

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

فاطمه ثقفی^۱

ماندانا آزادگان مهر^۲

چکیده

ظهور فناوری‌های جدید فقط به معنی تغییر یا نسخ فناوری‌های موجود نیست، بلکه مقارن با ساختارها و تنظیمات اجتماعی جدیدی است. از این‌رو، مدیریت گذار فناورانه صرفاً به معنی حمایت از تحقیقات و توسعه فناوری‌های نو ظهور 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 نظری رویکرد سیستم‌های نوآوری (به‌ویژه رویکرد سیستم‌های نوآوری فناورانه) و رویکرد چندلایه‌ای است. نظریه‌پردازان بعضی از شاخه‌های مشتق از رویکرد چندلایه، یعنی مدیریت استراتژیک جاویه‌ها^۳ و مدیریت گذار یا توسعه‌های مفهومی سیستم‌های نوآوری فناورانه مثل موتورهای نوآوری، رویکردنی به مرتب تجویزی تر دارند. در این مقاله، با دیدگاه مقایسه‌ای، به سیر شکل‌گیری این رویکردها، اشتراک‌ها و افتراق‌ها و بنیان‌های نظری ای 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.

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

مقدمه

رویکردها و نظریه‌های متعددی شکل گرفته است. درواقع، 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, 2001; Rotmans et al., 2002; 2005; 2006; 2007; Elzen et al., 2004; Geels, 2005; Negro et al., 2007) و سیستم نوآوری (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، به‌سبب 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.

(Markard et al., 2012). 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 درواقع رویکردهای مربوط به تغییرات سیستم‌های فنی - اجتماعی، بهصورت 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^۷ به طور کلی برای بازه گسترهای از پدیده‌های تجربی به کار 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 واستگی 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 ظهر پژوهشی تبدیل شده‌اند^۸ (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 حمل و نقل با درشه و اسب به حمل و نقل با اتموبیل (Geels, 2002; 2004).

معمولًاً گذار به فناوری‌های جدید با مشکلاتی همراه است که ریشه در ساختارهای اجتماعی دارند و پدیده واستگی به مسیر و قفل‌شدنگی را در آن‌ها مشاهده می‌کنیم (Safarzyńska and Van den Bergh, 2010)، زیرا فناوری‌ها، هنگامی که به بلوغ می‌رسند، با سبک چندگی، فناوری‌های مکمل، مدل‌های کسب‌وکار و ساختارهای نهادی و سیاسی کاملاً درهم تبیین شده‌اند (Kemp and Rip, 1998).

بسیاری از این مشکلات با اقدامات سیاستی معمول به راحتی برطرف نمی‌شوند و حل آن‌ها مستلزم تغییرات سیستمی

تغییرات بنیادین در سیستم فنی - اجتماعی می‌انجامند) یک زمینه در حال رشد و پویای تحقیقاتی است که در آن تغییر از سیستم فنی - اجتماعی^۱ موجود به سیستم فنی - اجتماعی جدید مد نظر است. با توجه به اینکه فناوری‌های بالغ با سبک چندگی، فناوری‌های مکمل، مدل‌های کسب‌وکار، ساختارهای نهادی و حتی ساختارهای سیاستی درهم تبیین شده‌اند، قفل‌شدنگی^۲ و واستگی به مسیر اهم 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^۳ 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^۴ 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) به مطالعات پژوهشگرانی است که رویکرد مداخله‌جویانه بیشتری را دنبال می‌کنند و در جستجوی 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^۵ 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 و رویکرد چندلایه، پدیده‌های تجربی مشابهی به موازات هم بررسی می‌شوند (Markard et al., 2012). مخصوصاً از میان انواع رویکردهای سیستم نوآوری، سیستم‌های نوآوری فناورانه،^۶ 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;

۱. مشتمل بر شبکه‌هایی از مشارکت‌کنندگان (افراد، بنگاه‌ها، سایر سازمان‌ها و کشکران جمعی)، نهادها (هنجرهای اجتماعی و فنی، قوانین و استانداردها) و همچنین دانش، محصولات و زیرساخت‌های است (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 مرتب بررسی کرده‌اند که نشان‌دهنده ادبیات در حال شکل گیری 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 اقتصاددان تکاملی، یعنی نلسون و وینتر مطرح کردنده بار داشتند نوآوری‌های بنگاه به سمت گزینه‌هایی هدایت می‌شود که در سیستم فکری حاکم، به‌ظاهر 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^۱ 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 اکتسافی جست‌وجوی مهندسان در حوزه‌ای 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 کردنده بیشتر ناظر به روتین‌های شناختی داخل بنگاه بود. با توجه به همین انتقاد، کمپ و ریپ (1998) مفهوم رژیم فناورانه را بازتعریف کردن، به‌نحوی که در تعریف آن‌ها بیشتر تأکید بر جای‌گرفتن 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 همکاران (2001) را به‌منزله 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).

عمیق است. ابزارهای مالی مانند یارانه‌ها و مالیات، بالینکه لازم‌اند، معمولاً برای تغییر مسیر فناورانه کافی نیستند و موفقیت در گذار به این بستگی دارد که بتوان سیستم را در ابعاد گوناگون از قفل شدگی 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).

مطالعات گذار بر پایه دیدگاه سیستمی و بر مبنای نظریات تکاملی انجام می‌گیرند و پژوهشگران عمدتاً مسیرهای گذار را در قالب مطالعات موردي 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 بین‌الدین مقاومت می‌کنند و این قفل شدگی در سه بعد 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 کشگران و شبکه‌های اجتماعی سرمایه‌سازمانی و قدرت نهادینه را نمایندگی می‌کنند که این امر باعث می‌شود به جایگزین‌ها توجه نکند 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 سرسرخی 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 حمل و نقل، 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 سمبولیک 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 تعامل‌اند 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).



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

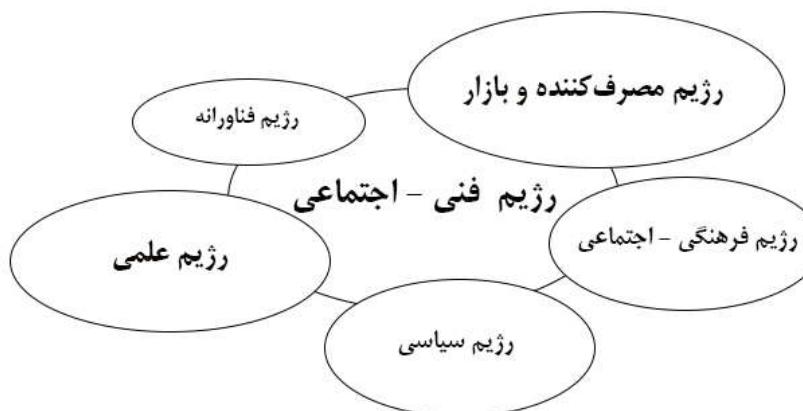
از آنجاکه فناوری در جوامع مدرن عنصری اصلی برای تحقق بخشیدن به کارکردهای اجتماعی است، منطق ایجاب می‌کند که میان تولید و اشاعة فناوری و استفاده از آن به منزله کارکرد فرعی تمایز قائل شویم. به این ترتیب، سیستم‌های فنی - اجتماعی شامل مصنوعات، دانش، سرمایه، نیروی کار و معانی فرهنگی خواهد بود (Geels, 2004). 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 مدنظر را در احاطه رژیم‌های دیگر با ارتباطات متقابل درنظر گرفت (شکل ۲).

کنگر و اسکات (2018) سیستم فنی - اجتماعی را پیکربندی‌ای از کشگران، فناوری‌ها و نهادهایی تعریف می‌کنند که برای تحقیق کارکردهای اجتماعی لازم‌اند، با تأکید بر اینکه سیستم‌های فنی - اجتماعی درواقع ظاهری^۱ یا رخ‌مانه^۲ 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 پا بر جا بماند.

۳. سیستم‌های فنی - اجتماعی

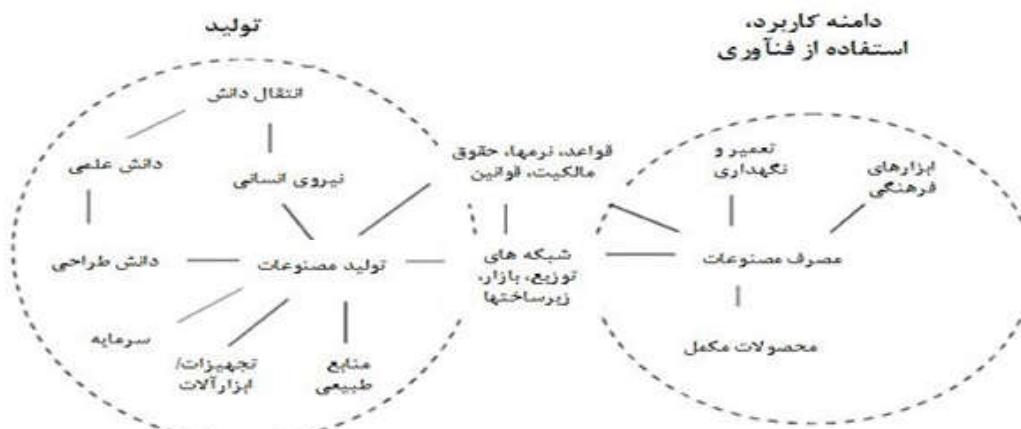
گیلز (2004) ادعا می‌کند که رویکردهای سیستم نوآوری بیشتر بر تولید و جایی که نوآوری‌ها ظهور می‌کنند تمرکز دارند، در حالی که اگر با دید سیستم فنی - اجتماعی به موضوع نوآوری و تغییر نگاه شود، دیدگاه جامع تری شکل می‌گیرد که در آن به تولید و اشاعة فناوری و همزمان استفاده از آن توجه می‌شود و سیستم‌های فنی - اجتماعی چنین تعریف می‌شود: «ارتباطات میان عناصر لازم که برای تحقیق بخشیدن به کارکردهای اجتماعی لازم‌اند». مارکار (2017) نیز عناصر سیستم فنی - اجتماعی را این‌گونه بر می‌شمرد: شبکه‌های کشگران (افراد، سازمان‌ها، انجمن‌ها، سازمان‌های مردم‌نهاد، مراجع دولتی و سیاست‌گذاران)، نهادها (نهجوارهای 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).

صاحب نظران رویکرد چندلایه‌ای، برمبنای ویژگی‌هایی که برای سیستم فنی-اجتماعی درنظر 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 علاوه‌بر اینکه بسیاری از گذارهای فناورانه از نظر تاریخی براساس آن تشریح می‌شوند، الهام‌بخش توصیه‌های مرتبط با مداخلات سیاستی و مسائل گسترش‌تر حکمرانی بوده و در شکل گیری مبحث «مدیریت استراتژیک جاویه‌ها» تأثیر فراوانی داشته است (Hoogma, 2002; Kemp and Rip, 1998).

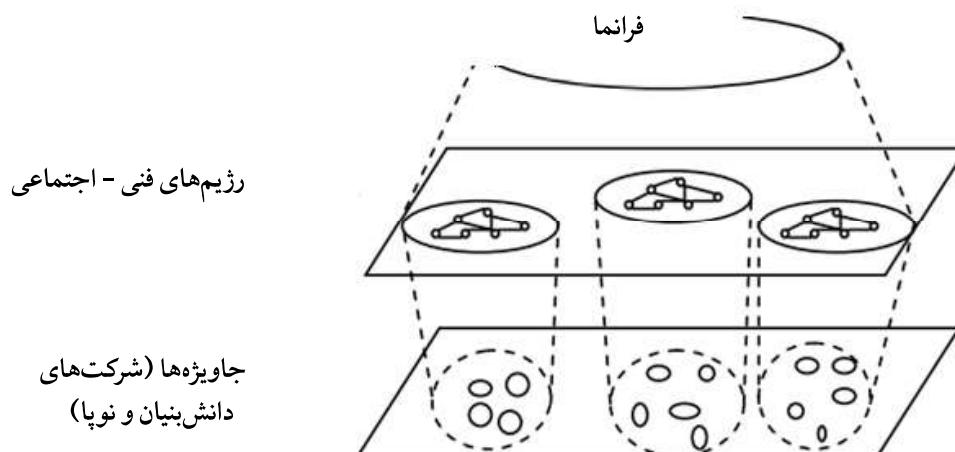
محور بحث در رویکرد چندلایه‌ای این است که رژیم‌ها و به تبع آن‌ها سیستم‌های فنی-اجتماعی در مقابل تغییر سرسختی نشان می‌دهند و مسیر مشخصی برای نوآوری و تغییرات تدریجی دیکته می‌کنند. هدف متفکران این رویکرد توضیح پویایی‌های گذار در قالب نوعی تفکر سیستمی است (Markard et al., 2017). براساس این مدل، فعل و انفعالات صورت گرفته در نظام فنی-اجتماعی در سه سطح عمده برسی می‌شود و امکان و نحوه ظهور نوآوری و چگونگی گذار و تحول سیستمی مشخص می‌گردد. این سه سطح در سلسله‌مراتب درهم‌تنیده با هم در ارتباط‌اند (Rotmans et al., 2001; Geels, 2002).

سطح خرد (میکرو) مشکل از جاویه‌ها (فضاهای انکوباتوری) است که جایگاه ظهور نوآوری‌های رادیکال‌اند (فرایند توعی‌بخشی 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 فضاهای اهمیت

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

در واقع، 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 یینش‌هایی حاصل از جامعه‌شناسی فناوری (Hughes, 1987) ترکیب می‌شود. شکل ۳ در برداشتن 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 تغییر ناپذیر نیست و محور بسیاری از مطالعات این حوزه ظهور رژیم‌های جدید و تغییردادن رژیم‌های مستقر است (Markard et al., 2012).

اگرچه بنگاه‌ها کنیشگران 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 در بر می‌گیرد. هر گروه اجتماعی مشخصه‌های خاص خود را دارد. اعضای این گروه‌ها مفروضات ذهنی، ارزش‌ها، نرم‌ها، 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 شناختی ای که باعث می‌شوند مهندسان به خارج از حوزه تمرکز خود توجه نکنند. مقررات و استانداردها و پذیرش سبک زندگی خاص سیستم فنی و سرمایه‌گذاری‌های سنگین در زیرساخت‌ها و شایستگی‌ها

شکل ۴: سلسله مراتب در هم تبیه سطوح^۱ (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 درنتیجه آن، منابع لازم برای تخصصی شدن فنی فراهم می‌شود. مهندسان به تدریج قواعد جدید را وضع می‌کنند و مسیر فناورانه مختص فناوری شکل می‌گیرد.

۳. فناوری در سطحی گسترده انتشار می‌یابد و رژیم جدید با رژیم موجود وارد رقابت می‌شود. غالباً فناوری از یکسو 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 وسیع تر رژیم فنی - اجتماعی همراه است و البته مستلزم طی شدن زمان طولانی است.

فلاش‌هایی که نوک آن‌ها به سمت سطح جاویزه است دلالت بر این دارند که ادارک کنشگران جاویزه و اندازه شبکه‌های حمایتی متاثر از توسعه رژیم وسیع تر و سطح فرانماست. نفوذ و گسترش فناوری‌های جدید نتیجه روابط فرایندی در سطوح مختلف است. بنابراین، نفوذ و گسترش به شرایط سطح رژیم و فرانما بستگی دارد. این سطح 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 می‌یابد. درواقع، جاویزه‌ها فضاهای محافظت شده 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^۲ از رژیم‌های فنی - اجتماعی تشکیل می‌شود (درواقع، مفهوم گذار بیشتر به معنی تغییر در این سطح، یعنی تغییر از رژیم فنی - اجتماعی به رژیم فنی - اجتماعی دیگر است). معنای سلسله مراتب تودرتو در رویکرد چندلایه‌ای همین جایگرفتن رژیم فنی - اجتماعی در دل جاویزه‌ها و سطح فرانما و احاطه‌شدن همراه ارتباطات متقابل با آن‌هاست (Geels 2002, 2005).

درنهایت، در سطح فرانما^۳ مجموعه متغیرهای زمینه‌ای بررسی می‌شود مانند زیرساخت‌های مادی، شرایط و فرهنگ سیاسی، ارزش‌های اجتماعی، پارادایم‌ها، اقتصاد کلان، ویژگی‌های جمیعت‌شناسنخی و محیط طبیعی که مستقل و بسیار کند تغییر می‌کنند و در فرایندهای گذار تأثیر می‌گذارند (Rotmans et al., 2001).

عامل 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^۴ هنوز شکل نگرفته، بلکه فرم‌های متنوع فنی^۵ (گزینه‌های فنی متعددی وجود دارد) درحال تکامل و رقابت برای دستیابی به عملکرد بهترند.

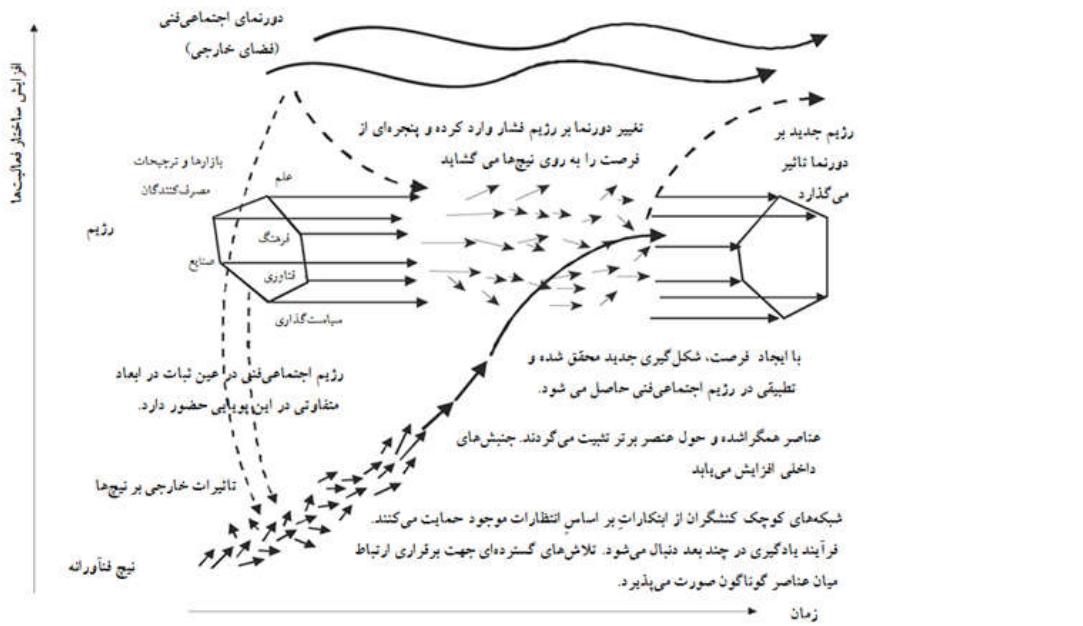
۱. در چارچوب چندسطحی، گذارهای فناورانه را در حکم فرایندهای تعاملی تغییر در سطح خرد (جاویزه‌ها) و سطح میانی (رژیم‌های فنی - اجتماعی) درنظر می‌گیرند که هر دو در نمای کلی گسترده‌تری از عوامل در سطح کلان جاسازی شده‌اند (Geels, 2002; 2005).

2. Meso Level

3. Landscape

4. Dominant Design

5. Technical Forms



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

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

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

برخی متفکرین این میزان تأکید بر نقش جاویزه‌ها را افراطی می‌دانند و برآن اند که رویکردهایی چون رویکرد چندلایه بیشتر توصیفی‌اند و عوامل دیگری به جز نوآوری‌هایی که در جاویزه‌ها بروز می‌یابند در گذار فناورانه مؤثرند (Berkhout et al., 2004). برخوت و همکاران (Ibid. 2004) و نیز اسمیت و همکاران (2010) یک گونه‌شناسی از بسترهای گذار ارائه داده‌اند که بیان‌گر مسیرهای گذار جایگزین محتمل است.

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

این روند را تسریع کنند (Geels, 2005).

مفهوم جاویزه در رویکرد چندلایه‌ای و بیشگی‌های مختص آن خود موجب شکل گیری شاخه جدیدی در مطالعات شده است: مدیریت استراتژیک جاویزه‌ها.

۴-۱. مدیریت استراتژیک جاویزه‌ها

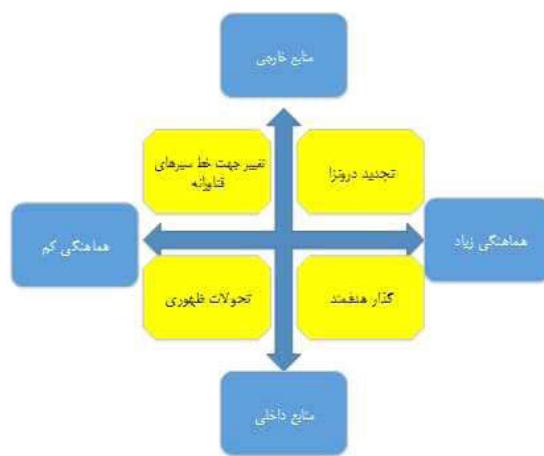
محور اصلی مطالعات این شاخه این واقعیت است که فناوری‌های جدید، وقتی ظهور می‌کنند، عملکرد نسبتاً ضعیفی دارند، هزینه‌های آن‌ها نسبتاً زیاد است و درباره کارکرد و شکل دقیق آن‌ها اطمینان چندانی نیست، ضمن اینکه شبکه باشتابی که از فناوری حمایت کند وجود ندارد. از این‌رو، فناوری جدید نمی‌تواند فوراً با رژیم فناوری موجود، که باسته به مسیر است، رقابت کند. بنابراین، مطالعات مدیریت استراتژیک جاویزه‌ها 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 جاویزه‌ها موفقیت آمیز و با میزان بیشتری هزینه-عملکرد همراه باشند، می‌تواند به جریان غالب بازار وارد شود. از منظر تکاملی، پژوهه‌های آزمایشی میان محیط تنوع‌بخشی و انتخاب تعامل برقرار می‌کنند و به کاربران، سیاست‌گذاران و گروه‌های ذی نفع این امکان را می‌دهند که به توسعه‌دهنده‌گان فناوری بازخورد ارائه دهند. بنابراین، چنین پژوهه‌هایی بستر لازم برای تعامل میان بازیگران و ساخت شبکه‌های اجتماعی را فراهم می‌کنند و در

• تحولات ظهوری: نتیجهٔ 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

دستهٔ دیگر مطالعات که صاحب‌نظران آن‌ها مداخلهٔ 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., 2012; Raven et al., 2010; Loorbach, 2010).

اصل راهنمای در این شاخه این است که سکتورهای موجود سیستم‌های اجتماعی پیچیدهٔ تطابق‌پذیر درنظر گرفته می‌شوند و از فرایندهای حکمرانی تکاملی برای مدیریت تغییر و گذار فناورانه استفاده می‌شود. مدیریت گذار ممکن است سطوح مختلف داشته باشد؛ مثلاً گذارهایی در سطح محلی مثل شهرها نیز بررسی شده‌اند (Bulkeley et al., 2011). به‌حال، متغیران



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، ۲۰۱۶، بر مبنای Geels and Scoht, 2007)

تعاملات	بازیگران اصلی	
زمانی که اساساً TIS جدید شکل نگرفته و فشار از سطح فرآنما 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، به‌کندي و با بدینين نگاه می‌شود	بازیگران رژیم و بازیگران بیرونی	مسیر تحول ^۱
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 جاویزه‌های جدید	انجام عمل و تنظیم مجدد ^۲
در این حالت فشار از سطح فرآنما 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 می‌پردازنند	بنگاه‌های مستقر در مقابل بنگاه‌های جدید	جانشینی فناورانه ^۳
فشار سطح فرآنما 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	بازپیکربندی ^۴

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) برآن اند که رویکرد سیستم نوآوری فناورانه دو پیشگی دارد که آن را از سایر رویکردها متمایز می‌کند: استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار در حکم جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه، و تمرکز بر پویایی نظام، به طوری که 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: بعد ساختاری ناظر به کنشگران و موجودیت‌هایی است که باید در تعامل با هم قرار بگیرند و بعد کارکردی به توضیح فرایند‌های 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 راه حل‌ها 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 در حال 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 بگاه‌ها و سایر سازمان‌های مربوط
۳. شکل‌گیری شبکه‌ها
۴. هم‌راستایی نهادی.

این فرایندها و استگی و ارتباطات متقابل دارند. در واقع، تکامل یک سیستم نوآوری فناورانه جدید فرایند بازیکردنی اجزایی است که در حال همتکاملی اند. 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 عمل محور را برای تأثیرگذاری در مسیرهای گذار در پیش می‌گیرند و در نقطه ورود و مداخله، چنان‌که در رویکرد مدیریت استراتژیک جاویه‌ها معمول است، صرفاً بر جنبه‌های فنی تأکید نمی‌کنند (Loorbach, 2010).

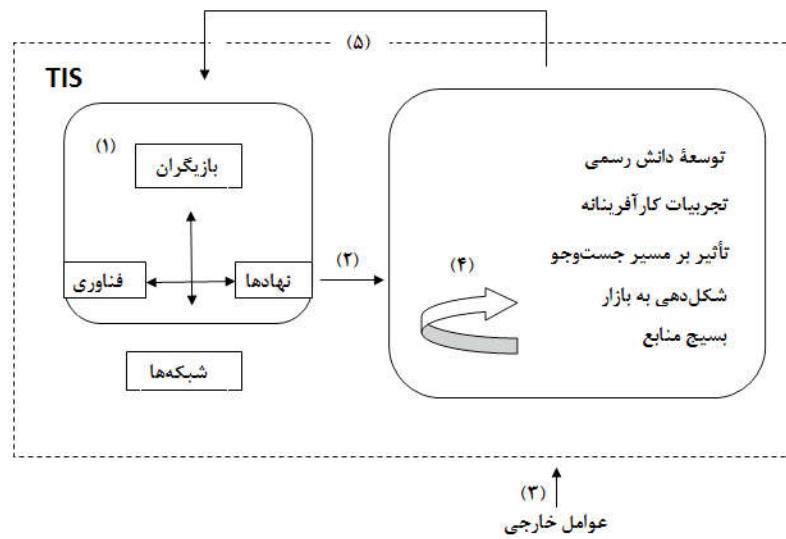
۴-۳. نقدهایی بر رویکرد چندلایه‌ای در تشریح گذارهای فناورانه

نظریه‌پردازان رویکرد چندلایه‌ای ادعا می‌کنند که نحوه تعامل سه سطح جاویه‌ها، رژیم‌ها و فرآنما بیانگر خصوصیات گذار است، اما واقعیت بیرونی تصویر همگنی را که رویکرد چندلایه‌ای به تصویر می‌کشد بهشت نقص می‌کند. در یک زمان جاویه‌های 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 جاویه، رژیم و فرآنما دشوار است.
 - هم‌زمان رژیم‌ها و جاویه‌های چندگانه در حال تعامل‌اند.
 - عملی‌سازی تجربی مفاهیم مطرح شده 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 پیشran‌های 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 فائق‌آمدن 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 ارتباط‌داشتن 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، عمده‌تاً رویکرد سیستم‌های نوآوری فناورانه برای توضیح و تبیین شکل‌گیری فناوری‌های نوظهور و تغییرات فناورانه یا ساخت سیستم



(Hellmark and Jacobsson, 2009)

بازکردن جعبه‌سیاه 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 پتنها، 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 به‌وضوح بیان نمی‌کند چطور تغییرات ساختاری را برای توسعه و پذیرش نوآوری درک کنیم.

رویکردهای سیستم نوآوری، با اینکه 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، به رغم مقبولیت یافتن رویکرد سیستمی در زمینه سیاست علم و فناوری، نقدهایی در مورد ایستایی رویکرد سیستم‌های نوآوری مطرح است و به صورت محدود در فناوری‌های نوظهور و سیستم‌های در حال شکل‌گیری از آن استفاده شده است (Hekkert et al., 2007).

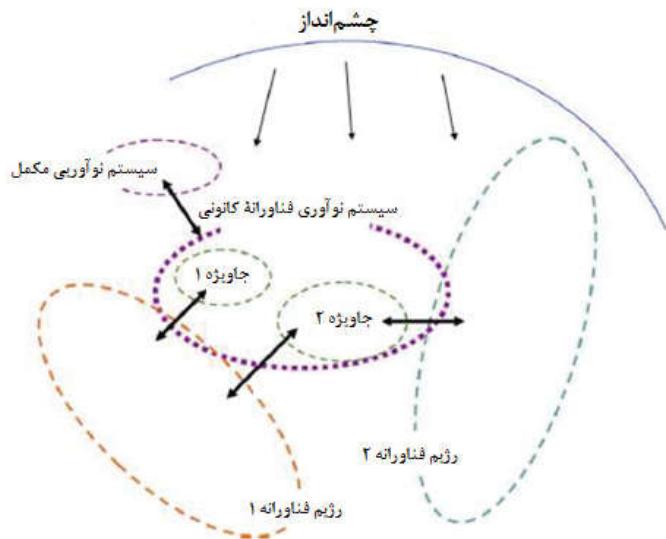
با وجود چنین نقدهایی، همان‌طور که مارکارد و همکاران (2015) در پاسخ به انتقادات وارد بر سیستم‌های نوآوری فناورانه مطرح می‌کنند، بعضی نویسندهای از سیستم نوآوری در سطح فناورانه در حکم دیدگاهی استراتژیک برای ساخت سیستم به خوبی استفاده کرده‌اند.

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 تأخیر را برای کارکردها در نظر می‌گیرند و آن را «موتور محرک نوآوری» نام می‌نهند.

این موتورها با مراحل توسعه سیستم نوآوری متأثر درنظر گرفته می‌شوند و عبارت‌اند از موتور محرک علم و فناوری، موتور محرک کارآفرینی، موتور محرک شکل‌دهی به سیستم و موتور محرک بازار. درواقع، 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

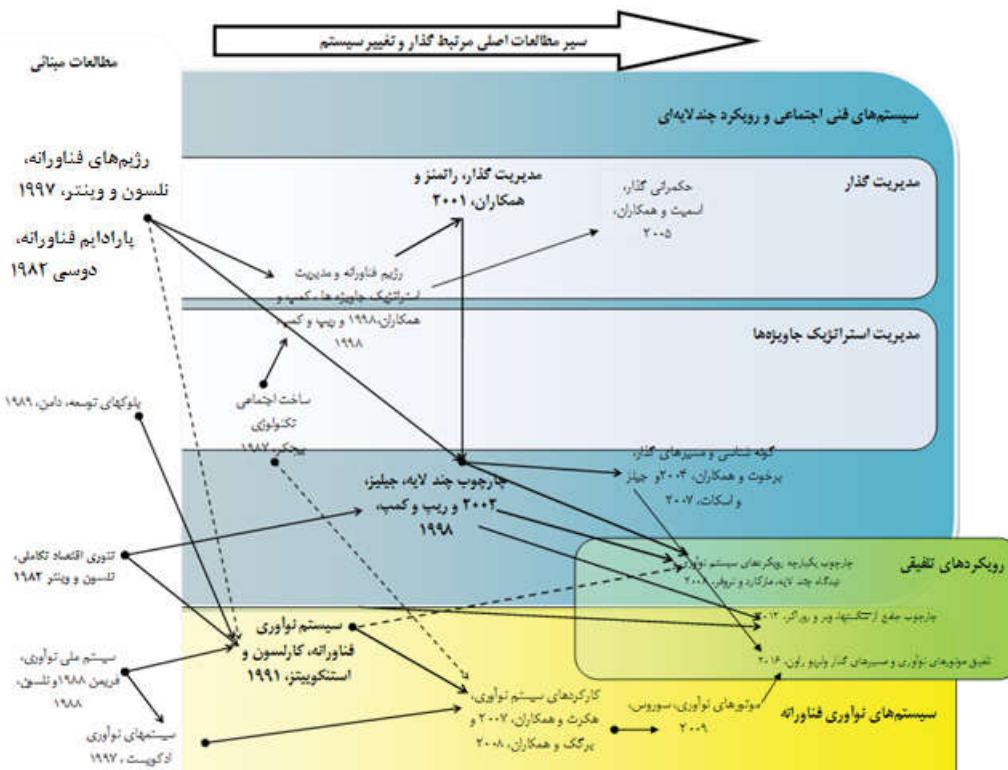
تقریباً از نخستین مراحل شکل‌گیری مطالعات گذار فناورانه، پژوهشگران این حوزه به مقایسه رویکردهای سیستم نوآوری با رویکرد چندلایه‌ای مبتنی بر سیستم‌های فنی - اجتماعی پرداخته‌اند؛ مثلاً گیلز (2004) عملاً رویکرد سیستم‌های بخشی نوآوری را در مقایسه با رویکرد سیستم‌های فنی - اجتماعی نقد می‌کند، با طرح ادعاهایی 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

اخيراً 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 2012 Weber and Rohracher).



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

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

از قابلیت‌های بارز رویکرد چندلایه‌ای این است که فرایندهای گذار را می‌توان از طریق تعامل سازوکارهای پایدارکننده از یکسو 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 تروفر، 2008).

مفهوم سیستم نوآوری بر ماهیت مکمل و بهم‌واسطه 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 چار نزدیکی‌بینی می‌شوند. نوآوری‌ها حاصل عملکرد سیستم تلقی می‌شوند و تأثیر سازوکارهای خارج سیستم در تحلیل وارد نمی‌شود (مارکارد و تروفر، 2008).

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

در شکل ۸ چارچوب تلفیقی مارکارد و تروفر (2008) نشان داده شده است. ادعای نویسندها این است که این چارچوب امکان درنظرگرفتن 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 تعامل اند و در تولید و اشاعه انواع فناوری‌ها یا محصولات جدید و استفاده از آن‌ها مشارکت دارند.

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 بهم 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.

ویر و روراکر (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 چندسطوحی اینکه پژوهشگران هر دو حوزه معمولاً دیدگاهی بینرشته‌ای دارند و خواص بافتارهای فاصله‌ای و تاریخی را درنظر می‌گیرند. درنهایت، هر دوی این چارچوب‌ها به چندین سال توسعه نظری و مورکداوی‌های 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... برای مدیریت این نوع گذارها تلاش بسیاری شده است (Sondeijker et al., 2006; Rotmans et al., 2001; Loorbach, 2010).

مارکارد و تروفر (2008) می‌گویند که در مقایسه قوت‌ها و ضعف‌های دو رویکرد، رویکرد چندسطوحی، اگرچه صاحب‌نظران آن به سطح فرانما و چشم‌انداز کلی فضای تحلیل برای شوک‌های خارجی و تحولات ساختارشکن توجه کرده‌اند و برهم‌کنش ثبات رژیم و بی‌ثباتی حاصل از فشار از سطح فرانما و جاویژه‌ها تا حد زیادی می‌باشد. 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

بر سیستم‌های فنی - اجتماعی، و سیستم‌های نوآوری. این دو رشتہ ظاهراً مستقل از هم‌اند، ولی هدف از هر دوی آن‌ها توضیح تجربی پدیده‌های مشابه است، و بر پایه زمینه‌های مفهومی مشترکی بنا شده‌اند. در هر دوی آن‌ها اهمیت شیوه‌ها و فرایندهای یادگیری با نقش حیاتی نهادها در فرایندهای نوآوری موفق نشان داده می‌شود، آثاری مثل وابستگی به مسیر، قفل شدنگی، وابستگی متقابل، غیرخطی بودن و پویایی‌های تعاملی تأیید می‌شود و به طور کلی هر دو مفهوم ریشه در نظریه پردازی 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 به علت وجود مسائل اجتماعی، فرهنگی، زیرساختی یا قانونی ممکن است بهره‌برداری نشود، چراکه سیستم‌های موجود در وضعیت قفل شدنگی قرار می‌گیرند. بنابراین، منظور از مطالعات گذار و بهویژه رویکرد چندلایه راه‌اندازی سیستم‌های نوآوری در زمینه مربوط به آن است و در آن‌ها بر تکامل همزمان جامعه و فناوری تأکید می‌شود. به طور 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 عرضه نوآوری و فناوری جدید را توضیح می‌دهد و از تقاضا غفلت می‌ورزد. همچنین، کمتر بر چگونگی پذیرش نوآوری تولیدشده در اجتماع تمرکز دارد، درحالی که 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 رغم بعضی، مخصوصاً هنگامی که تغییرات بلندمدت و همه‌جانبه‌ای مثل گذار به فناوری‌های پایدار مدنظر باشد، رویکرد سیستم‌های فنی - اجتماعی و دیدگاه چندلایه‌ای جامع‌تر عمل می‌کنند. اما این رویکرد نیز با انتقادات روش‌شناسخانه دیگری مواجه است، از جمله عملی‌سازی تجربی مفاهیم، وجود همزمان رژیم‌ها و جاویذه‌های درحال تعامل و روابط پیچیده میان سطوح و مسائل حکمرانی.

به هر تقدیر، هرکدام از رویکردها و شاخه‌های مطرح شده بینش‌هایی به دست می‌دهند که شاید توجه به آن‌ها در زمینه تبیین تغییرات فناورانه و شکل‌گیری سیستم‌های فناوری جدید و به تبع آن ارائه منطق سیاست‌گذار نوآوری راه‌گشا باشد. سیر مطالعات اخیر نشان می‌دهد پژوهشگران جدیدی تلاش دارند بینش‌های حاصل از هر دو دیدگاه را همزمان به کار گیرند تا جنبه‌های پیچیده تغییر و شکل‌گیری سیستم‌های نوآوری جدید، در بستر نهادی و اجتماعی‌شان، بیش از پیش قابل درک شوند.

در مدل تلفیقی مارکارد و تروفر، تجمیع مفاهیم بسیار مرتبط و نزدیک دو رویکرد بسیار ارزشمند و شایان توجه است. البته نویسنده‌گان اذعان می‌دارند که باید در زمینه به کارگیری این چارچوب جدید، مطالعات تجربی انجام بگیرد تا امکان توسعه و بهبود آن فراهم شود (مارکارد و تروفر، 2008). گیلز (2011) بعضی از مفاهیم و نتایج این پژوهش را نقد می‌کند، زیرا مارکارد و تروفر به مفهوم رژیم انتقاد می‌کنند که گاه به مجموعه قواعد اشاره دارد و در همان زمان گاه به جای سیستم به کار می‌رود، ولی گیلز تصریح می‌کند که سیستم به عناصر ملموس و قابل اندازه‌گیری (مصنوعات، سهیم بازار، زیرساخت‌ها، مقررات...) اشاره دارد، در حالی که رژیم ناظر به ساختارهای عمیق و ناملموس (باورهای مهندسان، روتین‌های پارادایم‌های سیاستی، انتظارات و نُرم‌ها) است. گرچه بیشتر در مقایسه و تلفیق‌های دوریکرد 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 روراکر (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 آب‌وهواهای، با محدودیت مواجه می‌شویم. برو و روراکر برای ساختن مبانی منطقی¹ راهنمای سیاست‌گذاری نوآوری، برمبنای بینش‌های حاصل از تحلیل ساختاری سیستم نوآوری و رویکرد چندلایه‌ای، چارچوبی از شکست‌ها ارائه می‌دهند.

ولربیو و راون مفهوم موتورهای محرك نوآوری را، به منزله بخشی از ادبیات سیستم‌های نوآوری فناورانه درحال ظهور، با مفهوم مسیرهای گذار، که به صورت 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 مسیرهای گذار مختلف بررسی کنند.

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

نتیجه گیری

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. Hughes 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: باقی 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. Smiths (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.

