مدیریت نوآوری

نشریه علمی
مدیریت نوآوری
سال یازدهم، شماره٤، زمستان ١٤٠١
صفحه ٥٤ - ٢٣

گونه‌شناسی گذارهای فنی- اجتماعی با رویکرد فراتحلیل محتوا- تطبیق مسیرهای جدید با شواهد

سمانه کریمی[1]، فاطمه ثقفی [2*]، سپهر قاضی نوری[3]

تاریخ دریافت: ١٤٠١/٠٣/٠٤ تاریخ پذیرش: ١٤٠٢/٠٢/٠٩

چکیده

تئوری گذار عمدتاً به‌منظور حرکت از یک فناوری غالب به‌سوی یک فناوری جدید و نوآورانه مورداستفاده قرار می‌گیرد. مطالعات گونه‌شناسی مسیرهای گذار نشان داده گذار به فناوری‌های جدید شامل چهار مسیر اصلی است. اما در برخی مطالعات به بازنگری در این خصوص و احتمال وجود مسیرهای دیگر تأکید شده است. لذا هدف مطالعه تشریح گونه‌شناسی مسیرهای گذار با مرور ادبیات و شناسایی مسیرهای احتمالی است.

روش مطالعه، مرور نظام‌مند ادبیات با رویکرد فراتحلیل محتوایی بود. جامعه آماری، مقالات با موضوع گونه‌شناسی مسیرهای گذار بوده که طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲ چاپ‌شده است. مسیرهای گذار در میان مقالات منتخب براساس ٢٤ ویژگی مقایسه شدند که این ویژگی‌ها نیز از مرور نظام‌مند ادبیات اقتباس شد. درنهایت براساس این ویژگی‌ها و به خصوص سه ویژگی اصلی (فشار دورنما، بلوغ کنام و مقاومت رژیم)، ۱۲ مسیر گذار جدید شناسایی شد. مسیرهای کشف‌شده شامل ۵ مسیر اصلی (بازتولید، دگرگونی، جایگزینی فناورانه، پیکره‌بندی مجدد و فروپاشی و بازآرایی) هستند که هر یک به دو مسیر تدریجی و اساسی دسته‌بندی شدند و نیز دو مسیر ترکیبی، فروپاشی و بازآرایی/ جایگزینی فناورانه که به‌صورت متوالی یا هم‌زمان اتفاق می‌افتد و مسیر پیکره‌بندی مجدد تدریجی و دگرگونی تدریجی هم‌زمان.

واژگان کلیدی: گونه‌شناسی، مسیر گذار، رژیم فنی- اجتماعی، دیدگاه چندسطحی

١- دانشجوی دکترای سیاستگذاری علم و فناوری دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران
٢*-دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران./نویسنده مسئول مکاتبات fsaghafi@ut.ac.ir
٣- استاد گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۱- مقدمه

گذارها فرآیندهای تحولی بلندمدت (معمولاً ۵۰-۲۵ سال) هستند که طی آن‌ها جامعه طی چند دهه یا چند نسل به‌طور اساسی تغییر می‌کند (Rotmans, Kemp & Van Asselt, 2001)؛ آن‌ها نتیجه تکامل هم‌زمان تحولات فناورانه، نهادی، فرهنگی، اکولوژیکی و اقتصادی در سطوح مختلف هستند (Loorbach & Rotmans, 2010). روتمنز و همکاران (۲۰۰۱) گذار را به‌عنوان «روند تدریجی و مداوم تغییر درجایی که ویژگی ساختاری یک جامعه (یا زیرسیستم پیچیده جامعه) تغییر می‌کند، تعریف می‌کنند.» گذارها یکنواخت (واحد) نیستند و فرایند گذار نیز قطعی نیست: تفاوت‌های زیادی در مقیاس تغییرات و دوره‌ای که گذار در آن رخ می‌دهد وجود دارد. گذار شامل طیف وسیعی از مسیرهای توسعه احتمالی است که جهت، مقیاس و سرعت سیاست دولت می‌تواند بر آن‌ها تأثیر بگذارد، اما هرگز به‌طور کامل کنترل نمی‌شوند (Rotmans, Kemp & Van Asselt, 2001). مسیرهای گذار شکلی از سناریوهای فنی-اجتماعی هستند که به‌دنبال توسعه بالقوه آینده سیستم‌های فنی- اجتماعی از طریق تعاملات بین فرآیندهای در حال حرکت در سه سطح هستند (کنام، رژیم، دورنما) شناسایی می‌شوند (Barton, & et al, 2018). در میان محققین مختلف گیلز و اسکات (۲۰۰۷) تفسیر ظریفی از مسیرهای گذار در قالب گونه‌شناسی مسیرهای گذار ارائه داده و شش مسیر نظری گذار را مشخص کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از ترکیبی از دو معیار زمان‌بندی تعاملات و ماهیت تعاملات، این گزاره‌ها را ایجاد کردند:

بازتولید، دگرگونی، پیکره‌بندی مجدد، جایگزینی فناورانه، و فروپاشی و بازآرایی (تغییر تراز و هم‌ترازی مجدد). گزاره ششم به دنباله‌ای از مسیرهای گذار می‌پردازد، یعنی چگونه گذارها ممکن است با یک مسیر شروع، اما به مسیرهای دیگر منتقل شوند. در بیشتر مطالعات گذار، به بررسی آن از دیدگاه چندسطحی و یا تئوری مدیریت گذار نظام نوآوری فناورانه پرداخته‌شده است. ولی تشریح گونه‌شناسی گذار کمتر انجام‌شده و تحقیقاتی هم که در این خصوص صورت گرفته بیشتر به‌دنبال کشف مسیر گذار از میان مسیرهای شناخته‌شده برای انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم حمل‌ونقل و گاهاً صنایع دیگر بوده است. شکاف تحقیقاتی موجود این است که، به سایر مسیرهای احتمالی ورای مسیرهای شناخته‌شده فعلی توجهی نشده و نیاز به انجام تحقیقاتی برای استخراج مسیرهای محتمل است (Barton & et al, 2018, Judson, Fitch-Roy, Mitchell, 2020, Wells & Lin, 2015, Kanger, 2021). حتی در برخی مطالعات ترکیبی از مسیرهای شناخته‌شده برای گذار یک سیستم یا صنعت جدید تعیین‌شده که متفاوت از هر یک از مسیرها به‌تنهایی است که زمینه

را برای مطالعه بیشتر فراهم می‌کند. اکتشاف مسیرهای جدید مستلزم تعیین ویژگی‌های هر یک از آن‌ها با بررسی عمیق و انتقادی متون و مطالعات موردی در زمینه مسیرهای گذار است. باتوجه به موارد پیش‌گفت هدف این مطالعه تشریح گونه‌شناسی مسیرهای گذار اجتماعی–فنی و اکتشاف مسیرهای جدید گذار تعیین شد.

۲- مبانی نظری

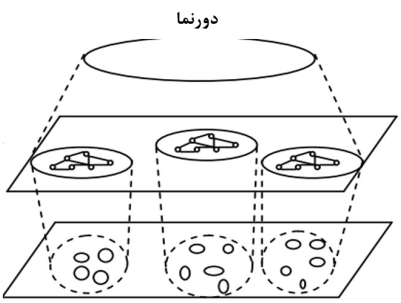
گذار که ریشه در مفاهیم زیست‌شناختی و پویایی‌های جمعیتی دارد می‌تواند به‌عنوان فرایند تغییر پیوسته و تدریجی تعریف شود که در آن ساختار اجتماع یا ترکیبی از سیستم‌های فرعی اجتماع متحول می‌شود (Rotmans, Kemp, & Van Asselt, 2001). معمولاً مطالعات گذار با دیدگاه سیستمی صورت می‌گیرند و بر مبنای نظریات تکاملی هستند و مسیرهای گذار معمولاً به‌وسیله موردکاوی‌های واحد توسط نویسندگان مختلف در پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Geels & Schot , 2007). مسیرهای گذار با دیدگاه چندسطحی پیوندی عمیق داشته و تعریف مسیرها و ویژگی‌های آن‌ها عمدتاً با بهره‌گیری از دیدگاه چندسطحی گذار صورت می‌گیرد. لذا در ادامه ضمن اشاره به مدل مذکور، انواع مسیرهای گذار شناخته‌شده توضیح داده می‌شود.

۲-۱- انواع مسیرهای گذار و دیدگاه چندسطحی

اولین بار برخوت و همکاران (۲۰۰٤) برای گونه‌شناسی مسیرهای گذار چارچوبی ارائه دادند که در آن بسته به میزان هماهنگی برنامه‌ریزی‌شده و میزان به‌کارگیری منابع خارجی یا داخلی چهار مسیر گذار بالقوه تعیین شد (Berkhout, Smith, & Stirling, 2004).

اسمیت و همکاران (۲۰۰۵) نیز زمینه‌های گذار را به‌عنوان تابعی از درجه هماهنگی پاسخ‌ها به فشارهای انتخاب و مکان منابع توافقی، در قالب یک ماتریس ارائه دادند که شامل جهت‌گیری مجدد مسیرها، بازسازی درون‌زا، دگرگونی نوظهور و گذار هدفمند بوده است. آن‌ها معتقدند «جهت‌گیری مجدد مسیرها» زمانی اتفاق می‌افتد که از طرف رژیم یک واکنش با هماهنگی کم وجود داشته باشد. وقتی پاسخ از خارج رژیم می‌آید و بسیار هماهنگ است، دگرگونی یک «گذار هدفمند» است. « دگرگونی نوظهور» پاسخی ناهماهنگ از سوی بازیگران خارج از رژیم به فشارهای انتخابی است که بر آن اعمال می‌شود. به‌عنوان‌مثال، گذار بخش چوب مبتنی بر زغال‌سنگ به انرژی مبتنی بر نفت و گاز. ازنظر آن‌ها، حکومت به‌دنبال تأثیر بر فشارهای انتخابی است که رژیم‌ها و ظرفیت

سازگاری آن‌ها در معرض آن قرار می‌گیرند (Smith, Stirling & Berkhout, 2005). به‌دنبال آن گیلز و اسکات (۲۰۰۷) تفسیر ظریف‌تری از مسیرهای گذار ارائه دادند مبتنی بر اینکه آیا فشارها از سطح کنام یا دورنما ، مخرب یا تقویت‌کننده بودند و آیا نوآوری‌ها به‌طور موفقیت‌آمیزی بلوغ یافتند یا خیر. آن‌ها شش مسیر نظری احتمالی را که از تجزیه‌وتحلیل موجه موارد واقعی ناشی می‌شد، مشخص کردند (P0 -P5) که عبارتند از: بازتولید، دگرگونی، جایگزینی فناورانه، پیکره‌بندی مجدد، فروپاشی و بازآرایی و نهایتاً دنباله مسیرهای گذار (Geels & Schot , 2007). لیندبرگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز مسیرهای گذار را بر اساس درجه پایداری و تخریب تشریح کردند (Lindberg, Markard &Andersen, 2019). بنابراین در تجزیه‌وتحلیل گذارها، تفکیک مفاهیم گذار بر اساس نوع آن‌ها بسیار مهم است. مطالعه مسیرهای گذار و تعیین ویژگی‌های آن‌ها عمدتاً بر اساس دیدگاه چندسطحی[1] (MLP) صورت گرفته است. این مدل، فعل‌وانفعالات صورت گرفته در نظام‌های اجتماعی- فنی را در سه سطح عمده بررسی نموده و امکان و نحوه رخداد نوآوری و چگونگی گذار و تحول سیستمی را مشخص می‌نماید. این سه سطح در سلسله‌مراتب درهم‌تنیده، باهم ارتباط متقابل دارند (مطابق شکل (۱)) که عبارتند از: دورنما، رژیم و کنام[2] (Rotmans, Kemp & Van Asselt, 2001)، (Geels, 2002).



شکل (۱): سلسله‌مراتب درهم‌تنیده سطوح (Geels, 2005)، (Geels, 2002)

دورنما، ارزش‌های گسترده‌تر سیاسی، اجتماعی و فرهنگی و نهادهایی که ارتباطات ساختاری عمیق یک اجتماع را شکل می‌دهند، نشان می‌دهد و بسیار کند تغییر می‌کند. رژیم اجتماعی-فنی مجموعه‌ای غالب از روتین‌ها یا عملیاتی که توسط بازیگران استفاده می‌شود را انعکاس می‌دهد که یک سیستم فناورانه خاص را خلق یا تقویت می‌کند. کنام‌ها مکان‌هایی را برای فرآیندهای یادگیری، و فضا را برای ساخت شبکه‌های اجتماعی فراهم می‌کنند که از نوآوری‌هایی مثل زنجیره‌های تأمین و ارتباطات تولیدکننده-کاربر حمایت کنند (Barton & et al, 2018).

دیدگاه چندسطحی که اقبال بسیار خوبی در ادبیات به آن شده، عمدتاً یک مدل توصیفی است

گرچه برای استخراج سیاست‌های مربوط به مدیریت گذار هم به‌کرات مورداستفاده قرارگرفته، اما مورد انتقادات زیادی نیز واقع‌شده و نشان‌دهنده عوامل تغییر و پیش‌ران‌های گذار و این‌که در کدام سطح می‌توانند مؤثر باشند نیست (Berkhout, Smith, & Stirling, 2004)، (Smith, Stirling & Berkhout, 2005).

مورفی و لاهون (۲۰۱۱) هم چهار انتقاد به MLP وارد کرده‌اند. شاو و والکر (۲۰۱۰) این نقد را به MLP وارد کرده‌اند که تحلیل‌های مبتنی بر MLP معمولاً دید بیش‌ازحد ساده‌ای به قلمرو اجتماعی دارند، که ریشه در مطالعات نوآوری دارد (Shove & Walker, 2010). گیلز هم انتقاداتی به MLP وارد کرده و در یکی از مطالعات، چالش‌های جدیدی را در پیشرفت پژوهش‌های گذار و MLP شناسایی کرده ازجمله پیکره‌بندی مجدد کل سیستم، مبارزات چندبعدی، تعاملات دوطرفه کنام–رژیم و مفهوم هم‌ترازی. همچنین به لزوم ترکیب این دیدگاه با TIS تأکید کرده است(Geels, 2017). در مطالعه دیگری، MLP را از هفت بعد یعنی سیاست و قدرت، گفتمان فرهنگی و چارچوب‌بندی مبارزات، نوآوری مردمی(۱٤)، مسیرهای چندگانه گذار، مقاومت و گرایش مجدد شرکت‌های غالب، بی‌ثباتی و افول و تحلیل سیاست، مورد نقد قرار داده است (Geels, 2019). همچنین در مطالعه سال ۲۰۲۰ یادآور شده که پایه‌های خرد این دیدگاه توسعه‌نیافته و به توسعه مبانی نظری خرد این دیدگاه پرداخته است (Geels, 2020). کنگر (۲۰۲۱) نیز بیان کرده MLP در حال حاضر اطلاعات کافی را برای اتصال پیوندهای خاص ویژگی‌های کنام‌ها، رژیم و دورنما به مسیرهای خاص ندارد و بهتر است با گونه‌شناسی تشریحی مسیرهای گذار ترکیب شود. لذا در این مطالعه هم MLP با گونه‌شناسی مسیرهای گذار ترکیب‌شده تا برای تشریح آن مورداستفاده قرار گیرد (Kanger, 2021). بااین‌وجود محقر، ثقفی و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از دیدگاه چندسطحی، پویایی و تعاملات سطوح در فرایند وقوع تحول در بخش خدمات مالی ایران را مشخص کرده و بر اساس وضعیت کنام‌ها و فشارهای سطح منظر و عواملی مانند؛ قدرت، سیاست، توجه به بازیگران و پویایی‌های رژیم و عوامل نهادی، مسیرهای محتمل گذار را پیش‌بینی کرده و درنهایت الگوی تحول فناورانه این بخش را ترسیم نمودند (Mohaghar, Saghafi, Mokhtarzadeh, Azadegan Mehr, 2019). همچنین موسوی درچه و همکاران (۲۰۱۷)، چارچوب گذار انرژی‌های بادی و خورشیدی در ایران را بر اساس دیدگاه MLP ارائه نموده‌اند (Mosavi Dorche, et al, 2018).

عمده‌ترین دسته‌بندی مسیرهای گذار که در مطالعات موردی و اکتشاف مسیرهای گذار در بخش‌ها و صنایع مختلف به‌ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر به آن استناد می‌شود، مسیرهای گذار گیلز و اسکات است که مختصری در ذیل توضیح داده خواهد شد.

۲-۱-۱- بازتولید[۳] (P0)

اولین مسیر گذار، فرآیندهای بازتولید نامیده می‌شود که در واقع یک مسیر گذار نیست، بلکه یک «پیشنهاد صفر» در مورد ثبات و بازتولید است که در آن رژیم به‌طور پویا پایدار می‌ماند و خود را بازتولید می‌کند. فرآیندهای بازتولید نتیجه بازتولید یک رژیم توسط خودش در غیاب فشار مخرب دورنما بدون ورود نوآوری‌های جدید به رژیم است. رژیم از نظر پویایی پایدار است زیرا نوآوری‌های کنام برای برهم‌زدن رژیم فعلی تلاش می‌کنند. شرکت‌ها در بازارها رقابت و در توسعه محصول جدید سرمایه‌گذاری می‌کنند. اما این فرآیندها در مجموعه قوانین پایدار انجام می‌شوند و در مسیرهای قابل پیش‌بینی، پیش می‌روند. باگذشت زمان، نوآوری‌های تدریجی انباشته در رژیم‌های پایدار می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. چنین تغییراتی با طراحی و فعالیت‌های مهندسی نامحسوس به‌دست می‌آیند (Geels & Schot , 2007). بازیگران رژیم اغلب تصور می‌کنند که مشکلات جزئی که ممکن است در رژیم به‌وجود آید، می‌تواند با استفاده از راه‌حل‌های داخلی بدون نیاز به هیچ‌گونه ورودی خارجی حل شود (Geels & Schot , 2007).

۲-۱-۲- دگرگونی[۴] (P1)

دگرگونی درنتیجه تعاملات بین رژیم و دورنما بدون دخالت قابل‌توجهی در سطح کنام رخ می‌دهد. رژیم، فشارهای مخرب دورنما را در حد متوسط در زمانی تجربه می‌کند که نوآوری‌های کنام و سیستم نوآوری فناورانه به‌اندازه کافی توسعه‌نیافته‌اند. این فشارها معمولاً توسط گروه‌های فشار اجتماعی و جنبش‌های اجتماعی وارد می‌شوند. شرکت‌های خارجی، کارآفرینان یا فعالان ممکن است شیوه‌ها یا فناوری‌های جایگزین را توسعه دهند. در پاسخ به فشار، بازیگران رژیم به‌سمت مسیرهای توسعه، جهت‌گیری می‌کنند و فعالیت‌های نوآوری را با استفاده از نوآوری‌ها به‌عنوان افزودنی برای حل مشکلات محلی به‌کار می‌گیرند. این تغییرات بدون تغییر معماری اساسی رژیم موجود رخ می‌دهد. در این مسیر، در درجه اول بازیگران رژیم فعالیت‌های نوآوری خود را به‌گونه‌ای تغییر می‌دهند که رژیم‌های جدید از رژیم قدیمی بیرون آمده و از طریق تعدیلات تجمعی و تغییر مسیرهای تدریجی، زنده می‌مانند (به‌عنوان‌مثال گذار از آب‌انبار به سیستم فاضلاب در هلند). هم‌چنین می‌توان از مداخله دولت برای تمرکز و تشویق سرعت تغییر استفاده کرد(Kemp, Vernay & Ravesteijn, 2010)، (Verbong & Geels, 2008). در مسیر دگرگونی مقاومت رژیم بسیار زیاد است زیرا بازیگران تنها به‌آرامی و باتردید به‌دنبال نوآوری‌هایی فراتر از مرزهای رژیم هستند (Geels & Schot, 2007).

۲-۱-۳- پیکره‌بندی مجدد[۵] (P2): این مسیر نتیجه تعاملات بین هر سه سطح است و زمانی رخ می‌دهد که یک سیستم از طریق تغییر اجزای تجمعی و ترکیبات جدید به‌واسطه اتخاذ نوآوری‌های کنام تغییر کند. زمانی که نوآوری‌های هم‌زیستی در کنام‌ها در پاسخ به مشکلات محلی ایجاد شود، تغییرات بیشتری در سطح رژیم و معماری اساسی رژیم ایجاد می‌شود و گذاری رخ می‌دهد که همان «مسیر پیکره‌بندی مجدد » است. در این مسیر کنام‌ها، هم‌زیستی و فعل‌وانفعالات رژیم فرایند گذار را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند و به‌نظر نمی‌رسد که دورنما نقش مهمی ایفا کند. پیکره‌بندی مجدد زمانی اتفاق می‌افتد که یک سیستم نوآوری فناورانه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای توسعه‌یافته و بازیگران کنونی رژیم برای حل مشکلات محلی از نوآوری‌های کنام نمادین (یا تقویت‌کننده) استفاده می‌کنند، و این نوآوری‌ها باعث ایجاد تغییرات بیشتر در سطح رژیم و در نهایت اتخاذ نوآوری‌ها و تغییرات بیشتر می‌شود (Kemp, Vernay & Ravesteijn, 2010). در این مسیر، نوآوری در کنام‌ها بیشتر زمانی اتفاق می‌افتد که مشکلی در رژیم وجود داشته باشد و فشارهایی در دورنما ایجاد شود. رژیم جدید از رژیم قدیمی خارج می‌شود (Geels & Raven, 2006).

۲-۱-٤- فروپاشی و بازآرایی[۶] (P3): این مسیر نیز از طریق تعامل بین هر سه سطح در MLP رخ می‌دهد. این ویژگی با فشار دورنماهای متفاوت، واگرا، ناگهانی و تغییر بهمن بر رژیم در زمانی که تعدادی نوآوری‌های کنام نابالغ وجود دارد، مشخص می‌شود. در اینجا نیز یک سیستم نوآوری فناورانه هنوز به‌طور اساسی توسعه‌نیافته اما فشار دورنما به‌قدری زیاد است که باعث بی‌ثباتی رژیم، و فرسایش بعدی یا فروپاشی رژیم‌های موجود می‌شود، زیرا به‌دلیل افزایش مشکلات رژیم، بازیگران اعتماد خود را نسبت به راه‌حل‌های معمول و حاکمان اعتقاد خود را به رژیم اجتماعی- فنی موجود از دست می‌دهند و فعالانه به‌دنبال جایگزین می‌گردند، یعنی مقاومت رژیم نسبتاً پایین است(Geels & Schot, 2007). در این مسیر، هیچ جایگزین روشنی برای رژیم فرسوده وجود ندارد و این فضا را برای ظهور و هم‌زیستی نوآوری‌های متعدد که برای جلب‌توجه و منابع رقابت می‌کنند، باز می‌گذارد. این امر سرانجام از طریق ظهور یک نوآوری کنام (پس از یک دوره طولانی رقابت) که غالب می‌شود، حل می‌گردد و هسته‌ای برای بازآرایی رژیم جدید و نهادینه‌سازی مجدد تشکیل می‌دهد. این مسیر با دوره طولانی آزمایش، هم‌زیستی، رقابت و یادگیری قبل از ظهور رژیم جدید مشخص می‌شود و منجر به تجدید ساختار اصلی سیستم ازنظر اصول، باورها و شیوه‌های راهنمای جدید می‌شود (Foxon & et al, 2010)، (Verbong & Geels, 2008).

۲-۱-۵- مسیر جایگزینی فناورانه[۷] (P4): جایگزینی نیز درنتیجه تعاملات بین هر سه سطح در MLP رخ می‌دهد. رژیم فشارهای زیادی را از دورنما در زمانی تجربه می‌کند که یک نوآوری کنام به‌طور کامل بالغ شده و آماده ورود و نفوذ به آن است یا به‌عبارتی یک سیستم نوآوری فناورانه از پشتیبانی و توسعه قابل‌توجه قبلی بهره‌مند شده و بازیگران رژیم همچنان از تلاش‌های نوآورانه برای پیکربندی فنی و اجتماعی فعلی حمایت می‌کنند. رژیم فعلی با تغییر دورنمای بزرگ و ناگهانی از تراز خارج‌شده و فرسوده می‌شود، اما نوآوری‌های- کنام به‌اندازه کافی توسعه‌یافته و نفوذ می‌کنند تا جایگزین رژیم فعلی شوند. این مسیر دارای ویژگی «فشار فناوری» است که به‌موجب آن رژیم غالب موجود به‌تدریج توسط فناوری جدید در حال ظهور جابجا می‌شود و منجر به تغییر اساسی رژیم فعلی می‌شود. جایگزینی فناورانه، جایگزینی مستقیم یک فناوری غالب در رژیم اجتماعی- فنی با دیگری است (Geels & Schot, 2007). این مسیر فرض می‌کند که نوآوری‌های رادیکال در نقاط مختلف توسعه‌یافته‌اند، اما به‌دلیل ثبات و ریشه‌دار بودن رژیم، قفل‌شده‌اند. ممکن است مشکلات جزئی وجود داشته باشد، اما بازیگران رژیم فکر می‌کنند این مشکلات با نوآوری‌های تدریجی قابل‌حل است. ازاین‌رو، بازیگران رژیم توجه کمی به نوآوری‌های خاص که توسط خارجی‌ها و بازیگران حاشیه‌ای ایجادشده‌اند، نشان می‌دهند. بدون فشار دورنما، این‌یک فرآیند بازتولید باقی می‌ماند (Geels & et al, 2016).

۲-۱-۶- دنباله مسیرهای گذار[۸] (P5): این مسیر- حتی بیشتر از بقیه- یک ساختار نظری است. توصیفی که از این دنباله ارائه می‌شود نسبتاً سخت است. گیلز و اسکات (۲۰۰۷) دنباله خاصی را پیشنهاد می‌کنند که مستلزم فشار مخرب دورنما است، اما توسط بازیگران ابتدا به‌عنوان متوسط و سپس به‌عنوان افزایش اندازه در نظر گرفته می‌شود. گذار با دخالت بازیگران رژیم آغاز می‌شود و تنها زمانی نقش‌آفرینی می‌کنند که بازیگران رژیم وفاداری خود را از دست بدهند(Geels & Schot, 2007). در این مسیر فشارهای دورنما به‌تدریج افزایش می‌یابد. دنباله پیشنهادی از یک مسیر دگرگونی شروع شده و از طریق پیکره‌بندی مجدد به جایگزینی فناورانه یا فروپاشی و بازآرایی، بسته به آمادگی نوآوری‌های کنام در لحظه‌ای که فشار دورنما قوی‌تر می‌شود، ادامه می‌یابد (Geels & Schot, 2007). این الگوی متوالی نشان می‌دهد که ممکن است تلاقی بین مسیرهای گذار رخ دهد.

جدول (۱) خلاصه‌ای از ویژگی‌های ۵ مسیر اصلی گذار که در مبانی نظری به آن‌ها اشاره‌شده را نشان می‌دهد.

جدول (۱):خلاصه ویژگی‌های ۵ مسیر اصلی گذار

ویژگی‌ها / مسیر ⇐	دگرگونی	پیکره‌بندی مجدد	جایگزینی	فروپاشی و بازآرایی	بازتولید
سطوح درگیر MLP	دورنما و رژیم	دورنما و رژیم و کنام	دورنما و رژیم و کنام	دورنما و رژیم و کنام	کنام و رژیم
فشار دورنما / بلوغ فناوری کنام	متوسط/ جزئی (نوظهور)	زیاد/ گاهی جزئی و گاهی زیاد	زیاد/ کامل (بالغ)	غیرقابل‌تحمل/ جزئی (نوظهور)	وجود ندارد/ جزئی
هم‌زیستی کنام- رژیم	طی گذار وجود دارد	طی گذار وجود دارد	طی گذار وجود دارد	طی گذار وجود ندارد	طی گذار وجود دارد
مکانیزم گذار	جذب محتویات کنام- استفاده تجمعی از افزونه-ها- تعدیل داخلی و حفظ و نگهداری	جذب/ طرد محتویات کنام در پاسخ به دگرگونی‌های دورنما-تعدیل اجزای تجمعی- جذب نوآوران خارجی و بازیگران صنعتی جدید	خوشه‌بندی کنام‌ها و جذب افراد خارجی (احتمالاً)- فشار فناوری/جابجایی-رقابت بین سیستم ST غالب و سایر سیستم‌ها	ظهور رژیم جدید از کنام‌های در حال رقابت/ ناپدید شدن فناوری- خوشه‌بندی و توانمندسازی کنام‌ها و سیستم‌های ST فرعی	-
عمق تغییر رژیم	تدریجی- بدون تغییر معماری	بنیادی- تغییر گسترده در معماری	ماژولار- تغییر معماری	بنیادی- تغییر قابل‌توجه در معماری	بدون تغییر یا تنظیمات اصلی رژیم
تغییر نهادها و قوانین	متوسط	زیاد	زیاد	خیلی زیاد (قوانین جدید)	بسیار کم (قوانین پایدار)
نوسانات فنی	متوسط	خیلی زیاد	زیاد	خیلی زیاد (جدید)	اندک
بازیگران اصلی	داخلی و خارجی: بازیگران رژیم و گروه‌های بیرونی (جنبش‌های اجتماعی)	عمدتاً خارجی- بازیگران رژیم و عرضه‌کنندگان (تامین‌کنندگان)	عمدتاً خارجی- بازیگران دولتی و سیاسی غالب در مقابل شرکت‌ها و بنگاه‌های جدید	خارجی: بازیگران کنام جدید	داخلی
نوع کنش‌های متقابل بازیگران	بیرونی‌ها انتقاد می‌کنند. بازیگران فعلی قوانین رژیم را تنظیم می‌کنند (اهداف، اصول راهنما، ابتکارات جستجو)	بازیگران رژیم، نوآوری‌های ترکیبی را که توسط تأمین‌کنندگان جدید توسعه‌یافته، قبول می‌کنند. رقابت بین تأمین‌کنندگان قدیمی و جدید (ورود تأمین‌کنندگان اجزای جدید به ائتلاف بازیگران اصلی سیستم غالب)	تازه‌واردان نوآوری‌هایی را توسعه می‌دهند که با فناوری-های رژیم رقابت می‌کند	تغییرات در ساختارهای عمیق فشارقوی بر رژیم ایجاد می‌کند. به- دنبال ظهور چندین نوآوری، تازه- واردها اعتماد و مشروعیت خود را ازدست‌داده و برای منابع، بدست آوردن توجه و مشروعیت رقابت می‌کنند. درنهایت یک فناوری جدید برنده می‌شود که منجر به تثبیت مجدد رژیم می‌گردد.	بازیگران رژیم اغلب تصور می‌کنند که مشکلات جزئی که ممکن است در رژیم به‌وجود آید، می‌تواند با استفاده از راه‌حل‌های داخلی بدون نیاز به هیچ‌گونه ورودی خارجی حل شود.
سرنوشت مسیر گذار/ بازیگران	بقا و تقویت رژیم فعلی/ اکثریت	عدم بلوغ/ اکثریت- اقلیت- انقراض	عدم بلوغ/ اقلیت	انقراض/ انقراض	بقا/ بقای همه بازیگران
پویایی‌های کلی	اقتباس از سیستم ST غالب اولیه و سازگاری با آن	اقتباس از سیستم غالب اولیه	خلق یک موقعیت غالب جدید (تصرف)	خلق موقعیت غالب جدید (تصاحب)	پایداری و ثبات رژیم
استراتژی اصلی شبکه نوآوران	پاسخ به فشارهای خارجی	ادغام بازیگران جدید در شبکه فعلی نوآوران	شبکه‌ای از نوآوران پشتیبان سایر سیستم‌های ST سیستم ST غالب را تصرف کرده و تغییر می‌دهد.	شبکه نوظهوری از نوآوران سیستم ST جدیدی ایجاد می‌کند، درحالی‌که سیستم ST غالب به- وسیله فشارهای خارجی بی‌ثبات می‌شود.	

منبع: نویسندگان، برگرفته از مبانی نظری گونه‌شناسی مسیرهای گذار، اقتباس از گیلز و اسکات (۲۰۰۷)، حسینی (۲۰۱۵) و مارلتو (۲۰۱۹)

۳- پیشینه پژوهش

تفکر کشف مسیرهای تازه گذار فنی- اجتماعی از مرور ادبیات مربوط به گذار و پیشنهادات مستقیم و غیرمستقیم دانشمندان و نویسندگان مختلف حوزه گذار به‌خصوص در سال‌های اخیر، در خصوص اکتشاف مسیرهای تعدیل‌یافته یا مسیرهای جدید گذار شکل‌گرفته است. در ذیل به چند نمونه از این مطالعات که نویسندگان به‌گونه‌ای مسیرهای فعلی گذار را نقد کرده‌اند، اشاره می‌شود.

کمپ و همکاران در سال ۲۰۱۰ مطالعه‌ای در خصوص مسیرهای گذار انرژی در دانمارک و سوئد انجام داده و به این نتیجه رسیدند که علاوه بر تأملات نظری، ادامه مطالعه موردی در مورد فرآیندهای گذار تاریخی و کنونی همچنان ضروری است تا درک ما از گذارها و توانایی‌های ما برای هدایت آن‌ها به جهاتی که با توجه به مشکلات جهان کنونی مطلوب و ضروری هستند، افزایش یابد. انتقاد کمپ و همکاران (۲۰۱۰)به گونه‌شناسی مسیرهای گذار این بوده که در تحلیل مسیرهای گذار علاوه بر عدم امکان اختصاص هر مسیر به یک ربع در چارچوب ماتریس پیشنهادی با سه مشکل روبرو خواهیم بود: (۱) مبهم بودن تعاریف ربع، (۲) مبهم بودن مرزهای ماتریس، و (۳) فقدان دیدگاه سیستماتیک از پویایی‌های گذار که زمینه تعیین‌کننده الگوی گذار است. کمپ و همکاران بحث می‌کنند که هر دو گونه‌شناسی اسمیت و همکاران و گیلز و اسکات نشان می‌دهد که تغییرات اجتماعی و فنی خطی نیستند و گونه‌شناسی گیلز و اسکات نسبتاً ثابت است. علاوه بر این، گرچه آن‌ها «دنباله مسیرهای گذار» را پیشنهاد می‌کنند، اما این کار را به لحاظ تئوریک، با نظم ثابت در این دنباله، انجام می‌دهند. به نظر ایشان ویژگی‌های مسیرهای گذار در طول زمان تغییر می‌کنند. بنابراین نشان دادند که انواع ایستای مسیرهای ارائه‌شده گیلز و اسکات (۲۰۰۷) و برخوت و همکاران (۲۰۰٤) باید برای توضیح این مطلب تغییر کند (Kemp, Vernay & Ravesteijn, 2010).

نتایج مطالعه ولز و لین(۲۰۱۵) هم نشان داد که نظریه گذار انعطاف‌پذیری و قابلیت انطباق بیشتری نسبت به آنچه قبلاً نشان داده شده دارد زیرا مسیرهایی غیر از مسیرهایی که توسط گیلز و اسکات (۲۰۰۷) ترسیم‌شده وجود دارد که در دوره‌های زمانی که به‌طور قابل‌توجهی متراکم شده و نیازمند بازشناسی هستند(Wells & Lin, 2015). گیلز و همکاران نیز در سال ۲۰۱٦، مشخصات مسیرهای گذار را اصلاح نموده و ویژگی‌های متفاوتی برای آن‌ها تعیین کرده و عنوان کرده‌اند گذارها پایان‌پذیر و قطعی نیستند، بلکه به‌طور مستمر نمایش داده‌شده و بین طیفی از بازیگران به چالش کشیده می‌شوند. گذارها ممکن است غیرخطی بوده و بین مسیرها تغییر کنند.

بارتون و همکاران (۲۰۱۸) نیز معتقدند گرچه بسیاری از مسیرهای موفق گذار زنجیره‌ای از حوادث را منعکس می‌کند که خودکار یا قطعی نیستند، بسیاری از مسیرها ممکن است در واقعیت به نتیجه مطلوبی نرسند تا چارچوب محضی داشته باشند و تغییرات بین آن‌ها می‌تواند منجر به مسیرهای جدیدی شود که ویژگی‌های ترکیبی نشان می‌دهند (Barton & et al, 2018). جادسون (۲۰۲۰) در نقد چارچوب مسیرهای گیلز و همکاران مطرح نمود که در این چارچوب موقعیت نسبی بازیگران، این امکان را به آن‌ها می‌دهد که یا شرکت‌های غالب فعلی باشند و یا تازه‌واردان

جدید. درحالی‌که به‌نظر نمی‌رسد هیچ‌یک از چهار مسیر موجود در چارچوب «منطبق با این قانون» باشد و این نشان می‌دهد که این چارچوب جامع نیست. او معتقد است برای درک توانایی بازیگران عمومی مانند جوامع، تنظیم‌کنندگان مقررات و سیاست‌گذاران در همه سطوح، جهت غلبه بر برخی محدودیت‌های تغییر سریع نهادی که گیلز و همکاران توصیف کردند، به کار بیشتری نیاز است (Judson, Fitch-Roy, & Mitchell, 2020).

در جدیدترین مطالعه تشریح مسیرهای گذار، کنگر (۲۰۲۱) سه ویژگی با ارزش‌های متفاوت برای مسیرهای گذار در نظر گرفت که در مطالعات قبلی به آن‌ها اشاره‌شده: ۱. شدت فشار دورنما: ۲. مقاومت رژیم: ۳. بلوغ کنام. اما معتقد است ازآنجاکه حداقل یک بعد نامشخص برای هر مسیر وجود دارد، نمی‌توانیم بگوییم کدام اتصالات از سه ویژگی بالا، مربوط به مسیرهای خاصی هستند و کدام‌ها مربوط نیستند. به‌عنوان‌مثال، گونه‌شناسی می‌گوید مسیر دگرگونی با فشار دورنمای متوسط و کنام‌های نوظهور مشخص می‌شود. اما نمی‌دانیم آیا رژیم باید شکننده یا مقاوم یا هر دو باشد. بنابراین ممکن است ۱۶ مسیر احتمالی از ترکیب ٤ مسیر با این سه ویژگی حاصل شود. ایشان تأکید کردند که گونه‌شناسی موجود اطلاعات کافی برای تصمیم‌گیری در مورد این موضوع را فراهم نمی‌کند. بنابراین تحقیقات تجربی بیشتری لازم است. کنگر عنوان کرده بسته به گرایش تحلیلگر، چنین تحقیقی می‌تواند اکتشافی یا تأییدی باشد. استراتژی اکتشافی، تمرکز بر ترکیب ویژگی‌های خاص در یک سلول واحد (مثلاً کنام‌های در حال ظهور، رژیم شکننده و تغییرات مخرب) است درحالی‌که نتیجه مورد انتظار (منکر آن) باقی می‌ماند. چنین راهبردی به‌طور بالقوه می‌تواند مسیرهای جدیدی کشف کند که با گونه‌شناسی موجود توصیف نشده‌اند (Kanger, 2021). لذا در مطالعه حاضر از این استراتژی برای کشف مسیرهای جدید استفاده شد.

جدول (۲)- گونه‌شناسی تشریحی آزمایشی مسیرهای گذار

شدت فشار دورنما	کنام	رژیم مقاوم[۹]	رژیم شکننده[۱۰]
تغییر منظم/ کم[۱۱]	کنام‌های نوظهور[۱۵] کنام‌های بالغ[۱۶]	بازتولید (قوی)[۱۷] بازتولید	بازتولید بازتولید (ضعیف)[۱۸]
تغییر مخرب/ متوسط[۱۲]	کنام‌های نوظهور کنام‌های بالغ	پیکره‌بندی مجدد دگرگونی	دگرگونی جایگزینی فناورانه
شوک خاص[۱۳]	کنام‌های نوظهور کنام‌های بالغ	گذار در بلاتکلیفی[۱۹] پیکره‌بندی مجدد	گذار در بلاتکلیفی جایگزینی فناورانه
بهمن /خیلی زیاد[۱٤]	کنام‌های نوظهور کنام‌های بالغ	فروپاشی/ بازآرایی (ضعیف) جایگزینی فناورانه (ضعیف)	فروپاشی/ بازآرایی(قوی) جایگزینی فناورانه (قوی)

منبع: Kanger, 2021

٤- روش پژوهش

برای یافتن مقالات مرتبط و مطالعات موردی که در این زمینه انجام‌شده، از روش مرور نظام‌مند ادبیات و رویکرد فراتحلیل محتوایی استفاده شد. فراتحلیل با یکپارچه کردن نتایج حاصل از تحقیقات مختلف، به تشریح ویژگی‌های مسیرهای گذار و شناسایی مسیرهای احتمالی کمک می‌کند.

جامعه آماری پژوهش، مقالات علمی است که درباره انواع مسیرهای گذار اجتماعی- فنی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ در دو پایگاه داده‌های Web of Scinece و Science Direct یافت شده است. علت انتخاب این دوره زمانی، بررسی جدیدترین مقالات ۱۰ سال اخیر بوده است. روش نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند بود. برای نمونه‌گیری، مجموعه‌ای از معیارهای ورود/خروج اعمال شد: (۱) خروجی‌ها مجلات داوری شده یا نشریات معتبر بودند. (۲) متن مقاله به زبان انگلیسی در دسترس بود (۳) بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ برای جستجوی مقالات تعیین شد. (٤) مقالات بر اساس کلیدواژه‌های « Typology of transition pathway"، "Social- technical transition"، "transition pathway" جستجو شد. ولی کلیدواژه‌ای که بیشترین کمک را به تحقیق حاضر نموده و به‌وسیله جستجوی آن مقالات مرتبط‌تر به موضوع بدست آمده، کلیدواژه Typology of transition pathway بوده است.(۵) از روش «گلوله برفی» برای افزایش تعداد مقالات استفاده شد، یعنی وقتی یک مقاله به‌طور واضح به مقاله دیگری متکی بود تا بخش مهمی از استدلال خود را ارائه دهد، از آن مقاله هم استفاده شد.

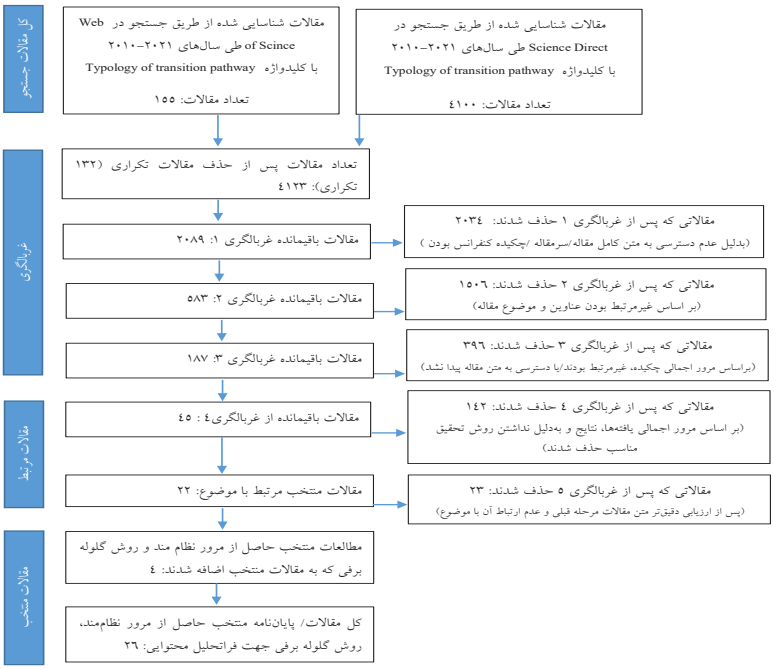
سپس از میان مقالات معرفی‌شده آن‌هایی که دارای کلیدواژه بالا در عنوان، چکیده یا واژه‌های کلیدی بودند و نیز در تحلیل محتوای یافته‌ها و نتایج، مسیرهای گذار به یک فناوری/ پدیده یا سیستم جدید را دنبال می‌کردند، برای ورود به تحلیل انتخاب شدند. باملاحظه عناوین و نیز کلیدواژه‌ها، اغلب مقالات جستجو شده بر اساس تحلیل محتوای واحد معنایی «گذار اجتماعی- فنی» و «مسیر گذار»، حذف یا فیلتر شدند. به‌عبارتی انتخاب هیچ‌یک از مقالات منتخب تنها بر اساس عنوان یا کلیدواژه‌ها نبود. ابتدا کلید واژگان Transition Pathway و Socio technical Transition برای جستجو انتخاب شدند اما این کلیدواژگان به‌تنهایی کمک‌کننده نبود، چون تعداد مقالات به‌دست‌آمده بسیار زیاد بوده و اغلب آن‌ها غیرمرتبط به موضوع بودند، درنتیجه عبارت جستجو به "Typology of transition pathway" تغییر یافت. مقالات یا گزارش‌های استخراج‌شده توسط نویسندگان به‌طور مستقل مطالعه

شـد و در صـورت غیرمرتبـط بـودن در هـر مرحلـه از غربالگری (در نمـودار)، حذف شـدند. در صـورت اختلاف‌نظـر بین دو نویسـنده، نویسـنده سـوم در خصوص حذف یا اضافـه نمودن مقاله داوری نمودنـد. درنهایـت تمامـی مقـالات وارد مطالعه شـده[۲۰] توسـط نویسـنده مسـئول کنترل و تائیـد شـدند. در ایـن مقاله، اسـتفاده از منابع و مقـالات متعدد، تا حدودی منجر بـه افزایش روایی سـاختاری تحقیق گردید.

همچنیـن ازآنجاکـه از نظریه‌هـای قـوی و سـازمان‌یافته یعنـی MLP و مسـیرهای گـذار برای تشـریح مسـیرهای پیشـین و جدیـد گـذار اسـتفاده شـد، نتایـج ایـن مطالعـه را می‌توان در سـایر مطالعـات مـوردی کـه در آینـده درخصـوص مسـیرهای گـذار در بخش‌هـای مختلـف فناورانـه اتفـاق خواهـد افتاد، مورداسـتفاده قـرار داد. این موضـوع روایی بیرونی پژوهـش را تأمین می‌کند. از تحلیـل محتـوا بـرای رسـیدن بـه مقالاتی که مسـتقیماً یـا تلویحاً بـه موضوع تحقیـق پرداختند اسـتفاده شـد. در نهایـت دو واحـد معنایی «گونه‌شناسـی گذار» و «مسـیر گذار» در میـان ٤٥ مقاله آخـر کـه پـس از چنـد مرحلـه غربالگـری (بررسـی عنـوان و تحلیل محتـوای چکیـده مقالات و ارتبـاط آن‌هـا بـا موضوع تحقیق و بررسـی اجمالی متن) بدسـت آمد، بررسـی و تحلیل شـد. پس از مـرور اجمالـی ایـن مقالات (تحلیل یافته‌هـا و نتایج) با اسـتفاده از رویکـرد فراتحلیل محتوایی «گونه‌شناسـی گـذار» و «مسـیر گـذار»، تنهـا ۲۲ مقالـه از میـان دو پایـگاه داده انتخاب شـد که در آن‌هـا مسـتقیم بـه بحـث گونه‌شناسـی مسـیرهای گـذار و ویژگی‌های این مسـیرها پرداخته شـد. همچنیـن ۳ مقالـه دیگـر و ۱ پایان‌نامـه از روش گلولـه برفـی اسـتخراج شـد (در مقـالات معتبـر دیگـری بـه آن‌هـا اشاره‌شـده بـود) و نهایتـاً ۲٦ مقالـه و پایان‌نامـه، مطالعـه و تحلیل محتـوای آن صـورت گرفـت. نمـودار (۱) جریـان مـرور نظام‌منـد و حاصـل فـرا تحلیـل محتوایی مقـالات را نشـان می‌دهد.

بیشتر مطالعات موردی به شناسایی مسیرهای گذار انرژی‌های پایدار ازجمله برق کم‌کربن و حمل‌ونقل پرداخته‌اند (۱۰ مقاله برق کم‌کربن+ ۵ مقاله حمل‌ونقل+ ۱ مقاله انرژی گاز+ ۲ مقاله انرژی هیدروژنی+ ۱ مقاله انرژی گاز+ ۵ مقاله انرژی‌های پایدار+ ۱ پایان‌نامه انرژی پایدار) که اغلب case آن‌ها مربوط به کشورهای اروپایی بوده است (٦٥٪ مطالعات مربوط به کشورهای اروپایی بوده است) (۷ انگلیس+ ۳ آلمان و انگلیس+ ۲ ایتالیا+ ۲ نروژ+ ۲ هلند+ ۱ سوئد و دانمارک). مطالعات مربوط به سایر کشورها به‌ترتیب در استرالیا ۲، مکزیک۱، چین ۱ و ایران، ۱ مطالعه است. جامعه پژوهش ٤ مطالعه هم مشخص نبوده است.

نمودار (۱): جریان مرور نظام‌مند و فراتحلیل محتوایی مقالات در خصوص گونه‌شناسی مسیرهای گذار



جدول (۳): مقالات منتخب مرتبط حاصل از مرور نظام‌مند ادبیات و فراتحلیل محتوایی

کد مقاله	جستجو/ عنوان مجله/ پایگاه داده	منطقه موردمطالعه	موضوع یا عنوان	نویسنده/ نویسندگان	سال
۱	Technological Forecasting and Social Change, Volume 77, Issue 8, October 2010, Pages 1214-1221/ Science direct	هلند	جستجوی مسیرهای پایداری در بخش برق با مسیرهای فنی- اجتماعی در هلند	Geels, Verbong	۲۰۱۰
۲	The 14th European Roundtable on Sustainable Production and Consumption (ERSCP)/ (گلوله برفی)	دانمارک و سوئد	دو مطالعه موردی توسعه موفق انرژی بادی در دانمارک (۲۰۰۰-۱۸۹۱) و راه‌اندازی انرژی هیدروژنی در سوئد (۲۰۱۰-۱۸۸۲)	Kemp & et al	۲۰۱۰
۳	Technological Forecasting and Social Change, Volume 77, Issue 8, October 2010, Pages 1203-1213 /Science direct	انگلیس	توسعه مسیرهای گذار برای سیستم برق کم‌کربن در انگلیس	Foxon, Hammond & Pearson	۲۰۱۰
٤	30th Annual Meeting of the International Association for Impact Assessment 6-11 April 2010, International Conference Centre Geneva – Switzerland/ (گلوله برفی)	انگلیس	بررسی پروژه باورپذیر بودن مسیرهای مختلف گذار برای سیستم انرژی کم‌کربن (سیستم انرژی مبتنی بر برق تا ۲۰۵۰) در انگلیس تحت الگوهای حاکمیتی مختلف	Foxon, Burgess, Hammond, Hargreaves & et al	۲۰۱۰
۵	Energy Policy J 52 (2013) 25–44/ Science direct	انگلیس	گذارهای حاکم در دوره تاریخی صنعت گاز انگلیس	Arapostathis & et al	۲۰۱۳
٦	Technological Forecasting & Social Change (2014)/ TFS-17910; No of Pages 15/ Science direct	ایتالیا	ماشین و شهر: مسیرهای گذار اجتماعی- فنی تا ۲۰۳۰ (شناسایی مسیرهای گذار اجتماعی- فنی حمل‌ونقل شهری ایتالیا)	Marletto	۲۰۱٤
۷	Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 78, August 2015, Pages 371-383/ Science direct	چین	ظهور خودجوش در ازای مدیریت فناوری در گذارهای پایدار حمل‌ونقل- دوچرخه‌های برقی در چین	Wells & Lin	۲۰۱۵
۸	phd Thesis 2015/ (گلوله برفی)	انگلیس	مسیرهای گذار به زیرساخت‌های انرژی پایدار در انگلیس	Hussaini	۲۰۱۵
۹	Research Policy 45 (2016) 896–913/ Science direct	انگلیس و آلمان	ارائه ٤ نوع مسیر ایده آل گذار فنی- اجتماعی: گونه‌شناسی بازفرموله شده و تحلیل چندسطحی تطبیقی گذارهای برق کم‌کربن انگلیس و آلمان	Geels & et al	۲۰۱٦
۱۰	Research Policy, Volume 45, Issue 9, November 2016, Pages 1833-1844/ Science direct	N.A	مدل‌سازی پویایی‌های سیستم‌های نوآوری فناورانه	Walrave & Raven	۲۰۱٦
۱۱	Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 55, March 2016, Pages 567-590/ Web of Science	مکزیک	تحلیل فنی- اجتماعی و تکامل تاریخی بخش برق مکزیک و پیامدهای آن برای گذار به سمت توسعه کم‌کربن	Jano-Ito & Crawford-Browna	۲۰۱٦
۱۲	Energy Procedia Volume 114, July 2017, Pages 7528-7539/ Science direct	انگلیس	ترکیب انرژی زمین‌گرمایی و CCS (جذب و ذخیره کربن): از دگرگونی تا پیکره‌بندی مجدد یک رژیم اجتماعی- فنی در انگلیس	Galiègue & Laude	۲۰۱۷
۱۳	Hindawi, Complexity, Volume 2017, Article ID 1967645, 23 pages/ Web of Science	هلند	ایجاد مدل‌های مدیریت گذار انرژی مبتنی بر کارگزار- در هلند و توصیف چگونگی ایجاد مدل‌های مدیریتی گذار انرژی واقعی	Hoekstra ,Steinbuch & Verbong	۲۰۱۷

۱٤	Technological Forecasting & Social Change, Vol 151, Feb 2018, 119258/ Science direct	انگلیس	سناریوهای فنی-اجتماعی به‌عنوان ابزار متدولوژیک برای جستجوی امکان‌پذیری سیاسی و اجتماعی در گذارهای کم‌کربن: در تاریخ برق انگلیس (۲۰۵۰- ۲۰۱۰)	Geels, McMeekina & Pfluger	۲۰۱۸
۱۵	Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) 2779–2790/ Science direct	آلمان- انگلیس	مسیرهای گذار برای سیستم برق کم‌کربن انگلیس: مقایسه سناریوها و پیامدهای فناوری	Barton , et al	۲۰۱۸
۱٦	Innovation Management Journal. Volume 6, Issue 4 - Serial Number 22. March 2018, Pages 63-98/ (گلوله برفی)	ایران	شناسایی مسیر گذار فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی‌های بادی و خورشیدی) در ایران بر اساس رویکرد تحلیل چندسطحی	Mosavi Dorche, Ghanei Rad, Karimian, Shahmoradi	۲۰۱۸
۱۷	Technological Forecasting & Social Change 139 (2019) 221–234/ Web of Science	ایتالیا	تحلیل اجتماعی- فنی تأثیر آینده اتومبیل‌های خودران در ایتالیا	Marletto	۲۰۱۹
۱۸	Technological Forecasting and Social Change, Volume 153, April 2020, 119297/ Science direct	N.A	غلبه بر شکست‌های تحول از طریق ترکیب‌های سیاستی در پویایی‌های سیستم‌های نوآوری فناورانه	Raven & Walrave	۲۰۲۰
۱۹	Renewable and Sustainable Energy Reviews 118 (2020) 109499/ Science direct	استرالیا	بررسی مسیرهای گذار به‌سوی تمرکززدایی سیستم انرژی	Judson , et al	۲۰۲۰
۲۰	Environmental Innovation and Societal Transitions 34 (2020) 151–164/ Web of Science	استرالیا	گذارهای تاریخی سیستم برق غرب استرالیا، ۲۰۱٦- ۱۸۸۰	Wilkinson , Davidson, M.Morrison	۲۰۲۰
۲۱	Renewable and Sustainable Energy Reviews 119 (2020) 109598/ Web of Science	N.A	مرور سیستماتیک بر سیستم‌های انرژی و نقش سیاست‌گذاری در گذارهای پایدار	Robertson & Cairney	۲۰۲۰
۲۲	Technological Forecasting and Social Change, Volume 151, February 2020, 119882/ Science direct	آلمان و انگلیس	کشف مسیر کربن‌زدایی تولید برق بر اساس بینش‌های مطالعات موردی گذار اجتماعی و فنی	Hof & et al	۲۰۲۰
۲۳	Journal of urban technology/ https:// doi.org/10.1080/ 10630732.2020.1834831/ Web of Science	N.A	گردآوری گذارهای شهر هوشمند پایدار: دیدگاه تئوریک بین‌رشته‌ای	Mora & et al	۲۰۲۰
۲٤	Journal of Cleaner Production, Volume 254, 1 May 2020/ Web of Science	نروژ	تصویب گذارهای پایداری- مطالعه موردی تولید بیوگاز (انرژی) و حمل‌ونقل عمومی در نروژ	Forbord & Hansen	۲۰۲۰
۲۵	Energy Research & Social Science 78 (2021) 102116/ Science direct	نروژ	ارائه دیدگاه هیبرید (ترکیبی) در مورد مسیرهای گذار انرژی به- ویژه هیدروژن در نروژ	Damman , et al	۲۰۲۱
۲٦	Energy Research & Social Science 71 (2021) 101829/ Science direct	انگلیس	بازاندیشی دیدگاه چندسطحی برای گذارهای انرژی: از چرخه عمر تا گونه‌شناسی تشریحی مسیرهای گذار	Kanger	۲۰۲۱

در میان مقالات منتخب، درمجموع ۲٤ ویژگی برای مسیرهای گذار به‌دست‌آمده که حاصل تحلیل محتوای پژوهش‌ها و ویژگی‌های مسیرهای گذاری است که عمدتاً به‌صورت توصیفی در مطالعات مطرح‌شده است(جدول(۳)). می‌توان مسیرهای شناسایی‌شده در ادبیات را بر اساس این ویژگی‌ها متمایز نمود. این ویژگی‌ها عبارتند از: شدت فشار دورنما، بلوغ فناوری کنام در شروع فشار، مقاومت رژیم، هم‌زیستی کنام- رژیم، عمق (میزان) تغییر، تغییر نهادها و قوانین، منشأ منابع (بازیگران کلیدی)، استراتژی بازیگران، شبکه‌های بازیگران، منابع در دسترس، مکانیزم گذار، فناوری‌ها، شیوه حکمرانی، منشأ گذار و اهمیت زنجیره تأمین، سرنوشت بازیگران فعلی پس از گذار، هماهنگی، نوسانات فنی، TIS، ارتباط رژیم- TIS، میانگین اندازه بازار کنام، پویایی‌های کلی، مراحل بلوغ و سطوح درگیر MLP.

پس از مرور نظام‌مند مطالعات مربوط به مسیرهای گذار که عمدتاً مبتنی بر مطالعات موردی بوده، ویژگی‌های متفاوت و گاهاً اسامی متفاوت و دوگانه‌ای برای مسیرهای گذار یکسان به‌دست‌آمده که نشان می‌دهد مسیرهای گذار می‌توانند فراتر از مسیرهای چهارگانه، شش‌گانه و حتی هشت‌گانه مطرح‌شده توسط گیلز و همکاران (۲۰۱٦) و سایر محققین بوده و نه‌تنها در سه ویژگی اصلی بلکه در سایر ویژگی‌هایی که در مطالعات گذار کمتر به آن توجه شده، متفاوت باشند. تحلیل محتوای مسیرهای گذار در مطالعات نشان می‌دهد، مسیرهای یکسان ممکن است در دو بعد اصلی مشترک (مثلاً فشار دورنما متوسط، مقاومت زیاد و بلوغ کنام کم برای مسیر پیکره‌بندی مجدد در یک مطالعه

در مقابل مطالعه دیگری که بلوغ کنام در آن متوسط عنوان‌شده) و در بعد دیگر متفاوت باشند، این تفاوت می‌تواند منجر به اختلافات دیگری بین مسیرهای هم‌نام و درنتیجه متفاوت شدن مسیرها گردد. جدول (٤) تطبیق مسیرهای جدید حاصل از مرور ادبیات با مسیرهایی که شناخته‌شده قبلی را نشان می‌دهد. ویژگی‌های مسیرهای گذار که در جدول آمده، مطابق با ادبیات بوده و شامل ویژگی‌های متمایزکننده مسیرها از یکدیگر می‌باشد.

جدول (٤): تطبیق مسیرهای جدید حاصل از مرور ادبیات و فراتحلیل محتوا با مسیرهای شناخته‌شده

شماره	عنوان مسیر جدید	عنوان مسیر شناخته‌شده در ادبیات	شدت فشار دورنما	کنام بالغ/ نوظهور	رژیم مقاوم/ شکننده	میزان تغییر	میزان تغییر قوانین و نهادها	فناوری‌ها	شیوه حکمرانی	مکانیزم گذار	منابع در دسترس	منشأ گذار	استراتژی بازیگران
١	دگرگونی تدریجی	دگرگونی تدریجی	تغییر مخرب/ متوسط	بالغ	مقاوم	-تدریجی - مازولار (بدون تغییر در معماری رژیم)	متوسط - تغییر بنیادی محدود (لایه‌بندی)	تغییر جهت نسبی به‌سوی فناوری‌های جدید و برخورداری از بقایای فناوری‌های قدیمی پس از گذار (توسعه همزمان فناوری جدید و قدیم)	رهبری بازار	جذب و شخصی‌سازی فناوری‌های کنام	پارانه تحقیق و توسعه و مشارکت خصوصی	فشار متوسط ناشی از تغییرات آب‌وهوا/ مسائل مربوط به امنیت انرژی/ سیاست در سطح ملی، منطقه‌ای و/یا جهانی	تغییر جهت تدریجی شرکت‌های بالغ موجود به‌وسیله تعدیل روتین‌ها/ پاسخ شرکت‌های موجود به فشارهای دورنما با فعالیت‌های نوآورانه
٢	دگرگونی عمیق	دگرگونی/ دگرگونی گسترده رژیم/ تغییر گسترده سیستم	تغییر مخرب/ متوسط/ گاهاً گسترده	نوظهور	شکننده	تغییر قابل‌توجه در کل سیستم- ها و عملکرد سیستم (معماری‌های سیستم، فناوری‌ها، عملیات)	تغییر قابل‌توجه در نهادها (تبدیل و جابجایی)	به‌کارگیری فناوری‌های جدید در مقیاس وسیع توسط بازیگران فعلی بالغ و اتحاد نوآوری‌های کنام- توجه کنشگران بالغ سطح رژیم هم به فناوری‌های بسیار رشد یافته رژیم و هم فناوری‌های جدید	رهبری بازار و جامعه مدنی (گفتمان‌های فرهنگی و ائتلاف‌های حمایتی)	تنظیم، تعدیل، نگهداری داخلی، خوشه‌بندی کنام‌ها، جذب افراد خارجی	پارانه تحقیق و توسعه- تامین منابع از احزاب مختلف	فشار گروه‌های محیطی و جنبش‌های اجتماعی	ناپدید شدن برخی بازیگران رژیم از طریق ادغام یا تصاحب، و بازتعریف نقش‌ها و استراتژی برخی دیگر توسط خودشان/ ساقط شدن بازیگران فعلی صنعت توسط افراد تازه‌وارد یا با اتحادهای جدید با آن‌ها
٣	جایگزینی فناورانه تدریجی	جایگزینی فناورانه صنعف/ تدریجی	بهمن / خیلی زیاد	بالغ	مقاوم	تغییر رادیکال در اجزای فنی (جایگزینی)	تغییر نهادی تدریجی- لایه‌بندی	جایگزینی فناوری موجود با فناوری جدید و توسعه نوآوری‌های بنیادین- برخورداری از بقایای فناوری- های قدیمی پس از گذار	دولت (هماهنگی مرکزی)	فشار فناوری/ جابجایی	پارانه‌ها	نگرانی روزافزون در بهبود بهره‌وری و استفاده بهتر از منابع موجود	جایگزینی تازه‌واردان بجای شرکت‌های بالغ موجود و ادامه فعالیت شرکت‌های موجود در بازار کنام
٤	جایگزینی فناورانه عمیق	جایگزینی فناورانه خالص/ کامل/ قوی	بهمن / خیلی زیاد	بالغ	شکننده	رادیکال- معماری	خیلی زیاد	ظهور فناوری غالب واحد در رژیم در سراسر فرایند گذار که درسطح کنام ظاهر می‌شود	بازار و تقویت و بزرگ کردن آن	رقابت بین سیستم غالب و سیستم جدید، خوشه‌بندی کنام ها و جذب افراد خارجی	پارانه تحقیق و توسعه و منابع خارج از رژیم	نگرانی در خصوص بهبود بهره‌وری	در دست گرفتن سیستم غالب توسط بازیگران سایر سیستم‌ها و تغییر آن/ خروج رژیم از دست خودی‌ها/ شکل‌گیری رقابت بازاری و منازعات قدرت میان محافظه‌کاران و تازه‌واردان
٥	N/A	جایگزینی فناورانه	تغییر مخرب/ متوسط	بالغ	شکننده	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
٦	N/A	جایگزینی فناورانه	شوک خاص	بالغ	شکننده	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

٥-تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

کمپ و همکاران (٢٠١٠) انواع مسیرهای گذار برای انرژی بادی در دانمارک و انرژی هیدروژنی در سوئد را بر اساس دو ویژگی مهم به ٤ دسته تقسیم‌بندی کرده‌اند.

١- منشأ منابع[٢١] (بازیگران غالب درگیر و کسانی که مشکلات را مشخص می‌کنند)

۲- هماهنگی[۲۲]. بر اساس این دو ویژگی، مسیرهای گذار را بدین‌صورت تعریف کرده‌اند:

مسیر۱: دگرگونی فوری[۲۳] (معادل مسیر دگرگونی عمیق): ویژگی‌های این مسیر، هماهنگی کم و غیرمستقیم، منابع یا بازیگران خارجی، منابع مالی عمدتاً یارانه تحقیق و توسعه و منابع احزاب مختلف، تعیین مشکلات و مسیرها عمدتاً توسط سیاست‌گذاران و مؤسسات تحقیق و توسعه، دورنمای غیرمنسجم، شبکه‌های بازیگران پراکنده (مهندسان و جامعه صنعتی) و عدم وجود شبکه حمایتی از بازیگران تعیین‌شده‌اند.

مسیر۲: جهت‌گیری مجدد مسیرها[۲۴] (معادل مسیر پیکره‌بندی مجدد): در این مسیر، هماهنگی کم و منشأ منابع داخلی است.

مسیر ۳: گذار هدفمند[۲۵] (معادل مسیر جایگزینی فناورانه): میزان هماهنگی در این مسیر بالا و منشأ منابع خارجی، تعیین‌شده سیاست‌مداران به‌عنوان بازیگران خارج از رژیم هستند و منابع مالی یارانه تحقیق و توسعه و منابع خارج از رژیم در نظر گرفته شد.

مسیر ٤: تجدید درون‌زا[۲۶] (معادل مسیر فروپاشی و بازآرایی): میزان هماهنگی بالا و منشأ منابع، داخلی (بازیگران صنعتی داخل رژیم نه بازیگران سیاسی) تعیین‌شده و تحولات وسیع و اعتراضات، اصلاح قانون، محدود کردن نفوذ سیاسی توسط بازیگران جزء ویژگی‌های این مسیر است (Kemp, et al, 2010).

گیلز (۲۰۱۰) سه مسیر گذار پایداری برای بخش برق در هلند در نظر گرفته شد که شامل دگرگونی، پیکره‌بندی مجدد تدریجی و فروپاشی و بازآرایی (کمتر محتمل) بوده است. فشار دورنما، منشأ گذار، نوع و تعامل بازیگران، شبکه‌های بازیگران، استراتژی بازیگران، پویایی اصلی، مدیریت عرضه و تقاضا، شیوه حکمرانی و میزان تغییرات به‌عنوان ویژگی‌های مهم مسیرهای گذار از بطن مطالعه بیرون کشیده شده و ویژگی‌های متمایزی برای هر مسیر تعیین‌شده است (Geels, Verbong, 2010). مسیر فروپاشی و بازآرایی به‌عنوان مسیر گذار سیستم برق کم‌کربن در انگلیس تعیین‌شده و منشأ گذار را اختلال سریع ناشی از فشارهای دورنمای مربوط به کاهش تغییرات آب‌وهوا و نگرانی‌های امنیت انرژی دانسته‌اند. همچنین به استراتژی بازیگران به‌عنوان ویژگی مسیر گذار اشاره‌شده است(Foxon, Hammond & Pearson, 2010).

در مطالعه دیگری الگوی حکمرانی[۲۷] یا فضای اقدام[۲۸]را به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مسیرهای گذار تعیین کرده‌اند که بسته به قدرت و نفوذ نسبی هر یک از گروه‌ها (دولت، بازار، جامعه مدنی) و ترکیب و تعادل تصمیم‌گیری متمرکز و غیرمتمرکز، یکی از انواع مسیرها طی خواهد شد (Foxon, Burgess, Hammond, Hargreaves & et al, 2010). مطالعه گذارهای حاکم در

دوره تاریخ صنعت گاز انگلیس دو مسیر را برای صنعت گاز انگلیس مشخص کرده است: ۱- دگرگونی و ۲- فروپاشی و بازآرایی و جایگزینی فناورانه به‌طور هم‌زمان یا متوالی (به‌عنوان مسیر دنباله گذارها) که مسیر جدیدی است و در تحقیقات قبلی به آن اشاره نشده است. در این پژوهش، تمرکز بر عرضه و تقاضا (زنجیره تأمین)، شیوه حکمرانی، نوع بازیگران، استراتژی بازیگران و منشأ گذار از ویژگی‌های متمایزکننده مسیرهای گذار هستند که از متن استخراج‌شده‌اند (Arapostathis & et al, 2013).

منشأ گذار به‌عنوان ویژگی مهم گذار در مطالعات Berkhout, Smith & Stirling(2004)، Geels & Raven (2006)، Geels & Schot (2007) و Forbord & Hansen (2020) عنوان‌شده است.

سه مسیر احتمالی گذار اجتماعی- فنی حمل‌ونقل شهری برای ایتالیا تا سال ۲۰۳۰ در نظر گرفته شد که شامل پیکره‌بندی مجدد (محتمل‌ترین مسیر)، فروپاشی و بازآرایی تدریجی و جایگزینی فناورانه است. با توجه به ویژگی‌های مطرح‌شده در مطالعه، مسیر فروپاشی و بازآرایی تدریجی با مسیر فروپاشی و بازآرایی معمول، متفاوت است. پویایی‌های کلی، استراتژی بازیگران و مکانیزم‌های گذار و نوع سیاست از ویژگی‌هایی مسیرهای گذار در این تحقیق می‌باشند (Marletto, 2014).

همچنین در مطالعه دیگری سه مسیر را برای گذار به حمل‌ونقل شهری ۲۰۴۰ ایتالیا با عناوین اندک متفاوتی معرفی کرده است: ۱- پیکره‌بندی مجدد کامل(محتمل‌ترین مسیر)، ۲- مسیر گذار ترکیبی[۲۹] (فروپاشی و بازآرایی + جایگزینی فناورانه) و ۳- جایگزینی فناورانه خالص[۳۰] .تمرکز نویسنده در این تحقیق بر نقش متفاوت نوآوران و شبکه‌های آن‌ها در تعیین مسیر گذار بوده است (Marletto, 2019).

دو مسیر دگرگونی در مقیاس خرد یا محلی[۳۱] و فروپاشی و بازآرایی در مقیاس خرد یا محلی، به‌عنوان مسیرهای گذار پایدار دوچرخه برقی در چین تعیین شد که هر دو با توجه به ویژگی‌های مطرح‌شده با مسیرهای معمول دگرگونی و فروپاشی متفاوت می‌باشند. فشار دورنما، مقاومت رژیم، بازیگران و فناوری، از مهم‌ترین ویژگی‌های مسیرهای گذار بوده که در متن به آن‌ها اشاره‌شده است (Lin & Wells, 2015).

حسینی (۲۰۱۵) در پایان‌نامه دکترای خود، ضمن تشریح ویژگی‌های نسبی مسیرهای گذار، محتمل‌ترین سناریوی مسیر گذار در بخش انرژی بریتانیا در سطح رژیم‌های پایین‌تر را فروپاشی و بازآرایی می‌داند. مهم‌ترین ویژگی‌های مسیرهای گذار که در مطالعه ایشان عنوان‌شده، عبارتند از: فشار دورنما، بلوغ فناوری کنام در شروع فشار، هم‌زیستی کنام- رژیم در طی گذار، مکانیزم گذار، درجه تغییر و تغییرات مربوط، سرنوشت بازیگران فعلی پس از گذار، تغییرات نهادها و

قوانین، نوسانات فنی، مراحل/سرعت گذار، فناوری و مقاومت کنام و رژیم (Hussaini, 2015). گیلز و همکاران (۲۰۱٦)، تئوری گذار را توسعه داده و مسیرهای گذار را علاوه بر ویژگی‌های تقویت‌کنندگی/ازهم‌پاشیده نمودن رژیم، هم‌زمانی یا ناهمزمانی فشار دورنما و بلوغ کنام، بر اساس سه ویژگی مهم دیگر یعنی استحکام رژیم بر اساس میزان تغییرات قوانین، میزان غلبه فناوری‌های جدید بر فناوری‌های موجود، و نوع ارتباط بین شرکت‌های حاکم و شرکت‌های جدید، از هم متمایز نمودند. بر اساس این ویژگی‌ها، مسیرهای دگرگونی، پیکره‌بندی مجدد و جایگزینی فناورانه هر یک‌به‌دو مسیر تقسیم‌بندی شده‌اند. مسیرهای دگرگونی محدود یا لایه‌بندی[۳۲]، دگرگونی قابل‌توجه (عمیق) یا تبدیل و جابجایی[۳۳]، جایگزینی فناورانه کشش و تبدیل[۳٤] (در مقیاس کوچک)، جایگزینی فناورانه تناسب و تطبیق[۳۵] (سرنگونی شرکت‌های موجود توسط شرکت‌های جدید)، پیکره‌بندی مجدد اساسی (رانش و تبدیل)[۳٦] (تغییر اساسی در نهادها و قوانین و معماری)، پیکره‌بندی مجدد محدود (تغییر بنیادی محدود)[۳۷]. همراه با دو مسیر دیگر یعنی فروپاشی و بازآرایی و دنباله مسیرهای گذار، درمجموع ۸ مسیر گذار در این مطالعه ترسیم‌شده است. دنباله مسیرهای گذار هم از دگرگونی شروع‌شده و درنهایت تبدیل به پیکره‌بندی مجدد می‌شود یا از مسیر جایگزینی تدریجاً به مسیر دگرگونی، یا از دگرگونی تدریجی به دگرگونی عمیق، تبدیل می‌شود (Geels & et al, 2016).

در دو مطالعه دیگر، ٤ ویژگی ارتباط رژیم- TIS، توسعه TIS پیش از رویداد دورنما یا در طی آن، مقاومت رژیم و میانگین اندازه بازار کنام، به‌عنوان ویژگی‌های مهم تعیین‌کننده مسیر گذار مشخص‌شده‌اند (Raven & Walrave, 2020)(Walrave & Raven, 2016).

بررسی تکامل تاریخی بخش برق مکزیک و پیامدهای آن برای گذار به توسعه کم‌کربن، دو مسیر فروپاشی و بازآرایی و جایگزینی فناورانه را به‌عنوان مسیرهای گذار بخش برق شناسایی کرد. منشأ گذار یا شوک، فشار دورنما، بازیگران و استراتژی بازیگران، ویژگی‌های مهم مسیرهای گذار در مطالعه بودند. هم‌چنین به این ویژگی‌ها در مسیرهای دگرگونی،پیکره‌بندی مجدد و بازتولید هم اشاره شد (Jano-Ito & Crawford-Browna, 2016).

مطالعه دیگری با سناریوپردازی برای مسیرهای محتمل گذار انرژی در انگلیس، مسیر انرژی را از دگرگونی به پیکره‌بندی مجدد درحال تغییر می‌داند و منشأ گذار و استراتژی بازیگران به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های مسیرهای گذار در نظر گرفته‌شده است (Galiègue & Laude, 2017). در پژوهشی تحت عنوان ایجاد مدل‌های مدیریت گذار انرژی مبتنی بر کارگزار در هلند، مسیر دگرگونی به‌عنوان مسیر سودآور برای تغییر آب‌وهوا تعیین‌شده که منشأ گذار، استراتژی بازیگران و نوع بازیگران از ویژگی‌های مهم مسیر گذار در آن است (Hoekstra ,Steinbuch & Verbong 2017 ,).

گیلز و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان، شناسایی مسیر گذار به‌سوی انرژی‌های کم‌کربن انگلیس تا سال ۲۰۵۰، سه مسیر جایگزینی عناصر اجزای فنی[۳۸]، دگرگونی گسترده‌تر سیستم[۳۹] و جایگزینی فناورانه را به‌عنوان مسیرهای گذار انرژی‌های کم‌کربن تا سال ۲۰۵۰ شناسایی کردند. ویژگی‌های انواع مسیرهای گذار برآمده از متن تحقیق عبارتند از: نوع بازیگران، میزان یا عمق تغییر، حوزه تغییر، منابع مالی، شیوه حکمرانی و استراتژی بازیگران (Geels, McMeekina & Pfluger, 2018).

بارتون و همکاران (۲۰۱۸) مسیر جایگزینی فناورانه را به‌عنوان مسیر گذار غالب برق کم‌کربن در آلمان درنظر گرفتند. پذیرش توسط داوطلبان جدید به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی این مسیر تعیین‌شده بود. آن‌ها هم اذعان داشتند شیوه حکمرانی، استراتژی بازیگران و منشأ گذار در تشخیص مسیرها بسیار مهم است (Barton , et al, 2018). مسیرهای گذار احتمالی به‌سوی تمرکززدایی سیستم انرژی در استرالیا، پیکره‌بندی مجدد محلی/ تحول (تدریجی-لایه‌بندی و رانش)[۴۰] (رقابت بین این دو مسیر) و جایگزینی فناورانه (تدریجی- لایه‌بندی)[۴۱] تعیین‌شده است. نوع بازیگران، میزان و نوع تغییر، و نوع فناوری از ویژگی‌های مهم مسیرهای گذار در این تحقیق تعیین‌شده‌اند (Judson, et al, 2020). در مطالعه‌ای تحت عنوان گذارهای تاریخی سیستم برق غرب استرالیا، ۲۰۱۶- ۱۸۸۰، چند مسیر گذار برای سیستم برق غرب استرالیا شناسایی شد که عبارتند از: فروپاشی و بازآرایی، دگرگونی محلی[۴۲] و پیکره‌بندی مجدد تدریجی یا محلی[۴۳]. نوع تغییر، فناوری، بازیگران و منشأ گذار از مهم‌ترین ویژگی‌های مسیرهای گذار بوده است. ضمن اینکه به ویژگی‌های دیگری نیز اشاره‌شده است. این مطالعه نشان می‌دهد، آینده گذار در مقیاس‌های محلی و نه در سطح ملی یا جهانی با سرعت بیشتری عمل خواهند کرد (Wilkinson, Davidson, M.Morrison,2020).

دو مسیر جایگزینی فناورانه و دگرگونی گسترده‌تر رژیم [۴۴]، به‌عنوان مسیرهای گذار پایدار انرژی شناخته‌شده‌اند که نوع بازیگران مهم‌ترین وجه تمایز این مسیرها است (Robertson & Cairney, 2020). هاف و همکاران(۲۰۲۰) مسیرهای گذار کربن‌زدایی تولید برق در انگلیس و آلمان را مسیرهای جایگزینی فناورانه و تغییر گسترده‌تر رژیم[۴۵] را دانسته‌اند. نوع بازیگران، استراتژی بازیگران، فناوری، میزان تغییرات، منابع مالی، در این دو مسیر متمایز می‌باشند (Hof & et al, 2020). جایگزینی فناورانه و تغییر گسترده‌تر رژیم، به‌عنوان مسیرهای گذار شهر هوشمند پایدار تعیین‌شده‌اند که ازنظر نوع فناوری باهم متفاوت می‌باشند (Mora & et al, 2020). مسیرهای دگرگونی تدریجی و پیکره‌بندی مجدد هم به‌عنوان مسیرهای گذار پایدار تولید بیوگاز و حمل‌ونقل عمومی در نروژ بیان شدند که فشار دورنما، بازیگران و نوع حمایت (منابع مالی) و منشأ گذار ویژگی‌های مهم

متمایزکننده مسیرها است (Hansen, 2020 & Forbord). همچنین در مطالعه دیگری مسیرهای گذار انرژی هیدروژنی در نروژ، دگرگونی تدریجی و فروپاشی و بازآرایی تعیین‌شده که عمدتاً فشار دورنما و میزان تغییر متمایزکننده این مسیرها بوده‌اند (Damman, et al, 2021). موسوی درچه و همکاران (۲۰۱۸) نیز مسیر گذار فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران را در مراحل دوم و سوم گذار، از جنس دگرگونی تدریجی (لایه‌بندی)و در مرحله چهارم در حال تغییر از دگرگونی عمیق (تبدیل و جابجایی) به جایگزینی فناورانه (تناسب و تطبیق)، شناسایی کرده‌اند. ویژگی‌های اصلی مسیرهای گذار نیز دقیقاً ویژگی‌های مسیرهای گذار در مطالعه گیلز (۲۰۱٦) در نظر گرفته شد. ساختار سیاسی (روابط قدرت میان بازیگران شامل سه بخش دولت، بازار و جامعه مدنی) و ابزارهای سیاستی هم جزء ویژگی‌های پیشنهادی برای مسیرهای گذار عنوان شد که البته در مطالعه ایشان، در نظر گرفته نشد (Mosavi Dorche, Ghanei Rad, Karimian, Shahmoradi, 2018). کنگر (۲۰۲۱) به‌منظور پیشبرد تحقیقات در مورد گذار انرژی و حمل‌ونقل،.عنوان کرد با توجه به سه ویژگی اصلی (شدت فشار دورنما، مقاومت رژیم و بلوغ کنام) با ارزش‌های متفاوت برای مسیرهای گذار، می‌توان ١٦ ترکیب احتمالی برای این مسیرها متصور شد (ترکیبی از ٤ نوع فشار دورنما، ۲ درجه انعطاف‌پذیری رژیم و ۲ درجه بلوغ کنام). نویسنده برخی مسیرهای هم‌نام را به مسیرهای ضعیف و قوی دسته‌بندی کرده است، بر این اساس که آیا آن مسیر گذار به‌طور کامل یا در زمان کوتاه‌تری اتفاق خواهد افتاد و یا به‌دلایلی مانند مقاومت رژیم یا شکننده بودن آن و یا نوظهور یا بالغ بودن کنام بسته به مسیر و فشار دورنما، در زمان طولانی‌تری یا به‌طور ناقص یا ضعیف طی خواهد شد (Kanger, 2021).

درمجموع یافته‌ها نشان می‌دهد می‌توان هر مسیر گذار شناخته‌شده را با توجه به متمایز بودن بسیاری از ویژگی‌های بالا به دو دسته تقسیم‌بندی کرد. مسیر محدود (و تدریجی) و مسیر اساسی و کامل (عمیق). مثلاً مسیر جایگزینی فناورانه تدریجی و محدود و مسیر جایگزینی فناورانه کامل. بر این اساس ۱۲ مسیر گذار از میان بررسی‌های انجام‌شده، شناسایی‌شده است. کد منابعی که به هریک از این مسیرها اشاره‌کرده‌اند، مطابق جدول ۲ در انتهای نام مسیر آمده است. ۱- دگرگونی محدود (تدریجی) [۷، ۸، ۹، ١٦، ۲۰، ٢٤، ۲۵، ٢٦]، ۲- دگرگونی اساسی(عمیق) (در ادبیات تحت عنوان تغییر رژیم گسترده‌تر هم نام‌گذاری شد)[۱، ۲، ۵، ٦، ۸، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ١٤، ١٦، ۱۸، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ٢٦]، ۳- جایگزینی فناورانه محدود (تدریجی) [۹، ١٤، ۱۹، ۲۲، ٢٦]، ٤- جایگزینی فناورانه اساسی(عمیق) [۲، ٦، ۸، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ١٦، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ٢٦]، ۵- پیکره‌بندی مجدد محدود (تدریجی) [۱، ۹، ۲۰، ٢٦]، ٦- پیکره‌بندی مجدد اساسی(عمیق) [۲، ٦، ۸، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ٢٤،

۲۶]، ۷- فروپاشی و بازآرایی محدود (تدریجی) [٦، ۷، ۲٦]، ۸- فروپاشی و بازآرایی اساسی(عمیق) [۱، ۲، ۳، ٦، ۸، ۹، ۱۱، ۱۸، ۲۰، ۲۵، ۲٦]، ۹-بازتولید اساسی(عمیق) [۱۱، ۲٦]، ۱۰-بازتولید محدود (تدریجی) [۲٦]، ۱۱- فروپاشی و بازآرایی≠ و جایگزینی فناورانه به‌صورت متوالی یا هم‌زمان [۵، ۱۷]، ۱۲- پیکره‌بندی مجدد تدریجی و دگرگونی تدریجی هم‌زمان [۱۹].

بر اساس یافته‌ها، مسیرهای محدود (تدریجی) و عمیق هر یک از مسیرهای ۵گانه مشهور گذار، حداقل در ۹ ویژگی مشخص‌شده در مقالات موردبررسی باهم متفاوتند که عبارتند از: ۱- شدت فشار دورنما/ یا بلوغ فناوری کنام در شروع فشار/ یا مقاومت رژیم ۲- میزان تغییر، ۳- تغییر قوانین و نهادها، ٤- استراتژی بازیگران، ۵- فناوری‌ها، ٦-مکانیزم گذار، ۷- شیوه حکمرانی، ۸- منابع در دسترس، ۹- منشأ گذار. دو مسیر انتهایی شناسایی‌شده که ترکیبی هستند نیز کاملاً باهم متفاوت می‌باشند. مسیرهای عمیق و تدریجی حداقل دریکی از سه ویژگی اصلی ذکرشده در بالا باهم متفاوتند. دو مسیر اخیر در مطالعه ما تقریباً مطابق با ویژگی‌های مسیرهای گذرا بلاتکلیف در مطالعه کنگر (۲۰۲۱) است. شواهدی از ٤ مسیر مطرح‌شده در مبانی نظری گذار، در میان مطالعات و مرور نظام‌مند ادبیات دیده نشده است.

٦- جمع‌بندی

مطالعه انجام‌شده نشان می‌دهد مسیرهای گذار در دنیای واقعی فراتر از مسیرهای گذاری است که تاکنون شناسایی‌شده است. در ادبیات گذار، مسیرهای گذار بیشتر بر اساس چند ویژگی فشار دورنما، میزان بلوغ کنام، مقاومت رژیم، میزان تغییر، و گاهاً بازیگران و فناوری‌ها بررسی و دسته‌بندی‌شده‌اند. در این پژوهش مسیرهای گذار بر اساس ۲٤ ویژگی که خود برگرفته از ادبیات و مطالعات مختلف گذار می‌باشند، متمایز شده و ویژگی‌های مسیرهای گذار بر اساس آن‌ها تشریح شده است. این عوامل عبارتند از: شدت فشار دورنما، بلوغ کنام، مقاومت رژیم، هم‌زیستی کنام- رژیم، درجه /عمق تغییر، تغییر نهادها و قوانین، منبع (بازیگران کلیدی)، شبکه‌های بازیگران، استراتژی بازیگران، منابع در دسترس، مکانیزم گذار، هماهنگی، نوسانات فنی، فناوری‌ها، TIS، ارتباط رژیم- TIS، میانگین اندازه بازار کنام، پویایی‌های کلی، مراحل بلوغ، سطوح درگیر MLP، شیوه حکمرانی (فضای اقدام)، منشأ گذار(دامنه شوک) و اهمیت زنجیره تأمین. بر اساس ویژگی‌های مذکور و تفاوت این ویژگی‌ها در مسیرهای مختلف، ۱۲ مسیر گذار در میان مطالعات موردی و مقالات بررسی‌شده، شناسایی‌شده است. در این دسته‌بندی، ۵ مسیر شناخته‌شده گذار یعنی دگرگونی، پیکره‌بندی مجدد، جایگزینی فناورانه، فروپاشی و بازآرایی و بازتولید هرکدام به

دو مسیر اساسی (عمیق) و محدود یا تدریجی طبقه‌بندی‌شده‌اند (مجموعاً ۱۰ مسیر). این مسیرها دوبه‌دو باهم قابل‌مقایسه بوده و حداقل در ۹ ویژگی متفاوت می‌باشند. ویژگی‌هایی که در این مسیرهای ۱۰گانه متمایز است عبارتند از:

۱- شدت فشار دورنما/ یا بلوغ فناوری کنام در شروع فشار/ یا مقاومت رژیم

۲- میزان تغییر

۳- تغییر قوانین و نهادها

٤- استراتژی بازیگران

۵- فناوری‌ها

٦- مکانیزم گذار

۷- شیوه حکمرانی

۸- منابع در دسترس

۹- منشأ گذار.

علاوه بر ۱۰ مسیر، دو مسیر جدید که ترکیبی از دو مسیر اصلی می‌باشند نیز کشف‌شده است: مسیر فروپاشی و بازآرایی تدریجی و جایگزینی که به‌صورت متوالی یا هم‌زمان اتفاق می‌افتد و مسیر پیکره‌بندی مجدد تدریجی و دگرگونی تدریجی هم‌زمان.

نتیجه به‌دست‌آمده هم‌راستا و مکمل تحقیقات زیادی در حوزه گذار است. کمپ و همکاران (۲۰۱۰) این نقد را به طرح اسمیت و همکاران (۲۰۰۵) وارد کرده‌اند که در تحلیل مسیرهای گذار، هر یک از مسیرهای چهارگانه را به یک ربع در چارچوب ماتریس تعیین‌شده اختصاص داده‌اند درحالی‌که تعاریف و مرزهای ماتریس مبهم بوده نیاز به در نظر گرفتن ابعاد دیگری غیر از نوع منبع (بازیگران) و هماهنگی در هر مسیر دارد. در مطالعه ما این نقد مرتفع شده و مسیرهای مختلف گذار بر اساس ۲۵ ویژگی مطالعه و متمایز شده‌اند. درواقع کمپ و همکاران (۲۰۱۰) گریز از انواع ایستای مسیرهای ارائه‌شده گیلز و اسکات (۲۰۰۷) و برخوت و همکاران (۲۰۰٤) را مطرح کردند که پژوهش حاضر از انواع ایستای مسیرهای گذار فراتر رفته است.

مطالعه لین و ولز (۲۰۱۵) هم نتیجه مطالعه ما را تائید می‌کند. آن‌ها عنوان کردند مسیرهایی غیر از مسیرهایی که توسط گیلز و اسکات (۲۰۰۷) ترسیم‌شده وجود دارد که در دوره‌های زمانی مختلف، مطمئناً امکان‌پذیر است.

حسینی (۲۰۱۵) نیز در پایان‌نامه دکترای خود ابتدا چهار مسیر گذار را تشریح نموده اما تنها بر اساس ۹ ویژگی که در پژوهش ما بررسی‌شده، ضمن اینکه به‌دنبال شناسایی مسیرهای گذار جدید نیز نبوده است.

نتایج مطالعه ما می‌تواند تقویت‌کننده استدلال گیلز و همکاران (۲۰۱۶)، هم باشد که گفتند مسیرهای گذار همیشه به شکل خالص خود اتفاق نمی‌افتند و مثال کالسکه‌های اسب‌کشی و اتومبیل‌ها را ترکیبی از فروپاشی و بازآرایی و دو جایگزینی فناورانه متعاقب آن می‌دانند.

بارتون و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند بسیاری از مسیرها ممکن است در واقعیت به نتیجه مطلوبی نرسند تا چارچوب محضی داشته باشند و تغییرات بین آن‌ها می‌تواند منجر به مسیرهایی گردد که ویژگی‌های ترکیبی نشان می‌دهند. در حقیقت دو مسیرانتهایی کشف‌شده در تحقیق حاضر که ویژگی‌های ترکیبی دو مسیر گذار را دارند، این موضوع را تائید می‌کند.

کنگر (۲۰۲۱) هم تنها بر سه ویژگی اصلی مسیرهای گذار (فشار دورنما، بلوغ کنام و مقاومت رژیم) تأکید کرده و پیشنهاد نموده با توجه به اینکه بر اساس ترکیب این ویژگی‌ها ۱۶مسیر گذار محتمل خواهد بود، در تحقیقات بعدی مشخص شود که آیا همه این مسیرها در واقعیت وجود دارد و نکته دوم اینکه اگر دو مسیر دریکی از این ویژگی‌ها مشابه بوده و در ویژگی سوم متفاوت باشند، آیا مشابه خواهند بود یا خیر. در این تحقیق همه موارد پیش‌گفت بررسی‌شده و از میان ۱۶ مسیر مفروض کنگر، ۱۲ مسیر در میان مقالات موردبررسی و مطالعات موردی موجود در آن‌ها مطرح‌شده است، اما برای ٤ مسیر باقی‌مانده در مطالعات انجام‌شده، شواهدی یافت نشده است. همچنین در هر سه ویژگی این مسیرها مشخص‌شده که بر اساس تفاوت‌شان مسیرهای متمایزی تشخیص داده شد. تحقیق کنگر دارای محدودیت‌های خاصی بود. اول از همه، ازآنجاکه مقاله‌شان ازنظر ماهیت نظری بود، هیچ تحقیق اولیه‌ای انجام نشد و مطالعه مورداستفاده در تحلیل، مبتنی بر ادعاهای ایشان در مورد داده‌های تجربی بود- به‌عبارتی تحقیقات بیشتری برای تأیید (یا عدم تائید) مسیرهای گذار موردنیاز بود. علاوه بر این، به دلیل تمرکز نظری، مقاله فضای زیادی برای عملیاتی شدن اختصاص نداد که در پژوهش حاضر سعی شد با مرور نظام‌مند مطالعات گونه‌شناسی گذار که عمدتاً مطالعات موردی و تجربی بودند، این محدودیت‌ها تا حدودی مرتفع گردد.

ویژگی‌های مسیرهای گذار کشف‌شده به‌قدری متمایز است که بتوان آن‌ها را در دسته‌های مجزایی طبقه‌بندی کرد. به‌عنوان‌مثال مسیرهای دگرگونی تدریجی و دگرگونی عمیق (که در برخی مطالعات تغییر گسترده رژیم تعریف می‌شود)، علیرغم وجه اشتراک‌هایی که در ١٤ ویژگی موردمطالعه دارند (فشار دورنمای مخرب، هم‌زیستی کنام و رژیم، بازیگران کلیدی، شبکه‌های پراکنده آن‌ها، شیوه حکمرانی، رهبری بازار، مراحل بلوغ، حضور اکثریت بازیگران پس از گذار، هماهنگی کم، نوسانات فنی متوسط، توسعه‌نیافتگی TIS پیش از فشار، رقابتی و نامطلوب بودن ارتباط رژیم-TIS، کوچک بودن بازار کنام، اقتباس از سیستم غالب اولیه و سازگاری با آن و سطوح

درگیر MLP)، اما در ۱۰ ویژگی بلوغ کنام، مقاومت رژیم، درجه تغییر، تغییر در نهادها و قوانین، استراتژی بازیگران، فناوری‌ها، مکانیزم گذار و منشأ آن، اهمیت زنجیره تأمین و گاهاً منابع در دسترس و حتی اندکی در شیوه حکمرانی باهم تفاوت اساسی دارند. در دگرگونی تدریجی کنام بالغ و مقاومت رژیم بالا بوده و شاهد درجه تغییر تدریجی، تغییر بنیادی محدود قوانین و نهادها، تغییر تدریجی شرکت‌های بالغ بوده و استراتژی بازیگران تغییر جهت تدریجی شرکت‌های بالغ موجود به‌وسیله تعدیل روتین‌ها می‌باشند اما در دگرگونی عمیق، کنام نوظهور و مقاومت رژیم کم است و شاهد درجه تغییر قابل‌توجه و متحولانه، تغییر قابل‌توجه در نهادها، تغییر قابل‌توجه شرکت‌های بالغ بوده و استراتژی بازیگران ناپدید شدن برخی بازیگران رژیم از طریق ادغام یا تصاحب، و بازتعریف نقش‌ها و استراتژی برخی دیگر توسط خودشان است و در سایر ویژگی‌ها نیز تا حدودی متمایزند.

دو مسیر ترکیبی کشف‌شده انتهایی(فروپاشی و بازآرایی تدریجی و جایگزینی متوالی یا هم‌زمان– پیکره‌بندی مجدد تدریجی و دگرگونی تدریجی) نیز، به‌دلیل ویژگی‌های متفاوتشان در هیچ‌یک از مسیرهای قبلی قابل‌طبقه‌بندی نیستند و به‌عنوان مسیرهای جدید معرفی‌شده‌اند.

درمجموع این مطالعه منجر به بسط گونه‌شناسی گذار گیلز و همکاران و سایر محققان و نیز جابجا شدن مرزهای دانشی حوزه گذار شده و امید است که با تحقیقات بیشتر در قالب مطالعات موردی بتوان وجود این مسیرها را با ویژگی‌های گفته‌شده قوام بیشتری بخشید و سایر تفاوت‌ها و شباهت‌های بین این مسیرها را شناسایی نمود و یا موردانتقاد قرار داد.

با توجه به اینکه در خصوص دو مسیر ۱۱ و ۱۲ گذار(فروپاشی و بازآرایی ضعیف و جایگزینی– پیکره‌بندی مجدد ضعیف و دگرگونی عمیق)، مطالعات زیادی صورت نگرفته و داده‌های کافی برای تشریح ویژگی‌های آن‌ها در دسترس نبوده، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی در خصوص ویژگی‌های این دو مسیر تحقیق گردد و یا در پژوهش‌های گذار به این دو مسیر با دقت بیشتری توجه شود. همچنین در پژوهش‌های بعدی به مسیرهای گذار با این دسته‌بندی توجه شده و در قالب مسیرهای جدید، تحقیقات انجام شود تا سایر ابعاد ناشناخته این مسیرها شناسایی شود.

با توجه به انقلاب صنعتی پنجم که مبتنی بر شخصی شدن صنایع زیادی می‌باشد و نیز به استناد مطالعات موردی قبلی در خصوص مسیرهای گذار، بهتر است پژوهش‌های آتی در حوزه انرژی، حمل‌ونقل، سلامت و صنایعی که به‌سوی سفارشی‌سازی شخصی گذار خواهند کرد، صورت گیرد. به نظر نویسندگان شکاف دانشی که در زمینه گذار بخش سلامت به پزشکی شخصی [۴۶]، با در نظر گرفتن فناوری‌های هوش مصنوعی و داده‌های حجیم سلامت وجود دارد، نیاز به انجام پژوهش در این بخش را پررنگ‌تر می‌سازد.

۷- مراجع

Arapostathis, S., Carlsson-Hyslop, A., Pearson, P. JG., Thornton, J., Gradillas, M., Laczay, S. & Wallis, S. (2013). Governing transitions: Cases and insights from two periods in the history of the UK gas industry. Energy Policy 52 (2013) 25–44.

Barton,J., Davies,L., Dooley,B., J.Foxon,T., Galloway, S., & et al., (2018). Transition pathways for a UK low-carbon electricity system: Comparing scenarios and technology implications. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 82, Part 3, February 2018, Pages 2779-2790

Berkhout, F., Smith, A., & Stirling, A. (2004). Socio-technological regimes and transition contexts. System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy. Edward Elgar, Cheltenham, 44(106), 48-75.

Damman, S., Sandberg, E., Rosenberg, E., Pisciella, P., Graabak, I. (2021). A hybrid perspective on energy transition pathways: Is hydrogen the key for Norway? Energy Research & Social Science 78 (2021) 102116.

Forbord,M., & Hansen, L.(2020). Enacting sustainable transitions: A case of biogas production and public transport in Trøndelag, Norway, Journal of Cleaner Production, Volume 254, 1 May 2020.

Foxon, T.J., Hammond, G.P. & Pearson, P.J.G. (2010). Developing transition pathways for a low carbon electricity system in the UK Technological Forecasting and Social Change, Volume 77, Issue 8, October 2010, Pages 1203-1213.

Foxon, T. J., Burgess, J., Hammond, G. P., Hargreaves, T., Jones, C. I. and Pearson, P. J.(2010). Transition pathways to a low carbon economy: Linking governance patterns and assessment methodologies. 'IAIA10 Conference Proceedings' The Role of Impact Assessment in Transitioning to the Green Economy. 30th Annual Meeting of the International Association for Impact Assessment. 6-11 April 2010, International Conference Centre Geneva – Switzerland.

Galièguea, X.,Laude,A. (2017).Combining Geothermal Energy and CCS: From the Transformation to the Reconfiguration of a Socio-Technical Regime?, Energy Procedia, Volume 114, July 2017, Pages 7528-7539

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. Research policy, 31(8), 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), 681-696.

Geels, F.W., Raven, R. (2006), Non-linearity and Expectations in Niche-Development Trajectories: Ups and Downs in Dutch Biogas Development (1973–2003), Technology Analysis and Strategic Management, Volume. 18(3–4), pp.375-392.

Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. Research policy, 36(3), 399-417.

Geels, F.W., & Verbong,G.P.J. (2010). Exploring sustainability transitions in the electricity sector with socio-technical pathways. Technological Forecasting and Social Change Volume 77, Issue 8, October 2010, Pages 1214-1221.

Geels, F.W., Kern, F., Fuchs, G., Hinderer, N., Kungl, G. (2016), The enactment of socio- technical transition pathways: A reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low- carbon electricity transitions (1990- 2014), Research Policy, Vol. 45, pp. 896-913.

Geels, F. W. (2017). Disruption and low-carbon system transformation: Progress and new challenges in socio-technical transitions research and the Multi-Level Perspective. Energy Research & Social Science Journal. Volume 37, March 2018, Pages 224-231.

Geels, F.W., McMeekin, A., Pfluger,B. (2018). Socio-technical scenarios as a methodological tool to explore social and political feasibility in low-carbon transitions: Bridging computer models and the multi-level perspective in UK electricity generation (2010–2050), Technological Forecasting and Social Change,Volume 151, February 2018, 119258.

Geels, F. W. (2019). Socio-technical transitions to sustainability: a review of criticisms and elaborations of the Multi-Level Perspective. Current Opinion in Environmental Sustainability Journal. Volume 39, August 2019, Pages 187-201.

Geels, F. W. (2020). Micro-foundations of the multi-level perspective on socio-technical transitions: Developing a multi-dimensional model of agency through crossovers between social constructivism, evolutionary economics and neoinstitutional theory. Technological Forecasting & Social Change Journal. Volume 152, March 2020, 119894.

Hoekstra, A., Steinbuch, M., and Verbong, G. (2017). Creating Agent-Based Energy Transition Management Models That Can Uncover Profitable Pathways to Climate Change Mitigation.Hindawi, Complexity, Volume 2017, Article ID 1967645, 23 pages.

Hof, A. F., Carrara, S., De Cian, Enrica., P, Benjamin., S, Mariësse A.E.van., Sytzede., B, Harmen., P.van, Vuuren, D., (2020). From global to national scenarios: Bridging different models to explore power generation decarbonisation based on insights from socio-technical transition case studies, Technological Forecasting and Social Change,

Volume 151, February 2020, 119882.

HUSSAINI, M. (2015). TRANSITION PATHWAYS TO SUSTAINABLE ENERGY INFRASTRUCTURE: THE UK EXPERIENCE. Phd Thesis, School of Computing, Science and Engineering, College of Science and Technology, University of Salford, Salford, UK September 2015.

Jano-Ito,M. A.,& Crawford-Brown, D. (2016). Socio-technical analysis of the electricity sector of Mexico: Its historical evolution and implications for a transition towards low-carbon development .Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 55, March 2016, Pages 567-590.

Judson, E., Fitch-Roy, O., Mitchell,C. (2020), The centre cannot (always) hold: Examining pathways towards energy system de-centralisation, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 118, February 2020, 109499.

Kanger, L., (2021). Rethinking the Multi-level Perspective for energy transitions: From regime life-cycle to explanatory typology of transition pathways. Energy Research & Social Science, 71 (2021) 101829

Kemp, L. M., Vernay, A-L., Ravesteijn, W.(2010). EXPLORING ENERGY TRANSITION PATHWAYS: insights from Denmark and Sweden. ERSCP-EMSU conference (Knowledge Collaboration & Learning for Sustainable Innovation), Delft, The Netherlands, October 25-29, 2010.

Lawhon, M., Murphy, J. T. (2011).Socio-technical regimes and sustainability transitions: Insights from political ecology. Progress in Human Geography. Volume: 36 issue: 3, page(s): 354-378

Loorbach, D. & Rotmans, J., (2010), "The practice of Transition management: Examples and lessons from for distict cases", Futures 42, pp 237- 246.

Marletto, G. (2014). Car and the city: Socio-technical transition pathways to 2030. Technological Forecasting and Social Change, Volume 87, September 2014, Pages 164-178

Marletto, G. (2019). Who will drive the transition to self-driving? A socio-technical analysis of the future impact of automated vehicle. Technological Forecasting and Social Change, Volume 139, February 2019, Pages 221-234.

Mohaghar, A., Saghafi, F., Mokhtarzadeh, N., Azadegan Mehr,M. (2019). Anticipating Technological Transition Path in Iran's Financial Sector Based on MultiLevel Perspective. Journal of Science & Technology Policy, Volume 11, Number 4, P 76-98. Winter 2020 [1] Rotmans, J., Kemp, R., & Van Asselt, M. (2001). More evolution than

revolution: transition management in public policy. foresight, 3(1), 15-31.

Mora, L., Deakin, M., Zhang, X., Batty, M., Jong, M. de., Santi, Pa., Paolo Appio, F. (2020). Assembling Sustainable Smart City Transitions: An Interdisciplinary Theoretical Perspective, Journal of Urban Technology (IF5.465), Pub Date : 2020-12-04.

Mosavi Dorcheh, S.M., Ghanei Rad, M.A., Karimian Khouzani, H., & Shahmoradi, B. (2018), Presenting a Framework for Describing the Technological Transitions Based on the Multilevel Analysis Approach (Case Study: The Transition to Renewable Energy in Iran). Innovation Management Journal. Volume 6, Issue 4 - Serial Number 22. March 2018, Pages 63-98.

Mosavi Dorcheh, S.M., Ghanei Rad, M.A., Karimian, H., Zonouzizadeh, H., & Bagheri Moghaddam, N. (2018), Presenting a Framework for Describing the Technological Transitions Base on the Multilevel Analysis Approach (Case Study: The Transition to Renewable Energy in Iran). Journal of Improvement Management.Vol. 12 No. 2, summer 2018 (Serial 40), Pages 141-171.

Raven,R., Walrave,B. (2020). Overcoming transformational failures through policy mixes in the dynamics of technological innovation systems. Technological Forecasting and Social Change, Volume 153, April 2020, 119297.

Robertson,F., PaulCairney,M. (2020). A systematic review of energy systems: The role of policymaking in sustainable transitions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 119, March 2020, 109598.

Shove, E., Walker, G. (2010). Governing Transitions in the Sustainability of Everyday Life. Research Policy 39(4):471-476.

Smith, A., Stirling, A., Berkhout,F. (2005). The governance of sustainable socio-technical transitions. Research Policy. Volume 34, Issue 10, December 2005, Pages 1491-1510

Verbong, G. P. J., Geels, F. W. (2008). Pathways for sustainability transitions in the electricity sector: Multi-level analysis and empirical illustration, First International Conference on Infrastructure Systems and Services: Building Networks for a Brighter Future (INFRA).

Walrave, B., & Raven, R. (2016). Modelling the dynamics of technological innovation systems , Research Policy, Volume 45, Issue 9, November 2016, Pages 1833-1844.

Wells, P., Lin, X. (2015). Spontaneous emergence versus technology management in sustainable mobility transitions: Electric bicycles in China .Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 78, August 2015, Pages 371-383

Wilkinson,S., Davidson,M., M.Morrison, G .(2020). Historical transitions of Western Australia's electricity system, Environmental Innovation and Societal Transitions, Volume 34, March 2020, Pages 151-164.

1. Multi Levels Perspective
2. Perspective, Regime, Niche
3. Reproduction
4. Transformation
5. Reconfiguration
6. De-alignment and re-alignment
7. Technological substitution
8. A sequence of transitions
9. Resilient Regime
10. Fragile regime
11. Regular change
12. Disruptive change
13. Specific Shock
14. Avalanche
15. Emergent
16. Mature
17. Reproduction (strong)
18. Reproduction (Weak)
19. Transition in Limbo
20. Included
21. Resource Locus
22. CO-ordination
23. Emergent Transformation
24. Reorientation of Trajectories
25. Purposive Transition
26. Endogenous Renewal
27. Governance Pattern
28. Action Space
29. Hybrid Transition Pathway
30. Pure Substitution
31. Transformation in micro- scale
32. Limited ('Layering')
33. Substantial change ('Conversion', 'Displacement')
34. 'Stretch-and-Transform' ('Disruption', 'Displacement')
35. Fit-and-Conform
36. Substantial Change ('Drift', 'Conversion')
37. Limited institutional Change ('Layering')
38. Technical component substitution
39. Broader system transformation
40. Local reconfiguration/ transformation (Incremental - layering and drift)
41. Incremental – layering
42. Transformation of the local regime
43. Gradual Reconfiguration (Reconfiguration of the local level regime architecture)
44. Broader regime transformation
45. Broader Regime Change
46. Personalized Medicine

پیوست ۲- تعاریف ویژگی‌های مسیرهای گذار

ردیف	ویژگی مسیرهای گذار	تعریف
۱	شدت فشار دورنما	میزان تأثیر دورنما بر رژیم فعلی و تحریک توسعه کنام. شدت فشار دورنما می‌تواند کم (تغییر منظم)، متوسط (تغییر مختل‌کننده یا مخرب)، زیاد (شوک خاص) یا بسیار زیاد (بهمن) باشد (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015; Kanger, 2021).
۲	بلوغ فناوری کنام در شروع فشار	بلوغ فناوری کنام درجه تثبیت جاویژه در ابعاد مختلف (شبکه بازیگران، عملکرد فناورانه، ثبات قوانین، میزان سازماندهی) است. بلوغ می‌تواند کم (کنام های نوظهور) یا زیاد (کنام های بالغ) باشد (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015; Kanger, 2021).
۳	همزیستی کنام- رژیم	منظور وضعیت تعامل فناوری‌های کنام و رژیم یا فناوری‌های رژیم جدید/قدیمی در طول گذار است که می‌تواند مطلوب یا نامطلوب باشد. به عبارتی این همزیستی می‌تواند بین فناوری‌ها کنام و رژیم وجود داشته یا نداشته باشد (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015; Kanger, 2021).
۴	مقاومت رژیم	درجه‌ای که رژیم قادر است در برابر فشارهای خارجی مقاومت کند و کنام ها را بدون تغییر اساسی در معماری اصلی خود (ازجمله ثبات شبکه بازیگران، عملکرد فنّاورانه، قوانین راهنما و درجه کلی سازمان)، نحوه عملکرد و جهت تکامل مشارکت دهد. این تاب‌آوری می‌تواند کم (رژیم شکننده) یا زیاد (رژیم تاب آور) باشد (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015; Kanger, 2021).
۵	عمق (میزان) تغییر	درجه تغییر و میزان تحولات رژیم که به چند دسته تدریجی- ماژولار، ماژولار- رادیکال- معماری، رادیکال- معماری و معماری تقسیم می‌شود (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015). تغییر فنی رادیکال، اما سایر عناصر سیستم عمدتاً دست‌نخورده باقی می‌ماند. تغییر متحولانه در کل سیستم‌ها (معماری‌های سیستم، فناوری‌ها، عملیات) (Geels, McMeekina, & Pfluger, 2018).
۶	میزان تغییر نهادها و قوانین	میزان یا درجه تغییر در قوانین و نهادها را نشان می‌دهد که شامل تغییر خیلی زیاد (اساسی)/ زیاد/ متوسط/ کم می‌باشد. تغییر کم را به‌صورت نیاز به قوانین جدید تعریف می‌کند (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015).
۷	منشأ منابع (بازیگران کلیدی)	منبع یا منشأ منابع به بازیگران غالب درگیر اشاره می‌کند، کسانی که مشکلات را مشخص می‌کنند، برای حل آن‌ها ابتکار عمل دارند و منابع موردنیاز را وارد رژیم کرده یا بسیج می‌کنند (Kemp, Vernay, & Ravesteijn, 2010). بازیگرانی که نه‌تنها قدرت تصمیم‌گیری، تنظیم رژیم‌ها و برنامه‌های سیاسی را دارند، بلکه قدرت اجباری برای همسویی بازیگران مختلف در مسیرهای خاص را نیز نشان می‌دهند (Arapostathis & et al, 2013).
۸	استراتژی اصلی بازیگران	استراتژی اصلی بازیگران، واکنش بازیگران نسبت به فشارهای خارجی و حفظ و نگهداری سیستم غالب یا تغییر آن را نشان می‌دهد که در مسیرهای مختلف گذار، بسیار متفاوت می‌باشد(Marletto, 2014).
۹	شبکه‌های بازیگران	شبکه‌های بازیگران بر اساس پراکندگی یا انسجام بین آن‌ها به دودسته پراکنده و منسجم تقسیم می‌شوند (Kemp, Vernay, & Ravesteijn, 2010).
۱۰	منابع در دسترس	منظور منابع مالی در دسترس اعم از منابع داخلی یا دولتی، یارانه تحقیق و توسعه، منابع احزاب مختلف، منابع خارجی، منابع بازارگرا یا ترکیبی از منابع می‌باشد (Kemp, Vernay, & Ravesteijn, 2010; Walrave, & Raven, 2016).
۱۱	مکانیزم گذار	مکانیزم گذار به چند دسته کلی تقسیم می‌شود: ۱- جذب و شخصی‌سازی فناوری‌های کنام، ۲- خوشه‌بندی فناوری‌های کنام و ۳- فشار فنّاوری (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015). جذب افراد خارجی، تنظیم و تعدیل داخلی، رقابت بین سیستم فعلی و جدید نیز از دیگر مکانیزم های گذار می‌باشد(Marletto, 2014). البته مکانیزم های متفاوتی برای مسیرهای مختلف گذار در مطالعات آمده که تعریف و دسته‌بندی خاصی برای مکانیزم گذار در آن‌ها عنوان نشده و صرفاً به مکانیزم گذار در آن مطالعه خاص اشاره‌شده است مانند تقویت رژیم فعلی و خلق بازارهای جدید و ....
۱۲	فناوری‌ها	منظور وضعیت فناوری‌های قدیم (اصلی)، جدید و نوظهور جایگزین در مسیرهای مختلف گذار است که در مطالعات مختلف برای مسیرهای گذار عنوان‌شده است.
۱۳	شیوه حکمرانی	مسیرهای گذار با الگوهای حاکمیتی متفاوت را نشان می‌دهد. الگوها یا شیوه‌های حکمرانی به ترکیب و تعادل اقداماتی که به‌وسیله دولت مرکزی هدایت می‌شود، بازیگران بازارهای آزاد و بازیگران جامعه مدنی بستگی دارد. بازیگران اصلی به سه گروه مختلف دسته‌بندی‌شده‌اند: ۱- دولت: دپارتمان‌های دولت، هیئت‌های مشاوره و قانون‌گذاری و قوانین و مقرراتی که وضع می‌کنند. ۲- بازار: شرکت‌های تأمین‌کننده بزرگ یکپارچه عمودی، بازار کوچک‌تر مبتنی بر بازیگران مثل شرکت‌های نوظهور ۳- جامعه مدنی: نه‌تنها شامل کاربران نهایی است بلکه سایر بازیگران جامعه مدنی مانند اتحادیه‌ها، رسانه‌ها، جنبش‌های سازمان‌یافته را نیز شامل می‌شود (Foxon, Hammond, & Pearson, 2010; Foxon & et al, 2010).
۱۴	منشأ گذار (دامنه شوک)	سرچشمه، رویداد یا واقعه‌ای که منجر به شروع یک مسیر گذار می‌گردد. که می‌تواند یک بحران داخلی یا جهانی بوده یا از فشارهای سیاسی، حاکمیتی، قانونی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی یا فناوری نشات بگیرد.
۱۵	اهمیت زنجیره تأمین	منظور از زنجیره تأمین، اهمیت عرضه و تقاضا در مسیرهای گذار است. در تقاضا تمرکز بر نوآوری در مصرف است درحالی‌که در عرضه، بازیگران اصلی بر مسائل تولید متمرکز هستند. اهمیت این دو در مسیرهای مختلف گذار متفاوت است (Arapostathis & et al, 2013).
۱۶	سرنوشت بازیگران فعلی پس از گذار	منظور از آن، حضور اکثریت/ اقلیت/ همه بازیگران فعلی / یا حذف بازیگران فعلی پس از گذار می‌باشد (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015).
۱۷	هماهنگی	منظور از هماهنگی، درجه هماهنگی پاسخ‌های بازیگران به فشارهای انتخاب ناشی از گذار است که می‌تواند زیاد یا کم باشد (Smith, Stirling, & Berkhout, 2005; Kemp, Vernay, & Ravesteijn, 2010).
۱۸	نوسانات فنی	نوسانات فنی به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مسیرهای گذار تعیین‌شده که از نوسانات متوسط در مسیر دگرگونی تا نوسانات خیلی زیاد در مسیرهای پیکره‌بندی مجدد و جایگزینی فناورانه متغیر می‌باشد. همچنین در مسیر فروپاشی و بازآرایی این نوسانات فنی موجود کم و به‌طورکلی شاهد نوسانات جدید در حوزه فناوری می‌باشد (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015).
۱۹	زمان توسعه TIS	منظور توسعه TIS پیش یا پس از فشار دورنما است. مثلاً در مسیرهای پیکره‌بندی مجدد و جایگزینی فناورانه، TIS پیش از فشار دورنما توسعه می‌یابد ولی در مسیرهای دگرگونی و فروپاشی و بازآرایی، پیش از فشار دورنما، توسعه نمی‌یابد (Raven, 2016; 2020 & Walrave).
۲۰	ارتباط رژیم- TIS	ارتباط رژیم- TIS می‌تواند مطلوب و از نوع همزیستی (یعنی مقاومت اولیه کم رژیم در برابرTIS) و یا نامطلوب و از نوع رقابتی باشد (بازیگران فعلی در برابر ظهور TIS جدید مقاومت می‌کنند مانند مسیر دگرگونی و جایگزینی فناورانه). (Raven, 2016; 2020 & Walrave).
۲۱	میانگین اندازه بازار کنام	بزرگی یا کوچکی بازار کنام را نشان می‌دهد که در شرایط منابع بازارگرا و ترکیبی و توسعه TIS پیش از فشار دورنما، اندازه آن بزرگ‌تر و در شرایط منابع فناوری محور و توسعه TIS پس از فشار، کوچک‌تر است (Walrave & Raven, 2016; 2020).
۲۲	پویایی‌های کلی	پویایی‌های کلی سیستم‌های فنی- اجتماعی در مسیرهای گذار به دودسته کلی تقسیم‌بندی می‌شود که شامل اقتباس از سیستم غالب موجود و خلق موقعیت غالب جدید (تصاحب) می‌باشد که این پویایی در مسیرهای دگرگونی و پیکره‌بندی مجدد، اقتباس از سیستم غالب موجود و در مسیرهای جایگزینی فناورانه و فروپاشی و بازآرایی، خلق موقعیت غالب جدید می‌باشد (Marletto, 2014).
۲۳	مراحل بلوغ	منظور سرعت و زمان مراحل رشد یا بلوغ مسیر گذار است (پیش توسعه، برخاست، شتاب و تثبیت) که ازنظر سرعت خیلی کند، کند و سریع و ازنظر زمان، خیلی طولانی، طولانی و کوتاه دسته‌بندی می‌شود (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015).
۲۴	سطوح درگیر MLP	منظور درگیری سطح دورنما، رژیم و کنام می‌باشد که در همه مسیرهای گذار به‌جز مسیر دگرگونی، تعاملاتی بین هر سه سطح وجود دارد. در مسیر دگرگونی، تنها سطح کنام دخالت قابل‌توجهی ندارد (Geels, & Schot, 2007; Hussaini, 2015).