شوند و حل آن‌ها مستلزم تغییرات سیستمی

۱. مشتمل بر شبکه‌هایی از مشارکت‌کنندگان (افراد، بنگاه‌ها، سایر سازمان‌ها و کنشگران جمعی)، نهادها (هنجارهای اجتماعی و فنی، قوانین و استانداردها) و همچنین دانش، محصولات و زیرساخت‌هاست (Geels, 2002; Markard et al., 2012).

2. Lock in

3. Multi-layer Perspective (MLP)

4. Strategic Niche Management (SNM)

5. TM

6. TIS

## 7. Transition

۸. مارکارد و همکاران (2012) چارچوب‌های بنیادی و مفهومی در این زمینه را در ۵۴۰ مقاله مرتبط بررسی کرده‌اند که نشان‌دهنده ادبیات در حال شکل‌گیری و موسعی در زمینه گذارهای پایدار است.

## ۲. رژیم فناورانه

شروع بحث در مطالعات گذار فناورانه و رویکرد چندلایه، بر مبنای دیدگاه سیستم‌های فنی - اجتماعی، که بعداً درباره آن خواهیم گفت، با مفهوم رژیم فناورانه است (شکل ۱) که اولین بار آن را اقتصاددانان تکاملی، یعنی نلسون و وینتر مطرح کردند که باور داشتند نوآوری‌های بنگاه به سمت گزینه‌هایی هدایت می‌شود که در سیستم فکری حاکم، به ظاهر ممکن و قابل عرضه به بازارند، و از گزینه‌هایی که جذابیت کمتری دارند فاصله می‌گیرد. این مفهوم را می‌توان با کار دوسی (Dosi, 1982) مقایسه کرد که مفهوم خط سیرهای فناورانه<sup>۱</sup> را مطرح می‌کند و پیوستگی یا ناپیوستگی در نوآوری‌های بنگاه را متأثر از دورنمای ذهنی نوآوران در مورد مسیر توسعه مشخص می‌داند که خود حاصل برهم‌کنش عوامل اقتصادی، علمی، نهادی و... است (Genus and Coles, 2008). همان‌طور که اشاره شد، نلسون و وینتر احتمالاً اولین ارائه‌دهندگان مفهوم رژیم فناورانه بوده‌اند و برای آن‌ها این اصطلاح بیشتر به مفهوم شیوه اکتشافی جست‌وجوی مهندسان در حوزه‌های فناورانه بوده که توجه مهندسان را به جهتی خاص معطوف می‌داشته، جهتی که پیشرفت فناورانه در آن ممکن بوده است. رژیم فقط حاکم بر مرزها نبوده، بلکه خط سیرها را هم تعیین می‌کرده است (Van de Poel, 2003). مفهومی که اولین بار نلسون و وینتر از رژیم فناورانه مطرح کردند بیشتر ناظر به روتین‌های شناختی داخل بنگاه بود. با توجه به همین انتقاد، کمپ و ریپ (1998) مفهوم رژیم فناورانه را بازتعریف کردند، به نحوی که در تعریف آن‌ها بیشتر تأکید بر جای گرفتن فناوری در دل اجتماع بود (Genus and Coles, 2008)؛ یعنی «یک مجموعه قواعد در مجموعه پیچیده اعمال مهندسان، فناوری‌های فرایند تولید، خصوصیات محصول، مهارت‌ها و دستورالعمل‌ها و شیوه‌های برخورد با مصنوعات و افراد مرتبط و شیوه‌های تعریف مسئله جای گرفته است که همه این‌ها خود در دل نهادها و زیرساخت‌ها جای گرفته‌اند» (Kemp and Rip, 1998). گیلز هم عموماً همین نظریات کمپ و ریپ و کمپ و همکاران (2001) را به منزله رژیم فنی - اجتماعی در توسعه مدل چندلایه مد نظر قرار داد. کنگر و اسکات (2018) رژیم را «مجموعه‌ای نسبتاً پایدار و هم‌راستا از قواعدی» تعریف می‌کنند «که رفتار بازیگران را در راستای خط سیر نوآوری تدریجی در سیستمی فنی - اجتماعی هدایت می‌کنند». خصوصیات رژیم‌ها در هفت بُعد نمایان می‌شود: فناوری، اعمال کاربران و حوزه‌های به‌کارگیری، معانی نمادین فناوری، زیرساخت‌ها، ساختار صنعت، سیاست، و دانش (Geels, 2002). همچنین گیلز می‌گوید رژیم ساختار

عمیق است. ابزارهای مالی مانند یارانه‌ها و مالیات، باینکه لازم‌اند، معمولاً برای تغییر مسیر فناورانه کافی نیستند و موفقیت در گذار به این بستگی دارد که بتوان سیستم را در ابعاد گوناگون از قفل‌شدگی خارج کرد (Safarzyńska and Van den Bergh, 2010).

گذار را، که ریشه در مفاهیم زیست‌شناختی و پویایی‌های جمعیتی دارد، می‌توان به مفهوم «فرایند تغییر پیوسته و تدریجی» تعریف کرد که «در آن ساختار اجتماع یا ترکیبی از سیستم‌های فرعی اجتماع متحول می‌شود» (Rotmans et al., 2001). معمولاً مطالعات گذار بر پایه دیدگاه سیستمی و بر مبنای نظریات تکاملی انجام می‌گیرند و پژوهشگران عمدتاً مسیرهای گذار را در قالب مطالعات موردی بررسی کرده‌اند (Geels and Schot, 2007).

صاحب‌نظران حوزه گذار تأکید می‌کنند که گذار معمولاً فرایندی طولانی‌مدت و بسیار پیچیده است، زیرا سیستم‌ها و رژیم‌ها در مقابل تغییرات بنیادین مقاومت می‌کنند و این قفل‌شدگی در سه بُعد نمود می‌یابد: اولاً ساختارهای نهادی (چه نهادهای رسمی مثل قوانین و مقررات و طرح‌های تأمین مالی عمومی، و چه نهادهای غیررسمی مانند ارزش‌های فرهنگی) بسیار سخت تغییر می‌کنند؛ ثانیاً کنشگران و شبکه‌های اجتماعی سرمایه‌سازمانی و قدرت‌نهادینه را نمایندگی می‌کنند که این امر باعث می‌شود به جایگزین‌ها توجه نکنند و از سیستم موجود حمایت کنند، حتی زمانی که جایگزین‌ها خصوصیات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بهتری داشته باشند؛ ثالثاً مصنوعات فناوری‌های تولید و زیرساخت‌ها در مقابل رژیم سرسختی نشان می‌دهند (Raven et al., 2010). بنابراین، تعاریف ما از گذار به این شرح خواهد بود:

• گذارهای فناورانه به معنای تحولات فناورانه بزرگی تعریف می‌شوند که در شیوه‌های کارکردهای اجتماعی مثل حمل‌ونقل، ارتباطات و تأمین مسکن راه می‌یابند. باید توجه داشت که چنین تغییر رژیمی فقط شامل تغییرات فناورانه نیست، بلکه تغییر در عناصری چون اعمال کاربران، مقررات، شبکه‌های صنعتی زیرساخت‌ها و معانی سمبلیک را نیز در پی دارد (Geels, 2005).

• گذار را، که ریشه در مفاهیم زیست‌شناختی و پویایی‌های جمعیتی دارد، می‌توان به این صورت تعریف کرد: «فرایند تغییر پیوسته و تدریجی که در آن ساختار اجتماع یا ترکیبی از سیستم‌های فرعی اجتماع متحول می‌شود» (Rotmans et al., 2001).

• گذار را می‌توان فرایندی غیرخطی خواند که در آن زیرسیستم‌های فناورانه، اجتماعی و اقتصادی در حال تعامل اند و الگوهای تغییر را می‌سازند (Safarzyńska and Van den Bergh, 2010).

• بعضی صاحب‌نظران گذار فناورانه و تغییر سیستم‌های فنی - اجتماعی را معادل ظهور سیستم‌های نوآوری جدید در نظر می‌گیرند (Geels, 2004; Markard, 2017).

1. Technology Trajectories

2. Outlook



شکل ۱: تکامل مطالعات مربوط به سمت شکل‌گیری دیدگاه چند لایه

از آنجاکه فناوری در جوامع مدرن عنصری اصلی برای تحقق‌بخشیدن به کارکردهای اجتماعی است، منطق ایجاب می‌کند که میان تولید و اشاعه فناوری و استفاده از آن به‌منزله کارکرد فرعی تمایز قائل شویم. به این ترتیب، سیستم‌های فنی - اجتماعی شامل مصنوعات، دانش، سرمایه، نیروی کار و معانی فرهنگی خواهند بود (Geels, 2004). همچنین فعالیت گروه‌های مختلف را باید براساس ارتباطات و برهم‌کنش رژیم‌ها بررسی کرد. پس اولاً باید رژیم فنی - اجتماعی را یک سیستم دانست و ثانیاً باید رژیم فنی - اجتماعی مد نظر را در احاطه رژیم‌های دیگر با ارتباطات متقابل در نظر گرفت (شکل ۲).

کنگر و اسکات (2018) سیستم فنی - اجتماعی را پیکربندی‌ای از کنشگران، فناوری‌ها و نهادهایی تعریف می‌کنند که برای تحقق کارکردهای اجتماعی لازم‌اند، با تأکید بر اینکه سیستم‌های فنی - اجتماعی در واقع تظاهر یا رخ‌مانه رژیم‌ها هستند. سیستم‌های فنی - اجتماعی یا رژیم‌های فنی - اجتماعی، در بسیاری از مطالعات تغییر فناورانه، واحد تحلیل کانونی هستند.

عمیقی است که موجب می‌شود سیستم فنی - اجتماعی حاکم پابرجا بماند.

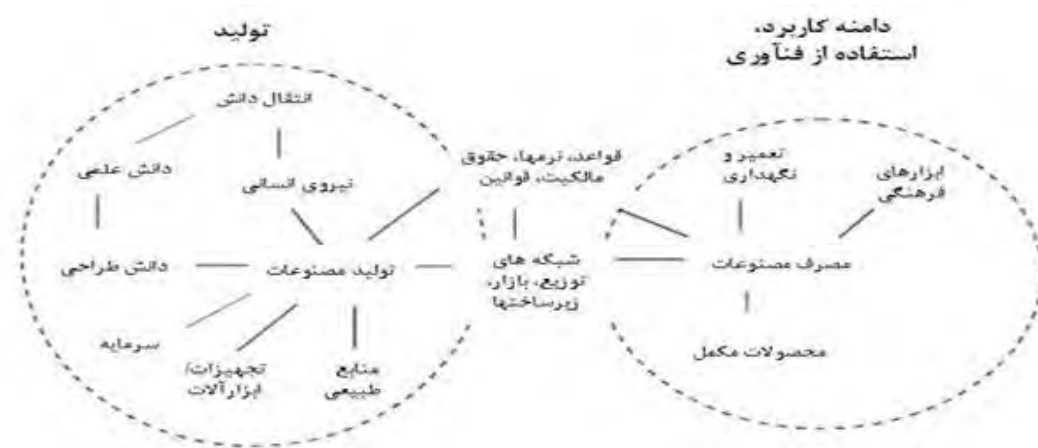
### ۳. سیستم‌های فنی - اجتماعی

گیلز (2004) ادعا می‌کند که رویکردهای سیستم نوآوری بیشتر بر تولید و جایی که نوآوری‌ها ظهور می‌کنند تمرکز دارند، درحالی‌که اگر با دید سیستم فنی - اجتماعی به موضوع نوآوری و تغییر نگاه شود، دیدگاه جامع‌تری شکل می‌گیرد که در آن به تولید و اشاعه فناوری و هم‌زمان استفاده از آن توجه می‌شود و سیستم‌های فنی - اجتماعی چنین تعریف می‌شود: «ارتباطات میان عناصر لازم که برای تحقق‌بخشیدن به کارکردهای اجتماعی لازم‌اند». مارکارد (2017) نیز عناصر سیستم فنی - اجتماعی را این‌گونه برمی‌شمرد: شبکه‌های کنشگران (افراد، سازمان‌ها، انجمن‌ها، سازمان‌های مردم‌نهاد، مراجع دولتی و سیاست‌گذاران)، نهادها (هنجارهای فنی - اجتماعی، مقررات، استانداردها و سیاست‌ها) و همچنین مصنوعات مادی، و زیرساخت‌ها.



شکل ۲: فراهمانگی میان رژیم‌ها (Geels, 2004)

1. manifestations
2. phenotype



شکل ۳: شمایی از عناصر سیستم‌های فنی-اجتماعی (Elzen et al., 2004)

در پایداری و ثبات رژیم‌ها و به تبع آن ثبات سیستم فنی-اجتماعی تأثیرگذارند (Geels, 2005).

صاحب‌نظران رویکرد چندلایه‌ای، بر مبنای ویژگی‌هایی که برای سیستم فنی-اجتماعی در نظر می‌گیرند، تلاش می‌کنند پویایی‌های مربوط به تغییر از سیستم فنی-اجتماعی موجود به سیستمی دیگر را تبیین کنند.

#### ۴. تشریح رویکرد چند لایه‌ای

یکی از رویکردهای کاربردی در تشریح گذار رویکرد چندلایه‌ای است که در ادبیات گذار و تغییر فناورانه بسیار مورد توجه قرار گرفته و علاوه بر اینکه بسیاری از گذارهای فناورانه از نظر تاریخی براساس آن تشریح می‌شوند، الهام‌بخش توصیه‌های مرتبط با مداخلات سیاستی و مسائل گسترده‌تر حکمرانی بوده و در شکل‌گیری مبحث «مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها» تأثیر فراوانی داشته است (Hoogma, 2002; Kemp and Rip, 1998).

محور بحث در رویکرد چندلایه‌ای این است که رژیم‌ها و به تبع آن‌ها سیستم‌های فنی-اجتماعی در مقابل تغییر سرسختی نشان می‌دهند و مسیر مشخصی برای نوآوری و تغییرات تدریجی دیکته می‌کنند. هدف متفکران این رویکرد توضیح پویایی‌های گذار در قالب نوعی تفکر سیستمی است (Markard, 2017).

براساس این مدل، فعل و انفعالات صورت‌گرفته در نظام فنی-اجتماعی در سه سطح عمده بررسی می‌شود و امکان و نحوه ظهور نوآوری و چگونگی گذار و تحول سیستمی مشخص می‌گردد. این سه سطح در سلسله‌مراتب درهم‌تنیده با هم در ارتباطند (Rotmans et al., 2001; Geels, 2002).

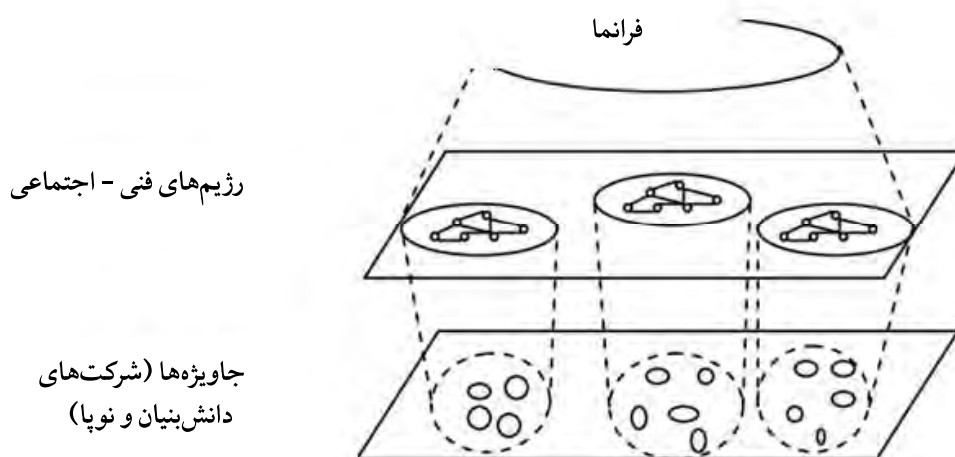
سطح خرد (میکرو) متشکل از جاویژه‌ها (فضاهای انکوباتوری) است که جایگاه ظهور نوآوری‌های رادیکال‌اند (فرایند تنوع‌بخشی از منظر ادبیات تکاملی). عملکرد نوآورانه در این مرحله ضعیف است؛ بنابراین باید در فضاهای حمایت‌شده‌ای که از جریان اصلی انتخاب بازار در امان هستند شکل بگیرد (شکل ۴). این فضاها اهمیت

مثلاً به‌طور خاص در مطالعات مربوط به ادبیات گذار به سمت پایداری، که یک زمینه مطالعاتی جدید و روبه‌رشد است، این مفاهیم برجسته‌تر می‌شوند. معمولاً مطالعات گذار فراتر از سطح بنگاه و در قالب سیستم‌های فنی-اجتماعی انجام می‌گیرند که خوشه‌هایی از عناصر هم‌راستا مانند مصنوعات فنی، دانش، بازارها، مقررات، معانی فرهنگی، قوانین و زیرساخت‌ها هستند. این سیستم‌ها همچنین بر مبنای سازوکارهای تکامل هم‌زمان جامعه و فناوری تغییر می‌کنند (Kern, 2012).

درواقع، در قالب مفهوم سیستم فنی-اجتماعی در حکم یک مفهوم کلیدی در مطالعات گذار، مفاهیمی از اقتصاد تکاملی (Dosi, 1982; Nelson and Winter, 1977) با بینش‌هایی حاصل از جامعه‌شناسی فناوری (Hughes, 1987) ترکیب می‌شود. شکل ۳ دربردارنده مثالی از چنین سیستمی است.

پذیرفتیم که رژیم حاکم به تغییرات تدریجی فنی-اجتماعی در راستای مسیرهای شکل‌یافته توسعه منطق و جهت می‌دهد و در مقابل تغییر مقاومت می‌کند ولی تغییرناپذیر نیست و محور بسیاری از مطالعات این حوزه ظهور رژیم‌های جدید و تغییر دادن رژیم‌های مستقر است (Markard et al., 2012).

اگرچه بنگاه‌ها کنشگران مهمی هستند، در این نگرش سایر گروه‌ها نظیر کاربران، گروه‌های اجتماعی، مقامات دولتی و مؤسسات پژوهشی نیز اهمیت دارند. در واقع، سیستم فنی-اجتماعی کل این جامعه وسیع‌تر را دربر می‌گیرد. هر گروه اجتماعی مشخصه‌های خاص خود را دارد. اعضای این گروه‌ها مفروضات ذهنی، ارزش‌ها، نُرُم‌ها، ترجیحات، انتظارات و باورهای مشخصی دارند. در واقع، این اشتراکات به اعضا کمک می‌کند تا به همکاری و تعامل در گروه بپردازند. رژیم‌های فنی-اجتماعی به خط سیرهای فناورانه به شیوه‌های گوناگونی ثبات می‌بخشند، روتین‌های شناختی‌ای که باعث می‌شوند مهندسان به خارج از حوزه تمرکز خود توجه نکنند. مقررات و استانداردها و پذیرش سبک زندگی خاص یک سیستم فنی و سرمایه‌گذاری‌های سنگین در زیرساخت‌ها و شایستگی‌ها



شکل ۴: سلسله مراتب در هم تنیده سطوح<sup>۱</sup> (Geels, 2002; 2005)

۲. در فاز دوم، رفته‌رفته یک جامعه مختص از تولیدکنندگان و مهندسان شکل می‌گیرد و نوآوری در بازارهای کوچک بروز و ظهور می‌یابد که در نتیجه آن، منابع لازم برای تخصصی شدن فنی فراهم می‌شود. مهندسان به تدریج قواعد جدید را وضع می‌کنند و مسیر فناوری مختص فناوری شکل می‌گیرد.

۳. فناوری در سطحی گسترده انتشار می‌یابد و رژیم جدید با رژیم موجود وارد رقابت می‌شود. غلبه فناوری از یک سو به درایورهای داخلی بهبود بستگی دارد و از سوی دیگر به اوضاع خارجی و فرصت‌های جدید.

۴. در چهارمین مرحله، فناوری جدید جانشین رژیم قدیمی می‌شود که با تغییر در ابعاد وسیع‌تر رژیم فنی - اجتماعی همراه است و البته مستلزم طی شدن زمان طولانی است.

فلش‌هایی که نوک آن‌ها به سمت سطح جاویزه است دلالت بر این دارند که ادراک کنشگران جاویزه و اندازه شبکه‌های حمایتی متأثر از توسعه رژیم وسیع‌تر و سطح فرانماست. نفوذ و گسترش فناوری‌های جدید نتیجه روابط فرایندی در سطوح مختلف است. بنابراین، نفوذ و گسترش به شرایط سطوح رژیم و فرانما بستگی دارد. این سطوح پنجره‌های فرصت را به روی نوآوری‌ها می‌گشایند و این بدان معناست که نوآوری‌ها تا زمانی که فرایندهای رژیم و فرانما فرصتی فراهم نیاورده‌اند، در جاویزه‌ها پنهان می‌مانند. استراتژی‌های کنشگران و سازوکارهای اجتماعی در فرایند تغییر نقش دارند. هم‌گرایی فرایندها در سطوح مختلف امکان تغییر رژیم‌ها را افزایش می‌دهد. سازوکارهای اجتماعی ممکن است

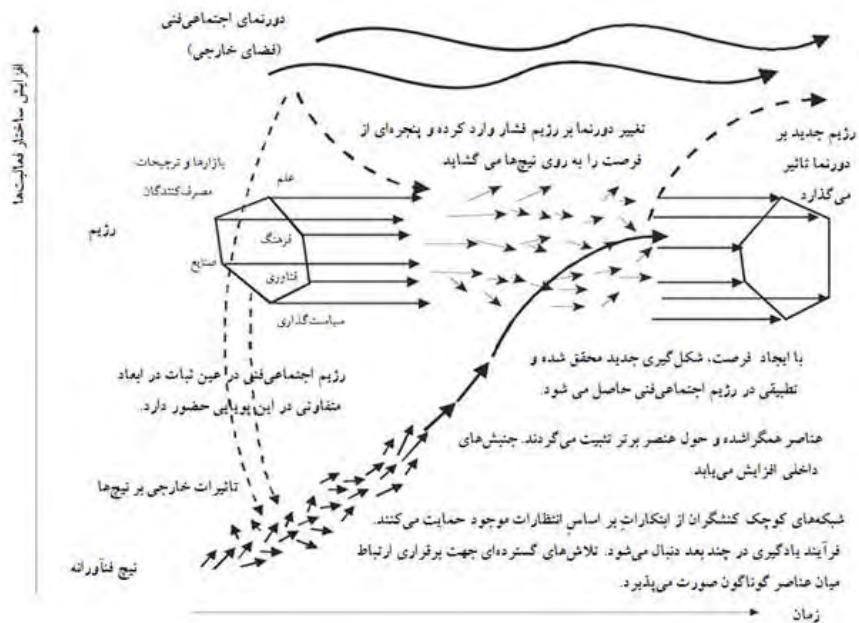
دارند، چون فضای یادگیری را فراهم می‌کنند و یادگیری و فرایندهای مربوط به آن در ابعاد متنوعی تحقق می‌پذیرد. در واقع، جاویزه‌ها فضاهای محافظت‌شده برای توسعه فناوری‌های امیدبخش و استفاده از آن‌ها هستند که با تجربه و آزمایش، دو هدف در آن‌ها دنبال می‌شود: آموختن درباره مطلوبیت فناوری جدید، و بهبود توسعه آتی و میزان کاربرد فناوری جدید (Kemp and Rip, 1998).

سطح میانی<sup>۲</sup> از رژیم‌های فنی - اجتماعی تشکیل می‌شود (درواقع، مفهوم گذار بیشتر به معنی تغییر در این سطح، یعنی تغییر از رژیمی فنی - اجتماعی به رژیم فنی - اجتماعی دیگر است). معنای سلسله‌مراتب تودرتو در رویکرد چندلایه‌ای همین جای گرفتن رژیم فنی - اجتماعی در دل جاویزه‌ها و سطح فرانما و احاطه شدن همراه ارتباطات متقابل با آن‌هاست (Geels, 2002). در نهایت، در سطح فرانما<sup>۳</sup> مجموعه متغیرهای زمینه‌ای بررسی می‌شود مانند زیرساخت‌های مادی، شرایط و فرهنگ سیاسی، ارزش‌های اجتماعی، پارادایم‌ها، اقتصاد کلان، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و محیط طبیعی که مستقل و بسیار کند تغییر می‌کنند و در فرایندهای گذار تأثیر می‌گذارند (Rotmans et al., 2001). تعامل میان پویایی‌های این سطح چندگانه به نوآوری‌های سیستمی، و طی چند فاز به گذار می‌انجامد (Geels, 2005).

۱. در مرحله نخست، نوآوری در شرکت‌های کوچک ظهور می‌یابد و طرح غالب<sup>۴</sup> هنوز شکل نگرفته، بلکه فرم‌های متنوع فنی<sup>۵</sup> (گزینه‌های فنی متعددی وجود دارد) در حال تکامل و رقابت برای دستیابی به عملکرد بهترند.

۱. در چارچوب چندسطحی، گذارهای فناوریانه را در حکم فرایندهای تعاملی تغییر در سطح خرد (جاویزه‌ها) و سطح میانی (رژیم‌های فنی - اجتماعی) در نظر می‌گیرند که هر دو در نمای کلی گسترده‌تری از عوامل در سطح کلان جاسازی شده‌اند (Geels, 2002; 2005).

2. Meso Level  
3. Landscape  
4. Dominant Design  
5. Technical Forms



شکل ۵: رویکرد چندلایه‌ای پویا در تشریح گذار (نحوه تغییر در سیستم فنی - اجتماعی بر مبنای مدل چندلایه‌ای) (Geels, 2002; 2004; Geels and Schot, 2007)

شکل‌گیری فضای یادگیری و بیان تقاضا در مورد طراحی فنی، ترجیحات کاربر، مقررات، الزامات زیرساخت و معنای فرهنگی تأثیر زیادی دارند. با مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها قرار است فاصله میان R&D و اشاعه بازار برداشته شود.

جاویژه‌ها بعضاً موقعیت‌های مکانی و جغرافیایی خاص یا حوزه‌های کاربرد خاص برای یادگیری آزمایش به منظور اشاعه‌های بیشتر نیز هستند (Raven et al., 2010). به‌رحال، کنشگران این حوزه در پی خلق عامدانه و حمایت از جاویژه‌ها هستند که در رویکرد چندلایه محرک تغییر رژیم شناخته می‌شوند. انتظار می‌رود با مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها سه فرایند مهم تحقق پذیرد: ساخت شبکه‌های اجتماعی، فرایندهای یادگیری، و بیان انتظارات و چشم‌اندازها (Hoogma, 2002; Markard et al., 2012).

برخی متفکران این میزان تأکید بر نقش جاویژه‌ها را افراطی می‌دانند و برآنند که رویکردهایی چون رویکرد چندلایه بیشتر توصیفی‌اند و عوامل دیگری به‌جز نوآوری‌هایی که در جاویژه‌ها بروز می‌یابند در گذار فناورانه مؤثرند (Berkhout et al., 2004) و باید بررسی کرد گروه‌های ذی‌نفع مختلف چگونه بر نوآوری فناورانه در سطح سیستمی اثر می‌گذارند. در راستای این تفکر برخوت و همکاران (Ibid.) و نیز اسمیت و همکاران (2010) یک گونه‌شناسی از بسترهای گذار ارائه داده‌اند که بیانگر مسیرهای گذار جایگزین محتمل است.

• گذار هدفمند: تغییر عمدی ناشی از کنشگران خارجی، دولتی یا غیردولتی، که دیدگاه‌های مشترک را در قالب فشار برای تغییر

این روند را تسریع کنند (Geels, 2005).

مفهوم جاویژه در رویکرد چندلایه‌ای و ویژگی‌های مختص آن خود موجب شکل‌گیری شاخه جدیدی در مطالعات شده است: مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها.

#### ۴-۱. مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها

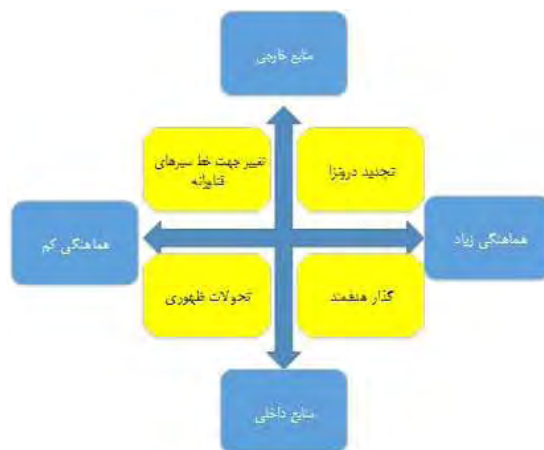
محور اصلی مطالعات این شاخه این واقعیت است که فناوری‌های جدید، وقتی ظهور می‌کنند، عملکرد نسبتاً ضعیفی دارند، هزینه‌های آن‌ها نسبتاً زیاد است و درباره کارکرد و شکل دقیق آن‌ها اطمینان چندانی نیست، ضمن اینکه شبکه باثباتی که از فناوری حمایت کند وجود ندارد. از این رو، فناوری جدید نمی‌تواند فوراً با رژیم فناوری موجود، که وابسته به مسیر است، رقابت کند. بنابراین، مطالعات مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها با این مبحث آغاز می‌شود که فناوری جدید باید در فضای حمایت‌شده‌ای فعالیت کند که از سازوکار انتخاب جریان غالب بازار در امان بماند. بنابراین، یا باید بازار ویژه‌ای شکل بگیرد که معیارهای انتخاب در آن متفاوت باشد یا منابع از طریق یارانه‌های دولتی یا سرمایه‌گذاری شرکت استراتژیک تأمین شود. توسعه، هنگامی که در جاویژه‌ها موفقیت‌آمیز و با میزان بیشتری هزینه - عملکرد همراه باشند، می‌تواند به جریان غالب بازار وارد شود. از منظر تکاملی، پروژه‌های آزمایشی میان محیط تنوع‌بخشی و انتخاب تعامل برقرار می‌کنند و به کاربران، سیاست‌گذاران و گروه‌های ذی‌نفع این امکان را می‌دهند که به توسعه‌دهندگان فناوری بازخورد ارائه دهند. بنابراین، چنین پروژه‌هایی بستر لازم برای تعامل میان بازیگران و ساخت شبکه‌های اجتماعی را فراهم می‌کنند و در

• **تحولات ظهوری:** نتیجه تغییراتی که خارج از رژیم غالب صورت می‌گیرد. این تحولات معمولاً از فعالیت‌های علمی شرکت‌های کوچکی نشئت می‌گیرد که خارج از آن بخش فعالیت دارند و فناوری‌ای خلق می‌کنند که در بخش‌های گوناگونی کاربرد دارد. بر مبنای همین گونه‌شناسی، گیلز و اسکات (2007) چهار مسیر محتمل برای گذار ارائه کردند که در جدول ۱ توضیح داده شده است.

#### ۴-۲: مدیریت گذار

دسته دیگر مطالعات که صاحب‌نظران آن‌ها مداخله فعال در گذار و مدیریت آن را دنبال می‌کنند و رویکردهای حکمرانی را در تغییر سیستم‌های فنی - اجتماعی به کار می‌گیرند ذیل عنوان «مدیریت گذار» طبقه‌بندی می‌شوند (Rotmans et al., 2001; Markard et al., 2010; Raven et al., 2010).

اصل راهنما در این شاخه این است که سکتورهای موجود سیستم‌های اجتماعی پیچیده تطابق‌پذیر در نظر گرفته می‌شوند و از فرایندهای حکمرانی تکاملی برای مدیریت تغییر و گذار فناوری استفاده می‌شود. مدیریت گذار ممکن است سطوح مختلف داشته باشد؛ مثلاً گذارهایی در سطح محلی مثل شهرها نیز بررسی شده‌اند (Bulkeley et al., 2011). به‌هر حال، متفکران



شکل ۶: چهار زمینه گذار و فرایندهای تحول (Berkhout et al., 2004)

بیان می‌کنند. این گونه تغییر ممکن است با دستکاری در منابع و شبکه‌ها رخ دهد.

• **تجدید درون‌زا:** تغییری عمدی که اعضای رژیم آن را پرورش می‌دهند؛ یک فرایند گذار تدریجی که در آن، منابع تغییر از نیروهای مقیم همان رژیم مستقر حاصل می‌شود.

• **تغییر جهت خط سیرهای فناورانه:** تغییری درون‌زا که از روابط و پویایی‌های درون رژیم ناشی می‌شود.

جدول ۱: مسیرهای گذار (ولریو و راون، 2016، بر مبنای Geels and Scoht, 2007)

تعاملات	بازیگران اصلی	
زمانی که اساساً TIS جدید شکل نگرفته و فشار از سطح فرانما رخ می‌دهد، مقاومت رژیم در این حالت خیلی زیاد است چون بازیگران تلاش‌های نوآورانه خود را روی طرح غالب در رژیم فنی - اجتماعی مستقر متمرکز می‌کنند و به نوآوری فراتر از مرزهای رژیم، به‌کندی و با بدبینی نگاه می‌شود	بازیگران رژیم و بازیگران بیرونی	مسیر تحول <sup>۱</sup>
زمانی رخ می‌دهد که TIS جدید هنوز شکل نگرفته است اما بازیگران رژیم اعتقاد خود را به رژیم فنی - اجتماعی غالب از دست داده‌اند و فعالانه در جستجوی جایگزین‌های مناسب هستند در این حالت مقاومت رژیم مستقر خیلی زیاد نیست.	بازیگران جاویژه‌های جدید	انجام عمل و تنظیم مجدد <sup>۲</sup>
در این حالت فشار از سطح فرانما زمانی رخ می‌دهد که TIS در حال شکل‌گیری از وجود تلاش‌هایی در گذشته بهره‌مند است یعنی وضعیت فناوری جدید تا حد زیادی مطلوب است و بازیگران رژیم از طریق تلاش‌های نوآورانه به حمایت از پیکربندی فنی - اجتماعی مستقر می‌پردازند	بنگاه‌های مستقر در مقابل بنگاه‌های جدید	جانمایی فناوری <sup>۳</sup>
فشار سطح فرانما زمانی رخ می‌دهد که TIS جدید اساساً توسعه‌یافته و بازیگران رژیم در حال پذیرش عناصر این سیستم نوآوری جدید در پیکربندی فنی - اجتماعی هستند. این وضع دلالت بر مقاومت نسبتاً کمتر در مقابل رژیم جدید دارد.	بازیگران رژیم و عرضه‌کنندگان	بازیگری <sup>۴</sup>

1. Transformation Path Way
2. Dealignment and Realignment
3. Technological Substitution
4. Reconfiguration



مورد توجه قرار می‌گیرد (Hellsmark and Jacobsson, 2009; Musiolik and Markard, 2011; Markard et al., 2012). کارلسون و همکاران (2002) برآن‌اند که رویکرد سیستم نوآوری فناورانه دو ویژگی دارد که آن را از سایر رویکردها متمایز می‌کند: استفاده از فرصت‌های جدید کسب‌وکار در حکم جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه، و تمرکز بر پویایی نظام، به‌طوری‌که می‌توان گفت از میان همه دیدگاه‌های سیستمی به نوآوری، اهمیت بیشتری در تبیین گذار و تغییرات فناورانه دارد.

در ادبیات سیستم نوآوری فناورانه، از دو جنبه ساختاری و کارکردی به پدیده سیستم نوآوری پرداخته شده است: بُعد ساختاری ناظر به کنشگران و موجودیت‌هایی است که باید در تعامل با هم قرار بگیرند و بُعد کارکردی به توضیح فرایندهایی اختصاص دارد که به سیستم امکان می‌دهند عملکرد نوآورانه مناسبی داشته باشد. استفاده از دیدگاه کارکردی امکان مقایسه عملکرد سیستم‌های نوآوری فناورانه مختلف را فراهم می‌آورد، زیرا در واقع کارکردها فرایندهایی هستند که دستیابی به هدف سیستم، یعنی خلق و اشاعه دانش و استفاده از آن، را میسر می‌سازند.

از نظر مارکارد و همکاران (2012)، مفهوم سیستم‌های نوآوری فناورانه از میان انواع رویکردهای سیستم نوآوری قابلیت بسیاری برای توضیح ماهیت پیچیده ظهور و انتشار فناوری‌ها دارد. همچنین، از این چارچوب برای ترجمه موانع و مشکلات در قالب راه‌حل‌ها و استراتژی‌های سیاستی می‌توان بهره برد. برگک و همکاران (2015) و مارکارد و همکاران (2015) سیستم‌های نوآوری فناورانه را چارچوبی معرفی می‌کنند که توانایی تحلیل فناوری‌های رادیکال و حوزه‌های نوظهور یا درحال ظهور فناورانه را دارد. پژوهشگران بسیاری کوشیده‌اند با استفاده از ماهیت پویای کارکردهای سیستم نوآوری فناورانه، شکل‌گیری سیستم‌های جدید را تشریح کنند. مثلاً از نظر هلسمارک و جاکوبسون (2009)، ظهور و شکل‌گیری هر سیستم نوآوری فناورانه جدید شامل چهار فرایند ساختاری بدین شرح است (شکل ۷):

۱. تجمع دانش و مصنوعات
۲. ورود بنگاه‌ها و سایر سازمان‌های مربوط
۳. شکل‌گیری شبکه‌ها
۴. هم‌راستایی نهادی.

این فرایندها وابستگی و ارتباطات متقابل دارند. در واقع، تکامل یک سیستم نوآوری فناورانه جدید فرایند بازپیکربندی اجزایی است که درحال هم‌تکاملی‌اند. این فرایند تجمعی و حاصل جمع تغییرات کوچک است که در وضعیت نبود اطمینان تحقق می‌یابد (Hughes, 1987; Hellsmark and Jacobsson, 2009).

پنج دسته روابط پویایی سیستم نوآوری فناورانه را تشریح می‌کنند: (۱) پویایی روابط میان عناصر ساختاری؛ (۲) تأثیر عناصر ساختاری در کارکردها؛ (۳) تأثیر عوامل خارجی در کارکردها؛ (۴)

این دسته از مطالعات رویکردی عمل‌محور را برای تأثیرگذاری در مسیرهای گذار درپیش می‌گیرند و در نقطه ورود و مداخله، چنان‌که در رویکرد مدیریت استراتژیک جاویژه‌ها معمول است، صرفاً بر جنبه‌های فنی تأکید نمی‌کنند (Loorbach, 2010).

#### ۳-۴. نقدهایی بر رویکرد چندلایه‌ای در تشریح گذارهای فناورانه

نظریه‌پردازان رویکرد چندلایه‌ای ادعا می‌کنند که نحوه تعامل سه سطح جاویژه‌ها، رژیم‌ها و فرانما بیانگر خصوصیات گذار است، اما واقعیت بیرونی تصویر همگنی را که رویکرد چندلایه‌ای به تصویر می‌کشد به شدت نقض می‌کند. در یک زمان جاویژه‌های بسیار متنوعی در رژیم تأثیر می‌گذارند و همواره با هم در رقابت و جدال‌اند. همچنین سازوکارهایی که متوجه ارتباطات سطوح است خیلی پیچیده‌تر از مفهوم اولیه رویکرد چندلایه‌ای است. خلاصه چالش‌های مطرح در این زمینه بدین شرح است (Smith et al., 2010):

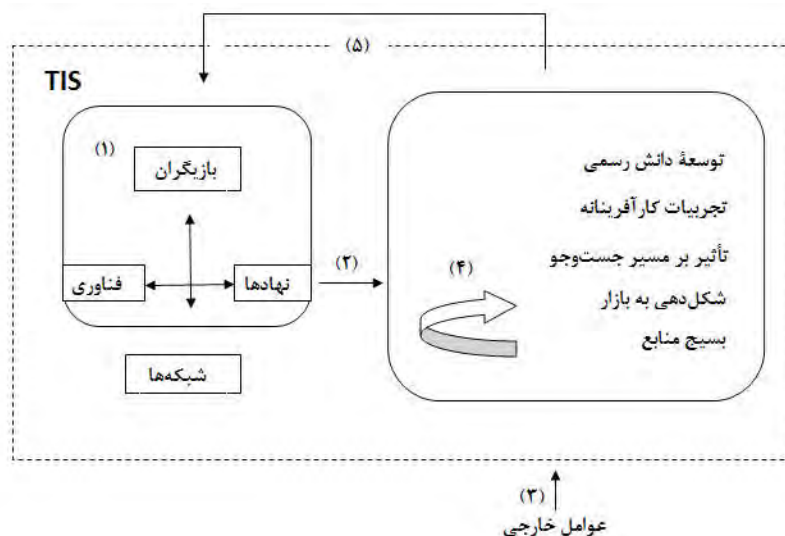
- تشریح روابط میان سطوح مفهومی جاویژه، رژیم و فرانما دشوار است.
- هم‌زمان رژیم‌ها و جاویژه‌های چندگانه درحال تعامل‌اند.
- عملی‌سازی تجربی مفاهیم مطرح‌شده آسان نیست.
- جغرافیای گذار، چون رژیم بیشتر در سطح ملی در نظر گرفته شده، نقش مقیاس فضایی و مکان چندان مورد توجه قرار نگرفته است.

این موضوع نشان‌دهنده عوامل تغییر و پیشران‌های گذار و اینکه قابلیت تأثیر در کدام سطح مدل را دارند نیست (Berkhout et al., 2004; Smith et al., 2010).

از نظر اسمیت و همکاران (2010)، برای فائق آمدن بر این چالش‌ها باید به رویکردهای هنجاری در فرایندهای نوآوری توجه کرد و ابعاد اجتماعی - سیاسی توسعه دانش و فناوری را مد نظر قرار داد که خود مستلزم ارتباط داشتن بیشتر این رویکرد با مطالعات علم و فناوری است.

#### ۵. رویکرد سیستم نوآوری و جایگاه آن در تبیین گذارهای فناورانه

رویکرد سیستم نوآوری و زیرمجموعه‌های آن شامل سطوح ملی، منطقه‌ای، بخشی و فناورانه به یکی از مهم‌ترین چارچوب‌های تحلیلی در مطالعات نوآوری تبدیل شده است. اما هنگامی که بحث از تغییر فناورانه مطرح می‌شود، از میان این چهار رویکرد، عمدتاً رویکرد سیستم‌های نوآوری فناورانه برای توضیح و تبیین شکل‌گیری فناوری‌های نوظهور و تغییرات فناورانه یا ساخت سیستم



شکل ۷: پویایی سیستم نوآوری فناورانه (Hellmark and Jacobsson, 2009)

بازکردن جعبه سیاه نهادها و توانایی مطالعه تغییر سیستم. اسمیت و همکاران (2010) مدعی هستند که رویکرد سیستم نوآوری در توضیح سطح فعالیت نوآورانه، خروجی کمی از اقتصاد بخش یا منطقه، از لحاظ پدیدهها، محصولات یا فناوری‌های جدید موفق عمل کرده، به خوبی به توضیح موفقیت‌ها و شکست‌های نوآوری‌ها و اقتصاد در مقایسه میان بخش‌ها و کشورها پرداخته و به جریان محصولات نوآورانه سرعت بخشیده است، اما به وضوح بیان نمی‌کند چطور تغییرات ساختاری را برای توسعه و پذیرش نوآوری درک کنیم.

رویکردهای سیستم نوآوری، باینکه رویکردهای غالب حوزه سیاست نوآوری هستند، بیشتر حول اهمیت قابلیت نوآوری بنگاه‌ها و تنظیمات نهادی که از آن‌ها حمایت کند می‌چرخند و در آن‌ها کمتر به چالش مربوط به تحول سیستم‌های نوآوری توجه می‌شود. هنگامی که پای تغییرات بلندمدت مخصوصاً با توجه هم‌زمان به ابعاد غیرفنی به میان می‌آید، ادبیات گذار و دیدگاه چندلایه‌ای بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد (Weber and Rohracher, 2012). همچنین، به‌رغم مقبولیت یافتن رویکرد سیستمی در زمینه سیاست علم و فناوری، نقدهایی در مورد ایستایی رویکرد سیستم‌های نوآوری مطرح است و به‌صورت محدود در فناوری‌های نوظهور و سیستم‌های درحال شکل‌گیری از آن استفاده شده است (Hekkert et al., 2007).

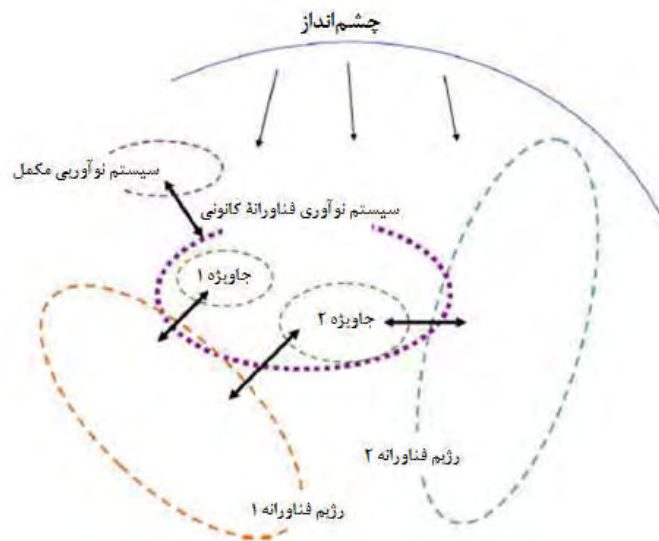
با وجود چنین نقدهایی، همان‌طور که مارکارد و همکاران (2015) در پاسخ به انتقادات وارد بر سیستم‌های نوآوری فناورانه مطرح می‌کنند، بعضی نویسندگان از سیستم نوآوری در سطح فناورانه در حکم دیدگاهی استراتژیک برای ساخت سیستم به‌خوبی استفاده کرده‌اند.

پویایی داخلی کارکردها؛ و (۵) بازخورد از کارکردها بر عناصر. همچنین، سوروس و همکاران (2009) و سوروس و همکاران (2010) در مورد شیوه‌های تعاملات میان کارکردها و توسعه نوآوری‌ها بحث می‌کنند. آن‌ها پویایی سیستم را در چهار مرحله و در هر مرحله، فرایندی از تقدم و تأخر را برای کارکردها در نظر می‌گیرند و آن را «موتور محرک نوآوری» نام می‌نهند.

این موتورها با مراحل توسعه سیستم نوآوری متناظر در نظر گرفته می‌شوند و عبارت‌اند از موتور محرک علم و فناوری، موتور محرک کارآفرینی، موتور محرک شکل‌دهی به سیستم و موتور محرک بازار. در هر مرحله از شکل‌گیری سیستم یکی از این موتورها فعال است و با رفتن از مرحله‌ای به مرحله بعد، پویایی از موتوری به موتور بعدی منتقل می‌شود. مفهوم موتورهای نوآوری و پویایی میان کارکردهای نوآوری نیز گام مثبتی است در استفاده از رویکرد سیستم نوآوری فناورانه برای تحلیل تغییرات فناورانه و پیدایش سیستم‌های جدید (برای مطالعه بیشتر ← باقری مقدم و همکاران، ۱۳۹۱).

#### ۵-۱. نقدهایی بر رویکرد سیستم نوآوری در تبیین گذارهای فناورانه

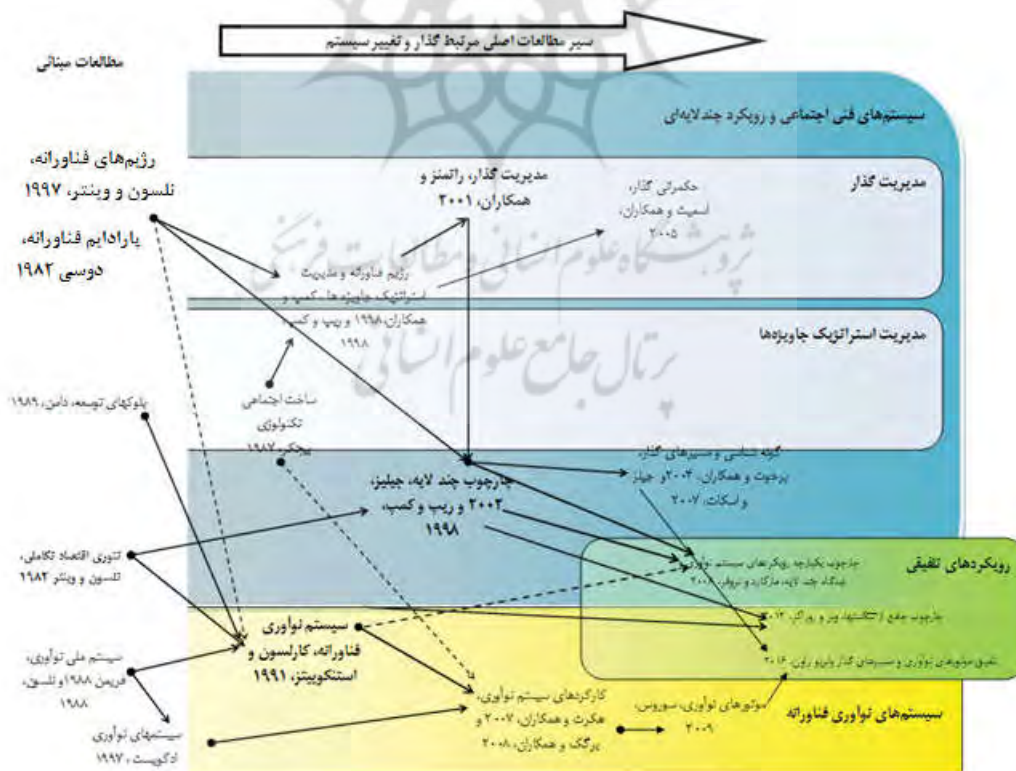
تقریباً از نخستین مراحل شکل‌گیری مطالعات گذار فناورانه، پژوهشگران این حوزه به مقایسه رویکردهای سیستم نوآوری با رویکرد چندلایه‌ای مبتنی بر سیستم‌های فنی - اجتماعی پرداخته‌اند؛ مثلاً گیلز (2004) عملاً رویکرد سیستم‌های بخشی نوآوری را در مقایسه با رویکرد سیستم‌های فنی - اجتماعی نقد می‌کند، با طرح ادعاهایی چون گسترش توجه از صرفاً تولیدکننده به سمت مصرف‌کننده، تمایز میان سیستم، کنشگران و نهادها،



شکل ۸: سیستم نوآوری فناورانه و تعاملات با عناصر مفهومی چارچوب چندلایه‌ای

اخیراً پژوهشگران بسیاری در تلاش برای بهره‌گیری هم‌زمان از رویکردهای مذکورند. ادعای آن‌ها این است که با تلفیق بینش‌های حاصل از هر دو رویکرد، کاستی‌های هرکدام در توضیح تغییرات فناورانه و شکل‌گیری سیستم‌های جدید مرتفع می‌گردد. به نظر می‌رسد تلفیق رویکردها موضوع پراهمیتی در مطالعات حوزه است (شکل ۹).

در مورد مطالعه و بررسی تغییر فناورانه، مخصوصاً تغییرات بلندمدت، و با توجه به ابعاد اجتماعی آن، رویکرد چندلایه‌ای مبتنی بر سیستم‌های فنی-اجتماعی مقبولیت بیشتری دارد (Genus and Coles, 2008) و البته مطالعاتی با هدف تلفیق و یک‌پارچه‌سازی این دو رویکرد یا ترکیب بینش‌های حاصل از دو مدل هم صورت گرفته است (مانند Weber and Rohracher, 2012).



شکل ۹: سیر مطالعاتی که تغییر سیستم‌های فناورانه را با دید سیستمی مطالعه می‌کنند

## ۶. مقایسه و هم‌گرایی مفاهیم رویکرد سیستم‌های نوآوری (فناورانه) و رویکرد چندلایه‌ای

سیستم‌های نوآوری فناورانه و چارچوب چندلایه‌ای گذار فناورانه، که بر مبنای دیدگاه سیستم فنی - اجتماعی شکل گرفته است، مفاهیمی مرتبط و نزدیک به هم در ادبیات گسترده تغییرات فناورانه‌اند، ریشه‌های نظری مشترکی دارند و پژوهشگران این دو حوزه پدیده تجربی مشابهی را بررسی می‌کنند، در حالی که رشته‌های نسبتاً مستقلی را در ادبیات حوزه تغییرات فناورانه شکل داده‌اند.

وبر و روراگر (2012) بر این باورند که در صورت جهت‌گیری به سمت تحولی درازمدت و همه‌جانبه که در تولید و مصرف (نوآوری) هم‌زمان تأثیر بگذارد، دو شاخه ادبیات، یعنی تفکر سیستم‌های نوآوری و رویکرد چندلایه‌ای به گذارهای فنی - اجتماعی، مطرح‌اند که باید به آن‌ها هم‌زمان توجه شود.

هر دو دیدگاه به درک عمیق‌تر نوآوری رادیکال و فرایندهای دگرگونی کمک می‌کنند و مکمل همانند. وجه اشتراک مهم بین رویکرد سیستم‌ها و چارچوب چندسطحی اینکه پژوهشگران هر دو حوزه معمولاً دیدگاهی بینرشته‌ای دارند و خواص بافتارهای فاصله‌ای و تاریخی را در نظر می‌گیرند. در نهایت، هر دوی این چارچوب‌ها به چندین سال توسعه نظری و موردکاوی‌های تجربی بسیار گسترده تکیه دارند و در هر دو معمولاً سیاستگذاری نوآوری محوریت دارد. البته گذارها در عمل بیشتر در مورد تغییرات فناورانه‌ای که به سوی پایداری حرکت می‌کنند مطالعه شده‌اند، مانند انرژی‌های پاک و فناوری‌های مربوط به مدیریت آب و... برای مدیریت این نوع گذارها تلاش بسیاری شده است (Sondeijker et al., 2006; Rotmans et al., 2001; Loorbach, 2010).

مارکارد و تروف (2008) می‌گویند که در مقایسه قوت‌ها و ضعف‌های دو رویکرد، رویکرد چندسطحی، اگرچه صاحب‌نظران آن به سطح فرانما و چشم‌انداز کلی فضای تحلیل برای شوک‌های خارجی و تحولات ساختار شکن توجه کرده‌اند و برهم‌کنش ثبات رژیم و بی‌ثباتی حاصل از فشار از سطوح فرانما و جاویژه‌ها تا حد زیادی مبین تحولات است، هنگامی که پای تشریح سهم کنشگران در تحول به میان می‌آید، چندان قوی عمل نمی‌کند. همچنین، در تحلیل نوآوری‌های نوظهور به سطح جاویژه‌ها محدود می‌شود و مشکلاتی در تحلیل ایجاد می‌کند؛ اول اینکه شکافی در پیچیدگی و تجمع فرایندی بین جاویژه و رژیم وجود دارد و توضیح چندانی برای پویایی‌های فراتر از سطح جاویژه مانند تأثیرات مکمل توسعه در جاویژه‌های مختلف یا ظهور نهادهایی فراتر از سطح جاویژه ارائه نمی‌شود، مفاهیم و ابزارهای بررسی پویایی‌های نوآوری در سطح جاویژه کمتر از مفاهیم و ابزارهای سیستم‌های نوآوری تشریح شده‌اند. البته در رویارویی با این چالش، سه فرایند عمده برای تحلیل پویایی‌ها

در سطح جاویژه مطرح شده است: یادگیری، ایجاد شبکه، و انتظارات (و تأثیر آن‌ها در جاویژه‌ها) (Geels, 2011; Geels and Raven, 2006; and Schot, 2007).

از قابلیت‌های بارز رویکرد چندلایه‌ای این است که فرایندهای گذار را می‌توان از طریق تعامل سازوکارهای پایدارکننده از یک سو و ناپایدارکننده حاصل از فشار از سطح چشم‌انداز توضیح داد که با ظهور نوآوری‌های رادیکال در سطح جاویژه شکل می‌گیرد. بنابراین، این چارچوب فضای تحلیلی برای شوک‌های بیرونی و تغییرات مخرب در سطح چشم‌انداز را هم فراهم می‌کند. اما در این رویکرد به تأثیر کنشگران و استراتژی‌های آن‌ها توجه چندانی نمی‌شود (مارکارد و تروف، 2008).

مفهوم سیستم نوآوری بر ماهیت مکمل و به هم وابسته تغییرات در تولید، مصرف و الگوهای نهادی تأکید دارد که در ساختمان یا ساختار سیستم تأثیر می‌گذارد (کونراد و همکاران، 2008). با این حال، در رویکرد سیستم‌های نوآوری، صاحب‌نظران در توضیح گذارهای فناورانه دچار نزدیک‌بینی می‌شوند. نوآوری‌ها حاصل عملکرد سیستم تلقی می‌شوند و تأثیر سازوکارهای خارج سیستم در تحلیل وارد نمی‌شود (مارکارد و تروف، 2008).

رویکرد سیستمی، چون متفکران این حوزه نگاه چندان سازمان‌یافته‌ای به محیط ندارند، ریسک بی‌توجهی به فرایندهای تأثیرگذار احتمالی را دارد. همچنین ممکن است فناوری‌های بدیعی که بعضاً در سیستم‌های رقیب ظهور می‌کنند و نوآوری تحت مطالعه را متأثر می‌سازند در تحلیل نادیده انگاشته شوند.

مارکارد و تروف با مقایسه دو چارچوب، یک چارچوب ترکیبی ارائه کرده‌اند که چهار عنصر مفهومی را دربر می‌گیرد: (۱) جاویژه‌ها که نوآوری‌های رادیکال در آن‌ها ظهور می‌یابد یا به بلوغ می‌رسد؛ (۲) یک سیستم نوآوری فناورانه که جاویژه‌ها را دربر می‌گیرد و مشخصه آن نهادهای نوظهور و منابع تلفیقی است؛ (۳) رژیم‌های فنی - اجتماعی که ساختار غالب تولید را نشان می‌دهند و در چالش با سیستم نوآوری فناورانه قرار دارند؛ و (۴) فرانما یا چشم‌انداز کلی و عواملی که در رژیم‌ها و نوآوری‌ها تأثیر دارند بدون آنکه خود مستقیماً تأثیر بپذیرند.

در شکل ۸ چارچوب تلفیقی مارکارد و تروف (2008) نشان داده شده است. ادعای نویسندگان این است که این چارچوب امکان در نظر گرفتن آثار فرایندهای نوآوری را فراتر از سطح جاویژه‌های منفرد فراهم می‌کند و تحلیل کنشگر محور و همچنین تحلیل عملکرد بر پایه کارکردها را میسر می‌سازد.

در چارچوب ارائه شده بر کارکرد سیستم نوآوری تمرکز شده و سیستم نوآوری فناورانه به صورت مجموعه‌ای از شبکه‌ها، کنشگران و نهادها تعریف شده که در یک حوزه فناورانه خاص در تعامل‌اند و در تولید و اشاعه انواع فناوری‌ها یا محصولات جدید و استفاده از آن‌ها مشارکت دارند.

بر سیستم‌های فنی - اجتماعی، و سیستم‌های نوآوری. این دو رشته ظاهراً مستقل از هم‌اند، ولی هدف از هر دوی آن‌ها توضیح تجربی پدیده‌های مشابه است، و بر پایهٔ زمینه‌های مفهومی مشترکی بنا شده‌اند. در هر دوی آن‌ها اهمیت شبکه‌ها و فرایندهای یادگیری با نقش حیاتی نهادها در فرایندهای نوآوری موفق نشان داده می‌شود، آثاری مثل وابستگی به مسیر، قفل‌شدگی، وابستگی متقابل، غیرخطی بودن و پویایی‌های تعاملی تأیید می‌شود و به‌طور کلی هر دو مفهوم ریشه در نظریه‌پردازی اقتصاد تکاملی دارند.

گذارهای فناورانه، چون دستیابی به عملکرد و کارایی بهتر محیطی را تسهیل می‌کنند، مورد توجه‌اند، زیرا باید توجه داشت که از بسیاری از فرصت‌های فناورانه به‌علت وجود مسائل اجتماعی، فرهنگی، زیرساختی یا قانونی ممکن است بهره‌برداری نشود، چراکه سیستم‌های موجود در وضعیت قفل‌شدگی قرار می‌گیرند. بنابراین، منظور از مطالعات گذار و به‌ویژه رویکرد چندلایه راه‌اندازی سیستم‌های نوآوری در زمینهٔ مربوط به آن است و در آن‌ها بر تکامل هم‌زمان جامعه و فناوری تأکید می‌شود. به‌طور کلی رویکردهای هم‌تکاملی در مطالعات نوآوری در راستای گشودن جعبه‌سیاه تعامل میان جامعه و تکنولوژی است.

تأکید دیدگاه سیستمی بیشتر بر کارکردهای سیستم است تا تغییر سیستم، و بعضی صاحب‌نظران برآن‌اند که بیشتر عرضهٔ نوآوری و فناوری جدید را توضیح می‌دهد و از تقاضا غفلت می‌ورزد. همچنین، کمتر بر چگونگی پذیرش نوآوری تولیدشده در اجتماع تمرکز دارد، درحالی‌که اهمیت دارد بفهمیم سیستم‌های نوآوری جدید چگونه شکل می‌گیرند و چه ارتباطی با سیستم‌های قبلی دارند و چگونه در اجتماع پذیرفته می‌شوند. همان‌طور که اشاره شد، به زعم بعضی، مخصوصاً هنگامی که تغییرات بلندمدت و همه‌جانبه‌ای مثل گذار به فناوری‌های پایدار مد نظر باشد، رویکرد سیستم‌های فنی - اجتماعی و دیدگاه چندلایه‌ای جامع‌تر عمل می‌کنند. اما این رویکرد نیز با انتقادات روش‌شناختی دیگری مواجه است، از جمله عملی‌سازی تجربی مفاهیم، وجود هم‌زمان رژیم‌ها و جاویژه‌های درحال تعامل و روابط پیچیده میان سطوح و مسائل حکمرانی.

به هر تقدیر، هرکدام از رویکردها و شاخه‌های مطرح‌شده بینش‌هایی به‌دست می‌دهند که شاید توجه به آن‌ها در زمینهٔ تبیین تغییرات فناورانه و شکل‌گیری سیستم‌های نوآوری جدید و به تبع آن ارائهٔ منطق سیاست‌گذار نوآوری راه‌گشا باشد. سیر مطالعات اخیر نشان می‌دهد پژوهشگران جدیدی تلاش دارند بینش‌های حاصل از هر دو دیدگاه را هم‌زمان به‌کار گیرند تا جنبه‌های پیچیدهٔ تغییر و شکل‌گیری سیستم‌های نوآوری جدید، در بستر نهادی و اجتماعی‌شان، بیش‌ازپیش قابل درک شوند.

در مدل تلفیقی مارکارد و تروف، تجمیع مفاهیم بسیار مرتبط و نزدیک دو رویکرد بسیار ارزشمند و شایان توجه است. البته نویسندگان اذعان می‌دارند که باید در زمینهٔ به‌کارگیری این چارچوب جدید، مطالعات تجربی انجام بگیرد تا امکان توسعه و بهبود آن فراهم شود (مارکارد و تروف، 2008). گیلز (2011) بعضی از مفاهیم و نتایج این پژوهش را نقد می‌کند، زیرا مارکارد و تروف به مفهوم رژیم انتقاد می‌کنند که گاه به مجموعهٔ قواعد اشاره دارد و در همان زمان گاه به جای سیستم به‌کار می‌رود، ولی گیلز تصریح می‌کند که سیستم به عناصر ملموس و قابل اندازه‌گیری (مصنوعات، سهم بازار، زیرساخت‌ها، مقررات و...) اشاره دارد، درحالی‌که رژیم ناظر به ساختارهای عمیق و ناملموس (باورهای مهندسان، روتین‌های پارادایم‌های سیاسی، انتظارات و نرّم‌ها) است. گرچه بیشتر در مقایسه و تلفیق‌های دورویکرد از رویکرد سیستم نوآوری فناورانه استفاده شده، در برخی پژوهش‌ها به رویکردهای دیگر مثلاً رویکرد منطقه‌ای نیز توجه شده است (Mattes et al., 2015).

وبر و روراگر (2012) مدعی هستند که جهت‌گیری مطالعات سیاست نوآوری، بیش از آنکه متوجه رشد اقتصادی باشد، به سمت چالش‌های اجتماعی است و اگرچه دیدگاه سیستم نوآوری رویکرد غالب در سیاست‌گذاری این حوزه است، تأکید در آن بر بهبود قابلیت بنگاه‌ها برای نوآوری و تنظیمات نهادی برای تولید نوآوری‌هاست. بنابراین، در این رویکرد، در چالش تحول سیستم‌های نوآوری، مثلاً در مواجهه با چالش‌هایی مثل تغییرات آب‌وهوایی، با محدودیت مواجه می‌شویم. وبر و روراگر برای ساختن مبانی منطقی<sup>۱</sup> راهنمای سیاست‌گذاری نوآوری، بر مبنای بینش‌های حاصل از تحلیل ساختاری سیستم نوآوری و رویکرد چندلایه‌ای، چارچوبی از شکست‌ها ارائه می‌دهند.

ولریو و راون مفهوم موتورهای محرک نوآوری را، به‌منزلهٔ بخشی از ادبیات سیستم‌های نوآوری فناورانه درحال ظهور، با مفهوم مسیره‌های گذار، که به‌صورت بخشی از ادبیات چارچوب چندلایه توسعه یافته است، در قالب سیستمی دینامیک توسعه می‌دهند؛ یعنی تلاش می‌کنند پویایی‌های یک سیستم فناوری نوآورانه درحال شکل‌گیری را در بستر مسیره‌های گذار مختلف بررسی کنند.

مثال‌های مذکور دربردارندهٔ تلاش‌های مهمی بوده‌اند برای استفاده هم‌زمان از بینش‌های حاصل از دو رویکرد اصلی به تغییر فناورانه و شکل‌گیری سیستم‌های فناورانه جدید، و به‌نظر می‌رسد در کنار توسعهٔ مجزای هر رویکرد، این هم‌گرایی نیز ادامه داشته باشد.

## نتیجه‌گیری

فرایندهای تحولات فناورانه حداقل از دو دیدگاه مختلف مشهور در ادبیات مطالعات نوآوری بررسی شده‌اند: گذار فناورانه مبتنی

## منابع

- Sociotechnical Transition Pathways". *Research Policy*, 36(3), pp. 399-417.
- Genus, A. and Coles, A. M. (2008). "Rethinking the Multi-Level Perspective of Technological Transitions". *Research Policy*, 37(9), pp. 1436-1445.
- Hekkert, M. P., R. A. A. Suurs, S. O. Negro, S. Kuhlmann and R. E. H. M. Smiths (2007). "Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analysing Technological Change". *Technol. Forecast. Soc. Change*, 74, pp. 413-432.
- Hellsmark, H. and Jacobsson, S. (2009). "Opportunities for and Limits to Academics as System Builders—The Case of Realizing the Potential of Gasified Biomass in Austria". *Energy Policy*, 37(12), pp. 5597-5611.
- Hoogma, R. (2002). *Experimenting for Sustainable Transport: The Approach of Strategic Niche Management*. Taylor & Francis.
- Hughes, Tomas P. (1987). "The Evolution of Large Technological Systems". In *The Social Construction of Technological Systems*, edited by W. E. Bijker, T. P. Huges and T. Pinch. Cambridge, The MIT Press.
- Kanger, L. and Schot, J. (2018). "Deep Transitions: Theorizing the Long-Term Patterns of Socio-Technical Change". *Environmental Innovation and Societal Transitions*.
- Kemp, R. P. M., A. Rip and J. W. Schot (2001). *Constructing Transition Paths through the Management of Niches*.
- Kemp, R. and Rip, A. (1998). "Technological Change". In S. Rayner and E. L. Malone (eds.), *Human Choice and Climate Change: An International Assessment*. Battelle Press Columbus, pp. 327-401.
- Kern, F. (2012). "Using the Multi-Level Perspective on Socio-Technical Transitions to Assess Innovation Policy". *Technological Forecasting and Social Change*, 79(2), pp. 298-310.
- Loorbach, D. (2010). "Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity based Governance Framework". *Governance*, 23(1), pp. 161-168.
- Markard, J. (2017). "Sustainability Transitions: باقری مقدم، ن. م. موسوی درچه، م. نصیری و ع. معلمی (۱۳۹۱). موتورهای محرک نوآوری: چارچوبی برای تحلیل پویایی سیستم نوآوری فناورانه. مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.
- Bergek, A., M. Hekkert, S. Jacobsson, J. Markard, B. Sandén and B. Truffer (2015). "Technological Innovation Systems in Contexts: Conceptualizing Contextual Structures and Interaction Dynamics". *Environmental Innovation and Societal Transitions*.
- Berkhout, F., A. Smith and A. Stirling (2004). "Socio-Technological Regimes and Transition Contexts". *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*. Edward Elgar, Cheltenham, 44(106), pp. 48-75.
- Bulkeley, H., H. Schroeder, K. Janda, J. Zhao, A. Armstrong, S. Y. Chu and S. Ghosh (2011). "The Role of Institutions, Governance and Urban Planning for Mitigation and Adaptation". *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda*, 62696, pp. 125-159.
- Carlsson, B., S. Jacobsson, M. Holmén and A. Rickne (2002). "Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues". *Research Policy*, 31(2), pp. 233-245.
- Elzen, B., F. W. Geels and K. Green (eds.) (2004). *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*. Edward Elgar Publishing.
- Geels, F. W. (2002). "Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: A Multi-Level Perspective and a Case-Study". *Research Policy*, 31(8), pp. 1257-1274.
- Geels, F. W. (2005). "Processes and Patterns in Transitions and System Innovations: Refining the Co-Evolutionary Multi-Level Perspective". *Technological Forecasting and Social Change*, 72(6), pp. 681-696.
- Geels, F. and Raven, R. (2006). "Non-Linearity and Expectations in Niche-Development Trajectories: Ups and Downs in Dutch Biogas Development (1973-2003)". *Technology Analysis & Strategic Management*, 18(3-4), pp. 375-392.
- Geels, F. W. and Schot, J. (2007). "Typology of

- Exploring the Emerging Research Field and Its Contribution to Management Studies". In *33rd EGOS Colloquium*, Copenhagen.
- Markard, J., J. Musiolik and M. Hekkert (2012). "Networks and Network Resources in Technological Innovation Systems: Towards a Conceptual Framework for System Building". *Technological Forecasting and Social Change*, 79(6), pp. 1032-1048.
- Markard, J., M. Hekkert and S. Jacobsson (2015). "The Technological Innovation Systems Framework: Response to Six Criticisms". *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, pp. 76-86.
- Mattes, J., A. Huber and J. Koehrsen (2015). "Energy Transitions in Small-Scale Regions—What We Can Learn from a Regional Innovation Systems Perspective". *Energy Policy*, 78, pp. 255-264.
- Musiolik, J. and Markard, J. (2011). "Creating and Shaping Innovation Systems: Formal Networks in the Innovation System for Stationary Fuel Cells in Germany". *Energy Policy*, 39(4), pp. 1909-1922.
- Negro, S. O., M. P. Hekkert and R. E. Smits (2007). "Explaining the Failure of the Dutch Innovation System for Biomass Digestion—A Functional Analysis". *Energy Policy*, 35(2), pp. 925-938.
- Perez, C. (2010). "Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms". *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), pp. 185-202.
- Raven, R., S. Van den Bosch and R. Weterings (2010). "Transitions and Strategic Niche Management: Towards a Competence Kit for Practitioners". *International Journal of Technology Management*, 51(1), pp. 57-74.
- Rotmans, J., R. Kemp and M. Van Asselt (2001). "More Evolution than Revolution: Transition Management in Public Policy". *Foresight*, 3(1), pp. 15-31.
- Safarzyńska, K. and Van den Bergh, J. C. (2010). "Demand-Supply Coevolution with Multiple Increasing Returns: Policy Analysis for Unlocking and System Transitions". *Technological Forecasting and Social Change*, 77(2), pp. 297-317.
- Smith, A., J. P. Voß and J. Grin (2010). "Innovation Studies and Sustainability Transitions: The Allure of the Multi-Level Perspective and Its Challenges". *Research Policy*, 39(4), pp. 435-448.
- Sondeijker, S., J. Geurts, J. Rotmans and A. Tukker (2006). "Imagining Sustainability: The Added Value of Transition Scenarios in Transition Management". *Foresight*, 8(5), pp. 15-30.
- Suurs, R. A. A., M. P. Hekkert and R. E. H. M. Smits (2009). "Understanding the Build-up of a Technological Innovation System around Hydrogen and Fuel Cell Technologies". *Hydrogen Energy*, 34, pp. 9639-9654.
- Suurs, R. A. A., M. P. Hekkert, S. Kiekeboom and R. E. H. M. Smits (2010). "Understanding the Formative Stage of Technological Innovation System Development: The Case of Natural Gas as an Automotive Fuel". *Energy Policy*, 38, pp. 419-431.
- Van de Poel, I. (2003). "The Transformation of Technological Regimes". *Research Policy*, 32(1), pp. 49-68.
- Weber, K. M. and Rohracher, H. (2012). "Legitimizing Research, Technology and Innovation Policies for Transformative Change: Combining Insights from Innovation Systems and Multi-Level Perspective in a Comprehensive 'Failures' Framework". *Research Policy*, 41(6), pp. 1037-1047.



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی