ارزیابی فنی و اقتصادی طرح‌های متقاضی وام با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه‌ای فازی(FANP)

زهرا امیری[۱]، مقصود امیری[۲،*]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات قزوین، گروه مهندسی صنایع، قزوین، ایران

[۲] استاد، دانشگاه علامه طباطبایی، گروه مدیریت، تهران، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: مهر۱۳۹۳، اصلاحیه: دی ۱۳۹۳، پذیرش: اسفند۱۳۹۳

چکیده

در فرآیند اعطای تسهیلات، تصمیم‌گیری، اساسی‌ترین فعالیت سازمان به شمار می‌رود. انتخاب یک پروژه مطمئن و با ریسک پایین برای سرمایه‌گذاری یکی از عوامل مهم در موفقیت بانک‌ها در بخش تخصیص منابع است. ولی به دلیل شرایط متغیر اقتصادی، ناشناخته بودن و کم‌توجهی به بسیاری از عوامل موثر بر موفقیت یک پروژه، انتخاب پروژه با مشکلات زیادی مواجه می‌باشد. همچنین با توجه به این که پرداخت تسهیلات، دارای روندی طولانی همراه با احتمال خطا و اشتباهات انسانی می‌باشد، لذا لزوم استفاده از یک سیستم پشتیبان که قادر به تحلیل اطلاعات و تصمیم‌گیری سریع با ضریب خطای پایین باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از سیستم پشتیبان تصمیم باعث انعطاف‌پذیری و سهولت اعطای تسهیلات می‌گردد و می‌تواند به کارشناسان در امر تصمیم‌گیری و انتخاب پروژه یاری رساند.

در این تحقیق، معیارهای موثر در ارزیابی طرح‌های متقاضی وام شناسایی و تجزیه تحلیل می‌شوند و مدلی جهت ارزیابی طرح‌ها ارائه می‌شود. در تمام مراحل طراحی مدل از خبرویّت کارشناسان خبره اعتبارات استفاده شده است. در بخش ارزیابی، با استفاده از فرم نظرسنجی، ماتریس مقایسات زوجی و روش تحلیل شبکه‌ای فازی اوزان معیارها مشخص شده و با مشخص شدن ارزش هر معیار، نتیجه‌ی ارزیابی مشخص می‌شود.

کلمات کلیدی: طرح‌های متقاضی وام، ارزیابی وام، تکنیک FANP

۱- مقدمه

ارائه تسهیلات اعتباری به مشتریان یکی از فعالیت‌های مهم نظام بانکی تلقی می‌شود. بانک‌ها در هر کشور پس از جمع‌آوری منابع مالی، این منابع را به بخش‌های مختلف اقتصادی تخصیص می‌دهند. در حقیقت این اقدام بانک‌ها، بخش‌های مختلف اقتصادی را در هر کشور در انجام بهتر وظایف خود تقویت و در نهایت زمینه لازم را برای رشد و توسعه‌ی اقتصادی کشور فراهم می‌آورد. در صورتی بانک‌ها می‌توانند به این امر مهم دست پیدا کنند که منابع مالی را به درستی به مشتریان واجد شرایط، تخصیص دهند. تخصیص درست منابع مالی ضمن دست پیدا کردن به هدف فوق، زمینه لازم را برای ادامه حیات بانک‌ها فراهم خواهد آورد. در این صورت در این اقدام، نکته حایز اهمیت آن است که قبل از اعطای تسهیلات به مشتریان واجد شرایط خطرپذیری آن‌ها به درستی تشخیص داده شود تا اثربخشی تصمیمات اتخاذ شده ارتقا پیدا کند. بدیهی است که هرگونه اقدام در زمینه کنترل پس از اعطای تسهیلات کم فایده خواهد بود.

۲- پیشینه‌ی تحقیق

هسیائو[۱] و همکاران در سال ۲۰۱۱ در تایوان برای تحلیل عملکرد ۲۴ بانک تجاری مواجه شده با مشکلات وام و سرمایه‌گذاری از یک اندازه‌گیری بر پایه کمبود با کارایی بالای[۲] تحلیل پوششی داده‌های فازی استفاده کردند.

SBM[۳] فازی یک ابزار ارزیابی خوبی برای پردازش داده‌های فازی است، اما ممکن است برای رتبه‌بندی مقادیر جامع مناسب نباشد. در این مقاله از یک SBM با کارایی بالا استفاده شده که می‌تواند با مدل SBM فازی ترکیب شود. مدل پیشنهادی رتبه‌بندی بهتری را برای بانک‌ها فراهم می‌کند. در این مقاله از مقدار پول سپرده، هزینه‌ی اشتغال و دارایی بانکی به عنوان ورودی، در عین حال مقدار وام، میزان سرمایه‌گذاری، و کمیسیون و هزینه‌های حمل و نقل به عنوان خروجی استفاده شده است [۶].

اولواروتی[۴] و همکاران در سال ۲۰۱۱ در ایالات متحده امریکا یک رویکرد چند هدفه را برای پیش‌بینی وام‌های پرداخت نشده ارائه کردند. این

*Amiri@atu.ac.ir

1.Hsiao

2.Supper-efficiency Slack-based

3.Slack Based Measure

4. Oluwaroti

پژوهش شامل بکارگیری الگوریتم سیمپلکس فازی (یک الگوریتم بهینه سازی چند هدفه) در ایجاد قوانین تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی وام‌های پرداخت نشده در یک موسسه اعتباری است. لیست بانک‌های ورشکسته‌ی ارائه شده توسط وب سایت شرکت بیمه فدرال نشان می‌دهد که بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹، ۱۸۲ بانک در ایالات متحده ورشکسته شدند.

داده‌های استفاده شده در این پژوهش شامل اطلاعات مربوط به وام ۱۱ ایالت هستند. چهار متغیر استفاده شده در این پژوهش عبارتند از: قصور ساختگی[1](DD)، ظرفیت بازپرداخت بدهی [2](CDRC)، صاحبان حقوق سهام[3](OE)، سرمایه در گردش[4](WC).DD یک شاخص است و مقدار یک را می‌گیرد اگر قصور صورت گیرد در غیر این صورت مقدار صفر را می‌گیرد [۷].

چی[5] و همکاران در سال ۲۰۱۰ در تایوان یک رویه‌ی DEA[6]-FAHP[7] برای حل مسائل تصمیم‌گیری، وام‌های بانکی را ارائه کردند. داده‌های این مقاله بین سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ جمع‌آوری و تحلیل شدند. عملکرد شرکت‌ها به وسیله‌ی ساختن رویه‌ی FAHP مشخص شد. وزن معیارها و داده‌های شرکت‌ها برای تجزیه و تحلیل به مدل DEA داده شد. سرانجام، نمرات عملکرد به مشخص شدن کاندیدهای نهایی وام‌های بانکی منجر شد. به عبارت دیگر با استفاده از این روش پیشنهادی، یک روش مدل‌سازی برای تجزیه و تحلیل وام‌های بانکی ارائه شده است [۵].

آقای هوشمند و همکاران در سال ۱۳۸۶ در پژوهش خود یک سیستم خبره قانون محور را برای ارزیابی طرح‌های توجیهی ارائه کردند. سیستم خبره‌ی ارائه شده با دو فرآیند استنتاج پیش‌رو و استنتاج پس‌رو قادر است در مورد قابل قبول بودن طرح‌ها استنتاج کند و در مورد حساسیت هر طرح نسبت به معیارهای مختلف اظهارنظر کند. عمده مدل‌های ارائه شده بر اساس سیستم‌های خبره تنها یکی از این استنتاج‌ها را برای تعیین نتیجه مورد نظر بکار می‌گیرند [۴].

آقای خمسه و همکاران در پژوهش خود یک سیستم خبره را در زمینه‌ی ارائه‌ی وام به مشتریان ارائه کردند. سیستم خبره ارائه شده در این پژوهش بر اساس فاکتورهای کمی وکیفی مطرح از نظر کارشناسان و متخصصان ایرانی در زمینه‌ی ارائه وام به مشتری در یک بانک خصوصی می‌باشد [۲].

آقای امین ناصری و آقای آزادی مقدم در تحقیق خود، با شناسایی معیارهای مهم و موثر در ارزیابی پروژه، مدلی جهت ارزیابی هر پروژه و سپس با توجه به ارزیابی حاصل شده یک سیستم خبره جهت تصمیم‌گیری در خصوص پروژه، ارائه کرده‌اند. در این تحقیق در بخش ارزیابی مدل از تکنیک AHP استفاده کرده‌اند. در قسمت دوم، با توجه به معیارهای شناسایی شده سیستم خبره را طراحی کرده‌اند [۱].

۳- شناسایی معیارهای موثر در ارزیابی وام‌های طرح‌های اقتصادی

برای شناسایی معیارهای موثر در ارزیابی وام‌های طرح‌های اقتصادی، در مرحله اول مصاحبه‌هایی با چند کارشناس خبره در یکی از بانک‌های کشور انجام گرفت. با مقایسه‌ی اطلاعات کسب شده از بانک‌های سایر کشورها، می‌توان پی برد که در کشور ما در زمینه‌ی ارزیابی وام‌های طرح‌های اقتصادی، مدل کاملی وجود ندارد و مدل‌های ارائه شده دارای کاستی‌هایی می‌باشند. همین موضوع راه را برای اعمال نفوذ برخی کارشناسان، باز گذاشته و همین‌طور شاهد تصویب طرح‌های بدون صلاحیت هستیم.

پس از مصاحبه با کارشناسان اعتبارات و جمع‌آوری معیارهای موثر، در مرحله دوم یک پرسشنامه در اختیار کارشناسان قرار گرفت. در این پرسشنامه کلیه معیارها به چهار دسته تقسیم شدند که در جداول جداگانه قرار گرفتند. طی این پرسشنامه میزان اهمیت معیار بر اساس مقیاس لیکرت[8] از کارشناسان خواسته شد.

مقیاس لیکرت، که در ابتدا توسط رنسیس لیکرت[9] در سال ۱۹۳۲ معرفی شده است، روشی است که برای سنجش نگرش‌های افراد طراحی شده است و استفاده‌ی وسیعی در تحقیقات هوش سنجی دارد. این مقیاس برای نشان دادن سطح موافقت با یک بیان اعلانی سوال مطرح می‌کند. به عنوان مثال، برای یک مقیاس پنج نقطه‌ای، هر نقطه‌ی مقیاس بر اساس سطح موافقت برچسب‌دار می‌شود: ۱= شدیداً مخالف، ۲= مخالف، ۳= نه موافق، نه مخالف، ۴= موافق، ۵= کاملاً موافق. بسته به آنچه که قرار است اندازه‌گیری شود، برچسب مقیاس ممکن است متفاوت شود. مقیاس لیکرت به طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری صفات قابل مشاهده در نواحی مختلف اندازه‌گیری علوم اجتماعی استفاده می‌شود.

بیشتر محققانی که از مقیاس لیکرت استفاده می‌کنند در مقیاس‌های خود درجه‌بندی‌های یک تا پنج درجه‌ای یا یک تا هفت درجه‌ای را بیشتر مورد استفاده قرار می‌دهند. بسیاری از محققان معتقدند که هر چه تعداد درجه‌بندی‌ها بیشتر باشد سنجش دقیق‌تر خواهد شد [۸].

۳-۱- *معیارهای موثر در ارزیابی وام‌های طرح‌های اقتصادی*

با توجه به نظرات کارشناسان خبره، معیارهای موثر در فرآیند ارزیابی به چهار گروه تقسیم‌بندی شدند که عبارتند از:

۱) سابقه اعتباری متقاضی (Credit History of the Applicant)	۱۲معیار
۲) توجیهات اقتصادی طرح(Economic Justification)	۱۰معیار
۳) امکان پذیری فنی (Technical Feasibility)	۱۱معیار
۴) تجزیه و تحلیل مالی(Financial Analysis)	۵ معیار

برای دریافت نظرات کارشناسان در خصوص تأثیر معیارها در ارزیابی وام، پرسشنامه‌ای طراحی شد. این پرسشنامه شامل چهار جدول بوده که هر یک از جداول مربوط به یکی از گروه‌بندی فوق‌الذکر است. در ستون اول جدول، عنوان معیار آورده شده است. در ستون دوم، میزان اهمیت

1. Default Dummy
2 . Capital Debt Repayment Capacity
3. Owner Equity
4 .Working Capital
5. Chi
6.Data Envelopment Analysis
7.Fuzzy analytic hierarchy process

8.likkert
9. Rensis Likkert

فاکتورهای موثر در یک مقیاس هفت نقطه‌ای که از بسیار ضعیف تا خیلی زیاد است مشخص می‌گردد. تعداد ۲۰ پرسشنامه بین کارشناسان توزیع و تکمیل گردید.

۳-۲- نتایج نهایی:

با توجه به پرسشنامه‌ها و حذف معیارهایی که اهمیت نهایی آن‌ها کمتر از حد متوسط است، معیارهای موثر در فرآیند ارزیابی مشخص شدند. نتایج نهایی حاصل از فرآیند ارزیابی معیارها در جدول(۱) آورده شده است.

۴- روش تحلیل شبکه‌ای

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا مسئله یا موضوع مورد نظر را به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل می‌کند که در آن عناصر تشکیل دهنده این ساختار که اجزای تصمیم نیز تلقی می‌شوند، مستقل از یکدیگر فرض شده‌اند. بنابراین یکی از محدودیت‌های جدی AHP این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. این محدودیت عمده AHP باعث شد تا ابداع کننده آن، توماس ساعتی روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) را ارائه و معرفی کند. فرآیند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن محسوب می‌شود. به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه‌ها افزایش پیدا کرده است.

فرآیند تحلیل شبکه‌ای چون حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن است، بنابراین تمامی ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف پذیری، بکارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان، و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و مضافاً می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل) بین و میان عناصر تصمیم را با بکارگیری ساختار شبکه‌ای به جای ساختار سلسله مراتبی در نظر بگیرد [۳].

ANP را می‌توان متشکل از دو قسمت دانست: سلسله مراتب کنترلی و ارتباط شبکه‌ای. سلسله مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیارها و زیرمعیارها را شامل شده و بر ارتباط درونی سیستم تاثیرگذار است و ارتباط شبکه‌ای وابستگی بین عناصر و خوشه‌ها را شامل می‌شود. این قابلیت ANP امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر را فراهم آورده در نتیجه نگرش دقیقی بر مسائل دارد. تاثیر عناصر بر عناصر دیگر در یک شبکه توسط یک سوپر ماتریس در نظر گرفته می‌شود [۹].

جدول(۱): نتایج نهایی حاصل از فرآیند ارزیابی معیارها

C.H	سابقه اعتباری متقاضی	E.J	توجیهات اقتصادی	T.F	امکان پذیری فنی	F.A	تجزیه و تحلیل مالی
C.H1	حسن شهرت و معتمد بودن متقاضی	E.J1	دسترسی به بازار	T.F1	مجوز داشتن از سازمان‌های تابعه	F.A1	دارا بودن طرح توجیهی مناسب
C.H2	سوابق مدیر (علمی، تجربی و اجرائی)	E.J2	بررسی سطح کشش عرضه و تقاضا در بازار	T.F2	راندمان تولید و هزینه‌های تولید	F.A2	وثیقه مطمئن و ارزنده
C.H3	عدم بدهی شرکت به سیستم بانکی	E.J3	قیمت تمام شده محصول	T.F3	امکان پذیری طرح	F.A3	نسبت‌های مالی
C.H4	سابقه دریافت وام و پرداخت به موقع آن	E.J4	تولید محصولات نوین (نانو)				
		E.J5	رقابت‌پذیری واحد محصول				

روش ANP برای رتبه‌بندی ترجیحات، از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌کند که داده‌های ورودی آن اعداد قطعی بوده و در مواردی که داده‌های ورودی با ابهام روبرو هستند، نمی‌توان از این ماتریس استفاده نمود. برای حل این مشکل چنگ-روو وو[1] و همکارانش مدلی را ارائه نمودند که از روش ANP در محیط فازی بهره می‌گیرد [۱۱].

۴-۱- روش تحلیل شبکه‌ای فازی

مراحل روش تحلیل شبکه‌ای فازی به روش چنگ و همکارانش به شرح زیر است[۱۱]:

- مرحله ۱: ساخت مدل و تبدیل مسئله به یک ساختار شبکه‌ای: مسئله باید به صورت واضح شرح داده شود و به یک سیستم منطقی مثل یک شبکه تجزیه شود.
- مرحله ۲: ساختن اعداد فازی مثلثی:

اعداد فازی مثلثی $\tilde{u}_{ij}$ به صورت زیر ساخته می‌شود.

$$\tilde{u}_{ij} = (L_{ij}, M_{ij}, U_{ij}), \quad (1)$$

$$L_{ij} \le M_{ij} \le U_{ij} \text{ and } L_{ij}, M_{ij}, U_{ij} \in [1/9, 9],$$

$$L_{ij} = \min(B_{ijk}), \quad (2)$$

$$M_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^{n} B_{ijk}}, \quad (3)$$

$$U_{ij} = \max(B_{ijk}), \quad (4)$$

B_{ijk} نشان دهنده‌ی قضاوت تصمیم‌گیرنده‌ی K برای اهمیت نسبی بین دو معیار $C_i - C_j$ است.

- مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی فازی (مستقل و وابسته) و فازی زدایی:

ماتریس مقایسات زوجی فازی $\tilde{A}$ به صورت ذیل است:

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}] = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \\ C_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

که در آن $\tilde{a}_{12}$ یک عدد فازی مثلثی برای تعیین اهمیت نسبی دو معیار C_1 و C_2 است. ضمن اینکه $[\tilde{a}_{ij}]$نشان دهنده‌ی ماتریسی است که توسط اعداد فازی بدست آمده از فرمول‌های بالا ساخته شده است.

روش‌های فازی زدایی متعددی وجود دارد؛ روش استفاده شده در اینجا روش لیائو و وانگ[2] می‌باشد. این روش می‌تواند به طور صریح مشاهدات فازی را نشان دهد.

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij}) = [\beta . f_\alpha(L_{ij}) + (1-\beta) . f_\alpha(U_{ij})],\ 0 \le \beta \le 1\ ,\ 0 \le \alpha \le 1 \quad (5)$$

که در آن: $f_\alpha(L_{ij}) = [(M_{ij} - L_{ij}).\alpha + L_{ij}]$ معرّف مقدار حد پایین $\alpha-$ برش $\tilde{a}_{ij}$،

$f_\alpha(U_{ij}) = [U_{ij} - (U_{ij} - M_{ij}).\alpha]$ معرف مقدار حد بالای $\alpha-$ برش $\tilde{a}_{ij}$.

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij}) = 1/g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij})$$

$$0 \le \beta \le 1\ ,\quad 0 \le \alpha \le 1\ ,\ i > j \quad (6)$$

به دلیل توانایی این روش در نمایش آشکار تلرانس ترجیح(α) و تلرانس ریسک (β) تصمیم‌گیرندگان، آنها می‌توانند ریسک‌هایی را که در شرایط مختلف با آن مواجه می‌شوند را کاملاً درک کنند. بویژه α می‌تواند به صورت شرایط ثابت یا دارای نوسان در نظر گرفته شود. زمانی که $\alpha = 0$ است، دامنه غیرقطعیت در بیشترین مقدار است. در ضمن، محیط تصمیم‌گیری با افزایش مقدار α ثبات پیدا می‌کند و همزمان، واریانس تصمیم‌گیری کاهش می‌یابد. به علاوه α می‌تواند عددی بین ۰ و ۱، مجموعه‌ای متشکل از ۱۰ عدد۰/۱، ۰/۲، ...، ۱ برای نشان دادن عدم قطعیت است. همچنین، در حالی که $\alpha = 0$ معرف حد بالای U_{ij} و حد پایین L_{ij} اعداد فازی مثلثی، و $\alpha = 1$ نشان دهنده‌ی میانگین هندسی اعداد فازی مثلثی M_{ij} می‌باشند، β به عنوان میزان بدبینی تصمیم‌گیرنده مدنظر قرار می‌گیرد. وقتی $\beta = 0$ است، تصمیم‌گیرنده خوش‌بین‌تر است و بنابراین توافق کارشناسان برابر با حد بالای U_{ij} عدد فازی مثلثی است. وقتی $\beta = 1$ است، تصمیم‌گیرنده بدبین است و دامنه اعداد از صفر تا یک می‌باشد. به هر حال، پنج عدد ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ برای نمایش حالات ذهنی تصمیم‌گیرندگان استفاده می‌شود.

ماتریس مقایسات زوجی یک فرد، به صورت ذیل نمایش داده می‌شود.

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{A}) = \begin{pmatrix} 1 & g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{12}) & \dots & g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{1n}) \\ 1/g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{12}) & 1 & \dots & g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{2n}) \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ 1/g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{1n}) & 1/g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{2n}) & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

1.Cheng-Ru Wu
2. Liou and Wang

- مرحله ۴: تعیین بردار ویژه و تشکیل سوپر ماتریس:

λ_{max} معرف مقدار ویژه‌ی ماتریس مقایسات زوجی $g_{\alpha,\beta}(\tilde{A})$ است.

$$[g_{\alpha,\beta}(\tilde{A}) - \lambda_{max} I]W=0 \quad (7)$$

$g_{\alpha,\beta}(\tilde{A})$ $W=\lambda_{max}$ W (8)

که در آن W معرف بردار ویژه $g_{\alpha,\beta}(\tilde{A})$ و $0 \leq \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta \leq 1$.

مفهوم سوپر ماتریس شبیه فرآیند زنجیره مارکوف است. برای بدست آوردن اولویت کلی در یک سیستم با تأثیر وابسته، بردارهای اولویت محلی در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند که به عنوان سوپر ماتریس شناخته می‌شود. هر قطعه‌ی سوپر ماتریس یک ارتباط بین دو گره (مولفه یا خوشه) در یک سیستم را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، سوپر ماتریس ارائه شده از یک سلسله مراتبی با سه سطح به صورت زیر است:

$$W_n=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{bmatrix}$$

به‌طوری‌که w_{21} یک بردار است که نشان‌دهنده اثر هدف روی معیارها، w_{32} یک ماتریس است که نشان دهنده اثر معیارها روی هر گزینه است. I یک ماتریس همانی است و برای آن عناصری که تاثیری روی هم ندارند مقدار صفر را می‌گیرد.

در مثال بالا اگر بین خود معیارها وابستگی وجود داشته باشد، یک شبکه جایگزین سلسله مراتب می‌شود. در این صورت جایگاه *(2,2)* از W_n داده شده بوسیله‌ی W_{22} که به وابستگی اشاره دارد، اشغال می‌شود و سوپر ماتریس به شکل زیر خواهد بود:

$$W_n=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{bmatrix}$$

- مرحله ۵: ارزیابی تصمیم: بعد از بدست آوردن اولویت کلی گزینه‌ها، گزینه با بزرگترین اولویت انتخاب می‌شود.
-

۵- استفاده از تحلیل شبکه‌ای فازی برای ارزیابی طرح‌های متقاضی وام

کاربرد روش FANP برای این تحقیق به صورت زیر است:

- مرحله۱: ساخت مدل و تبدیل مسئله به یک ساختار شبکه‌ای:

مدل شبکه‌ای برای ارزیابی طرح‌های متقاضی وام در شکل (۱) ارائه شده است. همانگونه که از نمودار پیداست هم معیارها و هم زیر معیارها دارای وابستگی درونی هستند. بر خلاف فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که ارتباط بین معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها سلسله مراتبی و یک سویه است، در فرآیند تحلیل شبکه‌ای، افزون بر ارتباط سلسله مراتبی، در بخش‌هایی از مدل ممکن است معیارها و زیر معیارها با یکدیگر ارتباط و وابستگی متقابل داشته باشند.

- مرحله ۲: ساختن اعداد فازی مثلثی:

اعداد فازی مثلثی با استفاده از فرمول‌هایی که در بالا شرح داده شد ساخته می‌شوند. هر کارشناس با استفاده از اعداد فازی یک مقایسه‌ی زوجی بین معیارهای تصمیم می‌سازد که در ادامه شرح آن آمده است.

- مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی فازی (مستقل و وابسته) و فازی زدایی:
- مرحله ۴: تعیین بردار ویژه و تشکیل سوپر ماتریس:

در این مراحل ماتریس‌های مقایسه‌ای معیارهای اصلی، وابستگی معیارهای اصلی به یکدیگر، زیر معیارها و وابستگی زیر معیارها به یکدیگر تشکیل شده و مقدار بردار ویژه نیز بدست می‌آید. همچنین برای هر ماتریس شاخص میزان سازگاری نیز محاسبه شده است. کلیه‌ی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار متلب انجام شده است. تمامی ماتریس‌ها سازگار می‌باشند. در نهایت سوپر ماتریس ساخته می‌شود.

شکل(۱): مدل شبکه‌ای برای ارزیابی طرح‌های متقاضی وام

- **تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ای و کنترل سازگاری آنها:**

✓ مقایسه دودویی معیارهای اصلی(W_{21}):

ساعتی برای مقایسه زوجی دو مولفه مقیاس یک تا نُه را پیشنهاد می‌کند. مقایسه دودویی معیارهای اصلی به همان ترتیبی که در مرحله‌ی دوم روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی ارائه شده توسط چنگ-روو وو و همکارانش توضیح داده شد، انجام می‌شود. برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها، دو به دو آنها را با هم مقایسه می‌کنیم. به عنوان مثال برای هدف مسئله که ارزیابی طرح‌های متقاضی وام است معیار "سابقه اعتباری متقاضی" دارای اهمیت بیشتری است یا "توجیهات اقتصادی"؟ با توجه به هدف مسئله شدت برتری معیار i نسبت به معیار j، a_{ij} تعیین می‌شود. تمامی معیارها دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و چون چهار معیار در این مسئله وجود دارد با توجه به فرمول $\frac{n(n-1)}{2}$، شش قضاوت باید صورت پذیرد.

تمامی مقایسه‌های دو به دو در یک ماتریس $n \times n$ (در این‌جا 4×4) وارد می‌شوند و این ماتریس، ماتریس مقایسه دودویی معیارها $A = [a_{ij}]_{n\times n}$ نامیده می‌شود. نمره a_{ij} در ماتریس مقایسه زوجی اهمیت نسبی مولفه در سطر عناصر i با توجه به ستون j را نشان می‌دهد و به عبارتی $a_{ij} = \frac{W_i}{W_j}$ را مشخص می‌کند. نمره یک،

نشان‌دهنده‌ی اهمیت همسان و برابری دو مولفه، و نُه برابر با اهمیت خیلی زیاد مولفه i بر مولفه‌ی j است. اعداد این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل "شرط معکوس" در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (اگر اهمیت i نسبت به k،j باشد، اهمیت j نسبت به i، $1/k$ است) در هر مقایسه‌ی دودویی، دو مقدار a_{ij} و $1/a_{ij}$ را خواهیم داشت[۳].

نتیجه مقایسه‌ی دودویی معیارهای اصلی و همچنین وزن مربوطه در جداول (۲) و (۳) آمده است.

✓ مقایسه دودویی وابستگی درونی معیارهای اصلی (ماتریس W_{22}): برای درک وابستگی‌های متقابل بین معیارهای اصلی، مقایسه دودویی بین معیارهای اصلی به منظور دسترسی به عناصر ماتریس w_{22} و بر اساس مقیاس نُه کمیتی ساعتی انجام می‌شود. برای نحوه‌ی محاسبه ضریب اهمیت هریک از معیارهای اصلی (با توجه به وابستگی متقابل بین آنها)، مقایسه دودویی معیارهای اصلی سه‌گانه دیگر (با کنترل کردن معیار اول یعنی سابقه اعتباری متقاضی) در جدول (۴) ارائه شده است.

نحوه‌ی سؤال کردن ضریب اهمیت در این مورد، به این ترتیب است: اهمیت نسبی "توجیهات اقتصادی" در مقایسه با "امکان پذیری فنی" وقتی که "سابقه اعتباری متقاضی" کنترل شود، چقدر است؟ نتایج حاصل از این جداول در ماتریس W_{22} ارائه شده است.

✓ مقایسه دودویی زیر معیارهای هریک از معیارهای اصلی (ماتریس W_{32}):

در این مرحله ضریب اهمیت هریک از زیرمعیارهای مربوط به معیارهای اصلی چهارگانه از طریق مقایسه دودویی آنها (بر اساس مقیاس 9 کمیتی ساعتی) بدست آمده و این ضرایب اهمیت، عناصر ستونی ماتریس W_{32} را تشکیل خواهند داد. نتیجه مقایسه دودویی زیرمعیارهای مربوط به "سابقه اعتباری متقاضی" یعنی حسن شهرت، سوابق مدیر، عدم بدهی و سابقه دریافت وام در جدول (۵) آمده است.

✓ مقایسه دودویی وابستگی درونی زیرمعیارها (ماتریس W_{33}): همانطور که از نمودار پیداست تعداد ۱۵ زیرمعیار که نشانگر ویژگی‌های معیارهای اصلی چهارگانه می‌باشند، برای اهداف این تحقیق انتخاب شده‌اند. نتیجه‌ی مقایسه‌ی دودویی معیارهای دارای وابستگی متقابل در ماتریس W_{33} ارائه شده است.

جدول (۲): مقایسه دودویی معیارهای اصلی (w_{21})

معیارها	(C.H)	(E.J)	(T.F)	(F.A)
سابقه اعتباری متقاضی(CH)	(1,1,1)	(0.25,1.64,6)	(0.33,2.44,8)	(0.5,2.766,9)
توجیهات اقتصادی(EJ)		(1,1,1)	(0.33,2.03,7)	(0.33,2.02,7)
امکان پذیری فنی(T.F)			(1,1,1)	(0.25,1.72,5)
تجزیه و تحلیل مالی(F.A)				(1,1,1)

جدول (۳): مقایسه دودویی معیارهای اصلی(w_{21})

معیارها	C.H	E.J	T.F	F.A	بردار ویژه(W)
۱.سابقه اعتباری متقاضی(C.H)	1	2.3825	3.3175	3.785	0.49
۲. توجیهات اقتصادی(E.J)	0.4197	1	2.8475	2.85	0.29
۳. امکان پذیری فنی(T.F)	0.3	0.3512	1	1.77	0.12
۴. تجزیه و تحلیل مالی(F.A)	0.266	0.35	0.56	1	0.10

$$\lambda_{max} = 4.0892 \quad n = 4 \quad CI = {}^{(\lambda_{max} - n)}/_{n-1} = 0.0297 \quad CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0297}{0.90} = 0.03 \rightarrow CR \leq 0.08$$

جدول (۴): مقایسه دودویی معیارهای اصلی با توجه به وابستگی درونی آن‌ها با کنترل "سابقه‌ی اعتباری متقاضی"

معیارها	E.J.2	T.F .3	F.A .4	بردار ویژه(W)
۲. توجیهات اقتصادی E.J	1	2.880	3.597	0.614
۳. امکان پذیری فنی T.F	0.347	1	1.373	0.220
۴. تجزیه و تحلیل مالی F.A	0.278	0.728	1	0.165

$$\lambda_{max} = 3.0035 \quad n = 3 \quad CI = {}^{(\lambda_{max} - n)}/_{n-1} = 0.00175 \quad CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.00175}{0.58} = 0.003 \rightarrow CR \leq 0.05$$

جدول (۵): مقایسه دودویی زیرمعیارهای مربوط به "سابقه‌ی اعتباری متقاضی"

زیرمعیارها	C.H2	C.H1	C.H3	C.H4	بردار ویژه(W)
۱. سوابق مدیر C.H2	1	0.28	2.23	0.55	0.160
۲.حسن شهرت C.H1	3.51	1	4.26	2.08	0.495
۳.عدم بدهی C.H3	0.45	0.23	1	0.45	0.097
۴.سابقه دریافت وام C.H4	1.82	0.48	2.21	1	0.247

$$\lambda_{max} = 4.0364 \quad n = 4 \quad CI = {}^{(\lambda_{max} - n)}/_{n-1} = 0.012 \quad CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.012}{0.90} = 0.013 \rightarrow CR \leq 0.08$$

$W_{22}=$

	C.H	E.J	T.F	F.A
C.H	0	0.645	0.466	0.579
E.J	0.614	0	0.445	0.308
T.F	0.220	0.215	0	0.113
F.A	0.165	0.134	0.089	0

$W_{32}=$

	CH	EJ	TF	FA
CH1	0.495	0	0	0
CH2	0.160	0	0	0
CH3	0.0974	0	0	0
CH4	0.247	0	0	0
EJ1	0	0.075	0	0
EJ2	0	0.125	0	0
EJ3	0	0.326	0	0
EJ4	0	0.388	0	0
EJ5	0	0.086	0	0
TF1	0	0	0.61	0
TF2	0	0	0.13	0
TF3	0	0	0.26	0
FA1	0	0	0	0.535
FA2	0	0	0	0.278
FA3	0	0	0	0.186

$W_{33}=$

0	0	0.25	0.35	0	0	0.1	0.18	0	0.15	0	0.15	0.08	0.37	0
0	0	0.2	0.21	0.1	0.16	0.1	0.08	0	0	0	0.25	0.1	0	0.25
0.24	0.17	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0
0.17	0.16	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0
0	0	0	0	0	0.1	0.11	0.1	0.21	0	0.21	0	0.12	0	0
0	0.1	0	0	0.15	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.2	0.22	0	0.12	0.22	0.18	0.22	0	0.11	0	0.27
0	0.18	0.2	0.15	0.11	0.1	0	0	0.13	0	0	0	0	0.15	0
0	0	0	0	0.16	0.1	0.28	0.13	0	0.27	0.28	0	0.1	0	0
0.18	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.15	0	0
0	0	0	0	0	0.12	0.2	0.14	0.19	0	0	0	0.11	0	0.16
0	0	0	0	0.1	0.03	0	0	0.1	0.25	0.15	0	0.1	0.25	0.2
0.15	0.07	0	0	0.18	0.1	0	0	0.05	0.15	0.14	0.35	0	0	0.12
0.26	0.06	0.25	0.15	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0.13	0	0
0	0.05	0	0	0	0.07	0.12	0.11	0.1	0	0	0	0	0	0

- **تشکیل سوپر ماتریس ناموزون:**

بعد از محاسبه‌ی کلیه‌ی ماتریس‌های مقایسه‌ای موجود در سوپرماتریس ناموزون $(W_{21}, W_{22}, W_{32}, W_{33})$ و کنترل سازگاری آنها، می‌توان با جایگزین کردن این ماتریس‌ها در سوپر ماتریس اولیه، سوپر ماتریس ناموزون را بدست آورد. سپس سوپر ماتریس ناموزون باید به سوپر ماتریس موزون، یعنی ماتریسی که جمع اجزای ستون آن ۱ است تبدیل شود.

برای تبدیل سوپر ماتریس ناموزون به سوپر ماتریس موزون باید سوپر ماتریس ناموزون را در ماتریس خوشه‌ای ضرب کرد. ماتریس خوشه‌ای میزان تأثیرگذاری هر یک از خوشه‌ها برای دستیابی به اهداف مطالعه را منعکس می‌کند. ماتریس خوشه‌ای از مقایسه‌ی دودویی خوشه‌ها در چارچوب ساختار سوپرماتریس اولیه (ناموزون) حاصل می‌شود. برای بدست آوردن اهمیت نسبی خوشه‌ها در سوپر ماتریس اولیه لازم است ماتریس خوشه‌ای به گونه‌ای محاسبه شود که خوشه‌های ستونی آن به عنوان عناصر کنترلی در نظر گرفته شوند. به عبارت دیگر، خوشه‌های ستونی غیر صفر سوپر ماتریس اولیه با خوشه‌های دیگر واقع در آن ستون، مورد مقایسه‌ی دودویی قرار بگیرند تا بردار اهمیت هر یک از خوشه‌های ستونی بدست آمده و نهایتاً با در کنار هم گذاشتن بردار اهمیت هر یک از خوشه‌ها، ماتریس خوشه‌ای بدست آید [۱۰].

جدول (۶) مقایسه‌ی دودویی خوشه‌ها و جدول (۷) ماتریس خوشه‌ای اولیه را نشان می‌دهد. نگاهی به ساختار سوپر ماتریس اولیه‌ی این مطالعه نشان می‌دهد که فقط در خوشه‌ی ستونی مربوط به "معیارهای اصلی" باید این خوشه با خوشه‌ی زیرمعیارها مورد مقایسه قرار گیرد.

- **محاسبه سوپر ماتریس موزون:**

برای بدست آوردن سوپر ماتریس موزون، هر یک از عناصر خوشه‌های ستونی سوپر ماتریس ناموزون در بردار اهمیت نسبی آن خوشه (از ماتریس خوشه‌ای) باید ضرب شود. سوپر ماتریس موزون بدست آمده تصادفی است (جمع عناصر ستونی آن یک است).

- **محاسبه‌ی سوپر ماتریس حد:**

سوپر ماتریس حد از طریق هم‌گراسازی سوپر ماتریس موزون بدست می‌آید. برای هم‌گراسازی سوپر ماتریس موزون، آن را به توان $2k+1$ که k یک عدد اختیاری بزرگ است، می‌رسانیم تا اینکه همه‌ی عناصر سوپر ماتریس با هم برابر شوند. در این تحقیق در توان ۱۹ سوپر ماتریس محدود شده بدست آمده که تمامی عناصر آن با هم مساوی‌اند.

جدول (۶): مقایسه‌ی دودویی خوشه‌ها

خوشه‌ها	۱.معیارهای اصلی	۲. زیرمعیارها	بردار ویژه(W)
۱.معیارهای اصلی	1	1.1	0.51
۲. زیرمعیارها		1	0.49

جدول (۷): ماتریس خوشه‌ای اولیه

	هدف	معیارهای اصلی	زیرمعیارها
هدف	0	0	0
معیارهای اصلی	1	0.51	0
زیرمعیارها	0	0.49	1

جدول (۸): سوپر ماتریس ناموزون

		زیر معیارها																							
	هدف	معیارهای اصلی				زیر معیارها																			
		CH	EJ	TF	FA	CH1	CH2	CH3	CH4	EJ1	EJ2	EJ3	EJ4	EJ5	TF1	TF2	TF3	FA1	FA2	FA3					
هدف	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
معیارهای اصلی	CH	0	0.64	0.47	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	EJ	0.49	0	0.44	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	TF	0.12	0.21	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	FA	0.1	0.13	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
زیر معیارها	CH1	0	0	0	0	0	0	0.25	0.35	0	0	0.1	0.18	0	0.15	0	0.15	0.08	0.37	0					
	CH2	0	0.16	0	0	0	0	0.2	0.21	0.1	0.16	0.1	0.08	0	0	0	0.25	0.1	0	0.25					
	CH3	0	0.1	0	0	0.24	0.17	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0					
	CH4	0	0.2	0	0	0.17	0.16	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0					
	EJ1	0	0	0.075	0	0	0	0	0	0	0.1	0.11	0.1	0.21	0	0.21	0	0.12	0	0					
	EJ2	0	0	0.125	0	0	0.1	0	0	0.15	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0					
	EJ3	0	0	0.33	0	0	0	0	0	0.2	0.22	0	0.12	0.22	0.18	0.22	0	0.11	0	0.27					
	EJ4	0	0	0.39	0	0	0.18	0.2	0.15	0.11	0.1	0	0	0.13	0	0	0	0	0.15	0					
	EJ5	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0.16	0.1	0.28	0.13	0	0.27	0.28	0	0.1	0	0					
	TF1	0	0	0.61	0	0.18	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.15	0	0					
	TF2	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0.12	0.2	0.14	0.19	0	0	0	0.11	0	0.16					
	TF3	0	0	0.26	0	0	0	0	0	0.1	0.03	0	0	0.1	0.25	0.15	0	0.1	0.25	0.2					
	FA1	0	0	0	0.53	0.15	0.07	0	0	0.18	0.1	0	0	0.05	0.15	0.14	0.35	0	0	0.12					
	FA2	0	0	0	0.28	0.26	0.06	0.25	0.15	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0.13	0	0					
	FA3	0	0	0	0.17	0	0.05	0	0	0	0.07	0.12	0.11	0.1	0	0	0	0	0	0					

جدول (۹): سوپر ماتریس موزون

		هدف	معیارهای اصلی				زیر معیارها																					
			CH	EJ	TF	FA	CH1	CH2	CH3	CH4	EJ1	EJ2	EJ3	EJ4	EJ5	TF1	TF2	TF3	FA1	FA2	FA3							
هدف		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
معیارهای اصلی	CH	0.49	0	0.32	0.23	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	EJ	0.29	0.3	0	0.22	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	TF	0.12	0.11	0.1	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	FA	0.1	0.08	0.07	0.045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
زیر معیارها	CH1	0	0.25	0	0	0	0	0	0.25	0.35	0	0	0.1	0.18	0	0.15	0	0.15	0.08	0.37	0							
	CH2	0	0.08	0	0	0	0	0	0.2	0.21	0.1	0.16	0.1	0.08	0	0	0	0.25	0.1	0	0.25							
	CH3	0	0.05	0	0	0	0.24	0.17	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0							
	CH4	0	0.1	0	0	0	0.17	0.16	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0							
	EJ1	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.11	0.1	0	0	0	0	0.12	0	0							
	EJ2	0	0	0.06	0	0	0	0.1	0	0	0.15	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0							
	EJ3	0	0	0.165	0	0	0	0	0	0	0.2	0.22	0	0.12	0.22	0.18	0.22	0	0.11	0	0.27							
	EJ4	0	0	0.195	0	0	0	0.18	0.2	0.15	0.11	0.1	0	0	0.13	0	0	0	0	0.15	0							
	EJ5	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0.16	0.1	0.28	0.13	0	0.27	0.28	0	0.1	0	0							
	TF1	0	0	0	0.3	0	0.18	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.15	0	0							
	TF2	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0.12	0.2	0.14	0.19	0	0	0	0.11	0	0.16							
	TF3	0	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0.1	0.03	0	0	0.1	0.25	0.15	0	0.1	0.25	0.2							
	FA1	0	0	0	0	0.26	0.15	0.07	0	0	0.18	0.1	0	0	0.05	0.15	0.14	0.35	0	0	0.12							
	FA2	0	0	0	0	0.14	0.26	0.06	0.25	0.15	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0.13	0	0							
	FA3	0	0	0	0	0.1	0	0.05	0	0	0	0.07	0.12	0.11	0.1	0	0	0	0	0	0							

جدول (۱۰): سوپر ماتریس حدی

		هدف	معیارهای اصلی				زیر معیارها																	
			CH	EJ	TF	FA	CH1	CH2	CH3	CH4	EJ1	EJ2	EJ3	EJ4	EJ5	TF1	TF2	TF3	FA1	FA2	FA3			
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
معیارهای اصلی	CH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	EJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	TF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	FA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
زیر معیارها	CH1	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033			
	CH2	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792			
	CH3	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536	0.0536			
	CH4	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428	0.0428			
	EJ1	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607			
	EJ2	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250			
	EJ3	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887	0.0887			
	EJ4	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629	0.0639	0.0629	0.0629	0.0629	0.0629			
	EJ5	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893	0.0893			
	TF1	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671			
	TF2	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613	0.0613			
	TF3	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748			
	FA1	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876			
	FA2	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716	0.0716			
	FA3	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322	0.0322			

- **وزن نهایی معیارها**

در جدول (۱۱) وزن نهایی هر یک از زیرمعیارها آمده است.

جدول (۱۱): وزن نهایی هر یک از زیرمعیارها

کد	زیرمعیار	وزن
CH1	حسن شهرت و معتمد بودن متقاضی	0.1
CH2	سوابق مدیر	0.08
CH3	عدم بدهی شرکت به سیستم بانکی	0.05
CH4	سابقه‌ی دریافت وام و پرداخت به موقع	0.04
EJ1	دسترسی به بازار	0.06
EJ2	سطح کشش عرضه و تقاضا	0.02
EJ3	قیمت تمام شده‌ی محصول	0.09
EJ4	تولید محصولات نوین	0.06
EJ5	رقابت‌پذیری واحد محصول	0.09
TF1	مجوز داشتن از سازمان‌های تابعه	0.08
TF2	راندمان تولید و هزینه‌های تولید	0.06
TF3	امکان‌پذیری طرح	0.07
FA1	دارا بودن طرح توجیهی مناسب	0.09
FA2	وثیقه‌ی مطمئن و ارزنده	0.07
FA3	نسبت‌های مالی	0.04

- **وزن رتبه‌ها**

وزن رتبه‌ها با استفاده از روش FAHP بدست آمده است. نتیجه‌ی محاسبات ماتریس رتبه‌ها به صورت زیر است:

$W_{Excellent}$=0.38 W_{Good}=0.27 W_{Fair}=0. 19

W_{Poor}=0.10 $W_{Very\ poor}$=0.06

- **مثالی از محاسبه‌ی امتیاز پروژه**

برای محاسبه‌ی امتیاز پروژه باید رتبه‌ی تمام زیرمعیارها توسط کارشناس اعتبارات مشخص گردد و سپس مجموع حاصلضرب‌های وزن هر معیار در وزن رتبه‌ی نظیر آن، ملاک تعیین امتیاز پروژه خواهد بود. به عنوان مثال اگر در یک طرح متقاضی وام، کارشناس اعتبارات نسبت به زیرمعیارها، رتبه‌های ارائه شده در جدول (۱۲) را تشخیص دهد آنگاه امتیاز پروژه بر اساس محاسبات انجام شده، ۰/۱۹۳۳ خواهد بود.

جدول(۱۲): مثالی از محاسبه‌ی امتیاز پروژه

کد	زیرمعیار	وزن	رتبه‌ی تشخیص داده شده توسط کارشناس
CH1	حسن شهرت و معتمد بودن متقاضی	0.1	Fair
CH2	سوابق مدیر	0.08	Fair
CH3	عدم بدهی شرکت به سیستم بانکی	0.05	Excellent
CH4	سابقه‌ی دریافت وام و پرداخت به موقع	0.04	Excellent
EJ1	دسترسی به بازار	0.06	Poor
EJ2	سطح کشش عرضه و تقاضا	0.02	Fair
EJ3	قیمت تمام شده‌ی محصول	0.09	Fair
EJ4	تولید محصولات نوین	0.06	Very poor
EJ5	رقابت‌پذیری واحد محصول	0.09	Poor
TF1	مجوز داشتن از سازمان‌های تابعه	0.08	Good
TF2	راندمان تولید و هزینه‌های تولید	0.06	Fair
TF3	امکان‌پذیری طرح	0.07	Good
FA1	دارا بودن طرح توجیهی مناسب	0.09	Good
FA2	وثیقه‌ی مطمئن و ارزنده	0.07	Fair
FA3	نسبت‌های مالی	0.04	Poor

$$W = (W_{CH1} * W_{Fair}) + (W_{CH2} * W_{Fair})$$
$$+(W_{CH3} * W_{Excellent}) + (W_{CH4} * W_{Excellent})$$
$$+(W_{EJ1} * W_{Poor}) + (W_{EJ2} * W_{Fair}) + (W_{EJ3} * W_{Fair})$$
$$+ (W_{EJ4} * W_{Very\ poor})$$
$$+ (W_{EJ5} * W_{Poor}) + (W_{TF1} * W_{Good})$$
$$+ (W_{TF2} * W_{Fair}) + (W_{TF3} * W_{Good})$$
$$+ (W_{FA1} * W_{Good}) + (W_{FA2} * W_{Fair})$$
$$+ (W_{FA3} * W_{Poor}) =$$
$$(0.1 * 0.19) + (0.08 * 0.19) + (0.1 * 0.19)$$
$$+ (0.05 * 0.38) + (0.04 * 0.38)$$
$$+ (0.06 * 0.10) + (0.02 * 0.19)$$
$$+ (0.09 * 0.19) + (0.06 * 0.06)$$
$$+ (0.09 * 0.01) + (0.08 * 0.27)$$
$$+ (0.06 * 0.19) + (0.07 * 0.27)$$
$$+ (0.09 * 0.27) + (0.07 * 0.19)$$
$$+ (0.04 * 0.10) = 0.1933$$

- **تعیین نتیجه‌ی نهایی ارزیابی**

پس از محاسبه امتیاز پروژه و درصد پذیرش آن نوبت به اعلام نظر نهایی کارشناس است. با توجه به اولویت‌های تعیین شده در ماتریس رتبه‌ها (Grade) نتیجه به صورت زیر اعلام می‌شود که نقاط میانی بین وزن دو رتبه، حد پذیرش رتبه است. مثلاً مقدار وزن رتبهٔ عالی برابر ۰/۳۷۹۷ و وزن رتبهٔ خوب ۰/۲۶۷۳ است، حد میانی این دو عدد، مقدار ۰/۳۲۳۵ است یعنی امتیاز بالاتر از این مقدار نتیجهٔ عالی و کمتر از این مقدار (و بیشتر از ۰/۲۳۰۸ ، میانگین رتبه‌ی خوب و متوسط) نتیجه‌ی خوب را نشان می‌کند. اگر امتیاز پروژه بیشتر از ۰/۳۲۳۵ باشد نتیجه‌ی نهایی ارزیابی "عالی (Excellent)" است.

اگر امتیاز پروژه بیشتر از ۰/۲۳۰۸ و کمتر از ۰/۳۲۳۵ باشد نتیجه‌ی نهایی ارزیابی "خوب (Good)" است. اگر امتیاز پروژه بیشتر از ۰/۱۴۵ و کمتر از ۰/۲۳۰۸ باشد نتیجه‌ی نهایی ارزیابی "متوسط (Fair)" است.

اگر امتیاز پروژه بیشتر از ۰/۰۷۹ و کمتر از ۰/۱۴۵ باشد نتیجه‌ی نهایی ارزیابی "ضعیف (Poor)" است.

اگر امتیاز پروژه کمتر از ۰/۰۷۹ باشد نتیجه‌ی نهایی ارزیابی "خیلی ضعیف (Very poor)" است.

در مثال بالا از آنجا که امتیاز پروژه ۰/۱۹۳۳ بدست آمد، لذا نتیجه‌ی نهایی ارزیابی Fair است.

۶- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با شناسایی معیارهای مهمی که در موفقیت پروژه مؤثراند، مدلی ارائه شد. جهت شناسایی معیارها، پرسشنامه‌هایی طراحی شده و در اختیار کارشناسان خبره‌ی امر قرار گرفت. معیارهای شناسایی شده در چهار دسته‌ی"سابقه‌ی اعتباری متقاضی (شامل چهار زیرمعیار)، توجیهات اقتصادی (شامل پنج زیرمعیار)، امکان‌پذیری فنی (شامل سه زیرمعیار) و تجزیه و تحلیل مالی(شامل سه زیرمعیار)" قرار گرفتند. در مرحله‌ی بعد با تعیین ارتباط میان و بین معیارها، زیرمعیارها و هدف، وزن هریک از زیرمعیارها مشخص شد. برای تعیین وزن زیرمعیارها از روش FANP استفاده شد. برای محاسبه‌ی وزن نهایی باید رتبه‌ی تمام زیرمعیارها توسط کارشناس اعتبارات مشخص گردد و سپس مجموع حاصلضرب‌های وزن هر معیار در وزن رتبه‌ی نظیر آن، ملاک تعیین رتبه‌ی ارزیابی خواهد بود. با تعیین رتبه‌ی ارزیابی، نتیجه‌ی "بررسی چهار جانبه‌ی طرح" مشخص می‌شود. در مدل ارائه شده داده‌های کیفی و کمی ترکیب می‌شوند.

۷- منابع و مأخذ

[۱] امین ناصری، محمدرضا. آزادی مقدم، عباس. (۱۳۸۳). **ارائه یک مدل جهت ارزیابی وام‌های بانکی با استفاده از AHP و سیستم خبره**، سومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع.

[۲] خمسه، کریم. حاج کریمی، عباسعلی. اخوان، مریم. (۱۳۸۶). **ارائه یک مدل سیستم خبره (هوشمند) جهت اعطای وام به مشتریان**، اولین کنفرانس جهانی بانکداری الکترونیکی.

[۳] زبردست، اسفندیار. **(۱۳۸۸). کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای(ANP) در برنامه-ریزی شهری و منطقه‌ای**، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ش ۴۱،ص ۹۰-۷۹.

[۴] هوشمند، محمد رضا. دارابی، حمید رضا. دوست حقی، حسن. دانشور کاخکی، محمد. (۱۳۸۶). **توسعه‌ی سیستم خبره قانون محور برای ارزیابی وام‌های صنعتی**، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع.

[5] Che, Z-H., & Wang, H-S., & Chuang, C-L. (2010). **A fuzzy AHP and DEA approach for making bank loan decisions for small and medium enterprises in Taiwan**. Expert Systems with Applications 37, 7189-7199.

[6] Hsiao, B., & Chern, C-C., & Chiu, Y-o., & Chiu, C-R. (2011). **Using fuzzy supper-efficiency slack-based measure data envelopment analysis to evaluate Taiwan's commercial bank efficiency**. Expert System with Application 38, 9147 -9156.

[7] Odeh, O., & Koduru, p., & Featherstone, A., & Sanjoy, D., & Stephen, W. (2011). **A multi-objective approach for the prediction of loan defaults**, Expert System with Applications 38, 8850-8857,

[8] Qing, L. (2013). A novel Likkert scale base on fuzzy set theory, Expert System with Applications 40, 1609-1618,

[9] Saaty, T. (2004). **Fundamentals Of The Analytic Network Process**, Journal of Systems Science and Systems Engineering3, 348-379,

[10] Saaty, T. (1999). **Fundamentals of the analytic network process**. Proceeding of ISAHP 1999, kobe, Japan.

[11] Wu, C-R., & Chang, C-W., & Lin, H-L. (2008)**. A Fuzzy ANP-based Approach to Evaluate Medical Organizational Performance**. Information and Management Sciences, 19(1), 53-74,