فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، سال ششم، شماره هفدهم، بهار ۱۴۰۲

ارائه نوینی از تصمیم‌گیری چند شاخصه با نگرشی راهبردی به‌منظور توسعه علم و فناوری با توجه به بیانیه گام دوم انقلاب اسلامی

سید نصیب اله دوستی مطلق[۱]، اردوان بابایی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۲/۰۵

چکیده

در دنیای امروز، مهم‌ترین رقابت بین کشورها، در ارتباط با توسعه علم و فناوری است. این موضوع آن‌چنان اهمیت دارد که عموماً به‌عنوان یک الزام بالادستی به شمار می‌آید. از طرف دیگر، برخی کشورها در زمینه توسعه علم و فناوری پیشتازند. این دغدغه وجود دارد که کشورهای متأخر بدون در نظر گرفتن اقتضائات بومی خود نظیر مسائل فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و زیست بومی دست به تقلید مطلق در جهت توسعه علم و فناوری بزنند. می‌دانیم که بیانیه گام دوم انقلاب اسلامی توسط مقام معظم رهبری به‌منظور ساخت ایران نوشته‌شده است. از طرف دیگر، چنین نوشته‌ای چون توسط بالاترین مقام جمهوری اسلامی ایران تنظیم‌شده، نقشه راه سایر اجزای نظام را تعیین می‌کند. به همین دلیل چنانچه این خطوط راهنما در تصمیم‌گیری‌های راهبردی با توسعه علم و فناوری همگام شود منجر به توسعه جمهوری اسلامی ایران و رفع دغدغه مذکور خواهد شد. در این مقاله، مدل‌های تصمیم‌گیری راهبردی برای این منظور شناسایی شدند. سپس چالش‌های مدل‌ها در مواجهه با این نوع از تصمیم‌گیری‌ها تشریح شد. آنگاه راهکارهایی از طریق توسعه مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی در شرایط قطعی و غیرقطعی بیان‌شده است.

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

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

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

مقدمه و ادبیات

امروزه، شناسایی فناوری‌های قدرت ساز و قابلیت‌های برتری ساز دو موضوع مهم برای کشورها به شمار می‌آید. از طرف دیگر، توسعه علم و فناوری یک الزام بالادستی در کشورها محسوب می‌شود. بنابراین قابلیت‌های مبتنی بر فناوری بیش‌ازپیش اهمیت پیدا می‌کند. قابلیت‌های فناوری از اجزای بنیادین رفاه و رشد اقتصادی است. علاوه بر این، 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 نام‌های 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 پیروی می‌کند زیرا که توسعه فناوری منجر به تولید قدرت پایدار می‌گردد. برای اندازه‌گیری توانمندی کشورها از منظر فناوری (قسم مربوط به فناوری قدرت ساز)، 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 فناوری قدرت ساز از طریق خلق فناوری، انتشار فناوری جدید، انتشار فناوری قدیمی و قابلیت برتری ساز از طریق زیرساخت‌ها و سرمایه انسانی و هم‌چنین رقابت‌پذیری قابل‌تعریف است. برای یکپارچه‌سازی ادبیات

نوشتاری از این دو موضوع تحت عنوان توسعه علم (علوم جدید و دانش فنی مربوطه برای زیرساخت‌ها و سرمایه‌ها) و فناوری استفاده می‌شود.

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 با غفلت از مسائل فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و زیست بومی مربوط به خود به پیروی از کشورهای توسعه‌یافته روی بیاورند. برای رفع چنین دغدغه‌ای، در نظر گرفتن یک سند بالادستی که هم از جنبه نظری و هم از جنبه 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 تکیه‌بر جوانان نگارش شده است (امام خامنه‌ای، ۱۳۹۷). ازآنجایی‌که جایگاه نگارنده این سند، بالاترین مقام جمهوری اسلامی ایران است لذا در نظر گرفتن چنین خطوط راهنمایی برای ترسیم نقشه راه الزام‌آور است.

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 بودن. 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.

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. بعضاً این فراگیری مخاطبان زیادی را درگیر می‌کند برای مثال، (لاریجانی و همکاران، ۱۳۹۹) نشان دادند که تصمیم‌گیری یک رکن مهم در ارتقا، بهبود و ارزیابی رسانه‌ها به‌منظور اطلاع‌رسانی، آموزش و فرهنگ‌سازی دارد. دولت‌ها به‌طور مستمر به اطلاعاتی در ارتباط با عملکرد خود نیاز دارند تا به‌واسطه آن تصمیم‌گیری‌های خود را اصلاح‌کرده و بهبود نمایند، به‌خصوص اگر این اطلاعات در قیاس با سایر کشورها باشد درک عمیق‌تری را ایجاد خواهد کرد. اندازه‌گیری عملکرد شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی به‌مراتب آسان‌تر از اندازه‌گیری قابلیت‌های فناورانه است زیرا که قابلیت‌های فناورانه ابعاد ناهمگون متعددی را دربردارد (Archibugi & Coco, 2005). به همین علت لازم است در تصمیم‌گیری‌های راهبردی 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 راهبردی 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. بنابراین پرسش‌های اصلی این مقاله به‌طور خلاصه در موارد زیر آورده شده است:

- چگونه می‌توان تصمیماتی را اتخاذ نمود که هم به بیانیه گام دوم انقلاب و هم به توسعه علم و فناوری توجه کنند؟
- مدل‌های متداول تصمیم‌گیری چه چالش‌هایی در برابر تصمیم‌گیری با توجه به بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری دارند؟
- چه مدل تصمیم‌گیری‌ای قادر به تحلیل گزینه‌های تصمیم‌گیری با توجه به بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری است؟

در این راستا اهداف این پژوهش به‌صورت ذیل تعریف می‌شود:

- ارائه یک ساختار تصمیم‌گیری به‌منظور در نظر گرفتن بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری
- تشریح و تحلیل چالش‌های پیش روی مدل‌های متداول تصمیم‌گیری در قبال بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری
- ارائه مدل ریاضی نوین تصمیم‌گیری با توجه به بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری

روش‌شناسی

در ادبیات تحقیق نشان داده شد که رقابت امروز بین کشورها در رابطه با توسعه علم و فناوری است. تهدید ایجادشده در چنین موضوعی این است که کشورها برای دستیابی سریع‌تر به علم و فناوری در سطوح بالاتر دست به تقلید از کشورهای توسعه‌یافته بزنند و شرایط فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و

زیست بومی خود را ملاحظه نکنند. در جمهوری اسلامی ایران، بیانیه گام دوم انقلاب که توسط مقام معظم رهبری نوشته شده است یک سند بالادستی محسوب می‌شود. بنابراین چنین سندی به‌عنوان نقشه راه سایر اجزای نظام در نظر گرفته می‌شود. چنانچه در تصمیم‌گیری‌های راهبردی بتوان توسعه علم و فناوری را با الزامات بیانیه گام دوم انقلاب همگام و هماهنگ نمود، دغدغه و چالش مذکور برای جمهوری اسلامی ایران رخت برمی‌بندد. در ادامه تصمیم‌گیری به‌عنوان ابزار همگام‌سازی و هماهنگی تشریح می‌شود. 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 می‌کند. 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. علاوه بر این مسائل، موضوع توسعه علم و فناوری و بیانیه گام دوم انقلاب در مواجهه با زمینه‌های تخصصی و گوناگون، بین‌رشته‌ای محسوب می‌شود و در تعامل با بسیاری از نخبگان و خبرگان قرار می‌گیرد. لذا ضروری است از نظرات آنان به‌خوبی استفاده شود که همین مورد نشان‌دهنده ماهیت کیفی-کمی چنین تصمیم‌گیری‌ای است که با شاخص‌های مختلف از تخصص‌های متفاوت مواجه است. شاخص‌ها یا مثبت و یا منفی هستند. هر گزینه‌ای که در شاخص مثبت مقدار بیشتری دریافت کند، مطلوبیت بیشتری برای تصمیم‌گیرنده ایجاد می‌کند. 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[۱] به‌عنوان نماینده غیر جبرانی‌ها و سپس روش AHP[۲] به‌عنوان

[۱] ELimination Et Choix Traduisant la REalite
[۲] Analytic Hierarchy Process (AHP)

نماینده جبرانی‌ها توضیح داده می‌شود (ترابی و همکاران، ۱۳۹۶). شایان‌ذکر است که این دو مدل به علت وسعت کاربرد و مرجع بودن برای سایر مدل‌های دیگر، برای مقایسه انتخاب‌شده‌اند. در ادامه، 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، پیشنهادات 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 است. برای استفاده از این روش نیاز است شاخص‌های کیفی به شاخص‌های کمی تبدیل شود. الزامی وجود ندارد که شاخص‌ها 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 داده شده است.

$$X = \begin{bmatrix} r11 & \dots & r1n \\ \dots & \dots & \dots \\ rm1 & \dots & rmn \end{bmatrix} \quad (۱)$$

در ماتریس تصمیم‌گیری، rij نشان‌دهنده عنصر متعلق به i امین شاخص و j امین شاخص 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.

$$W = [w1, w2, \dots, wn] \quad (۲)$$

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

$$r_{ij}^{*} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_i r_{ij}^2}} \quad (۳)$$

در این گام، عنصر وزنی نرمالایز شده برای ماتریس تصمیم تعیین می‌گردد. برای انجام چنین امری بایستی از رابطه (۴) استفاده نمود.

$$\hat{r}_{ij} = r_{ij}^{*} w_j \qquad (۴)$$

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 (۵) و (۶) نشان داده‌شده است.

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

$$G_{m\times m} = (g_{ik})_{m\times m}; \quad g_{ik} = \sum_{j\in C_{i,k}} w_j, \quad 0 \leq g_{ik} \leq 1 \qquad (۶)$$

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.

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

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

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

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

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

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.

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

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

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 است. 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، شناسایی 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.

جدول۱. مقایسات زوجی

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

C معیارها، A امتیازات، i=1,…,n و j=1,…,n بیانگر تعداد شاخص‌ها است. برای مثال، A21، ارجحیت شاخص دو نسبت به شاخص یک را از نگاه تصمیم‌گیرنده نشان می‌دهد. این ماتریس برای مقایسات زوجی بین شاخص‌ها است، مشابه چنین ماتریسی را برای گزینه‌های مربوط به یک شاخص نیز می‌توان در نظر گرفت. عناصر قطر اصلی برابر یک در نظر گرفته می‌شوند. برای نمونه، A11

نشانگر برتری شاخص یک نسبت به شاخص یک است که همواره برابر یک است. از طرف دیگر، وقتی ارجحیت شاخص i نسبت به شاخص j برابر a است، نتیجه می‌شود که ارجحیت شاخص j نسبت به شاخص i، ۱/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.

جدول ۲. مقیاس ساعتی

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.

- **محاسبه وزن‌ها**

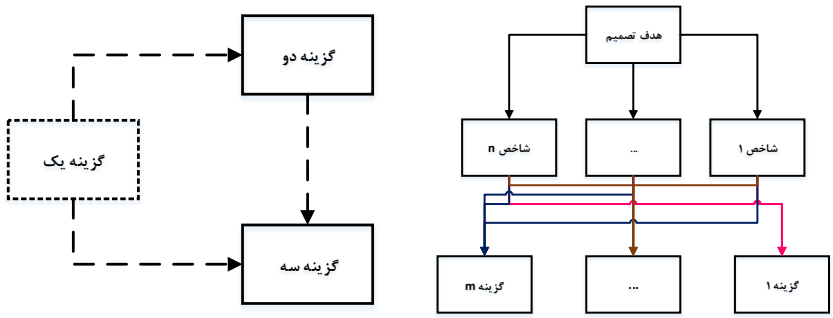
در این گام دو نوع وزن بایستی موردمحاسبه قرار گیرد. این دو شامل، وزن شاخص‌ها و وزن گزینه‌ها است. برای پیدا کردن وزن باید ماتریس مقایسات زوجی بی مقیاس شود. برای بی مقیاس سازی، نیاز است مجموع اعداد هر ستون در ماتریس مقایسات زوجی را به دست آوریم و سپس یکایک اعداد درون ستون را تقسیم‌بر مجموع ستون مربوطه نماییم. 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 پیدا شده 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

تجزیه‌وتحلیل

در شکل (۱) سه چالش عمده وجود دارد.

۱- عدم وجود ارتباط سیستماتیک درون هر واحد تصمیم‌گیری

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 ELECTRE 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 AHP زیرشاخص‌ها را محدود به مفاهیم

شاخص فوقانی می‌کند. از طرف دیگر، واحدهای تصمیم‌گیری بدون در نظر گرفتن روابط سیستماتیک درونی خود در AHP و ELECTRE مدل‌سازی شده‌اند که این مسئله با در نظر گرفتن دو سری شاخص مربوط به توسعه علم و فناوری و بیانیه گام دوم انقلاب در تناقض است. بنابراین روشی لازم است تا بتواند ارزیابی تصمیمات را مبتنی بر روابط بین شاخص‌ها و روابط درونی هر واحد تصمیم‌گیری انجام دهد.

۲- عدم تعیین وزن بهینه

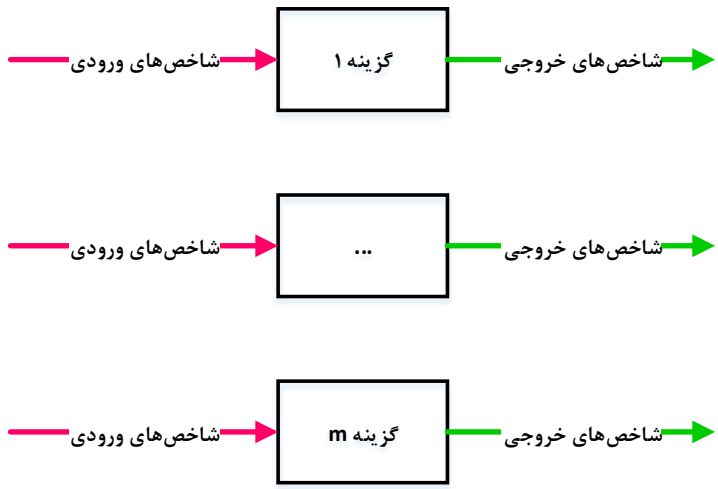
چالش دوم در رابطه با وزن‌های مربوط به شاخص‌ها است. روش AHP و روش ELECTRE اهمیت شاخص‌ها را در قالب اوزان شاخص‌ها به‌صورت ورودی مسئله تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرند. بدیهی است این‌یک مشکل و چالش بزرگ برای این روش‌ها در قبال تصمیم‌گیری برای توسعه علم و فناوری و بیانیه گام دوم انقلاب است. زیرا، هر تصمیم و گزینه 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. بنابراین لازم است روشی استفاده شود که اوزان و اهمیت شاخص‌ها و روابط بین آن‌ها و هم‌چنین روابط درونی آن‌ها را بهینه‌سازی نماید.

۳- عدم مقایسه نسبی گزینه‌ها

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. در حالی‌که نه روش AHP و نه روش ELECTRE به‌طور هم‌زمان هر واحد تصمیم‌گیری را در فضای شدنی سایر واحدهای

تصمیم‌گیری بررسی و ارزیابی نمی‌کند. لذا روشی بایستی برای ارزیابی انتخاب گردد که چنین مقایسه نسبی‌ای را بتواند پیاده‌سازی نماید.

شکل (۲) ساختار تحلیل پوششی داده[۱]را نمایش می‌دهد که چالش‌های مربوط به بهینه‌سازی اوزان و در نظر گرفتن مقایسه نسبی را مرتفع می‌سازد. تحلیل پوششی داده از طریق برنامه‌ریزی ریاضی خطی، عملکرد هر تصمیم و یا هر گزینه را تحت عنوان واحد تصمیم‌گیری با توجه به شاخص‌هایی تحت عنوان ورودی‌ها (نهاده) و خروجی‌ها (ستانده) در مقایسه با سایر تصمیمات و یا گزینه‌های مشابه اندازه‌گیری می‌کند و از این طریق اوزان بهینه را تعیین می‌کند (Charnes et al., 1994). لازم به ذکر است که خروجی محصول به کار بردن ورودی است. به همین منظور چنین ساختاری برای تصمیم‌گیری در رابطه با بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری در مقاله ما به‌عنوان مبنا در نظر گرفته‌شده است.

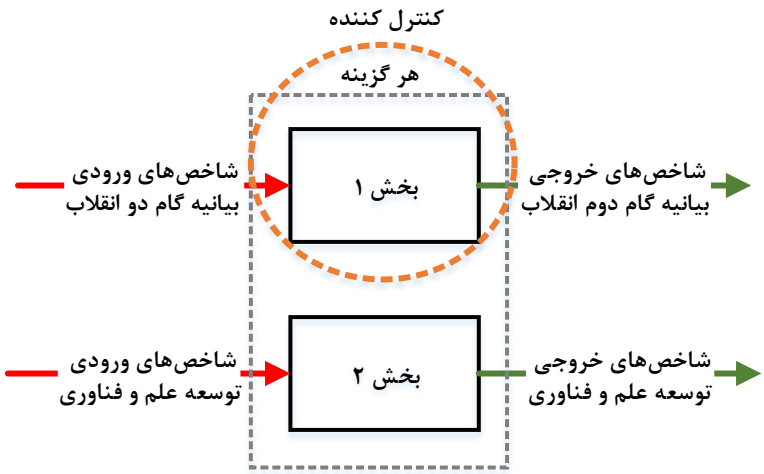


شکل ۲. ساختار تحلیل پوششی داده

در شکل (۲) چالش اول همچنان حضور دارد. به این معنا که روابط داخلی هر گزینه تصمیم‌گیری مشخص نیست. یکی از موارد بسیار مهم در تعیین روابط، حضور دو زیر بخش بیانیه گام دوم انقلاب و توسعه علم و فناوری در هر سنجشی است که برای هر تصمیم رخ می‌دهد. این دو زیر بخش

[۱] Data Envelopment Analysis (DEA)

می‌توانند به‌طور موازی با یکدیگر باشند و خروجی کلی چنین ارزیابی‌ای امتیاز کارآمدی هر تصمیم را نشان دهد. در نظر گرفتن حالت موازی، برابری در تقدم و تأخر و استقلال این دو زیر بخش را در حضور همدیگر تضمین می‌دهد. البته به جهت بهبود در تصمیم لازم است علاوه بر تأثیر سازشی این دو زیر بخش، تأثیر کنترلی بیانیه گام دوم انقلاب بر روی توسعه علم و فناوری نیز لحاظ شود. 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. 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 با دانش نویسندگان این پژوهش، برای اولین بار است چنین مدلی برای تصمیم‌گیری معرفی می‌شود. چنین ساختاری کلیه چالش‌های مذکور را مرتفع می‌سازد. این ساختار درون‌زا است به این معنا که شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب و شاخص‌های توسعه علم و فناوری به دو قسمت ورودی و خروجی متناسب و متناظر با هر حوزه تخصصی بر اساس نظر خبرگان تقسیم می‌شود و تصمیمات بر این اساس سنجیده می‌شوند. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، خروجی نشات گرفته از ورودی است. در بخش یک، تصمیمات از منظر بیانیه گام دوم انقلاب متناسب با زمینه تخصصی موردبررسی (که می‌تواند توسط تصمیم‌گیرندگان، مدیران و خبرگان موضوعیت بررسی تعیین شود)، ارزیابی می‌شود. در بخش دو، تصمیمات از منظر توسعه علم و فناوری متناسب با زمینه تخصصی موردبررسی، ارزیابی می‌شود. خروجی ارزیابی، نشات گرفته از هر دو زیر بخش است. ضمناً، در چنین ساختاری بخش دو تحت کنترل بخش یک است. بنابراین ضمن استقلال در هر دو زیر بخش، رابطه کنترل‌گری و کنترل شوندگی نیز لحاظ شده است. شایان‌ذکر است که ساختار پیشنهادی، ساختاری عمومی است. لذا هر شاخص دیگری نیز در آن می‌گنجد و به همین دلیل چنین ساختاری کاربردهای بسیار زیادی در حوزه‌های گوناگون دارد.



شکل ۳. ساختار پیشنهادی برای تصمیم‌گیری

در این قسمت مدل‌هایی برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری متناسب با چارچوب شکل (۳) ارائه می‌شود. از طریق این مدل‌ها به‌صورت بهینه جهانی[۱] تصمیمات جهت اتخاذ، ارزیابی می‌شوند. در بدایت امر، مدل تحلیل پوششی داده که توسط (Klimberg & Ratick, 2008) توسعه داده‌شده است، در روابط (۱۸)-(۱۴) توضیح داده می‌شود و هم‌چنین، نوتاسیون‌های مربوطه در جدول (۴) آورده شده است.

[۱] Global optimum

جدول ۴. نوتاسیون‌ها

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
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
$\gamma_{i^D}, \varphi_{i^D}$	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 ناکاری در هر واحد تصمیم‌گیری

مقدار کارایی در هر واحد تصمیم‌گیری	$w_{r^D}^{D}$
کارایی سازشی	$w_{r^D}^{L-F}$

$$\text{Max} \quad \sum_{r^D} w_{r^D}^{D} \tag{۱۴}$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i^D} \vartheta_{r^D i^D}^{D} I_{r^D i^D}^{D} = 1 \qquad \forall r^D \tag{۱۵}$$

$$\sum_{j^D} \mu_{r^D j^D}^{D} O_{r^D j^D}^{D} + d_{r^D}^{D} = 1 \qquad \forall r^D \tag{۱۶}$$

$$\sum_{j^D} \mu_{r^D j^D}^{D} O_{k^D j^D}^{D} - \sum_{i^D} \vartheta_{r^D i^D}^{D} I_{k^D i^D}^{D} \leq 0 \quad \forall k^D; \forall r^D; k \neq r \tag{۱۷}$$

$$\mu_{r^D j^D}^{D}, \vartheta_{r^D i^D}^{D} \geq \varepsilon \qquad \forall r^D, j^D, i^D \tag{۱۸}$$

رابطه (۱۴) تابع هدف است و نشان‌دهنده بیشینه‌سازی کارایی هر واحد تصمیم‌گیری است ($w_{r^D}^{D} = 1 - d_{r^D}^{D}, \forall r^D$). محدودیت (۱۵) به‌صورت قراردادی مجموع موزون ورودی‌ها را برابر یک فرض می‌کند. محدودیت (۱۶) مقدار ناکارایی هر واحد تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. محدودیت (۱۷) نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها را کمتر یا مساوی یک تنظیم می‌کند. محدودیت (۱۸) مانع از صفر شدن اوزان می‌شود. برای پیاده‌سازی شکل (۳) در قالب مدل‌سازی ریاضی لازم است که شبکه‌ای که دارای دو بخش موازی یکدیگر است، پیکربندی شود. تحلیل پوششی داده شبکه‌ای قادر به مدل‌سازی این‌چنینی است (Kao, 2017). در این راستا، بخش یک و بخش دو می‌توانند در سازش با یکدیگر تصمیمات را ارزیابی نمایند. به چنین مدلی، سازشی گفته می‌شود که در روابط (۲۶)-(۱۹) نشان داده‌شده است.

$$\text{Max} \quad \sum_{r^D} w_{r^D}^{D-L} w_{r^D}^{D-F} \tag{۱۹}$$

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

$$\sum_{i^{D-F}} \vartheta_{r^D i^{D-F}}^{D-F} I_{r^D i^{D-F}}^{D-F} = 1 \qquad \forall r^D \tag{۲۱}$$

$$\sum_{j^{D-L}} \mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L} O_{r^D j^{D-L}}^{D-L} + d_{r^D}^{D-L} = 1 \qquad \forall r^D \tag{۲۲}$$

$$\sum_{i^{D-L}} \mu_{r^D i^{D-F}}^{D-F} I_{r^D i^{D-F}}^{D-F} + d_{r^D}^{D-F} = 1 \qquad \forall r^D \tag{۲۳}$$

$$\sum_{j^{D-L}} \mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L} O_{k^D j^{D-L}}^{D-L} - \sum_{i^D} \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L} I_{k^D i^{D-L}}^{D-L} \leq 0 \quad \forall k^D; \forall r^D; k \neq r \tag{۲۴}$$

$$\sum_{i^{D-L}} \mu_{r^D j^{D-F}}^{D-F} I_{k^D i^{D-F}}^{D-F} - \sum_{i^{D-F}} \vartheta_{r^D i^{D-F}}^{D-F} I_{k^D i^{D-F}}^{D-F} \forall \leq 0 \; k \neq r \tag{۲۵}$$

$$\mu_{r^D j^{D-L}}^{D-L}, \vartheta_{r^D i^{D-L}}^{D-L}, \mu_{r^D j^{D-F}}^{D-F}, \vartheta_{r^D i^{D-F}}^{D-F} \geq 0, \; r^D, j^{D-L}, j^{D-F}, i^{D-L}, i^{D-F} \tag{۲۶}$$

رابطه (۱۹) کارایی سازشی تصمیمات را بیشینه می‌کند. رابطه (۲۰) و (۲۱) به ترتیب مجموع موزون ورودی‌های مرتبط با کنترل‌گر و کنترل شونده را برابر با یک تنظیم می‌کند.

رابطه (۲۲) و (۲۳) به ترتیب ناکاری هر تصمیم در کنترل‌گری و کنترل شوندگی را نشان می‌دهد. رابطه (۲۴) و (۲۵) به ترتیب حد بالای کارایی برای کنترل‌گری و کنترل شوندگی را برابر با یک تنظیم می‌کند. رابطه (۲۶) متغیرهای تصمیم‌گیری مثبت را نشان می‌دهد. ازآنجایی‌که رابطه (۱۹) ضرب دو

متغیر تصمیم‌گیری پیوسته است، پس این رابطه غیرخطی است. برای خطی سازی این رابطه از روابط (۳۱)-(۲۷) مطابق با الگوی مک کورمیک[1] استفاده می‌شود(McCormick, 1976).

$$\text{Max} \quad \sum_{r^D} w_{r^D}^{L-F} \qquad (۲۷)$$

$$\text{S.t.} \quad w_{r^D}^{L-F} \geq 0 \qquad \forall r^D \qquad (۲۸)$$

$$w_{r^D}^{L-F} \geq w_{r^D}^{D-L} + w_{r^D}^{D-F} - 1 \qquad \forall r^D \qquad (۲۹)$$

$$w_{r^D}^{L-F} \leq w_{r^D}^{D-L} \qquad \forall r^D \qquad (۳۰)$$

$$w_{r^D}^{L-F} \leq w_{r^D}^{D-F} \qquad \forall r^D \qquad (۳۱)$$

در روابط (۳۱)-(۱۹) کنترل‌گر و کنترل شونده برای ارزیابی تصمیمات سازش می‌کردند. برای تعیین مدل کنترلی کافی است امتیاز کارآمدی کنترل‌گر بر کنترل شونده چیره شود. برای این امر، رابطه (۳۲) به مدل سازشی اضافه می‌شود و آن را به مدل کنترلی تبدیل می‌نماید.

$$w_{r^D}^{D-L} \geq w_{r^D}^{D-F} \qquad \forall r^D \qquad (۳۲)$$

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 $[I_{r^D i^D}^{D}, \bar{I}_{r^D i^D}^{D}]$ و $[\underline{O}_{r^D j^D}^{D}, \bar{O}_{r^D j^D}^{D}]$ است. این‌گونه اعداد مطابق با روابط (۳۳) و (۳۴) تبدیل به اعداد قطعی می‌شوند. در روابط (۳۳) و (۳۴)، φ_{i^D} و γ_{i^D} برش‌های قطعی نام دارند که اعدادی بین صفر و یک هستند (محمودآبادی، ۱۳۹۷). با در نظر گرفتن این روابط در مدل‌های سازشی و کنترلی، مدل‌های مذکور در شرایط عدم قطعیت تصمیمات را ارزیابی می‌نمایند.

[1] McCormic

$$I^{D}_{r^{D} i^{D}} = \underline{I}^{D}_{r^{D} i^{D}} + \gamma_{i^{D}} \left(\overline{I}^{D}_{r^{D} i^{D}} - \underline{I}^{D}_{r^{D} i^{D}} \right) \qquad \forall r^{D}, i^{D} \quad (۳۳)$$

$$O^{D}_{r^{D} j^{D}} = \underline{O}^{D}_{r^{D} j^{D}} + \varphi_{i^{D}} \left(\overline{O}^{D}_{r^{D} j^{D}} - \underline{O}^{D}_{r^{D} j^{D}} \right) \qquad \forall r^{D}, i^{D} \quad (۳۴)$$

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این قسمت از طریق یک مثال عددی کاربرد مدل‌های پیشنهادی نشان داده می‌شود. شایان‌ذکر است به جهت حفظ عمومیت مدل‌های پیشنهادی از اعداد تصادفی برای این مثال استفاده‌شده است. برای این منظور چهار شاخص متناسب با خلق فناوری، انتشار فناوری جدید، انتشار فناوری قدیمی و مهارت‌های نیروی انسانی به‌عنوان شاخص‌های توسعه علم و فناوری در نظر می‌گیریم که دو شاخص آن به‌عنوان ورودی و دو شاخص آن به‌عنوان خروجی فرض شده است. با توجه به عمومیت مدل‌ها استفاده از هرگونه شاخص دیگری نیز مجاز است. هفت توصیه مقام معظم رهبری در بیانیه گام دوم انقلاب اسلامی را به‌عنوان شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب در نظر می‌گیریم به‌طوری‌که سه شاخص ورودی و چهار شاخص خروجی فرض شده است. لازم به ذکر است که تعداد، نوع و کیفیت شاخص‌ها متناسب با زمینه‌های مختلف، متفاوت است و ازآنجایی‌که مدل‌های پیشنهادی ما عمومیت دارند، چنین تفاوتی را پذیرا هستند. لذا خبرگان در هر حوزه کافی است پس از کار تخصصی در تعیین شاخص‌های مربوط به زمینه تخصصی خود، اقدام به بهره‌برداری از مدل‌های پیشنهادی ما نمایند. پنج تصمیم مفروض شده است که مورد ارزیابی قرار گیرد. برای حفظ عمومیت مدل‌ها، از اعداد تصادفی یکنواخت و نرمال برای تعیین امتیاز هر تصمیم در هر شاخص استفاده‌شده است. بازه عدم قطعیت در شاخص‌های ورودی و خروجی نیز در سطر آخر جدول (۵) مشخص‌شده است.

جدول ۵. داده ورودی

شاخص‌های بیانیه گام دوم انقلاب		شاخص‌های توسعه علم و فناوری		
بازه اعداد	توزیع تصادفی	بازه اعداد	توزیع تصادفی	تصمیم
(10-50)	یکنواخت	(60-100)	یکنواخت	۱
(3-25)	یکنواخت	(60-100)	یکنواخت	۲
(1-5)	یکنواخت	(300-500)	یکنواخت	۳
(35,10)	نرمال	(3-10)	یکنواخت	۴
(35,10)	نرمال	(60-100)	یکنواخت	۵
۷ (۳,۴)		۴ (۲,۲)		تعداد شاخص‌ها
$(10^{-4}, 2\times10^{4})$	عدم قطعیت خروجی	$(10^{-5}, 10^{5})$		عدم قطعیت ورودی

بر اساس داده موجود در جدول (۵)، مدل‌سازشی، کنترلی و غیرقطعی حل می‌شود. نتایج حل در جدول (۶) گزارش‌شده است. تصمیم دو، سه و پنج، تصمیمات کارآمد و نسبت به یکدیگر بدون ارجحیت هستند. در حالی که تصمیم یک و چهار در مقایسه با سایر تصمیمات ناکارآمدتر هستند. البته نباید فراموش کرد تصمیمات ناکارآمد همواره حذف نمی‌شوند. زیرا که به‌واسطه امکانات محدود ممکن است برخی از تصمیمات ناکارآمد انتخاب شوند و در طی بازه زمانی معینی، آن‌ها بهبود داده شوند. بدین ترتیب امکان دارد امکانات کمتری مصروف گردد. در مدل‌سازشی، تصمیم چهار مغلوب تصمیم یک می‌شود. در مدل کنترلی، کنترل شونده (توسعه علم و فناوری) مغلوب کنترل‌گر (بیانیه گام دوم انقلاب) شده است. بدین ترتیب همواره در مدل کنترلی توسعه علم و فناوری تحت کنترل بیانیه گام دوم انقلاب خواهد بود. مدل غیرقطعی هم بر روی سازشی و هم بر روی کنترلی پیاده‌سازی شده است. در مدل‌سازشی غیرقطعی مربوط به بیانیه گام دوم انقلاب، تصمیم یک ناکارآمد و در مدل‌سازشی غیرقطعی مربوط به علم و فناوری، تصمیم چهار ناکارآمد تشخیص داده شده است. در مدل غیرقطعی کنترلی نیز تصمیم یک و چهار ناکارآمد تشخیص داده شده است. باید توجه نمود ناکارآمدی‌ای که توسط مدل غیرقطعی نمایان شده است بیشتر از مقدار ناکارایی مشخص‌شده توسط مدل کنترلی و سازشی بدون شرایط عدم قطعیت است. ضمناً اثر عدم قطعیت بر روی تصمیم چهار

بیشتر از تصمیم یک بوده است و این نشان می‌دهد که تصمیم چهار در شرایط عدم قطعیت متزلزل‌تر از تصمیم یک است.

جدول ۶. نتایج مدل‌های پیشنهادی

	سازشی	کنترلی		غیرقطعی		
		کنترل‌گر	کنترل شونده	سازشی (علم و فناوری)	سازشی (بیانیه گام دوم)	کنترلی
تصمیم یک	۰.۹۸۲	۰.۹۸۲	۰.۹۸۲	۱	۰.۹۲۷	۰.۹۲۷
تصمیم دو	۱	۱	۱	۱	۱	۱
تصمیم سه	۱	۱	۱	۱	۱	۱
تصمیم چهار	۰.۸۱۵	۱	۰.۸۱۵	۰.۶۳۱	۱	۰.۶۳۱
تصمیم پنج	۱	۱	۱	۱	۱	۱

یکی از صحنه‌های بسیار حیاتی برای کشورها که حضور در آن یک ضرورت به‌حساب می‌آید، توسعه علم و فناوری است. این توسعه یک الزام بالادستی برای کشورها به شمار می‌آید. لکن، چالش بزرگ دراین‌بین، این است که کشورهای متأخر در زمینه توسعه علم و فناوری از کشورهای پیشرفته بدون در نظر گرفتن شرایط فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و زیست بومی خود تقلید نمایند. در جمهوری اسلامی ایران، بیانیه گام دوم انقلاب که توسط مقام معظم رهبری نوشته شده است در قامت یک سند بالادستی به شمار می‌آید و به علت جایگاه رهبری به‌عنوان بالاترین مقام جمهوری اسلامی ایران، چنین سندی نقشه راه سایر اجزای نظام است. بنابراین اگر در تصمیم‌گیری‌های راهبردی خطوط راهنمای این بیانیه با توسعه علم و فناوری همگام شود، کشور ما در مسیر توسعه‌ای قرار می‌گیرد که از دغدغه فوق‌الذکر نیز مصون خواهد ماند. بنابراین در این مقاله، از تصمیم‌گیری چند شاخصه برای هماهنگ‌سازی و همگام‌سازی این دو مهم استفاده شده است. برای این منظور، در ابتدا، مدل‌های عمومی تصمیم‌گیری تبیین شده است و سپس چالش‌های این مدل‌های در مواجهه با توسعه علم و فناوری توأم با بیانیه گام دوم انقلاب اسلامی تشریح شده است. سپس راهکارهای ما برای رفع این چالش‌های بیان شده است و بدین ترتیب از طریق ارائه سه مدل بهینه‌سازی ریاضی تحت عنوان سازشی، کنترلی و غیرقطعی، ساختاری موازی برای تصمیم‌گیری عمومی معرفی شده است. درنهایت کاربرد مدل‌های پیشنهادی از

طریق یک مثال عددی تصادفی نشان داده شده است. بدیهی است، ازآنجایی‌که مدل‌های ارائه شده عمومیت دارند تحت هر شرایط، مثال و زمینه تخصصی قابلیت پیاده‌سازی دارند. این مقاله فرصت‌های تحقیقاتی زیادی را برای پژوهشگران فراهم می‌آورد. توسعه شبکه تصمیم‌گیری و لحاظ نمودن وجوه دیگر به‌عنوان شاخص‌ها، در نظر گرفتن سایر انواع عدم قطعیت و پیاده‌سازی این مدل‌ها بر روی زمینه‌های تخصصی مختلف ازجمله پیشنهادات برای تحقیقات آتی است.

منابع:

- امام خامنه‌ای، س، ع. (۱۳۹۷). 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. (۱۳۹۰). تنگناها و راهکارهای کلان توسعه تکنولوژی در ایران. چشم‌انداز مدیریت دولتی، شماره ۷. صفحه ۲۹-۹.
- فرقانی، ع. (۱۳۸۹). سنجش توانمندی فناوری در سطح ملی، موردمطالعه کشور ایران. فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، شماره ۱۵. صفحه ۱۳-۶.
- لاریجانی،م.، نادری،م.، شبیری، م، س.، زبردست، ل. (۱۳۹۹). تعیین معیارها و ارزیابی عملکرد شبکه‌های تلویزیونی سیما با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. فصلنامه علمی مطالعاتی مدیریت راهبردی دفاع ملی. سال چهارم، شماره ۱۳، ۳۶۳-۳۸۸.
- 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 ۳. 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., & Coco, A. (۲۰۰۵). Measuring Technological Capabilities at The Country Level : A Survey and a Menu for Choice. *Research Policy*, *175-194.* https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.002

- 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.
- 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.
- McCormick, G.P., 1976. Computability of global solutions to factorable nonconvex programs. Part I. Convex underestimating problems. *Mathematical Programming*. 10, 147–175. https://doi.org/10.1007/BF01580665
- Wollmann, D., Teresinha, M. (2017). The strategic decision-making as a complex adaptive system: a conceptual scientific model. Complexity, 13 pages