



پژوهشنامه‌ی مدیریت اجرایی

علمی - پژوهشی

سال هشتم، شماره‌ی ۱۶، نیمه‌ی دوم ۱۳۹۵

## توسعه مدلی برای ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت مبتنی بر تئوری مجموعه اعداد راف<sup>۱</sup>

\* علیرضا شهرکی

\*\* فاطمه جمالی مقدم

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۸

### چکیده:

صنعت ساخت، حوزه‌ای از مطالعه است که تصمیم‌گیری آگاهانه در آن، نقش بسزایی ایفا می‌کند. این صنعت با ریسک‌های مختلفی روبروست که نادیده گرفتن آن‌ها می‌تواند باعث کاهش راندمان و حتی شکست پروژه‌ها گردد. متاسفانه کمبود تحلیل ریسک در صنعت ساخت در مقایسه با صنایع دیگر از قبیل صنعت بیمه و دارایی، باعث بروز مشکلاتی در این صنعت شده است. بعلاوه، عدم قطعیت موجود در ریسک‌ها و اطلاعات ناکافی در این زمینه، موفقیت پروژه‌ها را با خطر مواجه می‌سازد. بنابراین، مدیریت ریسک برای تضمین رسیدن به اهداف پروژه، باید اعمال شود. تمرکز این تحقیق بر روی ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت و انتخاب کم‌ریسک‌ترین پروژه می‌باشد. از این جهت که ارزیابی ریسک شامل اظهار نظرهای شخصی و ابهاماتی می‌باشد، برای مقابله با این عدم قطعیت، رویکرد ارزیابی جدیدی بر پایه اعداد راف پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی، شایستگی تئوری اعداد راف در رویارویی با ابهام و توانایی روش ویکور گروهی در مدلسازی و ارزیابی ریسک را با هم ترکیب می‌کند. نهایتاً روش پیشنهادی، در یک شرکت ساختمانی برای انتخاب کم‌ریسک‌ترین پروژه، جهت نشان دادن پتانسیل روش و کاربردی بودن آن، اعمال شده است.

**کلمات کلیدی:** صنعت ساخت، مدیریت ریسک، روش ویکور گروهی، تئوری مجموعه اعداد راف

<sup>۱</sup> این مقاله، مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد

\* دانشیار مهندسی صنایع، عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان (shahrakiar@hamoon.usb.ac.ir)

\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان

## ۱ - مقدمه

شرایط رقابتی محیط کسب و کار ایجاب می کند که هر سازمانی برای موفق شدن نیازمند پذیرش تغییرات و توسعه استراتژی های تجاری مناسب باشد. پروژه های مختلف یک سازمان ممکن است در اندازه، مدت زمان، اهداف، عدم قطعیت ها، پیچیدگی ها و ابعاد دیگر متفاوت باشند ولی بدون شک هر پروژه ای، درجه ای از عدم قطعیت را شامل می شود و عاری از ریسک نیست (تویسوز و کهرمان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). الکینگتون و اسمالمن<sup>۲</sup> (۲۰۰۲)، اظهار داشتند که پروژه های موفق تر، از مدیریت ریسک بیشتری بهره می برند. به دلیل اینکه ریسک های پروژه، چند بعدی هستند، باید با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره ارزیابی شوند. پروژه ها باید با در نظر گرفتن بیشتر از یک معیار، برای حصول نتایج دقیق تر و قابل اعتمادتر ارزیابی شوند (میلر و لسارد<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱). به دلیل عدم قطعیت ریسک ها، روش های فازی، در سطح وسیعی مورد توجه قرار گرفته اند ولی از این جهت که وزن های اختصاص داده شده به فاکتورها از اهمیت بالایی برخوردارند و ماهیت ریسک را مشخص می کنند، در روش های فازی، وزن های متفاوت ممکن است منجر به نتایجی کاملاً متضاد می گردد (ژو، ونگ و لی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲). همچنین فاصله های فازی که وابسته به تابع عضویت می باشند، برای تمامی فاکتورها به یک صورت خواهد بود. تابع عضویت از قبل تعیین شده نمی تواند تضمین بدهد که موقعیت واقعی نشان داده شود و اغلب، اعداد فازی با منطقه مرزی یکسان را نتیجه می دهد (سانگ، مینگ و زو<sup>۵</sup>، ۲۰۱۳). صنعت ساخت، به عنوان تجارتي ریسک پذیر مورد توجه قرار می گیرد که در مقایسه با حوزه های دیگر مانند صنعت بیمه و دارایی،

---

<sup>1</sup> Tuysuz & Kahraman

<sup>2</sup> Elkington & Smallman

<sup>3</sup> Miller & Lessard

<sup>4</sup> Zhou, Wang & Li

<sup>5</sup> Song, Ming & Xu

عملکرد ضعیف تری در تحلیل ریسک دارد (لاریا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). بنابراین، نیاز به ارائه روشی دیگر، برای رفع این کاستی ها، احساس می شود.

در راستای شناخت و نقد تحقیقات پیشین و مشخص کردن شکاف ها در بخش دوم، به مرور ادبیات تحقیق می پردازیم. در بخش سوم تحقیق، روش تحقیق پیشنهاد شده بررسی می شود. در بخش چهارم، مطالعه موردی و یافته های تحقیق آورده شده است. در بخش نهایی، با عنوان بحث و نتیجه گیری، علاوه بر خلاصه نتایج روش ویکور راف، نتایج روش ویکور فازی هم، جهت مقایسه آورده شده و نتایج تحلیل شده اند.

## ۲- ادبیات تحقیق

مدیریت ریسک از چهار مرحله دارد: ۱. شناسایی ریسک ها<sup>۲</sup>، ۲. ارزیابی ریسک<sup>۳</sup>، ۳. پاسخگویی به ریسک<sup>۴</sup>، ۴. مرور و نظارت بر ریسک<sup>۵</sup> (نیوتو موروته و روزویلا<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱). تکنیک های زیادی برای شناسایی ریسک وجود دارند، نظیر: طوفان فکری و کارگاه ها<sup>۷</sup>، چک لیست ها و لیست های آماده<sup>۸</sup>، پرسشنامه و مصاحبه<sup>۹</sup>، تکنیک های دلفی گروهی یا گروه اسمی<sup>۱۰</sup> و رویکردهای رسم نمودار مانند: نمودارهای علت-معلول<sup>۱۱</sup>، پویایی سیستم ها<sup>۱۲</sup>، نمودارهای نفوذ<sup>۱۳</sup> (چپمن<sup>۱۴</sup>، ۱۹۹۹). با این وجود روشی ایده آل،

---

<sup>1</sup> Laryea

<sup>2</sup> Risks Identification

<sup>3</sup> Risk Assessment

<sup>4</sup> Risk Response

<sup>5</sup> Risk Monitoring & Reviewing

<sup>6</sup> Nieto-Morote & Ruz-Vila

<sup>7</sup> Brainstorming & Workshops

<sup>8</sup> Checklists & Prompt Lists

<sup>9</sup> Questionnaires & Interviews

<sup>10</sup> Delphi Groups or Nominal Group Technique (NGT)

<sup>11</sup> Cause-Effect Diagrams

<sup>12</sup> Systems Dynamics

<sup>13</sup> Influence Diagram

<sup>14</sup> R. Chapman

برای شناسایی ریسک وجود ندارد و ترکیب مناسبی از تکنیک‌ها باید مورد استفاده قرار گیرد(هیلسون<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲).

چپمن و وارد<sup>۲</sup> (۱۹۹۷)، فاز ارزیابی ریسک را، به عنوان فاز مرکزی در فرآیند مدیریت ریسک در نظر گرفتند. به طور کلی ارزیابی ریسک می‌تواند به سه صورت، انجام گیرد: کمی، کیفی و نیمه کمی(ابراهیم نژاد، موسوی و قربانی کیا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷). روش‌های کیفی، مشخصات هر ریسک را به تفصیل، برای درک بهتر آن توصیف می‌کنند. روش‌های کمی، مدل‌های ریاضی را، جهت شبیه‌سازی اثر ریسک‌ها بر نتایج پروژه، استفاده می‌کنند(هیلسون<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳). این دو مدل ارزیابی، می‌توانند به صورت جداگانه یا باهم نیز استفاده شوند(ترانو، آسای و سوجنو<sup>۵</sup>، ۱۹۹۲). فقط در تعداد اندکی از پروژه‌ها و قراردادهای ریسک در حالتی استوار و منطقی، فرض می‌شود بنابراین در اکثر ارزیابی‌ها، مقداری ذهنی و انتزاعی است(میلز<sup>۶</sup>، ۲۰۰۱). در همین راستا، روش‌هایی که به مدل‌سازی عدم قطعیت می‌پردازند، عملکرد خوبی در این زمینه از خود نشان دادند(کریمی آذری، موسوی، موسوی و حسینی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۱؛ کوپر و چپمن<sup>۸</sup>، ۱۹۸۷).

در تحقیق تارون<sup>۹</sup> (۲۰۱۴) بیان شده است که بر اساس مقالات، تغییر شگرفی در درک محققان از ریسک ایجاد شده است. در گذشته ریسک به عنوان یک متغیر تخمینی، در نظر گرفته می‌شده است که استفاده مکرر از روش‌های مبتنی بر تئوری احتمال، آن را تایید می‌کند. در تحقیقات اخیر، ریسک بیشتر به صورت یک خصوصیت پروژه در نظر گرفته شده است که گرایش محققان به روش‌های تحلیلی تر را موجه می‌کند.

---

<sup>1</sup>. Hillson

<sup>2</sup>. Chapman & Ward

<sup>3</sup>. Ebrahimnejad, Mousavi & Ghorbanikia

<sup>4</sup>. Hillson

<sup>5</sup>. Terano, Asai, & Sugeno

<sup>6</sup>. Mills

<sup>7</sup>. KarimiAzari, Mousavi & Hosseini

<sup>8</sup>. Cooper & Chapman

<sup>9</sup>. Taron

سازد. در واقع، روش های تحلیلی، که بیشتر فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> و تئوری مجموعه اعداد فازی<sup>۲</sup> را به کار می برند، حجم عظیمی از ادبیات موضوع را به خود اختصاص داده اند، دیگر روش های تصمیم گیری چند معیاره و روش های ترکیبی هم رشد چشمگیری داشته اند که به بخشی از آن ها در جدول (۱) اشاره شده است.

مقاله جاتو-اسپینو، استیلو-لوپز، رودریگز-هرناندز و کانتراس-جردانا<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) لیست نسبتاً کاملی از روش های تصمیم گیری چند معیاره مورد استفاده در صنعت ساخت را ارائه می دهد. در میان مقالات، بیشترین کاربرد متعلق به فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس<sup>۴</sup> است. با توجه به کارکرد تقریباً مشابه تاپسیس و ویکور، نویسندگان دلیل محجور ماندن روش ویکور را دیرتر شناخته شدن آن توسط عموم عنوان کردند. روش ویکور، شاخص رتبه بندی را بر مبنای اندازه نزدیکی به راه حل ایده آل معرفی می کند ولی در روش تاپسیس، گزینه های انتخابی باید کمترین فاصله از جواب ایده آل و دورترین فاصله از جواب ضد ایده آل را داشته باشند با اینکه این روش دو نقطه مرجع را معرفی می کند ولی اهمیت نسبی فواصل از این دو نقطه را در نظر نمی گیرد.

در تحقیقات بررسی شده، از روش های فازی استقبال زیادی شده بود. ولی ایراداتی متوجه روش های فازی می باشد که در قسمت بحث و نتیجه گیری به تفصیل شرح داده خواهد شد. با توجه به ماهیت پیچیده و عدم قطعیت های موجود در پروژه ها، کاربرد روش های تحلیلی و کیفی در ترکیب با روش هایی که ابهام را در نظر بگیرند، بسیار کارآمد است. بنابراین ترکیب تئوری اعداد راف با روش های تصمیم گیری چندمعیاره جهت ارزیابی ریسک پروژه ها، رویکرد مناسبی ارائه می دهد.

---

<sup>1</sup>.Analytical Hierarchy Process(AHP)

<sup>2</sup>.Fuzzy Set Theory(FST)

<sup>3</sup>.Jato-Espino, Castillo-Lopez, Rodriguez-Hernandez & Canteras-Jordana

<sup>4</sup>.The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

جدول (۱): بخشی از روش های تصمیم گیری در ارزیابی صنعت ساخت

نویسندگان و سال انتشار	ابزار و تئوری های اصلی
تاه و کار <sup>۱</sup> (۲۰۰۱)	تئوری مجموعه اعداد فازی
دی <sup>۲</sup> (۲۰۰۱)	فرایند تحلیل سلسله مراتبی و درخت تصمیم <sup>۳</sup>
شنگ، آنومبا، بوچلاقم، مایلز، سن و تیلور <sup>۴</sup> (۲۰۰۵)	تئوری مجموعه اعداد فازی
دیکمن، بیرگونول و هان <sup>۵</sup> (۲۰۰۷)	فرایند تحلیل شبکه ای <sup>۶</sup>
لیو و یان <sup>۷</sup> (۲۰۰۷)	فرایند تحلیل سلسله مراتبی و ویکور
زنگ، ان و اسمیت <sup>۸</sup> (۲۰۰۷)	فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی
ژنگ و زو <sup>۹</sup> (۲۰۰۷)	فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی
مجتهدی، محمدی، موسوی و ماکویی <sup>۱۰</sup> (۲۰۱۰)	تاپسیس گروهی
نیتو موروته و روزویلا <sup>۱۱</sup> (۲۰۱۱)	فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی
کریمی آذری و همکاران <sup>۱۲</sup> (۲۰۱۱)	تاپسیس فازی
ابراهیم نژاد، موسوی، توکلی مقدم، هاشمی و وحدانی <sup>۱۱</sup> (۲۰۱۲)	فرایند تحلیل شبکه ای فازی و ویکور
فنگ و مارل <sup>۱۲</sup> (۲۰۱۲)	فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی
تایلان، بافیل، عبدالآل و کابلی <sup>۱۳</sup> (۲۰۱۴)	فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس

<sup>1</sup>. Tah & Carr

<sup>2</sup>. Dey

<sup>3</sup>. Decision Tree

<sup>4</sup>. Shang, Anumba, Bouchlaghem, Miles, Cen & Taylor

<sup>5</sup>. Dikmen, Birgonul, & Ozorhon

<sup>6</sup>. Analytical Network Process (ANP)

<sup>7</sup>. Liu & Yan

<sup>8</sup>. Zeng, An & Smith

<sup>9</sup>. Zhang & Zou

<sup>10</sup>. Mojtahedi, Mousavi & Makui

<sup>11</sup>. Ebrahimnejad, Mousavi, Tavakkoli-Moghaddam, Hashemi & Vahdani

<sup>12</sup>. Fang & Marle

<sup>13</sup>. Taylan, Bafail, Abdolaal & Kabli

## ۳- روش تحقیق

## ۳-۱- تئوری مجموعه اعداد راف

پاولاک<sup>۱</sup> (۱۹۸۲)، برای اولین بار تئوری مجموعه اعداد راف را پیشنهاد داد که ابزار ریاضی کارایی در مواجهه با اطلاعات ذهنی و نادقیق، بدون نیاز به فرضیات زیاد می‌باشد. مفهوم مبهم، توسط یک جفت مفاهیم دقیق بر پایه تقریب بالا<sup>۲</sup> و تقریب پایین<sup>۳</sup>، در تئوری مجموعه اعداد راف، نشان داده می‌شود (پاولاک، ۱۹۹۱). فرض کنید که  $U$ ، جهانی است که همه اشیاء را در بر می‌گیرد، ناحیه  $Y$  مرزی<sup>۴</sup> در  $S$ ، از اجزایی تشکیل شده است که نه می‌توانند به عنوان عضوی در داخل مجموعه هدف باشند و نه می‌توانند خارج از مجموعه به حساب بیایند (گرکو، ماتارازو و اسلووینسکی<sup>۵</sup>، ۲۰۰۱). زای، خو و ژونگ<sup>۶</sup> (۲۰۰۸)، اظهار داشتند که تقریب بالا، تقریب پایین و ناحیه مرزی، می‌توانند در مواجهه با قضاوت‌های ذهنی و نادقیق انسانی به کار گرفته شوند. فرض کنید که مجموعه‌ای از  $\Pi$  گروه از قضاوت‌های انسانی، وجود دارد،  $R = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ ، که مرتب شده به صورت  $J_1 < J_2 < \dots < J_n$  است. بنابراین، قضاوت‌ها و اولویت‌های ذهنی انسانی، گروه  $J_i$ ، می‌تواند توسط یک عدد راف که به وسیله حد پایین خود  $\underline{Lim}(J_i)$  و حد بالای خود  $\overline{Lim}(J_i)$  تعریف می‌شود، نشان داده شود. قضاوت انسانی و فاصله ناحیه مرزی توسط معادلات (۱) و (۲) بیان می‌شوند. عملیات ریاضی تحلیل بازه‌ای، می‌تواند برای اعداد راف هم به صورت روابط (۳) تا (۵) به کار برده شود.

$$RN(J_i) = [\underline{Lim}(J_i), \overline{Lim}(J_i)] \quad (1)$$

$$IBR(J_i) = \overline{Lim}(J_i) - \underline{Lim}(J_i) \quad (2)$$

---

<sup>1</sup>. Pawlak

<sup>2</sup>. Upper Approximation

<sup>3</sup>. Lower Approximation

<sup>4</sup>. Boundary Region

<sup>5</sup>. Greco, Matarazzo & Slowwinski

<sup>6</sup>. Zhai, Khoo & Zhong

$$RN_1 \oplus RN_2 = (L_1, U_1) + (L_2, U_2) = (L_1 + L_2, U_1 + U_2) \quad (۳)$$

$$RN_1 \otimes K = (L_1, U_1) \times K = (KL_1, KU_1) \quad (۴)$$

$$RN_1 \otimes RN_2 = (L_1, U_1) \times (L_2, U_2) = (L_1 \times L_2, U_1 \times U_2) \quad (۵)$$

که در آن  $RN_1 = (L_1, U_1)$ ،  $RN_2 = (L_2, U_2)$  دو عدد راف و  $K$ ، عدد ثابت غیر صفر می باشد.  
 به طور خلاصه سه قانون کلی به منظور رتبه بندی وجود دارد (ژای و همکاران، ۲۰۰۸).  
 فرض کنید که  $U_A$  و  $U_B$  به ترتیب حد بالای دو عدد  $A$  و  $B$  و  $L_A$  و  $L_B$  نیز حدود پایین دو عدد راف  $A$  و  $B$  باشند آنگاه سه حالت (۶)، (۷) و (۸) اتفاق می افتد. در رابطه (۸)، پس از محاسبه مقدار  $M$ ، اعداد راف توسط قوانین (۹) تا (۱۲) مقایسه می شوند.

$$A > B \rightarrow \text{آنگاه } L_A > L_B \text{ و } U_A \geq U_B \text{ یا } L_A \geq L_B \text{ و } U_A > U_B \rightarrow \text{اگر} \quad (۶)$$

$$A = B \rightarrow \text{آنگاه } L_A = L_B \text{ و } U_A = U_B \rightarrow \text{اگر} \quad (۷)$$

$$M = \frac{U + L}{2} \rightarrow \text{آنگاه محاسبه کن } L_B < L_A \text{ و } U_B > U_A \text{ یا } L_A < L_B \text{ و } U_A > U_B \rightarrow \text{اگر} \quad (۸)$$

$$A < B \rightarrow \text{آنگاه } M_A \leq M_B \text{ و } L_A < L_B \text{ و } U_A > U_B \rightarrow \text{اگر} \quad (۹)$$

$$A > B \rightarrow \text{آنگاه } M_A > M_B \text{ و } L_A > L_B \text{ و } U_A > U_B \rightarrow \text{اگر} \quad (۱۰)$$

$$A < B \rightarrow \text{اگر } U_A < U_B \text{ و } L_A > L_B \text{ و } M_A \leq M_B \rightarrow \text{آنگاه} \quad (۱۱)$$

$$A > B \rightarrow \text{اگر } U_A < U_B \text{ و } L_A > L_B \text{ و } M_A > M_B \rightarrow \text{آنگاه} \quad (۱۲)$$



فرض کنید که  $U_A$  و  $L_A$ ، به ترتیب تقریب پایین و تقریب بالای عدد راف  $A$  و شاخص خوش‌بینی  $(0 \leq \lambda \leq 1)$ ، باشند، سپس معادله تبدیل عدد راف به عدد غیر راف<sup>۱</sup>، به صورت  $A = (1 - \lambda)L_A + \lambda U_A$  خواهد بود (سانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

### ۳-۲- شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساخت و محاسبه وزن موثر آن‌ها

در این مقاله، از معیارهای مطرح شده در پژوهش‌های پیشین، روش دلفی و مصاحبه، جهت شناسایی ریسک‌ها استفاده شده است. سپس نظرات خبرگان به صورت مقایسات زوجی ریسک‌ها جمع‌آوری و ماتریس مقایسه زوجی فردی، برای نظرات هر خبره تشکیل شد. اعداد بالای قطر اصلی، نظرات خبرگان و اعداد پایین قطر اصلی، معکوس آن‌ها می‌باشند. ماتریس مقایسات زوجی خبره  $K$ ام با ماتریس (۱۳) تعریف می‌شود.

$$M_k = \begin{pmatrix} 1 & r_{12}^k & \dots & r_{1n}^k \\ r_{21}^k & 1 & \dots & r_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^k & r_{n2}^k & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad k=1,2,\dots,m \quad (13)$$

به طوری که  $r_{ij}^k$ ، قضاوت  $k$  امین فرد خبره برای مقایسه فاکتور ریسک فرعی  $i$  ام نسبت به فاکتور ریسک فرعی  $j$  ام می‌باشد.  $m$  تعداد خبرگان و  $n$  تعداد فاکتورهای ریسک فرعی است. در این قسمت برای ترکیب قضاوت‌های شخصی خبرگان، روش میانگین هندسی به صورت رابطه (۱۴) پیشنهاد می‌شود، زیرا ویژگی معکوس بودن ماتریس‌های مقایسات زوجی را بدون زیر پا گذاشتن قوانین پارتو حفظ می‌کند (فورمن و پنیواتی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸).

$$r_{ij} = \left( \prod_{k=1}^m r_{ij}^k \right)^{\frac{1}{m}} \quad (14)$$

<sup>۱</sup>. Crisp

<sup>۲</sup>. Forman & Peniwat

ماتریس مقایسات زوجی گروهی به صورت ماتریس (۱۵) تشکیل می شود.

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

در هر سطر، میانگین اعداد را برای هر ریسک فرعی می توان با رابطه (۱۶) محاسبه نمود. با نرمال نمودن اعداد، وزن ریسک های فرعی با رابطه (۱۷) مشخص می شود.

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}}{n} \quad (16)$$

$$W_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (17)$$

$Z$ ، تعداد کل زیر ریسک های فرعی می باشد. می توانیم وزن هر ریسک اصلی را به وسیله مجموع وزن ریسک های فرعی آن طبق رابطه (۱۸) محاسبه نماییم. که  $W_{total}$  وزن هر ریسک اصلی و  $t$ ، تعداد ریسک های اصلی پروژه  $W = [w_1, w_2, \dots, w_t]$  می باشد.

$$W_{total} = \sum_{i=1}^n w_i \quad (18)$$

### ۳-۳- ارزیابی ریسک پروژه با روش ویکور<sup>۱</sup> توسعه یافته با اعداد راف

روش ویکور، توسط اوپریکوویچ<sup>۲</sup> (۱۹۹۸) و اوپریکوویچ و زنگ<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) برای بهینه سازی چندمعیاره سیستم های پیچیده توسعه یافته است. در اینجا جواب سازشی نزدیکترین

<sup>۱</sup>. Viktor

<sup>۲</sup>. Opricovic

<sup>۳</sup>. Opricovic & Tzeng

جواب موجه به جواب ایده‌آل است که کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد (اوپریکوویچ و ژنگ، ۲۰۰۴). مفروضات و گام‌های روش پیشنهادی، به صورت زیر هستند (چو، شیو، ژنگ و خوسلا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). مفروضات: K فرد تصمیم‌گیرنده وجود دارند که اهمیت نظرات آن‌ها در تصمیم نهایی یکسان است. ( $k=1, \dots, K$ )

m گزینه<sup>۲</sup> برای انتخاب وجود دارند. ( $i=1, \dots, m$ )

n معیار<sup>۳</sup> شاخص<sup>۴</sup> برای تصمیم‌گیری وجود دارند. ( $j=1, \dots, n$ )

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فردی (۱۹) از نظرات کارشناسان صنعت ساخت، با استفاده از پرسشنامه. که در آن سطرها، نشان‌دهنده گزینه‌ها که همان پروژه‌ها هستند و ستون‌ها، جایگاه معیارها که ریسک‌های اصلی پروژه هستند، را نشان می‌دهد.

$$F_{ij}^k = \begin{pmatrix} f_{11}^k & f_{12}^k & \dots & f_{1n}^k \\ f_{21}^k & f_{22}^k & \dots & f_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1}^k & f_{m2}^k & \dots & f_{mn}^k \end{pmatrix} \quad (19)$$

به طوری که در آن  $f_{ij}^k$ ، عملکرد گزینه  $i$ ، در رابطه با معیار  $j$ ، از نظر  $k$ امین فرد خبره می‌باشد. سپس ماتریس تصمیم گروهی به صورت ماتریس (۲۰) تشکیل می‌شود.

$$\bar{F} = \begin{pmatrix} \bar{f}_{11} & \bar{f}_{12} & \dots & \bar{f}_{1n} \\ \bar{f}_{21} & \bar{f}_{22} & \dots & \bar{f}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{f}_{m1} & \bar{f}_{m2} & \dots & \bar{f}_{mn} \end{pmatrix} \quad (20)$$

به طوری که:  $\bar{f}_{ij} = \{f_{ij}^1, f_{ij}^2, \dots, f_{ij}^k, \dots, f_{ij}^m\}$

---

1. Chu, Shyu, Tzeng & Khosla  
 2. Alternative  
 3. Criterion  
 4. Attribute

گام دوم: تبدیل مولفه  $f_{ij}^k$  در ماتریس  $\overline{F}$ ، به عدد راف، برای تشکیل ماتریس ارزیابی گروهی راف  $F$  با استفاده از فرمول های (۲۱) و (۲۲).

$$\underline{Apr}(r_{ij}^k) = \cup \{Y \in U / R(Y) \leq r_{ij}^k\} \quad (۲۱)$$

$$\overline{Apr}(r_{ij}^k) = \cup \{Y \in U / R(Y) \geq r_{ij}^k\} \quad (۲۲)$$

بنابراین  $f_{ij}^k$  می تواند به صورت یک عدد راف که توسط حد پایین خود  $\underline{Lim}(f_{ij}^k)$  و حد بالای خود  $\overline{Lim}(f_{ij}^k)$  تعریف می شود، نشان داده شود. به طوری که:

$$\underline{Lim}(f_{ij}^k) = \left( \prod_{m=1}^{N_{ijL}} x_{ij} \right)^{\frac{1}{N_{ijL}}} \quad (۲۳)$$

$$\overline{Lim}(f_{ij}^k) = \left( \prod_{m=1}^{N_{ijU}} y_{ij} \right)^{\frac{1}{N_{ijU}}} \quad (۲۴)$$

$x_{ij}$  و  $y_{ij}$  مولفه های تقریب پایین و تقریب بالا برای  $f_{ij}^k$  می باشند.  $N_{ijU}$  و  $N_{ijL}$  تعداد اجزایی است که به ترتیب در تقریب پایین و بالای  $f_{ij}^k$  جای می گیرند. سپس می توانیم عدد راف  $RN(f_{ij}^k)$  را به صورت رابطه (۲۵) داشته باشیم.

$$RN(f_{ij}^k) = [\underline{Lim}(f_{ij}^k), \overline{Lim}(f_{ij}^k)] = [f_{ij}^{kL}, f_{ij}^{kU}] \quad (۲۵)$$

که  $f_{ij}^{kL}$  و  $f_{ij}^{kU}$ ، حد پایین و حد بالای عدد راف  $RN(f_{ij}^k)$  در ماتریس مقایسات زوجی  $k$  ام می باشند. بنابراین می توانیم سری اعداد راف را به صورت سری (۲۶) تشکیل دهیم.

$$RN(\overline{F}_{ij}) = \{[f_{ij}^{1L}, f_{ij}^{1U}], [f_{ij}^{2L}, f_{ij}^{2U}], \dots, [f_{ij}^{mL}, f_{ij}^{mU}]\} \quad (۲۶)$$

همچنین فاصله راف میانگین به صورت فرمول های (۲۷)، (۲۸) و (۲۹) تعریف می شود.

$$\overline{RN}(\overline{F}_{ij}) = [f_{ij}^{L}, f_{ij}^{U}] \quad (۲۷)$$

$$f_{ij}^L = \left( \prod_{k=1}^m f_{ij}^{kL} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (۲۸)$$

$$f_{ij}^U = \left( \prod_{k=1}^m f_{ij}^{kU} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (29)$$

$f_{ij}^L$  و  $f_{ij}^U$ ، حد پایین و حد بالای عدد راف  $[f_{ij}^L, f_{ij}^U]$  می‌باشند و  $m$ ، تعداد خبرگان است. حال ماتریس تصمیم گروهی راف  $F$  را به صورت ماتریس (۳۰) تشکیل دهیم.

$$F = \begin{bmatrix} [f_{11}^L, f_{11}^U] & [f_{12}^L, f_{12}^U] & \dots & [f_{1n}^L, f_{1n}^U] \\ [f_{21}^L, f_{21}^U] & [f_{22}^L, f_{22}^U] & \dots & [f_{2n}^L, f_{2n}^U] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ [f_{m1}^L, f_{m1}^U] & [f_{m2}^L, f_{m2}^U] & \dots & [f_{mn}^L, f_{mn}^U] \end{bmatrix} \quad (30)$$

گام سوم: گزینه‌های ایده‌آل مثبت،  $f_j^*$  و منفی،  $f_j^-$  با قواعد زیر، تعیین می‌شوند:

۱. اگر معیار  $j$ ام از نوع سود باشد، آن گاه مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی به صورت

فرمول (۳۱) خواهند بود.

$$f_j^* = \max(f_{ij}^U), \quad f_j^- = \min(f_{ij}^L) \quad (31)$$

۲. اگر معیار  $j$ ام از نوع زیان باشد، آن گاه مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی به صورت

فرمول (۳۲) خواهند بود.

$$f_j^* = \min(f_{ij}^L), \quad f_j^- = \max(f_{ij}^U) \quad (32)$$

گام چهارم: در این مرحله، مقدار شاخص سودمندی  $S_i^1$  با استفاده از فرمول‌های (۳۳) (۳۴) و شاخص تاسف  $R_i^2$  گزینه‌ها با استفاده از فرمول‌های (۳۵) و (۳۶) محاسبه می‌شود.

$$S_i^L = \sum_{j=1}^n w_j \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^U}{f_j^* - f_j^-} \right) + \sum_{j=1}^n w_j \left( \frac{(f_{ij}^L - f_j^*)}{(f_j^- - f_j^*)} \right), i = 1, \dots, m \quad (33)$$

<sup>1</sup>. Utility Index

<sup>2</sup>. Regret Index

$$S_i^U = \sum_{j=1}^n w_j \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^L}{f_j^* - f_j^-} \right) + \sum_{j=1}^n w_j \left( \frac{f_{ij}^U - f_j^*}{f_j^- - f_j^*} \right), i = 1, \dots, m \quad (34)$$

$$R_i^L = \max \left\{ w_j \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^U}{f_j^* - f_j^-} \right), w_j \left( \frac{f_{ij}^L - f_j^*}{f_j^- - f_j^*} \right) \right\}, i = 1, \dots, m \quad (35)$$

$$R_i^U = \max \left\{ w_j \left( \frac{f_j^* - f_{ij}^L}{f_j^* - f_j^-} \right), w_j \left( \frac{f_{ij}^U - f_j^*}{f_j^- - f_j^*} \right) \right\}, i = 1, \dots, m \quad (36)$$

گام پنجم: شاخص ویکور، Q، را بر اساس رابطه های (۳۷) و (۳۸) محاسبه می کنیم. V وزنی برای استراتژی ماکزیم سودمندی گروهی<sup>۱</sup> است که معمولاً ۰/۵ در نظر گرفته می شود. V میزان توافق گروه تصمیم گیرندگان را نشان می دهد. V=۰/۵، نشان دهنده نگرش توافقی، V=۰، نگرش منفی اکثریت و V=۱ اکثریت موافق خبرگان می باشد (کاکار<sup>۲</sup>، ۱۹۸۵؛ هوانگ، زنگ و لیو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹).

$$Q_i^L = v \left( \frac{S_i^L - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1-v) \left( \frac{R_i^L - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad (37)$$

$$Q_i^U = v \left( \frac{S_i^U - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1-v) \left( \frac{R_i^U - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad (38)$$

به طوری که:

$$S^* = \min S_i^L \quad S^- = \max S_i^U \quad R^* = \min R_i^L \quad R^- = \max R_i^U \quad (39)$$

گام ششم: رتبه بندی نزولی گزینه ها بر اساس مقدار شاخص ویکور، سودمندی وتاسف. گام هفتم: انتخاب بهترین گزینه، با کمترین Q، تحت شرایطی محقق خواهد شد که دو شرط زیر برقرار باشند (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹).  
• شرط اول (ویژگی پذیرش):

<sup>1</sup>. Group Utility

<sup>2</sup>. Kackar

<sup>3</sup>. J. J. Huang, Tzeng, & Liu

$$Q(A^{[2]}) - Q(A^{[1]}) \geq DQ, \quad DQ = \frac{1}{m-1} \quad (40)$$

به طوری که،  $A^{[2]}$ ، گزینه‌ای است که از نظر رتبه‌بندی بر اساس کمترین مقدار  $Q$ ، در رتبه دوم قرار دارد،  $A^{[1]}$ ، بهترین گزینه با کمترین مقدار  $Q$  و  $m$  تعداد گزینه‌ها است. برای  $DQ = 0.25$ ،  $m \leq 4$

• شرط دوم (ثبات پذیرش در تصمیم‌گیری): گزینه  $A^{[1]}$ ، همچنین باید بهترین رتبه را در  $R$  و  $S$  داشته باشد. این راه حل سازشی در طول فرایند تصمیم‌گیری ثابت است، که می‌تواند به سه صورت باشد: "رای گیری با قاعده اکثریت" (وقتی که  $V > 0.5$  نیاز است) یا "با توافق عام" ( $V = 0.5$ ) یا "با رای مخالف" ( $V < 0.5$ ). اگر یکی از شروط بالا برقرار نشد، آن گاه یک مجموعه جواب‌های سازشی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. اگر تنها شرط دوم برقرار نباشد، گزینه  $A^{[1]}$  و  $A^{[2]}$  یا

۲. اگر شرط اول برقرار نشد، گزینه  $A^{[1]}$  و  $A^{[2]}$  و ... و  $A^{[m]}$ .

$A^{[m]}$  گزینه‌ای در موقعیت  $m$ ام است که رابطه  $Q(A^{[m]}) - Q(A^{[1]}) < DQ$  در مورد آن صادق باشد.

#### ۴- یافته‌های تحقیق

##### ۴-۱- شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساخت و محاسبه وزن موثر آن‌ها

در ابتدا از تحقیقات گذشته و مصاحبه با خبرگان، ۶۰ ریسک عمده صنعت ساخت انتخاب و با روش دلفی، ۳۵ ریسک کلیدی مشخص شدند و در شش دسته اصلی، به صورت جدول (۲) طبقه‌بندی گردیدند. سپس با نظرسنجی از پانزده فرد خیره و با استفاده از روابط (۱۳) تا (۱۸) وزن هر یک از ریسک‌های اصلی به دست آمد که در جدول (۳) آمده است.

جدول (۲): شش دسته ریسک اصلی پروژه‌های ساخت و ریسک‌های فرعی آن‌ها

ریسک تاخیر در تهیه نقشه های اجرایی (R۱۱) ریسک اطلاعات طراحی ناقص و ناکامل (R۱۲) ریسک ابهامات، خطاها و مشخصات متناقض (R۱۳) ریسک پیچیدگی ها و سختی های طراحی (R۱۴) ریسک افزایش هزینه های طراحی (R۱۵)	ریسک‌های طراحی و مهندسی (R۱)
ریسک ضرر به دلیل تورم (R۲۱) ریسک کاهش ارزش پول و تغییرات نرخ ارزی (R۲۲) ریسک افزایش نرخ بهره وام (R۲۳) ریسک تاخیر پرداخت های پیشرفت پروژه (R۲۴) ریسک تحریم (R۲۵) ریسک اعتصاب کارگران (R۲۶) ریسک لیست خرید نامناسب (R۲۷)	ریسک‌های مالی (R۲)
ریسک افزایش قیمت مواد خام (هزینه انرژی) (R۳۱) ریسک افزایش دستمزد نیروی کار (R۳۲) ریسک افزایش هزینه تجهیزات (R۳۳) ریسک بهره وری پایین نیروی کار (R۳۴) ریسک بی تجربگی نیروی کار (R۳۵) ریسک کمبود پیمانکار با مهارت (R۳۶)	ریسک‌های ساخت (R۳)
ریسک افزایش هزینه های ثبت (R۴۱) ریسک افزایش هزینه مجوزها (R۴۲) ریسک افزایش مالیات (R۴۳) ریسک افزایش عوارض گمرکی (R۴۴) ریسک افزایش هزینه اختلافات و عدم توافق ها (R۴۵)	ریسک‌های حقوقی و آیین‌نامه‌ای (R۴)
ریسک کمبود مدیریت پروژه (R۵۱) ریسک کمبود مدیریت و برنامه ریزی نیروی انسانی (R۵۲) ریسک کمبود برنامه ریزی و مدیریت مواد (R۵۳) ریسک کمبود برنامه ریزی و مدیریت تجهیزات (R۵۴) ریسک کمبود نظارت موثر بر پروژه (R۵۵) ریسک کمبود مدیران با تجربه و متخصص (R۵۶) ریسک عدم هماهنگی اعضای تیم پروژه (R۵۷)	ریسک‌های مدیریت (R۵)
ریسک آسیب به تجهیزات (R۶۱) ریسک جراحات نیروی کار (R۶۲) ریسک آتش سوزی (R۶۳) ریسک دزدی تجهیزات و مواد (R۶۴) ریسک بلایای طبیعی و گرفتاری های فصلی (R۶۵)	ریسک‌های ایمنی و حوادث قهری (R۶)



جدول (۳): وزن ریسک‌های اصلی

	R <sub>۱</sub>	R <sub>۲</sub>	R <sub>۳</sub>	R <sub>۴</sub>	R <sub>۵</sub>	R <sub>۶</sub>
وزن نرمال	۰/۱۵۳۷۹۴	۰/۱۷۰۲۳۴	۰/۱۷۸۷۸۵	۰/۱۶۱۹۱۱	۰/۱۷۱۱۸۶	۰/۱۶۵۰۹

**۲-۴- ارزیابی ریسک پروژه با استفاده از روش ویکور توسعه یافته با اعداد راف**

در این قسمت، ارزیابی ریسک پروژه‌های ساختمانی در یک شرکت ساختمانی، جهت نشان دادن کاربرد رویکرد پیشنهادی، آورده شده است. تیم ارزیابی ریسک پروژه‌ها، متشکل از پنج نفر از اعضای اصلی شرکت هستند که نظرات آن‌ها در زمینه ریسک‌های پروژه توسط پرسشنامه اخذ شده است. در این قسمت، چهار پروژه معرفی شده از طرف شرکت جهت انتخاب کم ریسک‌ترین پروژه کاندید هستند. پروژه‌ها عبارتند از: پروژه اول A<sub>۱</sub>، پروژه دوم A<sub>۲</sub>، پروژه سوم A<sub>۳</sub> و پروژه چهارم A<sub>۴</sub>. شش معیار اصلی ریسک در این ارزیابی عبارتند از: ریسک طراحی و مهندسی R<sub>۱</sub>، ریسک مالی R<sub>۲</sub>، ریسک ساخت R<sub>۳</sub>، ریسک حقوقی و آیین‌نامه‌ای R<sub>۴</sub>، ریسک مدیریت R<sub>۵</sub> و ریسک ایمنی و حوادث فیزی R<sub>۶</sub>. بر اساس گام‌های روش ویکور بر مبنای تئوری مجموعه اعداد راف یعنی روابط ۱۹ تا ۴۰، گزینه‌های سازشی برای  $v=0/5$  و  $v=0$ ، A<sub>۱</sub>، A<sub>۴</sub> و A<sub>۳</sub> می‌باشد و برای  $v=1$ ، گزینه‌های A<sub>۴</sub> و A<sub>۱</sub>، پروژه‌های انتخابی با روش ویکور توسعه یافته با اعداد راف، خواهند بود. یعنی با توافق بالای خبرگان، پروژه‌های A<sub>۱</sub> و A<sub>۴</sub> جهت اجرا انتخاب شدند و با اکثریت آرا و همچنین توافق پایین خبرگان، پروژه A<sub>۳</sub> هم به دو پروژه قبلی اضافه می‌شود.

## ۵- بحث و نتیجه گیری

روش پیشنهادی این مقاله، توانایی روش ویکور و تئوری اعداد راف را در مواجهه با محیط ارزیابی ریسک سلیقه ای و شرایط نامطمئن به کار می گیرد. اعمال روش مذکور در ارزیابی ریسک پروژه های ساخت یک شرکت ساختمانی، اعتبار آن را تایید نمود. به این دلیل که تاکنون تحقیقی با عوامل ریسک، روش حل و پروژه های این مقاله صورت نگرفته، ارزیابی ریسک با استفاده از روش فازی ویکور نیز، جهت تحلیل مقایسه انجام شد. اکنون به مقایسه نتایج روش ویکور راف با روش ویکور فازی با استفاده از اعداد فازی مثلثی، پرداخته می شود. اگرچه در محاسبه Q و  $v=0/5$ ، هر دو روش گزینه های سازشی مشابه،  $A_1$  و  $A_4$ ،  $A_3$  و  $A_1$  در  $v=1$ ، گزینه های  $A_4$  و  $A_1$  را پیشنهاد داده اند ولی در  $v=0$ ، گزینه های سازشی روش ویکور راف  $A_3$ ،  $A_4$  و  $A_1$  و گزینه های پیشنهادی روش ویکور فازی،  $A_4$  و  $A_1$  هستند. اعداد راف و اعداد فازی مفاهیم ریاضی مشابهی را ارائه می دهند. هر دوی آن ها اطلاعات مبهم را توصیف می کنند و درجه ابهام با اندازه فاصله های مرزی راف و فازی مشخص می شود. عملیات ریاضی بر روی هر گروه راف و فازی منتج از عملیات ریاضی اعداد بازه ای می باشد. تئوری مجموعه راف نقاط اشتراک زیادی با تئوری هایی که جهت مواجهه با عدم قطعیت استفاده می شوند مانند تئوری فازی، تئوری شهودی<sup>۱</sup> و تئوری خاکستری<sup>۲</sup> دارد، اما یک تئوری مستقل است.

اگرچه روش ویکور فازی هم روشی منطقی برای ارزیابی ریسک در محیط فازی فراهم می کند ولی محدودیت هایی از قبیل تابع عضویت از پیش تعیین شده دارد که تحقیق و اطلاعات بیشتری می طلبد. بعلاوه، فاصله فازی، که درجه فردیت و ابهام را نشان می دهد، با توجه به نوع تابع عضویت، ثابت است. برای مثال، در جدول تصمیم، نظرات پنج فرد خبره برای میزان اثر ریسک طراحی و مهندسی بر پروژه یک، ۵ و ۴ و ۶ و ۵ هستند که در فرم فاصله ثابت (۴،۶) و (۳،۵) و (۵،۷) و (۳،۵) و (۴،۶) و (۳،۵) و (۴،۶)

---

<sup>1</sup> Evidence Theory

<sup>2</sup> Grey Theory

اعداد مثلثی متقارن قرار دارند. میانگین هندسی قضاوت‌های گروهی از روش فازی، (۳/۷۲۷۹۱۹، ۵/۷۵۲۶۵۲) می‌باشد. ولی این فاصله‌های فازی متوسط، در دنیای واقعی مناسب نیست، زیرا فاصله مرزی که، محدوده تخمین در فرایند ارزیابی ریسک را نشان می‌دهد، در میان خبرگانی که دانش، تجربه و تخصص متفاوت دارند، متفاوت است. در رویکرد ارزیابی ریسک ویکور راف گروهی، اعداد ۴و۶و۴و۵ به فرم فاصله‌های کوچکتر و انعطاف پذیر (۴/۴۷۲۱۳۶، ۵/۳۱۳۲۹۳) و (۴/۴۷۲۱۳۶، ۵/۳۱۳۲۹۳) و (۴/۴۷۲۱۳۶، ۵/۳۱۳۲۹۳) تبدیل می‌شوند. فاصله متوسط گروهی و روش راف هم (۴/۳۲۷۵۱۴، ۵/۲۰۲۲۶۷) است که کوچکتر از فاصله فازی است. نتایج مشابه همچنین از دیگر آرایه‌های جدول تصمیم به دست می‌آید. فاصله‌های مرزی بزرگتر، درجه ابهام بالاتری را نشان می‌دهند که در ارزیابی ریسک پسندیده نیستند. از این جهت، اعداد راف، سطح اطمینان بالاتری از اعداد فازی ارائه می‌دهند.

روش ویکور گروهی راف، می‌تواند تغییر در ارجحیت‌های گروه خبرگان را تشخیص دهد، دلیل این امر، قابلیت اعداد راف در تعیین مرز خود بر اساس اجماع ارجحیت‌های خبرگان است. برای مثال اگر خبرگان پاراگراف قبل، قضاوت‌هایشان را به صورت ۴و۷و۶و۴و۷ اصلاح کنند، فاصله‌های فازی به این بازه‌های انتقال می‌یابند: (۸،۶) و (۳،۵) و (۵،۷) و (۶،۸) و (۳،۵) و فاصله‌های راف به این صورت دگرگون می‌شوند (۷، ۵/۴۲۶۱۷۱) و (۵/۴۲۶۱۷۱، ۴) و (۶/۶۴۹۴، ۴/۵۷۸۸۵۷) و (۷، ۵/۴۲۶۱۷۱) و (۵/۴۲۶۱۷۱، ۴) همین‌طور که پیداست، فاصله‌های فازی تغییر یافته جدید هم همچنان مرز ثابت ۲ را دارند، که در عمل واقعی نیست، زیرا نمی‌تواند تغییر و ناسازگاری قضاوت‌های خبرگان را تشخیص دهد. از طرف دیگر، شاخص ۷ متفاوت در این مقاله، می‌تواند به مدیران ریسک، جهت دستیابی به اولویت بندی قابل اعتماد برای پروژه‌ها با توجه به گرایش‌های ریسک متفاوت، کمک کند.

در تحقیقات آتی، می توان از روش های دیگر ارزیابی اوزان مثل روش آنتروپی، روش لینمپ و یا روش کم ترین مجذورات موزون جهت یافتن وزن معیارها استفاده کرد. به دلیل محبوبیت روش های عدم قطعیت در عصر حاضر، مقایسه عدد راف با اعداد خاکستری و اعداد بازه ای هم می تواند گام موثری در جهت هر چه بهتر کردن روش های ارزیابی و کم کردن ابهام آن ها باشد. روش ویکور و تاپسیس شباهت های زیادی با هم دارند و هر دو شاخص نزدیکی به گزینه ایده آل را می سنجند، در نتیجه مقایسه این دو روش با استفاده از اعداد راف نیز خالی از لطف نخواهد بود.

#### منابع:

- Chapman, C., & Ward, S. (1997). Project risk management: Processes, techniques and insights. *New York: John Wiley and Sons*.
- Chapman, R. (1999). The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. *International Journal of Project Management*, 19(147-160).
- Chu, M. T., Shyu, J., Tzeng, G. H., & Khosla, R. (2007). Comparison among three analytical methods for knowledge communities group-decision analysis. *expert Systems with Applications*, 57, 445-454.
- Cooper, D., & Chapman, C. (1987). Risk analysis for large projects. *New York: John Wiley and Sons*.
- Dey, P. K. (2001). Decision support system for risk management: a case study. *Management Decision*, 39, 634-649.
- Dikmen, I., Birgonul, M. T., & Han, S. (2007). Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects. *International Journal of Project Management*, 25, 494-505.
- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S. M., & Ghorbanikia, A. (2007). Risk identification and assessment in Iran construction supply

- chain. *In First International Risk Congress, Tehran. Iran*, 169-186 .
- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Hashemi, H., & Vahdani, B. (2012). A novel two-phase group decision making approach for construction project selection in fuzzy environment. *Applied Mathematical Modelling*, 36, 4197-4217.
  - Elkington, P., & Smallman, C. (2002). Managing project risk: a case study from the utilities sector. *International Journal of Project Management*, 20, 49-57.
  - Fang, C., & Marle, F. (2012). A simulation-based risk network model for decision support in project risk management. *Decision Support Systems*, 52, 635-644.
  - Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operation research*, 108, 165-16 .<sup>۹</sup>
  - Greco, S., Matarazzo, B., & Slowinski, R. (2001). Rough set theory for multi-criteria decision analysis. *European Journal of Operation Research*, 129, 1-47 .
  - Hillson, D. (2002). Extending thr risk process to manage opportunities. *International Journal of Project Management*, 20, 235-240 .
  - Hillson, D. (2003). Using a risk breakdown structure in project management. *Journal of Facilities Management*, 2, 85-97.
  - Huang, J. J., Tzeng, G. H., & Liu, H. H. (2009). A revised VIKOR model for multiple criteria decision making - the perspective of regret theory. *In: Shi, Y. et al (Eds.) Cutting-Edge Research Topics on Multiple Criteria Decision Making. Springer, Berlin Heidelberg*, 761-768 .
  - Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J., & Canteras-Jordana, J. C. (2014). A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. *Automation in Construction*, 45, 151-162.

- Kackar, R. N. (1985). Off-line quality control, parameter design and the Taguchi method. *Journal of Quality Technology*, 17, 176-188 .
- KarimiAzari ,A., Mousavi, N., Mousavi, S. F., & Hosseini, S. (2011). Risk assessment model selection in construction industry. *expert Systems with Applications*, 38, 9105-9111 .
- Laryea, S. (2008). Risk pricing practices in finance, insurance, and construction. *The construction and building research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors, Dublin*.
- Liu, H., & Yan, T. (2007). Bidding-evaluation of construction projects based on VIKOR method. *International Conference on Automation and Logistics*, 1778-1782.
- Miller, R., & Lessard, D. (2001). Understanding and managing risks in large engineering projects. *International Journal of Project Management*, 19, 437-443.
- Mills, A. (2001). (A systematic approach to risk management for construction. *Structural Survey*, 19, 245-252 .
- Mojtahedi, S. M. H., Mohammadi, S., Mousavi, S., & Makui, A. (2010). Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique. *Safety Science*, 48, 499-507.
- Nieto-Morote, A., & Ruz-Vila, F. (2011). A fuzzy approach to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, 29, 220-231 .
- Opricovic, S. (1998). Muliti-criteria optimization of civil engineering systems. *Faculty of Civil Engineering, Belgrade* .
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2002). Multicriteria planning of post earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17, 211-220 .
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operation Research*, 156, 445-455 .

- Pawlak, Z. (1982). Rough Sets. *International Journal of Computing and Information Science*, 11, 341-356 .
- Pawlak, Z. (1991). Rough sets: Theoretical aspects of reasoning about data .*Dordrecht: Kluwer Academic Publishing* .
- Shang, H., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. M., Miles, J. C., Cen, M., & Taylor, M. (2005). An intelligent risk assessment system for distributed construction teams. *Engineering Construction and Architectural Management*, 12, 391-409.
- Song, W., Ming, X., & Xu, Z. (2013). Risk evaluation of customer integration in new product development under uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 65, 402-412
- Tah, J., & Carr, V. (2001). Knowledge-based approach to construction project risk management. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 15, 170.
- Taroun, A. (2014). Toward a better modelling and assessment of construction risk:Insight from a literature review. *International Journal of Project Management*, 32, 101-115.
- Taylan, O., Bafail, A. O., Abdulaal, R. M. S., & Kabli, M. R. (2014). Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP an fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing*, 17, 105-116.
- Terano, T., Asai, K., & Sugeno, M. (1992). Fuzzy systems theory and its application. *San Diego, CA: Academic Press*.
- Tuysuz, F., & Kahraman, c. (2006). Project risk evaluation using fuzzy analytic hierarchy Process: An application to information technology projects. *International Journal of Intelligent Systems*, 21, 559-584.
- Zeng, J., An, M., & Smith, N. J. (2007). Application of fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, 25, 589-600 .

- Zhai, L., Khoo, L., & Zhong, Z. (2008). A rough set enhanced fuzzy approach to quality function deployment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37, 613-624 .
- Zhang, G., & Zou, P. X. W. (2007). Fuzzy analytical hierarchy process risk assessment approach for joint venture construction projects in china. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133, 771.
- Zhou, J., Wang, Y., & Li, B. (2012). Study on optimization of denitration technology based on Gray-Fuzzy combined comprehensive evaluation model. *Systems Engineering Procedia*, 4, 210-218.