

طراحی مدل ارزیابی عملکرد دوسطحی پارک‌های علم‌وفناوری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

مهدی نیک‌نشان^۱، عادل آذر^{۲*}، سیدحسین اخوان علوی^۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی و مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۲- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه مدیریت دولتی و امور عمومی، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷

دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۰

چکیده

در عصر اقتصاد دانش‌بنیان، یکی از مهم‌ترین نهادهای تأثیرگذار بر رشد این اقتصاد ارزیابی عملکرد است. هدف این پژوهش ارائه مدلی جهت ارزیابی کارایی پارک‌های علم‌وفناوری و شرکت‌های مستقر در آن‌ها با توجه به مختصات جغرافیایی-اقتصادی ایران است. در این پژوهش، ابتدا پژوهشگران با استفاده از مبانی نظری و نظر خبرگان متغیرهای مورد استفاده برای ارزیابی عملکرد پارک‌های علم‌وفناوری را شناسایی نمودند. به علاوه برای بالا بردن روایی مدل از توپولوژی‌های متفاوت متغیرها استفاده شد تا بهترین ارتباط میان این متغیرها و همچنین بالاترین سطح کارایی واحدهای تصمیم‌گیری شناسایی شود.

از طرف دیگر، مدل تحلیل پوششی داده‌های دوسطحی استوار برای ارزیابی عملکرد پارک انتخاب شد. مدل ریاضی با توجه به ماهیت مسئله و همچنین بسط موری و بنکر توسعه داده شد. این تغییرات موجب توسعه مدل دوسطحی استوار تحلیل پوششی داده‌ها با متغیر غیراختیاری شد. در نهایت، کارایی پارک‌های

علم و فناوری و واحدهای مستقر در دو مدل، بدون استفاده از متغیر غیراختیاری و با استفاده از متغیر اختیاری تشکیل و نتایج آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس نتایج متغیرهای غیراختیاری درصد تولید ناخالص هر استان و طول عمر پارک به عنوان متغیر میانجی شناسایی شدند.

واژگان کلیدی: پارک‌های علم و فناوری؛ ارزیابی عملکرد دوسطحی؛ تحلیل پوششی استوار؛ متغیر غیراختیاری.

۱- مقدمه

در عصر کنونی تحولات شگرف دانش مدیریت، وجود نظام ارزشیابی اجتناب‌ناپذیر است؛ به گونه‌ای که فقدان نظام ارزیابی در ابعاد مختلف سازمان اعم از ارزیابی در استفاده از منابع و امکانات، اهداف و استراتژی‌ها، مدیران و کارکنان را به عنوان یکی از علائم بیماری‌های سازمان قلمداد می‌نمایند [۱].

پارک علم و فناوری سازمانی است که به وسیله متخصصان حرفه‌ای اداره می‌شود و هدف اصلی آن افزایش ثروت جامعه از طریق تشویق و ارتقاء فرهنگ نوآوری و افزایش توان رقابت در میان شرکت‌ها و مؤسسه‌ای است که متکی بر علم و دانش در محیط پارک فعالیت می‌کنند. برای دستیابی به این هدف، یک پارک علمی با ایجاد انگیزش و مدیریت جریان دانش و فناوری در میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهش و توسعه، شرکت‌های خصوصی و بازار، ایجاد و رشد شرکت‌های متکی بر نوآوری را از طریق مراکز رشد و فرآیندهای زایشی، تسهیل می‌نماید. پارک‌های علمی همچنین خدماتی با ارزش افزوده بالا، و فضاهای کاری و تأسیسات مناسب و باکیفیت به مؤسسات مستقر در پارک ارائه می‌نمایند [۲]. پارک‌های فناوری از مهم‌ترین محرک‌های هر کشور برای توسعه و انتقال فناوری‌های جدید هستند. در سه دهه گذشته تحقیقات متعددی در مورد پارک‌های علم و فناوری انجام شده است [۳].

از طرف دیگر، ارزیابی و اندازه‌گیری مهم‌ترین ابزار کنترل و مدیریت هر پدیده است. بنابراین اهمیت ارزیابی پارک‌های علم و فناوری، با توجه ظرفیت‌های توسعه اقتصاد و فناوری این نهادها در سطح ملی، باید در اولویت قرار گیرد. به عبارت دیگر، دولت‌ها هزینه توسعه و نگهداری پارک‌های علم و فناوری را با هدف توسعه اقتصاد و فناوری متقبل می‌شوند. بنابراین،

میزان بازگشت سرمایه و ارزیابی عملکرد در سطح هر پارک برای دولت‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. برای واضح‌تر شدن اهمیت ارزیابی عملکرد این نهاد، نگاهی گذرا به بودجه مورد تصویب سالیانه آن می‌اندازیم. بودجه پارک‌های ۳۶ گانه علم و فناوری مستقیماً و بدون احتساب هزینه‌های بالاسری و مرتبط حدود هزار و پانصد میلیارد ریال است. به‌تنهایی، این حجم از هزینه‌کرد سالیانه نیازمند توجیه و خروجی قابل دفاع از سمت نهاد‌های مرتبط است. از طرف دیگر، اهمیت ارزیابی عملکرد پارک‌های علم و فناوری بدون توجه به عوامل زمینه‌ای و متغیرهای خارج از کنترل واحدهای تصمیم‌گیری (پارک‌های علم و فناوری) خطا است [۴].

سؤال اصلی این پژوهش پاسخ به چگونگی ارزیابی منصفانه از عملکرد پارک‌های علم و فناوری با توجه به شرایط و منابع تحت کنترل آن‌ها است. این پرسش تاکنون با توجه عوامل زمینه‌تأثیرگذار بر عملکرد پارک‌های علم و فناوری مورد بررسی قرار نگرفته است. پاسخ به این سؤال با استفاده از ارائه مدل دوسطحی استوار ارزیابی پارک‌های علم و فناوری با در نظر گرفتن ماهیت دوسطحی این پدیده (پارک علم و فناوری و شرکت‌های مستقر در آن) و با توجه به مختصات جغرافیایی-اقتصادی ایران انجام شده است. همچنین با توجه به نحوه اندازه‌گیری داده‌ها، از استوارسازی برای تأمین دقت نتایج استفاده شده است. چگونگی توسعه مدل با توجه به مختصات جغرافیایی-اقتصادی در متغیرهای پژوهش منعکس شده‌اند. یکی از دستاوردهای این پژوهش، بررسی میزان تأثیر عوامل محیطی بر عملکرد پارک‌های علم و فناوری است.

در بخش اول این پژوهش که هم‌اکنون مطالعه می‌کنید به علل و پرسش اصلی این پژوهش پرداختیم. در بخش ۲ به معرفی پژوهش‌های تأثیرگذار بر شناسایی و همچنین تعریف متغیرهای استفاده‌شده برای ارزیابی عملکرد پارک‌های علم و فناوری و شرکت‌های مستقر در آن پرداخته شده است. در بخش سوم مقاله به معرفی روش ریاضی مورد استفاده و همچنین علل تغییر در این مدل ریاضی و ایجاد مدل جدید پرداختیم. در بخش چهارم به بررسی نتایج ارزیابی پارک‌های علم و فناوری و همچنین نتایج استخراج‌شده اختصاص داده شد. در نهایت در بخش پنجم به بررسی نتایج حاصل از این پژوهش و مقایسه آن با پژوهش‌های مشابه پرداخته شده است.

۲- پیشینه پژوهش

طی دو دهه گذشته، پژوهش‌های متعددی به ارزیابی و پایش عملکرد و مقایسه پارک‌های علم و فناوری پرداخته‌اند. در این بخش به معرفی مهم‌ترین آن‌ها و همچنین معرفی متغیرهای استخراج‌شده برای ارزیابی عملکرد پارک‌های علم و فناوری می‌پردازیم:

یکی مهم‌ترین تیم‌های پژوهشی در ارزیابی پارک‌های علم و فناوری لیندل و لوفتسن هستند. این دو پژوهشگر اعتقاد دارند که عملکرد پارک‌های علم و فناوری باید به بهبود عملکرد شرکت‌های مستقر این پارک منجر شود. در این راستا، عملکرد این شرکت‌ها (شرکت‌های مستقر) با شرکت‌های مشابه خارج از پارک علم و فناوری مقایسه شده است [۹-۵]. با گذشت زمان، از متغیر خلق شغل جدید، هزینه تحقیق و توسعه، تعداد حق اختراعات جدید، تعداد دانشمندان و مهندسان به کرات مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفت؛ این در حالی است که متغیر «نرخ بقای شرکت»، برخی اوقات به «عمر شرکت» تغییر شکل داده است. تعداد محصولات جدید ساخته شده، متغیر دیگری است که در گذر زمان به نحوی دیگر مورد توجه قرار گرفت. با توجه به اینکه تولید محصول جدید ولی بدون مشتری ثمری برای شرکت و پارک ندارد، پژوهشگران میزان فروش محصولات جدید را مورد ارزیابی قرار دادند [۶، ۱۶-۱۰].

سیگل، وستهد و رایت پژوهشی را در مورد ارزیابی نقش پارک علم و فناوری در بهبود بهره‌وری پژوهش انجام دادند. بر همین اساس، این تیم از شاخص‌هایی همچون هزینه تحقیق و توسعه، نرخ بقای شرکت، خلق شغل جدید، تعداد دانشمندان و مهندسان فعال در پارک، تعداد حق اختراعات ثبت‌شده و کارایی در تحقیق و توسعه استفاده کردند [۱۱]. دبرسکا در پژوهشی به بررسی عوامل موفقیت پارک‌های علم و فناوری پرداخت. خروجی این پژوهش مجموعه شاخص‌های ارزیابی عملکرد برای پارک‌های علم و فناوری بود. شاخص‌هایی که توسط این پژوهش‌گر به مبانی نظری اضافه شد، عبارت‌اند از حجم سرمایه‌گذاری سالیانه، نرخ فضای مورد استفاده توسط شرکت‌ها به کل فضای قابل ارائه، رضایت شرکت‌های مستقر، صادرات، متوسط حقوق کارکنان در پارک، تعداد نشریات چاپ‌شده توسط شرکت‌ها و جوایز دریافت شده توسط شرکت‌ها. گفتنی است این پژوهش از داده‌های کیفی و نظر خبرگان و مدیران پارک‌ها

برای استخراج شاخص‌ها استفاده نموده است [۱۶]. لیبراتی و همکاران به توصیف و تحلیل پارک‌های علم و فناوری و نقش آن‌ها در توسعه شرکت‌ها در ایتالیا پرداختند. در این پژوهش از همکاری با دانشگاه، خدمات ارائه شده به پارک‌های علم و فناوری، مجموعه شاخص‌های مالی (از جمله بازگشت سرمایه، ارزش افزوده، فروش، حاشیه سود عملیاتی بر دارایی، میزان سرمایه‌گذاری و...) و تعداد کارکنان (با جزئیات وظایف) استفاده شده است [۱۷].

بر اساس این پژوهش‌ها، متغیرهایی با تکرار بیشتر در مبنای نظری برای ارزیابی عملکرد کارایی پارک‌های علم و فناوری شناسایی و جدول ۱ به عنوان نتیجه تشکیل شد.

جدول ۱ متغیرهای شناسایی شده در مبنای نظری پس از تأیید خبرگان

مراجع	تعریف عملیاتی و توضیحات	شاخص
[۱۸-۲۰]	مساحتی از پارک که جهت فعالیت‌های اقتصادی در اختیار شرکت‌ها قرار می‌گیرد	مساحت پارک
[۱۴-۱۲، ۱۶، ۱۸-۲۴، خبرگان]	تعداد دانشگاه‌ها در نزدیکی پارک علم و فناوری به عنوان متغیر قابل اندازه‌گیری در این پژوهش جانشین تعداد توافق‌نامه با پارک‌های علم و فناوری شد. در مرحله بعد با توجه به اینکه تعداد دانشجویان دانشگاه‌های هر استان معیار مناسب‌تری برای اندازه‌گیری کیفیت دانش و همچنین امکانات هر استان است، این شاخص ابتدا در کنار شاخص تعداد دانشگاه و سپس به تنهایی اضافه شد.	تعداد دانشگاه‌ها در نزدیکی پارک
[۲۰، ۲۷، ۲۸]	بر اساس نظر خبرگان و مبنای نظری، این متغیر به عنوان یکی از مهم‌ترین ورودی‌های واحد تصمیم‌گیری سطح پایین‌تر جهت ارزیابی، انتخاب شد. به علت عدم وجود داده، از جریان گردش مالی به جای این متغیر استفاده شد تا حداقل توانایی مالی شرکت ارزیابی شده باشد.	میزان دارایی شرکت و گردش مالی
[۲۵]	انواع حمایت مالی برای شرکت از طرف دولت. گفتنی است این متغیر از تعهدات پارک‌ها به وزارت علوم برای کمک به شرکت‌ها استخراج شده است.	پژوهانه-حمایت دولتی
[۹-۷، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۲-۲۹]	میزان فروش (یا سود شرکت) در سال مالی، این متغیر یکی از پرتکرارترین متغیرها برای ارزیابی عملکرد یک شرکت و یک پارک است. در پژوهش‌ها، اشکال متفاوتی از این متغیر مورد استفاده قرار گرفته است. فروش، لگاریتم فروش و تغییرات فروش از مهم‌ترین این اشکال هستند.	فروش (یا سود شرکت)
[۱۶، ۲۶، ۲۷]	صادرات سالیانه شرکت. این متغیر تا حد زیادی در متغیر فروش مورد بررسی قرار گرفته است، اما از طرفی به منظور بررسی میزان انسجام با بازارهای جهانی و مقبولیت کالاها و خدمات تولیدشده در سطح بین‌الملل مفید است. از طرفی در پژوهش‌های انگشت‌شماری به جای استفاده از میزان صادرات به دلار یا واحد پولی مرتبط، از لگاریتم این متغیر استفاده شده است.	صادرات
[۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۱، ۳۰-۲۸]	تعداد یا حجم فروش (دو شاخص تعداد خلق ایده و تبدیل ایده به محصول در پارک‌های علم و فناوری)، تعداد محصولات جدید ساخته شده به کرات در پژوهش‌های مرتبط ارزیابی فناوری یا مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری	محصولات جدید ساخته شده

مراجع	تعریف عملیاتی و توضیحات	شاخص
	مورد استفاده قرار گرفته است. در برخی از پژوهش‌ها به اهمیت موفقیت محصولات جدید نیز پرداخته شده و میزان فروش آن را مورد ارزیابی قرار داده‌اند.	
مصاحبه با خبرگان، [۲۴]	در مصاحبه‌های انجام شده، منطقه اقتصادی که پارک در آن قرار دارد به عنوان عاملی غیراختیاری (متغیر میانجی) از طرف خبرگان معرفی شد. این متغیر تنها یک بار در مقالات نسبتاً جدیدتر یافت شد. متغیر غیراختیاری متغیری است که امکان تغییر آن توسط تصمیم‌گیرنده وجود ندارد، اما بر عملکرد واحد تصمیم‌گیری تأثیرگذار است.	مکان پارک-سرانه GDP منطقه
[۲۴-۲۶، ۲۰، ۱۸، ۱۴]	بودجه مصوب سالیانه پارک، پارک‌های علم و فناوری بودجه‌ای از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری دریافت می‌کنند. این بودجه بر اساس عملکرد هر پارک (با توجه به شاخص‌های داخلی وزارتخانه) و همچنین میزان بلوغ و... تخصیص داده می‌شود.	بودجه مصوب پارک
[۲۴، ۱۸، ۲۰]	کل مساحت در اختیار پارک. گفتنی است مساحت پارک نشانگر دو مسئله عمده است. اول، مساحت در اختیار پارک، یکی از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر تعداد و حجم فعالیت‌های شرکت‌ها است. دوم، این متغیر نشانگر حجم عملیات و در نتیجه، اندازه پارک است.	اندازه پارک- مساحت پارک
[۲۴، ۲۲، ۲۰، ۱۹، ۱۳، ۸]	تعداد کارکنان شرکت مستقر در پارک را از دو جنبه متفاوت مورد بررسی قرار می‌دهند: از طرفی به عنوان اشتغال ایجاد شده در پارک و حفظ اشتغال ایجاد شده در منطقه اقتصادی که یکی از اهداف پارک‌های علم و فناوری است. در پژوهش‌های متعددی از مقدار این نقرات به صورت مستقیم یا لگاریتم آن استفاده شده است. جنبه دیگر، میزان رشد اشتغال است. رشد اشتغال نیز بارها در پژوهش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، اما به جای بیشتر به صورت مستقیم و یا درصدی از سال قبل.	تعداد کارکنان، اشتغال و رشد اشتغال
مصاحبه با خبرگان	این متغیر در آخرین مرحله با توجه به مصاحبه با خبرگان وارد پژوهش شد. از نظر خبرگان، بلوغ پارک‌های علم و فناوری تأثیر مستقیمی بر امکانات در دسترس شرکت‌های مستقر در آن دارد.	بلوغ پارک، طول عمر پارک

۳- روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر ماهیت در میان پژوهش‌های کاربردی و از نظر روش جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها در میان روش‌های توصیفی (غیرآزمایشی) است و از مدل‌سازی ریاضی برای این توصیف استفاده کرده است. پژوهشگر از تغییر جزئی مدل کوک و گرین توسط آذر و همکاران استفاده نموده است [۱].

در مرحله اول، جدولی متشکل از ۹۸ متغیر از مجموع ۵۰ پژوهش در حوزه ارزیابی عملکرد پارک‌های علم و فناوری، تأثیر این نهادها بر منطقه (اقتصادی و یا غیراقتصادی) و تأثیر این نهادها بر عملکرد شرکت‌های مستقر در آن‌ها تشکیل شد. سپس بر اساس تشابه تعاریف و نظر خبرگان، برخی از این متغیرها با توجه به مبانی نظری با هم ادغام شدند. در این مرحله، تعداد تکرار متغیرها در پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

در مرحله دوم، متغیرهایی که بیشترین تعداد تکرار را داشتند و همچنین از نظر عملیاتی با توجه به نوع روش ارزیابی (تحلیل پوششی داده‌ها) امکان استفاده از آن‌ها وجود داشت، انتخاب شدند. شرط امکان استفاده، کمی بودن داده (یا امکان تبدیل آن به داده کمی با توجه به امکانات پژوهشگر) و امکان استفاده از آن در مدل ارزیابی عملکرد تحلیل پوششی داده‌ها بوده است. به علت اهمیت برخی از متغیرها حذف شده، پژوهشگر با مشورت خبرگان از متغیرهایی به عنوان جایگزین آن‌ها استفاده کرد تا درصدی بالایی از واریانس (تأثیرات) آن‌ها را منتقل کند. به عنوان مثال، ون ویل متغیر فاصله و تعداد مراکز تحقیقاتی و دانشگاه را ابزار و نشانگری برای سنجش دانش فنی در دسترس شرکت‌های عضو پارک در نظر گرفته است؛ بنابراین برای سنجش دانش فنی در دسترس پارک و شرکت‌های مستقر می‌توان از این متغیر جایگزین که از نظر عملیاتی بسیار ساده‌تر است، استفاده نمود [۳۳، ۳۴].

در مرحله سوم، از خبرگان مستقر در پارک در مورد متغیرها نظرسنجی شد. این نظرسنجی با حالت پرسشنامه باز برای خبرگان ارسال شد. بر اساس نظر خبرگان، دو متغیر به متغیرهای پژوهش اضافه شد. خبرگان این پژوهش مجموعاً هفت نفر از مدیران پارک‌های علم و فناوری در سطح میانی و عالی و همچنین کارشناسان وزارت علوم در حوزه ارزیابی عملکرد پارک‌های علم و فناوری بودند. جدول ۱ نتیجه بررسی مبانی نظری در زمینه ارزیابی پارک‌های فناوری و مراکز رشد، و همچنین مصاحبه با خبرگان و استخراج متغیرهای مرتبط است.

همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، یکی از اهداف این مقاله ارائه راهکاری کاربردی با توجه به مختصات جغرافیایی-اقتصادی ایران برای ارزیابی عملکرد پارک‌های علم و فناوری است. چگونگی توسعه مدل با توجه به مختصات جغرافیایی-اقتصادی در متغیرهای پژوهش منعکس شده‌اند. به طور مشخص، متغیر مکان پارک-سرانه GDP منطقه تنها برای متعادل‌سازی متغیرهای زمینه (شرایط اقتصادی هر منطقه) در فعالیت پارک‌ها اضافه شده است. این متغیر با توجه مصاحبه خبرگان استخراج شده است. همچنین میزان بلوغ پارک‌های علم و فناوری نیز به عنوان متغیر تأثیرگذار در عملکرد پارک‌ها مورد بررسی قرار

گرفت. بر اساس نظر خبرگان، به علت عدم وجود داده معتبرتر، از طول عمر پارک به عنوان شاخص جایگزین بلوغ پارک علم و فناوری استفاده شد.

۳-۱- مدل ریاضی پژوهش: (مدل استوار دوسطحی با متغیر غیراختیاری و خروجی نامطلوب)

کوک و گرین در سال ۱۹۹۸ مدل تحلیل پوششی دوسطحی دومرحله‌ای را توسعه دادند [۲۵]. این تیم پژوهشی در سال ۲۰۰۵ مدل دوسطحی تک‌مرحله‌ای را بر اساس مدل سال ۱۹۹۸ خود توسعه دادند [۳۶]. دانشور و همکاران مدل استوار دوسطحی-دومرحله‌ای و دوسطحی-تک مرحله‌ای را توسعه دادند (آذر و همکاران، ۱۳۹۱). مدل پیشنهادی پژوهشگر مدل دوسطحی-تک مرحله‌ای استوار با متغیر غیراختیاری است. با توجه به نیازمندی‌های مسئله، پژوهشگران از متغیر غیراختیاری برای توسعه توصیف واقعیت استفاده نموده‌اند. این امر موجب تغییرات جزئی در مدل‌سازی دوسطحی و همچنین استوار می‌شود.

جدول ۲ متغیرها، زیروندها (اندیس‌ها) و مؤلفه‌های مدل

نام	توضیح	نام	توضیح
K	تعداد واحدهای تصمیم‌گیری سطح دو (پارک‌ها) و زیروند k نشان‌دهنده واحد تصمیم‌گیری است.	j_k	زیروندی که نشان می‌دهد واحد تصمیم‌گیری سطح ۱ به پارک K تعلق دارد
$\gamma_0^{y^1}$	تعداد نهاده‌های غیرقطعی سطح ۱	$\gamma_0^{y^1}$	تعداد ستانده‌های غیرقطعی سطح ۱
m	تعداد نهاده‌های سطح اول	$\gamma_0^{x^2}$	تعداد نهاده‌های غیرقطعی سطح ۲
s	تعداد ستانده‌های سطح اول	$\gamma_0^{y^2}$	تعداد ستانده‌های غیرقطعی سطح ۲
\hat{m}	تعداد نهاده‌های سطح دوم	p_{rjk}	متغیر استواری مربوط به ستانده τ ام شرکت زام در پارک k ام.
\hat{s}	تعداد ستانده‌های سطح دوم	q_{ijk}	متغیر استواری مربوط به نهاده i ام شرکت زام در پارک k ام.
v_i	وزن نهاده i ام (سطح اول)	f_{ak} c_{bk}	متغیر مربوط به ستانده τ ام (نهاده i ام) پارک k ام یا مجموع ستانده τ ام (نهاده i ام) شرکت‌های درون پارک k
u_r	وزن ستانده τ ام (سطح اول)	z_{jk}	متغیر استواری مربوط به شرکت زام در پارک k ام
\hat{v}_i	وزن نهاده i ام (سطح دوم)	θ_{rj}^k	متغیر $\theta_{rj}^k = \alpha_{rj}^k \hat{u}_r$ تغییر متغیر برای خطی‌سازی
\hat{u}_r	وزن ستانده τ ام (سطح دوم)	R	متغیر استواری مربوط به پارک k ام
x_{ijk}^1	نهاده i ام، مربوط به شرکت زام در پارک k (زیروند i برای نهاده‌های سطح ۱ به‌کاررفته است)	t_r, \hat{t}_r	متغیر استواری مربوط به وزن ستانده τ ام و وزن ستانده τ ام (به ترتیب شرکت و پارک)
y_{rkj}^1	ستانده τ ام، مربوط به شرکت زام در پارک k	\hat{d}_i \hat{d}_i	متغیر استواری مربوط به وزن نهاده i ام و وزن نهاده i

ام (به ترتیب شرکت و پارک)		(زیروند r برای ستانده‌های سطح ۱ به کاررفته است)	
نسبتی از ستانده y_{rk}^2 که به شرکت زام پارک k ام اختصاص یافته است (دقت در زیروند آلفا نشان می‌دهد به تعداد ستانده‌های سطح ۲، متغیر آلفا داریم)	α_{rk}^k	نسبتی از نهاده x_{ik}^2 که به شرکت زام پارک k اختصاص یافته است (دقت در زیروند بتا نشان می‌دهد به تعداد نهاده‌های سطح ۲، متغیر بتا داریم)	β_{ij}^k
مجموع نهاده‌های i ام شرکت‌ها که عضو پارک k هستند ($X_{ik}^1 = \sum_{j \in k} x_{ijk}^1$)	X_{ik}^1	مجموع ستانده‌های r ام شرکت‌ها که عضو پارک k هستند: ($Y_{rk}^1 = \sum_{j \in k} y_{ijk}^1$)	Y_{rk}^1
ستانده r ام پارک k (زیروند r برای ستانده سطح ۲ بکار می‌رود)	y_{rk}^2	نهاده i ام پارک k (زیروند i برای نهاده‌های سطح ۲ به کار می‌رود)	x_{ik}^2
تعداد متغیر غیراختیاری غیرقطعی ورودی در سطح ۲	γ_0^{ND}	متغیر استواری مربوط به نهاده i ام شرکت z ام در پارک k ام	D
تعداد متغیر اختیاری غیرقطعی در سطح ۲	$\gamma_0^{x^2D}$	مجموعه متغیرهای غیراختیاری (Non-Discretionary Factors)	ND
متغیر مربوط به ستانده r ام پارک k ام یا مجموع ستانده r ام شرکت‌های درون پارک k	e	$\delta_{ij}^k = \beta_{ij}^k v_i$ تغییر متغیر برای خطی سازی	δ_{ij}^k

آذر و همکاران همتای استوار مدل دوسطحی تحلیل پوششی داده‌های کوک و گرین را با استفاده از الگوریتم برتسمیس و سیم همتای تشکیل دادند [۱]. در این پژوهش، این مدل به عنوان مدل ریاضی مناسب برای ارزیابی پارک‌های علم و فناوری انتخاب شد. به علت ماهیت مسئله و وجود متغیرهای غیراختیاری نیاز به تغییر در مدل ریاضی به وجود آمد. در نتیجه از ترکیب مدل دوسطحی تحلیل پوششی داده‌های ایجاد شده توسط کوک و گرین و بسط بنکر و موری در استفاده از متغیر غیراختیاری و همچنین الگوریتم برتسمیس و سیم همتای استوار مدل دوسطحی هم‌زمان با استفاده از متغیر غیراختیاری مدل ریاضی زیر تشکیل شد [۱، ۴، ۳۶، ۳۷]:

$$\max e^p = \sum_{r=1}^s u_r Y_{rp}^1 + \sum_{\tilde{r}=1}^{\tilde{s}} \tilde{u}_{\tilde{r}} Y_{\tilde{r}p}^2 - \sum_{i \in ND} v_i X_{ip}^2 - (\gamma_0^{y^1} + \gamma_0^{y^2} + \gamma_0^{x^{ND}}) R_p - \sum_{r=1}^s f_{rp} - \sum_{\tilde{r}=1}^{\tilde{s}} \tilde{f}_{\tilde{r}p} - \sum_{i \in ND} \hat{c}_{ip} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ip}^1 + \sum_{i \in D} \hat{v}_i X_{ip}^2 - (\gamma_0^{x^1} + \gamma_0^{x^{2D}}) R_p + \sum_{i=1}^m c_{ip} + \sum_{i \in D} \hat{c}_{ip} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^1 + \sum_{\hat{r}=1}^{\hat{s}} \hat{u}_{\hat{r}} y_{\hat{r}k}^2 + (\gamma_0^{y^1} + \gamma_0^{y^2}) R_k + \sum_{r=1}^{\gamma_0^{y^1}} f_{rk} + \sum_{\hat{r}=1}^{\gamma_0^{y^2}} \hat{f}_{\hat{r}k} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^1 - \sum_{i=1}^{\hat{m}} \hat{v}_i x_{ik}^2 + (\gamma_0^{x^1} + \gamma_0^{x^2}) R_k + \sum_{i=1}^{\gamma_0^{x^1}} c_{ik} + \sum_{i=1}^{\gamma_0^{x^2}} \hat{c}_{ik} \leq 0, k = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

$$\sum_r u_r y_{rjk}^1 + \sum_{\hat{r}=1}^{\hat{s}} \theta_{\hat{r}j}^k y_{\hat{r}k}^2 + (\gamma_0^{y^1} + \gamma_0^{y^2}) z_{jk} + \sum_{r=1}^{\gamma_0^{y^1}} p_{rjk} + \sum_{\hat{r}=1}^{\gamma_0^{y^2}} \hat{p}_{\hat{r}jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ijk}^1 - \sum_{i=1}^{\hat{m}} \delta_{ij}^k x_{ik}^2 + (\gamma_0^{x^1} + \gamma_0^{x^2}) z_{jk} + \sum_{i=1}^{\gamma_0^{x^1}} q_{ijk} + \sum_{i=1}^{\gamma_0^{x^2}} \hat{q}_{ijk} < 0, \forall j \in k, k = 1, 2, \dots, K \leq 0, k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

$$L_j^k \theta_{\hat{r}1}^k \leq \theta_{\hat{r}j}^k \leq U_j^k \theta_{\hat{r}1}^k \quad (5)$$

$$L_j^k \delta_{i1}^k \leq \delta_{ij}^k \leq U_j^k \delta_{i1}^k \quad (6)$$

$$\sum_{j \in k} \theta_{\hat{r}j}^k = \hat{u}_{\hat{r}} \quad \forall \hat{r}, \hat{r} = 1, 2, \dots, \hat{s} \quad (7)$$

$$\sum_{j \in k} \delta_{ij}^k = \hat{v}_i \quad \forall i, i = 1, 2, \dots, \hat{m} \quad (8)$$

$$R_k + f_{rk} \geq e Y_{rk}^1 t_r \quad (9)$$

$$z_{jk} + p_{rjk} \geq e y_{rjk}^1 t_r \quad (10)$$

$$R_k + \hat{f}_{\hat{r}k} \geq e y_{\hat{r}k}^2 \hat{t}_{\hat{r}} \quad (11)$$

$$z_{jk} + \hat{p}_{\hat{r}jk} \geq e y_{\hat{r}k}^2 \hat{t}_{\hat{r}} \quad (12)$$

$$z_{jk} + q_{ijk} \geq e x_{ijk}^1 d_i \quad (13)$$

طراحی مدل ارزیابی عملکرد دوسطحی ... ----- مهدی نیک‌نشان و همکاران

$$z_{jk} + \hat{q}_{ijk} \geq ex_{ik}^2 \hat{d}_i \quad (14)$$

$$R_k + c_{ik} \geq eX_{ik}^1 d_i \quad (15)$$

$$R_k + c_{ik} \geq ex_{ik}^2 \hat{d}_i \quad (16)$$

$$-t_r \leq u_r \leq t_r \quad \forall r \quad (17)$$

$$-\hat{t}_r \leq \hat{u}_r \leq \hat{t}_r \quad \forall r \quad (18)$$

$$-d_i \leq v_i \leq d_i \quad \forall i \quad (19)$$

$$-\hat{d}_i \leq \hat{v}_i \leq \hat{d}_i \quad \forall i \quad (20)$$

$$\gamma_0^{x^1} \leq m \quad (21)$$

$$\gamma_0^{y^1} \leq s \quad (22)$$

$$\gamma_0^{x^2} \leq \hat{m} \quad (23)$$

$$\gamma_0^{y^2} \leq \hat{s} \quad (24)$$

$$\delta_{ij}^k, \theta_{rj}^k, u_r, v_i, \hat{u}_r, \hat{v}_i > 0, \quad \text{all } r, \hat{r}, i, \hat{i}, k, j \quad (25)$$

$$z_{jk}, R_k, f_{rk}, \hat{f}_{rk}, c_{ik}, \hat{c}_{ik}, p_{rjk}, \hat{p}_{rjk}, q_{ijk}, \hat{q}_{ijk}, t_r, \hat{t}_r, d_i, \hat{d}_i \geq 0 \quad (26)$$

برای توسعه مدل با متغیرهای غیراختیاری از روش موری و بنکر استفاده کردیم. در ابتدا، مدل را به شکل عادی (بدون در نظر گرفتن غیراختیاری بودن متغیر نهاده) توسعه دادیم. این مدل دوسطحی توسط کوک و گرین بسط یافته و تشریح شده است. در مرحله بعد با مشخص کردن

این متغیرهای غیر اختیاری، آن‌ها را از تابع هدف کم می‌کنیم ($\sum_{i \in ND} \hat{v}_i x_{ip}^2$) و آن را از محدودیت اول (محدودیت مخرج برابر یک در مدل تحلیل پوششی داده‌ها) نیز حذف می‌کنیم.^۲ در بقیه محدودیت‌ها هیچ تغییری ایجاد نمی‌کنیم. در مرحله بعد، متغیرهای استوارساز و همچنین محدودیت‌های مرتبط را برای استوارسازی متغیرها و ضرایب اضافه می‌کنیم.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

برای نشان دادن اهمیت متغیر اختیاری، مدل‌های معرفی شده در روش‌شناسی پژوهش بدون در نظر گرفتن متغیر غیراختیاری نیز اجرا شدند. همتای استوار این دو مدل دوسطحی (یکی با متغیر غیراختیاری و دیگری بدون متغیر غیراختیاری) توسط پژوهشگران تشکیل شد. برای مقادیر متفاوت رویکرد استوارسازی (E)، هر دو مدل اجرا شد تا مقادیر کارایی واحدهای تصمیم‌گیری به صورت قابل مقایسه و تحلیل درآید. رویکردهای متفاوت استوارسازی در اندازه‌های یک‌صدم (۰/۰۱)، پنج‌صدم (۰/۰۵)، یک‌دهم (۰/۱)، دو دهم (۰/۲)، سه‌دهم (۰/۳) و پنج‌دهم (۰/۵) اجرا شد. نتایج این دو مدل در جدول ۳ قابل مشاهده است. در ستون اول با عنوان «با» از متغیر غیراختیاری برای توسعه مدل استفاده شده است. در ستون دیگری با عنوان «بدون» از متغیر غیراختیاری استفاده نشده است. همچنین در ستون «تفاوت»، فاصله کارایی هر واحد تصمیم‌گیری در سطوح استواری برابر استخراج شده است.

به کمک جدول ۳، شناسایی بیشتر سطح تغییرات در کارایی واحدهای تصمیم‌گیری امکان‌پذیر است. به عبارت دیگر می‌توان از این جدول برای شناسایی حداکثر تغییرات در کارایی واحدها استفاده کرد. برای تفسیر این تغییرات نیز باید از متغیرهای غیراختیاری استفاده نمود. به عبارت دیگر، متغیرهای غیراختیاری باعث تغییر بیشینه در کارایی واحدهای تصمیم‌گیری شده‌اند. در جدول ۳، شش پارک علم و فناوری چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، ایلام، البرز، کردستان و پارک علم و فناوری آذربایجان غربی به ترتیب بیشترین تعداد تکرار تأثیر از متغیرهای غیراختیاری را داشته‌اند. به عبارت دیگر، تغییرات کارایی با استفاده از متغیرهای غیراختیاری و اختیاری شناسایی شده است. ۱۰ درصد بیشترین تغییرات در مقدار

2. $\sum_{i \in ND} \hat{v}_i x_{ip}^2 + \sum_{i \in D} \hat{v}_i x_{ip}^2 = \sum_{i=1}^m \hat{v}_i x_{ik}^2$

کارایی علامت‌گذاری شد. در مرحله بعد این تغییرات در تمامی سطوح استواری مورد بررسی قرار گرفت و تعداد هر کدام از این تغییرات به‌عنوان یک واحد در نظر گرفته شد. ۲۰ درصد پارک‌های دارای حداکثر تغییرات شش پارک فوق بودند. در پاسخ به این سؤال که از کجا می‌توان اطمینان داشت که این تغییرات حاصل از حذف و اضافه شدن متغیرهای غیراختیاری است، به این نکته باید توجه کرد که تنها تغییر در این دو مدل وجود متغیرهای غیراختیاری (و متغیرهای استوارساز متغیرهای اختیاری) است. بنابراین، تمامی تغییرات را می‌توان به وجود یا عدم وجود این متغیرهای غیراختیاری وابسته نمود.

اما نکته مهم‌تر وضعیت تغییرات در وزن‌های واحدهای تصمیم‌گیری در مقایسه باهم است. جدول زیر نشان‌دهنده تغییرات وزن‌های متغیرها در حالت بهینه واحدهای تصمیم‌گیری در دو مدل اختیاری و غیراختیاری است. متغیرهای I2، I3 و O1، O2 و O3 به ترتیب ورودی‌ها و خروجی‌های سطح یک (شرکت‌ها) و In1 تا In5 و همچنین Ou2 تا Ou5 ورودی و خروجی سطح دوم (پارک) هستند. همچنین In1 و In2 ورودی غیراختیاری هستند. در جدول ۴، خانه‌های خالی به معنای صفر مطلق و صفر با اعشار به معنای مقدار بسیار کوچک و قابل‌اغماض است. میزان وزن هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری نشان‌دهنده وابستگی این جواب بهینه به آن متغیر است. بنابراین با افزایش مقادیر وزن هر یک می‌توان ادعا کرد که این متغیر (و شاخص عملیاتی) در عملکرد واحد تصمیم‌گیری تأثیرگذارتر است. بر اساس نتایج استخراج‌شده از وزن‌های این دو مدل می‌توان به این نتیجه رسید که تغییرات در کارایی واحدهای تصمیم‌گیری سطح دوم (پارک‌های علم و فناوری) به متغیر طول عمر پارک که به‌عنوان نشانگر بلوغ پارک‌های انتخاب شده است، وابستگی بیشتری دارد؛ گرچه باید گفت میان دو متغیر اختیاری همبستگی بالایی وجود دارد و اجرای مدل با یک متغیر نیز که توسط پژوهشگر انجام شده است، نتایج نسبتاً مشابهی را ارائه می‌دهد. با توجه به وزن‌های بررسی‌شده، می‌توان دریافت که برای توسعه کارایی پارک علم و فناوری ایلام، چهارمحال و بختیاری و کردستان می‌توان بر توسعه بلوغ پارک تمرکز کرد؛ هرچند به علت همبستگی طول عمر

پارک و میزان توسعه اقتصادی منطقه، بلوغ پارک نیز به توسعه اقتصادی وابسته است.

همچنین پژوهشگران به تحلیل رگرسیون تغییرات وزن‌های متغیرهای پژوهش با متغیرهای غیراختیاری پرداختند. بر اساس این تحلیل تغییرات در وزن‌های متغیرهای مدل، میزان زیادی از واریانس هر دو متغیر غیراختیاری تبیین شد (۰/۹۶ ضریب همبستگی برای متغیر شرایط اقتصادی و ۰/۹۴ ضریب همبستگی برای متغیر طول عمر پارک). همچنین بالابودن آماره F در تحلیل رگرسیون (به ترتیب ۱۵/۸ و ۱۱/۵) به رد فرضیه صفر یا رد عدم وجود رابطه میان این تغییرات وزن این دو متغیر و متغیرهای دیگر است. این نتیجه به آن معناست که درصد بالایی از رگرسیون این داده‌ها (دو متغیر اقتصادی) به صورت غیرمستقیم از طریق دیگر متغیرهای پژوهش بر کارایی تأثیر گذاشته است. به عبارت دیگر، گرچه متغیرهای غیراختیاری شرایط اقتصادی و طول عمر پارک به صورت مستقیم در مدل اول وارد نشده‌اند، اثرات غیرمستقیم آن‌ها در مدل وارد شده است و درصد بالایی از اثرات آن‌ها منتقل شده است.

در نهایت به بررسی روایی مدل نیز پرداختیم. برای ارزیابی روایی مدل‌های ساخته شده می‌توان از تحلیل رگرسیون استفاده کرد. هدف این مرحله به دست آوردن میزان انطباق میان نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها با نتایج حاصل از رگرسیون است. در بسیاری از موارد، به علت بی‌نظمی و بی‌قاعدگی موجود در داده‌ها، قدرت تشخیص تحلیل پوششی داده‌ها در کارایی واحدهای تصمیم‌گیری‌ها کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، نیاز به سنجش قدرت تشریحی مجموعه شاخص استفاده شده در روش تحلیل پوششی داده‌ها احساس می‌شود. تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی به عنوان یک ابزار آزمون در این گونه موارد پیشنهاد می‌شود. به منظور انجام آزمایش، رتبه‌های حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های نهایی انتخاب شده به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شوند [۱].

همچنین برای تبیین تأثیر متغیرهای غیراختیاری، سه مدل متفاوت (با تعداد متفاوت متغیر و متغیر غیراختیاری) تشکیل و اعتبارسنجی شده‌اند. سه مدل

طراحی مدل ارزیابی عملکرد دوسطحی ... ----- مهدی نیک‌نشان و همکاران

ساخته شده در سطح استواری یک صدم و همچنین با صفر متغیر اختیاری (مدل یک)، یک متغیر اختیاری-شرایط اقتصادی منطقه (مدل دو) و دو متغیر اختیاری (مدل سوم) تشکیل شده‌اند. نتایج تحلیل رگرسیون رتبه متغیرها در جدول ۵ تشریح شده است.

جدول ۳ مقایسه کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در سطوح متفاوت و با استفاده از متغیر غیراختیاری

مدل	با	بی	تفاوت	با	بی	تفاوت	با	بی	تفاوت	با	بی	تفاوت	با	بی	تفاوت	با	بی	تفاوت
سطح E	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Park01	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۸۷۰	۰/۸۷۰	۰/۰۰۰	۰/۸۶۰	۰/۸۶۰	۰/۰۰۰	۰/۶۶۰	۰/۶۶۰	۰/۰۰۰	۰/۵۲۰	۰/۵۲۰	۰/۰۰۰	۰/۳۱۰	۰/۳۱۰	۰/۰۰۰
Park02	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۱۰	۰/۷۱۰	۰/۰۰۰	۰/۵۳۰	۰/۵۳۰	۰/۰۰۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۰۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۰۰۰
Park03	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۶۰	۰/۷۶۰	۰/۰۰۰	۰/۵۹۰	۰/۵۹۰	۰/۰۰۰	۰/۳۸۰	۰/۳۸۰	۰/۰۰۰	۰/۲۴۰	۰/۲۴۰	۰/۰۰۰
Park04	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۶۰	۰/۷۶۰	۰/۰۰۰	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۸۰	۰/۳۸۰	۰/۰۰۰	۰/۲۴۰	۰/۲۴۰	۰/۰۰۰
Park05	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۶۹۰	۰/۶۹۰	۰/۰۰۰	۰/۵۲۰	۰/۵۲۰	۰/۰۰۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۰۰۰	۰/۲۱۰	۰/۲۱۰	۰/۰۰۰
Park06	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۶۷۰	۰/۶۷۰	۰/۰۰۰	۰/۵۲۰	۰/۵۲۰	۰/۰۰۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۰۰۰	۰/۲۱۰	۰/۲۱۰	۰/۰۰۰
Park07	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۲۰	۰/۷۲۰	۰/۰۰۰	۰/۵۵۰	۰/۵۵۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park08	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۵۰	۰/۷۵۰	۰/۰۰۰	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۹۰	۰/۳۹۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰
Park09	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۶۲۰	۰/۶۲۰	۰/۰۰۰	۰/۴۹۰	۰/۴۹۰	۰/۰۰۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park12	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۲۰	۰/۷۲۰	۰/۰۰۰	۰/۵۴۰	۰/۵۴۰	۰/۰۰۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۰۰۰	۰/۲۱۰	۰/۲۱۰	۰/۰۰۰
Park13	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۶۵۰	۰/۶۵۰	۰/۰۰۰	۰/۴۶۰	۰/۴۶۰	۰/۰۰۰	۰/۳۷۰	۰/۳۷۰	۰/۰۰۰	۰/۲۷۰	۰/۲۷۰	۰/۰۰۰
Park14	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۱۰	۰/۷۱۰	۰/۰۰۰	۰/۵۶۰	۰/۵۶۰	۰/۰۰۰	۰/۳۶۰	۰/۳۶۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۰	۰/۲۳۰	۰/۰۰۰
Park15	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۶۰	۰/۷۶۰	۰/۰۰۰	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۹۰	۰/۳۹۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰
Park16	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۷۰	۰/۷۷۰	۰/۰۰۰	۰/۶۱۰	۰/۶۱۰	۰/۰۰۰	۰/۴۰۰	۰/۴۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۰۰۰
Park17	۰/۹۷۹	۰/۹۷۹	۰/۰۰۰	۰/۹۲۰	۰/۹۲۰	۰/۰۰۰	۰/۷۲۰	۰/۷۲۰	۰/۰۰۰	۰/۵۵۰	۰/۵۵۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park18	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۶۲۰	۰/۶۲۰	۰/۰۰۰	۰/۴۴۰	۰/۴۴۰	۰/۰۰۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park19	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۲۰	۰/۷۲۰	۰/۰۰۰	۰/۵۶۰	۰/۵۶۰	۰/۰۰۰	۰/۳۶۰	۰/۳۶۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۰	۰/۲۳۰	۰/۰۰۰
Park20	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۳۰	۰/۷۳۰	۰/۰۰۰	۰/۵۶۰	۰/۵۶۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park22	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۴۰	۰/۷۴۰	۰/۰۰۰	۰/۵۸۰	۰/۵۸۰	۰/۰۰۰	۰/۳۶۰	۰/۳۶۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۰	۰/۲۳۰	۰/۰۰۰
Park23	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۴۰	۰/۷۴۰	۰/۰۰۰	۰/۵۷۰	۰/۵۷۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park24	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۲۰	۰/۷۲۰	۰/۰۰۰	۰/۵۷۰	۰/۵۷۰	۰/۰۰۰	۰/۳۶۰	۰/۳۶۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۰	۰/۲۳۰	۰/۰۰۰
Park25	۰/۹۶۲	۰/۹۶۲	۰/۰۰۰	۰/۹۱۰	۰/۹۱۰	۰/۰۰۰	۰/۷۰۰	۰/۷۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۵۰	۰/۵۵۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park26	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۴۰	۰/۷۴۰	۰/۰۰۰	۰/۵۶۰	۰/۵۶۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park27	۰/۹۸۳	۰/۹۸۳	۰/۰۰۰	۰/۹۲۰	۰/۹۲۰	۰/۰۰۰	۰/۷۲۰	۰/۷۲۰	۰/۰۰۰	۰/۵۶۰	۰/۵۶۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۰
Park28	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	۰/۷۷۰	۰/۷۷۰	۰/۰۰۰	۰/۶۲۰	۰/۶۲۰	۰/۰۰۰	۰/۴۱۰	۰/۴۱۰	۰/۰۰۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۰۰۰

0/00	0/10	0/10	0/00	0/27	0/27	0/00	0/42	0/42	0/00	0/64	0/64	0/00	0/79	0/79	0/00	0/95	0/95	0/00	1/00	1/00	Park29
0/00	0/10	0/10	0/00	0/27	0/27	0/00	0/42	0/42	0/00	0/63	0/63	0/00	0/79	0/79	0/00	0/95	0/95	0/00	1/00	1/00	Park30
0/00	0/07	0/07	0/00	0/19	0/19	0/00	0/30	0/31	0/00	0/51	0/51	0/00	0/72	0/72	0/00	0/94	0/94	0/00	1/00	1/00	Park32
0/00	0/09	0/09	0/00	0/23	0/23	0/00	0/37	0/37	0/01	0/59	0/59	0/01	0/75	0/76	0/01	0/94	0/95	0/00	1/00	1/00	Park33
0/00	0/10	0/10	0/00	0/26	0/26	0/00	0/40	0/40	0/00	0/62	0/62	0/00	0/78	0/78	0/00	0/95	0/95	0/00	1/00	1/00	Park34

جدول ۴ بررسی میزان تغییر وزن در دو مدل با و بدون متغیر غیراختیاری در سطح استواری پنج صدم (برای تسهیل بررسی، وزن‌ها در ۱۰۰ ضرب شده‌اند)

Out5	Out4	Out3	Out2	In5	In4	In3	In2	In1	O3	O2	O1	I3	I2		
لگاریتم تغییرات صادرات	تغییرات فروش	لگاریتم تعداد کارکنان	تغییرات نیروی انسانی بر کل	اندازه پارک-مساحت پارک	حمایت مالی پارک از واحدهای مستقر (بنا بر قرارداد)	بودجه مصوب پارک	متغیر غیراختیاری (طول عمر پارک)	متغیر غیر اختیاری (مکان پارک - سرانه GDP منطقه)	(تعداد ایده‌های تبدیل‌شده به صادرات)	صادرات	فروش	گردش مالی	تعداد دانشجویان استان		
0/00	0/07	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/03	3/04	0/00	0/00	0/02	0/03	0/02	با غیراختیاری	پارک علم و فناوری آذربایجان غربی
0/00	0/01	0/00	0/00	0/09	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/03	0/04	0/02	بدون	پارک علم و فناوری آذربایجان غربی
0/00	0/00	0/00	0/00	0/02	0/00	0/00	0/03	3/04	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	تفاوت وزن	پارک علم و فناوری آذربایجان غربی
0/00	0/09	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/04	137	0/00	0/00	0/04	0/04	0/03	با غیراختیاری	پارک علم و فناوری البرز
0/00	0/09	0/00	0/02	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/04	0/05	0/03	بدون	پارک علم و فناوری البرز
0/00	0/01	0/00	0/00	0/00	0/00	0/01	0/04	137	0/00	0/00	0/01	0/00	0/00	تفاوت وزن	پارک علم و فناوری البرز
0/00	0/00	0/05	0/01	0/00	0/00	0/00	0/07	0/00	0/00	0/00	0/08	0/07	0/04	با غیراختیاری	پارک علم و فناوری ایلام
0/00	0/00	0/07	0/08	0/08	0/00	0/00	0/00	0/00	0/08	0/00	0/06	0/01	0/08	بدون	پارک علم و فناوری ایلام
0/00	0/00	0/02	0/01	0/01	0/00	0/00	0/07	0/00	0/08	0/00	0/02	0/06	0/00	تفاوت وزن	پارک علم و فناوری ایلام
0/03	0/00	0/00	0/09	0/00	0/00	0/00	0/09	0/89	0/00	0/00	0/08	0/09	0/02	با غیراختیاری	پارک علم و فناوری خراسان جنوبی
0/03	0/00	0/00	0/04	0/00	0/04	0/06	0/00	0/00	0/28	0/00	0/09	0/02	0/02	بدون	پارک علم و فناوری خراسان جنوبی
0/01	0/00	0/00	0/01	0/00	0/04	0/03	0/09	0/89	0/28	0/00	0/00	0/00	0/00	تفاوت وزن	پارک علم و فناوری خراسان جنوبی
0/00	0/06	0/08	0/00	0/00	0/00	0/00	0/08	0/00	235	0/07	0/02	0/03	0/06	با غیراختیاری	پارک چهارمحال و بختیاری
0/00	0/02	0/10	0/00	0/00	0/00	0/07	0/00	0/00	6/08	0/06	0/04	0/04	0/07	بدون	پارک چهارمحال و بختیاری
0/00	0/04	0/01	0/00	0/00	0/00	0/02	0/08	0/00	373	0/01	0/00	0/00	0/00	تفاوت وزن	پارک چهارمحال و بختیاری

طراحی مدل ارزیابی عملکرد دوسطحی ... مبدی نیک‌نشان و همکاران

۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۳۹	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۴	با غیراختیاری	پارک علم‌وفناوری کردستان
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰	۷/۷۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۵	بدون	پارک علم‌وفناوری کردستان
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۷/۷۸	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰	تفاوت وزن	پارک علم‌وفناوری کردستان

جدول ۵ مقایسه روایی سه مدل پیشنهادی پژوهشگران

مدل ۳	مدل ۲	مدل ۱	مدل
۱۴	۱۳	۱۲	تعداد متغیر
۲	۱	۰	تعداد متغیر غیراختیاری
۱۲	۱۲	۱۲	تعداد متغیر اختیاری
۰/۸۷۰۹۰۹	۰/۸۴۷۶۱۴	۰/۸۳۹۲۶۲	ضریب همبستگی
۰/۷۵۸۴۸۲	۰/۷۱۸۴۵	۰/۷۰۴۳۶۱	ضریب تعیین
۰/۵۳۳۰۶۵	۰/۴۸۹۶۹	۰/۴۹۵۶۷۵	ضریب تعیین تعدیل شده
۶/۰۱۵۵۹۹	۶/۲۸۶۰۰۲	۶/۲۵۱۸۱۴	انحراف معیار
۳/۳۶۴۸	۳/۱۴۰۶۳۲	۳/۳۷۵۲۱۷	آماره فریدمن
۰/۰۱۲۹۹۱	۰/۰۱۶۴۰۹	۰/۰۱۱۱۸۵	سطح معنی داری آماره فریدمن

بر اساس نتایج جدول ۵ از تحلیل رگرسیون هر سه مدل در سطح خطای پنج‌صدم دارای اعتبار مناسب هستند.

۵- نتیجه‌گیری و بحث

در این پژوهش مدل ارزیابی عملکرد دوسطحی استوار پارک‌های علم‌وفناوری ایجاد شد. برای ایجاد مدل ابتدا در چند مرحله به شناسایی غربال متغیرها با استفاده از نظر خبرگان و تعاریف موجود در مبانی نظری پرداخته شد. در چارچوب مدل ریاضی که منطبق بر مسئله دوسطحی پارک‌های علم‌وفناوری و همچنین شرکت‌های مستقر در آن انتخاب شده بود، با توجه به نیازهای خاص مسئله، از بسط بنکر و موری (متغیر غیراختیاری) استفاده شد. چارچوب مدل دوسطحی استوار برای ارزیابی پارک‌های علم‌وفناوری و شرکت‌های مستقر بسیار مناسب است. علت این برتری در نوع نهاد موردبررسی (پارک علم‌وفناوری) و همچنین ترکیب عملکرد شرکت‌ها مستقر و ستاد پارک علم‌وفناوری به‌عنوان نهاد تأثیرگذار بر عملکرد این شرکت‌ها است. علاوه به

علت ساختار و نحوه جمع‌آوری داده‌ها، پژوهشگر مجبور به استفاده از مدل‌های استوار شد. همچنین با استفاده از متغیر غیراختیاری با سطح بالاتری از شفافیت عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری مورد ارزیابی قرار گرفت (بالاتر رفتن سطح همبستگی در اعتبار سنجی) اعمال شد. بر اساس بررسی پژوهشگر، این مدل تنها مدل دوسطحی ارزیابی پارک‌های علم و فناوری است. همچنین این مدل به ارائه راهکاری جدید برای ارزیابی پارک‌های علم و فناوری با توجه به مختصات جغرافیایی-اقتصادی و همچنین میزان بلوغ این نهادها پرداخته که پژوهشگر مشابه آن را در مبانی نظری مشاهده نکرده است.

بر اساس این نتایج، سطح بالایی از واریانس متغیرهای غیراختیاری به صورت غیرمستقیم توسط بقیه متغیرهای مدل اعمال شده بود. با توجه به محدوده پژوهش، بررسی علل و همچنین متغیرهایی که به صورت غیرمستقیم در کارایی تأثیر داشته‌اند، امکان‌پذیر نشد. بررسی وجود دیگر علل و نحوه انتقال تأثیر عوامل مکنون تأثیرگذار بر عملکرد پارک‌های علم و فناوری هر دو متغیر غیراختیاری مهم‌ترین پیشنهاد پژوهشی این مقاله است.

۶- منابع

- [1] Azar, a., et al., *Designing of working Groups Performance Evaluation Model: Multi level DEA Approach*. Organizational Resources Management Researchs, 2012. 2(3): p. 1-22.
- [2] McCarthy, I.P., et al., *A typology of university research park strategies: What parks do and why it matters*. Journal of Engineering and Technology Management, 2018. 47: p. 110-122.
- [3] Monck, C. and K. Peters, *science park as an instrument of regional competitiveness: measuring success and impact*, in ISAP. 2009.
- [4] D. Banker, R. and R. C. Morey, *Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs*. Vol. 34. 1986. 513-521.
- [5] Lindelöf, P. and H. Löfsten, *Science Park Location and New Technology-Based Firms in Sweden – Implications for Strategy and Performance*. Small Business Economics, 2003. 20(3): p. 245-258.

- [6] Lindelöf, P. and H. Löfsten, *Proximity as a Resource Base for Competitive Advantage: University–Industry Links for Technology Transfer*. The Journal of Technology Transfer, 2004. **29**(3): p. 311-326.
- [7] Löfsten, H. and P. Lindelöf, *Science Parks and the growth of new technology-based firms—academic-industry links, innovation and markets*. Research policy, 2002. **31**(6): p. 859-876.
- [8] Löfsten, H. and P. Lindelöf, *Determinants for an entrepreneurial milieu: Science Parks and business policy in growing firms*. Technovation, 2003. **23**(1): p. 51-64.
- [9] Löfsten, H. and P. Lindelöf, *R&D networks and product innovation patterns—academic and non-academic new technology-based firms on Science Parks*. Technovation, 2005. **25**(9): p. 1025-1037.
- [10] Westhead, P. and D.J. Storey, *Links between higher education institutions and high technology firms*. Omega, 1995. **23**(4): p. 345-360.
- [11] Siegel, D.S., P. Westhead, and M. Wright, *Assessing the impact of university science parks on research productivity: exploratory firm-level evidence from the United Kingdom*. International Journal of Industrial Organization, 2003. **21**(9): p. 1357-1369.
- [12] Colombo, M.G. and M. Delmastro, *How effective are technology incubators?* Research Policy, 2002. **31**(7): p. 1112-1122.
- [13] EIB, *PLAN AND MANAGE A SCIENCE PARK IN THE MEDITERRANEAN GUIDEBOOK FOR DECISION MAKERS*. 2010, European Investment Bank.
- [14] Ringlever, J., *Assessment of Technology Parks: a University case*, in *Industrial Engineering and Management*. 2012, Twente: Enschede, the Netherlands.
- [15] Angulo-Guerrero, M.J., S. Pérez-Moreno, and I.M. Abad-Guerrero, *How economic freedom affects opportunity and necessity entrepreneurship in the OECD countries*. Journal of Business Research, 2017. **73**: p. 30-37.

- [16] Dabrowska, J., *Measuring the success of science parks: performance monitoring and evaluation*, in *XXVIII IASP World Conference on Science and Technology Parks, 2011*. 2012, IASP.
- [17] Liberati, D., M. Marinucci, and G.M. Tanzi, *Science and technology parks in Italy :main features and analysis of their effects on the firms hosted*. The Journal of Technology Transfer, 2016. **41**(4): p. 694-729.
- [18] Mansour, A.M.H. and L. Kanso, *Science park implementation–A proposal for merging research and industry in developing Arab countries*. HBRC journal, 2018. **14**(3): p. 357-367.
- [19] Cheba, K. and J. Hołub-Iwan, *How to measure the effectiveness of technology parks? The case of Poland*. 2014.
- [20] Lin, C.-L. and G.-H. Tzeng, *A value-created system of science (technology) park by using DEMATEL*. Vol. 36. 2009. 9683-9697.
- [21] Soenarso, W.S., D. Nugraha, and E. Listyaningrum, *Development of Science and Technology Park (STP) in Indonesia to Support Innovation-Based Regional Economy: Concept and Early Stage Development*. World Technopolis Review, 2013. **2**(1): p. 32-42.
- [22] M'Chirgui, Z., et al., *University technology commercialization through new venture projects: an assessment of the French regional incubator program*. The Journal of Technology Transfer, 2016: p. 1-19.
- [23] van Weele, M., F.J .van Rijnsoever, and F. Nauta, *You can't always get what you want: How entrepreneur's perceived resource needs affect the incubator's assertiveness*. Technovation, 2017. **59**: p. 18-33.
- [24] Albahari, A., et al., *The influence of Science and Technology Park characteristics on firms' innovation results*. Papers in Regional Science, 2018. **97**(2): p. 253-279.
- [25] Jarunee, W., *Technology auditing and risk management of technology incubators/science parks*. World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development, 2017. **13**(1): p. 44-56.

- [26] Soenarso, W., D. Nugraha, and E. Listyaningrum, *Development of Science and Technology Park (STP) in Indonesia to Support Innovation-Based Regional Economy: Concept and Early Stage Development*. Vol. 2. 2013.
- [27] Ramírez-Alesón, M. and M. Fernández-Olmos, *Unravelling the effects of Science Parks on the innovation performance of NTBFs*. The Journal of Technology Transfer, 2018. **43**(2): p. 482-505.
- [28] Mian, S., W. Lamine, and A. Fayolle, *Technology Business Incubation: An overview of the state of knowledge*. Technovation, 2016. **50-51**(Supplement C): p. 1-12.
- [29] Sun, C.C., *Evaluating and benchmarking productive performances of six industries in Taiwan Hsin Chu Industrial Science Park*. Vol. 38. 2011. 2195-2205.
- [30] Van Dierdonck, R., K. Debackere, and B. Engelen, *University-industry relationships: How does the Belgian academic community feel about it?* Research Policy, 1990. **19**(6): p. 551-566.
- [31] Monck, C., *Performance monitoring and evaluation*, in *UKSPA conference proceedings*. 2010
- [32] Mansour, A.M.H. and L. Kanso, *Science park implementation – A proposal for merging research and industry in developing Arab countries*. HBRC Journal, 2017.
- [33] Rubin, T.H., T.H. Aas, and A. Stead, *Knowledge flow in Technological Business Incubators: Evidence from Australia and Israel*. Technovation, 2015. **41-42**: p. 11-24.
- [34] van Weele, M., F.J. van Rijnssoever, and F. Nauta, *You can't always get what you want: How entrepreneur's perceived resource needs affect the incubator's assertiveness*. Technovation, 2017. **59**(Supplement C): p. 18-33.
- [35] Cook, W.D., et al., *Hierarchies and Groups in DEA*. Journal of Productivity Analysis, 1998. **10**(2): p. 177-198.

- [36] Cook, W.D. and R.H. Green, *Evaluating power plant efficiency: a hierarchical model*. Computers & Operations Research, 2005. **32**(4): p. 813-823.
- [37] Azizi, H., A. Amirteimoori, and S. Kordrostami, *Measurement of the worst practice of decision-making units: Incorporating both undesirable outputs and non-discretionary inputs into imprecise DEA*. Modern Research in Decision Making, 2018. **3**(2): p. 197-222.