

بررسی روابط ساختاری محرک‌ها و مشوق‌های تولید پایدار

محمد اسلم حسین بر^۱، عبدالحمید صفایی قادیکلایی^{۲*}، مهرداد مدهوشی^۳

۱. دانشجوی دکتری مدیریت تولید و عملیات، دانشگاه مازندران

۲. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه مازندران

۳. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه مازندران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۰، تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده: ۹۶/۰۱/۲۳، تاریخ تصویب: ۹۶/۰۱/۳۰)

چکیده

در پژوهش حاضر، عواملی بررسی می‌شوند که شرکت‌ها را تشویق، ترغیب یا مجبور می‌کنند فرایندهای تولید را تغییر دهند؛ به‌گونه‌ای که تبعات زیست‌محیطی و اجتماعی آن‌ها به حداقل برسد، اما برای شرکت‌ها صرفه اقتصادی نیز داشته باشد. تأکید این تحقیق بر روابط میان این محرک‌ها و تأثیرگذاری متقابل بر یکدیگر است. این پژوهش، توصیفی است و به‌صورت موردپژوهی در صنعت قطعات پلاستیک خودرو ایران انجام شده است. پس از شناسایی محرک‌های تولید پایدار، بومی‌سازی انجام گرفت و درنهایت، ده محرک تأیید شدند. سپس با استفاده از روش دیماتل خاکستری، تحلیل روابط محرک‌ها انجام گرفت. در محیط کلان، قوانین و رسانه‌ها و در محیط خرد، رقبا و مشتریان تأثیرگذارترین عوامل به‌شمار می‌روند. مزایا و منافع تجاری و شرکا و همکاران، آثار محرک‌های علی را به محرک‌های معلول منتقل می‌کنند. مدیران، صاحبان و کارکنان، تأثیرپذیرترین عوامل به‌شمار می‌روند.

واژه‌های کلیدی: تولید پایدار، دیماتل خاکستری، محرک‌ها و مشوق‌های پایداری.

مقدمه

تولید پایدار عبارت است از «تولید کالاها با فرایندهایی که آثار منفی زیست‌محیطی را حداقل می‌کنند، انرژی و منابع طبیعی کمتری مصرف می‌کنند، برای کارکنان، جوامع، افراد و مصرف‌کنندگان ایمن هستند و از لحاظ اقتصادی به‌صرفه‌اند» [۶].

نتایج سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد گرایش به پایداری، منحصر به شرکت‌های تولیدی نیست؛ بلکه در بسیاری از صنایع خدماتی به‌ویژه خدمات بهداشتی و مراقبتی بسیاری از کشورها، این روند وجود دارد. به‌نظر می‌رسد روند پایدار کردن کسب‌وکارها، به پدیده‌ای فراگیر و جهانی تبدیل شده است [۷].

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

به‌زعم جواهر و دیلون [۵] تولید پایدار بر 6R متمرکز است: ۱. کاهش^۴: جلوگیری از ایجاد آلودگی، ضایعات و پسماند در چرخه عمر محصول [۸]؛ ۲. بازطراحی^۵: تعریف مشخصات و ویژگی‌های محصول و قطعات، به‌گونه‌ای که در چرخه عمر محصول، آثار و تبعات محصول و فرایندهای

رشد شرکت‌های تولیدی بدون توجه به محیط‌زیست و جامعه انسانی، به ایجاد مسائل و مشکلات اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی متعددی منجر شده است که از جمله آن‌ها می‌توان گرم‌شدن کره زمین، انتشار انواع آلودگی، مشکلات دفن و امحای پسماندها و... را نام برد [۱]. در سال ۱۹۹۲، مفهوم کارایی زیست‌محیطی، از سوی مجمع تجارت جهانی کمیته توسعه پایدار سازمان ملل معرفی شد [۲]. در ادامه، با تأکید بر رعایت ملاحظات زیست‌محیطی، تولید سبز در فرایندهای تولید مطرح شد [۳]. نتایج پژوهش‌ها در این زمینه، به ظهور گفتمانی جدید در ساخت و تولید منجر شد که با اصطلاحات متفاوتی بیان می‌شود: ساخت و تولید حساس به محیط‌زیست^۱، تولید محیط‌گرا^۲ و تولید برای محیط‌زیست^۳ [۴]. محققانی مانند جواهر و دیلون، مفهوم تولید پایدار را مطرح کردند که هم‌زمان بر هر سه بعد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی تأکید داشت [۵]. مقبول‌ترین تعریف ارائه‌شده از تولید پایدار، تعریف وزارت بازرگانی آمریکا است که مطابق آن،

محرك‌های زنجیره تأمین پایدار را مطالعه کردند. در این تحقیق، محرك‌ها عبارت‌اند از: انبارداری سبز، همکاری راهبردی تأمین‌کنندگان، حفظ محیط‌زیست، بهبود مستمر، فناوری اطلاعات، بهینه‌سازی لجستیک، فشارهای بیرونی، فشارهای نهادی، ارزش‌ها و اخلاق اجتماعی، راهبرد و تعهد شرکت، ثبات اقتصادی و طراحی سبز محصولات. همچنین محققان با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری، روابط میان محرك‌ها را بررسی کردند. در پژوهش بانوت و همکاران [۱۵]، محرك‌ها به‌ترتیب بیشترین تأثیرگذاری عبارت‌اند از: فشارهای بازار، قوانین دولتی، مزایای اقتصادی، سرمایه‌گذاری در نوآوری و فناوری، کاهش هزینه‌ها، بهبود کیفیت، سیستم آموزش و مهارت‌پروری، جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تسهیلات و امکانات زیربنایی در بخش حمل‌ونقل و توسعه در اقتصاد الکترونیک. راتوت و همکاران [۱۶] دلایل حرکت شرکت‌های تولیدی را به‌سوی مدل‌های کسب‌وکار پایدار بررسی کردند. محرك‌های شناسایی شده عبارت‌اند از: کسب مزیت رقابتی یا ورود به بازارهای جدید، تمایلات مشتریان، تقاضا در زنجیره تأمین، مقررات و استانداردهای دولتی، ارزش‌های شخصی مدیران و رهبران، کاهش هزینه‌ها، رفاه کارکنان، افزایش درآمد، ارزش نام تجاری، کارکنان الگو و شاخص، و ساختار سازمانی. در پژوهش فارگانی و همکاران [۱۷] علاوه بر محرك‌های پایداری، عواملی نیز که پشتیبان محرك‌ها هستند، بررسی شده‌اند. محرك‌ها به‌ترتیب عبارت‌اند از: کسب مزیت رقابتی، پاداش‌ها و جوایز برون‌سازمانی، منابع سازمانی، فناوری، کاهش هزینه‌ها، تعهد مدیران ارشد، تقاضای مشتریان، فشارهای زنجیره تأمین، وجهه عمومی شرکت، مقررات آتی، قوانین فعلی، فشار اجتماعی، فشارهای همکاران و شرکا.

آندلین و همکاران [۱۸] محرك‌های پایداری را به سه دسته تقسیم کردند: ۱. محرك‌ها در محیط کلان شامل کمک‌ها و حمایت‌های دولتی، مشوق‌های مالی، خواسته مشتریان، گواهینامه‌های الزامی زیست‌محیطی و انرژی و استانداردهای ملی؛ ۲. محرك‌های سازمانی شامل مزایا و منافع ناشی از وجهه شرکت در بازار و تمایل و راهبرد رقابتی شرکت؛ ۳. محرك‌های درون‌سازمانی شامل کاهش ریسک، افزایش درآمد، کاهش هزینه‌ها و ارزش محصول. فوئرستل و همکاران [۱۹] محرك‌های پایداری

تولیدی برای محیط‌زیست و جامعه به حداقل برسد [۸] و [۹]؛ ۳. بازیافت؛ فرایندهای تبدیل محصول، قطعات و پسماند حاصل به مواد یا محصولات جدید؛ موادی که زباله محسوب می‌شدند و قرار بود دور ریخته شوند [۵] و [۱۰]؛ ۴. بازاستفاده^۷: استفاده پی‌درپی از محصول یا اجزای آن، پس از اولین چرخه زندگی؛ ۵. بازتولید^۸: پردازش مجدد محصول در حال استفاده برای بازگرداندن آن به حالت اصلی یا یک شکل جدید از طریق استفاده مجدد از قطعات، بدون از دست دادن عملکرد اصلی محصول و ۶. بازیابی^۹: به حالت اول درآوردن محصول، در فرایندهایی مانند جمع‌آوری محصول در پایان مرحله استفاده، بازکردن، تمیز و تعمیرکردن برای استفاده در چرخه زندگی بعدی [۱۰]. شرکت‌ها برای پیاده‌سازی 6R، با توجه به شرایط خود مجموعه اقداماتی را برای استقرار سیستم تولید پایدار انتخاب و اجرا می‌کنند. می‌توان اقدامات مذکور را به چهار دسته تقسیم کرد: طراحی و توسعه پایدار محصولات، فرایندهای تولید پایدار، مدیریت زنجیره تأمین پایدار و مدیریت پایدار محصولات بعد از عمر مفید [۱۱].

در این پژوهش بررسی می‌شود که چه محرك‌ها و مشوق‌هایی در محیط کلان، در محیط خرد و چه عواملی درون سازمان، شرکت‌های تولیدکننده قطعات پلاستیک خودرو را ترغیب می‌کنند ملاحظاتی زیست‌محیطی و اجتماعی را در چرخه عمر محصول در نظر بگیرند. همچنین مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل چه مواردی هستند و نحوه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها با یکدیگر چگونه است؟

شانکار و همکاران [۱۲] پانزده محرك سیستم‌های پیچیده تولید پایدار را شناسایی و بررسی کردند، شامل کیفیت، قابلیت‌های بازار، مزایای مالی، الزامات زنجیره تأمین، سرعت در تحویل و انعطاف‌پذیری در عملکرد، قوانین، خرید سبز، بهینه‌سازی مصرف منابع، نوآوری سبز، حفظ محیط‌زیست، آموزش و مهارت‌پروری، رفاه کارکنان و ذی‌نفعان، انگیزه‌های درون‌سازمانی و انتظارات مشتریان. اسمیت و همکاران [۱۳] به این نتیجه رسیدند که محرك‌های به‌کارگیری سوخت‌های پایدار، شامل مشتریان، آلودگی ایجادشده و مقررات دولتی هستند. سایر محرك‌ها که تأثیر کمتری دارند، عبارت‌اند از: فشار اجتماعی، امنیت انرژی و توسعه اقتصادی. دویی و همکاران [۱۴]

جدول ۱. مشخصات خبرگان

ردیف	موقعیت سازمانی	سابقه کار	تحصیلات
۱	مدیرعامل	۲۷	کارشناسی ارشد
۲	هیئت‌علمی پژوهشی	۱۶	دکتری
۳	قائم‌مقام مدیرعامل	۲۵	کارشناسی ارشد
۴	معاون اداری مالی	۱۸	دکتری
۵	طراح محصول	۱۵	کارشناسی ارشد
۶	مدیر قالب‌سازی	۱۶	کارشناسی ارشد
۷	مدیر تولید	۱۸	کارشناسی ارشد
۸	هیئت‌علمی دانشگاه	۱۷	دکتری
۹	هیئت‌علمی دانشگاه	۱۵	دکتری

پرسشنامه دوم، براساس نتایج پرسشنامه اول و به‌منظور بررسی روابط ساختاری محرک‌ها طراحی شد. در این مرحله، از رویکرد دیماتل خاکستری^{۱۰}، برای تحلیل روابط محرک‌ها و تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و اهمیت آن‌ها استفاده شد. دو روش دیگر برای بررسی روابط ساختاری بین عوامل یک سیستم عبارت‌اند از: مدل‌سازی ساختاری با استفاده از فنون آماری و مدل‌سازی ساختاری تفسیری، و استفاده از روش آماری برای بررسی روابط ساختاری نیازمند داده‌های فراوان [۳۰] که با توجه به الزامات آزمون‌های آماری و خبره‌محور بودن تحقیق، امری بسیار دشوار است. در روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری، تنها به وجود و نبود روابط میان عوامل توجه می‌شود و تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و شدت آن‌ها را نمی‌توان محاسبه و تحلیل کرد [۳۱]. در روش دیماتل می‌توان با دیدگاه‌های تعداد محدودی متخصص، هم وجود یا نبود روابط ساختاری را تعیین کرد و هم به مطالعه شدت روابط پرداخت. به همین دلیل، در این پژوهش از این روش استفاده شده است.

دیماتل خاکستری: داده‌های کیفی کمی‌ناشدنی، اطلاعات ناقص، اطلاعات غیرقابل دسترس و نادیده‌گرفته‌شدن قسمتی از اطلاعات، عوامل غیردقیق بودن اطلاعات هستند [۳۲]. نظریه سیستم‌های خاکستری برای رفع این مشکلات را جولانگ دنگ مطرح کرد [۳۳]. برتری و مزیت خاص این نظریه در مقایسه با سایر نظریه‌هایی که برای حل مسائل ناشی از بی‌اطمینانی ارائه شده‌اند، این است که این روش با حجم نمونه کم و داده‌های کم، نتایج رضایت‌بخشی به دست می‌دهد [۳۲] و [۳۳]. با توجه به

تأمین‌کنندگان لایه اول را مطالعه کردند. در این پژوهش، محرک‌ها به سه دسته تقسیم شدند: فشارهای ذی‌نفعان شامل مشتریان، سازمان‌ها و گروه‌های مردم‌نهاد، مصرف‌کنندگان نهایی، محرک‌های فرایندمحور شامل گواهینامه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی، و محرک‌های محصول محور شامل تأثیر قطعه بر پایداری در محصول نهایی، دیده‌شدن قطعات تولیدی به‌وسیله مردم و مشتریان در محصولات نهایی. از جمله پژوهش‌های دیگری که در این زمینه انجام گرفت و در تدوین مدل مفهومی این تحقیق استفاده شده است، می‌توان به البلاس و همکاران [۲۰] و [۲۱]، دیابت و گویندان [۲۲]، الطیب و همکاران [۲۳]، لوکن و رمپای [۲۴]، استودر و همکاران [۲۵]، گوتوفسکی و همکاران [۲۶]، پرز-سانچز و همکاران [۲۷]، مورفی و کوهن [۲۸] و گونینگهام و سینکلیر [۲۹] اشاره کرد.

روش پژوهش

در این تحقیق، ابتدا با مرور پژوهش‌های قبلی، یازده محرک پایداری در زمینه‌ها و صنایع مختلف شناسایی شدند. سپس برای بومی‌سازی محرک‌ها و مشوق‌های شناسایی شده، پرسشنامه‌ای طراحی شد تا دیدگاه‌های خبرگان صنعت پلاستیک در قالب دلفی-ساعتی جمع‌آوری شود. این پرسشنامه، به نه نفر از خبرگان صنعت پلاستیک به‌صورت چاپ‌شده تحویل شد و هفت پرسشنامه تکمیل‌شده و قابل‌استفاده جمع‌آوری شدند. خبرگان مورد بررسی، متخصصان دانشگاه و صنعت هستند که حداقل ۲۵ سال سابقه کاری دارند. وزن نظرهای متخصصان در این پژوهش، یکسان در نظر گرفته شده است. مشخصات خبرگان در جدول ۱ ارائه شده است.

در این پرسشنامه، با استفاده از طیف ده‌گزینه‌ای ۱ تا ۱۰، از خبرگان پرسیده شد که متغیر مورد بررسی، تا چه حد در صنعت قطعات پلاستیک خودرو ایران حضور دارد و در آن تأثیرگذار است. نتیجه پرسشنامه اول، حذف محرک سازمان‌ها و گروه‌های مردم‌نهاد و تأیید ده محرک دیگر بود. محرک‌های تأییدشده عبارت‌اند از: صاحبان و سهامداران، مدیران، منافع تجاری مورد انتظار، بازار و مشتریان، قوانین، خواسته‌های کارکنان، فشارهای رقبا، شرکا و همکاران، کمک‌ها یا فشارهای تأمین‌کنندگان و رسانه‌ها.

این پژوهش، براساس روش‌های پیشنهادی بای و سارکیس [۳۴] و یان و همکاران [۳۵] برای دیماتل خاکستری انجام شده است.

نمادها

k : ماتریس خاکستری ارتباط مستقیم برای خبره
 $A^k(\otimes), k=1, 2, \dots, 9$
 درایه‌های ماتریس خاکستری ارتباط مستقیم
 $(\otimes)_{ij}^k = [a_{ij}^k, b_{ij}^k]$
 حد پایین داده‌های خاکستری a_{ij}^k
 حد بالای داده‌های خاکستری b_{ij}^k
 عنصر نرمال کننده r^k
 ماتریس نرمال شده $G(\otimes)^k$
 ماتریس تجمیع شده، $\bar{G}(\otimes)$
 $\bar{g}_-(\otimes)$: حد پایین ماتریس تجمیع شده
 $\bar{g}_+(\otimes)$: حد بالای ماتریس تجمیع شده
 ماتریس ارتباط کل خاکستری برای حدود پایین T^-
 ماتریس ارتباط کل خاکستری برای حدود بالا T^+
 قدرت تأثیرگذاری هر محرک $D_i(\otimes)$
 قدرت تأثیرپذیری محرک $R_i(\otimes)$
 اهمیت محرک $P_i(\otimes)$
 تأثیر خالص محرک $E_i(\otimes)$

برای جمع‌آوری داده‌های خاکستری، پرسشنامه‌ای طراحی شد و در اختیار متخصصان صنعت قرار گرفت. در این پرسشنامه، با استفاده از یک طیف پنج‌گزینه‌ای و با عبارت‌های کلامی - که در جدول ۲ آمده است - از متخصصان صنعت قطعات پلاستیک خودرو این پرسش مطرح شد که «محرک I تا چه حد بر محرک J تأثیر می‌گذارد».

این مزایا و نیز با توجه به شرایط پژوهش و مسئله مورد بررسی، از رویکرد دیماتل خاکستری برای مطالعه و تحلیل روابط محرک‌ها و مشوق‌های تولید پایدار استفاده شد.

مبانی ریاضیات خاکستری [۳۳]: فرض می‌کنیم x

یک عدد حقیقی و قطعی باشد. آن‌گاه $x(\otimes)$ یک عدد خاکستری است، به صورت بازه‌ای که حدود بالا و پایین آن مشخص است، اما خود x نامشخص است و درمورد توزیع آن اطلاعاتی وجود ندارد. برای عدد خاکستری $x(\otimes)$ $[x, \bar{x}] = [x, \bar{x}]$ این رابطه صدق می‌کند:

$$[x \leq \bar{x}] \quad (1)$$

\underline{x} حد پایین و \bar{x} حد بالای عدد $x(\otimes)$ است. اگر $x_1(\otimes) = [x_1, \bar{x}_1]$ و $x_2(\otimes) = [x_2, \bar{x}_2]$ دو عدد خاکستری باشند، مجموع دو عدد خاکستری برابر است با:

$$(2)$$

$$x_1(\otimes) + x_2(\otimes) = [\underline{x}_1 + \underline{x}_2, \bar{x}_1 + \bar{x}_2]$$

تفریق دو عدد خاکستری برابر است با:

$$(\otimes) - x_2(\otimes) = [\underline{x}_1 - \bar{x}_2, \bar{x}_1 - \underline{x}_2] \quad (3)$$

ضرب دو عدد خاکستری برابر است با:

$$(4)$$

$$(\otimes) \times x_2(\otimes) = [\min(\underline{x}_1 \times \underline{x}_2, \underline{x}_1 \times \bar{x}_2, \bar{x}_1 \times \underline{x}_2, \bar{x}_1 \times \bar{x}_2), \max(\underline{x}_1 \times \underline{x}_2, \underline{x}_1 \times \bar{x}_2, \bar{x}_1 \times \underline{x}_2, \bar{x}_1 \times \bar{x}_2)]$$

تقسیم دو عدد خاکستری برابر است با:

$$(5)$$

$$x_1(\otimes) \div x_2(\otimes) = [\min(\underline{x}_1 \div \underline{x}_2, \underline{x}_1 \div \bar{x}_2, \bar{x}_1 \div \underline{x}_2, \bar{x}_1 \div \bar{x}_2), \max(\underline{x}_1 \div \underline{x}_2, \underline{x}_1 \div \bar{x}_2, \bar{x}_1 \div \underline{x}_2, \bar{x}_1 \div \bar{x}_2)]$$

حاصل ضرب یک عدد ثابت در یک عدد خاکستری:

$$(6)$$

$$\text{If } k \geq 0. \quad k \times x(\otimes) = [k \times \underline{x}, k \times \bar{x}],$$

معکوس یک عدد خاکستری:

$$x(\otimes)^{-1} = \left[\frac{1}{\bar{x}}, \frac{1}{\underline{x}} \right] \quad (7)$$

جدول ۲. عبارت‌های کلامی و معادل‌های خاکستری آن‌ها

شماره گزینه	۱	۲	۳	۴	۵
عبارت کلامی	بدون تأثیر	تأثیر بسیار کم	تأثیر کم	تأثیر زیاد	تأثیر بسیار زیاد
معادل خاکستری	[۰, ۰]	[۰, ۰/۲۵]	[۰/۲۵, ۰/۵]	[۰/۵, ۰/۵۷]	[۰/۷۵, ۱]

و سپس ماتریس ارتباط مستقیم^{۱۱} برای هر خبره به صورت جداگانه تشکیل شد. حال چند ماتریس

۱. عبارت‌های کلامی انتخاب شده به وسیله خبرگان، با استفاده از جدول ۲ به اعداد خاکستری تبدیل شد

$$D_i(\otimes) = \sum_{j=1}^n t_{ij}(\otimes) \quad (14)$$

محاسبه پتانسیل تأثیرپذیری: مجموع درایه‌های ستون i نشانگر میزان تأثیرپذیری عامل i از سایر عوامل موجود در سیستم است:

$$R_j(\otimes) = \sum_{i=1}^n t_{ij}(\otimes) \quad (15)$$

محاسبه اهمیت نسبی عامل i :

$$P_i(\otimes) = D_i(\otimes) + R_j(\otimes) \quad (16)$$

محاسبه تأثیر خالص: مثبت بودن تأثیر خالص به معنای علت بودن آن است، اما اگر منفی باشد، به این معناست که تأثیرپذیری عامل، بیشتر از تأثیرگذاری است و در نتیجه معلول است. i و j مساوی هستند:

$$E_i(\otimes) = D_i(\otimes) - R_j(\otimes) \quad (17)$$

۶. سفیدسازی^{۱۳} ماتریس خاکستری ارتباط کل $T(\otimes)$ ، اهمیت $P_i(\otimes)$ ، و تأثیر خالص $E_i(\otimes)$: در این بررسی، به روش پیشنهادی اپریکوویچ و تزنگ [۳۶] اعداد خاکستری به اعداد سفید تبدیل شده‌اند. برای نشان دادن جایگاه عوامل در نمودار دوبعدی، از P_i به عنوان x و از E_i به عنوان y استفاده می‌شود.

۷. ابتدا حد آستانه‌ای تعریف می‌شود تا روابط کم‌اهمیت و بااهمیت را تفکیک کند. با کمک حد آستانه، ماتریس سفیدشده غربال می‌شود و درایه‌هایی که کمتر از آستانه هستند، نادیده گرفته می‌شوند. برای ترسیم ارتباطات باقی‌مانده، براساس درایه عمل می‌شود، درایه t_{ij} نشان می‌دهد جهت پیکان از i به سمت j و به معنای تأثیرگذاری عامل i بر عامل j است. حال اگر درایه t_{ij} نیز بامعنا باشد و حذف نشده باشد، پیکان دوسویه است و این دو عامل ارتباط متقابل دارند.

یافته‌ها

دیدگاه‌های متخصصان صنعت، در قالب پرسشنامه دیماتل جمع‌آوری شد. عبارات کلامی پرسشنامه‌ها با استفاده از جدول ۲ به داده‌های خاکستری تبدیل شد و برای هر پاسخگو، یک ماتریس ارتباط مستقیم خاکستری تشکیل شد. ماتریس‌های خاکستری ارتباط مستقیم، با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ بهنجار و $G(\otimes)^k$ نام‌گذاری شدند. میانگین حسابی ماتریس‌های بهنجارشده، با استفاده از رابطه ۱۱

خاکستری با نام‌های $A^3(\otimes), A^2(\otimes), A^1(\otimes)$ و $A^P(\otimes)$ وجود دارد که هر یک متعلق به یکی از خبرگان است. درایه‌های این ماتریس، اعداد خاکستری هستند که حد چپ و راست دارند:

$$(\otimes)_{ij}^k = [a_{ij}^k, b_{ij}^k] \quad (8)$$

۲. نرمال‌سازی: در این مرحله، عنصر نرمال‌کننده برای هر ماتریس به صورت جداگانه محاسبه می‌شود. این عنصر برای خبره k مساوی است با:

$$r^k = \max_{1 \leq i \leq n} (\sum_{j=1}^n b_{ij}^k) \quad (9)$$

ماتریس مربوط به خبره k بر عنصر نرمال‌کننده تقسیم می‌شود و ماتریس خاکستری نرمال‌شده $G(\otimes)^k$ به دست می‌آید. هر درایه، از رابطه ۱۰ محاسبه شده است:

$$g_{ij}^k(\otimes) = \frac{\otimes_{ij}^k}{r^k} = \left(\frac{a_{ij}^k}{r^k}, \frac{b_{ij}^k}{r^k} \right) \quad (10)$$

۳. میانگین حسابی ماتریس‌های خاکستری نرمال‌شده، محاسبه و $\bar{G}(\otimes)$ نام‌گذاری می‌شود:

$$\bar{G}(\otimes) = \left(\frac{G^1(\otimes) + G^2(\otimes) + \dots + G^p(\otimes)}{p} \right) \quad (11)$$

$$\bar{g}_{ij}(\otimes) = 0, \text{ if } i = j$$

۴. ماتریس میانگین به دست آمده در مرحله قبل، به دو ماتریس حد پایین و بالا افزای می‌شود:

$$\bar{g}_-(\otimes): \text{ماتریس حد پایین}$$

$$\bar{g}_+(\otimes): \text{ماتریس حد بالا}$$

برای ماتریس‌های حد بالا و پایین، با استفاده از روابط زیر و جداگانه برای هر ماتریس، ماتریس ارتباط کل محاسبه می‌شود. برای ماتریس حد بالا:

$$T^+ = \bar{G}_+ + \bar{G}_+^2 + \bar{G}_+^3 + \dots + \bar{G}_+^h \quad (12)$$

$$= \bar{G}_+(I - \bar{G}_+)^{-1}$$

و برای ماتریس حد پایین:

$$T^- = \bar{G}_- + \bar{G}_-^2 + \bar{G}_-^3 + \dots + \bar{G}_-^h \quad (13)$$

$$= \bar{G}_-(I - \bar{G}_-)^{-1}$$

با کنار هم قراردادن درایه‌های دو ماتریس T^+ و T^- ماتریس خاکستری به دست می‌آید که ماتریس ارتباط کل خاکستری^{۱۴} نامیده می‌شود.

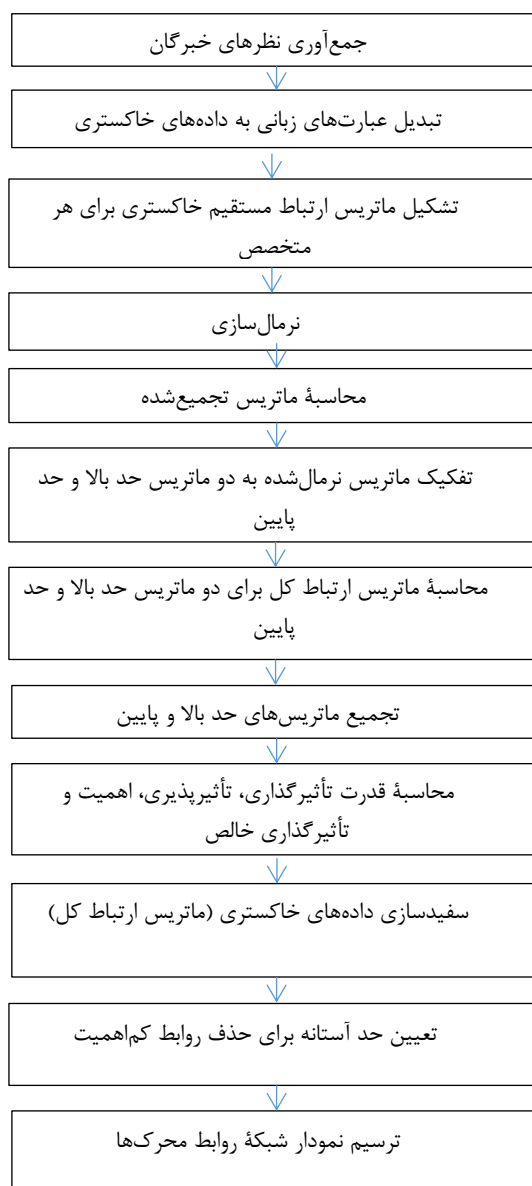
$$T(\otimes) = [t_{ij}(\otimes)]_{n \times n}$$

۵. محاسبه قدرت تأثیرگذاری: مجموع اعداد خاکستری در سطر i نشان می‌دهد عامل i بر سایر عوامل موجود در سیستم، تا چه حد تأثیر دارد.

هریک از محرک‌ها در این ویژگی‌ها، در جدول ۵ مشاهده می‌شود. نمودار ۲ نشانگر روابط مهم است و روابط کم‌اهمیت برای جلوگیری از شلوغ‌شدن دیاگرام حذف شده‌اند. برای فیلترکردن روابط و حذف روابط کم‌اهمیت، با مشورت خبرگان، از میانگین به اضافه یک انحراف معیار استفاده شده است. نتیجه، درایه‌هایی هستند که در جدول ۴ با پس‌زمینه رنگی متمایز شده‌اند. خلاصه مراحل اجرای تحقیق و محاسبات دیماتل خاکستری در شکل ۱ نشان داده شده است.

محاسبه و $\bar{G}(\otimes)$ نام‌گذاری شده است. با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳، ماتریس خاکستری ارتباط کل محاسبه شده است. این ماتریس $T(\otimes)$ نام‌گذاری شده و در جدول ۲ آمده است.

ماتریس خاکستری ارتباط کل، به ماتریس سفید تبدیل شده و در جدول ۴ نشان داده شده است. با استفاده از رابطه ۱۴ قدرت تأثیرگذاری، با استفاده از رابطه ۱۵ پتانسیل تأثیرپذیری، با استفاده از رابطه ۱۶ برتری نسبی، $D+R$ ، و با استفاده از رابطه ۱۷ تأثیرگذاری خالص، $D-R$ ، برای هر محرک محاسبه شده است. این مقادیر و رتبه



شکل ۱. مراحل اجرای دیماتل خاکستری

این محرک تأثیر خالص مثبت دارد و جزء عامل‌های علی است. مشتریان از قوانین، رسانه‌ها و رقبا تأثیر می‌پذیرند و بر صاحبان، مدیران و مزایای تجاری حاصل از پایداری تأثیر می‌گذارند [۱۸]، [۱۹] و [۲۰]. در صورتی که مشتریان به خرید و مصرف کالاهای دوستدار محیط زیست علاقه‌مند باشند، شرکت‌ها سعی می‌کنند برای حفظ و توسعه بازار، این خواسته‌ها را شناسایی و برآورده کنند [۲۱].

نمودار شبکه روابط نشان می‌دهد مزایای اقتصادی، از قوانین، مشتریان و رسانه‌ها تأثیر می‌پذیرند. با توجه به تأثیرگذاری مزایا و منافع مورد انتظار بر مدیران، به نظر می‌رسد در صورت وجود مزایای مناسب، مدیران تمایل دارند روش‌های پایدارسازی تولید را اجرا کنند تا به آن مزایا دست یابند [۲۵] و [۲۹]. براساس جدول ۵، قوانین در مجموع بیشترین تأثیرگذاری را دارند. سارکیس و همکاران [۳۶] به این نکته اشاره می‌کنند که فشار ناشی از قوانین، بر به‌کارگیری راهکارهای زیست‌محیطی و سبز کردن تولید تأثیرگذار است.

مطابق جدول ۵، برحسب میزان تأثیرگذاری خالص، قوانین بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر محرک‌ها دارند. در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده، قوانین، نحوه اجرای آن‌ها و میزان سختگیری در صورت اجرا شدن، مورد تأیید است و بر نقش آن‌ها تأکید می‌شود [۳۷]. با توجه به شکل ۲ و براساس جداول ۴ و ۵، کارکنان نقش بسیار کم‌رنگی در ترغیب برای پایدار کردن سیستم تولید دارند، زیرا میزان اهمیت آن‌ها، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها بسیار اندک است [۴]، [۳۷] و [۳۸]. شکل ۲ نشان می‌دهد رقبا بر مدیران، مشتریان و خواسته‌های آن‌ها، مالکان و شرکت‌های شریک و همکار تأثیرگذارند [۴]، [۲۰] و [۲۱].

مطابق شکل ۲، همکاران و شرکا در دسته عوامل تأثیرپذیر جای گرفته‌اند. در بعضی از پژوهش‌ها، از فشارهای شرکت‌های شریک و همکار به‌عنوان محرکی نام برده شده است که ممکن است بر پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های دوستدار محیط زیست تأثیرگذار باشد [۲۴].

تأثیرگذاری: مطابق جدول ۵، برحسب مجموع تأثیرگذاری، قوانین در رتبه اول و رسانه‌ها، رقبا، مشتریان و مالکان در رتبه‌های بعدی هستند.

تأثیرپذیری: همان‌گونه که جدول ۵ نشان می‌دهد، در این تحقیق، براساس مجموع تأثیرپذیری، مدیران، مالکان، مشتریان، مزایا و منافع تجاری و کارکنان، بیشترین تأثیر را دریافت می‌کنند.

اهمیت نسبی: براساس جدول ۵، محرک‌های مهم و فعال عبارت‌اند از: قوانین، مالکان، مشتریان، مدیران و رقبا. تأمین‌کنندگان، کارکنان شرکا و همکاران و مزایای اقتصادی ناشی از تولید پایدار، کمترین نقش را در پایدارسازی تولید دارند و دارای اهمیت نسبی هستند. محرک‌هایی که نقش فعال‌تری دارند، ممکن است تأثیرگذارتر نباشند.

تأثیر خالص: براساس جدول ۵، محرک‌های علی به‌ترتیب بیشترین تأثیرگذاری خالص عبارت‌اند از: قوانین، رسانه‌ها، رقبا و مشتریان. تأثیرپذیرترین محرک‌ها به‌ترتیب عبارت‌اند از: مدیران، کارکنان، مالکان سهام، تأمین‌کنندگان و مزایای تجاری حاصل از اقدامات پایداری.

بحث و تحلیل

مطابق شکل ۲، مالکان از قوانین، مشتریان، رقبا و رسانه‌ها تأثیر می‌پذیرند. به‌عبارتی، توجه آن‌ها معطوف به سازگاری با قوانین و حفظ بازار و مشتریان، رقابت با رقبا و انعکاس تصویر شرکت در رسانه‌هاست. در پژوهش‌های جدید که نقش سهامداران بررسی شده است، تمایلات، خواسته‌ها و ارزش‌های زیست‌محیطی یا اجتماعی مالکان سهام، مؤثر تشخیص داده شده است [۲۹] و [۳۱].

براساس جدول ۵، از میان ده محرک مورد بررسی و از لحاظ پتانسیل تأثیرپذیری، مدیران بیشترین تأثیر را دریافت می‌کنند. عواملی که مدیران را به اتخاذ رویکرد پایداری سوق می‌دهند، قوانین، رسانه‌ها، مشتریان، مالکان، رقبا و درنهایت شرکا و همکاران هستند.

جدول ۵ نشان می‌دهد مشتریان از جمله عواملی هستند که تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالایی دارند. از طرفی،

جدول ۳. ماتریس ارتباط کل خاکستری $T(\otimes)$

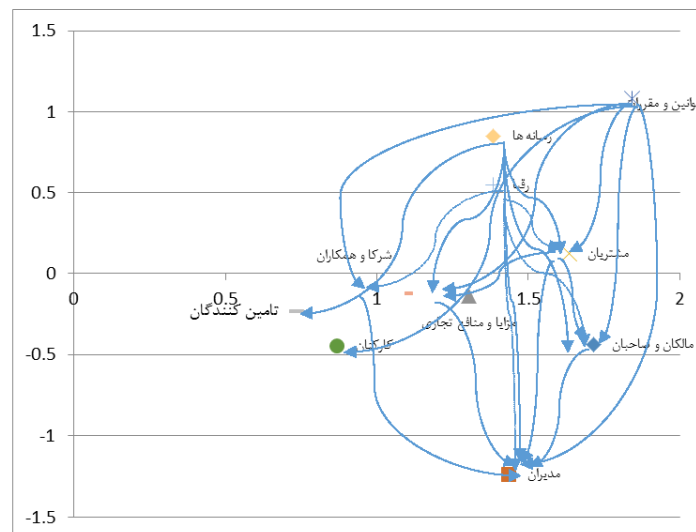
نماد	۱d	۲d	۳d	۴d	۵d	۶d	۷d	۸d	۹d	۱۰d
عنوان محرک										
سپاهمداران	۱d [۰/۰۱۷، ۰/۰۸۷]	۲d [۰/۱۱۰، ۰/۲۲۰]	۳d [۰/۰۵۴، ۰/۱۴۰]	۴d [۰/۰۴۵، ۰/۱۳۰]	۵d [۰/۰۳۷، ۰/۱۰۰]	۶d [۰/۰۷۷، ۰/۱۶۱]	۷d [۰/۰۳۷، ۰/۱۱۴]	۸d [۰/۰۱۱، ۰/۰۶۶]	۹d [۰/۰۰۶، ۰/۰۵۷]	۱۰d [۰/۰۰۶، ۰/۰۵۷]
مدیران	۱d [۰/۰۱۵، ۰/۰۷۷]	۲d [۰/۰۰۲، ۰/۰۳۷]	۳d [۰/۰۰۴، ۰/۰۳۴]	۴d [۰/۰۰۲، ۰/۰۲۷]	۵d [۰/۰۰۱، ۰/۰۲۰]	۶d [۰/۰۶۲، ۰/۱۱۵]	۷d [۰/۰۰۱، ۰/۰۵۶]	۸d [۰/۰، ۰/۰۵۴]	۹d [۰/۰، ۰/۰۵۴]	۱۰d [۰/۰۰۱، ۰/۰۱۶]
منافع تجاری شرکت	۱d [۰/۰۷۹، ۰/۱۶۳]	۲d [۰/۱۰۴، ۰/۲۰۲]	۳d [۰/۰۰۶، ۰/۰۴۸]	۴d [۰/۰۱۰، ۰/۰۸۶]	۵d [۰/۰۰۵، ۰/۰۳۳]	۶d [۰/۰۶۸، ۰/۱۴۰]	۷d [۰/۰۰۴، ۰/۰۷۷]	۸d [۰/۰۰۷، ۰/۱۴۱]	۹d [۰/۰۳۲، ۰/۱۰۴]	۱۰d [۰/۰۰۲، ۰/۰۲۶]
بازار و مشتریان	۱d [۰/۱۱۰، ۰/۲۲۷]	۲d [۰/۱۱۴، ۰/۲۴۵]	۳d [۰/۱۰۰، ۰/۱۹۴]	۴d [۰/۱۰۴، ۰/۰۸۳]	۵d [۰/۰۱۰، ۰/۰۸۱]	۶d [۰/۰۲۳، ۰/۱۱۵]	۷d [۰/۰۰۶، ۰/۱۰۴]	۸d [۰/۰۳۴، ۰/۱۳۶]	۹d [۰/۰۴۵، ۰/۱۳۶]	۱۰d [۰/۰۵۶، ۰/۱۲۱]
قوانین	۱d [۰/۱۳۴، ۰/۲۷۹]	۲d [۰/۱۳۲، ۰/۲۶۴]	۳d [۰/۱۰۵، ۰/۲۲۴]	۴d [۰/۱۰۳، ۰/۲۲۶]	۵d [۰/۱۰۱، ۰/۰۷۵]	۶d [۰/۱۲۱، ۰/۲۳۲]	۷d [۰/۱۰۸، ۰/۲۰۱]	۸d [۰/۰۳۰، ۰/۱۶۷]	۹d [۰/۰۵۲، ۰/۱۶۷]	۱۰d [۰/۰۷۴، ۰/۱۵۷]
کارکنان	۱d [۰/۰۲۰، ۰/۱۰۲]	۲d [۰/۰۰۸، ۰/۱۰۱]	۳d [۰/۰۰۶، ۰/۰۷۳]	۴d [۰/۰۲۱، ۰/۰۹۶]	۵d [۰/۰۰۲، ۰/۰۲۶]	۶d [۰/۰۰۲، ۰/۰۳۵]	۷d [۰/۰۰۱، ۰/۰۹۵]	۸d [۰/۰۰۲، ۰/۰۶۶]	۹d [۰/۰۰۲، ۰/۰۶۶]	۱۰d [۰/۰۱۲، ۰/۰۵۷]
رقبا	۱d [۰/۰۸۲، ۰/۲۰۰]	۲d [۰/۰۹۸، ۰/۲۲۸]	۳d [۰/۰۵۸، ۰/۱۵۴]	۴d [۰/۰۹۳، ۰/۱۹۰]	۵d [۰/۰۶۷، ۰/۱۴۱]	۶d [۰/۰۲۱، ۰/۰۸۳]	۷d [۰/۰۱۰، ۰/۱۷۸]	۸d [۰/۰۰۹، ۰/۱۷۰]	۹d [۰/۰۳۴، ۰/۱۲۶]	۱۰d [۰/۰۱۰، ۰/۰۶۴]
شرکا و همکاران	۱d [۰/۰۶۹، ۰/۱۵۷]	۲d [۰/۰۸۴، ۰/۱۸۱]	۳d [۰/۰۱۸، ۰/۰۹۴]	۴d [۰/۰۶۵، ۰/۱۳۷]	۵d [۰/۰۳۶، ۰/۰۹۱]	۶d [۰/۰۱۴، ۰/۰۶۴]	۷d [۰/۰۰۶، ۰/۰۴۴]	۸d [۰/۰۰۷، ۰/۰۴۰]	۹d [۰/۰۱۰، ۰/۰۶۸]	۱۰d [۰/۰۰۶، ۰/۰۲۹]
تامین کنندگان	۱d [۰/۰۳۲، ۰/۱۰۴]	۲d [۰/۰۶۱، ۰/۱۳۷]	۳d [۰/۰۰۶، ۰/۰۳۵]	۴d [۰/۰۳۲، ۰/۰۹۴]	۵d [۰/۰۰۳، ۰/۰۲۴]	۶d [۰/۰۰۷، ۰/۰۳۴]	۷d [۰/۰۰۱، ۰/۰۹۵]	۸d [۰/۰۰۵، ۰/۰۳۰]	۹d [۰/۰۰۳، ۰/۰۲۶]	۱۰d [۰/۰۰۲، ۰/۰۲۲]
رسانه‌ها	۱d [۰/۰۹۲، ۰/۲۲۳]	۲d [۰/۱۲۴، ۰/۲۶۵]	۳d [۰/۰۸۸، ۰/۱۹۰]	۴d [۰/۰۷۲، ۰/۱۹۰]	۵d [۰/۰۷۵، ۰/۱۵۶]	۶d [۰/۰۲۶، ۰/۱۲۹]	۷d [۰/۰۱۲، ۰/۱۷۱]	۸d [۰/۰۵۴، ۰/۱۴۷]	۹d [۰/۰۸۶، ۰/۱۷۰]	۱۰d [۰/۰۱۰، ۰/۰۴۶]

جدول ۴. ارتباط سفیدشده کل

عنوان محرک	نماد	۱d	۲d	۳d	۴d	۵d	۶d	۷d	۸d	۹d	۱۰d
سهامداران	d1	۰/۰۳۴	۰/۱۷۰	۰/۰۸۶	۰/۰۷۴	۰/۰۵۴	۰/۱۱۳	۰/۰۵۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳
مدیران	d2	۰/۰۲۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۷۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
منافع تجاری شرکت	d3	۰/۱۱۵	۰/۱۵۴	۰/۰۱۲	۰/۰۲۸	۰/۰۰۸	۰/۰۹۵	۰/۰۰۸	۰/۰۹۸	۰/۰۵۲	۰/۰۰۴
بازار و مشتریان	d4	۰/۱۷۴	۰/۱۹۰	۰/۱۴۷	۰/۰۳۰	۰/۰۲۶	۰/۰۵۰	۰/۰۲۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷
قوانین	d5	۰/۲۲۶	۰/۲۳۷	۰/۱۶۹	۰/۱۷۰	۰/۰۳۰	۰/۱۸۴	۰/۰۳۰	۰/۱۵۱	۰/۰۹۸	۰/۱۰۸
کارکنان	d6	۰/۰۴۲	۰/۰۳۲	۰/۰۲۰	۰/۰۳۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹
رقبا	d7	۰/۱۳۹	۰/۱۶۸	۰/۰۹۶	۰/۱۴۰	۰/۰۹۵	۰/۰۳۶	۰/۰۹۵	۰/۱۳۶	۰/۰۶۴	۰/۰۲۰
شرکا و همکاران	d8	۰/۱۰۵	۰/۱۲۹	۰/۰۳۷	۰/۰۹۲	۰/۰۵۰	۰/۰۲۳	۰/۰۵۰	۰/۰۱۱	۰/۰۲۱	۰/۰۰۸
تأمین کنندگان	d9	۰/۰۵۱	۰/۰۸۹	۰/۰۰۹	۰/۰۴۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳
رسانهها	d10	۰/۱۶۰	۰/۲۱۰	۰/۱۳۶	۰/۱۳۳	۰/۱۰۶	۰/۰۵۹	۰/۱۰۶	۰/۰۹۰	۰/۱۳۰	۰/۰۱۵

جدول ۵. میزان تأثیرگذاری، تأثیرپذیری، اهمیت و تأثیر خالص محرکها

عنوان محرک	نماد محرک	D_i ، تأثیرگذاری	R_j ، تأثیرپذیری	D_i+R_j ، اهمیت	D_i-R_j ، تأثیرگذاری خالص
مالکان	d1	۰/۶۳۹	۱/۰۷۵	۱/۷۱۴	-۰/۴۳۶
مدیران	d2	۰/۱۴۹	۱/۳۸۵	۱/۵۳۴	-۱/۲۳۶
مزایا و منافع تجاری	d3	۰/۵۸۳	۰/۷۱۹	۱/۳۰۲	-۰/۱۳۶
مشتریان	d4	۰/۸۷۹	۰/۷۵۶	۱/۶۳۵	۰/۱۲۳
قوانین	d5	۱/۴۶۱	۰/۳۸۰	۱/۸۴۱	۱/۰۸۱
کارکنان	d6	۰/۲۱۲	۰/۶۵۶	۰/۸۶۷	-۰/۴۴۴
رقبا	d7	۰/۹۶۷	۰/۴۱۸	۱/۳۸۵	۰/۵۴۹
شرکا و همکاران	d8	۰/۴۸۷	۰/۶۰۵	۱/۰۹۲	-۰/۱۱۷
تأمین کنندگان	d9	۰/۲۵۱	۰/۴۸۳	۰/۷۳۴	-۰/۲۳۱
رسانهها	d10	۰/۱۱۶	۰/۲۶۸	۱/۳۸۴	۰/۸۴۸



شکل ۲. شبکه روابط محرکها

رتبه دوم تأثیرگذاری و تأثیرگذاری خالص، متعلق به رسانه‌هاست. بسیاری از پژوهش‌ها، به تأثیر رسانه‌ها بر افکار عمومی، دیدگاه‌های مشتریان، خط‌مشی‌های شرکت‌ها و رقبا اشاره دارند [۴]، [۹]، [۱۸] و [۲۰].

جدول ۶ خلاصه‌ای از پژوهش‌هایی را نشان می‌دهد که در زمینه محرک‌ها و مشوق‌های پایداری انجام شده‌اند. تفاوت اصلی پژوهش حاضر با سایر تحقیقات، در مطالعه و تمرکز تحقیق بر روابط ساختاری بین محرک‌هاست.

براساس ستون اهمیت، در جدول ۵، کمترین تعاملات متعلق به تأمین‌کنندگان است. تنها عاملی که بر تأمین‌کنندگان تأثیر معنادار دارد، رسانه‌ها هستند. رسانه‌ها می‌توانند با نظارت بر عملکرد و تشویق شرکت‌های تأمین‌کننده، آن‌ها را به سمت پایداری در تولید سوق دهند [۱۹]، [۲۹] و [۳۹]. به نظر بعضی از محققان، نوع روابط در زنجیره تأمین هر صنعت و جایگاه شرکت در زنجیره، عامل‌هایی هستند که بر این ارتباط تأثیر می‌گذارند [۳۸] و [۳۹].

جدول ۶. مقایسه تطبیقی پژوهش‌ها

پژوهشگران	هدف و موضوع	خلاصه یافته‌ها
شانکار و همکاران	شناسایی محرک‌های سیستم‌های پیچیده تولید پایدار و محاسبه اوزان	در این پژوهش، پانزده محرک شناسایی شده است: کیفیت، قابلیت‌های بازار، مزایای مالی، الزامات زنجیره تأمین، سرعت در تحویل و انعطاف‌پذیری در عملکرد، قوانین، خرید سبز، بهینه‌سازی مصرف منابع، نوآوری سبز، حفظ محیط‌زیست، آموزش و مهارت‌پروری، رفاه کارکنان، ذی‌نفعان، انگیزه‌های درون‌سازمانی و انتظارات مشتریان [۱۲].
اسمیت و همکاران	شناسایی محرک‌ها و موانع در به‌کارگیری سوخت‌های پایدار	در این پژوهش، محرک‌های اصلی عبارت‌اند از: مشتریان، آلودگی ایجادشده و مقررات دولتی. سایر محرک‌ها عبارت‌اند از: فشار اجتماعی، امنیت انرژی و توسعه اقتصادی [۱۳].
دوبی و همکاران	شناسایی محرک‌ها و موانع زنجیره تأمین پایدار و بررسی روابط بین محرک‌ها	محرک‌ها عبارت‌اند از: انبارداری سبز، همکاری راهبردی تأمین‌کنندگان، حفظ محیط‌زیست، بهبود مستمر، فناوری اطلاعات، بهینه‌سازی لجستیک، فشارهای بیرونی، فشارهای نهادی، ارزش‌ها و اخلاق اجتماعی، راهبرد و تعهد شرکت، ثبات اقتصادی و طراحی سبز محصولات [۱۴].
بانوت و همکاران	شناسایی محرک‌ها و موانع تولید و تعیین مؤثرترین عوامل	محرک‌ها به ترتیب بیشترین تأثیرگذاری عبارت‌اند از: فشارهای بازار، قوانین دولتی، مزایای اقتصادی، سرمایه‌گذاری در نوآوری و فناوری، کاهش هزینه‌ها، بهبود کیفیت، سیستم آموزش و مهارت‌پروری، جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تسهیلات و امکانات زیربنایی در بخش حمل‌ونقل و توسعه در اقتصاد الکترونیک [۱۵].
رائوتر و همکاران	دلایل حرکت شرکت‌های تولیدی به سوی مدل‌های کسب‌وکار پایدار	محرک‌های شناسایی شده عبارت‌اند از: کسب مزیت رقابتی یا ورود به بازارهای جدید، تمایلات مشتریان، تقاضا در زنجیره تأمین، مقررات و استانداردهای دولتی، ارزش‌های شخصی مدیران و رهبران، کاهش هزینه‌ها، رفاه کارکنان، افزایش درآمد، ارزش نام تجاری، کارکنان الگو و شاخص، و ساختار سازمانی [۱۶].
فارگانی و همکاران	بررسی پشتیبان محرک‌های تولید پایدار و محاسبه اوزان	محرک‌ها به ترتیب عبارت‌اند از: کسب مزیت رقابتی، پاداش‌ها و جوایز برون‌سازمانی، منابع سازمانی، فناوری، کاهش هزینه‌ها، تعهد مدیران ارشد، تقاضای مشتریان، فشارهای زنجیره تأمین، وجهه عمومی شرکت، مقررات آتی، قوانین فعلی، فشار اجتماعی و فشارهای همکاران و شرکا [۱۷].

ادامه جدول ۶. مقایسه تطبیقی پژوهش‌ها

پژوهشگران	هدف و موضوع	خلاصه یافته‌ها
آندلین و همکاران	شناسایی محرک‌های پایداری در صنعت ساختمان	محرک‌ها در محیط کلان عبارت‌اند از: کمک‌ها و حمایت‌های دولتی، مشوق‌های مالی، خواسته مشتریان، گواهینامه‌های الزامی زیست‌محیطی و انرژی و استانداردهای ملی. محرک‌های سازمانی عبارت‌اند از: مزایا و منافع ناشی از وجهه شرکت در بازار و تمایل و راهبرد رقابتی شرکت. محرک‌های درون‌سازمانی شامل کاهش ریسک، افزایش درآمد، کاهش هزینه‌ها و ارزش محصول هستند [۱۸].
فوئرستل و همکاران	شناسایی محرک‌های پایداری تأمین‌کنندگان	محرک‌ها به سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند: فشارهای ذی‌نفعان شامل مشتریان، سازمان‌ها و گروه‌های مردم‌نهاد، و مصرف‌کنندگان نهایی، محرک‌های فرایندمحور شامل گواهینامه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی، محرک‌های محصول‌محور شامل تأثیر قطعه بر پایداری در محصول نهایی، دیده‌شدن قطعات تولیدی به‌وسیله مردم و مشتریان در محصولات نهایی [۱۹].
پژوهش حاضر	شناسایی و بررسی روابط ساختاری محرک‌های تولید پایدار	در محیط کلان، قوانین و رسانه‌ها و در محیط خرد، رقبا و مشتریان تأثیرگذارترین عوامل هستند. مزایا و منافع تجاری و شرکا و همکاران، تأثیر عوامل اثرگذار را به عوامل تأثیرپذیر منتقل می‌کنند. مدیران، صاحبان و کارکنان تأثیرپذیرترین عوامل به‌شمار می‌روند.

نتیجه‌گیری

درمورد این محرک، پژوهش‌های بیشتری انجام داد. همچنین با عنایت به اینکه نوع روابط بین محرک‌ها برحسب صنعت، کشور و جامعه متفاوت است، با مقایسه تطبیقی محرک‌ها در صنایع و کشورهای مختلف می‌توان دانش جامع‌تری درمورد محرک‌ها و تعاملات بین آن‌ها به‌دست آورد. هر محرک، سازوکارهای تأثیرگذاری خاص خود را دارد و از طریق این سازوکارها بر شرکت‌ها و دیگر محرک‌ها تأثیرگذار است. می‌توان این سازوکارها و نحوه اثرگذاری محرک‌ها را به‌صورت تفصیلی‌تر مطالعه کرد. علاوه‌براین، می‌توان با روش‌ها و تکنیک‌های دیگر درمورد اندازه‌گیری میزان تأثیر این محرک‌ها، پژوهش‌های بیشتری انجام داد. همچنین اینکه هر یک از این محرک‌ها، بر کدام یک از تکنیک‌ها و روش‌های تولید پایدار تمرکز دارد، یکی از موضوعاتی به‌شمار می‌رود که اهمیت بسیار دارد.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد عوامل درون‌سازمانی شامل مالکان، مدیران و کارکنان عمدتاً تأثیرپذیرند، اما محرک‌های برون‌سازمانی مانند قوانین، رسانه‌ها، رقبا و مشتریان عمدتاً تأثیرگذارند. برای ترویج تولید پایدار باید در ابتدا به محرک‌هایی علی‌مانند قوانین، رسانه‌ها، رقبا، مشتریان و مزایای تجاری و اقتصادی حاصل از تولید پایدار توجه کرد. در مرحله دوم، این عوامل خود سبب بهبود وضعیت گروه معلول‌ها می‌شوند. نهادهای قانون‌گذار می‌توانند با تعریف قوانین و افزایش منافع و مزایای اقتصادی و تجاری برای شرکت‌هایی که به محیط‌زیست و جامعه توجه می‌کنند، موجب ترویج مفاهیم تولید پایدار شوند. با توجه به اینکه در مرحله بومی سازی، محرک سازمان‌های مردم‌نهاد به‌وسیله خبرگان حذف شد، می‌توان

مراجع

- Mittal, V. K. and Sangwan, K. S. (2011). "Development of an interpretive structural model of obstacles to environmentally conscious technology adoption in Indian industry", *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing*, Springer, Berlin Heidelberg, PP. 448-453 .
- Brundtland, G., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., Chidzero, B., Fadika, L., Hauff, V., Lang, I., Shijun, M. and de Botero, M. M. (1987). *Our Common Future* ('Brundtland report'). UN.

3. Leff, E. (1995). *Green production: toward an environmental rationality*, Guilford Press, New York.
4. Govindan, K., Diabat, A. and Shankar, K. M. (2015). "Analyzing the drivers of green manufacturing with fuzzy approach", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 1, No. 96, PP. 182–193.
5. Jawahir, I. and Dillon, O. (2007). "Sustainable manufacturing processes: new challenges for developing predictive models and optimization techniques", *Proceedings of the First International Conference on Sustainable Manufacturing*, Montreal, Canada, PP. 1–19.
6. US Department of Commerce, (2010). "How does commerce define sustainable manufacturing", It's online at: [http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how doc defines SM.asp](http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how%20doc%20defines%20SM.asp).
7. Malik, M., Abdallah, S. and Hussain, M. (2016). "Assessing supplier environmental performance: Applying analytical hierarchical process in the United Arab Emirates healthcare chain", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 6. No. 55, PP. 1313–1321.
8. Srivastava, S. K. (2007). "Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review." *International Journal of Management Reviews*, Vol. 9, No. 1, PP. 53–80.
9. Agan, Y., Acar, M. F. and Borodin, A. (2013). "Drivers of environmental processes and their impact on performance: a study of Turkish SMEs", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, No. 51, PP. 23–33.
10. Joshi, K., Venkatachalam, A. and Jawahir, I. (2006). "A new methodology for transforming 3R concept into 6R concept for improved product sustainability", *IV Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering*. PP. 3–6.
11. Abdul-Rashid, S. H. H., Sakundarini, N., Raja Ghazilla, R. A. and Thurasamy, R. (2017). "The impact of sustainable manufacturing practices on sustainability performance: empirical evidence from Malaysia", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 37, No. 2, PP. 182-204.
12. Shankar, K. M., Kumar, P. U. and Kannan, D. (2016). "Analyzing the Drivers of Advanced Sustainable Manufacturing System Using AHP Approach", *Sustainability*, Vol. 8, No. 8, PP. 824-835.
13. Smith, P., Gaffney, M., Shi, W., Hoard, S., Armendariz, I. I. and Mueller, D. (2017). "Drivers and barriers to the adoption and diffusion of Sustainable Jet Fuel (SJF) in the US Pacific Northwest", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 6, No. 58, PP. 113–124.
14. Dubey, R., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Childe, S. J., Shibin, K. and Wamba, S. F. (2017). "Sustainable supply chain management: framework and further research directions", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 141-150, No. 142, PP. 1119–1130.
15. Bhanot, N., Rao, P. V. and Deshmukh, S. (2017). "An integrated approach for analyzing the enablers and barriers of sustainable manufacturing", *Journal of Cleaner Production*, Vol.141-150, No. 142, Part 4, PP. 4412–4439.
16. Rauter, R., Jonker, J., & Baumgartner, R. J. (2017). "Going one's own way: drivers in developing business models for sustainability", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 131-140, No. 140, Part 1, PP. 144–154.
17. Fargani, H., Cheung, W. M. and Hasan, R. (2016). "An Empirical Analysis of the Factors That Support the Drivers of Sustainable Manufacturing", *Procedia CIRP*, Vol. 56, PP. 491–495.
18. Andelin, M., Sarasoja, A. L., Ventovuori, T. and Junnila, S. (2015). "Breaking the circle of blame for sustainable buildings—evidence from Nordic countries", *Journal of Corporate Real Estate*, Vol. 17. No. 1, PP. 26–45.
19. Foerstl, K., Azadegan, A., Leppelt, T. and Hartmann, E. (2015). "Drivers of supplier sustainability: Moving beyond compliance to commitment", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 51, No, 1, PP. 67–92.
20. Alblas, A. A., Peters, K., and Wortmann, J. C. (2014). "Fuzzy sustainability incentives in new product development: An empirical exploration of sustainability challenges in manufacturing companies", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 34, No. 4, PP. 513–545.

21. Stoughton, A. M. and Ludema, J. (2012). "The driving forces of sustainability", *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 25, No. 4, PP. 501–517.
22. Diabat, A. and Govindan, K. (2011). "An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management." *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 55, No. 6, PP. 659–667.
23. Khidir ElTayeb, T., Zailani, S. and Jayaraman, K. (2010). "The examination on the drivers for green purchasing adoption among EMS 14001 certified companies in Malaysia", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 21, No. 2, PP. 206–225.
24. Luken, R. and Van Rompaey, F. (2008). "Drivers for and barriers to environmentally sound technology adoption by manufacturing plants in nine developing countries", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16, No. 1, PP. S67–S77.
25. Studer, S., Welford, R. and Hills, P. (2006). "Engaging Hong Kong businesses in environmental change: drivers and barriers", *Business Strategy and the Environment*, Vol. 15, No. 6, PP. 416–431.
26. Gutowski, T., Murphy, C., Allen, D., Bauer, D., Bras, B., Piwonka, T., Sheng, P., Sutherland, J., Thurston, D. and Wolff, E. (2005). "Environmentally benign manufacturing: observations from Japan, Europe and the United States", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 13, No. 1, PP. 1–17.
27. Perez-Sanchez, D., Barton, J. R. and Bower, D. (2003). "Implementing environmental management in SMEs", *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 10, No. 2, PP. 67–77.
28. Murphy, J. and Cohen, M. (2001). "Consumption, environment and public policy", *Exploring Sustainable Consumption: Environmental Policy and the Social Sciences*, Elsevier, Oxford, PP. 3–20.
29. Gunningham, N. and Sinclair, D. (1997). "ACEL final report: barriers and motivators to the adoption of cleaner production practices", *Acel Final Report: Barriers and Motivators to the Adoption of Cleaner Production Practices*, Australian Centre for Environmental Law.
30. Cuttance, P. and Ecob, R. (2009). *Structural modeling by example: Applications in educational, sociological, and behavioral research*, Cambridge University Press.
31. Rajesh, R. (2017). "Technological capabilities and supply chain resilience of firms: A relational analysis using Total Interpretive Structural Modeling (TISM)", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 111-120, No. 181, PP. 161-169.
32. Tseng, M. L. (2009). "A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 4, PP. 7738–7748.
33. Julong, D. (1989). "Introduction to grey system theory", *The Journal of Grey System*, Vol. 1, No. 1, PP. 1–24.
34. Bai, C. and Sarkis, J. (2013). "A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors", *International Journal of Production Economics*, Vol. 146, No.1, PP. 281–292.
35. Yan, G., Liu, C. and Shao, Z. (2009). "Analysis of influencing factors for the grey multi-attribute group decision making, Grey Systems and Intelligent Services," *IEEE International Conference on*, IEEE: 2009; PP. 1081–1086.
36. Opricovic, S. and Tzeng, G. H. (2003). "Defuzzification within a multicriteria decision model", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Vol. 11, No. 5, PP. 635–652.
37. Sarkis, J., Gonzalez-Torre, P. and Adenso-Diaz, B. (2010). "Stakeholder pressure and the adoption of environmental practices: The mediating effect of training", *Journal of Operations Management*, Vol. 28, No. 2, PP. 163–176.
38. Engert S, Rauter R, and Baumgartner, R. J. (2015). "Exploring the integration of corporate sustainability into strategic management: a literature review," *Journal of Cleaner Production*. Vol. 1. No. 112, PP. 2833–2850.
39. Lozano, R. (2015). "A holistic perspective on corporate sustainability drivers", *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 22, No. 1, PP. 32–44.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1. Environmentally Conscious Manufacturing
2. Environment-Oriented Production
3. Manufacturing for Environment
4. Reduce
5. Redesign
6. Recycle
7. Reuse
8. Remanufacturing
9. Recovery
10. Grey DEMATEL
11. Direct Relations Matrix
12. Total Relations Matrix
13. Whitening