DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.28212606.1401.5.15.3.5

فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، سال پنجم، شماره پانزدهم، پاییز ۱۴۰۱

تصمیم‌گیری چند شاخصه با نگرشی راهبردی برای جمهوری اسلامی ایران بر اساس علم و فناوری و بیانیه گام دوم انقلاب اسلامی

سید نصیب اله دوستی مطلق[1]، اردوان بابایی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۷/۰۵

چکیده

امروزه، کشورها به دنبال توسعه علم و فناوری هستند، زیرا که از این طریق می‌توانند ثروت تولید کنند و قدرتی پایدار داشته باشند. ازاین‌رو، اسناد بالادستی کشورها تأکید بر توسعه علم و فناوری دارند. به همین ترتیب، در اسناد بالادستی جمهوری اسلامی ایران نیز به توسعه علم و فناوری تأکید شده است. ازآنجایی‌که کشورهای توسعه‌یافته در علم و فناوری پیشتاز هستند، دغدغه‌ای به وجود می‌آید که کشورهای درحال‌توسعه بدون در نظر گرفتن ظرفیت و زیست‌بوم خود به‌منظور توسعه علم و فناوری به تقلید روی بیاورند. از سوی دیگر، بیانیه گام دوم انقلاب به‌عنوان سندی بالادستی برای اجزای نظام، توسط رهبر معظم انقلاب به‌منظور تبیین دستاوردها و توصیه‌هایی برای ساخت ایران نگارش شده است. یکپارچه‌سازی توسعه علم و فناوری از طریق قابلیت‌های قدرت ساز و فناوری‌های برتری ساز، با بیانیه گام دوم انقلاب، نه‌تنها منجر به پیشرفت کشور می‌شود بلکه منجر به رفع دغدغه مذکور برای جمهوری اسلامی ایران می‌گردد. به همین دلیل، ضروری است تا تصمیمات راهبردی بر اساس بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری اتخاذ شود. در این راستا، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌توان چنین تصمیماتی را اتخاذ کرد. اگرچه روش‌های عمومی برای اتخاذ چنین تصمیماتی با چالش‌هایی مواجه هستند. در این مقاله متناسب با موضوع علم و فناوری و موضوع بیانیه گام دوم انقلاب، روش‌هایی برای تصمیم‌گیری توسعه داده می‌شود که چالش‌های روش‌های عمومی را نداشته باشد و از طرف دیگر بتواند ارتباطی مؤثر بین این دو موضوع ایجاد کند.

---

[1] سید نصیب اله دوستی مطلق، استادیار، دکتری، نویسنده مسئول، Doustimotlagh@chmail.ir

[2] اردوان بابایی، پژوهشگر، دکتری Ardavan.Babaei@ie.sharif.edu

کلمات کلیدی: بیانیه گام دوم انقلاب، تصمیم‌گیری چند معیاره، توسعه فناوری، ساختار تصمیم‌گیری، مدل‌سازی ریاضی.

مقدمه و ادبیات

قابلیت‌های فناوری از اجزای بنیادین رفاه و رشد اقتصادی است. از سوی دیگر، قابلیت‌های فناوری از منابع دانشی و نوآوری مستخرج می‌گردد. باید توجه داشت که قابلیت‌های فناوری مکمل هم هستند و نباید جایگزین هم در نظر گرفته شود. برای مثال، زیرساخت‌های فناوری بدون نیروی انسانی ماهر کارایی ندارد. رسیدن به فناوری نیازمند شرایطی ازجمله سرمایه‌گذاری است. چهار عامل مهم و مؤثر در قابلیت‌های فناوری عبارت‌اند از؛ خلق فناوری، انتشار فناوری جدید، انتشار فناوری قدیمی و مهارت‌های نیروی انسانی. از سوی دیگر، ابعاد اصلی که در جهت اندازه‌گیری قابلیت‌های فناوری استفاده می‌شود عبارت‌اند از؛ خلق فناوری، زیرساخت‌های فناوری و توسعه مهارت‌های انسانی. در رابطه با فناوری، کشورها را می‌توان در چهار دسته به نام رهبرها، رهبرهای بالقوه، متأخرین و حاشیه‌ای‌ها گنجاند. رهبرها، نوآوری فناوری را خلق و پایه‌ریزی می‌کنند. برخی از این کشورها در زمینه زیرساخت و نیروی انسانی وضع بسیار خوبی دارند. رهبرهای بالقوه، سرمایه‌گذاری مناسبی در زمینه زیرساخت‌ها و نیروی انسانی انجام داده‌اند. متأخرین درصدد هستند به‌طور موازی ضمن توسعه، در زمینه فناوری رشد داشته باشند. حاشیه‌ای‌ها حتی از دسترسی به فناوری‌های قدیمی‌تر هم دچار مشکل هستند (Archibugi & Coco, 2004). بنابراین دستیابی به فناوری‌های قدرت ساز جایی که رهبرها در آن پیشروی کرده‌اند از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا که توسعه فناوری منجر به تولید قدرت پایدار می‌گردد. برای اندازه‌گیری توانمندی کشورها از منظر فناوری، شاخص‌های متعددی توسعه‌یافته است. نکته مهم این است که همه شاخص‌ها را می‌توان از ابعاد معینی واکاوی نمود. این ابعاد که با توجه به فناوری‌های قدرت ساز منجر به قابلیت‌های برتری ساز می‌شود، شامل خلق علوم جدید و دانش فنی، زیرساخت‌ها و فناوری اطلاعات و ارتباطات، سرمایه انسانی و رقابت‌پذیری

می‌شود(Archibugi, Denni, & Filippetti, 2009). بنابراین، فناوری‌های قدرت ساز و قابلیت‌های برتری ساز در توسعه علم و فناوری به منصه ظهور می‌رسند. در مقاله (Filippetti & Peyrache, 2011)، در قالب سه بعد شاخصی برای قابلیت‌های فناوری معرفی شده است. بعد نخست در ارتباط با نوآوری تجاری است. بعد دوم به موضوع مهارت‌ها و دانش می‌پردازد. بعد سوم زیرساخت‌ها را در برمی‌گیرد. مقاله (Wanger et al., 2015) به شناسایی شاخص‌های مربوط به علم و فناوری می‌پردازد. در این مقاله بیان شده است که شرط خلق ظرفیت علم و فناوری به عواملی هم‌چون زیرساخت‌های حامی فعالیت‌های اقتصادی و پژوهشی، مهندسان و دانشمندان آموزش‌دیده در سطح جهانی، مؤسسات مسئول انجام تحقیقات، بودجه عمومی برای تحقیق و توسعه، جریان اطلاعات در بخش‌های استفاده‌کننده از دانش، اتصال با دنیای علم و فناوری بزرگ‌تر و سهمیه دانش تجربی وابسته است. در همین راستا، یکی از چالش‌های جمهوری اسلامی ایران حاکم نبودن رویکرد فناورانه است و همین امر منجر به عدم تحقق برنامه‌های توسعه‌ای شده است و از سوی دیگر، کشور را دچار ضعف‌هایی در حیطه توسعه فناوری کرده است (زاهدی و همکاران، ۱۳۹۰). درحالی‌که در اسناد بالادستی حرکت در مسیر توسعه فناوری تأکید شده است. علت چنین تأکیدی، به وجود آمدن قدرت پایدار و خلق ثروت ناشی از توسعه فناوری برای کشورها است (فرقانی، ۱۳۸۹). ازآنجایی‌که کشورهای توسعه‌یافته در علم و فناوری پیشتاز هستند، این دغدغه به وجود می‌آید که کشورهای درحال‌توسعه به‌منظور تسریع در نائل شدن به سطح کشورهای توسعه‌یافته، بدون در نظر گرفتن شرایط و اقتضائات خاص خود و همچنین مسائل فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌بومی مربوط به خود به پیروی از کشورهای توسعه‌یافته روی بیاورند. برای رفع چنین دغدغه‌ای، در نظر گرفتن یک سند بالادستی که هم ازنظر نظری و هم ازنظر عملی غنی باشد، لازم است. بیانیه گام دوم انقلاب در قامت یک سند بالادستی توسط مقام معظم رهبری با توجه به دو منظر تبیین دستاوردها و توصیه‌هایی برای جهاد بزرگ ساخت ایران با تکیه بر جوانان نگارش شده است (امام خامنه‌ای، ۱۳۹۷).

فرآیند تکاملی انقلاب اسلامی از انقلاب اسلامی شروع و سپس نظام اسلامی، دولت اسلامی، کشور اسلامی را طی و درنهایت به مقصد تمدن اسلامی می‌رسد (محمد مقیمی، ۱۳۹۷). ویژگی‌های مرحله اول که در گام اول انقلاب می‌توان برشمرد عبارت‌اند از؛ هدایت رهبری، فقدان تجربه، دشمنی خارجی، حفظ و پرورش جوانان و حکومت مردم‌سالار و مطرح کردن دین و دنیا در کنار هم. سپس با ورود به انقلاب در عرصه بلوغ، ویژگی‌های دیگری متبلور گردید که عبارت‌اند از؛ قدرتمندی و نه زورگویی، دوری از افراط‌وتفریط، ایستادگی و خودباوری. شعارهای انقلاب اسلامی پیرامون فطرت بشری و بدون تاریخ انقضا بوده‌اند. البته در این راه موانعی مانع از حصول کامل در این اهداف شده است. بنابراین به جهت توسعه و تکامل در این فرآیند، نظریه انقلاب اسلامی بایستی تبیین شده و در جوامع گسترش یابد. این نظریه میان انقلابی گری و نظم سیاسی و اجتماعی سازگاری دارد. انقلاب اسلامی پدیده‌ای زنده و قابل‌انعطاف است و قابلیت تصحیح خطا با تکیه‌بر اصالت در اصول خود را دارد. از این رهگذر گام اول انقلاب نتایجی را در پی داشته است. از نتایج مذکور می‌توان به ثبات در امنیت، پیشروی در علم، افزایش مشارکت مردمی، ایستادگی و توسعه عدالت اشاره کرد. در این راه، مدیریت جهادی که حاصل نگاه خوش‌بینانه، انقلابی و منطبق بر خط‌مشی مقام معظم رهبری است، سرمنشأ حصول این نتایج بوده است. به‌منظور تکامل فرآیند انقلاب اسلامی، مقام معظم رهبری برای گام دوم انقلاب اسلامی توصیه‌هایی را بر روی برخی موضوعات اعلام داشتند که این موضوعات حول محورهای علم و پژوهش، معنویت و اخلاق، اقتصاد، عدالت و مبارزه با فساد، استقلال و آزادی، عزت ملی و روابط خارجی و مرزبندی با دشمن، و سبک زندگی هستند. در ادامه نیاز است راه‌حلی ارائه شد که دو موضوع مهم بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری را با یکدیگر پیوند بزند.

تصمیم‌گیری ازاین‌رو مهم است که به‌منظور حل مسئله به‌صورت عقلانی، نیاز است که برای مسئله‌ای مشخص، پاسخی بنیادی و علمی توسط ابزارهایی که در راستای هدف جست‌وجو می‌کنند، یافت شود (Klijn & Koppenjan,2016). افراد، سازمان‌ها و دولت‌ها مسئول

تصمیم‌گیری‌هایی هستند که می‌تواند عواقب خارج از انتظاری را رقم بزند، بنابراین تصمیم‌گیری فعالیتی فراگیر است. به همین علت لازم است در تصمیم‌گیری‌های کلان و عمومی با نگاه توسعه علم و فناوری، موازین اسناد بالادستی که یکی از آن‌ها می‌تواند بیانیه گام دوم انقلاب باشد، رعایت گردد و از این طریق یک هماهنگی میان این دو مهم روی دهد. رویکرد نظام‌مند تصمیم‌گیری شامل گام‌های متعدد ازجمله شناخت مسئله تصمیم‌گیری، فهم و مدل‌سازی سامانه و محیط آن، شناخت تصمیم‌گیرنده، شناخت اهداف و ترجیحات تصمیم‌گیرنده، تحلیل محدودیت‌ها، توسعه گزینه‌ها و انتخاب بین گزینه‌ها است. یکی از ابزارهای تحلیل تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیری چند شاخصه است. اجزای این ابزار تصمیم‌گیری شامل اهداف، شاخص‌ها و گزینه‌ها است. تصمیم‌گیری چند شاخصه را به دو مفهوم فرانسوی و آمریکایی می‌توان تقسیم‌بندی نمود. در مفهوم فرانسوی، برای مقایسه بین گزینه‌ها، ساختار شاخص‌های سلسله مراتبی متصور نیست. اما در ساختار آمریکایی، عوامل تصمیم‌گیری توانایی شناخت گزینه‌ها و ساختاربندی شاخص‌ها را دارند (Teresinha & Wollmann, 2017).

همان‌طور که در ادبیات تحقیق نشان داده‌شده است به‌منظور توسعه علم و فناوری با جهت‌گیری بیانیه گام دوم انقلاب، ضروری است که مدل‌هایی برای تصمیم‌گیری توسعه داده شود که گزینه‌ها را از طریق شاخص‌های مربوط به فناوری‌های قدرت ساز و قابلیت‌های برتری ساز و هم‌چنین توصیه‌های مقام معظم رهبری بر اساس بیانیه گام دوم انقلاب، پالایش و بررسی نماید که این مهم، علت اصلی ارائه این مقاله است. از طرف دیگر، برجسته‌ترین دلیل وجودی برای مقاله حاضر، الزام اسناد بالادستی به‌منظور حرکت در مسیر توسعه فناوری بوده است. علاوه بر این، دومین نکته بسیار مهم برای ارائه این مقاله، خلق یک نسخه بومی برای تصمیم‌گیری راهبردی کشور بدون پیروی کورکورانه از نسخ تصمیم‌گیری سایر کشورها است. در صورت عدم توجه مکفی به پژوهش حاضر، عدم یادگیری از گذشته، عدم شناخت ویژگی‌های انقلاب و عدم شناخت پیشنهادهای راهبردی برای گام دوم انقلاب ازجمله تهدیدات جدی به شمار

می‌رود که تصمیمات راهبردی کشور را متزلزل می‌کند. بنابراین اهداف این پژوهش عبارت‌اند از:

- شناسایی مدل‌های تصمیم‌گیری پایه
- شناسایی چالش‌های مدل‌های تصمیم‌گیری پایه در مواجهه با بیانیه گام دوم انقلاب و علم و فناوری
- ارائه ساختار و مدل پیشنهادی تصمیم‌گیری

به همین ترتیب سؤالات این پژوهش عبارت‌اند از:

- انواع مدل‌های تصمیم‌گیری پایه کدام هستند؟
- چه چالش‌هایی در مواجهه با بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری برای مدل‌های تصمیم‌گیری پایه وجود دارد؟
- کدام ساختار و مدل تصمیم‌گیری قادر است در محیط تصمیم‌گیری هم بیانیه گام دوم انقلاب و هم توسعه علم و فناوری را در نظر بگیرد؟

شایان‌ذکر است که مطابق با دانش نویسندگان، تاکنون ساختاری برای تصمیم‌گیری خلق نشده است که هم بیانیه گام دوم انقلاب و هم توسعه علم و فناوری را مدنظر بگیرد. از سوی دیگر، چنین ساختاری تاکنون در قالب مدل ریاضی بهینه‌سازی نمود نیافته است. بنابراین، از این زاویه پژوهش حاضر نخستین بار است که چنین پیوندی را از طریق تصمیم‌گیری لحاظ نموده است.

روش‌شناسی

همان‌طور که در ادبیات تحقیق نشان داده شد، برای کشورهای درحال‌توسعه ضروری است، ضمن حرکت به سمت توسعه علم و فناوری از تقلید از کشورهای توسعه‌یافته در این زمینه‌ها بدون در نظر گرفتن مشخصه‌های خاص به خود، پرهیز نمایند. لذا در تصمیم‌گیری‌های راهبردی بایستی هم شاخص‌های علم و فناوری و هم الزامات بالادستی مربوط به هر کشور در نظر گرفته

شود. در جمهوری اسلامی ایران، بیانیه گام دوم انقلاب، سندی بالادستی محسوب می‌شود که مقام معظم رهبری آن را مرقوم کرده است. با توجه به جایگاه مقام رهبری در جمهوری اسلامی ایران، مبرهن است چنین سندی نقشه راهی برای تصمیمات سایر اجزای نظام است. بنابراین در نظر گرفتن شاخص‌های مربوط به بیانیه گام دوم انقلاب، دغدغه تقلید در توسعه علم و فناوری را می‌زداید. به همین دلیل در تصمیم‌گیری راهبردی بایستی هم به توسعه علم و فناوری و هم به شاخص‌های مذکور در بیانیه گام دوم انقلاب توجه شود. به همین منظور، تصمیم‌گیری چند شاخصه به‌عنوان ابزاری جهت ارتباط بین این دو مهم در نظر گرفته می‌شود.

در مقاله ما، چارچوب تصمیم‌گیری، مبتنی بر توسعه مدلی با توجه به توسعه علم و فناوری در ضمن قرار دادن بیانیه گام دوم انقلاب به‌عنوان راهنمای بی‌بدیل، شکل می‌گیرد. به همین دلیل، رویکرد توسعه‌ای موردتوجه این پژوهش قرار دارد. از طرف دیگر، این روش تصمیم‌گیری بر اساس دانش‌های کاربردی راه‌حلی برای مسائل اجتماعی تعیین می‌کند، که از این منظر رویکردی کاربردی در این پژوهش وجود دارد. در این پژوهش لازم است بر اساس ماهیت بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری ساختار تصمیم‌گیری شکل بگیرد و سپس تأثیرات آن‌ها بر روی‌هم از طریق مدل ریاضی نشان داده شود، بدین ترتیب رویکرد این مقاله هم کیفی و هم کمی است. علاوه بر این، ازآنجایی‌که گردآوری اطلاعات از طریق مطالعه کتابخانه‌ای بوده است و بر این مبنا تحلیل‌ها توصیف شده است، ابزار مورداستفاده این پژوهش هم وجهه کیفی و هم وجهه کمی دارد. از سوی دیگر، با توجه به خلأ تحقیقاتی که عمدتاً مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی مورد غفلت قرارگرفته است، ابزار مورداستفاده در این مقاله بهینه‌سازی ریاضی از طریق برنامه‌ریزی خطی بوده است که توانایی تولید جواب بهینه جهانی را دارد. در ادامه، لازم است مفاهیم تصمیم‌گیری توضیح داده شود تا پس‌ازآن بتوان چالش‌ها را شناسایی کرد و درنهایت مدل خود را پیشنهاد دهیم.

خبرگان از بسیاری از روش‌های علمی و تجربی برای پیدا کردن بهترین گزینه استفاده می‌کنند. یکی از این روش‌های علمی، تصمیم‌گیری چند معیاره است. تصمیم‌گیری چند معیاره

به دوشاخه تصمیم‌گیری چندهدفه و تصمیم‌گیری چند شاخصه تقسیم‌بندی می‌شود. تصمیم‌گیری چندهدفه در فضای پیوسته حل می‌شود جایی که چند تابع هدف و چندین محدودیت ریاضی وجود دارد. مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به دنبال انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود و مستقل از هم هستند، جایی که چندین شاخص نیز وجود دارد. در مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه چندین گزینه وجود دارد که هرکدام سطحی از رضایت مشتری را فراهم می‌آورد. مبنای ارزیابی گزینه‌ها نسبت به هم شاخص‌ها هستند (Alinezhad & Khalili, 2019). با توجه به این‌که مسائل تصمیم‌گیری راهبردی فقط از طریق دنیای ریاضی قابل‌تعریف نیست و از طرف دیگر، ماهیت بیانیه گام دوم انقلاب و راهکارهای ارزیابی توسعه علم و فناوری شاخص‌محور هستند، لازم است برای این قسم از تصمیم‌گیری‌های راهبردی از تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده نمود. شاخص‌ها یا مثبت و یا منفی هستند. هر گزینه‌ای که در شاخص مثبت مقدار بیشتری دریافت کند، مطلوبیت بیشتری برای تصمیم‌گیرنده ایجاد کرده است. برای شاخص منفی عکس تعریف برای شاخص مثبت صادق است. شاخص‌هایی که بتوانند عدم مزیت خود را با مزیت شاخص‌های دیگر پوشش دهند، شاخص‌های جبران‌پذیر نام دارند. اما در شاخص‌ها غیر جبرانی چنین پوششی متصور نیست. در ادامه، روش ELECTRE[1] به‌عنوان نماینده غیر جبرانی‌ها و سپس روش AHP[2] به‌عنوان نماینده جبرانی‌ها توضیح داده می‌شود (ترابی و همکاران، ۱۳۹۶). سپس، چالش‌های مربوط به مدل‌های عمومی که برای تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند، در قبال تصمیم‌گیری با نگرش توسعه علم و فناوری و هم‌چنین بیانیه گام دوم انقلاب تشریح می‌گردد و درنهایت برای فائق آمدن بر چنین چالش‌هایی پیشنهادهای و راه‌حل‌های این مقاله تبیین و تشریح می‌گردد.

الف) روش ELECTRE

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری که می‌تواند گستره مقایساتی زیادی را در برگیرد و اساس کار آن مبتنی بر حذف گزینه‌های غیر جذاب است، روشی به نام ELECTRE هست. برای استفاده

[1] ELimination Et Choix Traduisant la REalite
[2] Analytic Hierarchy Process (AHP)

از این روش نیاز است معیارهای کیفی به معیارهای کمی تبدیل شود. الزامی وجود ندارد که معیارها از هم مستقل باشند. به‌منظور پیاده‌سازی این روش بایستی گام‌های زیر طی شود:

- در گام اول ماتریس تصمیم‌گیری با توجه به نظر تصمیم‌گیرنده تشکیل می‌شود. این ماتریس در رابطه (۱) نشان داده‌شده است.

$$X = \begin{bmatrix} r11 & \dots & r1n \\ \dots & \dots & \dots \\ rm1 & \dots & rmn \end{bmatrix} \qquad (1)$$

در ماتریس تصمیم‌گیری، rij نشان‌دهنده عنصر متعلق به i امین گزینه و j امین معیار است جایی که i=1,…, m و j=1, …, n. همچنین ماتریس اوزان، مطابق بااهمیت و ترجیحات تصمیم‌گیرنده به دست آورده می‌شود. چنین ماتریسی در رابطه (۲) به نمایش گذاشته‌شده است.

$$W = [w1, w2, \dots, wn] \qquad (2)$$

- در این گام عناصر ماتریس تصمیم مطابق با رابطه (۳) بی مقیاس می‌شوند.

$$r_{ij}^{*} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_i r_{ij}^2}} \qquad (3)$$

- در این گام عنصر وزنی نرمالایز شده برای ماتریس تصمیم تعیین می‌گردد. برای انجام چنین امری بایستی از رابطه (٤) استفاده نمود.

$$\hat{r}_{ij} = r_{ij}^{*} w_j \qquad (4)$$

- در این گام به‌منظور تشکیل ماتریس چیرگی لازم است مجموعه چیره (مسلط) شناسایی و سپس این ماتریس را بر اساس آن تعیین نمود. مجموعه و ماتریس چیرگی به ترتیب در روابط (٥) و (٦) نشان داده‌شده است.

$$C_{i,k} = \{j | \hat{r}_{ij} \geq \hat{r}_{kj}\}; i,k \in \{1, \dots, m\}, j \in \{1, \dots, n\} \quad (۵)$$

$$G_{m\times m} = (g_{ik})_{m\times m}; \quad g_{ik} = \sum_{j\in C_{i,k}} w_j, \quad 0 \leq g_{ik} \leq 1 \quad (٦)$$

- اساس این گام بر پایه تضاد در مقابل گام قبل است. در این گام به دنبال تعیین ماتریس نا چیرگی هستیم. به این منظور ابتدا مجموعه نا چیره و سپس ماتریس آن را تشکیل می‌دهیم. برای این امر نیاز است از روابط (۷) و (۸) استفاده شود.

$$d_{i,k} = \{j | \hat{r}_{ij} \leq \hat{r}_{kj}\} = j - C_{i,k}; i,k \in \{1, \dots, m\}, j \in \{1, \dots, n\} \quad (۷)$$

$$D_{m\times m} = (d'_{i,k})_{m\times m}; \quad d'_{i,k} = \frac{\max_{j\in d_{i,k}} |\hat{r}_{ij} - \hat{r}_{kj}|}{\max_{j\in J} |\hat{r}_{ij} - \hat{r}_{kj}|}, 0 \leq d'_{i,k} \leq 1 \quad (۸)$$

- در این گام به دنبال تشکیل ماتریس سازگار هستیم. اساس ماتریس سازگار بر مبنای ماتریس چیرگی و مطابق با روابط (۹) و (۱۰) است.

$$F_{m\times m} = (f_{i,k}); f_{i,k} \begin{cases} 0 \; if g_{ik} \leq \bar{g} \\ 1 \; if \; g_{ik} \geq \bar{g} \end{cases}; i,k \in \{1, \dots, m\} \quad (۹)$$

$$\bar{g} = \sum_i \sum_k \frac{g_{ik}}{m(m-1)} \quad (۱۰)$$

- در این گام برخلاف گام قبلی، به دنبال تشکیل ماتریس ناسازگار هستیم. اساس ماتریس ناسازگار بر مبنای ماتریس نا چیرگی و مطابق با روابط (۱۱) و (۱۲) است.

$$E_{m\times m} = (e_{i,k}); e_{i,k} \begin{cases} 0 \; if D_{ik} \leq \bar{D} \\ 1 \; if \; D_{ik} \geq \bar{D} \end{cases}; i,k \in \{1, \dots, m\} \quad (۱۱)$$

$$\bar{D} = \sum_i \sum_k \frac{D_{ik}}{m(m-1)} \quad (۱۲)$$

- درنهایت ماتریسی که تجمیع کننده ماتریس سازگار و ناسازگار است را بر اساس رابطه (۱۳) به دست می‌آوریم.

$$p_{i,k} = f_{i,k} . e_{i,k} ; i,k \in \{1, \dots, m\} \quad (۱۳)$$

- در آخرین گام، گزینه با جذابیت کمتر حذف می‌گردد. به‌عبارت‌دیگر، در ماتریس ارائه‌شده در رابطه (۱۳) گزینه‌هایی جذابیت بیشتری دارند که ارتباط سایر گزینه‌ها با آن‌ها کمتر و ارتباط خود این گزینه با سایر گزینه‌ها بیشتر باشد. گزینه‌ای که کمترین پیکان به آن واردشده باشد، جذاب‌ترین گزینه است. شکل (۱-الف) نمونه گرافیکی از پاسخ روش ELECTRE است. در این شکل، کمترین پیکان به گزینه یک واردشده است و پس‌ازآن به گزینه دو کمترین پیکان واردشده است لذا به ترتیب جذاب‌ترین گزینه، گزینه یک، سپس گزینه دو و درنهایت گزینه سه است.

ب) روش AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که در آن، ساختار سلسله مراتبی بین اجزای تصمیم‌گیری که شامل هدف تصمیم، شاخص‌ها و گزینه‌ها است، مشاهده می‌گردد. برای پیاده‌سازی این روش نیاز است گام‌های زیر طی گردد:

- **مدل‌سازی ساختاری**

در این گام بایستی مسئله به‌صورت گرافیکی مانند شکل (۱-ب) به نمایش درآورده شود. این شکل گرافیکی شامل هدف تصمیم، شاخص‌ها و گزینه‌ها هست. هر سطح از شکل (۱-ب) متأثر از سطح پیشین خود است. برای این منظور، نیاز است شاخص‌های ضروری که به‌خوبی و روشنی قادر هستند تمایز بین گزینه‌ها را نشان دهند، نگهداری و در این شکل سلسله مراتبی آورده شوند. شاخص‌ها خود به‌تنهایی می‌توانند متشکل از زیر شاخص‌های دیگری باشند. البته باید از تعدد شاخص‌ها اجتناب نمود تا مقایسات دچار پیچیدگی نشود.

- مقایسات زوجی

در این روش از دو نوع مقایسات زوجی استفاده می‌شود. نوع اول، مقایساتی زوجی است که بین شاخص‌ها صورت می‌گیرد و نوع دوم، مقایساتی زوجی است که بین گزینه‌ها صورت می‌گیرد. کلیه مقایسات زوجی در هر سطح با توجه به سطح بالاتر از خود تعیین می‌شود. ماتریس مقایسات زوجی در جدول (۱) نشان داده‌شده است.

	C1	C2	…	Cnn
C1	A11	A12	…	A1n
C2	A21	A22	…	A2n
…	…	…	…	…
Cn	An1	An2	…	Ann

جدول ۱. مقایسات زوجی

C معیارها، A امتیازات، i=1,…,n و j=1,…,n بیانگر تعداد شاخص‌ها است. برای مثال، A21، ارجحیت شاخص دو به نسبت به شاخص یک را از نگاه تصمیم‌گیرنده نشان می‌دهد. این ماتریس برای مقایسات زوجی بین شاخص‌ها است، مشابه چنین ماتریسی برای گزینه‌های مربوط به یک شاخص نیز می‌توان در نظر گرفت. عناصر قطر اصلی برابر یک هستند. برای نمونه، A11 نشانگر برتری معیار یک نسبت به معیار یک است که همواره برابر یک هست. از طرف دیگر، وقتی ارجحیت معیار i نسبت به معیار j برابر a است، نتیجه می‌شود که ارجحیت معیار j نسبت به معیار i، 1/a است. برای نمونه، A12=1/A21 است. مقیاسی که برای این ماتریس در نظر گرفته می‌شود مقیاس ساعتی است که در جدول (۲) نشان داده‌شده است.

مقدار عددی	میزان ارجحیت	معنی
۱	ترجیح مساوی	عنصر i و j دارای اهمیت برابرند.
۳	ترجیح کم	عنصر i کمی از j مهم‌تر است.
۵	ترجیح زیاد	عنصر i از j مهم‌تر است.
۷	ترجیح خیلی زیاد	عنصر i از j خیلی مهم‌تر است.
۹	ترجیح خیلی خیلی زیاد	عنصر i خیلی خیلی از j مهم‌تر است.

جدول ۲. مقیاس ساعتی

- **محاسبه وزن‌ها**

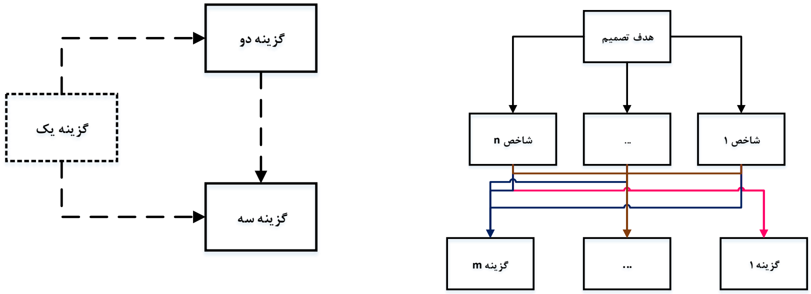
در این گام دو نوع وزن بایستی موردمحاسبه قرار گیرد. این دو شامل، وزن شاخص‌ها و وزن گزینه‌ها است. برای پیدا کردن وزن باید ماتریس مقایسات زوجی بی مقیاس شود. برای بی مقیاس سازی، نیاز است مجموع اعداد هر ستون در ماتریس مقایسات زوجی را به دست آوریم و سپس یکایک اعداد درون ستون را تقسیم بر مجموع ستون مربوطه نماییم. پس‌ازآن، میانگین سطری از اعداد بی مقیاس شده نشانگر وزن هر شاخص یا گزینه است. برای نمونه، جدول (۳) روش تعیین وزن برای شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

	C1	C2	…	Cnn	وزن
C1	NA11=A11/ A11+A21+…+An1	NA12=A12/ A12+A22+…+An2	…	NA1n=A1n/ A1n+A2n+…+Ann	(NA11+NA12+…+NA1n)/n
C2	NA21=A21/ A11+A21+…+An1	NA22=A22/ A12+A22+…+An2	…	NA2n=A2n/ A1n+A2n+…+Ann	(NA21+NA22+…+NA2n)/n
…	…	…	…	…	…
Cn	Nan1=An1/ A11+A21+…+An1	Nan2=An2/ A12+A22+…+An2	…	NAnn=Ann/ A1n+A2n+…+Ann	(NAn1+NAn2+…+NAnn)/n
مجموع ستونی	A11+A21+…+An1	A12+A22+…+An2	…	A1n+A2n+…+Ann	-

جدول ۳. تعیین اوزان

- محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها

برای محاسبه نهایی لازم است دو ماتریس در یکدیگر ضرب شود. ماتریس اول، ماتریسی است که سطرهایش گزینه‌ها و ستون‌هایش شاخص‌ها است و عناصر درون این ماتریس، اوزانی است که برای گزینه‌ها از گام قبل پیداشده است. ماتریس دوم، ماتریس وزن شاخص‌ها است که این ماتریس نیز به‌طور مشابه، از گام قبل به دست آورده شده است. حاصل‌ضرب این دو ماتریس وزن نهایی گزینه‌ها را مشخص می‌کند. وزن نهایی هر گزینه‌ای که بیشتر باشد آن گزینه از اولویت بالاتری برخوردار است.



الف- روش ELECTRE ب- روش AHP

شکل ۱. نمونه گرافیکی از روش‌های تصمیم‌گیری غیر جبرانی و جبرانی

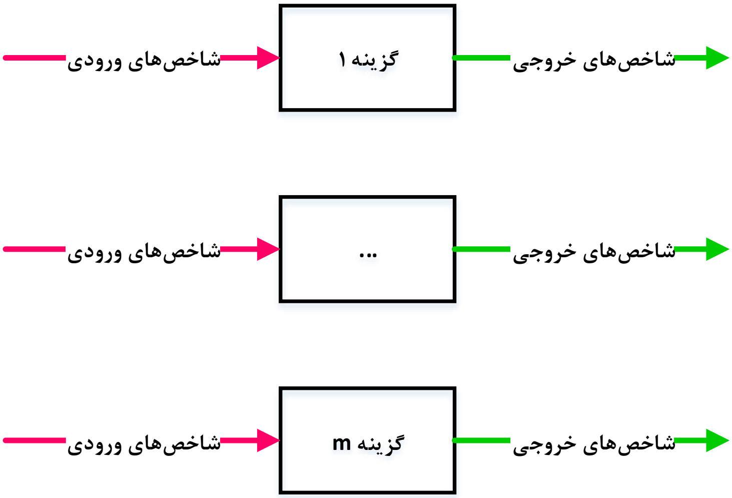
در شکل (۱) نشان داده‌شده است که شاخص‌ها ارتباطات سیستماتیکی با یکدیگر ندارند. درحالی‌که بیانیه گام دوم انقلاب اسلامی به‌عنوان سندی متقن که چشم‌انداز و نقشه راه سایر ارکان نظام است بایستی نقشی کنترلی بر روی توسعه علم و فناوری داشته باشد. به‌عبارت‌دیگر، توسعه علم و فناوری در سایه اسناد بالادستی کشور که متضمن حفاظت از زیست‌بوم، فرهنگ، اجتماع و الگوی ایرانی-اسلامی هستند، بایستی متبلور گردد. در حالی که نه روش ELECTRE و نه روش AHP چنین روابطی را متصور نیستند که همین مسئله اولین چالش مدل‌های عمومی تصمیم‌گیری در قبال موضوع توسعه علم و فناوری توأم با در نظر گرفتن بیانیه گام دوم انقلاب است. به‌طور دقیق‌تر، روش ELECTE به‌طور کامل روابط متقابل بین شاخص‌ها را در نظر نمی‌گیرد. از طرف دیگر، روش AHP روابط بین شاخص‌ها را فقط با زیر شاخص‌های همان شاخص مجاز می‌داند که به‌وضوح ضعف این روش در کنترل گری بیانیه گام دوم انقلاب مشخص می‌شود. زیرا که AHP زیرشاخص‌ها را محدود به مفاهیم شاخص فوقانی می‌کند. چالش دوم در رابطه با وزن‌های مربوط به شاخص‌ها است. روش AHP و روش ELECTRE اهمیت شاخص‌ها را در قالب اوزان شاخص‌ها به‌صورت ورودی مسئله تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرند. بدیهی است این‌یک مشکل و چالش بزرگ برای این روش‌ها در قبال تصمیم‌گیری برای توسعه علم و فناوری و بیانیه گام دوم انقلاب است. زیرا، هر تصمیم و گزینه بایستی با ترکیب بهینه اوزان خود با سایر تصمیمات و گزینه‌ها مقایسه گردد تا ضمن تصمیم‌گیری بهینه،

رفتار هر گزینه تحت شاخص‌های مربوط به توسعه علم و فناوری و شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب نمایان شود. لذا از این طریق از اعمال نظرات متعصبانه متخصصان مختلف به نفع حوزه خود جلوگیری به عمل می‌آید. چالش سوم مربوط به این روش‌های تصمیم‌گیری، عدم مقایسه نسبی بین گزینه‌ها است. برای توضیح دقیق‌تر، بدیهی است که پیاده‌سازی بهترین گزینه‌ها و تصمیمات همواره کاری ساده نیست و با دشواری‌های متعدد روبه‌رو است. لذا ضروری است تصمیمات و گزینه‌ها در فضای یکدیگر قرار گیرند تا هم مقایسه منصفانه‌تر باشد، و هم عملکرد گزینه‌های نامطلوب با جزییات بیشتر مبرهن گردد. از این طریق، تصمیم‌گیرندگان در برخی اوقات این اجازه را خواهند یافت که با انتخاب تصمیم و گزینه‌ای که مطلوب‌ترین نیست، ضمن بهبود آن توسط برنامه‌ای مدون و متناسب با مطلوب‌ترین گزینه، امکانات محدود خود را به بهترین نحو و کمترین هزینه به‌کارگیرند.

تجزیه‌وتحلیل

شکل (۲) ساختاری را نمایش می‌دهد که چالش‌های مربوط به بهینه‌سازی اوزان و در نظر گرفتن مقایسه نسبی را مرتفع می‌سازد. تحلیل پوششی داده[1] از طریق برنامه‌ریزی ریاضی، عملکرد هر تصمیم و گزینه را با توجه به شاخص‌هایی تحت عنوان ورودی‌ها (نهاده) و خروجی‌ها (ستانده) در مقایسه با سایر تصمیمات و گزینه‌های مشابه اندازه‌گیری می‌کند و از این طریق اوزان بهینه را تعیین می‌کند (Charnes et al., 1994).

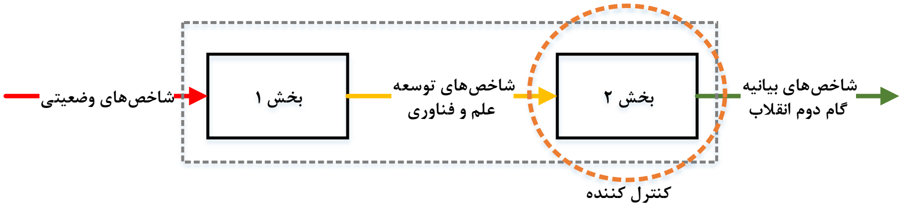
[1] Data Envelopment Analysis (DEA)



شکل ۲. ساختار تحلیل پوششی داده

همچنان چالش اول در شکل (۲) وجود دارد. در فضای تصمیم‌گیری برای توسعه علم و فناوری لازم است توجه شود که بنیان و نهاده اولیه هر تصمیم به چه مقدار است. بنابراین برای هر تصمیم، شاخص‌هایی تحت عنوان، شاخص‌های وضعیتی وجود دارد. با توجه به این‌که در پژوهش ما، توسعه علم و فناوری مطرح است، لازم است نهاده اولیه مبتنی بر شاخص‌های توسعه پایدار باشد. شاخص‌های توسعه پایدار مربوط به مسائل زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی است ((Purvis et al., 2019. شاخص‌های توسعه علم و فناوری در ادبیات تحقیق تحت عناوین خلق فناوری، انتشار فناوری جدید، انتشار فناوری قدیمی و مهارت‌های نیروی انسانی معرفی‌شده‌اند. نگاه دیگری نیز برای این چهار شاخص می‌توان در نظر گرفت که شامل خلق علوم جدید و دانش فنی، زیرساخت‌ها و فناوری اطلاعات و ارتباطات، سرمایه انسانی و رقابت‌پذیری است. درنهایت هفت توصیه مقام معظم رهبری در بیانیه گام دوم انقلاب به‌عنوان شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است که شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب بایستی کنترل‌کننده سایر شاخص‌ها باشد. بدین ترتیب شکل (۲) به‌صورت شکل (۳) ارتقا می‌یابد. مطابق بادانش نویسندگان این پژوهش، برای اولین بار است چنین مدلی برای

تصمیم‌گیری معرفی می‌شود که نه تنها وضعیت هر تصمیم را می‌سنجد بلکه تصمیمات را بر مبنای توسعه علم و فناوری توأم با پیروی از سند بالادستی بیانیه گام دوم انقلاب هماهنگ و همگام می‌سازد. بنابراین شکل (۳)، تمامی چالش‌های مذکور را مرتفع می‌سازد. در بخش یک، تصمیمات بر اساس شاخص‌های وضعیتی و شاخص‌های مربوط به توسعه علم و فناوری سنجیده می‌شود. در بخش دو، تصمیمات بر اساس شاخص‌های توسعه علم و فناوری و شاخص‌های مربوط به بیانیه گام دوم انقلاب سنجیده می‌شود به‌طوری‌که بر بخش یک نیز کنترل وجود داشته باشد. نقش پررنگ توسعه علم و فناوری آنجا نمایان می‌گردد که برای بخش دو به‌عنوان نهاده و برای بخش یک به‌عنوان ستانده در نظر گرفته‌شده است.



شکل ۳. ساختار پیشنهادی برای تصمیم گیری

به‌منظور تصمیم‌گیری به‌صورت بهینه جهانی[1]، ضروری است که ساختار پیشنهادی در شکل (۳) از طریق روابط ریاضی نمایان شود. برای این منظور، در ابتدا مدل تحلیل پوششی داده که توسط (Klimberg & Ratick, 2008) توسعه داده‌شده است، در روابط (۱۸)–(١٤) توضیح داده می‌شود. نوتاسیون‌ها در جدول (٤) آورده شده است.

---

[1] Global optimum

نمادها	توضیحات
اندیس‌ها	
D	نشانگر مدل مرسوم تحلیل پوششی داده
$D-L$	نشانگر مدل کنترل‌کننده تحلیل پوششی داده (بخش دو)
$D-F$	نشانگر مدل کنترل شونده تحلیل پوششی داده (بخش یک)
r^D	مجموعه واحدهای تصمیم‌گیری
i^D	مجموعه شاخص‌های ورودی
j^D	مجموعه شاخص‌های خروجی
$*$	نشانگر پاسخ بهینه
پارامترها	
$I^D_{r^D i^D}$	مقدار شاخص‌های ورودی در هر واحد تصمیم‌گیری
$O^D_{r^D j^D}$	مقدار شاخص‌های خروجی در هر واحد تصمیم‌گیری
ε	مقدار ناچیز مثبت
α, β	اوزان اهمیت کارآمدی کنترل شونده و عدم انحراف از کنترل‌کننده
$\gamma_{i^D}, \varphi_{i^D}$	برش‌های قطعی کننده
متغیرهای تصمیم‌گیری	
$\vartheta^D_{r^D i^D}$	وزن شاخص‌های ورودی در هر واحد تصمیم‌گیری
$\mu^D_{r^D j^D}$	وزن شاخص‌های خروجی در هر واحد تصمیم‌گیری
$d^D_{r^D}$	مقدار ناکارایی در هر واحد تصمیم‌گیری

$w^D_{r^D}$	مقدار کارایی در هر واحد تصمیم‌گیری
$dev^-_{r^D}, dev^+_{r^D}$	مقدار انحراف کنترل شونده از کنترل‌کننده
M	حداکثر مقدار انحراف از کارآمدی توسط تصمیمات

جدول ۴. نوتاسیون‌ها

$$\text{Max} \quad \sum_{r^D} w^D_{r^D} \qquad (١٤)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i^D} \vartheta^D_{r^D i^D} I^D_{r^D i^D} = 1 \qquad \forall r^D \qquad (١٥)$$

$$\sum_{j^D} \mu^D_{r^D j^D} O^D_{r^D j^D} + d^D_{r^D} = 1 \qquad \forall r^D \qquad (١٦)$$

$$\sum_{j^D} \mu^D_{r^D j^D} O^D_{k^D j^D} - \sum_{i^D} \vartheta^D_{r^D i^D} I^D_{k^D i^D} \le 0 \qquad \forall k^D; \forall r^D; k \neq r \qquad (١٧)$$

$$\mu^D_{r^D j^D}, \vartheta^D_{r^D i^D} \ge \varepsilon \qquad \forall r^D, j^D, i^D \qquad (١٨)$$

رابطه (١٤) تابع هدف است و نشان‌دهنده بیشینه‌سازی کارایی هر واحد تصمیم‌گیری است. محدودیت (١٥) به‌صورت قراردادی مجموع موزون ورودی‌ها را برابر یک فرض می‌کند. محدودیت (١٦) مقدار ناکارایی هر واحد تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. محدودیت (١٧) نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها را کمتر یا مساوی یک تنظیم می‌کند. محدودیت (١٨) مانع از صفر شدن اوزان می‌شود.

در ادامه لازم است روابط (١٦)-(١٤) به‌گونه‌ای بازنویسی شود که ارتباطات و بخش‌های مذکور در شکل (٣) به‌صورت روابط ریاضی تعیین گردد. برای این منظور نیاز است از تحلیل پوششی داده شبکه‌ای استفاده شود، زیرا که چنین مدل‌هایی ارتباطات بین اجزای هر

واحد تصمیم‌گیری را در نظر می‌گیرد (Kao, 2017). با توجه به این‌که بخش ۲، وظیفه کنترلی دارد، ضروری است در وهله نخست، تصمیمات بر این اساس ارزیابی شوند. زیرا که نتیجه این بخش در انتخاب تصمیم یا گزینه نهایی بسیار مؤثر است. برای این منظور، مشابه با روابط (۱۸)–(۱٤)، روابط (۲۳)–(۱۹) توسعه داده‌شده است.

$$\text{Max} \quad \sum_{r^D} w_{r^D}^{D-L} \qquad (۱۹)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i^{D-L}} \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} I_{r^D i^{D-L}}^{D-L} = 1 \qquad \forall r^D \qquad (۲۰)$$

$$\sum_{j^{D-L}} \mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L} O_{r^D j^{D-L}}^{D-L} + d_{r^D}^{D-L} = 1 \qquad \forall r^D \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{j^{D-L}} \mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L} O_{k^D j^{D-L}}^{D-L} - \sum_{i^D} \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} I_{k^D i^{D-L}}^{D-L} \leq 0 \qquad \forall k^D; \forall r^D; k \neq r \qquad (۲۲)$$

$$\mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L}, \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} \geq \varepsilon \qquad \forall r^D, j^{D-L}, i^{D-L} \qquad (۲۳)$$

نتیجه مستخرج شده از روابط (۲۳)–(۱۹)، کارایی تصمیمات را صرفاً بر اساس بخش دو ارائه می‌دهد. درحالی‌که، اگرچه بخش دو کنترل‌کننده است اما تنها بخش تصمیم‌گیری نیست. لذا روابط (۳۲)–(۲٤) به‌گونه‌ای توسعه داده‌شده که کارایی تصمیمات بر اساس بخش کنترل شونده نیز محاسبه گردد.

$$\text{Max} \quad \alpha \sum_{r^D} w_{r^D}^{D-F} - \beta \sum_{r^D} \left(dev_{r^D}^{-} - dev_{r^D}^{+}\right) \qquad (۲٤)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i^{D-F}} \vartheta_{r^D i^{D-F}}^{D-F} I_{r^D i^{D-F}}^{D-F} = 1 \qquad \forall r^D \qquad (۲۵)$$

$$\sum_{i^{D-L}} \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} I_{r^D i^{D-L}}^{D-L} + d_{r^D}^{D-F} = 1 \qquad \forall r^D \qquad (۲٦)$$

$$\sum_{i^{D-L}} \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} I_{k^D i^{D-L}}^{D-L} - \sum_{i^{D-F}} \vartheta_{r^D i^{D-F}}^{D-F} I_{k^D i^{D-F}}^{D-F} \leq 0 \quad \forall k^D; \forall r^D; k \neq r \qquad (۲۷)$$

$$\vartheta_{r^D i^{D-F}}^{D} \geq \varepsilon \quad \forall r^D, i^{D-F}, i^{D-L} \qquad (۲۸)$$

$$\sum_{j^{D-L}} \mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L} O_{k^D j^{D-L}}^{D-L} - \sum_{i^D} \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} I_{k^D i^{D-L}}^{D-L} \leq 0 \quad \forall k^D; \forall r^D; k \neq r \qquad (۲۹)$$

$$\sum_{j^{D-L}} \mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L} O_{k^D j^{D-L}}^{D-L} - w_{r^D}^{*D-L} \sum_{i^D} \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} I_{k^D i^{D-L}}^{D-L} + dev_{r^D}^{-} - dev_{r^D}^{+} = 0 \quad \forall k^D; \forall r^D; k \neq r \qquad (۳۰)$$

$$\mu_{r^D i^{D-L}}^{D-L}, \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} \geq \varepsilon \quad \forall r^D, j^{D-L}, i^{D-L} \qquad (۳۱)$$

$$dev_{r^D}^{-}, dev_{r^D}^{+} \geq 0 \quad \forall r^D \qquad (۳۲)$$

تابع هدف (۲٤) کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در بخش کنترل شوندگی را بیشینه می‌کند. علاوه بر این، مجموع انحرافات کنترل شونده از کنترل‌کننده را کمینه می‌کند. محدودیت (۲۵) به‌طور قراردادی مجموع موزون ورودی‌های بخش یک را برابر با یک تنظیم می‌کند. محدودیت (۲٦) ناکارایی هر واحد تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. محدودیت (۲۷) حد بالای کارایی هر واحد تصمیم‌گیری در بخش یک را برابر با یک تنظیم می‌کند. محدودیت (۲۸) متغیرهای تصمیم‌گیری مثبت و متعلق به بخش یک را نشان می‌دهد. محدودیت (۲۹)، حد بالای کارایی مستخرج از بخش دو را برابر با یک تنظیم می‌کند. محدودیت (۳۰)، انحراف بخش یک از بخش دو را با توجه به مقدار بهینگی بخش دو ($w_{r^D}^{*D-L}$) که از روابط (۲۳)-(۱۹) مستخرج شده است، تعیین می‌کند. محدودیت (۳۱)، متغیرهای تصمیم‌گیری مثبت مربوط به بخش دو را نشان می‌دهد. محدودیت (۳۳) بیانگر متغیرهای تصمیم‌گیری غیر منفی است.

توابع هدف (۱۹) و (۲٤) به گونه دیگری نیز قابل‌تعریف است. در توابع هدف مذکور، اهتمام بر کمینه‌سازی انحراف از کارآمدی برای هر تصمیم بوده است. درحالی‌که، در نظر گرفتن کمینه‌سازی بیشینه انحراف می‌تواند گونه جدیدی از تعریف مسئله و تابع هدف باشد. لذا در

نظر گرفتن این‌گونه، می‌تواند تحلیل تصمیم‌گیرندگان را غنی‌تر و معطوف به مسائل بحرانی‌تر سازد. به این منظور روابط ارائه‌شده در (۲۳)-(۱۹) با تغییراتی همراه می‌شود. اول، یک محدودیت مطابق (۳۳) به این دسته روابط اضافه می‌شود. دوم، تابع هدف (۱۹) به (۳٤) تغییر می‌یابد. مشابه این تغییرات برای دسته روابط (۳۲)-(۲٤) ایجاد می‌شود. برای این منظور، محدودیت (۳۵) به این دسته روابط اضافه می‌شود. علاوه بر این، تابع هدف (۳٦) جایگزین تابع هدف (۲٤) می‌شود.

$$M \geq d_{r^D}^{D-L} \qquad \forall r^D \qquad (۳۳)$$

$$\text{Min} \quad M \qquad (۳٤)$$

$$M \geq d_{r^D}^{D-F} \qquad \forall r^D \qquad (۳۵)$$

$$\text{Min} \quad \alpha M + \beta \sum_{r^D} (dev_{r^D}^{-} - dev_{r^D}^{+}) \qquad (۳٦)$$

در شرایطی امکان دارد که تصمیم‌گیرنده با داده‌ای مواجه باشد که دارای عدم قطعیت و ریسک است. در چنین شرایطی داده مدل‌های مذکور، یک عدد مشخص نیست، بلکه بازه‌ای از اعداد است. بنابراین نمایش داده ورودی و خروجی به‌صورت $[\underline{I}_{r^D i^D}^D, \overline{I}_{r^D i^D}^D]$ و $[\underline{O}_{r^D j^D}^D, \overline{O}_{r^D j^D}^D]$ است. این‌گونه اعداد مطابق با روابط (۳۷) و (۳۸) تبدیل به اعداد قطعی می‌شوند. در روابط (۳۷) و (۳۸)، γ_{i^D}، φ_{i^D} برش‌های قطعی نام دارند که اعدادی بین صفر و یک هستند (محمودآبادی، ۱۳۹۷).

$$I_{r^D i^D}^D = \underline{I}_{r^D i^D}^D + \gamma_{i^D}(\overline{I}_{r^D i^D}^D - \underline{I}_{r^D i^D}^D) \qquad \forall r^D, i^D \qquad (۳۷)$$

$$O_{r^D j^D}^D = \underline{O}_{r^D j^D}^D + \varphi_{i^D}(\overline{O}_{r^D j^D}^D - \underline{O}_{r^D j^D}^D) \qquad \forall r^D, i^D \qquad (۳۸)$$

بنابراین، روابط (۳۲)-(۱۹) مدل کنترل کننده-کنترل شونده را نمایندگی می‌کند. اصلاحات ایجادشده توسط روابط (۳٦)-(۳۳) در روابط (۳۲)-(۱۹)، مدل بیشینه انحرافات را

نمایندگی می‌کند. اصلاحات ایجادشده توسط روابط (۳۸)-(۳۷) در روابط (۳۲)-(۱۹) مدل غیرقطعی را نمایندگی می‌کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این قسمت، کاربرد مدل پیشنهادی را از طریق یک مثال عددی نشان می‌دهیم. البته شایان‌ذکر است که مدل پیشنهادی در دو بخش پیشین کاملاً عمومی است و بر روی هر سیستمی قابل پیاده‌سازی است. لذا خبرگان هر حوزه به‌صورت تخصصی می‌توانند متناسب با شاخص‌های زمینه خود از مدل‌های پیشنهادی مذکور بهره ببرند. بنابراین در این بخش صرفاً توانمندی این مدل از طریق یک مثال عددی نمایان می‌گردد لکن باید توجه داشت که همه اجزای این مدل به علت عمومیت آن به‌راحتی قابل توسعه است. بر اساس ساختار پیشنهادی در شکل (۳)، شاخص‌های وضعیتی مطابق با توسعه پایدار، شاخص‌های علم و فناوری مطابق باقابلیت‌های برتری ساز و فناوری‌های قدرت ساز و متناسب با تجمیع این دو در قابلیت‌های فناوری بر اساس شاخص‌های خلق فناوری، انتشار فناوری جدید، انتشار فناوری قدیمی و مهارت‌های نیروی انسانی، و هم‌چنین شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب متناسب با هفت توصیه مقام معظم رهبری در بیانیه گام دوم انقلاب، مفروض شده‌اند. برای حفظ کلیت مدل‌ها، داده ورودی مسئله مطابق با جدول (۵) تولیدشده است. در این جدول داده ورودی از طریق توزیع تصادفی برای ۵ گزینه یا تصمیم تولیدشده است. بازه عدم قطعیت نیز از تفاضل حد بالا و حد پایین فاصله عدم اطمینان مطابق با رابطه (۳۷) و (۳۸) فرض شده است. لازم به ذکر است که باید توجه اکید داشت که در مسائل تصمیم‌گیری گزینه‌ها توسط خبرگان مشخص می‌شوند و بایستی گزینه‌ها محدود، مشابه و دقیق انتخاب شوند.

	شاخص وضعیتی			شاخص‌های توسعه علم و فناوری			شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب		
تصمیم	توزیع تصادفی	بازه	بازه عدم قطعیت	توزیع تصادفی	بازه	بازه عدم قطعیت	توزیع تصادفی	بازه	بازه عدم قطعیت
1	یکنواخت	(4-5)	10	یکنواخت	(60-100)	100	یکنواخت	(10-50)	25
2	یکنواخت	(1-2)	10	یکنواخت	(60-100)	90	یکنواخت	(3-25)	150
3	یکنواخت	(1-5)	10	یکنواخت	(300-500)	150	یکنواخت	(1-5)	20
4	نرمال	(35,10)	10	یکنواخت	(3-10)	100	نرمال	(35,10)	100
5	نرمال	(35,10)	10	یکنواخت	(60-100)	150	نرمال	(35,10)	200
تعداد شاخص‌ها	3			4			7		

جدول ۵. داده ورودی

در ادامه جواب‌های مدل‌های پیشنهادی بر اساس داده ورودی در جدول (۵) نشان داده می‌شوند. مدل کنترل‌کننده و کنترل شونده تحت عنوان مدل (الف)، مدل بیشینه انحرافات به‌عنوان مدل (ب) و مدل غیرقطعی به‌عنوان مدل (ج) در جدول (٦) در نظر گرفته‌شده است. امتیاز کارآمدی در مدل کنترل‌کننده، امتیاز کارآمدی در مدل کنترل شونده و انحراف مدل کنترل شونده از مدل کنترل‌کننده سه شاخصی هستند که به‌صورت میانگین هندسی، شاخص تجمیعی را تشکیل داده‌اند. همان‌طور که نتایج جدول (٦) نشان می‌دهد، تصمیم و گزینه چهار در هر سه مدل پیشنهادی بیشترین مقدار شاخص تجمیعی را دارد و از طرف دیگر شاخص تجمیعی این تصمیم و گزینه در هر سه مدل پیشنهادی ثابت مانده است. مدل اولیه مدل کنترل‌کننده و مدل ثانویه

مدل کنترل شونده فرض شده است. مطابق با نتایج، در گزینه چهار، همواره مدل ثانویه از مدل اولیه بدون انحراف پیروی کرده است. این نشان‌دهنده استواری و برتری جواب است. لذا این تصمیم به‌عنوان تصمیم برتر انتخاب می‌گردد. مقدار عددی نتایج حاصل از مدل ثانویه در هر سه مدل پیشنهادی از مدل اولیه کمتر است. علت کمتر بودن این مقادیر، تعداد محدودیت‌های بیشتر مدل ثانویه نسبت به مدل اولیه است. بنابراین با افزایش تعداد محدودیت‌ها، جواب‌ها ازنظر مقادیر افزایش نخواهند یافت.

	مدل (الف)				مدل (ب)				مدل (ج)			
تصمیم	امتیاز کارآمدی اولیه	امتیاز کارآمدی ثانویه	پیروی از اولیه	شاخص تجمیعی	امتیاز کارآمدی اولیه	امتیاز کارآمدی ثانویه	پیروی از اولیه	شاخص تجمیعی	امتیاز کارآمدی اولیه	امتیاز کارآمدی ثانویه	پیروی از اولیه	شاخص تجمیعی
1	0.8870	0.7510	0.9980	0.8728	0.8690	0.7510	0.9980	0.8668	0.8860	0.7520	0.9950	0.8719
2	0.8660	0.7510	0.9980	0.8658	0.8640	0.7510	0.9980	0.8652	0.8640	0.7500	0.9990	0.8651
3	0.8570	0.7530	0.9900	0.8613	0.8570	0.7530	0.9900	0.8613	0.8570	0.7570	0.9750	0.8584
4	1.0000	0.7500	1.0000	0.9086	1.0000	0.7500	1.0000	0.9086	1.0000	0.7500	1.0000	0.9086
5	0.8760	0.7510	0.9980	0.8691	0.8760	0.7510	0.9980	0.8691	0.8720	0.7500	0.9960	0.8669

جدول ۶. نتایج مدل‌های پیشنهادی

قابلیت‌های برتری ساز و فناوری‌های قدرت ساز زمینه‌ساز پیشرفت کشورها هستند. بنابراین، قابلیت‌های فناوری بر اساس توسعه علم و فناوری و با نگاه به دو موضوع مهم قابلیت‌های برتری ساز و فناوری‌های قدرت ساز می‌تواند کشورها را در مسیر توسعه قرار دهد. برخی از کشورها در زمینه توسعه علم و فناوری پیشرفته محسوب می‌شوند. با توجه به رقابت امروز در میان کشورها که مبتنی بر علم و فناوری است، کشورهای دیگر درصدد پیروی از کشورهای پیشرو هستند. دغدغه مهمی که اینجا پدید می‌آید این است که کشورهای پیرو بدون در نظر گرفتن ظرفیت‌های داخلی، زیست‌بومی، فرهنگی، سیاسی، اجتماعی و اقتصادی دست به تقلید از کشورهای پیشرو بزنند. این نگرانی برای جمهوری اسلامی ایران نیز وجود دارد. مقام معظم

رهبری در بیانیه گام دوم انقلاب ضمن تشریح دستاوردهای انقلاب، توصیه‌هایی را برای ساخت ایران فرموده‌اند. چنانچه بتوان بیانیه گام دوم انقلاب را به‌عنوان سندی بالادستی با توسعه علم و فناوری همگام نمود، توسعه و تعالی برای جمهوری اسلامی ایران پدیدار می‌گردد. برای این منظور، ضروری است از تصمیم‌گیری به‌عنوان حلقه ارتباطی برای این دو موضوع مهم بهره برد. در این مقاله ضمن شناسایی تصمیم‌گیری به‌عنوان حلقه ارتباطی، ضعف‌ها و چالش‌های مدل‌های عمومی تصمیم‌گیری در مواجهه با بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری شناسایی‌شده است. از طرف دیگر برای رفع این چالش‌ها راهکارهایی پیشنهاد شد و بر اساس آن ساختار تصمیم‌گیری جدیدی پیشنهاد شد. بر اساس ساختار تصمیم‌گیری پیشنهادی، سه مدل ریاضی برای تصمیم‌گیری توسعه داده شد و نهایتاً از طریق یک مثال عددی کاربرد مدل‌های پیشنهادی نشان داده شد. این مقاله زمینه تصمیم‌گیری در بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری را تحت تأثیر قرار داده و فرصت‌های تحقیقاتی بسیاری را به وجود می‌آورد. لذا پیشنهاد می‌شود پژوهشگران مدل‌های پیشنهادی این مقاله را در حوزه تخصصی خود پیاده‌سازی نمایند.

منابع:

امام خامنه‌ای، س، ع. (1397). بیانیه گام دوم انقلاب خطاب به ملت ایران. صفحه ۱-۱۲.

ترابی، س، ع. باقرصاد، م. جیحونیان، م. (۱۳۹۶). روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با نگرشی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، ویرایش دوم، ۲۵۲ صفحه.

زاهدی، ش. اسماعیلی، ه، ا. حاجی حسینی، ح. واعظی، ح. (1390). تنگناها و راهکارهای کلان توسعه تکنولوژی در ایران. چشم‌انداز مدیریت دولتی، شماره 7. صفحه ۲۹-۹.

فرقانی، ع. (۱۳۸۹). سنجش توانمندی فناوری در سطح ملی، موردمطالعه کشور ایران. فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، شماره ۱۵. صفحه ۱۳-۶.

محمودآبادی، م. (۱۳۹۷). مدل‌های نوین تحلیل پوششی داده‌ها. انتشارات دانشگاه یزد، ۲۵۶ صفحه.

مقیمی، محمد. (۱۳۹۷). بیانیه گام دوم انقلاب، رهنامه پیشرفت ایرانی-اسلامی. فصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت اسلامی. شماره 3. صفحه ۱۴-۶.

Alinezhad, A. & Khalili, J. (2019). New methods and applications in multiple attribute decision making. Springer nature Switzerland, 227. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9

Archibugi, D., & Coco, A. (2004). A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries (ArCo), World development, 32(4), 629–654. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.10.008

Archibugi, D., Denni, M., & Filippetti, A. (2009). Technological Forecasting & Social Change synthetic indicators. Technological Forecasting & Social Change, 76(7), 917-931. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.01.002

Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A.Y., Seiford, L. M. (1994). Data envelopment anlysis: Theory, methodology, and apllications. Springer Netherlands, 1st Edition, 513 pages.

Filippetti, A. Peyrache, A. (2011). The Patterns of Technological Capabilities of Countries : A Dual Approach using Composite Indicators and Data Envelopment Analysis. World Development, 1108-1121. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.12.009

Kao, C. (2017). Network data envelopment analysis: Foundations and extentions. Springer, 1st Edition, 443 pages.

Klijn, E, H and Koppenjan, J. (2016). Governance networks in the public sector. Routledge, 1st edition, New York. 374 pages.

Klimberg, K, R., & Ratick, S, J. (2008). Modeling data envelopment analysis (DEA) efficient location/allocation decisions. Computers and Operations Research, 35, 457-474.

Purvis, B., Mao, Y. & Robinson, D. Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. Sustain Sci 14, 681–695 (2019). https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5

Wagner, C., Horlings, E., Dutta, A. (2015). Can science and technology capacity measured?. arXiv.

Wollmann, D., Teresinha, M. (2017). The strategic decision-making as a complex adaptive system: a conceptual scientific model. Complexity, 13 pages.