تاریخ دریافت: ۵ فروردین ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: ۲۸ خرداد ۱۴۰۱ صفحات ۶۰ الی ۸۳

پایش چالش تأمین مالی صنعت فتوولتائیک با الگوریتم شبکه‌عصبی

بتول زرگر
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران
Batoul.zargar@gmail.com

حسین جهانگیرنیا*
استادیار، گروه حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران hosein_jahangirnia@yahoo.com

علی امامی میبدی
دانشیار، گروه انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران emami@atu.ac.ir

مژگان صفا
استادیار، گروه حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران mozhgan_safa@yahoo.com

چکیده: به صدا درآمدن زنگ هشدار بحران انرژی در سطح جهان، ضرورت حرکت از سوخت‌های فسیلی پایان‌پذیر به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی را هر چه بیشتر آشکار نموده است. هدف پژوهش حاضر، بررسی یکی از اساسی‌ترین چالش‌هایی است که صنعت فتوولتائیک خورشیدی در مسیر توسعه با آن روبرو است. به این منظور، نظرات متخصصین این صنعت از طریق انجام مصاحبه‌هایی در بازه زمانی دی ماه ۱۳۹۹ تا مرداد ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد و با استفاده از روش متن‌کاوی و خوشه‌بندی نقشه‌های خودسازمان‌ده، مورد تحلیل قرار گرفت. براساس نتایج پژوهش، مسائل مرتبط با چالش تأمین مالی صنعت فتوولتائیک در ۸ خوشه قابل بررسی است که عبارتند از: دلایل ایجاد چالش، شرایط تأثیرگذار، نتایج قابل دستیابی، راهبردهای تأمین مالی دولتی، مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی، راهبردهای تأمین مالی شخصی، راهبردهای تأمین مالی عمومی، ضمانت‌ها و بیمه‌ها.
بررسی همه جانبه‌ی مسأله‌ی تأمین مالی فتوولتائیک از طریق این خوشه‌بندی نشان داد که در این برهه از عمر صنعت، بخش دولتی نقش برجسته‌ای را در غلبه بر چالش تأمین مالی آن ایفا می‌کند که با توجه به عقب‌ماندگی از هدف‌گذاری‌های قبلی، لازم است روی برنامه‌ها و سیاست‌گذاری‌های دولتی بازنگری صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: فتوولتائیک، تأمین مالی، شبکه عصبی، نقشه‌های خودسازمان‌ده

* نویسنده مسئول

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

۱. مقدمه

انرژی به عنوان نیروی محرکه فعالیت‌های تولیدی، زیربنای اساسی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی هر کشوری به حساب می‌آید. امروزه آشکار شده است که آثار و پیامدهای ناشی از استفاده نابجا از منابع طبیعی و بی‌توجهی به حقوق نسل‌های فعلی و آینده، در عمل می‌تواند جبران‌ناپذیر باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

منابع انرژی تجدیدپذیر علاوه برآن که دارای پتانسیل بسیار خوبی برای تأمین افزایش تقاضای انرژی، تحقق عدالت اجتماعی و مبارزه با خطرات ناشی از افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی هستند، راهکاری برای کاهش آثار تغییرات اقلیم و انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز محسوب می‌شوند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۹). از سوی دیگر، مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر موجب رشد اقتصادی می‌شود و رشد اقتصادی نیز، می‌تواند بر افزایش میزان تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیرگذار باشد (باصری و همکاران، ۱۳۹۸)

در حال حاضر، بسیاری از کشورها به دلیل سیاست‌های تنوع‌بخشی به سبد انرژی با در نظر گرفتن چشم‌انداز پایان منابع انرژی فسیلی، گرمایش آب و هوایی و تغییرات اقلیمی ناشی از آن، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را با جدیت دنبال می‌کنند (ترابی و پیام، ۱۳۹۶). در همین راستا انرژی‌های تجدیدپذیر روز به روز، جایگاه پررنگ‌تری را در چشم‌انداز سبد انرژی جهانی پیدا می‌کنند (کاظمی،۱۳۹۶).

بر اساس اطلاعات آماری منتشر شده از آژانس بین‌المللی انرژی تجدیدپذیر، در سال ۲۰۱۹، حداقل ۱۱/۵ میلیون نفر در سراسر جهان در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر مشغول به کار بوده‌اند و ۳/۷۵ میلیون نفر از این مشاغل در صنعت فتوولتائیک بوده است. (آژانس بین‌المللی انرژی تجدیدپذیر[۱]، ۲۰۲۰). روند توسعه صنایع انرژی تجدیدپذیر به گونه‌ای بوده است که در اروپا سهم انرژی تولیدی از منابع تجدیدپذیر نسبت به مصرف ناخالص نهایی انرژی در سال ۲۰۱۸، با افزایش تقریباً دو برابری از

[۱]. IRENA (International Renewable Energy Agency)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

سال ۲۰۰۴، به ۱۸/۹٪ رسیده است و بر اساس مصوبه اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۸، استراتژی این اتحادیه، افزایش این سهم تا ۳۲٪ در سال ۲۰۳۰ است (یورواستات[۱]، ۲۰۲۰).

توسعه صنایع انرژی تجدیدپذیر ایران در مقایسه با روند رشد جهانی این صنایع، کند بوده است. به طوری که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق ایران یک چهارم متوسط جهانی است (اِنردیتا[۲]، ۲۰۲۱).

بر اساس تحقیقات صورت گرفته، هزینه‌های بالای سرمایه اولیه از مهم‌ترین موانع توسعه صنایع انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله فتوولتائیک می‌باشد (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷) چرا که هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای شروع یک پروژه جدید فتوولتائیک در بسیاری موارد از هزینه‌های انرژی سوخت‌های فسیلی به مراتب بالاتر است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۹). از این رو، مطالعات متعددی در سطح جهان به منظور یافتن روش‌های مناسب تأمین مالی در این صنعت صورت پذیرفته و پروژه‌های موفق فراوانی در سطح جهان به بهره‌برداری رسیده است (یانگ و لیو[۳]، ۲۰۲۰) که این نشان می‌دهد هزینه‌های اولیه‌ی بالا نتوانسته ضرورت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را زیر سؤال ببرد. بلکه این مسأله، کشورهای توسعه یافته را به سمت برنامه‌ریزی برای به کارگیری روش‌های تأمین مالی مناسب سوق داده است و نتیجه تلاش‌های آن‌ها حاکی از آن است که عبور از سد هزینه‌های زیاد و در مسیر توسعه قرار گرفتن این صنایع ممکن می‌باشد.

نکته‌ی حائز اهمیت در تأمین مالی پروژه‌ها این است که قوانین و شرایط هر کشور، در مفید واقع شدن هر روش تأمین مالی تأثیرگذار است. به عبارت دیگر، ممکن است یک روش تأمین مالی در کشوری مؤثر نباشد ولی در کشور دیگر مفید واقع شود. بنابراین برای انتخاب روش تأمین مالی مناسب، توجه به شرایط هر پروژه و کشور میزبان پروژه، ضروری است (امامی میبدی، ۱۳۹۸)

۱. EUROSTAT
۲. ENERDATA
۳. Yang and Liu

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

بر این اساس، در پژوهش حاضر در نظر است با لحاظ نمودن شرایط و قوانین کشور ایران، با استفاده از نظرات خبرگان مالی و فعالان صنعت فتوولتائیک، چالش‌های تأمین مالی این صنعت مورد بررسی و پایش قرار گیرد.

۲. ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

یکی از بهترین جایگزین‌ها برای سوخت‌های فسیلی، انرژی خورشیدی است که یک منبع پایان‌ناپذیر انرژی می‌باشد (عرفان[۱] و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از انواع نیروگاه‌های خورشیدی، نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک می‌باشد که نور خورشید را مستقیماً به برق تبدیل می‌کند. یک سامانه فتوولتائیک از مجموعه‌ای از سلول‌های خورشیدی تشکیل شده است که از جنس نیم‌رسانا می‌باشند. بنابراین در این نیروگاه‌ها، برق با یک روش مستقیم و بدون نیاز از تجهیزات پیچیده و با بازدهی نسبتاً مناسب تولید می‌شود. میزان ساعات آفتابی روزانه‌ی محل نصب، در طراحی یک سامانه فتوولتائیک، یک عامل تأثیرگذار محسوب می‌شود، به طوری که با افزایش ساعات آفتابی، تعداد پنل‌های خورشیدی کمتری مورد نیاز خواهد بود (کاظمی، ۱۳۹۶) مزیت بسیار حائز اهمیت این نیروگاه‌ها آن است که امکان نصب در ابعاد کوچک و در پشت بام هر خانه مسکونی را نیز دارند. ولی بنا به دلایلی که مهم‌ترین آن‌ها هزینه‌ی اولیه‌ی بالا می‌باشد، مورد استقبال عموم قرار نمی‌گیرند. چرا که تأمین سرمایه مورد نیاز برای نصب این تجهیزات، به راحتی ممکن نمی‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به ضرورت توسعه صنعت فتوولتائیک، لازم است مسأله تأمین مالی آن، از طریق مدیریت مناسب منابع مالی راهگشایی شود. در حقیقت، تأمین مالی، همان علم مدیریت منابع مالی می‌باشد. در کشورهای در حال توسعه و دارای بحران‌های مالی، انتخاب روش تأمین مالی مناسب، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). بررسی پروژه‌های بزرگ فتوولتائیک در برخی مطالعات مانند یانگ و لیو (۲۰۲۰) و یانگ و همکاران[۲] (۲۰۱۹) نشان می‌دهد که تأمین مالی این پروژه‌ها از طریق ترکیبی از ابزارهای تأمین مالی متناسب با شرایط صنعت و قوانین هر کشور انجام شده است و به این شکل به

۱. Irfan et al.
۲. Yang et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

منافع عبور از سد هزینه‌ی سرمایه‌ای بالای فناوری صنعت فتوولتائیک دست یافته‌اند. در همین راستا، لم و لاو[۱] (۲۰۱۸) به منظور کمک به تصمیم‌گیری در حوزه‌ی تأمین مالی صنایع انرژی‌های تجدیدپذیر، ابزارهای ترکیبی تأمین مالی مورد استفاده در پروژه‌های موفق فتوولتائیک کشورهای مختلف را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادند.

بر اساس مطالعات ذکر شده در بالا و نیز سایر مستندات موجود مربوط به پروژه‌های فوتوولتائیک در سطح جهان، جدول ۱ شامل فهرست برخی پروژه‌های بزرگ فتوولتائیک و راهبردهای تأمین مالی به کار گرفته شده در آن‌ها تهیه گردیده است.

بررسی سیر مطالعات خارجی نشان می‌دهد که پس از شناسایی چالش تأمین مالی برای صنعت فتوولتائیک، پژوهش‌ها در ابتدا به تحلیل وضعیت مالی پرداخته و سپس با ارائه مدل‌های کلی تأمین مالی متناسب با شرایط هر کشور، جهت‌دهی مناسب به مسیر مشکل‌زدایی از صنعت را دنبال نموده‌اند، به طوری که؛ تان[۲] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از بررسی تهدیدها و فرصت‌ها به تجزیه و تحلیل وضعیت مالی صنعت فتوولتائیک در چین پرداخته‌اند. لیو و چو[۳] (۲۰۱۸) نیز در چین با هدف آسیب‌شناسی و راهکاریابی برای تأمین مالی صنایع انرژی‌های تجدیدپذیر چین، از طریق تجزیه و تحلیل سوات[۴]، به ارائه مدل تأمین مالی برای صنعت فتوولتائیک پرداخته و نتیجه گرفتند که سرمایه خصوصی مشوق خوبی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است که لازم است برای جذب این سرمایه در بازار این صنایع، از سیاست‌های مناسبی بهره گرفت.

بررسی ادامه‌ی سیر مطالعات خارجی نشان داد که مطالعات اخیر در کشورهای اروپایی و چین، با هدف دستیابی به سودآوری پایدار و بیشتر در صنعت فتوولتائیک، به بررسی یک به یک روش‌های تأمین مالی و مقایسه‌ی آن‌ها با یکدیگر پرداخته‌اند، به طوری که؛ آریفین[۵] (۲۰۲۱)، ۱۱ مدل مختلف

۱. Lam and Law
۲. Tan et al.
۳. Liu and Chu
٤. SWOT
٥. Arifin

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

جدول ۱. برخی راهبردهای تأمین مالی بکار گرفته شده در سطح جهان

راهبرد تأمین مالی	پروژه
تأمین مالی خوداتکایی	در کالیفرنیا با اندازه‌ی نصب پیک تولید ۵۰۰ کیلووات
وام بانکی	پروژه نیروگاه خورشیدی پانصد مگاواتی ورزازات مراکش پروژه نیروگاه خورشیدی ۱۰۲ مگاواتی مونتالتودی کاستروی ایتالیا پروژه نیروگاه بادی ساحلی ۲۰۳ مگاواتی جادراس دانمارک
سرمایه‌گذاری مخاطره پذیر برای شرکت‌های نوپا	یک شرکت متمرکز بر نوآوری‌ها و ابتکارات در اسپانیا که به یکی از مهم‌ترین فعالان عرصه انرژی تبدیل شده است
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	سرمایه‌گذاری ۲۸۰ میلیون دلاری یک شرکت فرانسوی برای ساخت پارک‌های خورشیدی ۲۰۰ مگاواتی در سه ایالت نیجریه کنیا در چارچوب سیاست‌گذاری‌های دولتش سالانه حدود ۸۳۰ میلیون دلار سرمایه‌گذاری خارجی را جذب می‌کند ساخت نیروگاه‌هایی در مناطق مختلف ایران با سرمایه‌گذارانی از کشورهایی مانند آلمان، یونان، سوئیس و ایتالیا
اوراق قرضه سبز	بانک توسعه ملی برزیل برای پروژه‌های خورشیدی و بادی شرکت هلدینگ انرژی میدآمریکن برای پروژه نیروگاه خورشیدی ۵۵۰ مگاوات توپاز در کالیفرنیا
مؤسسه مالی پشتیبان توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر	شرکت دولتی توسعه محدود زیرساخت‌های بنگلادش برای تأمین مالی ۶ میلیون سیستم خورشیدی خانگی با امکان تولید ۲۲۰ مگاوات
لیزینگ یا مدل اجاره به‌شرط تملیک	یک شرکت خصوصی در کنیا برای سیستم‌های خورشیدی خانگی
فروش جانبی پشت‌بامی	در برخی کشورها مانند ژاپن
قرارداد خرید تضمینی برق با تعرفه تشویقی	مکانیسم مزایده برای پیشنهاد رقابتی قیمت خرید برق تولیدشده در برزیل خرید تضمینی برق تولیدی پروژه خورشیدی وبرویل آمریکا با نرخ ثابت در طول ۲۵ سال خرید تضمینی برق تولیدی پروژه خورشیدی ورزازات مراکش به بیش قیمت شبکه در طول ۲۵ سال وجود قانون خریدی تضمینی برق تجدیدپذیر از تولیدکنندگان خصوصی در برخی کشورها مانند برزیل و ایران
کمک بلاعوض	اعطای کمک بلاعوض به نیروگاه‌های خورشیدی در برخی کشورها مثل نیجریه، انگلستان اعطای کمک بلاعوض به مناطق روستایی و کم‌درآمد برای نصب تجهیزات فتوولتائیک در برخی کشورها مانند آمریکا و ایران

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

	اعطای کمک بلاعوض رتبه‌بندی شده بر اساس برخی معیارها به نیروگاه‌های خورشیدی
گواهینامه‌های قابل معامله انرژی تجدیدپذیر	خریداری گواهینامه‌های انرژی تجدیدپذیر تولیدشده در پروژه بادی آلبرتا در کانادا توسط شرکت برق و گاز اقیانوس آرام خریداری گواهینامه‌های انرژی تجدیدپذیر تولیدشده در پروژه بادی ۱۸۹ مگاواتی ریمراک در آمریکا توسط شرکت برق و گاز سن دیگو
کاهش عوارض واردات	قانون معافیت مالیاتی برای واردات تجهیزات بادی در برخی کشورها مانند برزیل و نیجریه
افزایش تعرفه برق مصرف‌کنندگان پردرآمد	تأمین وجوه اعتبار پروژه‌های تجدیدپذیر در برزیل از طریق افزایش عمومی تعرفه برق مصرف‌کنندگان پردرآمد
ضمانت ریسک	ضمانت ریسک کاهش قیمت پروژه برق‌آبی کشور لائوس توسط بانک جهانی ضمانت یارانه قرارداد خرید تضمینی برق دولت توسط صندوق بین‌المللی پول در پروژه خورشیدی ورزازات ضمانت بازپرداخت وام‌های بین‌المللی برای نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی یزد توسط وزارت امور اقتصادی و دارایی ایران در سال ۱۳۸۵

تأمین مالی را از طریق بررسی برخی شاخص‌های اقتصادی مورد مقایسه قرار داده و در نهایت نوع خاصی از روش ترکیبی تأمین مالی را به عنوان راهکار بهینه برای تأمین مالی صنعت فتوولتائیک در اندونزی معرفی کردند. لینهارت و همکاران[1] (۲۰۲۱) در اتریش به منظور بررسی تأمین مالی جمعی و شرایط آن، با استفاده از شاخص‌های اقتصادی تأمین مالی جمعی با فردی را تحت شرایط مختلف مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که تأمین مالی جمعی حتی با نرخ بهره‌ی وام بالاتر، دوره بازگشت سرمایه کمتری دارد. همچنین یانگ و لیو (۲۰۲۰)، در چین جهت بررسی تأمین مالی لیزینگ در صنعت فتوولتائیک کشور خود، مطالعه موردی روی جریانات نقدی پروژه فتوولتائیک با استفاده از لیزینگ انجام دادند و نتیجه گرفتند که روش لیزینگ روش مناسبی برای شرکت‌های فعال صنعت فتوولتائیک چین است و هر چه مدت اجاره طولانی‌تر باشد، نرخ بهره کمتر خواهد بود. یانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز جهت بررسی تأمین مالی وام و لیزینگ، مطالعه موردی روی پروژه‌های

۱. Linhart et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

فتوولتائیک چین با استفاده از محاسبه شاخص ارزش فعلی خالص انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که وام با بهره پایین و دوره بازپرداخت طولانی به همراه لیزینگ، نرخ بازگشت سرمایه را افزایش می‌دهد و به منظور اجرای این روش تأمین مالی پیشنهاد دادند دولت سیاست‌هایی را برای بهبود اعتماد مؤسسات مالی ارائه‌دهنده‌ی وام‌ها به صنعت فتوولتائیک به کار گیرد.

مطالعات داخلی که به تحلیل وضعیت صنایع انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند، عبارتند از؛ خیاطیان و همکاران (۱۳۹۹) که به تحلیل تطور تاریخی صنعت فتوولتائیک با استفاده از روش داده‌بنیاد پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که از سال ۱۳۷۰، ابتدا مسئولین به مدت ۱۵ سال در حال آشنایی با انرژی‌های تجدیدپذیر بوده‌اند و پس از آن به مدت ۱۰ سال، بر روی حمایت از توسعه صنعت تمرکز صورت گرفته و از سال ۱۳۹۴، جهت‌گیری به سمت ایجاد بازار صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور بوده است.

برخی مطالعات، ارتباط بین توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی کشور را بررسی نموده‌اند؛ باصری و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از روش الگوهای خودرگرسیونی با وقفه‌های تأخیری، نتیجه گرفتند که تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی ایران، بر روی یکدیگر تأثیر متقابل دارند. همچنین قائد و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از الگوی خودتوضیح‌برداری، روش جوهانسون- جوسیلیوس و روش تصحیح خطا، به این نتیجه دست یافتند که در بلند مدت، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر، رشد اقتصادی را موجب می‌شود.

بخشی از مطالعات به بررسی چالش‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند؛ سرلکی و حسن‌بیگی (۱۳۹۸) با استفاده از تجزیه و تحلیل توصیفی، هزینه‌های اولیه بسیار زیاد وکمبود منابع مالی، مشکلات فناوری و وجود منابع غنی نفت در کشور را موانع اصلی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران معرفی نمودند. آقایی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از الگوی پانل توبیت[1]، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای توسعه‌یافته از توسعه بازار سهام و در کشورهای در حال توسعه از توسعه کل بازارهای مالی بیشترین تأثیر را می‌پذیرند.

۱. Tobit

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

بنابراین بر اساس مطالعات صورت گرفته در کشور، توسعه صنایع انرژی تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی کشور مؤثر است و صنعت فتوولتائیک سیر تحول تاریخی خود را به سمت ایجاد بازار این صنعت در کشور طی نموده است. موانع اصلی توسعه صنعت نیز هزینه‌های اولیه‌ی زیاد و کمبود منابع مالی، شناسایی شده‌اند. ولی مطالعات به خود مسأله تأمین مالی صنعت فتوولتائیک نپرداخته‌اند و در این زمینه یک خلأ تحقیقاتی وجود دارد. با این وجود، مسأله تأمین مالی صنعت فتوولتائیک در پژوهش‌های متعددی از سایر کشورها به ویژه اتحادیه اروپا و کشور چین، مورد توجه قرار گرفته است. به طوری که از بررسی ضرورت توسعه این صنعت عبور کرده و به طور وسیعی به سمت آسیب‌شناسی و راهکاریابی برای تأمین مالی این صنعت حرکت کرده‌اند. از این رو پژوهش حاضر در مسیر تحول تاریخی صنعت فتوولتائیک در ایران، به تحلیل چالش‌های تأمین مالی صنعت فتوولتائیک می‌پردازد.

۳. روش‌شناسی

این پژوهش از نظر هدف پژوهشی کاربردی به شمار می‌رود، چرا که نتایج این تحقیق به طور مستقیم در توسعه صنعت فتوولتائیک کاربرد دارند. جامعه تحقیق، شامل خبرگان فعال در این صنعت و دارای دانش علمی در حوزه فنی یا مالی و اقتصادی بوده است. نمونه‌گیری به صورت هدفمند و با ترکیب روش حداکثر تنوع و روش گلوله برفی انجام شد. این تحقیق با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی صورت گرفته است. در خصوص استفاده از این روش، در پژوهش‌های هونکلا[۱] و همکاران (۲۰۱۰) و قبادی و همکاران (۱۳۹۵) برای آنالیز اطلاعات پراکنده دریافتی از مصاحبه‌ها و متون، که با تعداد زیادی کدهای متنوع مواجه می‌باشد و نیاز است این کدها پردازش و نهایتاً از آن‌ها به یک ساختار مناسب دست یافت، خوشه‌بندی شبکه‌های عصبی به عنوان یکی از روش‌های اصلی تحلیل داده‌ها پیشنهاد داده است که به صورت گسترده‌ای برای داده کاوی استفاده می‌شود تا به پژوهشگر کمک کند از سردرگمی در داده‌های بسیار خارج شده و به نتایج قابل اطمینان‌تری دست یابد. در

۱. Honkela et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

پژوهش‌های فیاد[1] و همکاران (۱۹۹۶) و کاشی و شهریاری (۱۴۰۰) نیز پنج مرحله برای تحلیل با استفاده از شبکه‌های عصبی پیشنهاد شده است که در این پژوهش مراحل به شرح ذیل به منظور تحلیل چالش تأمین مالی در صنعت فتوولتائیک کشور طی شده است؛

مراحل پژوهش:

۱. تشکیل بانک اطلاعاتی: این مرحله در دو گام انجام شد. در گام اول، مجموعه‌ای از نتایج تجربیات پروژه‌های فتوولتائیک موفق داخلی و خارجی، نتایج پژوهش‌های انجام شده در حوزه تأمین مالی صنعت فتوولتائیک و قوانین و ضوابط مرتبط در کشور گردآوری گردید. در گام دوم نیز فهرستی از شرکت‌های دولتی و خصوصی فعال در صنعت فتوولتائیک تهیه شد و بعد از انجام هماهنگی‌های لازم، جلسات مصاحبه به شیوه مصاحبه نیمه‌ساختاریافته برگزار شد. نظرات متخصصین فتوولتائیک با استفاده از این مصاحبه‌ها، در بازه زمانی دی ماه ۱۳۹۹ تا مرداد ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد و محتوای مصاحبه به صورت فایل صوتی ضبط گردید.

۲. پیش‌پردازش متن: داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها پیاده‌سازی شد و متن کلمه به کلمه و خط به خط به دقت مورد بررسی قرار گرفت. به نحوی که متن به بخش‌های مجزای معنی‌دار تقسیم شده و بخش‌های اضافه که در مبحث اصلی نقش معنایی نداشتند، حذف شدند.

۳. تحلیل متن: پس از پیش‌پردازش داده‌ها، کلمات و عبارات هم‌معنی پر تکرار مشخص شدند و مهم‌ترین عوامل در متن‌ها تعیین و تحلیل شدند.

٤. خبره‌سنجی: در این مرحله طی یک پرسشنامه، نظرات خبرگان در خصوص میزان رابطه میان مهم‌ترین و پرتکرارترین عبارات و مفاهیم کلی مشخص شد. برای تدوین این پرسشنامه، پس از طراحی اولیه، برای رفع ایرادات موجود در اختیار اساتید دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم و برخی متخصصین فعال در صنعت فتوولتائیک قرار گرفت و از نظر روایی در حد مطلوب و خوب مورد تأیید قرار گرفت. همچنین با استفاده از فرمول آلفای

---

۱. Fayyad et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

کرونباخ در محیط نرم‌افزار SPSS۲۶، پایایی پرسشنامه ۰/۹۰۲ بدست آمده است، با توجه به این مقدار می‌توان گفت که سؤالات مطرح شده در این پرسشنامه از ضریب پایایی بالایی برخوردار است.

۵. خوشه‌بندی: پس از تعیین عوامل مهم نظرات خبرگان در مورد تأمین مالی صنعت فتوولتائیک، با استفاده از روش خوشه‌بندی شبکه‌های خودسازمان‌ده آن‌ها را خوشه‌بندی کردیم.

شبکه‌های خودسازمان‌ده بر اساس مشخصه‌های خاصی از مغز انسان توسعه یافته‌اند. ورودی‌های نواحی حسی مختلف با یک ترتیب هندسی معنی‌داری از سلول‌های مغز انسان مرتبط می‌شوند. در شبکه‌های خودسازمان‌ده نیز که از دو لایه مجزای ورودی و خروجی تشکیل شده‌اند، هر نرون در لایه خروجی به یک بردار اطلاعات با ابعاد فضای مورد تحلیل مربوط می‌شود. در حقیقت محل قرار گرفتن هر واحد از یک نقشه‌ی خودسازمان‌ده، متناظر با ویژگی‌های ذاتی الگوهای ورودی است. برای آموزش شبکه‌های خودسازمان‌ده، بدون نیاز به خروجی از پیش تعیین شده، به هر گره یک وزن تصادفی تخصیص داده می‌شود و در صورت همخوانی وزن گره با وزن لایه ورودی، انتخاب می‌شود. سپس طی مراحل تکرارشونده برای رسیدن به بیشترین شباهت میان گره و لایه ورودی، وزن گره و گره‌های اطراف آن به آرامی تغییر می‌یابد. (نخعی و همکاران، ۱۴۰۰)

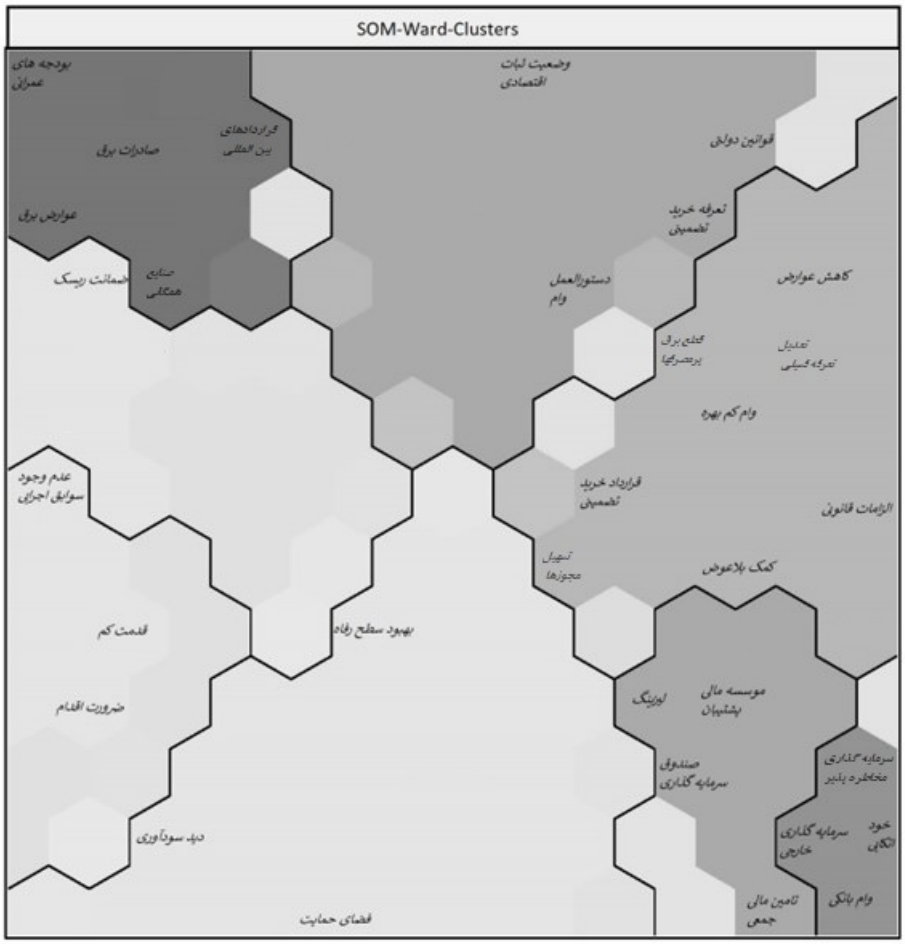
از آن جا که شبکه‌های خودسازمان‌ده نیاز به خروجی از پیش تعیین شده ندارند، در دسته شبکه‌های عصبی با توانایی یادگیری بدون ناظر طبقه‌بندی می‌شوند. این شبکه‌های عصبی با تشکیل سیستمی از روابط بین متغیرهای مؤثر بر خوشه‌بندی، بر اساس طبقه‌بندی اولیه از الگوهای ورودی، می‌توانند با کمترین خطا، طبقه‌بندی مناسبی از الگوهای جدید ارائه نمایند. از این رو، توانایی زیادی در تحلیل فضاهای پیچیده و خوشه‌بندی داده‌ها در گروه‌های همگن دارند. (بیانلو و احمدآبادی، ۱۳۹۵) به همین دلیل در این پژوهش از این روش برای پایش و خوشه‌بندی اطلاعات گردآوری شده استفاده شد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

٤. یافته‌ها

پس از پیش‌پردازش و تحلیل متن که منجر به یکسان‌سازی کلمات و عبارات با بار معنایی یکسان و تعیین پرتکرارترین عبارات گردید، داده‌های حاصل خوشه‌بندی شد. برای خوشه‌بندی، از نرم‌افزار SoMine و یک تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی با عنوان SOM-Ward Clusters استفاده شد. ورودی‌های شبکه از ۴۳ (تعداد عبارات کلیدی) بردار ۶۴ بعدی (ویژگی‌های حاصل از پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط خبرگان) تشکیل شده و عبارات کلیدی متن مصاحبه‌ها در ۸ خوشه، بخش‌بندی شدند. در نرم‌افزار SoMine از ساختاری دارای ۱۵۰نرون در لایه خروجی استفاده شد. سرعت آموزش به صورت تنظیم شد که نرم‌افزار بیشترین دقت را برای آموزش شبکه به صورت خودکار به کار برد. برای آموزش شبکه، مقدار کشش نیز ۰/۵ انتخاب شد. نرم‌افزار SoMine در حین آموزش به صورت خودکار و با توجه به تعداد نرون‌های لایه خروجی بهترین ابعاد را برای شبکه انتخاب می‌کند. پس از آموزش شبکه، پیشینه آموزش نشان می‌دهد که نرم‌افزار پس از آزمایش ابعاد مختلف، ابعاد ۶×۷ را برای شبکه انتخاب کرده است که مشخصات و ساختار نقشه خودسازمانده که در این پژوهش استفاده شده است، را نشان می‌دهد. شکل ۱ خوشه‌بندی نهایی عبارات کلیدی را که نشان‌گر ترکیبات همگون از کلمات کلیدی است، در ۸ خوشه نمایش می‌دهد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]



شکل۱. نمودار گرافیکی خوشه‌بندی

پس از مشـخص شـدن خوشـه‌بندی که در جدول ۲ ارائه شـده اسـت، می‌توان ویژگی‌های عبارات و کلمات کلیدی قرار گرفته در هر خوشـه را بر مبنای ادبیات موضـوعی تأمین مالی صـنعت فتوولتائیک واکاوی نمود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

جدول ۲. خوشه‌بندی عبارات کلیدی متن

دلایل ایجاد چالش	ضمانت‌ها و بیمه‌ها
• قدمت کم صنعت در کشور • عدم وجود سوابق اجرایی برای بسیاری روش‌های تأمین مالی • ضرورت اقدام فوری برای جلوگیری از بحران‌های آتی	• ضمانت ریسک
راهبردهای تأمین مالی دولتی	**مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی**
• عوارض برق • صادرات برق • بودجه‌های عمرانی • قراردادهای بین‌المللی • مدل حمایت مالی از صنایع همکانی	• قرارداد خرید تضمینی دولتی برق تولیدی • وام کم‌بهره، بلندمدت و دارای زمان استراحت • کمک بلاعوض • کاهش عوارض واردات تجهیزات • حمایت از ساخت تجهیزات • تعدیل تعرفه برق فسیلی • تسهیل صدور مجوزها
راهبردهای تأمین مالی شخصی	**راهبردهای تأمین مالی عمومی**
• وام بانکی • سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی • خوداتکایی • سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر برای شرکت‌های نوپا	• لیزینگ یا اجاره به‌شرط تملیک • صندوق سرمایه‌گذاری پشتیبان • مؤسسه مالی پشتیبان
شرایط تأثیرگذار	**نتایج قابل دستیابی**
• وضعیت ثبات اقتصادی کشور • دستورالعمل‌های وام بانکی • قوانین دولتی مربوطه • میزان تعرفه خرید تضمینی	• بهبود سطح رفاه عمومی • گسترش دید سودآوری به صنعت • حاکمیت فضای حمایتی از صنعت

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس خوشه‌بندی نظرات، چالش‌های تأمین مالی صنعت فتوولتائیک در کشور، از منظر دلایل ایجاد چالش، شرایط تأثیرگذار، نتایج قابل دستیابی، راهبردهای تأمین مالی دولتی، مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی، راهبردهای تأمین مالی شخصی، راهبردهای تأمین مالی عمومی، ضمانت‌ها و بیمه‌ها قابل بررسی است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

خوشـــه اول (دلایل ایجاد چالش): از مهم‌ترین دلایلی که برای ایجاد چالش در تأمین مالی صـــنعت فتوولتائیک شناسایی شده است، قدمت کم این صنعت در کشور و رشد نه چندان زیادش می‌باشد، که نیاز به ســـرمایه‌ی اولیه زیاد مســـئله‌ی زمینه‌ای برای این عدم رشـــد می‌باشـــد. دیگر مؤلفه‌ی مهم علت‌ساز، عدم وجود سوابق اجرایی برای بسیاری از روش‌های تأمین مالی در کشور شناسایی شده که در حقیقت عدم رشـــد صـــنعت منجر به عدم اجرای روش‌های تأمین مالی و به تبع آن عدم وجود تجربیات در این زمینه شـده اسـت. سـومین شـرط علی، ضـرورت اقتصـادی و زیسـت محیطی توسـعه صنعت برای کشور شناسایی شده است، به طوری که لزوم محدود نمودن مصرف سوخت‌های فسیلی به منظور کاهش وابستگی اقتصاد کشور به سوخت‌هایی است که نه تنها تجدیدناپذیر می‌باشند بلکه باعث آلودگی و گرمایش آب و هوا و تغییرات اقلیمی می‌شوند.

خوشـــه دوم (شـــرایط تأثیرگذار): در تبیین مهم‌ترین شـــرایط تأثیرگذار بر روی تأمین مالی صـــنعت فتوولتائیک می‌توان به وضعیت ثبات اقتصادی کشور که بر میزان سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی اثرگذار اســـت، قوانین دولتی مرتبط که می‌تواند دســـت و پاگیر بوده و مانعی برای ســـرمایه‌گذاری محسوب شود، قیمت ارائه برق فسیلی که ارزان بودن آن می‌تواند سودآوری صنعت فتوولتائیک را زیر سؤال ببرد، دستورالعمل‌های وام بانکی و نرخ بهره که می‌توانند به جای تسهیل سرمایه‌گذاری، به مانعی برای رشـــد صـــنعت تبدیل شـــوند، و میزان تعرفه خرید تضـــمینی برق تولیدی نیروگاه‌های خورشیدی که به شدت در میزان جذابیت این صنعت برای سرمایه‌گذاران تأثیر گذار است، اشاره نمود.

خوشه سوم (نتایج قابل دستیابی): سه عنوان، مهم‌ترین مؤلفه‌هایی هستند که از طریق راهبردهای تأمین مالی صنعت فتوولتائکی قابل دستیابی می‌باشند؛ یکی حاکمیت فضای حمایتی از صنعت که در اثر وجود سیاست‌گذاری‌های دولت در ایجاد مشوق‌ها برای بخش خصوصی به وجود می‌آید. دیگری گسترش دید سودآوری به صنعت است که با موفقیت‌های حاصل از به‌کارگیری روش‌های مختلف تأمین مالی حاصل می‌شود. با رفع مشکلات قطعی برق و صادرات، سطح رفاهی در جامعه بهبود پیدا

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

می‌کند و در نهایت با کاهش وابستگی اقتصاد کشور به سوخت‌های تجدیدناپذیر، توسعه اقتصادی به وجود می‌آید.

خوشه چهارم (راهبردهای تأمین مالی دولتی): بخش دولتی نقش کلیدی در توسعه صنعت دارد چرا که دو خوشه را به خود اختصاص داده و نه تنها خود می‌تواند راهکارهایی را برای تأمین مالی صنعت به کار می‌گیرید، بلکه در ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی نیز می‌تواند نقش ایفا نماید. دولت می‌تواند از طریق اخذ عوارض برق در قبوض، بودجه‌های عمرانی، صادرات برق، حذف یا کاهش یارانه سوخت‌های فسیلی، افزایش تعرفه برق مشترکین پرمصرف، اخذ مالیات از شرکت‌های آلاینده محیط زیست و انتشار اوراق قرضه سبز دولتی، و نیز عقد قراردادهای بین‌المللی، هزینه احداث و راه‌اندازی نیروگاه‌های بزرگ خورشیدی را تأمین نماید.

خوشه پنجم (مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی): بخش دولتی با ارائه مشوق‌هایی برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی نیز می‌تواند در غلبه بر چالش تأمین مالی صنعت فتوولتائیک نقش مؤثری ایفا کند. مهم‌ترین مشوق‌های دولتی در این پژوهش، قرارداد خرید تضمینی برق تولید شده توسط سیستم‌های فتوولتائیک نصب شده توسط بخش خصوصی، کمک بلاعوض، حمایت مالیاتی، وام کم بهره بلندمدت و دارای زمان استراحت، کاهش عوارض واردات تجهیزات فتوولتائیک، خرید تجهیزات از تولیدکننده‌های داخلی، تسهیل صدور مجوزها، تعدیل تعرفه برق فسیلی متناسب با هزینه‌های صورت گرفته برای تامین این انرژی و همچنین الزام قانونی شرکت‌های بزرگ به تولید برق مصرفی خود از منابع تجدیدپذیر، شناسایی شدند.

خوشه ششم (راهبردهای تأمین مالی شخصی): سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، وام بانکی و سهام بلندمدت به عنوان مؤثرترین راهبردهای تأمین مالی شخصی شناسایی شده‌اند. سهام بلندمدت به این معنی است که افراد سرمایه‌دار در ازای سهام‌داری در شرکت تولیدکننده، به آن شرکت کمک سرمایه‌ای نموده و از آن برای رشد بلندمدت و توسعه مداوم پشتیبانی می‌کنند؛ ولی لازمه‌ی سرمایه‌گذاری افراد در این شرکت، آن است که شرکت دارای سابقه خوب و کیفیت کار بالا باشد. تأمین مالی خوداتکایی نیز که به معنی تأمین مالی توسط سرمایه شخص و بدون کمک سایر منابع

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

می‌باشد، در صورت تمکن مالی سرمایه‌گذار، یکی دیگر از راهبردهای شناسایی شده می‌باشد. برای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، شرکت‌های بین‌المللی در صورتی تأمین مالی پروژه را در یک کشور انجام می‌دهند که در آن کشور، بازدهی سرمایه‌ای مناسبی برای سرمایه‌گذار خارجی وجود داشته باشد. علاوه بر این، در صورتی که شرکت‌های بزرگ به واسطه‌ی وجود الزامات قانونی برای تولید برق تجدیدپذیر و کاهش مصرف برق، با هزینه‌های بالای تأمین برق فسیلی برای خود مواجه باشند، از طریق قرارداد خرید تضمینی برق تجدیدپذیر، برق مورد نیاز خود را تأمین می‌نمایند.

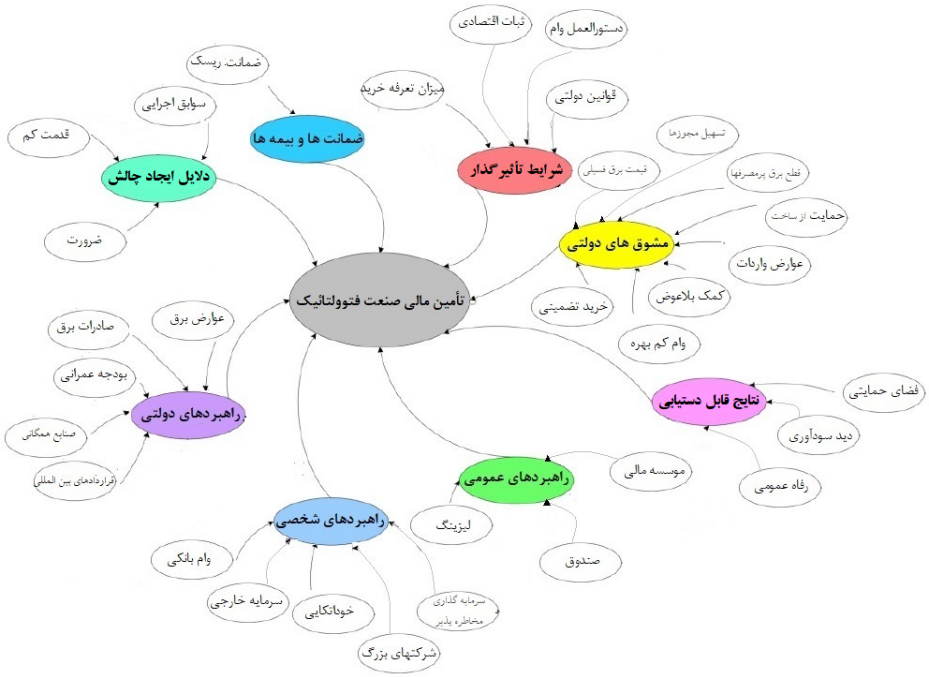
خوشه هفتم (راهبردهای تأمین مالی عمومی): لیزینگ یا اجاره به شرط تملیک، صندوق سرمایه‌گذاری خورشیدی، اوراق قرضه سبز و تأمین مالی جمعی به عنوان مؤثرترین راهبردهای تأمین مالی عمومی در این خوشه قرار گرفته‌اند. صندوق سرمایه‌گذاری خورشیدی، با استفاده از یک تیم مجرب و متخصص در زیرساخت‌های انرژی خورشیدی به طور خاص سرمایه‌گذاری نموده و به صورت علمی و هدفمند به توسعه صنعت فتوولتائیک کمک می‌کند. کارایی لیزینگ یا اجاره به شرط تملیک، هنگامی بیشتر خواهد بود که بازاریابی و زیرساخت‌های تأمین مالی مستحکم و پابرجایی وجود داشته باشد. مؤسسه مالی پشتیبان، ممکن است خود دارای اعتبار کافی برای تأمین مالی نباشد ولی از طریق منابع مختلف مالی حمایت می‌شود تا بتواند سرمایه‌گذاری‌های اساسی در صنعت را ارتقا بخشد. تأمین مالی جمعی برای جمع‌آوری مقادیر نسبتاً ناچیز سرمایه از تعداد زیادی افراد، بدون واسطه‌های مالی می‌باشد که از طریق دعوت‌های عمومی و انتشار توضیحات تصویری از پروژه‌ها انجام می‌شود. با انتشار اوراق قرضه سبز، سرمایه اولیه پروژه تأمین می‌شود و خریداران اوراق در سررسیدها، سود خود را از محل درآمد پروژه دریافت نموده و در انتهای عمر اوراق، اصل مبلغ به آن‌ها عودت می‌شود؛ ولی نکته حائز اهمیت برای انتشار این اوراق آن است که نیاز به طی نمودن مراحل قانونی متعدد و صرف هزینه‌های معین، باعث می‌شود که اکثر شرکت‌های کوچک نتوانند از این امکان بهره‌مند گردند.

خوشه هشتم (ضمانت‌ها و بیمه‌ها): ضمانت ریسک به منظور پوشش ریسک‌های سیاسی یا نظارتی مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر در این خوشه شناسایی شده است که در قراردادهای بین‌المللی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

کاربرد مهمی دارد. ضمانت موفقیت پروژه در ظرفیت نصب شده برای تولید و نیز ضمانت بازپرداخت بدهی‌های پروژه نیز از دیگر ضمانت‌ها و بیمه‌های کاربردی در این صنعت هستند. بر اساس مورد توجه قرار گرفتن این مؤلفه‌ها توسط فعالان صنعت فتوولتائیک، مشخص شده است که ضمانت‌ها و بیمه‌ها، علی رغم ایجاد افزایش در هزینه‌های پروژه، با ایجاد اطمینان خاطر و افزایش انگیزه در سرمایه‌گذاران، نقش مهمی را در تأمین مالی صنعت ایفا می‌کنند.

بنابراین خروجی خوشه‌بندی شبکه‌های عصبی، مبحث تحلیلی چالش تأمین مالی صنعت فتوولتائیک را در هشت مقوله کلی شناسایی شده، دسته‌بندی نمود که این دسته‌بندی در شکل ۲ به تصویر کشیده شده است.



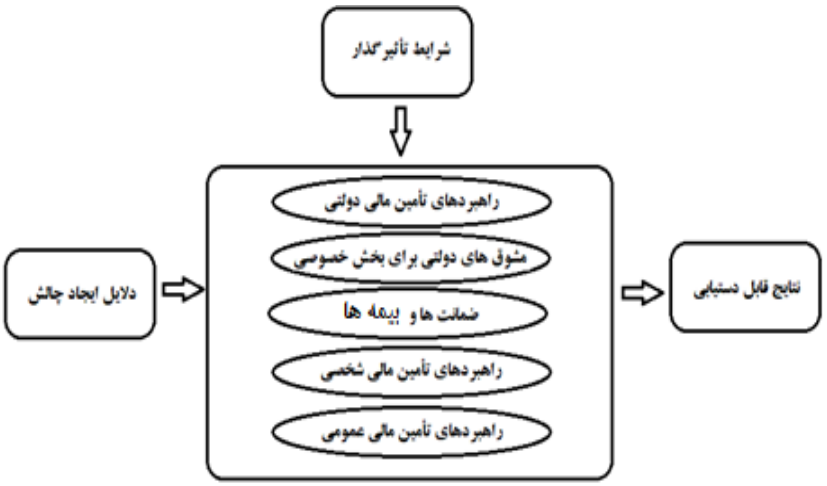
شکل۲. نمایش تصویری تحلیل چالش تأمین مالی صنعت فتوولتائیک بر اساس خوشه‌بندی شبکه عصبی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

بر اساس گزاره‌های بدست آمده در بالا و برقراری یک ارتباط کلی بین مقوله‌ها توسط برخی خبرگان مشارکت‌کننده در پژوهش، همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، می‌توان به هسته مرکزی نتایج، یعنی راهبردهای برون رفت از چالش تأمین مالی صنعت فتوولتائیک با توجه به شرایط فعلی این صنعت در کشور دست یافت.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به سیر تطور تاریخی صنعت فتوولتائیک در کشور، با گذار از مراحل آشنایی، حمایت و ایجاد بازار، اکنون لازم است چالش‌هایی را که در مسیر توسعه‌ی این صنعت قرار گرفته‌اند، پایش نموده و به راهکاریابی بپردازیم. از آن جا که در بررسی چالش‌های توسعه‌ی این صنعت، هزینه‌های اولیه بسیار زیاد و کمبود منابع مالی مانع اصلی شناسایی گردیده، در این پژوهش سعی شده است این چالش بر اساس کلیه متون در دسترس ادبیات موضوع تأمین مالی فتوولتائیک و نظرات فعالان و متخصصان صنعت در کشور، مورد بررسی قرار گیرد. نتایج پژوهش نشان داد که کلیه‌ی مسائل مطرح



شکل۳. نمایش تصویری ارتباط کلی بین مقوله‌های حاصل از تحلیل خوشه‌بندی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

در چالش تأمین مالی صنع فتوولتائیک در ۸ خوشه قابل تحلیل می‌باشد که عبارتند از؛ دلایل ایجاد چالش، شرایط تأثیرگذار، نتایج قابل دستیابی، راهبردهای تأمین مالی دولتی، مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی، راهبردهای تأمین مالی شخصی، راهبردهای تأمین مالی عمومی، ضمانت‌ها و بیمه‌ها. با توجه به آن که نقش دولت در چهار خوشه‌ی راهبردهای تأمین مالی بخش دولتی، مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی، دلایل ایجاد چالش و شرایط تأثیرگذار شناسایی گردید. نتیجه‌گیری می‌شود که برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های دولت در زمینه‌ی تأمین مالی صنعت فتوولتائیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و پیشنهاد می‌شود با توجه به آن که اهداف تعیین شده برای این صنعت در برنامه‌های قبلی هنوز تحقق نیافته و یک عقب‌ماندگی در این حوزه وجود دارد، یک بازنگری جامع بر روی این سیاست‌ها و برنامه‌ها صورت پذیرد. از مواردی که برای این سیاست‌گذاری‌ها لازم است مورد بازنگری اساسی قرار گیرد، موضوع شیوه هزینه کرد عوارض برق است که به عنوان درآمد اختصاصی تجدیدپذیرها در قانون می‌باشد. یارانه‌های غیراصولی تخصیصی به برق فسیلی نیز که در خوشه‌ی شرایط تأثیرگذار، واقع شده است، گواهی بر آن است که نرخ‌گذاری‌ها به گونه‌ای نیست که برای پرمصرف‌ها چه در مصارف خانگی و چه صنعتی و تجاری با وجود آن که معمولاً فضای مناسبی هم برای احداث نیروگاه در اختیار دارند، ایجاد انگیزه برای ساخت نیروگاه فتوولتائیک شود. بر این اساس و با درنظر گرفتن صادرات برق به عنوان یک راهبرد در خوشه تأمین مالی دولتی و نیز قرارداد خرید تضمینی به عنوان راهبرد دیگر در خوشه مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی، پیشنهاد می‌شود نرخ برق فسیلی گروه پرمصرف و نرخ خرید تضمینی برق فتوولتائیک معادل قیمت برق صادراتی قرار گیرد. علاوه بر این، با توجه به شناسایی کمک بلاعوض در خوشه مشوق‌های دولتی برای بخش خصوصی، می‌توان نتیجه گرفت که شرایط بحرانی فعلی ایجاب می‌کند دولت از راهبرد تشویقی کمک بلاعوض برای تجهیزات در ازای وجود زمین مناسب نیز در قوانین چند سال آتی استفاده نماید، مشابه راهکاری که دولت برای کاهش مصرف بنزین در سال‌های گذشته به کار گرفت و تجهیزات رایگان CNG را در ازای وجود زمین مناسب طی چند سال در اختیار افراد قرار داد. البته همان‌طور که تجربه قبلی نشان می‌دهد این یک راهکار موقت

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

برای برون رفت از شـرایط بحرانی می‌باشـد و از این رو پیشـنهاد می‌شـود در مدت زمان اجرای این طرح، بازار صـنعت از طریق به کار گیری ترکیب سـایر روش‌های تأمین مالی مثل اوراق قرضـه و گواهینامه‌های قابل معامله‌ی انرژی تجدیدپذیر، توسـعه یابد تا پس از مدتی این راهبردهای تشـویقی قابل حذف بوده و جذابیت سـرمایه‌گذاری در صـنعت به طور طبیعی در بازار آن وجود داشـته باشـد. همچنین از آن جا که برخی مشـوق‌ها در حال حاضـر اجرا می‌شـوند ولی آگاهی‌های یکسـانی در این زمینه حتی برای فعالان صـنعت وجود ندارد و نتوانسـته‌اند چندان مشـوق و پیش‌برنده باشـند، پیشـنهاد می‌شـود به منظور دسـتیابی به حاکمیت فضـای حمایتی که در خوشـه‌ی سـوم شـناسـایی گردید، مشوق‌های بکار گرفته شده توسط دولت از خوشه‌ی پنجم، با استفاده از شیوه‌های رسانه‌ای قوی‌تری در رسانه ملی و نیز بیلبوردهای سطح شهرها و معابر، به گونه‌ای اطلاع‌رسانی گردد و صرفه اقتصادی اجرای طرح‌ها به روشـنی نمایش داده شـود که هدف اولیه در این تبلیغات جذب صـنایع و سـپس مصارف خانگی بالاتر از الگوی مصرف برای سرمایه‌گذاری در صنعت فتوولتائیک باشد. علاوه بر این، با توجه به شناسایی قیمت تمام شده‌ی تجهیزات در خوشه‌ی شرایط تأثیرگذار، پیشنهاد می‌گردد دولت از این زاویه نیز نقش حمایتی خود از شـرکت‌های دانش‌بنیان صـنعت فتوولتائیک را تقویت نماید. بر اساس اطلاعات گردآوری شده در بانک اطلاعات این پژوهش، در حال حاضر متخصصین فنی داخلی، این توانایی را دارند که به جای واردات برخی تجهیزات این صـنعت، در سـاده‌ترین حالت، به عنوان نمونه صـرفاً با واردات یک کیت که شـرایط واردات آن نیز مهیا می‌باشـد، اقدام به سـاخت اینورتر نمایند. بنابراین پیشـنهاد می‌شـود فراخوان‌هایی مبنی بر حمایت ویژه از شـرکت‌های دانش‌بنیان تولید کننده تجهیزات فتوولتائیک و یا ملزومات ساخت آن‌ها، مانند دستگاه‌های اتوماتیک تولید پنل خورشـیدی، صـورت پذیرد. در کنار این فراخوان لازم اسـت سـازمان اسـتاندارد، فرایند نظارتی برای کسـب تأییدیه‌های فنی لازم توسـط این شـرکت‌ها را دنبال کند تا شـرایط عدم اعتماد به تولیدات چند شرکت معدود تولید کننده‌ی پنل در کشور، برای این شرکت‌ها نیز تکرار نشود. برخی راهبردها نیز در سایر کشورها مطرح می‌باشند ولی بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، برای فعالان صنعت فتوولتائیک کشور ما در حال حاضر مطرح نیستند که به نظر می‌رسد به دلیل شرایط بحرانی و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

عقب‌ماندگی این صنعت در کشور باشد ولی توجه سرمایه‌گذاران خصوصی به این موارد می‌تواند برای آن‌ها سودآوری مناسبی داشته باشد، به عنوان نمونه گسترش صنعت سیستم‌های قابل حمل فتوولتائیک که خرید آن‌ها از جذابیت ویژه‌ای نسبت به انواع نیروگاه‌های فتوولتائیک برخوردار است و پیشنهاد می‌شود شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه ساخت این تجهیزات اقدام نموده و بخش خصوصی با توجه به هزینه‌های اولیه و تأثیرپذیری کمترِ این سیستم‌ها از شرایط تأثیرگذار بر صنعت نسبت به نیروگاه‌های خورشیدی، در زمینه‌ی تجارت آن‌ها فعالیت کنند. مورد دیگر که در سایر کشورها به ویژه ژاپن بسیار مؤثر واقع شده ولی در حال حاضر با توجه به شرایط گذار صنعت در ایران، مورد توجه فعالان صنعت نمی‌باشد، فروش جانبی نیروگاه‌های خورشیدی خانگی در کنار مسکن‌های ساخته شده است. از آن‌جا که شرایط فعلی صنعت، موقتی بوده و به ناچار دیر یا زود مراحل توسعه را طی خواهد نمود، به انبوه‌سازان مسکن پیشنهاد می‌شود با توجه به پیشرفت‌های فراوانی که در ایجاد امکانات رفاهی توسط فعالان صنعتی بخش مسکن کشور صورت گرفته است، از این منبع درآمد غافل نشوند.

٦. منابع

آقایی، مجید، رضاقلی‌زاده، مهدیه، عبدی، یونس (۱۳۹۸)، "توسعه مالی و توسعه تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش‌های مختلف: کاربردی از الگوی پانل توبیت"، تحقیقات اقتصادی، ۵۴(۲)، ۲۸۴-۲۵۳. Doi: ۱۰,۲۲۰۵۹/JTE.۲۰۱۹,۷۱۲۸٤

ابراهیمی سروعلیا، محمدحسن، عظیمی، ماشاءاله، رودسازی، حبیب، قربانی‌زاده، وجه‌اله. (۱۳۹۶) ، "تبیین الگوی تأمین مالی تعاونی‌ها برای مشارکت‌های عمومی خصوصی در توسعه زیرساخت‌های کشور با استفاده از نظریه داده بنیاد"، تعاون و کشاورزی، ۶(۲۱)، ۱۴۹-۱۷۲. http://ajcoop.mcls.gov.ir/article_٤٦٦٢٨.html

اسماعیل‌زاده، محمد، نوری، سیامک، احمدی، علی، نورعلیزاده، حمیدرضا. (۱۳۹۷)، "بررسی تأثیر موانع نوآوری بر الگوی نوآوری در شرکت‌های حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر"، پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۲۲(۲)، ۲۲۵-۲۰۵. https://mri.modares.ac.ir/article_٤٦٥.html

امامی میبدی، علی. (۱۳۹۸) ، "شناسایی و اولویت‌بندی استراتژی‌های بهبود نظام تأمین مالی صنایع نفت وگاز ایران"، مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۵(۶۲)، ۲۵-۱۹. http://iiesj.ir/article-۱-۱۰٦٦-fa.html

باصری، بیژن، عباسی، ابراهیم، کیانی، غفار. (۱۳۹۸) ، "اثرات مالی گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی در ایران"، فصلنامه اقتصاد مالی، ۱۳(۴۶)، ۱۸۲-۱۶۱. http://ecj.iauctb.ac.ir/article_٦٦٦٨٥٨.html

بیانلو، زهره، زارع احمدآبادی، حبیب. (۱۳۹۵)، "پیش بینی تحقیقات فناوری در قلمرو منتخب از انرژی خورشیدی: کاربرد تحلیل پتنت و شبکه عصبی مصنوعی"، فصلنامه مدیریت توسعه فناوری، ۴(۱), ۱۴۹-۱۷۱. doi: ۱۰,۲۲۱۰٤/jtdm.۲۰۱۷,٤۹۹

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

ترابی، قاسم، پیام، فرشته. (۱۳۹۶)، چالش انرژی‌های فسیلی و تبیین لزوم سرمایه‌گذاری بر انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، ۵(۲۰): ۱۵۳-۱۷۰. https://www.jmsp.ir/mobile/article_۵۶۱۳۱.html

خیاطیان یزدی، محمدصادق، فرتاش، کیارش، قربانی، امیر. (۱۳۹۹)، "تحلیل تطور تاریخی توسعه فناوری سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران: رویکردی نهادی"، بهبود مدیریت، ۱۴(۱)، ۱-۳۰. Doi: ۱۰,۲۲۰۳٤/JMI.۲۰۲۰,۱۰۷۱۰۵

سرلکی، احسان، حسن‌بیگی، سید رضا. (۱۳۹۸)، "پتانسیل‌های تولید و موانع فنی توسعه و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران"، انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، ۶(۱)، ۱۴-۲۵. https://www.jrenew.ir/article_۸۱۹۹٦.html

قلئد، ابراهیم، دهقانی، علی، فتاحی، محمد. (۱۳۹۸)، "بررسی تأثیر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی ایران"، فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۹(۳۵)، ۱۴۸-۱۳۷. Doi: https://dx.doi.org/۱۰,۳۰٤۷۳/egdr.۲۰۱۹,٤۳۲۰۸,٤۹۹۱

قبادی ش، حسینی س ی، ضیایی‌بیده ع. (۱۳۹۵). کاربرد شبکه‌های عصبی در پژوهش‌های داده بنیاد. فصلنامه علمی-پژوهشی روش‌شناسی علوم انسانی، ۲۲(۸۸): ۱۴۳-۱۶۲.

کاشی، احسان، شهریاری، مهری. (۱۴۰۰)، "پایش چالش‌های ذهنی مردم در فضای مجازی در دوران کرونا"، مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند، ۱۰(۳۷)، ۲۱۵-۲۳۲. Doi: ۱۰,۲۲۰٥٤/IMS.۲۰۲۱,٥۳۳۱۱,۱۷٥۱

کاظمی، علیرضا. (۱۳۹۶)، "بررسی مشوق‌های مالی و مالیاتی بر توسعه تکنولوژی فتوولتائیک در ایران با استفاده از رویکرد پویایی سیستم"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

کریمی، محمدشریف، سهیلی، کیومرث، برزگری، شیما. (۱۳۹۹)، "رابطه بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در ایران"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۶)، ۴۷-۳۱. Doi: ۱۰,۲۲۰۳٤/JEST.۲۰۱۹,۲۹٥۹۲,۳۸۱۸

محمدی، تیمور، ناظمان، حمید، نصرتیان‌نسب محسن. (۱۳۹۱)، "رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران (تحلیلی از مدل‌های علیت خطی و غیرخطی) "، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۲(۵): ۵۳-۱۷۰. https://jiee.atu.ac.ir/article_۷۷۷.html

نخعی، محمد، امیری، وهاب، امیری، مرضیه. (۱۴۰۰)، "بهینه‌یابی شبکه پایش سطح آب زیرزمینی در آبخوان ارومیه با استفاده از نقشه خود سازمانده"، دانش آب و خاک، ۲(۳۱)، ۶۹-۸۶. doi: ۱۰,۲۲۰۳٤/ws.۲۰۲۱,۱۱٦٤۰

Arifin, Z. (۲۰۲۱). "An optimum financing scheme for baseload thin-film and monocrystalline PV plants in Indonesia", *International Journal of Energy Economics and Policy*, ۱۱(٥), ٥۲-٥۸. Doi: ۱۰.۳۲٤۷۹/□□□□□.۱۱۳۸۷

ENERDATA. (۲۰۲۱). "Global Energy Statistical Yearbook. " https://yearbook.enerdata.net/

Eurostat. ۲۰۲۰. Renewable Energy Statistics.

Fayyad, U. M., Pitatesky-Shapiro, G., Smyth, P. & Uthurasamy, R. (۱۹۹٦). Advances in knowledge discovery and data minining. CA: AAAI/MIT Press.

Honkela T, Janasik N, Lagus k. (۲۰۱۰). GICA: grounded intersubjective concept analysis. TKK Reports in Information and Computer Science, TKK-ICS-R٤۱.

IRENA (International Renewable Energy Agency). (۲۰۲۰). Renewable energy and jobs, annual review.

Irfan, M., Elavarasan, R. M., Hao, Y., Ferg, M., Sailan, D. (۲۰۲۱). "An assessment of consumers' willingness to utilize solar energy in China: end-users perspective", *Journal of Cleaner Production*, ۲۹۲(۲): ۱۲٦۰۰۸. Doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۱,۱۲٦۰۰۸

Lam, P. T.I. and Law, A. O.K. (۲۰۱٦). "Crowdfunding for renewable and sustainable energy projects: An exploratory case study approach". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ٦۰, ۱۱–۲۰. Doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rser.۲۰۱٦,۰۱,۰٤٦

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

Linhart, M, Rodin, V, Moser, S, Kollmann, A. (۲۰۲۱). "Citizen participation to finance PV power plants focused on self-consumption on company roofs- finding from an Austrian case study". *Energies*, ۱٤, ۷۳۸. Doi: https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/en۱٤۰۳۰۷۳۸

Liu, P, Chu, P. (۲۰۱۸). "Renewables finance and investment: how to improve industry with private capital in China". *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*. ۷(۲۰۱۸), ۱۳۸۵–۱۳۹۸. Doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s٤۰٥٦٥-۰۱۸-۰٤٦٥-٦

Tan Zh, Tan Q, Rong, M. (۲۰۱۸). Analysis on the financing status of PV industry in China and the ways of improvement. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۹۳(۲۰۱۸): ٤۰۹-٤۲۰.

Yang, C, Liu, J. (۲۰۲۰). "A case study on rent pricing of financial leasing of photovoltaic enterprises taking Henan Yicheng New Energy Co., Ltd. As an example". E۳S Web of Conference ۱۸٥, ۰۱۰۰٦. Doi: http://doi.org/۱۰,۱۰٥۱/e۳sconf/۲۰۲۰۱۸٥۰۱۰۰٦

Yang, C, Shang, J, Yang, J. (۲۰۱۹). "Economic benefit analysis of household distributed photovoltaic under different financing modes". ۲nd International Conference on Information Management and Management Science, August ۲۰۱۹, ۱٥۰-۱٥٤. Doi: https://doi.org/۱۰,۱۱٤٥/۳۳٥۷۲۹۲,۳۳٥۷۳۳۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]