

# تأثیر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از ارزش‌های کارکردی

## در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها

### "مطالعه موردی: تقاطع بزرگراه‌های چمران - جلال آل احمد"

کیاوش مهذب، دانش آموخته کارشناس ارشد، سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران، تهران، ایران  
عاطفه امیری، دانش آموخته کارشناس ارشد، سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران، تهران، ایران  
رضا صادق‌دوست، دانش آموخته کارشناس ارشد، سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران، تهران، ایران  
طهمز احمدپور، دکتری مهندسی عمران، سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران، تهران، ایران  
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [mohazzab.kiavash@gmail.com](mailto:mohazzab.kiavash@gmail.com)

دریافت: ۹۴/۰۱/۱۷ - پذیرش: ۹۴/۰۴/۳۰

#### چکیده

در کلان‌شهرها به دلیل رشد سریع جمعیت و حمل و نقل، نیازهای شهری با سرعت زیادی رو به افزایش می‌باشد. در بیشتر مواقع به دلیل تغییر پذیری و آماری بودن مفهوم ترافیک، این نیازها در طول زمان تغییر می‌یابند. برای رسیدن به یک طرح موفق، به جهت تعدد و همچنین تغییر نیازها در طول زمان، لازم است علاوه بر سازگاری و توانایی برآورده ساختن نیازها در یک طرح، به اقتصاد آن نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار توجه ویژه شود. به دلیل پیچیدگی مسئله، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، می‌توانند به عنوان ابزاری کارآمد برای رسیدن به طرح‌های با مطلوبیت بیشتر بکار گرفته شوند. در این مقاله، تلاش شده است تأثیر و نحوه عملکرد این تکنیک‌ها در ارزیابی اقتصادی طرح‌ها مورد بررسی قرار گیرد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که با استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره، امکان ارزیابی کارآمدتر اقتصادی فراهم آورده می‌شود. با بکارگیری این ابزارها در مطالعه موردی انجام شده، تعداد گزینه‌های مطلوب‌تر و همچنین با شناسایی کارکردهای پرهزینه، ارزش کارکردی آن‌ها افزایش یافت. از طرفی امکان پیشینه نمودن مطلوبیت گزینه‌ها برای تصمیم‌گیرندگان از طریق ترکیب و دسته‌بندی آن‌ها فراهم آورده شده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اقتصادی، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تصمیم‌گیرندگان، مطلوبیت

#### ۱- مقدمه

و شدت و ضعف می‌یابند. از سوی دیگر، با رشد سریع جمعیت و حمل و نقل در شهرهای بزرگ، دسته دیگری از نیازها مانند نیازهای زیست محیطی (آلودگی هوا و صوت)، فرهنگی و اجتماعی ظهور نموده و با سرعت زیادی رو به افزایش می‌باشد. این نیازها به شکل مستقیم و در سطح وسیع‌تر (در سطح برنامه‌های جامع شهری) بر اقتصاد و عملکرد طرح‌ها سایه می‌اندازند. این بدان معنی است که در مطلوبیت یک طرح، معیارهای مختلفی

در طراحی معابر و تقاطع‌های شهری، آنچه در بیشتر موارد بطور مستقیم و قابل ملاحظه‌ای بر روی طرح‌ها تأثیر گذار می‌باشد، نیازها و شرایط ترافیکی است. این نیازها عمدتاً به تأمین مسیرهای عبور ایمن با حداکثر ظرفیت ترافیکی و سرعت تردد، که همیشه مورد انتظار کاربران شهری و سیستم‌های بهره‌برداری بوده است، محدود می‌شوند. در بیشتر مواقع به دلیل تغییر پذیری و آماری بودن مفهوم ترافیک، نیازها در طول زمان تغییر یافته

نقش دارند که لازم است در تصمیم گیری‌ها مورد توجه قرار گیرند.

علاوه بر این، با توجه به تغییر زیاد و مداوم نیازها در بستر زمان در کلان شهرها، کارایی طرح‌ها در بیشتر موارد به مرور زمان کمتر شده و یا حتی کارکرد اصلی طرح از ابتدای اجرا برآورده نخواهد شد که این مسئله منجر به تحمیل هزینه به ذینفعان طرح می‌گردد. در این گونه مسائل، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱</sup> (MODM) برای رسیدن به طرح‌های با مطلوبیت بکار گرفته شده‌اند.

یکی از قدیمی‌ترین مطالعات در زمینه تکنیک‌های MODM، به سال ۱۹۵۱ میلادی (کان و تاکر، ۱۹۵۱) برمی‌گردد. اولین رساله‌های تحقیقاتی در سال‌های ۱۹۶۵ (ایجری، ۱۹۶۵) و ۱۹۶۸ (جانسون، ۱۹۶۸) نوشته شده است. پس از آنها مطالعات توسط محققین دیگری (زلنی، ۱۹۷۴)، (ویلهم، ۱۹۷۶)، (والنیوس، ۱۹۷۵)، (هایمس، هال و فریدمن، ۱۹۷۵) در سال‌های مابین ۱۹۷۴ تا ۱۹۷۶ ادامه پیدا کرده است. در این زمینه کتاب‌هایی نیز (لی، ۱۹۷۲)، (ایستون، ۱۹۷۳)، (ایگنیزو، ۱۹۷۶)، (کینی و رایفا، ۱۹۷۶) در سال‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۶ نگارش گردیده است.

تا سال‌های اخیر نیز محققان زیادی بر روی این روش‌ها و کاربرد آنها در زمینه‌های مختلفی نظیر مدیریت، کشاورزی، حمل و نقل، صنایع و آموزش به تحقیق پرداخته‌اند. آلیاس (آلیاس و هشیمی، ۱۹۸۷) در سال ۱۹۸۷ مروری بر مطالعات گذشته را بررسی نموده و روش‌ها را به دسته‌های مختلفی تقسیم‌بندی نموده است. با پیشرفت تکنولوژی، روش‌های حل مبتنی بر هوش مصنوعی نظیر منطق فازی نیز ابداع گردیده‌اند. زپونیدیس (زپونیدیس، ۲۰۰۰) در مطالعه خود ویژگی‌های مورد توجه در این گونه روش‌ها را مورد بررسی قرار داده است.

به منظور بررسی نحوه ارزیابی اقتصادی در تکنیک‌های MODM و مقایسه نتایج آن با شیوه‌های تصمیم‌گیری متداول در پروژه‌های عمرانی، پروژه مطالعات طرح ساماندهی تقاطع بزرگراه‌های چمران- جلال آل احمد که در سال ۱۳۹۲ در سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر

تهران انجام شده است (احمدپور و امیری، ۱۳۹۳)، در این قسمت مورد بررسی قرار گرفته و مزایای استفاده از این روش و جایگزین نمودن آن با شیوه‌های متداول بیان گردیده است.

## ۲- تعاریف کلی

به طور کلی تصمیم‌گیری، فرایند انتخاب انجام یک اقدام از میان گزینه‌های موجود است. اغلب در تمام مسائل، معیارهای ارزیابی چندگانه بوده و تصمیم‌گیرندگان نیز با انتخاب گزینه به دنبال کسب بیش از یک هدف و با وجود محدودیت‌های محیطی، فرایندی و منابع هستند. یکی دیگر از مشخصات مسائل رایج، عدم تناسب اهداف با یکدیگر است. مسائل به زبان ریاضی مطابق رابطه (۱) قابل ارائه می‌باشد.

$$\begin{cases} \text{Max } [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)] \\ g_i(x) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (1)$$

X: بردار متغیرهای تصمیم‌گیری است.

مسئله شامل n متغیر تصمیم‌گیری و m محدودیت و k هدف است که هر کدام از این متغیرها می‌توانند غیرخطی باشند. در ادبیات فنی به این گونه مسائل، پیشینه‌سازی بردارها (VMP) گفته می‌شود. برای حل این مسائل دو روش سنتی وجود دارد:

$$\begin{cases} \text{Max } f_i(x) \\ g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \\ f_l(x) \geq a_l, \quad l = 1, 2, \dots, k \ \& \ l \neq i \end{cases} \quad (2)$$

$a_l$ : سطح قابل قبول برای هدف L است.

$$\begin{cases} \text{Max } \sum_{i=1}^k w_i f_i(x) \\ g_i(x) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{i=1}^k w_i = 1 \end{cases} \quad (3)$$

این روش‌ها اغلب بهترین و مطلوب‌ترین جواب‌ها را بدست نمی‌دهند. این موضوع به دلیل عدم تناسب و حتی تناقض طبیعت معیارهای چندگانه است که موجب پیچیدگی مسئله و دشوار شدن انتخاب تصمیم می‌شود.

### ۳-۱- افزایش تعداد گزینه‌های پیشنهادی

در انجام مطالعات پروژه‌ها، بطور کلی، ابتدا تعداد مشخصی (در حدود سه) از گزینه‌ها (راه‌حل‌ها) توسط طراح پیشنهاد می‌گردد. این گزینه‌ها باید نیازهای اصلی پروژه (توابع هدف) را برآورده نمایند. گزینه‌های پیشنهادی با در نظر گرفتن معیارهای فنی و اقتصادی ارزیابی شده و گزینه برتر انتخاب می‌گردد. در این حالت تصمیم‌گیرندگان تنها می‌توانند بهترین طرح (از لحاظ فنی و اقتصادی) را از میان تعداد محدود گزینه‌های پیشنهادی انتخاب نمایند. این در حالی است که بسیاری از گزینه‌های محتمل، به دلایل اقتصادی در ذهن طراح حذف گردیده است. اما در صورتی که طرح‌های پرهزینه و با کارایی بالا و توجیه اقتصادی در افق طرح وجود داشته باشد، امکان حذف آنها وجود دارد. مقایسه تعداد گزینه‌های نهایی مطالعه انجام شده با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری متداول و نیز با استفاده از تکنیک MODM، در جدول ارائه شده است.

### ۳-۲- امکان دسته‌بندی کارکردهای پرتانسیل برای

#### بیشینه نمودن تابع مطلوبیت کارکرد/ هزینه

یکی از مزایای استفاده از تکنیک‌های MODM، امکان دسته‌بندی کارکردهای پرتانسیل و استفاده از آن در بیشینه نمودن تابع مطلوبیت کارکرد/ هزینه است. کارکردها مشخصه‌های اجزایی از راه‌حل‌های احتمالی هستند که مجموعه‌ای از آنها گزینه‌های پیشنهادی (راه‌حل‌ها) را شکل می‌دهند. هر جزء می‌تواند چند و هر کارکرد می‌تواند ناظر به یک یا چند نیاز در مسئله باشد. روش‌های مختلفی برای شناسایی کارکردها وجود دارد که یکی از آنها ترسیم نمودار FAST است. کارکردهای اجزاء مسئله و ارتباط آنها، به کمک سوال‌های چرا؟ و چگونه؟ در نمودار FAST شناسایی می‌شوند. پس از شناسایی کارکردها امکان دسته‌بندی آنها در قالب کارکردهای پرتانسیل، بر هزینه و پرریسک وجود دارد.

تکنیک‌های MODM نتیجه تلاش برای حذف پیچیدگی‌ها و ایجاد امکان تصمیم‌گیری مستقل برای اهداف می‌باشند.

تعاریف رایج در ادبیات فنی این تکنیک‌ها عبارتند از: (۱) هدف: انعکاس تمایلات تصمیم‌گیرندگان و در واقع راستاهایی هستند که آنها برای حل بهتر مسئله متصور هستند.

(۲) معیارها: در تعریف لغوی، قوانین، استانداردها و یا قضاوت‌های برای پذیرش هستند.

(۳) مجموعه متغیرهای تصمیم‌گیری محتمل: مجموعه‌ای از متغیرهایی هستند که محدودیت‌های مسئله را ارضا می‌نمایند. بطور مثال:

$$\begin{cases} g(x) < 0, & j = 1, 2, \dots, m \\ X = \{x | g(x) \leq 0\} \end{cases} \quad (4)$$

(۴) مجموعه ارزش‌های کارکردی (S):

$$S = \{f(x) | x \in X\}$$

### ۳-۳- بحث و بررسی

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که اقتصاد به عنوان یکی از مهمترین معیارها، بهتر است به همراه سایر معیارها ارزیابی شده تا در تصمیم‌گیری مطلوبتر تأثیرگذار باشد. مزیت توجه به معیار اقتصاد همزمان با سایر معیارها در MODM، در موارد ذیل قابل بررسی و مقایسه است:

- (۱) افزایش تعداد گزینه‌های پیشنهادی
- (۲) دسته‌بندی کارکردهای پرتانسیل برای بیشینه نمودن تابع مطلوبیت کارکرد/ هزینه
- (۳) ایجاد امکان ترکیب گزینه‌ها و بدست آوردن گزینه‌های با مطلوبیت بیشتر (با استفاده از نتایج ارزیابی اقتصادی و فنی)
- (۴) ایجاد امکان مقایسه گزینه‌ها با تفکیک نوع هزینه و انتخاب برای تصمیم‌گیرندگان با ترجیحات مختلف

جدول ۱. مقایسه تعداد گزینه‌ها در دو حالت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری متداول و تکنیک MODM

نوع تکنیک	تعداد گزینه‌ها	عناوین گزینه‌های پیشنهادی
متداول	۳	گزینه ۱: حفظ وضع موجود گزینه ۲: احداث زیرگذر (بزرگراه چمران همسطح و بزرگراه جلال آل احمد به صورت زیرگذر) گزینه ۳: تعریض پل موجود از جنوب و تأمین سه خط حرکتی در هر جهت
MODM	۱۱	گزینه A-1: طرح مبنای اصلاح شده گزینه A-2: طرح مبنای اصلاح شده و حذف دوربرگردان جنوب به جنوب گزینه B-1: چپگردها در محل تقاطع با دربرگردان طرح مبنا گزینه C-1: ترکیب چپگردها با حرکات مستقیم در محل تقاطع (چپگرد شرق به جنوب) گزینه C-2: ترکیب چپگردها با حرکات مستقیم در محل تقاطع (چپگرد جنوب به غرب) گزینه D: ساخت پل سرتاسری گزینه E: میدان غیرهمسطح گزینه F: احداث محور فاطمی - ملکوتی گزینه G: اصلاح تقاطع گیشا گزینه H: مقاوم سازی پل

انجام ارزیابی اقتصادی هدفمند، مطلوبیت گزینه‌های پیشنهادی را از طریق بهینه سازی هزینه‌های طرح بهبود دهند. دسته آخر کارکردها، کارکردهای پریسک هستند که وجود آن‌ها در اجزای گزینه‌های پیشنهادی بر پیچیدگی پروژه و ریسک‌های آن می‌افزایند. جدول ۲ دسته‌بندی کارکردها را در مطالعات نشان می‌دهد.

کارکردهای پرفرصت کارکردهایی هستند که امکان افزایش مطلوبیت گزینه‌های پیشنهادی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. در واقع حساسیت مطلوبیت گزینه‌های پیشنهادی، به این دسته از کارکردها بسیار زیاد می‌باشد. از طرفی کارکردهای پر هزینه کارکردهایی هستند که بر روی اقتصاد گزینه‌ها تأثیر گذارند. شناسایی این دسته از کارکردها این امکان را به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد تا با

جدول ۲. دسته‌بندی کارکردهای مطالعات طرح ساماندهی تقاطع بزرگراه‌های چمران - جلال آل احمد

نوع کارکرد			عنوان کارکرد
پریسک	پر فرصت	پر هزینه	
		✓	ایجاد ظرفیت (جنوب به جنوب)
		✓	افزایش ظرفیت (شرق به غرب)
		✓	افزایش ظرفیت (غرب به شرق)
		✓	افزایش عرض
✓	✓	✓	مقاوم‌سازی لرزه‌ای
✓			حذف ارتباط غرب به غرب (غرب گیشا)
	✓		آزادسازی فضا
✓	✓		تبادل سفر
✓			حفظ ارتباط غرب به جنوب
✓			حفظ ارتباط شمال به جنوب

می‌شود. با انجام ارزیابی‌های فنی و اقتصادی و بررسی مجموعه معیارها در هر گزینه، مقدار تابع مطلوبیت کارکرد/هزینه برای آن گزینه محاسبه می‌گردد. تکنیک‌های چند معیاره این امکان را به تصمیم‌گیرندگان می‌دهند تا با ترکیب گزینه‌های بدست‌آمده، گزینه‌های جدید و مطلوبتری را به وجود آورند. نمودار ۱ نتیجه گزینه‌های نهایی پیشنهادی مطالعات را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود گزینه‌های ترکیب شده (A-2 و A-3) بیشینه مقدار تابع را به خود اختصاص داده‌اند.

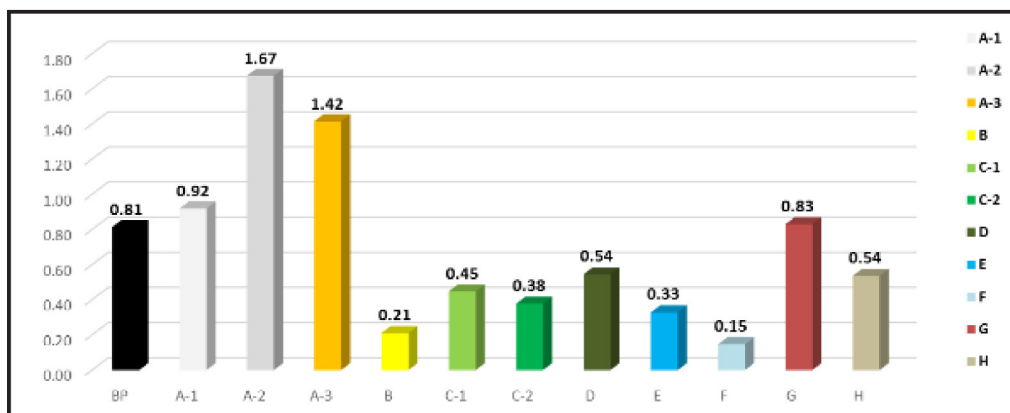
### ۳-۴- ایجاد امکان مقایسه گزینه‌ها با تفکیک نوع هزینه و انتخاب برای تصمیم‌گیرندگان با ترجیحات مختلف

در پروژه‌های عمرانی، در برخی از موارد تصمیم‌گیرندگان نسبت به نوع هزینه حساسیت دارند. این بدین دلیل است که در اغلب موارد لازم است هزینه اولیه مورد نیاز (ساخت) در بازه زمانی کوتاهتری نسبت به سایر هزینه‌ها تأمین شود. هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری و ... به دلیل طولانی و مداوم بودن آن برای تصمیم‌گیرندگان از درجه اهمیت کمتری برخوردار است. با توجه به تفاوت دیدگاه تصمیم‌گیرندگان، تکنیک‌های MODM این امکان را

بطور مثال همانطور که در جدول مشاهده می‌شود، مقاومت‌سازی پل تقاطع مزبور به عنوان یکی از کارکردهای پر هزینه معرفی شده است. عدم پیشنهاد گزینه‌های متعدد مرتبط با مقاومت‌سازی و همچنین عدم مطلوبیت این گزینه در ارزیابی نهایی، نشان‌دهنده تصمیم‌دینفعان طرح بر عدم مطلوبیت این کارکرد با توجه به میزان هزینه محاسبه شده برای آن می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد زمانی که کارکردهای پر هزینه در مطالعات شناسایی می‌شوند، امکان تصمیم‌گیری درخصوص پیشنهاد گزینه‌های با نسبت کارکرد/هزینه مطلوبتر به وجود می‌آید.

### ۳-۳- ایجاد امکان ترکیب گزینه‌ها و بدست آوردن گزینه‌های با مطلوبیت بیشتر (با استفاده از نتایج ارزیابی اقتصادی و فنی)

یکی دیگر از مزایای استفاده از تکنیک‌های MODM، استفاده از امکان ترکیب گزینه‌ها و بیشینه ساختن تابع مطلوبیت کارکرد/هزینه است. هرچه تابع مطلوبیت کارکرد/هزینه افزایش یابد، میزان مطلوبیت گزینه پیشنهادی افزایش می‌یابد. با شناسایی کارکردها و ارائه گزینه‌های متناظر با هر کارکرد، ارزیابی فنی و اقتصادی بر روی گزینه‌ها انجام

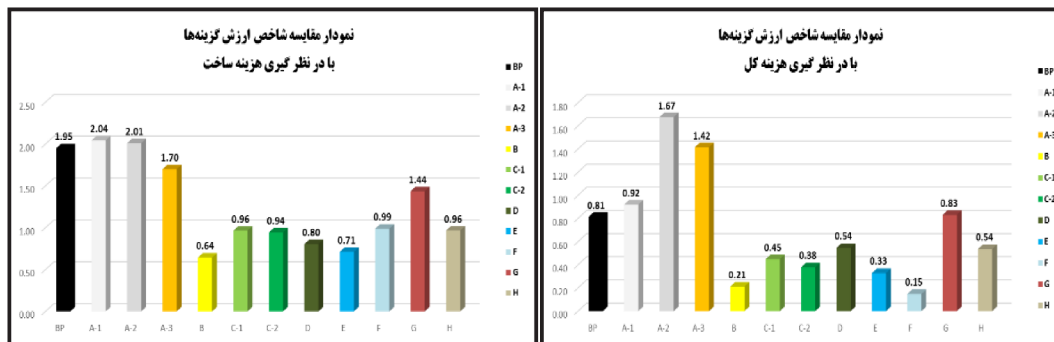


نمودار ۱. تابع مطلوبیت کارکرد/هزینه گزینه‌های نهایی مطالعات طرح ساماندهی تقاطع بزرگراه‌های چمران- جلال آل احمد؛ محور عمودی نشانگر مقدار تابع مطلوبیت می‌باشد.

بسیاری از ناشناخته‌های تصمیم‌گیرندگان روشن می‌شود، ولی در نهایت تمایل آنها به استفاده از یک گزینه بیشتر خواهد بود. در ادبیات فنی، این موضوع به راه‌حل مرجح یا ترجیح داده شده مرتبط می‌گردد. یکی از دلایل ارجحیت در ذهن تصمیم‌گیرندگان، میزان هزینه و اقتصاد پروژه خواهد بود. جدول ۳ گزینه‌های نهایی پیشنهاد شده را به ازای ترجیحات مختلف محتمل تصمیم‌گیرندگان نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود تصمیم‌گیرندگان بسته به شرایط و ترجیح می‌توانند گزینه مطلوب را انتخاب نمایند. در پروژه‌های عمرانی، این‌گونه دسته‌بندی می‌تواند منجر به انعطاف‌پذیری و هماهنگی بیشتر طرح‌ها با شرایط متغیر باشند.

می‌دهند که میزان حساسیت مطلوبیت (کارکرد/هزینه) هر گزینه نسبت به انواع هزینه اندازه‌گیری شود. نمودار ۲ مقدار تابع مطلوبیت را به ازای هزینه لازم برای ساخت و نیز کل هزینه مورد نیاز پروژه را نشان می‌دهند. همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، حساسیت تابع مطلوبیت هر گزینه نسبت به نوع هزینه در برخی موارد بطور نسبی تا دو برابر خواهد بود.

از طرفی یکی از مهم‌ترین قابلیت‌ها در تکنیک‌های تصمیم‌گیری و بطور کلی در فرایند انتخاب، ارایه محدوده بزرگتر و متنوع‌تر برای تصمیم‌گیرندگان است. در بسیاری از موارد تصمیم‌گیرندگان بسته به شرایط حاکم بر پروژه در هر برهه‌ای از زمان و یا ارگان‌های ذینفع، اهداف متفاوتی را دنبال می‌نمایند. اگر چه در اهداف اولیه و نیز معیارها،



نمودار ۲. مقدار تابع مطلوبیت کارکرد/هزینه به ازای: (شکل سمت راست) هزینه لازم برای ساخت، (شکل سمت چپ) کل هزینه پروژه

جدول ۳. گزینه‌های نهایی پیشنهاد شده را به ازای ترجیحات مختلف محتمل تصمیم‌گیرندگان

نوع ترجیح	عنوان گزینه	میزان ارجحیت
کاهش هزینه	A-2: طرح مبنای اصلاح شده و انتقال دوربرگردان به محل تقاطع حکیم و اصلاح تقاطع کارگر	۲۶۱,۹۱۷ میلیون ریال
	A-3: طرح مبنای اصلاح شده و انتقال دوربرگردان به محل تقاطع حکیم و اصلاح تقاطع کارگر و امتداد زیرگذر WE	۱۹۷,۴۰۳ میلیون ریال
	A-1: طرح مبنا و دوربرگردان جنوب به جنوب اصلاح شده و اصلاح تقاطع کارگر	۲۳ درصد
بهبود کارکرد	A-2: طرح مبنای اصلاح شده و انتقال دوربرگردان به محل تقاطع حکیم و اصلاح تقاطع کارگر	۱۸ درصد
	A-3: طرح مبنای اصلاح شده و انتقال دوربرگردان به محل تقاطع حکیم و اصلاح تقاطع کارگر و امتداد زیرگذر WE	۱۸ درصد
	B: چپگردها در محل تقاطع بدون یوترن طرح مبنا (۶ درصد بهبود کارکرد و کیفیت)	۶ درصد
	C-1: ترکیب چپگردها با حرکات مستقیم در محل تقاطع (چپگرد شرق به جنوب)	۲۲ درصد
	C-2: ترکیب چپگردها با حرکات مستقیم در محل تقاطع (چپگرد جنوب به غرب)	۲۰ درصد
	D: ساخت پل سرتاسری	۱۰ درصد
	G: اصلاح تقاطع گیشا	۳ درصد

میزان ارجحیت	عنوان گزینه	نوع ترجیح
۱۳ درصد	A-1: طرح مبنا و دوربرگردان جنوب به جنوب اصلاح شده و اصلاح تقاطع کارگر	برتری نسبت به طرح اولیه
۱۰۶ درصد	A-2: طرح مبنای اصلاح شده و انتقال دوربرگردان به محل تقاطع حکیم و اصلاح تقاطع کارگر	
۷۴ درصد	A-3: طرح مبنای اصلاح شده و انتقال دوربرگردان به محل تقاطع حکیم و اصلاح تقاطع کارگر و امتداد زیرگذر WE	
۲ درصد	G: اصلاح تقاطع گیشا	

#### ۴- نتیجه‌گیری

(A-2 و A-3) اختصاص یافته است. \*با توجه به حساسیت تصمیم‌گیرندگان به نوع هزینه در برخی موارد، استفاده از تکنیک MODM، امکان تفکیک هزینه‌ها و سنجش میزان حساسیت تابع مطلوبیت به انواع هزینه‌ها را به دست می‌دهد. این حساسیت در مطالعه انجام شده منجر به تغییر گزینه نهایی طرح شده است. در زمانی که برای تصمیم‌گیرندگان تنها هزینه ساخت پروژه دارای اهمیت باشد، گزینه A-1 و در صورتی که هزینه‌های کل طرح معیار سنجش باشد، گزینه A-2 انتخاب نهایی خواهد بود. از سوی دیگر با دسته‌بندی گزینه‌های مطلوب تصمیم‌گیرندگان می‌توانند بنا به ترجیح گزینه دیگری را انتخاب نمایند. در مطالعه انجام شده، گزینه‌ها در سه دسته کلی تقسیم‌بندی شده‌اند تا بنا به ترجیح کارفرما و زمان اجرای پروژه، یکی از گزینه‌ها انتخاب گردد.

#### ۵- سپاسگزاری

از تمامی مشاورین، همکاران و دوستانی که در مطالعه مزبور به ما یاری رسانده‌اند تشکر نمائیم. این مطالعه مطابق قرارداد شماره ۸۸۲۷۹۶ مورخ ۱۳۹۲/۰۸/۱۱ با همکاری مهندسین مشاور راهان سازه، رهاب و ایمن تقاطع در سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران به انجام رسیده است.

برای موفقیت یک طرح، به جهت تعدد و همچنین تغییر نیازهای شهری در طول زمان، لازم است علاوه بر ارائه یک طرح سازگار و پاسخگو به نیازها، به اقتصاد طرح به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کلان شهرها نیز توجه ویژه شود. در این مقاله یکی از پروژه‌های معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران با استفاده از تکنیک‌های MODM و تأثیر تکنیک‌ها بر ارزیابی اقتصادی طرح مورد ارزیابی قرار گرفته است که نتایج آن عبارتند از:

\*با توجه به ویژگی تکنیک‌های MODM، همواره جواب‌های متعددی برای یک مسئله وجود دارد که مطلوبیت آن برای تصمیم‌گیرندگان متفاوت است. این ویژگی باعث عدم رد بسیاری از طرح‌های مطلوب صرفاً به دلیل بالاتر بودن هزینه‌های آن‌ها می‌شود. در مطالعه موردی انجام شده، مطابق همین ویژگی، تعداد گزینه‌های نهایی از ۳ مورد به ۱۱ مورد افزایش یافته است.

\*شناخت انواع کارکردها در بیشینه نمودن تابع مطلوبیت (کارکرد/هزینه) مؤثر است. یکی از انواع کارکردها که حساسیت این تابع به آن قابل توجه می‌باشد، کارکردهای پرهزینه است که با شناسایی و تصمیم‌گیری در مورد آنها، می‌توان مطلوبیت گزینه‌های نهایی را افزایش داد. از سوی دیگر با شناسایی کارکردها، امکان ترکیب گزینه‌ها و بیشینه ساختن مطلوبیت وجود دارد. با انجام ارزیابی فنی و اقتصادی در هر گزینه تابع محاسبه می‌شود و با اضافه نمودن گزینه‌های دیگر و یا حذف و اضافه نمودن چند کارکرد، مقدار آن افزایش می‌یابد. در مطالعه حاضر بیشینه مقدار تابع مطلوبیت، به گزینه‌های ترکیب شده

Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, Wiley, New York.

- Kuhn, H. W., and A. W. Tucker, (1951), "Nonlinear Programming", in J. Neyman (ed.), Proceedings Second Berkeley Symposium on Hathematical Statistics and Probability, pp. 481-491.
- Lee, S. M., (1972), Goal Programming for Decision Analysis, Auerbach Publishers, Philadelphia, Pennsylvania.
- Wilhelm, J., (1976), Objectives and Multi-objective Decision Making Under Uncertainty, Springer-Verlag, New York.
- Wallenius, J., (1975), Interactive Multiple Criteria Decision Methods: An Investigation and Approach, the Helsinki School of Economics, Helsinki.
- Zeleny, M., (1974), Linear Hulti objective Programming, Springer-Verlag, New York.
- Zopunidis, C., (2000), Special Issue on Artificial Intelligence and Decision Support with Multiple Criteria. Computers & Operations Research, vol. 27, pp. 597-599.

- احمدپور، ط. امیری، ع.، "بکارگیری مهندسی ارزش در پروژه‌های مطالعاتی معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران"، کنفرانس بین المللی مهندسی ارزش و مدیریت هزینه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

## ۶- مراجع

- AliasI, M. A., Mohd HashimI, (1987), S. Z., and Samsudin, S., Multi Criteria Decision Making and Its Applications: A Literature Review, Jurnal Teknologi Maklumat, Vol. 20.
- Ching-Lai Hwang, Abu Syed Md. Masud., (1979), Multiple Objective Decision Making Methods & Applications, A State Of The Art Survey, Lecture Notes In Economics & Mathematical Systems, Springer-Verlag, New York.
- Easton, A., (1973), Complex Managerial Decisions Involving Multiple Objectives, Wiley, New York.
- Haimes, Y. Y., W. A. Hall and H. T. (1975), Freedman, Multi objective Optimization in Water Resources Systems, the Surrogate worth Trade-off Method, Elsevier Scientific, New York.
- Ignizio, J. P., (1976), Goal Programming and Extensions, Lexington Books, Massachusetts.
- Ijiri, Y., (1965), "Management Goals and Accounting for Control, North-Holland, Amsterdam.
- Johnsen, E., (1968), Studies in Decision Models, Monograph No.1, Economic Research Center in Lund, Sweden
- Keeney, R. L. and H. Raiffa, (1976),