فصلنامهٔ پژوهش‌های برنامه و توسعه
مقالهٔ پژوهشی

اولویت‌بندی طرح‌های ناتمام آزادراهی کشور با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

حسین حقیقی
مهدی روانشادنیا
سعید کاردار

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸
سال پنجم، شمارهٔ ۱۷، بهار ۱۴۰۳

چکیده

این مقاله برگرفته از یک پژوهش کاربردی- توسعه‌ای است که با هدف ارائهٔ مدلی مناسب برای تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی طرح‌های ناتمام آزادراهی کشور، با توجه به محدودیت منابع مالی، انجام گرفته است. مسئلهٔ اساسی پژوهش با این پرسش آغاز می‌شود که با ابتنا به اسناد فرادستی نظام و شرایط خاص داخلی و خارجی، با چه معیارها و مدل‌هایی می‌توان نسبت به اولویت‌بندی مناسب طرح‌های ناتمام آزادراهی کشور تصمیم‌گیری کرد؟ روش پژوهش، تحلیلی- کمّی و شیوهٔ جمع‌آوری اطلاعات در آن، کتابخانه‌ای و میدانی است؛ به‌طوری‌که ابتدا با بررسی اسناد فرادستی و مرور پژوهش‌های انجام‌یافته، معیارهای مناسب برای اولویت‌بندی طرح‌ها، شناسایی و سپس مجموعهٔ معیارها و زیرمعیارها در یک ماتریس جمع‌آوری می‌شوند. در ادامه، ازطریق مصاحبه با خبرگان به‌روش دلفی و وزن‌دهی هریک از معیارها، ماتریس موزون معیارها شکل می‌گیرد. درنهایت با فرموله‌کردن هریک از معیارهای موزون و تجزیه و تحلیل شبکه‌ای (ANP) با نرم‌افزار Super Decision و کاربرد

---

* دانشجوی دکتری مهندسی عمران، مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات (نویسندهٔ مسئول). Email: nobakhthossein@yahoo.com
** دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکدهٔ عمران، معماری و هنر.
*** استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکدهٔ عمران، معماری و هنر.

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، سوپرماتریس طرح‌های اولویت‌بندی‌شدهٔ آزادراهی کشور نتیجه‌گیری و برای اجرا آماده می‌شود. با استفاده از این ماتریس، اولویت هریک از طرح‌های آزادراهی به‌صورت تک‌معیاره یا چندمعیاره تعیین می‌شود. از دیگر یافته‌های این پژوهش، امکان طراحی مگاماتریس برای تمامی طرح‌های عمرانی اولویت‌بندی‌شدهٔ کشور است.

واژه‌های کلیدی: طرح‌های ناتمام آزادراهی کشور، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، تحلیل‌های شبکه‌ای
طبقه‌بندی JEL: R58, R41, R48

۱. کلیات پژوهش

۱.۱. مقدمه

با اتمام جنگ جهانی دوم و آغاز طرح‌های بازسازی در کشورهای جهان، در ایران نیز طرح‌های عمرانی و زیربنایی با تصویب برنامه‌های توسعه و متناسب با اهداف هر برنامه به مرحلهٔ اجرا درآمد. یکی از اولویت‌های توسعه در برنامه‌های مختلف، توجه به زیرساخت‌های حمل‌ونقل؛ به‌ویژه راه‌ها بوده است؛ به‌طوری‌که در نخستین برنامهٔ عمرانی هفت‌سالهٔ کشور که از سال ۱۳۲۸ به مرحلهٔ اجرا درآمد، حدود ۲۴درصد اعتبارات تنها به فصل راه‌ها اختصاص یافت (نوبخت، ۱۴۰۰).

فصل مشترک عملکرد ۱۱ برنامه‌ای که تاکنون در کشور اجرا شده است، از یک‌سو عدم تحقق منابع پیش‌بینی‌شده و درنهایت عدم اتمام طرح‌های مصوب در زمان مقرر و از سوی دیگر، شروع طرح‌های عمرانی جدیدی که با وجود انبوه طرح‌های ناتمام گذشته در دستور کار دولت‌ها قرار گرفته، است. درنتیجهٔ چنین اقدامی فقط طی دورهٔ ۱۳۹۸-۱۳۸۵ تعداد طرح‌های عمرانی با رشد ۱۲۱ درصدی از ۱۲۴۱ طرح به ۲۷۴۰ طرح افزایش یافت و این در حالی است که طرح‌های خاتمه‌یافته در این مدت، تنها ۱۴۴۸ طرح بود.

طی ۱۳ سال در دورهٔ مذکور به‌طور متوسط سالانه ۲۲۴ طرح شروع و ۱۱۱ طرح به اتمام رسیده است (سازمان برنامه و بودجهٔ کشور، ۱۳۹۸). از این‌رو، نظام اجرایی کشور به‌طور مستمر با محدودیت منابع مالی و افزایش طرح‌های ناتمام عمرانی مواجه بوده است.

۲.۱. اهمیت موضوع

هم‌اکنون در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای از ۲۳ طرح آزادراهی کشور به طول ۴۶۰۸ کیلومتر تنها ۱۶۴۴کیلومتر به‌صورت مشارکتی در دست ساخت است که زمان شروع برخی از آنها، هم‌چون آزادراه تهران- شمال به ۲۷ سال قبل، بازمی‌گردد.

با عنایت به اینکه جاده‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ‌ومیر در تصادفات رانندگی هستند، ایران با نرخ ۲۰/۵ مرگ در هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در بین ۱۷۵ کشور در رتبهٔ ۱۱۳ قرار دارد (پژوهشکده آمار، ۱۳۹۸).

اما با توجه به محدودیت منابع مالی در قانون بودجهٔ سال ۱۴۰۰ برای اجرای ۲۳ طرح آزادراهی که باید به‌صورت مشارکتی با بخش غیردولتی تکمیل شود، مبلغ ۳۹/۵ هزار میلیارد تومان پیش‌بینی اعتبار صورت گرفته که ۱۷/۹ هزار میلیارد تومان سهم دولت و ۲۱/۶ هزار میلیارد تومان سهم بخش غیردولتی تعیین شده است. از این مبالغ در بخش دولتی فقط ۵/۳ هزار میلیارد تومان و در بخش غیردولتی نیز درحدود ۳/۹ هزار میلیارد تومان، جمعاً ۹/۲ هزار میلیارد تومان پرداخت شده و بیش از ۳۰ هزار میلیارد تومان نیز باید با توجه به محدودیت منابع برای تکمیل ۲۳ طرح مذکور پرداخت شود (قانون بودجهٔ سال ۱۴۰۰).

این درحالی است که طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۲ شاخص کلی راه و راه‌آهن ۵/۲ برابر شده است؛ به‌طوری‌که هزینهٔ ساخت هر کیلومتر راه اصلی از ۲/۵ میلیارد تومان به ۱۵ میلیارد تومان افزایش یافته است (سازمان برنامه و بودجهٔ کشور، پاییز ۱۴۰۰).

در چنین شرایطی لزوم تسریع در اتمام طرح‌های آزادراهی باید یکی از اولویت‌های نظام برنامه‌ریزی و توسعهٔ کشور در تخصیص اعتبارات عمرانی بیش از پیش مورد توجه و اقدام قرار گیرد.

۳.۱. بیان مسئله و سؤالات پژوهش

در چنین شرایطی، سازمان برنامه و بودجهٔ کشور برای تصمیم‌گیری درخصوص طرح‌های عمرانی، ازجمله تکمیل آزادراه‌های کشور حداقل با چهار مشکل زیر مواجه است:

۱. افزایش مستمر تعداد طرح‌های عمرانی ناتمام؛
۲. افزایش طول دورهٔ اجرا و ساخت طرح‌های عمرانی؛
۳. افزایش هزینه‌های اجرا و تکمیل طرح‌های عمرانی؛

۴. محدودیت منابع مالی برای تکمیل و بهره‌برداری طرح‌های عمرانی.

لذا نظام تصمیم‌گیری ذی‌ربط، به‌ویژه سازمان برنامه و بودجه به‌عنوان متولی توسعهٔ کشور و پیشنهاددهندهٔ طرح‌های عمرانی در لوایح بودجهٔ سنواتی و برنامه‌های توسعه، ناگزیر به اولویت‌بندی در اجرای طرح‌های ناتمام عمرانی خواهد بود؛ ولی با توجه به الزامات تصریح‌شده در اسناد فرادستی و ذی‌نفعان مرتبط با طرح‌های مذکور هم‌چون دستگاه‌های اجرایی، مجلس و مردم... نیازمند به‌کارگیری معیارهای متعدد و مدلی کارآمد برای اولویت‌بندی در انتخاب و اجرای طرح‌های ناتمام است.

با عنایت به این‌که موضوع پژوهش حاضر اولویت‌بندی طرح‌های ناتمام آزادراهی کشور است، بنابراین مسئلهٔ اساسی پژوهش با این پرسش اصلی بیان می‌شود که:

«با ابتناء به اسناد فرادستی نظام و شرایط داخلی و خارجی، با چه معیارها و مدل‌هایی می‌توان نسبت به اولویت‌بندی مناسب طرح‌های ناتمام آزادراهی کشور تصمیم‌گیری کرد؟»

پاسخ به این پرسش اصلی، نیازمند پاسخگویی به پرسش‌های فرعی زیر خواهد بود:

۱. معیارها و زیرمعیارهای مناسب اولویت‌بندی با توجه به اسناد فرادستی و پیشینه‌های پژوهشی برای طرح‌های آزادراهی کدام‌اند؟
۲. وزن هر معیار در اولویت‌بندی طرح‌ها چگونه تعیین می‌شود؟
۳. مدل مطلوب تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی طرح‌های آزادراهی کشور با وجود معیارهای متعدد، چیست؟

۴.۱. مراحل انجام پژوهش

در این پژوهش، پاسخگویی به پرسش‌های مطرح‌شده در چهار مرحله به شرح زیر انجام یافته است:

مرحلهٔ اول: بررسی ادبیات پژوهش

شامل: اول، شناخت رویکرد کنونی در تخصیص اعتبار به طرح‌های آزادراهی؛
دوم، مرور اسناد فرادستی در ارتباط با موضوع موردنظر؛
سوم، مطالعهٔ نتایج پژوهش‌های مرتبط.

با این بررسی، امکان شناسایی معیارهای مناسب اولویت‌بندی طرح‌های آزادراهی فراهم می‌شود.

مرحلهٔ دوم: روش‌شناسی پژوهش

شامل: اول، برخورداری از نظرات خبرگان به روش دلفی برای تشخیص زیرمعیارها و وزن‌دهی به معیارها؛
دوم، انتخاب روش مناسب برای اولویت‌بندی‌های چندمعیاره؛
سوم، طراحی مدل مطلوب تصمیم‌گیری با معیارهای متنوع و موزون ازطریق فرمول‌بندی، گردآوری و پیش‌پردازش داده‌های ورودی.

مرحلهٔ سوم: یافته‌های پژوهش

مشتمل بر حل مدل‌های تک‌معیاره و چندمعیاره و ارائهٔ سوپرماتریس طرح‌های اولویت‌بندی‌شدهٔ آزادراهی در پاسخ به مسئلهٔ اساسی پژوهش.

مرحلهٔ چهارم: نتایج پژوهش و پیشنهاد

شامل: استنتاج‌هایی است که درمورد اولویت هر طرح آزادراهی با درنظرگرفتن یک یا چند معیار پذیرفته‌شده صورت می‌گیرد. با توجه به روش انتخاب اولویت‌ها، ارائه و مدل تصمیم‌گیری با معیارهای متعدد در این پژوهش، پیشنهاد می‌شود با بهره‌گیری از یافته‌های آن نسبت به طراحی، مدل مناسبی برای تشکیل مگاماتریس طرح‌های عمرانی کشور در جهت بهینه‌سازی تخصیص اعتبارات اقدام شود.

۲. ادبیات پژوهش

بررسی ادبیات پیرامون موضوع پژوهش با سه عنوان زیر انجام شده است:

۱.۲. رویکرد کنونی

در شرایط کنونی، اجرای طرح‌های آزادراهی کشور مشابه سایر طرح‌های عمرانی دولتی است که از سوی نظام آمارهای دولت GFS[1]، با اصطلاح طرح‌های تملک دارایی‌های سرمایه‌ای نام‌گذاری شده است و پس از یک فرآیند چهار مرحله‌ای تهیه، تأیید، تصویب و تخصیص صورت می‌گیرد. در این فرآیند، وزارت راه و شهرسازی به‌عنوان دستگاه مسئول در اجرای مادهٔ ۲۳ قانون الحاق برخی مواد به قانون، تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (۲) عناوین، اهداف کمّی و اعتبارات طرح‌های تملک

1. Government Finance Statistics

دارایی‌های سرمایهٔ جدید را که در این پژوهش آزادراه‌های کشور هستند، با رعایت سایر قوانین و براساس گزارش توجیهی فنی (حجم کار و زمان‌بندی اجرا)، اقتصادی، مالی و زیست‌محیطی و رعایت پدافند با همکاری مشاور هر طرح تهیه می‌کند.

طرح‌های تهیه‌شده برای تأیید به سازمان برنامه و بودجه پیشنهاد می‌شود تا در لایحهٔ بودجهٔ سال موردنظر، درج شود. درصورت تأیید سازمان مذکور، هریک از این طرح‌ها برای یک‌بار و به قیمت ثابت در لایحهٔ بودجهٔ سالانه منظور و به تفکیک سال‌های برنامه‌های توسعه و سال‌های بعد، به تصویب مجلس شورای اسلامی می‌رسد. هرچند در هرسال به میزان اعتبارات مصوب، مجوز تخصیص و پرداخت اعتبارات پیش‌بینی‌شده وجود دارد؛ اما در عمل به دلیل عدم تحقق منابع، تخصیص‌ها براساس اهمیت طرح، به‌ویژه پیشرفت فیزیکی آن، از سوی سازمان برنامه و بودجه به خزانه ابلاغ می‌شود. بنابراین، در رویکرد کنونی، توجیه فنی، اقتصادی، مالی، زیست‌محیطی و رعایت پدافند غیرعامل از مؤلفه‌های ضروری در اجرای طرح‌های تملک دارایی‌های سرمایه‌ای، ازجمله طرح‌های آزادراهی کشور هستند؛ اما مهم‌ترین اولویت رایج در تخصیص‌ها، صرف‌نظر از عوامل سیاسی و اجتماعی، پیشرفت فیزیکی طرح‌هاست؛ به‌طوری‌که طرح‌های با پیشرفت فیزیکی بالاتر، برای تخصیص از اولویت بیشتری برخوردار هستند؛ به‌ویژه طرح‌هایی که در همان سال به اتمام می‌رسند، از اولویت کاملی برای تخصیص استفاده می‌کنند. از این‌رو، مؤلفه‌های مذکور به‌عنوان معیارهای اولویت‌بندی در مدل تصمیم‌گیری موردتوجه قرار گرفته‌اند.

در قانون بودجهٔ سال ۱۴۰۰ در مجموع ۲۳ طرح آزادراهی به شرح جدول ۱ برای اجرا با مشارکت بخش غیردولتی جزو طرح‌های مصوب ابلاغ‌شده است که موضوع اولویت‌بندی در این پژوهش هستند؛ لیکن با توجه به پیشرفت فیزیکی ۱۰ طرح در حد صفر از این مجموعه، ۱۳ طرح برای اولویت‌بندی انتخاب می‌شوند.

۲.۲. مروری بر اسناد فرادستی

فرادست‌ترین سند در موضوع آزادراه‌های کشور، سیاست‌های کلی نظام در بخش حمل‌ونقل است. این سند که در ۱۳۷۷/۱۰/۲۳ در مجمع تشخیص مصلحت نظام به تصویب رسیده، در تاریخ ۱۳۷۹/۱۱/۳ پس از تأیید مقام معظم رهبری برای اجرا ابلاغ شده است. در این سند به ایجاد نظام جامع حمل‌ونقل با ملاحظات اقتصادی،

دفـاعی و امنیتـی و هـم‌چنـین، کـاهش شـدت مصـرف انـرژی، کـاهش آلـودگی زیست‌محیطی، افزایش ایمنی زیرساخت‌ها و جذب سـرمایه‌هـای داخلـی و خـارجی برای تأمین مـالی طـرح‌هـا تأکیـد شـده اسـت. در ایـن راسـتا، ازسـوی وزارت راه و شهرسازی طرح جامع حمل‌ونقل کشور برای دورهٔ ۱۴۰۹-۱۳۸۹ تهیه شده است. در این طرح برای جابه‌جایی ۸۲۰ هزار نفر مسـافر و ۶۵۰ میلیـون تـن بـار بـرای سـال ۱۴۰۹ هدف‌گذاری شده است. از این‌رو، در برنامهٔ ششم توسعه در مواد ۵۱ تا ۶۲ در بخش حمل‌ونقل و مسکن به گسترش زیرساخت‌ها، به‌ویـژه احـداث راه‌هـا در حـوزهٔ جاده‌ای و ریلی تأکید شده است. در این سند فرادستی علاوه بر اعتبارات دولتـی، بـر تأمین مالی طرح‌ها ازطریق مشارکت بخش خصوصی تأکید شده است. هم‌چنـین در برنامه‌های سالانهٔ اشتغال که در سال ۱۴۰۰ ازسوی سازمان برنامه و بودجهٔ کشور بـا عنوان جهش تولید تهیه و به دستگاه‌ها ابلاغ شده است کـه در آن، بخشـی از ایجـاد یک میلیون فرصت شغلی در حـوزهٔ حمـل‌ونقـل و مسـکن پـیش‌بینـی شـده اسـت (سازمان برنامه و بودجه، ۱۴۰۰).

۳.۲. نتایج پژوهش‌های مرتبط

در پژوهش انجام‌شده که مقالهٔ حاضر به‌عنوان خلاصه‌ای از گزارش آن ارائه می‌شـود، برای بررسی نتایج پژوهش‌های مرتبط با درک این واقعیـت کـه بررسـی نظـام‌منـد[1] پیشینهٔ پژوهش‌ها به‌عنوان نمادی از یافته‌های انسانی به کمک تحلیل با نرم‌افزارهای مناسب می‌تواند موجب ارتقا و بالندگی فعالیت‌هـای پژوهشـی شـود (Song, Chen, Glanzel, 2019) به پایگاه اطلاعات علمی[2] مراجعه شده است؛ پایگاهی که با بیش از چهـل میلیـون مقالـه هـم‌اکنـون مرجـع معتبـری بـرای نمایـه‌سـازی موردتوجـه دانش‌پژوهان قرار دارد.

۱.۳.۲. مرور مقاله‌های نمایه‌شده

با توجه به موضوع مرتبط با پژوهش موردنظر، جستجو پیرامون دو واژهٔ زیرساخت[3] و توسعه[4] به‌صورت هم‌زمان و انگلیسی انجام شده اسـت. نتـایج جسـتجو حـاکی از آن

1. Systematic Review
2. Web of Science
3. Infrastructure
4. Development

است که ۶۹۸ مقاله مرتبط با دو واژهٔ انتخاب‌شده وجود داشت که ۸۵۷۵ مورد استناد به آن‌ها صورت گرفته است. میانگین استناد هر مقاله ۱۲/۲۹ و h-index آنها ۴۳ بوده است. جدول ۱ وضعیت مقاله‌ها و جدول ۲ پراستنادترین مجله‌های منعکس‌کنندهٔ این دو واژه را نشان می‌دهد.

جدول ۱. خلاصهٔ اطلاعات جستجوی مقاله‌های پژوهشی «توسعهٔ زیرساخت» در پایگاه اطلاعات دانشگاهی web of Science

نتایج یافت‌شده	۶۹۸
کل تعداد استنادها	۸۵۷۵
میانگین استناد هر مقاله	۱۲/۲۹
h-index	۴۳

جدول ۲. پراستنادترین مجله‌های پرداخته به موضوعات «توسعهٔ زیرساخت»

نام مجله	شمار استنادهای ۵ سال اخیر	شمار کل استنادها
Journal of Construction Engineering and Management	321	447
International Journal of Project Management	152	157
Tourism Management	150	200
California Management Review	142	184
Journal of Construction Engineering and Management-ASCE	128	237
Journal of Cleaner Production	114	117
Journal of Transport Geography	100	119
Telecommunications Policy	96	190
Environmental Science & Technology	85	92
Annals of Tourism Research	77	126

نتایج تحلیل کمّی در ۶۹۸ مقالهٔ مرتبط با واژگان «زیرساخت» و «توسعه» براساس بیشترین فراوانی‌ها مربوط به کلیدواژه‌های سرمایه‌گذاری[1] با فراوانی (۲۴)،

1. Investment

رشد[1] با فراوانی (۲۲)، تصمیم‌گیری[2] با فراوانی (۲۰)، توسعهٔ پایدار[3] با فراوانی (۱۸) و ساخت[4] با فراوانی (۱۵) بوده است.

در این خصوص، برای تحلیل‌های پیشرفته از نرم‌افزار Cite Space استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل روند موضوعات پیرامون دو واژهٔ «توسعه» و «زیرساخت» برحسب دوره‌های زمانی مختلف نشانگر این است که از سال ۲۰۰۸ تاکنون در مقاله‌های مرتبط، موضوعات: «تصمیم‌گیری چندمعیاره[5] پروژه‌های زیرساختی»، «ارزیابی اثرات جانبی (زیست‌محیطی) پروژه‌های زیرساختی»، «شبکه‌های ارتباطی پهن‌باند» و از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ موضوعات «تکه‌تکه‌شدن جنگل‌ها»، «روش‌های تصمیم‌گیری بهینه‌سازی نادقیق»،[6] «توسعهٔ منطقه‌ای- بومی» دارای بیشترین کاربرد بوده‌اند. هم‌چنین در مقاله‌های حوزهٔ ترابری، مباحث «شراکت بخش عمومی- خصوصی»[7] در تأمین مالی و «توسعهٔ زیرساخت ترابری جاده‌ای» و مباحث «زیرساخت سبز» در توسعهٔ پایدار زیست‌محیطی، بیش از سایر مباحث مورد توجه بوده است. در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای توسعهٔ زیرساخت بر ارزش‌گذاری مالی و ارزیابی‌های ریسک و هم‌چنین بر جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی توسط پژوهشگران به‌طور عمده به‌عنوان معیارهای اولویت‌بندی تأکید شده است.

(Faaiy, Ramirez, Knoop, 2015), (Ame kudzi,Fischer, 2011), (muller, et.al., 2013), (Keskin, Large, 2013).

درخصوص موضوع تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره که از سال ۲۰۰۸ تاکنون در حوزهٔ توسعهٔ زیرساخت، به‌ویژه حمل‌ونقل جاده‌ای نسبت به سایر موضوعات، از کاربرد بیشتری برخوردار بوده است. در جدول ۳ وضعیت تعداد مقاله‌ها و استنادها و هم‌چنین در جدول ۴ تعداد مجله‌ها و استنادها منعکس شده است.

1. Growth
2. Decision-making
3. Sustainable Development
4. Construction
5. Multi-Criteria-Decision-Making (MCDM)
6. Non-Determitinc
7. Public-private partnership (PPP)

جدول ۳. خلاصهٔ اطلاعات جستجوی مقاله‌های پژوهشی «تصمیم‌گیری توسعهٔ زیرساخت یا پروژه‌های عمومی» در پایگاه اطلاعات دانشگاهی web of Science

نتایج یافت‌شده	۸۳
کل تعداد استنادها	۹۲۶
میانگین استناد هر مقاله	۱۱/۱۶
h-index	۱۵

جدول ۴. پراستنادترین مجله‌های پرداخته به موضوعات «تصمیم‌گیری توسعهٔ زیرساخت یا پروژه‌های عمومی»

نام مجله	شمار استنادهای ۵ سال اخیر	شمار کل استنادها
Expert Systems with Applications	118	175
Journal of Construction Engineering and Manaement-ASCE	81	193
Journal of Management in Engineering	37	50
Applied Soft Computing	29	54
Information Sciences	19	22
Engineering Applications of Artifical Intelligence	18	22
Land Use Policy	15	15
Canadian Journal of Civil Engineering	13	14
IEEE Transactions on Engineering Management	11	27
Expert System with Applications	118	175

تعدادی از مقاله‌های مرتبط با تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره در حوزهٔ زیرساخت به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

- (Amiri, 2010) در این مقاله برای انتخاب بهترین پروژهٔ توسعهٔ میدان‌های نفتی ایران از روش AHP و TOPSIS فازی استفاده شده است.
- (Yuan, Liskibniewski, Zheng, 2010) در این مقاله، دلایل موفقیت مدل شراکتی عمومی- خصوصی از روش آنتروپی[1] فازی و TOPSIS فازی برای به‌دست‌آوردن وزن شاخص‌ها استفاده شده است.

1. Entropy

- (Niusha, Azar, Moazzez, Heydari, 2019) از روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای به‌دست‌آوردن وزن شاخص‌های یک سبد بهینهٔ پروژه‌های نیروگاهی برق پاک (شامل هزینه، اشتغال‌زایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای...) استفاده کرده‌اند.
- (Angelou, Economides, 2008) از تحلیل مالی Real Option به همراه AHP برای ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی پروژه‌های زیرساختی فناوری اطلاعاتی و ارتباطی استفاده کرده‌اند.
- (Renter, Aguado, 2017) با استفاده از تابع ارزش به همراه فرآیند تحلیلی سلسله‌مراتبی AHP برای ارزیابی پروژه با تأکید بر مفاهیم، استفاده کرده‌اند.
- (Grady. He, Peeta, 2015) در فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP برای انتخاب پروژه‌های توسعه‌ای استفاده کرده‌اند.
- (Macure, Bošković, Milenković, 2011) نیز از ANP برای اولویت‌بندی پروژه‌های توسعه‌ای ترابری ریلی استفاده کرده‌اند.
- (Medina, Romana, OrdÓnez, 2019) از AHP و VIKOR برای اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت پارکینگ استفاده کرده‌اند.
- (Mohagheghi, mousavi, Antuchevičiene, Dorfeshan, 2019) از روش‌های چندشاخصهٔ فازی برای انتخاب پروژه‌های زیرساختی پایدار استفاده کرده‌اند.

۲.۳.۲. مرور پایان‌نامه‌های دههٔ ۱۴۰۰-۱۳۹۰

در انجام پژوهش موردنظر، تعدادی از پایان‌نامه‌های مرتبط که در آن‌ها از مدل‌های تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی و انتخاب پروژه‌های عمرانی استفاده شده است، به شرح زیر مرور می‌شوند:

- (محقر، مهرگان، آذر و مطهری، ۱۳۹۳) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره، یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه[1] را توسعه داده‌اند.
- (احمدزاده، ۱۳۹۵) با یک رویکرد مالی، دلایل تأخیر و اولویت تکمیل پروژه‌های عمرانی نیمه‌تمام را در استان یزد مطالعه کرده است.
- (فراتی و ناظمی، ۱۳۹۵) به شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی دولتی پرداختند.

1. Multi-Objective Decision making Linear programming (MODMLP)

- (اشرفی، ۱۳۹۴) مهم‌ترین دلایل تأخیر پروژه‌های عمرانی را درمورد خطوط سه و چهار قطار شهری تهران شناسایی کرده است.
- (رحیم‌زاده، ۱۳۹۶) عوامل مؤثر بر تأخیر پروژه‌های راه‌سازی استان مازندران را مورد بررسی قرار داده است.
- (صادقی، ۱۳۹۳) در این مطالعه، عوامل مؤثر بر موفقیت پروژه‌های راه‌سازی استان هرمزگان، حمل‌ونقل تجهیزات، تدارکات به‌موقع، مقررات و مجوزها و مدیریت مناسب نقدینگی مورد بررسی قرار گرفتند.
- (زندیه وکیلی، ۱۳۹۴) برای اولویت‌بندی و تخصیص بهینهٔ منابع به طرح‌های تملک دارایی‌های ثابت در برنامهٔ پنجم توسعه در پروژه‌های فرهنگی، نیاز هر طرح، میزان جمعیت بهره‌مندشونده از آن، هزینهٔ اجرا و درصد پیشرفت، از معیارهای مهم در این اولویت‌بندی بوده‌اند.
- (بهرامی خشنود، ۱۳۹۴) پروژه‌های عمرانی شهرداری همدان را با روش‌های مقایسهٔ زوجی از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره اولویت‌بندی کرده است.
- (روانشادنیا و عباسیان جهرمی، ۱۳۹۴) مدل ریاضی چندهدفه را به‌صورت جامع ارائه کرده‌اند. گرچه مدل‌سازی این پژوهشگران برای فضای کسب و کار شرکتی بهینه شده است؛ اما توجه به افق زمانی تکمیل پروژه‌ها، جلوگیری از انتخاب چند حالت پروژه (موجود و جدید) و توجه به وابستگی بین پروژه‌ها، از نوآوری این مطالعه در بخش عمومی بوده است.

بررسی نتایج پژوهش‌های مرتبط، اعم از مقاله‌های نمایه‌شده و یا پایان‌نامه‌ها، حاکی از این واقعیت است که برای انتخاب اولویت‌ها در طرح‌های زیرساختی و توسعه، به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با تحلیل‌های شبکه‌ای AHP و ANP استفاده می‌شود و نوعاً مزایای مالی، اقتصادی، اجتماعی و ملاحظات زیست‌محیطی و همچنین ریسک شکست پروژه در اجرای PPP از معیارهای مهم و پرکاربرد در اولویت‌بندی برای تصمیم‌گیری‌ها هستند. این معیارها و زیرمعیارها که در اولویت‌بندی از وزن‌های متفاوتی برخوردارند، در بخش‌های بعدی این پژوهش با دقت بیشتری معرفی خواهند شد.

۴.۲. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

با عنایت به اینکه موضوع پژوهش، تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی «طرح‌های آزادراهی کشور» است و این طرح‌ها از مصادیق «طرح‌های زیرساخت توسعه» محسوب می‌شوند، بنابراین تصمیم‌گیری درمورد اولویت‌بندی آنها، با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که در بررسی پیشینهٔ پژوهش‌ها به‌عنوان روش مناسب تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی طرح‌های زیرساختی جمع‌بندی شده بود، انجام خواهد شد.

«مدل‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه»[1] یا تحلیل چندمعیارهٔ[2] هم‌زمان چند معیار با یکدیگر در تعیین بهترین گزینه مورداستفاده قرار می‌گیرد. معیارها ممکن است کمّی یا کیفی بوده و به دلیل مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری، قابل مقایسه باهم نباشند. حتی ممکن است این معیارها در بعضی از مسائل با یکدیگر متضاد باشند؛ یعنی افزایش یک عامل یا معیار موجب کاهش عامل دیگر شود.

به‌طور معمول تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه به دنبال گزینه‌ای است که بیشترین فایده را برای تمامی معیارها ارائه می‌کند. منظور از معیار در تعیین گزینه‌های مختلف تصمیم، استانداردها و قوانینی است که برای قضاوت مورداستفاده قرار گرفته و میزان اثربخشی را در تصمیم‌گیری بیان می‌دارد. ممکن است معیار تصمیم‌گیری به دو صورت شاخص[3] و یا هدف[4] ارائه شود (مؤمنی، ۱۳۸۵).

شاخص عبارت است از ویژگی‌ها، کیفیات یا پارامترهای عملکردی که برای انتخاب گزینه‌های تصمیم مطرح است. شاخص‌ها ممکن است کمی یا کیفی باشند در هر صورت با وزن‌دهی شاخص‌ها امتیاز نهایی هر گزینه در تصمیم‌گیری محاسبه و گزینه با بیشترین امتیاز، انتخاب می‌شود.

درصورتی‌که تصمیم‌گیری براساس چند شاخص انجام گیرد، با مسائلی مواجه خواهیم شد که معروف به تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه[5] است.

---

1. Multiple-Criteria-Decision-Making (MCDM)
2. Multiple-Criteria-Decision-Analysis (MCDA)
3. Attribute
4. Objective
5. Multiple-Attribute-Decision-Making (MADM), Multiple-Attribute-Decision-Analysis (MADA)

هدف، عبارت است از تمایلات و خواسته‌های تصمیم‌گیرنده که می‌تواند با عباراتی مانند به حداکثر رساندن سود، به حداقل رساندن هزینه و... بیان شود. ممکن است تصمیم‌گیرنده در مواجهه با مسائل، چندین هدف را به‌طور هم‌زمان دنبال کند؛ در این صورت می‌توان این مسائل را در قالب مسائلی با اهداف چندگانه بررسی کرد.

در مسائل چندهدفه[1]، هدف تصمیم‌گیرنده به‌صورت چندین تابع هدف بیان شده و راه‌حل بهینه‌سازی این توابع است. جدول ۵ تفاوت‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و چندهدفه را به‌عنوان دو دستهٔ کلی تصمیم‌گیری چندمعیاره نشان می‌دهد.

جدول ۵. مقایسهٔ تفاوت‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و چندهدفه به‌عنوان دو دستهٔ کلی تصمیم‌گیری چندمعیاره

	تصمیم‌گیری چندشاخصه غیرریاضی (MADM)	برنامه‌ریزی ریاضی (شامل تصمیم‌گیری چندهدفه MODM)
گزینه	کم‌شمار	پرشمار
شاخص	واضح و روشن	غیرصریح و مبهم
محدودیت	غیرالزام‌آور	الزام‌آور
تعداد راه‌حل‌ها	متناهی و گسسته (عدد صحیح)	نامتناهی و پیوسته
موارد استفاده	ارزیابی و اولویت‌بندی	طراحی و سبد گزینه‌ها

در پژوهش حاضر افزایش نه‌تنها ارزش‌آفرینی اقتصادی سبد پروژه‌های عمرانی (طرح‌های آزادراهی کشور) از اهداف اولویت‌بندی بوده؛ بلکه پایداری اجتماعی و زیست‌محیطی نیز از اهداف توسعه‌ای اجرای طرح‌های آزادراهی است. ازاین‌رو، تصمیم‌گیری، چندهدفه (MODM) خواهد بود.

در این تصمیم‌گیری، مدل چندهدفه به یک مدل تک‌هدفهٔ ترکیبی تبدیل می‌شود. برای این کار لازم است توجیه اهداف چندگانه نسبت به هم مشخص شود. این توجیه با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[2] که خود یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است، قابل انجام خواهد بود.

1. Multiple- Objective-Decision-Making (MODM)
2. Analysis Hierarchy Process (AHP)

۵.۲. کاربرد مفاهیم عدم قطعیت و ریسک در تحلیل

نظر به اینکه با توجه به موضوع پژوهش درخصوص «طرح‌های آزادراهی» و اولویت‌بندی آنها برای تخصیص بهینهٔ اعتبارات، ممکن است دولت به دلیل عدم تحقق درآمدها با کسری بودجه مواجه شود و آن را ازطریق عدم تخصیص اعتبارات مصوب جبران کند؛ ازاین‌رو در عمل، طرح‌های عمرانی در تأمین منابع مالی و ریسک ناشی از تورم به دلیل طولانی‌شدن دورهٔ اجرا همواره با عدم قطعیت مواجه خواهند بود.

۱.۵.۲. مفهوم عدم قطعیت

اگر شرایط قطعیت را زمانی بدانیم که داده‌های مدل کامل باشند، می‌توان مفهوم عدم قطعیت را شرایطی تعریف کرد که داده‌ها و اطلاعات ناقص باشند. می‌توان عدم قطعیت را فاصلهٔ بین مقدار اطلاعات لازم و مقدار اطلاعات موجود برای یک تصمیم‌گیری دانست. در این تعریف، عدم قطعیت بار مثبت یا منفی ندارد و می‌تواند احتمال به‌دست‌آوردن منافع یا ازدست‌دادن آن و متضررشدن باشد. همان‌طور که از تعاریف پیش‌گفته برمی‌آید، نبود آگاهی سرچشمهٔ اصلی چنین وضعیتی است. تصمیم‌گیرنده در چنین شرایطی نمی‌داند کدام موقعیت طبیعی رخ خواهد داد.

براساس تعریف دیگر، تصمیمات وقتی با عدم قطعیت روبه‌رو می‌شوند که با بیش از یک نتیجه برای هر گزینهٔ ممکن روبه‌رو باشیم و احتمالات هرکدام از این نتایج، ناشناخته باشند. به‌عبارت‌دیگر، عدم قطعیت در شرایطی رخ می‌دهد که همهٔ نتایج ممکن یک رویداد شناخته‌شده نباشند، احتمال هریک از خطرات و یا نتایج مربوط به آن‌ها، نامشخص باشند و یا هردوی نتایج و احتمالات ناشناخته باشند. بنابراین، عدم قطعیت، سطح و مقدار دانش درمورد احتمال و نتایج یک رویداد را نشان می‌دهد (Connell, Meadowcroft, Reynard, Willows, 2003).

۲.۵.۲. مفهوم ریسک

برای واژهٔ ریسک براساس حوزهٔ آن، تعاریف مختلفی ارائه شده است؛ بنابراین، ارائهٔ یک تعریف عمومی از ریسک ساده نیست. مفهوم ریسک به‌طورکلی به‌صورت ترکیب

احتمال و نتیجهٔ یک رویداد نامطلوب تعریف می‌شود (فرخ، ۱۳۹۵). یانگ[1] (۲۰۱۰) ریسک را از منظر دیگری بررسی کرده است و آن را یک پیشامد یا شرایط غیردقیق دانسته که اگر رخ دهد، تأثیر مثبت یا منفی‌ای روی اهداف خواهد گذاشت. در این تعریف، به احتمال عدم قطعیت اشاره دارد و نتیجه به‌صورت اثرگذاری روی اهداف پروژه بیان می‌شود. برخلاف تعاریف دیگری که از ریسک وجود دارد و تنها بر روی جنبهٔ منفی آن تمرکز می‌کنند، این تعریف به هر دو جنبهٔ منفی و مثبت آن توجه دارد.

اگر بتوان یک تابع چگالی احتمال را به رویدادهای آینده تخصیص داد، عدم قطعیت‌های قابل کمّی‌سازی را ریسک به‌حساب می‌آورند؛ اما، عدم قطعیت در شرایطی رخ می‌دهد که احتمال رویدادهای آتی، غیرقطعی، نامعین یا غیرقابل محاسبه باشد (Wiecek, Reneke, Samson, 2009). عدم قطعیت وقتی به‌وجود می‌آید که ما از همهٔ نتایج ممکن آگاه نیستیم یا امکان نتایج به‌صورت کامل شناخته نشده و یا نمی‌دانیم از چه توزیعی پیروی می‌کنند یا اینکه هر دو نتایج و احتمالات ناشناخته هستند. درمقابل، ریسک در جایی وجود دارد که ما از همهٔ نتایج ممکن باخبریم؛ اما، با اطمینان نمی‌دانیم که کدام نتایج رخ خواهد داد؛ تنها احتمال هریک را می‌دانیم (فرخ، ۱۳۹۵).

کلدن[2] (۲۰۰۹) عدم قطعیت را به دو دسته تقسیم کرده است: ۱. عدم قطعیت ذاتی[3]، عدم قطعیتی است که پیش از هرگونه تلاش برای تحلیل ریسک، وجود دارد و ۲. عدم قطعیت پنهان که بعد از تحلیل و شناسایی همهٔ ریسک‌ها، باقی می‌ماند. بنابراین با فرآیند مدیریت ریسک، برخی عدم‌قطعیت‌های ذاتی به ریسک تبدیل می‌شوند و موارد مانده، عدم قطعیت پنهان[4] خواهند بود.

در جدول ۶ دو مفهوم عدم قطعیت و ریسک ازلحاظ دانش دربارهٔ احتمال رخ‌دادها و نتایج آن مقایسه شده است.

1. Young
2. Cleden
3. Inherent
4. Latent

جدول ۶. دانش دربارهٔ احتمال و نتایج در ریسک و عدم قطعیت

	دانش نتایج	زیاد
ریسک نتایج و احتمال شرایط سیاسی، مالی، قانونی و محیطی پایدار دانش کافی دربارهٔ فرآیند دانش کافی دربارهٔ نتایج یک پیشامد داده‌های تاریخی قابل اطمینان	**عدم قطعیت نتایج** توانایی محدود برای شناسایی همهٔ نتایج ممکن	**زیاد**
عدم قطعیت احتمال فقدان دانش دربارهٔ احتمال نتایج عدم قطعیت دربارهٔ تأثیرات بلندمدت	**عدم قطعیت نتایج و احتمال** شرایط سیاسی، مالی، قانونی و محیطی ناپایدار فرآیندهای ناشناخته و جدید فقدان دانش دربارهٔ نتایج داده‌های ناکافی فقدان دانش دربارهٔ تعامل و وابستگی‌های بین بخش‌های مختلف سیستم	**دانش احتمال**

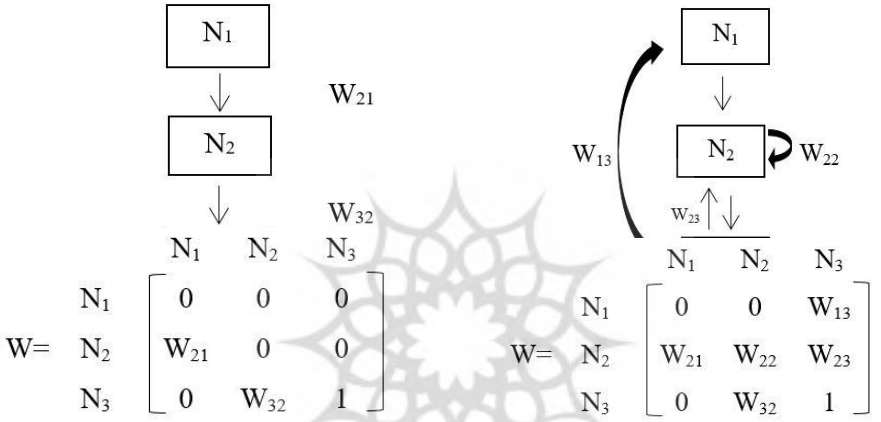
۶.۲. فرآیند تحلیل شبکه‌ای[1] (ANP)

این تحلیل هم‌چون AHP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برمبنای مقایسهٔ زوجی است؛ با این تفاوت که ارتباط آنها به دلیل تأثیرگذاری معیارها و زیرمعیارهایی که در یک سطح قرار دارند، به‌صورت شبکه‌ای است. بنابراین درحالی‌که این تأثیرگذاری در AHP به‌صورت سلسله‌مراتبی با ساختار خطی و ساختار ANP غیرخطی است؛ لذا AHP حالت خاصی از ANP محسوب می‌شود.

اما به دلیل لحاظ ارتباط گسترده و جامع عناصر شبکه، در اهمیت و ارجحیت گزینه‌ها، تصمیم‌گیری به روش ANP از دقت و صحت بیشتری برخوردار خواهد بود. سوپر دسی‌ژن[2] نرم‌افزار مناسبی جهت اجرای ANP است که برای اتخاذ تصمیم‌گیری در امور سیاسی، اجتماعی، نظامی، پزشکی و... از کاربرد مؤثر و مطلوبی برخوردار است (Saaty, 2005).

1. Analytied Network Process
2. Super Decision

شکل زیر «با استفاده از مدل پیشنهادی صنایع بیست» تفاوت فرآیندهای تحلیل شبکه‌ای و سلسله‌مراتبی را نشان می‌دهد. در این شکل، خط مستقیم یا قوسی، ارتباط متقابل دو مؤلفه و خطوط حلقوی، نشانگر ارتباط و وابستگی درونی یک جز از مجموعهٔ اجزای ساختار شبکه‌ای و سلسله‌مراتبی است. در این شکل، ارتباط عناصر N_1 به یک مؤلفه دیگر از N_2 با پیکان و W_{21} تأثیر N_1 بر N_2 و W_{32} تأثیر N_2 را در هر عنصر N_3، معرف ماتریس نهایی است. ساختار روابط و ماتریس دی AHP و ANP به شرح زیر ارائه می‌شود:



۳. روش‌شناسی پژوهش

نظر به اینکه روش هر پژوهش متناسب با نوع آن انتخاب و در سه مرحله جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه و تحلیل و استنتاج انجام می‌شود، در پژوهش حاضر که از نوعِ کاربردی- توسعه‌ای است، به‌منظور پاسخ‌گویی به پرسش‌های مطرح‌شده و درنهایت مسئلهٔ اساسی پژوهش که در پرسش اصلی بیان شده است، از روش تحلیلی- کمّی به شرح زیر استفاده شده است:

۱.۳. جمع‌آوری اطلاعات

نخست با بررسی ادبیات پژوهش، اطلاعات مورد نیاز به‌صورت کتابخانه‌ای جمع‌آوری شد. یافته‌های حاصل از مرور پیشینهٔ پژوهش در مقاله‌ها و پایان‌نامه‌ها مبین پاسخ پرسش اول درخصوص معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به موضوع پژوهش است که در جدول ۷ منعکس می‌شود.

جدول ۷. معیارهای اصلی و فرعی تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی طرح‌های آزادراهی کشور

معیار تصمیم‌گیری اصلی	معیار تصمیم‌گیری فرعی	پیشینه
مزایای مالی و سهولت تأمین مالی	ارزش فعلی خالص	(Charoenngam 2007, Mohaghar et al., 2015; Ravanshadnia and Abbasian Jahromi 2015; Zandieh Vakili 2015)
	درصد پیشرفت فیزیکی پروژه	
ایجاد فرصت‌های اقتصادی- اجتماعی	اشتغال‌زایی	(Putamont and Charoenngam 2007; Taniguchi et al. 2014; Mohaghar et al. 2015; Zandieh Vakili, 2015; Sierra et al. 2018)
	میانگین سالانهٔ ترافیک روزانه	
	کاهش زمان سفر	
	کاهش تصادف	
	جذب سرمایه‌گذاری خارجی	
	توسعهٔ گردشگری	
	تکمیل بزرگراه آسیاسی	
امنیت و پایداری سیاسی	تأمین امنیت	(Putamont and Charoenngam 2007; Taniguchi et al. 2014; Mohaghar et al. 2015; Zandieh Vakili, 2015; Sierra et al. 2018)
	ایجاد یکپارچگی اجتماعی	
	کاهش مصرف سوخت	
	مصوب سفرهای رهبری	
	مصوب سفرهای رئیس‌جمهور	
	تخریب زمین‌های کشاورزی	
تخریب محیط‌زیست	آلودگی محیط‌زیست درحین ساخت	(Shang et al. 2004; Putamont and Charoenngam 2007; Moradgholi 2009; Mohaghar et al. 2015; Zandieh Vakili, 2015)
	آلودگی محیط‌زیست درحین بهره‌برداری (زیست‌بوم حیاط وحش)	
	انتشار گازهای گلخانه‌ای	
ریسک موفقیت طرح	ریسک نیروی انسانی	(Putamont and Charoenngam 2007; Sadeqi, 2014; Ravanshadnia and Abbasian Jahromi, 2015; Ahmadzadeh, 2016; Rahimzadeh, 2017)
	ریسک تهیه	
	ریسک جریان نقدی	
	ریسک قانونی	
	ریسک مهندسی	
	فقدان زیرساخت‌ها و مشکلات عملیاتی	
	ریسک سیاسی	

پس از مشخص‌شدن معیارها و زیرمعیارهای مناسب برای تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی طرح‌های آزادراهی کشور، به‌منظور وزن‌دهی معیارها به‌طور میدانی و به‌روش دلفی[1]، از نظرات و مشارکت کارشناسان ذی‌ربط سازمان برنامه و بودجهٔ کشور و وزارت راه و شهرسازی استفاده شده است. پاسخ پرسش دوم، از یافته‌های این روش است.

۲.۳. تجزیه و تحلیل اطلاعات

پس از شناسایی معیارها و زیرمعیارها، وزن‌دهی آنها توسط کارشناسان ذی‌ربط برای تجزیه و تحلیل اطلاعات با توجه به یافته‌های حاصل از پیشینهٔ پژوهش، از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) استفاده می‌شود؛ هرچند در این مدل، نوعاً فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به‌کار گرفته می‌شود؛ ولی به دلیل تأثیر معیارها بر هم و ارتباط شبکه‌ای آنها در ساختار، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و نرم‌افزار مربوط به آن Super Decision، مورد استفاده قرار گرفته و معیارها در این راستا فرمول‌بندی می‌شوند.

۳.۳. فرمول‌بندی مدل

براساس دو ویژگی اصلی:

۱. طرح‌هایی که بیشترین مزایا را برای عموم مردم به همراه داشته باشد؛

۲. احتمال ناتمام‌ماندن آن کم باشد.

معیارهای استخراج‌شده به شرح زیر فرمول‌بندی می‌شوند:

۱.۳.۳. فرمول مزایای مالی و سهولیت تأمین مالی

حداکثر مزایای مالی خارجی شامل:

- سرمایه‌گذاری خارجی
- تأمین مالی ازطریق بانک‌های توسعه‌ای
- صرفه‌جویی‌های ارزی خارجی

$$Max\ Z_f = \sum_i FInvestment_i . X_i + \sum_i \mathrm{FRevenue}_i . X_i + \sum_i \mathrm{FThrift}_i . X_i$$

1. Delphi Method

۲.۳.۳. فرمول فرصت‌های اقتصادی- اجتماعی

جمعیت ذی‌نفع= تعداد افرادی که به‌طور مستقیم از خروجی پروژه‌ها، در چرخهٔ عمر آن استفاده خواهند کرد.

ایجاد اشتغال= اشتغال مستقیم ناشی از پروژه در ساخت، بهره‌برداری و نگهداری در چرخهٔ عمر آن (Laborda and Sotelsek, 2019)

$$Max\ Z_s = \sum_i Job_i\ .X_i + \sum_i Population_i\ .X_i$$

۳.۳.۳. فرمول امنیت و پایداری سیاسی

حمایت‌های سیاسی، شامل: حمایت‌های محلی، مصوب سفرهای رئیس‌جمهور و مصوب سفرهای رهبری

$$Max\ Z_p = \sum_i Local_i\ .X_i + \sum_i Presidential_i\ .X_i + \sum_i \mathrm{Leader}_i\ .X_i$$

۴.۳.۳. فرمول تخریب محیط‌زیست

کمترین آسیب محیط‌زیستی شامل:

تخریب حین ساخت

تخریب حین اجرا

انتشار گازهای گلخانه‌ای

$$Min\ Z_e = \sum_i Construcion_i\ .X_i + \sum_i \mathrm{Operation}_i\ .X_i + \sum_i \mathrm{GHG}_i\ .X_i$$

۵.۳.۳. فرمول ریسک موفقیت طرح

هزینه‌هایی که در هر سال به طرح‌های آزادراهی اختصاص می‌یابد کمتر از هزینه‌های کل طرح‌های عمرانی است.

$$\sum_i Cost\ _i.X_i \leq Annual\ Infrastructure\ Budget$$

۴. یافته‌های پژوهش

پس از شناسایی معیارها و زیرمعیارهای مناسب ازطریق پیشینهٔ پژوهش و وزن‌دهی آنها براساس نظرات کارشناسان ذی‌ربط و تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرآیند تحلیل شبکه‌ای و حل فرمول‌های مسئله، درنهایت ماتریس‌های بدون وزن و موزون از معیارهای شناسایی‌شده و همچنین سوپرماتریس طرح‌های آزادراهی اولویت‌بندی‌شده از یافته‌های پژوهش حاضر خواهند بود که پاسخ پرسش سوم را ارائه می‌دهد.

جدول ۸. ابرماتریس بدون وزن

		Importa	E.	D.	C.	B.	A.	E7.	E3.	D2.	B6.	B5.	B4.	B2.	B1.	A7.	A6.	A5.
A1.	کاهش زمان سفر						0.03		0.04	0.04		0.04		0.03			0.04	0.04
A2.	کاهش تصادف						0.27		0.04	0.04		0.04		0.03			0.04	0.04
A3.	اشتغال‌زایی						0.16		0.04	0.04		0.04		0.03			0.04	0.04
A4.	میانگین سالیانهٔ ترافیک روزانه						0.08		0.04	0.04		0.04		0.03			0.04	0.04
A5.	جذب سرمایه‌گذاری خارجی						0.11		0.04	0.04		0.04		0.03	0.10	0.51	0.04	
A6.	گردشگری						0.32		0.04	0.04		0.04		0.03	0.06			0.04
A7.	اتمام بزرگراه آسیایی						0.03		0.04	0.04		0.04		0.03			0.04	0.04
B1.	تأمین امنیت					0.21				0.04		0.04	0.19	0.03		0.07	0.04	0.04
B2.	یکپارچگی فرهنگی اجتماعی					0.03				0.04		0.04	0.16				0.04	0.04
B3.	مصوب سفرهای رئیس‌جمهور					0.08		0.09	0.04	0.04	0.08	0.06		0.02	0.24	0.32	0.04	0.07

	مصوب سفرهای رهبری	کاهش مصرف سوخت	کاربری اراضی کشاورزی	آسیب‌های زیست‌محیطی ساخت و ساز	عملیات آسیب محیطی	انتشار گازهای گلخانه‌ای	تکمیل فعلی	زمان اتمام	هزینه‌های خارجی	صرفه‌جویی ارزی	ارزش خالص فعلی	ریسک منابع انسانی	ریسک تدارکات	خطر نقدینگی	ریسک قانونی	ریسک مهندسی	کمبود زیرساخت
	B4.	B5.	B6.														
A5.	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
A6.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
A7.	0.11																
B1.	0.60																
B2.	0.12	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
B4.																	
B5.	0.03		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
B6.	0.13			0.78													
D2.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
E3.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04		0.06	0.03		0.04	0.04	0.04
E7.	0.06												0.58	0.27			
A.																	
B.	0.54	0.02	0.11														
C.				0.70	0.24	0.06											
D.							0.24	0.05	0.06	0.51	0.15						
E.												0.04	0.07	0.05	0.38	0.02	0.23
Importa																	

		Importa	E.	D.	C.	B.	A.	E7.	E3.	D2.	B6.	B5.	B4.	B2.	B1.	A7.	A6.	A5.
	ریسک سیاسی		0.22						0.04	0.04		0.04	0.66	0.03			0.04	0.04
	اقتصادی- اجتماعی	0.50								0.50				1.00				
	امنیتی و سیاسی	0.20								0.50								
	محیطی	0.10																1.00
	مالی	0.04																
	خطرات	0.16																

سوپرماتریس به‌دست‌آمده با وزن

مطالعات نشان داده است که در ارزیابی اثر غیرمستقیم معیارها، استفاده از روش ANP بیش از روش AHP کارایی دارد. استفاده از این روش در اولویت‌بندی طرح‌های آزادراهی نشان داده که ثبات سیاسی مهم‌ترین معیار در این اولویت‌بندی است. مصوبات رهبری و رئیس‌جمهور در این معیار به‌طور مستقیم اثرگذارند. چنانچه طرحی، هریک از این دو مصوبه را داشته باشد، در بالاترین سطح از اولویت قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، این دو مصوبه به‌طور غیرمستقیم به کاهش ریسک سیاسی پروژه کمک می‌کنند.

معیار بعدی‌ای که از اهمیت بالایی برخوردار بوده، ریسک است. ریسک مهم‌ترین عامل مؤثر در تحویل موفقیت‌آمیز پروژه‌ها در ایران است. این امر به دلیل تحریم‌های اقتصادی در سال‌های اخیر است که باعث شده پیمانکاران در تهیهٔ مواد اولیه و ماشین‌آلات با مشکل مواجه شوند. مدیریت وجوه نقد، یکی دیگر از این ریسک‌ها است. نرخ تورم در ایران بالا و رو به افزایش است. تورم، هزینه‌های پروژه‌ها را افزایش می‌دهد؛ به‌خصوص هنگامی که به دلیل پرداخت‌های معوقه یا مشکلات تهیهٔ مواد اولیهٔ پروژه با تأخیر انجام می‌شود (نوبخت، ۱۴۰۰).

«پژوهش حاضر از ۲۳ طرح آزادراهی که به‌صورت مشارکتی درحال احداث است، ده طرح که پیشرفت فیزیکی آنها درحد صفر است، حذف و فقط ۱۳ طرح برای اولویت‌بندی انتخاب شده‌اند.

جدول ۹. انواع ریسک های موثر در پروژه ها

کد	معیار	محدودیت	نرمال شده
E7.	ریسک سیاسی	0.066889	0.07052
B4.	مصوب سفرهای رهبری	0.063358	0.06703
E2.	ریسک تدارکات	0.06128	0.06461
C1.	آسیب‌های زیست‌محیطی ساخت و ساز	0.058324	0.06149
B3.	مصوب سفرهای رئیس‌جمهور	0.050587	0.05333
A5.	جذب سرمایه‌گذاری خارجی	0.0439	0.04628
E3.	ریسک نقدینگی	0.040369	0.04256
B1.	تأمین امنیت	0.03979	0.04195
B2.	یکپارچگی فرهنگی اجتماعی	0.034552	0.03643
A6.	گردشگری	0.03341	0.03522
A2.	کاهش تصادف	0.031435	0.03314
C2.	عملیات آسیب محیطی	0.029136	0.03072
A3.	اشتغال‌زایی	0.027691	0.02919
A4.	میانگین سالیانهٔ ترافیک روزانه	0.025889	0.02729
A7.	اتمام بزرگراه آسیایی	0.025728	0.02713
B6.	کاربری اراضی کشاورزی	0.025693	0.02709
C3.	انتشار گازهای گلخانه‌ای	0.025481	0.02686
E1.	ریسک منابع انسانی	0.02479	0.02614
A1.	کاهش زمان سفر	0.024755	0.0261
D2.	زمان اتمام	0.024558	0.02589
B5.	کاهش مصرف سوخت	0.024264	0.02558
D1.	پیشرفت فیزیکی	0.024119	0.02543
D3.	هزینه‌های خارجی	0.024119	0.02543
D4.	صرفه‌جویی ارزی	0.024119	0.02543
E4.	ریسک قانونی	0.024119	0.02543
E6.	کمبود زیرساخت	0.024119	0.02543
E5.	ریسک مهندسی	0.023163	0.02442
D5.	ارزش خالص فعلی	0.022636	0.02387

جدول ۱۰. طرح‌های آزادراهی اولویت‌بندی شده

Foreign Thrift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Foreign Revenue	0	0	0	0	0	0.2	0	0.3	0	0
Foreign Investment	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
GHG Emission	0.80	0.91	0.07	0.53	0.74	0.89	0.04	0.71	0.24	0.13
E. Operation Damage	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
E. Construction Damage	0	0.1	0.3	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Political Support	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1
President Ratification	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leader Ratification	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Provinces Pop	3,401,675	453,827	16,862,205	7,908,984	4,507,309	1,134,229	18,943,620	4,945,627	12,452,230	14,964,967
Job Creation	275	205	1,772	974	5,758	496	1,104	444	192	279
Cost per %Completion (Million IRR)	310	23,128	200,000	110,000	650,000	56,000	124,590	50,135	21,672	31,487
Completion (%)	80	22	46	80	15	15	42	0	65	80
Length (km)	82	105	22	222	27	36	350	151	35	17
Plan Title	Shiraz Belt Road	Bahabad-Darband-Nayband Road	Tehran-North Freeway, Part 2	Esfahan-Siraz Freeway	Esfahan Eastern Bypass Freeway	Sanandaj & Divandarre Belt Road	Shrine to Shrine Freeway	Tabriz-Urmia Freeway	Tehran-Rudehen Freeway	Tehran-Karaj Hemmat Highway
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10

	Plan Title	Length (km)	Completion (%)	Cost per %Completion (Million IRR)	Job Creation	Provinces Pop	Leader Ratification	President Ratification	Political Support	E. Construction Damage	E. Operation Damage	GHG Emission	Foreign Investment	Foreign Revenue	Foreign Thrift
P11	Tehran Southern Bypass Freeway (Abyek-Carmsahr)	158	62	126,928	1,124	12,452,230	0	0	0	0	0	0.24	0	0	0
P12	Mashad Northern Bypass Freeway (Mashad-Quchan)	192	0	71,468	633	4,700,924	0	0	0	0.1	0	0.73	0.1	0.2	0
P13	Maraqe-Hastrud & Bonab-Naqade-Tamarchin Freeway	185	0	92,181	817	4,945,627	0	0	0	0.2	0.1	0.71	0	0.1	0

ابتدا مسئله را در مدل‌های تک‌هدفه (با رعایت همهٔ محدودیت‌ها) حل کردیم.

جدول ۱.۱۰. مقادیر راه‌حل (تکمیل) برای بهینه‌سازی تک‌هدفی هر هدف

Goal/Project Completion	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Max Social	20	78						50	35	20			
Max Political	20			20			23			20			
Min Environmental							45						
Max Financial							78						
Max Completion	20	78		20					35	20	2		

جدول ۲.۱۰. مقادیر راه‌حل (درصد تکمیل بهینه)

Project	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
% Completion	20	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0

جدول ۳.۱۰. مقادیر راه حل اگر محدودیت بودجه ۳۰٪ افزایش یابد

Project	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
% Completion	20	0	0	0	0	0	54	0	0	20	0	0	0

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

۱.۵. نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که در این پژوهش مشخص شد مناسب‌ترین روش علمی و عملیاتی برای اولویت‌بندی طرح‌های آزادراهی کشور با ۵ معیار اصلی و ۲۵ معیار فرعی و زیرمعیار پس از وزن دهی هریک از آن‌ها، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) با فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) است؛ لذا با استفاده از مدل مذکور و یافته‌های پژوهش از بین ۱۳ طرح ناتمام آزادراهی مشخص‌شده، حسب مورد اولویت‌های زیر تعیین شده است:

- ✓ با معیار «حداکثر مزایای اجتماعی»
  اولویت با طرح‌های ۱، ۲، ۸، ۹ و ۱۰
- ✓ با معیار «حداکثر حمایت‌های سیاسی»
  اولویت با طرح‌های ۱، ۴، ۷ و ۱۰
- ✓ با معیار «حداقل تخریب محیط زیست»
  اولویت با طرح ۷
- ✓ با معیار «حداکثر مزایای مالی»
  اولویت با طرح ۷
- ✓ با زیرمعیار «حداکثر پیشرفت فیزیکی»
  اولویت با طرح‌های ۱، ۲، ۴، ۹، ۱۰ و ۱۱
- ✓ با معیار «درصد پیشرفت بهینه»
  اولویت با طرح‌های ۱ و ۷
- ✓ با درنظرگرفتن «محدودیت‌های بودجه‌ای»
  اولویت با طرح‌های ۱، ۷ و ۱۰

در مجموع، طرح ۱ از منظر معیارهای مختلف در بین ۱۳ طرح موردنظر، دارای بیشترین اولویت برای اجرا و تکمیل است.

۲.۵. پیشنهاد

چون علاوه بر طرح‌های ناتمام آزادراهی کشور، سایر طرح‌های عمرانی در بخش‌های دیگر نیز در تعدد طرح‌های ناتمام و محدودیت‌های مالی با مشکل مشابهی مواجه

است؛ لذا پیشنهاد می‌شود تا در یک پژوهش گسترده با استفاده از معیارهای مناسب وزن‌دهی، به کمک مدل تصمیم‌گیری، نسبت به تهیهٔ مگاماتریس تمامی طرح‌های ناتمام عمرانی و اولویت‌بندی آن‌ها برای تخصیص و اجرا اقدام شود.

منابع

آذر، عادل، رجب‌زاده، علی (۱۳۹۴). *تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM*. تهران، نگاه دانش.

احمدزاده، سحر (۱۳۹۵). *بررسی علل تأخیر و اولویت تکمیل پروژه‌های عمرانی نیمه‌تمام با معیارهای مالی* (مطالعهٔ موردی: پروژه‌های منتخب استان یزد). مؤسسهٔ آموزش عالی امام جواد(ع)- یزد، دانشکدهٔ مدیریت.

اشرفی، الهه (۱۳۹۴). *ارزیابی و اولویت‌بندی، مهم‌ترین علل تأخیرات در پروژه‌های عمرانی EPCF-* مطالعهٔ موردی اجرای قطعاتی از خطوط ۳ و ۴ متروی تهران، دانشگاه ایوانکی، دانشکدهٔ مهندسی عمران.

بهرامی خوشنود، اسماعیل (۱۳۹۴). *اولویت‌بندی طرح‌های عمرانی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره* (مطالعهٔ موردی: پروژه‌های پیشنهادی عمرانی شهرداری همدان)، دانشگاه پیام نور استان البرز، مرکز پیام نور کرج.

پژوهشکدهٔ آمار (۱۳۹۸). گزارش وضعیت طرح‌های تملک دارایی‌های سرمایه‌ای.

رحیم‌زاده، پیام (۱۳۹۶). *اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تأخیر پروژه‌های راه‌سازی به‌کمک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی* (مطالعهٔ موردی: استان مازندران). مؤسسهٔ آموزش عالی علوم و فناوری آریان، دانشکدهٔ مهندسی عمران.

روانشادنیا، مهدی، عباسیان جهرمی، حمیدرضا (۱۳۹۴). *از مدیریت پروژه تا مدیریت سبد پروژه‌ها*. تهران، فدک ایساتیس، رئیس‌جمهور (۱۳۹۷). (اولویت‌های عمومی و تخصصی وزارت راه و شهرسازی در دولت دوازدهم).

زندیه وکیلی، مهدی (۱۳۹۴). *اولویت‌بندی طرح‌های تملک دارایی‌های سرمایه‌ای برنامهٔ پنجم به‌منظور تخصیص منابع با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره و برنامه‌ریزی آرمانی* (مطالعهٔ موردی: پروژه‌های فرهنگی استان مرکزی، دانشگاه هرمزگان، پردیس خودگردان قشم.

سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۳۹۸). گزارش وضعیت طرح‌های تملک دارایی‌های سرمایه‌ای.

سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۴۰۰). گزارش برنامهٔ جهش تولید.

سازمان برنامه و بودجه کشور (پاییز ۱۴۰۰). ساماندهی و اولویت‌بندی طرح‌های تملک دارایی‌های سرمایه‌ای در لایحهٔ بودجهٔ سال ۱۴۰۱.

صادقی، اسماعیل (۱۳۹۳). *بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت پروژه‌های عمرانی براساس رویکرد* AHP *فازی* (مطالعهٔ موردی: پروژه‌های راه و شهرسازی استان هرمزگان، شهرستان بندرعباس، دانشگاه هرمزگان، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی.

فراتی، حسن و ناظمی، منیره (۱۳۹۵). *شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی دولت*. فصلنامهٔ علمی- پژوهشی مدیریت سازمان‌های دولتی، ۵ (شماره ۱، (پیاپی ۱۷)، ۱۲۱-۱۳۶.

فرخ، مجتبی (۱۳۹۵). *طراحی مدل زنجیره تأمین حلقهٔ بسته با رویکرد برنامه‌ریزی فازی استوار*، (PhD)، دانشگاه تهران.

قانون بودجهٔ سال ۱۴۰۰.

محقر، علی، مهرگان، محمدرضا، آذر، عادل، مطهری فریمانی، ناصر (۱۳۹۳). *طراحی مدلی برای انتخاب پروژه‌های عمرانی در بخش عمومی، مدیریت صنعتی*، ۶ (۴)، ۸۳۱-۸۴۷. Doi:10.22059/imj.2014.52033.

مؤمنی، منصور (۱۳۸۵). *مباحث نوین تحقیق در عملیات*. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

نوبخت، محمدباقر (۱۳۹۵). *روش تحقیق پیشرفته*. جهاد دانشگاهی، چاپ چهارم.

نوبخت، محمدباقر (۱۴۰۰). *الگوهای توسعه*. سازمان برنامه و بودجه، چاپ سوم.

Amiri, Morteza Pakdin (2010). *Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods*. Expert Systems with Application, 37(9), 6218-6224. doi:https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.02.103.

Angelou, G.N.,&Economides, A.A (2008). *A Decision Analaysis Frameworkfor Prioritizing a Portfolio of ICT Infrastructure Orojects*. Leee Transaction of Engineering Management, 55(3), 479-495. Doi:10.1109/TEM,2008.922649.

Cleden, David (2009). *Managing Project Uncertainty* (Advances in Project Management) (First ed.): Routledge.

Fischer, Jamie Montague&Amekudzi, Adjo (2011). *Quality of Life, Sustainable Civil Infrastructure and Sustainable Development: Strategically Expanding Choice*. Journal of Urban Planning and Development, 137(1), 39-48. doi:10.1061/(asce)up.1943-5444.000003.

Glanzel, Wolfgang, chen, Chaomei&Song, Min (2019). *Visualizing a field of research: A methodology of systematic scientometric reviews*, plas One, 14(10).

Knoope, M.M., Ramirez, A7Faaij, A.P.C (2015). *The Influence of uncertainty in the development of a CO2 infrastructure network*. Applied Energy, 158, 332-347. doi:10.1016/j.apenergy.2015.08.024.

Müller, Daniel B., Liu, Gang, Løvik, Amund N., Modaresi, Roja, Pauliuk, Stefan, Steinhoff, Franciska S.,& Brattebø, Helge (2013). *Carbon emissions of infrastructure development, Environmental science & technology*, 47(20), 11739-11746. doi:10.1021/es402618m.

Mell, Ian C., Henneberry, John, Hehl-Lange, Keskin, Berna (2013). *Promoting urban greening: Valuing the development of green infrastructure investments in the urban core of Manchester, UK Urban Forestry & Urban Greening*, 12 (3), 296-306

Macura, Dragana, Bošković, Branislav, Bojović, Neboša,&Milenković, Miloš (2011). *A MODEL FOR PRIORITIZATION OF RAIL INFRASTRUCTURE PROJECTS USING ANP*, International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei transport, 38(3) , 285-309.

Muńoz-Medina, B,Romana, MG,&Ordóñez, J(2019). *Seleción de la major alternative en proyectors de infraestructuras de aparcamientos con criterios en conflict de diferntes grupos de interès, informes De La construccion*, 71(556), 312.

Mohagheghi, Vahid, Mousavi, Seyed Meysam, Antuchevićiene, Jurgita&Dorfeshan, Yahya, framework introducing MORAS method in an interval type 2 fuzzy environment. International Jounal if Strategic Property Management, 23(6), 390-404.

Niusha, Ashkan, Azar, Adel, Moazzez, Hashem&Heydari, Kiomars (2019). *A Multi-objective Optimization Model for Iran's Renewable Power Portfolio*, Management Research in Iran, 23(1), 171-191.

Pujadas, P., Pardo-Bosch, F., Aguado-Renter, A.,&Aguado, A.(2017). *MIVES multi-criteria approach for the evaluation, prioritization and selection of public investment*.

Samson, Sundeep, Reneke, James A.,&Wiecek, Margaret M.(2009). *A review of different perspectives on uncertainty and risk and an alternative modeling paradigm*. Reliability Engineering&System Safety, 94(2), 558-567.

Yuan, Jingfeng, Skibniewski, Miroslaw j., Li, Qiming&Zheng, Lei (2010). *Performance objective of Stakeholders*. Journal of Management in Engineering, 26(2), 89-104. doi:doi:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000011.

Willows, Robert, Reynard, Nick, Meadowcroft, Ian&Connell, Richenda (2003). *Climate adaptation: Risk, Uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report*. Retrieved from Oxford: http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/2969/

Young, Trevor L. (2010). *Successful Project Management: Develop Effective Skills, Manage the Risks, Use Tried and Tested Techniques* (Sunday Times Creating Success) (3 rd ed.): Kogan Page.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Journal of Program and Development Research
Research Article

Prioritization of unfinished freeway projects of the country with multi-criteria decision making model (MCDM) and network analysis process (ANP)

Hossein Haghighi*
Mehdi Ravanshadnia**
Saeid Kardar***

Received: 17 April 2023 Accepted: 8 July 2024
Vol.5, No.17, Spring 2024

Abstract

By considering financial resource constraints, this article, stems from applied-developmental research, conducted to develop a suitable decision-making model for prioritizing the country's unfinished freeway projects. The main question of the research is: given the existing system documents and the specific internal and external conditions, what criteria and models can effectively guide decisions on prioritizing the country's incomplete freeway projects? The research employs an analytical-quantitative approach, with data gathered through both library research and field studies. Initially, relevant criteria for prioritization are identified by reviewing existing documents and previous studies, and these criteria, along with their sub-criteria, are compiled into a matrix. Expert interviews using the Delphi method are then conducted to assign weights

* PhD Student in Civil Engineering, Construction Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran (Corresponding Author).
Email: nobakhthossein@yahoo.com
** Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran.
*** Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran.

to each criterion, resulting in a weighted criteria matrix. Finally, by applying network analysis (ANP) with Super Decision software and multi-criteria decision-making models (MCDM), a supermatrix of prioritized freeway projects is generated and prepared for implementation. This matrix enables the determination of project priorities using either single or multiple criteria. Additionally, the research identifies the potential to create a megamatrix that prioritizes all construction projects across the country.

Keywords: Unfinished freeway projects of the country, multi-criteria decision-making models, network analysis, Infrastructure projects

JEL Classification: R58, R41, R48

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی