



حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود

گزارش نهایی طرح پژوهشی

# تهیه نرم افزار جامع و کاربردی در مسائل تصمیم گیری های چند معیاره

مجری طرح:

محمد عطائی

همکاران طرح:

رضا میکائیل

هاشم شاهسونی

بهار ۱۳۸۸



## چکیده

تصمیم‌گیری، فرآیند انتخاب بهترین عمل یا گزینه از میان گزینه‌های موجود می‌باشد. در چند سال اخیر توجه مجامع دانشگاهی و صنعتی در کشور به علوم تصمیم‌گیری و استفاده از آن‌ها برای بهبود تصمیم‌گیری‌هایشان افزایش چشم‌گیری داشته است. عمل تصمیم‌گیری در اداره امور سازمان‌ها و صنایع بسیار مهم است، زیرا در دنیای امروز اداره امور نمی‌تواند صرفاً بر نبوغ و قضاوت شخصی افراد متکی باشد، بلکه تصمیمات بایستی حتی الامکان بر پایه بررسی‌های علمی، آمار و اطلاعات دقیق و به موقع و بر طبق اصول و روش‌های خاصی صورت پذیرد. امروزه پیچیدگی امور، هزینه‌های بالای عملیات و وسعت تشکیلات، لزوم شیوه‌های تصمیم‌گیری مناسب و اخذ تصمیمات مستدل را برای مدیران روشن می‌سازد. آنچه مدیران بیش از هر چیز به آن نیازمندند، ابزاری راحت، مطمئن و علمی برای یاری آنان در انجام تصمیمات است که پیوسته یا گه‌گاه با آن مواجه می‌شوند. تکنیک‌های کمی و ابزارهای ریاضی در این راستا کارساز و ثمر بخش است. یک‌سری از این تکنیک‌ها، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نامیده می‌شوند، که ابزار ریاضی قوی را برای کمی‌سازی معیارها و گزینه‌های قابل انتخاب فراهم آورده‌اند. در این طرح مجموعه‌ای از این تکنیک‌ها در غالب یک نرم افزار ارائه خواهد شد. مهم‌ترین هدف در اجرای این طرح تهیه یک نرم افزار جامع و کاربردی، شامل مجموعه‌ای از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در حوزه مدیریت صنایع و سازمان‌ها می‌باشد. از مهم‌ترین کاربردهای این نرم افزار (نتیجه طرح) کمک به مدیران سازمان‌ها و صنایع برای اتخاذ تصمیم سریع و مناسب می‌باشد. در این طرح ابتدا کاربردی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره معمول مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت و در ادامه نرم افزار جامعی از این روش‌ها با استفاده از زبان برنامه‌نویسی MATLAB(GUI) تهیه می‌شود. این نرم افزار به کاربر کمک می‌کند تا با استفاده از چند روش متفاوت تصمیم‌گیری چند معیاره، گزینه‌های قابل انتخاب خود اولویت بندی نماید.

کلمات کلیدی: روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، زبان برنامه‌نویسی ELECTRE, TOPSIS, AHP, MATLAB

## فهرست مطالب

### فصل اول: مبانی تصمیم‌گیری‌های چند معیاره

- ۱- مقدمه..... ۱
- ۱-۱ تصمیم‌گیری چیست؟..... ۲
- ۲-۱ معیارهای تصمیم‌گیری..... ۴
- ۳-۱ لزوم استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره..... ۵
- ۴-۱ کاربردهای مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره..... ۷
  - ۱-۴-۱ مکان یابی کارخانه..... ۷
  - ۲-۴-۱ انتخاب تامین‌کننده..... ۹
  - ۳-۴-۱ انتخاب شغل..... ۱۱
  - ۴-۴-۱ انتخاب محل سکونت..... ۱۳
  - ۵-۴-۱ انتخاب پروژه..... ۱۴
  - ۶-۴-۱ ارزیابی و انتخاب پیمان‌کاران پروژه‌ها..... ۱۴
  - ۷-۴-۱ ارزیابی عملکرد در سازمان‌ها و شرکت‌ها..... ۱۵
- ۵-۱ تقسیم بندی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره..... ۱۷
  - ۱-۵-۱ مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه..... ۱۹
  - ۲-۵-۱ مسائل تصمیم‌گیری چند هدفه..... ۲۲

### فصل دوم: بررسی پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

- ۲- مقدمه..... ۲۳
- ۱-۲ تحلیل سلسله مراتبی..... ۲۴
  - ۲-۱-۲ مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی..... ۳۰
    - ۱-۲-۱-۲ ساختن سلسله مراتبی..... ۳۱
    - ۲-۲-۱-۲ محاسبه وزن عناصر در روش تحلیل سلسله مراتبی..... ۳۴
    - ۱-۲-۲-۱-۲ محاسبه وزن نسبی..... ۳۴

|    |   |
|----|---|
| ۴۴ | ..... ۲-۲-۲-۱-۲ محاسبه وزن نهایی                      |
| ۴۴ | ..... ۳-۲-۲-۱-۲ محاسبه نرخ ناسازگاری                  |
| ۴۷ | ..... ۳-۱-۲ تصمیم‌گیری گروهی با تحلیل سلسله مراتبی    |
| ۵۱ | ..... ۲-۲ روش الکترونیک                               |
| ۵۱ | ..... ۱-۲-۲ مقدمه                                     |
| ۵۲ | ..... ۲-۲-۲ مراحل روش الکترونیک                       |
| ۵۲ | ..... ۱-۲-۲-۲ تشکیل ماتریس تصمیم                      |
| ۵۲ | ..... ۲-۲-۲-۲ بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم              |
| ۵۳ | ..... ۳-۲-۲-۳ تعیین ماتریس وزن معیارها                |
| ۵۳ | ..... ۴-۲-۲-۳ تعیین ماتریس تصمیم وزن دار نرمال شده    |
| ۵۳ | ..... ۵-۲-۲-۳ تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف     |
| ۵۴ | ..... ۶-۲-۲-۳ تشکیل ماتریس توافق                      |
| ۵۴ | ..... ۷-۲-۲-۳ تشکیل ماتریس مخالف                      |
| ۵۵ | ..... ۸-۲-۲-۳ تشکیل ماتریس تسلط موافق                 |
| ۵۵ | ..... ۹-۲-۲-۳ تشکیل ماتریس تسلط مخالف                 |
| ۵۶ | ..... ۱۰-۲-۲-۳ تشکیل ماتریس تسلط نهایی                |
| ۵۶ | ..... ۱۱-۲-۲-۳ انتخاب بهترین گزینه                    |
| ۵۶ | ..... ۳-۲ روش شباهت به گزینه ایده‌آل                  |
| ۵۶ | ..... ۱-۳-۲ مقدمه                                     |
| ۵۹ | ..... ۲-۳-۲ مراحل روش شباهت به حل ایده‌آل             |
| ۵۹ | ..... ۱-۲-۳-۲ تشکیل ماتریس تصمیم                      |
| ۵۹ | ..... ۲-۲-۳-۲ بدون مقیاس کردن ماتریس تصمیم            |
| ۶۰ | ..... ۳-۲-۳-۲ تعیین ماتریس وزن معیارها                |
| ۶۰ | ..... ۴-۲-۳-۲ تعیین ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن دار |
| ۶۰ | ..... ۵-۲-۳-۲ یافتن حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل           |
| ۶۱ | ..... ۶-۲-۳-۲ محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل |

۶۱ ..... ۷-۲-۳-۲- محاسبه شاخص شباهت.....

### فصل سوم: مطالعه‌های موردی

۶۳ ..... ۱-۳ انتخاب محل احداث کارخانه آلومینا سیمان.....

۶۳ ..... ۱-۱-۳ مبانی انتخاب محل احداث کارخانه.....

۶۴ ..... ۲-۱-۳ مواد خام مورد نیاز.....

۶۵ ..... ۳-۱-۳ محل‌های احتمالی ساختگاه کارخانه.....

۶۶ ..... ۴-۱-۳ معیارهای موثر در انتخاب محل کارخانه.....

۶۶ ..... ۱-۴-۱-۳ حمل و نقل.....

۶۶ ..... ۲-۴-۱-۳ تامین آب.....

۶۷ ..... ۳-۴-۱-۳ تامین برق.....

۶۷ ..... ۴-۴-۱-۳ تامین گاز.....

۶۷ ..... ۵-۴-۱-۳ تامین زمین.....

۶۸ ..... ۵-۱-۳ حل مساله به روش تحلیل سلسله مراتبی.....

۷۱ ..... ۶-۱-۳ حل مساله به روش شباهت به گزینه ایده‌آل.....

۷۳ ..... ۷-۱-۳ حل مساله به روش الکترون.....

۷۵ ..... ۲-۳ انتخاب روش استخراج مناسب.....

۷۵ ..... ۱-۲-۳ مقدمه.....

۷۶ ..... ۲-۲-۳ طرح پرسش‌نامه و نتایج بررسی‌ها.....

۷۸ ..... ۳-۲-۳ روش‌های استخراج ممکن برای استخراج.....

۸۰ ..... ۴-۲-۳ انتخاب روش استخراج با روش شباهت به گزینه ایده‌آل.....

### فصل چهارم: معرفی نرم افزار و حل چند مثال

۸۲ ..... ۱-۴- مقدمه.....

۸۲ ..... ۲-۴- معرفی نرم افزار.....

- ۳-۴- حل چند مثال با نرم افزار..... ۸۴
- ۱-۳-۴- انتخاب محل مناسب برای کارخانه آلومینا با کمک نرم افزار..... ۸۴
- ۱-۱-۳-۴- حل مساله به روش تحلیل سلسله مراتبی..... ۸۴
- ۲-۱-۳-۴- حل مساله به روش الکترون..... ۹۰
- ۳-۱-۳-۴- حل مساله به روش شباهت به گزینه ایده آل..... ۹۵
- ۲-۳-۴- انتخاب روش استخراج مناسب با کمک نرم افزار..... ۹۷
- ۱-۲-۳-۴- حل مساله به روش شباهت به گزینه ایده آل..... ۹۷
- ۱-۲-۳-۴- حل مساله به روش الکترون..... ۱۰۳
- ۱-۲-۳-۴- حل مساله به روش تحلیل سلسله مراتبی..... ۱۰۵
- ۳-۳-۴- آنالیز نرخ ناسازگاری ماتریس تصمیم گیری..... ۱۰۸

مراجع..... ۱۱۱

## فهرست جدول‌ها

|    |  |
|----|--|
| ۸  | جدول ۱-۱ - نمونه‌هایی از مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره                                 |
| ۱۸ | جدول ۲-۱ - تفاوت‌های مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و چند هدفه                         |
| ۲۱ | جدول ۳-۱ - انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه  |
| ۲۹ | جدول ۱-۲ - کاربردهای مختلف روش تحلیل سلسله مراتبی                                    |
| ۳۵ | جدول ۲-۲ - طبقه‌بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها                             |
| ۴۶ | جدول ۳-۲ - شاخص ناسازگاری تصادفی   |
| ۵۸ | جدول ۴-۲ - کاربردهای مختلف روش شباهت به گزینه ایده‌آل                                |
| ۶۶ | جدول ۱-۳ - مقایسه محل‌های احتمالی احداث کارخانه آلومینا - سیمان از نظر حمل و نقل     |
| ۶۸ | جدول ۲-۳ - فواصل چاه‌های آب، پست برق و خط سراسری گاز تا هر یک از محل‌های احتمالی     |
| ۷۰ | جدول ۳-۳ - امتیاز مربوط به هر یک از محل‌ها   |
| ۷۱ | جدول ۴-۳ - مقادیر $\lambda_{max}$ ، شاخص ناسازگاری، ناسازگاری تصادفی و نرخ ناسازگاری |
| ۷۱ | جدول ۵-۳ - ماتریس تصمیم  |
| ۷۲ | جدول ۶-۳ - ماتریس تصمیم بی‌مقیاس   |
| ۷۲ | جدول ۷-۳ - فاصله از حل ایده‌آل و فاصله از حل ضد ایده‌آل و شاخص شباهت                 |
| ۷۴ | جدول ۸-۳ - مجموعه معیارهای موافق و مخالف   |
| ۷۵ | جدول ۹-۳ - تعداد دفعات تسلیم و مغلوب شدن هر یک از گزینه‌ها                           |
| ۷۷ | جدول ۱۰-۳ - پرسش‌نامه طراحی شده برای شناسایی معیارهای مهم                            |
| ۷۸ | جدول ۱۱-۳ - معیارهای کلیدی در انتخاب روش استخراج                                     |
| ۸۰ | جدول ۱۲-۳ - طبقه‌بندی کمی و کیفی   |
| ۸۰ | جدول ۱۳-۳ - ماتریس تصمیم   |
| ۸۰ | جدول ۱۴-۳ - ماتریس تصمیم بدون مقیاس  |
| ۸۱ | جدول ۱۵-۳ - ماتریس تصمیم وزن دار   |
| ۸۱ | جدول ۱۶-۳ - فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل و شاخص شباهت                            |



## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- تقسیم‌بندی کلی مسائل چندمعیاره ۱۹
- شکل ۱-۲- ساختمان سلسله مراتبی ۲۶
- شکل ۲-۲- ساختمان سلسله مراتبی با وجود زیر معیارها ۲۶
- شکل ۳-۲- ویژگی‌های فرآیند AHP ۲۸
- شکل ۴-۲- فازهای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ۳۰
- شکل ۵-۲- سلسله مراتب انتخاب مناسب‌ترین روش استخراج برای کانسار مس ۳۱
- شکل ۶-۲- انتخاب محل احداث کارخانه ۳۲
- شکل ۷-۲- انتخاب یک عضو هیات علمی ۳۲
- شکل ۸-۲- انتخاب یک منزل مسکونی ۳۳
- شکل ۱-۳- محل‌های احتمالی برای احداث کارخانه ۶۵
- شکل ۲-۳- نمودار سلسله مراتبی مساله انتخاب محل احداث کارخانه آلومینا سیمان ۶۸
- شکل ۳-۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر حمل و نقل ۶۹
- شکل ۴-۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر تامین آب ۶۹
- شکل ۵-۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر تامین برق ۶۹
- شکل ۶-۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر تامین سوخت ۶۹
- شکل ۷-۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر زمین ۷۰
- شکل ۸-۳- ماتریس مقایسه زوجی معیارها ۷۰
- شکل ۹-۳- ساختار سلسله مراتبی مربوط به انتخاب روش استخراج ۷۹
- شکل ۱-۴- صفحه اصلی نرم افزار ۸۳
- شکل ۲-۴- طریقه وارد کردن داده‌های مسئله به دو صورت دستی و فایل ۸۲
- شکل ۳-۴- انتخاب روش AHP و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه‌ها ۸۴
- شکل ۴-۴- طریقه وارد کردن معیارهای مسئله ۸۵
- شکل ۵-۴- طریقه وارد کردن گزینه‌های مسئله ۸۶
- شکل ۶-۴- طریقه وارد کردن داده‌های مربوط به ماتریس مقایسه زوجی ۸۶
- شکل ۷-۴- طریقه وارد کردن داده‌های مربوط به ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها با توجه به معیار آب ۸۷

- شکل ۸-۴-۸- طریقه ذخیره فایل خروجی نرم افزار ۸۸
- شکل ۹-۴-۹- شکل ۹-۴-۹- فایل خروجی نرم افزار با روش AHP ۸۹
- شکل ۱۰-۴-۱۰- شکل ۱۰-۴-۱۰- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار ۸۹
- شکل ۱۱-۴-۱۱- انتخاب روش الکترو و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه ها ۹۰
- شکل ۱۲-۴-۱۲- طریقه وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها ۹۱
- شکل ۱۳-۴-۱۳- طریقه وارد کردن نام گزینه ها ۹۲
- شکل ۱۴-۴-۱۴- طریقه وارد کردن داده های مربوط به ماتریس تصمیم برای انتخاب محل مناسب ۹۳
- شکل ۱۵-۴-۱۵- طریقه وارد کردن مسیر ذخیره فایل ۹۳
- شکل ۱۶-۴-۱۶- شکل ۱۶-۴-۱۶- فایل خروجی نرم افزار با روش الکترو ۹۴
- شکل ۱۷-۴-۱۷- انتخاب روش شباهت به گزینه ایده آل و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه ها ۹۵
- شکل ۱۸-۴-۱۸- فایل خروجی نرم افزار با روش شباهت به گزینه ایده آل ۹۶
- شکل ۱۹-۴-۱۹- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار ۹۶
- شکل ۲۰-۴-۲۰- انتخاب روش TOPSIS و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه ها ۹۷
- شکل ۲۱-۴-۲۱- طریقه وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها ۹۹
- شکل ۲۲-۴-۲۲- طریقه وارد کردن نام گزینه ها ۱۰۰
- شکل ۲۳-۴-۲۳- طریقه وارد کردن تعدادی از داده های مربوط به ماتریس تصمیم ۱۰۰
- شکل ۲۴-۴-۲۴- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش شباهت به گزینه ایده آل ۱۰۱
- شکل ۲۵-۴-۲۵- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار ۱۰۴
- شکل ۲۶-۴-۲۶- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش الکترو ۱۰۵
- شکل ۲۷-۴-۲۷- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار ۱۰۶
- شکل ۲۸-۴-۲۸- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش تحلیل سلسله مراتبی ۱۰۶
- شکل ۲۹-۴-۲۹- آنالیز نرخ ناسازگاری ماتریس تصمیم گیری با استفاده از آیکون inconsistency Analysis ۱۰۹
- شکل ۳۰-۴-۳۰- پنجره آنالیز نرخ ناسازگاری بعد از کلیک بر روی آیکون inconsistency Analysis ۱۰۹
- شکل ۳۱-۴-۳۱- پنجره خروجی بخش آنالیز نرخ ناسازگاری ۱۱۰

# فصل اول

## مبانی تصمیم‌گیری‌های چند معیاره

### ۱- مقدمه

انسان در مسیر زندگی خود با انواع مشکلات مواجه می‌شود که ناگزیر می‌شود تصمیمی اتخاذ کند. می‌توان گفت که تمام اقدامات و فعالیت‌هایی که در زمینه‌های مختلف توسط افراد انجام می‌شود، حاصل فرآیند تصمیم‌گیری است. تصمیم‌گیری از تصمیم‌گیری‌های جزئی در امور کوچک گرفته تا تصمیم‌گیری‌های بسیار بزرگ و پراهمیت، نقش گسترده‌ای در زندگی آدمی دارد. برخی از تصمیم‌ها چنان به راحتی صورت می‌گیرند که شاید چندان توجهی به آن‌ها نشود، اما در مقابل مسائلی نیز در زندگی وجود دارند که اقدام به تصمیم‌گیری در مورد آن‌ها شاید مدت زمان طولانی وقت لازم داشته باشد. هرچه مسئولیت و اختیارات انسان بیشتر باشد، تصمیم‌گیری اهمیت بیشتری خواهد داشت. در هر حال اهمیت این تصمیم‌گیری‌ها به لحاظ اهمیتی که اکثر آن‌ها در سرنوشت فرد دارند، بسیار زیاد است و چه بسا تعلق در شناخت راه‌های تصمیم‌گیری بهتر، عواقب جبران‌ناپذیری را برای فرد به بار آورد. تصمیم‌گیرنده به مثابه فردی است که در تقاطع راه‌ها، در لحظه انتخاب، آماده است که در یکی از مسیرها پا گذارد. گزینه‌های تصمیم‌گیری، فضای تصمیم را به وجود می‌آورند. تعیین بهترین شیوه استفاده و بهره‌برداری از منابع و امکانات موجود و در دسترس،

مناسب‌ترین شیوه عمل برای آینده، تشخیص مناسب‌ترین گزینه‌ای که می‌تواند و باید باشد و یافتن پاسخی برای چه اقدامی باید انجام داد؟ اساسی‌ترین مسایل و اموری هستند که همه روزه با آن‌ها مواجه‌ایم و باید قادر به ارائه جوابی مناسب برای آن‌ها بود.

## ۱-۱- تصمیم‌گیری چیست؟

هربرت سایمون محقق است که در رابطه با مفهوم و مکانیسم تصمیم‌گیری مطالعات زیادی به عمل آورده است. از نظر او مدیریت و تصمیم‌گیری دو واژه هم معنی و مترادف می‌باشند. علاوه بر سایمون، گروه دیگری از صاحب‌نظران نیز مدیریت و تصمیم‌گیری را یکی و هم معنی تعریف کرده و مدیریت را چیزی جز تصمیم‌گیری ندانسته‌اند و معتقدند که کانون اصلی مدیریت را تصمیم‌گیری تشکیل می‌دهد و انجام وظائفی چون برنامه‌ریزی، سازماندهی، و یا کنترل در واقع کاری جز تصمیم‌گیری در باره نحوه و چگونگی انجام این فعالیت‌ها نیست. تصمیم‌گیری جوهر اصلی مدیریت است و عمل تصمیم‌گیری در واقع دشوارترین و در بعضی مواقع خطرناک‌ترین کار هر مدیر می‌تواند تلقی شود و در صورت تصمیم‌گیری نادرست ممکن است صدمات جبران‌ناپذیری را بر پیکره سازمان و بنگاه خود وارد آورد به عبارت دیگر توانایی اتخاذ تصمیمات اثربخش، مؤید تفاوت میان کارآیی و عدم کارآیی سازمان‌ها است.

تصمیم‌گیری یک فرآیند ذهنی است که طی آن فرد مساله و مشکل مورد نظر را برای خود مشخص و نتایج دلخواه را نیز مجسم می‌کند، آن‌گاه به یافتن راه‌هایی می‌اندیشد که طی آن‌ها موجب تغییر وضعیت موجود در راستای حصول هدف‌ها و مقاصد مورد نظر می‌شود. برای این منظور فرد تصمیم‌گیرنده با بهره‌گیری از اطلاعات ذهنی و تحصیل اطلاعات مرتبط از محیط و در پرتو فرهنگ، درک، اعتقادات و ارزش‌ها، نگرش‌ها، شخصیت و دانش و بینش خود راه‌های مختلف حصول به نتیجه را مشخص و احتمال هر یک از راه‌های ممکن را در دست‌یابی به هدف برآورد کرده و در نهایت با مقایسه ارزیابی‌ها، اقدام به اخذ تصمیم و یا به عبارتی روش برتر را انتخاب می‌کند.

عمل تصمیم‌گیری در اداره امور سازمان‌ها به قدری مهم است که عده‌ای سازمان را شبکه تصمیم و مدیریت را عمل تصمیم‌گیری تعریف کرده‌اند. در دنیای امروز اداره امور سازمانی نمی‌تواند صرفاً بر نبوغ و قضاوت شخصی افراد متکی باشد، بلکه تصمیمات بایستی حتی‌الامکان بر پایه بررسی‌های علمی، آمار و اطلاعات

دقیق و به موقع و بر طبق اصول و روش‌های خاصی صورت پذیرد. امروزه پیچیدگی سازمان‌ها، هزینه‌های بالای عملیات و وسعت تشکیلات سازمانی، لزوم شیوه‌های تصمیم‌گیری مناسب و اخذ تصمیمات مستدل را برای مدیران روشن می‌سازد. آن چه مدیران بیش از هر چیز به آن نیازمندند، ابزاری راحت، مطمئن و علمی برای یاری آنان در انجام تصمیمات است که پیوسته و یا گه‌گاه با آن مواجه می‌شوند. تکنیک‌های تصمیم‌گیری و استفاده از فنون این رشته از علم، یکی از گزینه‌هایی است که می‌تواند نقش و تأثیر به‌سزایی را در این راستا ایفا کند.

نیازمندی و وابستگی برنامه‌ریزی و روش‌های آن به تصمیم‌گیری و اتخاذ تصمیمات بهینه در هر مرحله آن چنان است که تصمیم‌گیری جزئی غیر قابل تفکیک و بسیار اساسی در هر برنامه‌ای به شمار می‌رود، به گونه‌ای که مشکل بتوان برنامه‌ریزی را بدون تصمیم‌گیری تصور کرد. تصمیم‌گیری و انتخاب بهینه در یک برنامه‌ریزی مهم‌ترین و بیشترین نقش نرم‌افزاری را بر عهده دارد و امروزه نقش تصمیم‌ها در توسعه‌یافتگی کمتر از نقش منابع نیست. لکن در بسیاری از موارد اتخاذ تصمیم کار آسانی نیست، به خصوص در مواردی که با مجموعه قابل توجهی از معیارها سر و کار داشته و به اولویت‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس اهمیت نسبی‌شان نیاز داشته باشیم.

برای نیل به هدف، تصمیم‌گیری لازم است و تصمیم‌گیر می‌باید از میان استراتژی‌های موجود یکی را انتخاب کند و به کارگیرد. کیفیت و ماهیت این استراتژی، ماهیت عوامل محیطی خارج از کنترل سازمان و قدرت رقبا و ماهیت و شدت رقابت آن‌ها با سازمان از جمله عواملی است که موفقیت و یا عدم موفقیت تصمیم‌گیرنده در نیل به هدف بستگی به آن دارد.

تصمیم‌گیری تحت تأثیر عوامل زیر است:

- ۱- عوامل عقلایی: منظور، عوامل قابل اندازه‌گیری از قبیل هزینه، زمان، پیش‌بینی‌ها و غیره می‌باشد. یک تمایل عمومی وجود دارد که بیشتر بدین عوامل پرداخته و عوامل غیر کمی را از یاد ببریم (Bhargava, 1993).
- ۲- عوامل روان‌شناختی: مشارکت انسان در پدیده تصمیم‌گیری روشن است. عواملی از قبیل شخصیت تصمیم‌گیر، توانایی‌های او، تجربیات، درک، ارزش‌ها، آمال و نقش او از جمله عوامل مهم در تصمیم‌گیری می‌باشند.

۳- عوامل اجتماعی: موافقت دیگران به خصوص کسانی که تصمیم به نوعی بر آنها تاثیر می‌گذارد، از مسائل مهم تصمیم‌گیری است. توجه به این عوامل از مقاومت دیگران در برابر تصمیم می‌کاهد.

۴- عوامل فرهنگی: محیط دارای لایه‌های فرهنگی متعددی است که به نام فرهنگ منطقه، فرهنگ کشور و فرهنگ جهانی خوانده می‌شود. همچنین فرهنگ خود سازمان نیز باید مد نظر قرارگیرد. این فرهنگ‌ها بر تصمیم فردی و یا سازمانی ما در قالب هنجارهای مورد قبول جامعه، رویه‌ها و ارزش‌ها تاثیر می‌گذارند (Murduck, 1990).

پنج گام در تحلیل تصمیم‌گیری وجود دارد که به ترتیب عبارتند از (Render, et al, 1992):

۱- شناسایی و تعریف مسئله

۲- جستجو برای یافتن راه حل‌های احتمالی

۳- بررسی کردن عواقب ناشی از هر راه حل

۴- انتخاب یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری

۵- به کار بردن یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری و اتخاذ تصمیم.

برخی دیگر از دانشمندان مرحله ششمی را نیز به این گام‌ها اضافه کرده‌اند که پی‌گیری بازخورهای ناشی از نتایج تصمیم می‌باشد.

## ۱-۲- معیارهای تصمیم‌گیری

به ملاک‌های متضمن هدف و سازنده آن که تصمیم‌گیرنده به منظور افزایش مطلوبیت و رضایت خود مد نظر قرار می‌دهد، معیار<sup>۱</sup> گفته می‌شود. معیارها در واقع سنگ محک هدف یا وسیله اندازه‌گیری آن می‌باشند. به عبارت دیگر معیارها، استانداردها و قوانینی هستند که برای قضاوت مورد استفاده قرار گرفته و میزان اثر بخشی<sup>۲</sup> را در تصمیم‌گیری بیان می‌کنند. هر اندازه معیارها بیشتر اجزاء هدف را پوشش دهند و بیشتر بیان‌کننده هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه دقیق‌تر افزایش خواهد یافت.

معیارها ممکن است کمی باشند و بتوان آن‌ها را در قالب اعداد و ارقام بیان کرد. در این صورت روش‌های متنوع ریاضی برای حل آن‌ها وجود دارد. ولی اگر معیارها کیفی باشند، دیگر به سادگی نمی‌توان از روش‌های

---

۱ - Criterion

۲- Effectiveness

ریاضی و کمی استفاده کرد و روش خاص خود را می‌طلبد. در این حالت‌ها اندازه‌گیری معیارهای کیفی نیاز به یک استاندارد دارد.

در بسیاری از مسائل مشاهده می‌شود که معیارهای تصمیم‌گیری، هم کمی و هم کیفی هستند که در بعضی موارد نیز هم واحد نیستند، لذا در برخورد با این مسائل می‌بایست به دنبال گزینه‌ای بود که بیشترین مزیت را برای معیارها داشته باشد.

### ۱-۳- لزوم استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۳</sup>

انسان حتی در کوچکترین تصمیم شخصی، بین نیازها و اهدافش تعادلی برقرار می‌کند و این او را به استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره به عنوان راه حل نیازمند می‌کند. به طور مثال ممکن است ما بزرگ‌ترین سیب از یک سبد (اندازه)، شغلی با بیشترین حقوق (مبلغ به ریال) و یا کوتاه‌ترین مسیر به منزل (فاصله) را انتخاب کنیم. ولی آیا اطمینان داریم که این سیب خوشمزه‌ترین، تازه‌ترین و آبدارترین سیب است و آیا اصولاً قادر خواهیم بود تمام این سیب را بخوریم؟ در انتخاب شغل با بیشترین حقوق آیا امکانات رفاهی دیگر نظیر مسکن، بیمه و ... نیز در نظر گرفته شده است؟ آیا محیط شغلی مطابق میل است و یا آینده روشنی دارد؟ مسیر کوتاه انتخاب شده آیا ارزان‌ترین و بی‌خطرترین مسیر است؟

مسائل تجاری سنتی اغلب با یک هدف و آن هم بیشینه کردن سود تبیین می‌شدند اما امروزه در تجارت این شاخص نمی‌تواند راهگشای خوبی برای پیشرفت باشد. اهداف چندگانه و متضاد به عنوان مثال کمینه کردن هزینه و بیشینه کردن کیفیت خدمات، هنر حقیقی تصمیم‌گیرندگان امروزی است. این گونه مسائل خیلی پیچیده‌تر از مسائل گذشته و سنتی هستند. ما همیشه اهداف مورد نظرمان را با شاخص‌های متعدد مقایسه کرده و یا آن‌ها را رتبه‌بندی می‌کنیم. این گونه مسائل در چند دهه اخیر به طور چشم‌گیری مورد توجه قرار گرفته‌اند.

پیچیدگی‌های محیط برنامه‌ریزی، کثرت اطلاعات و مشکلات عدیده‌ای که در جهان کنونی با آن مواجه است، منطق تک بعدی نگرانی را بر نمی‌تابد. بسیار مشکل است که از یک زاویه تک بعدی پدیده‌های اطراف خود را ببینیم و با یک شاخص به قضاوت پردازیم. پیچیدگی ذاتی بسیاری از محیط‌های تصمیم‌گیری در جهان

---

۱ - Multi Criteria Decision Making (MCDM)

امروز، لزوم جامع نگری در تصمیم‌گیری‌ها و بهره‌گیری از افراد مختلف با مشاغل، تخصص‌ها، تجربیات، سوابق و دیدگاه‌های علمی گوناگون، همراه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری‌های گروهی<sup>۴</sup> و چند معیاره را بیش از پیش ضروری کرده است.

در بعضی از مسائل، معیارها ممکن است با یکدیگر متضاد باشند، یعنی افزایش یک عامل یا معیار موجب کاهش عامل دیگر شود. تبدیل معیارها (اعم از کیفی و کمی) به یکدیگر نیز مشکلات خاص خود را دارد. در این گونه مسائل معمولاً باید به دنبال گزینه‌ای بود که بیشترین مزیت را برای تمامی معیارها ارائه می‌کند. با توجه به مشکلات مربوط به فرآیند تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه می‌توان گفت که در این حالت تصمیم‌گیری ساده نبوده و به علت عدم وجود استاندارد از سرعت و دقت تصمیم‌گیری به مقدار زیادی کاسته شده و باعث می‌شود که فرآیند تصمیم‌گیری به مقدار زیادی به فرد تصمیم‌گیرنده وابسته باشد. برای رفع این مشکل و یا حداقل کردن آثار جانبی آن روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه طراحی شده اند. فورمن معتقد است هر سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- ۱- امکان فرموله کردن مساله و تجدید نظر کردن
- ۲- در نظر گرفتن گزینه‌های مختلف
- ۳- در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارهای مختلف
- ۴- امکان به کارگیری شاخص‌های کیفی و کمی در فرآیند تصمیم‌گیری
- ۵- منظور کردن نظرات افراد مختلف در مورد گزینه‌ها و شاخص‌ها
- ۶- امکان تلفیق قضاوت‌ها برای محاسبه نرخ نهایی
- ۷- وجود یک مبنای تئوری قوی

## ۱-۴- کاربردهای مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره

مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره در تمامی زمینه‌های مدیریت از جمله مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک، برنامه‌ریزی صنعتی، برنامه‌ریزی کشاورزی<sup>۵</sup>، مدیریت و برنامه‌ریزی منابع طبیعی، مدیریت جنگل‌ها<sup>۶</sup>، شیلات،

---

۱ - Group Decision Making

۱ - Agriculture planning

۲- Forest planning



برنامه‌ریزی تولید<sup>۷</sup>، طراحی‌های مهندسی، مکان‌یابی<sup>۸</sup>، حمل و نقل (برنامه‌ریزی بزرگراه‌ها و طراحی متروها)، مخابرات، برنامه‌ریزی شهری، تعیین شاخص‌های اقتصادی، صادرات و واردات، حسابداری<sup>۹</sup>، بودجه‌ریزی، بانکداری، سرمایه‌گذاری، مدیریت نیروی انسانی<sup>۱۰</sup> (ارزیابی کار و انتخاب افراد)، مدیریت زنجیره تامین<sup>۱۱</sup>، علوم نظامی، جنگ، کنترل پروژه، شبکه‌های کامپیوتری و ... به کار گرفته شده است. انتخاب یک طرح سرمایه‌گذاری از میان چندین طرح مختلف، رتبه‌بندی پیمان‌کاران و تامین‌کنندگان، انتخاب بهترین تامین‌کننده یا پیمان‌کار برای انجام یک فعالیت مشخص، مقایسه‌ی استراتژی‌های مختلف پیشروی سازمان و انتخاب بهترین استراتژی، ارزیابی و رتبه‌بندی کارکنان، انتخاب یک مکان از میان چندین مکان برای انجام یک سرمایه‌گذاری و بسیاری موارد دیگر، همگی از جمله مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره هستند. در جدول ۱-۱ به تعدادی از کاربردهای مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره به همراه معیارهای تصمیم‌گیری اشاره شده است (عطایی، جزوه درسی).

#### ۱-۴-۱- مکان‌یابی کارخانه

تعیین محل کارخانه یکی از موضوع‌های بسیار مهم در احداث واحدهای صنعتی است که باید قبل از احداث و راه‌اندازی به آن توجه شود. این موضوع برای صنایع بزرگ و مادر از ابعاد گوناگون قابل بررسی است و از حساسیت بیشتری برخوردار است.

مکان‌یابی کارخانه در سطوح استراتژیک تصمیم‌گیری بوده و نتایج این تصمیم در دراز مدت اثرات به‌سزایی از بعد اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و فنی خواهد داشت. مکان مناسب نقش مهمی در رقابت‌پذیری یک شرکت در بازار داشته و باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که باعث دست‌یابی به مزایای رقابتی و استراتژیک در مقایسه با سایر رقبا شود. مکان‌یابی کارخانه می‌تواند به صورت بدنه بزرگی از دانش، مدل‌های متنوع، تکنیک‌های حل مختلف در زمینه‌های مختلفی از جمله مهندسی صنایع، تحقیق در عملیات، اقتصاد شهری و

---

۳ - Production scheduling and planning

۴ - Site selection

- Accounting<sup>۵</sup>

۶ - Human resources management

۷ - Supply chain management

علوم سیاسی دیده شود. در مسائل مکان‌یابی فاکتورهای مختلفی باید مورد مطالعه قرار گیرند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- دسترسی به مواد اولیه
- برآورد بازار صادرات و مصرف داخلی
- نیروی کار در دسترس

جدول ۱-۱ - نمونه‌هایی از مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره (عطایی، ۱۳۸۲)

| معیارها   | مسئله                                  |
|---|--|
| دسترسی به مواد اولیه، برآورد بازار صادرات و مصرف داخلی، نیروی کار در دسترس، هزینه حمل و نقل، انرژی مصرفی، مالیات و قوانین و مقررات، آموزش، آب و هوا، شرایط منطقه‌ای، جغرافیایی، مسائل زیست محیطی، محدودیت‌های همچون بودجه و الزامات کارفرما و ... | انتخاب محل بهینه استقرار واحدهای صنعتی |
| هویت شغل، میزان حقوق، شخصیت فرد، محل کار، شرایط کاری، شان اجتماعی و ...   | انتخاب شغل                             |
| حداکثر کردن درآمد، حداقل کردن هزینه، کاهش ضایعات، افزایش رضایت کارکنان و ...  | برنامه‌ریزی تولید                      |
| قیمت منزل، فاصله آن از محل کار، سکوت و آرامش محله و ...   | انتخاب محل سکونت                       |
| امنیت، آموزش، توسعه صنعتی، بهداشت و ...   | تنظیم بودجه سالانه کشور                |
| میزان درآمد سازمان طی یک دوره، قیمت سهام سازمان، سهم بازاری، تصویر سازمان در جامعه (سر قفلی) و ...  | انتخاب استراتژی سازمان                 |
| حداقل کردن زمان سفر، حداقل کردن تاخیرات، حداقل کردن هزینه حمل و نقل و ...   | طراحی سیستم حمل و نقل                  |
| سرعت، دقت، قابلیت اطمینان، میزان آسیب رسانی و ...   | انتخاب سیستم مناسب پرتاب موشک          |
| قیمت تمام شده، مصرف، امنیت، سازگاری با فرهنگ ترافیکی و امکانات تولید در کشور  | انتخاب خودرو مناسب                     |
| هزینه، احتمال کمبود آب، انرژی (میزان استفاده مجدد از آن)، استفاده از جنگل و زمین، کیفیت آب، حفاظت از مواد غذایی و ...   | توسعه منابع آب                         |

- هزینه حمل و نقل (دریایی، زمینی، راه آهن و هوایی)
- انرژی مصرفی
- مالیات و قوانین و مقررات
- آموزش (امکان دسترسی و ارتقاء علمی نیروی کار)
- امکان توسعه (بهبود و ارتقاء تولید صنعت)
- آب و هوا (دمای هوا، رطوبت هوا، میزان بارندگی، تعداد روزهای طوفانی در سال و ...)
- وجود فرودگاه و راه آهن

- امکانات بهداشتی، تفریحی و رفاهی
- شرایط منطقه‌ای و جغرافیایی
- مسائل زیست محیطی
- محدودیت‌هایی همچون بودجه و الزامات کارفرما
- میزان مزایا و تسهیلات منطقه‌ای و محلی
- میزان استحکام زمین
- میزان تسطیح زمین
- وضعیت لرزه‌خیزی
- روان‌گرایی زمین
- و ...

لذا با توجه به ماهیت مسائل مکان‌یابی باید از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرد.

#### ۱-۴-۲- انتخاب تامین‌کننده

فعالیت خرید به عنوان یک قابلیت رقابتی یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های زنجیره تامین است. امروزه همزمان با افزایش روش‌های مختلف خرید، تصمیم‌گیری و انتخاب تامین‌کنندگان مناسب برای خرید نیز مهم‌تر و در نتیجه مشکل‌تر شده است. هر چه وابستگی سازمان‌ها به تامین‌کنندگان بیشتر شود، نتایج مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری نادرست و غلط نیز زیان‌بارتر می‌شود. جهانی شدن تجارت و گسترش روز افزون اینترنت، روش‌ها و حالت‌های مختلف انتخاب تامین‌کننده را بیشتر کرده است. کسب رضایت مشتری، تامین نیازها و اولویت‌های مشتری مستلزم انتخاب سریع و مناسب تامین‌کنندگان است. تامین‌کنندگان در کیفیت محصول نهایی و در نهایت رضایت مشتری، نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. ساختارهای جدید سازمانی موجب شده است که برای انتخاب تامین‌کنندگان، افراد بیشتری در تصمیم‌گیری دخیل باشند و لذا اهمیت و جایگاه تصمیم‌گیری افزایش یافته است.

در انتخاب یک تامین‌کننده برای انجام یک مناقصه، معیارهای تصمیم‌گیری مختلفی باید مورد مطالعه قرار گیرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

قدرت و توانایی مالی: قدرت و توانایی مالی شاخص بسیار خوبی است که کمک می‌کند تا تامین‌کننده، استانداردهای مورد نظر را تامین کند و خریدار را به آن چه می‌خواهد برساند.

امکانات و ساختارهای مدیریتی: دانستن نگرش و ساختار مدیریتی قوی برای یکپارچگی در زنجیره تامین و ایجاد روابط استراتژیک بسیار مهم است. لذا باید از توانایی مدیریتی تامین‌کننده در تامین نیاز خریدار اطمینان داشت. سطح کیفیت، هزینه و یا خدمات تامین‌کننده مستقیماً متاثر از جنبه‌های مدیریتی کارهاست.

خصوصیات فنی: محصولات و خدمات با کیفیت بالا، پیشبرد درست و کامل طرح‌ها، توسعه و بهبود طرح‌های موجود و امید به آینده بهتر، همه و همه مشروط بر این است که تامین‌کنندگان سازمان، از توانایی و خصوصیات فنی کامل برخوردار باشند. مشخصه فنی یک سازمان می‌تواند عامل ورود آن سازمان به بازارهای جهانی باشد.

توانایی پشتیبانی: به منظور پشتیبانی در بهبود محصول یا خدمات تولیدی و تحویل به موقع، باید مطمئن شد که تامین‌کنندگان دارای منابع و توانایی کافی باشند. معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان باید به امکانات، سیستم‌های اطلاعاتی، آموزش و تربیت نیروی انسانی معطوف باشد. این موارد باید بسته به نوع کار تا پس از مدت معینی از تامین کالا یا خدمات از سوی تامین‌کننده تضمین شود.

سیستم‌ها و فرآیندهای کیفی: محصولات و خدمات با کیفیت بالا و تحویل به موقع، مستلزم فرآیندهای تضمین کیفیت تامین‌کنندگان است. بدین منظور می‌توان معیارهای انتخاب مفیدی مانند فرآیندها و چگونگی تضمین کیفیت، چگونگی روبرویی با مشکلات، دستورالعمل‌های کیفی، استانداردهای ایزو و یا سیستم‌های پاسخ‌گویی را در نظر گرفت.

از طرف دیگر شرکت‌های مختلفی کاندیدای انجام فعالیت موضوع مناقصه می‌شوند (در اصطلاح تصمیم‌گیری این شرکت‌ها را گزینه‌های تصمیم‌گیری می‌گوییم). موضوع حایز اهمیت دیگر در ارزیابی تامین‌کنندگان، وابسته بودن قضاوت فرد تصمیم‌گیرنده به تجربه می‌باشد، که با افزایش تعداد تامین‌کنندگان یکنواختی قضاوت در تصمیم‌گیری کمتر شده و احتمال بروز خطا افزایش می‌یابد.

هر یک از تامین‌کنندگان شرکت‌کننده در برخی معیارهای تصمیم‌گیری قوی و در برخی دیگر ضعیف‌تر از سایر معیارها هستند. در این میان وظیفه‌ی مدیریت انتخاب تامین‌کننده است که بتواند به بهترین شکل و با

توجه به همه‌ی این معیارها، فعالیت مورد نظر سازمان را انجام دهد. لذا باید پس از شناسایی معیارهای انتخاب تامین کننده مناسب و اهمیت هر یک از معیارها، با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بهترین تامین کننده را انتخاب کرد.

### ۱-۴-۳- انتخاب شغل

کار کردن و داشتن شغل از ضروریات فردی و اجتماعی است. هر انسانی سرانجام باید عهده‌دار شغلی شود و بدین وسیله به اداره زندگی خویش بپردازد و به جامعه خدمت کند. در واقع یکی از تصمیم‌گیری‌های اساسی و سرنوشت‌ساز برای هر فرد، انتخاب شغل می‌باشد. در گذشته که تنوع مشاغل تا به حد امروزی نبوده است، اغلب انتخاب شغل برای فرزندان به صورت موروثی انجام می‌گرفته است. به عبارتی فرزندان همان شغل پدر را انتخاب کرده و آنرا ادامه می‌دادند. امروزه بنا به دلایل مختلفی کمتر از گذشته این اتفاق می‌افتد و اغلب جوانان در شرایطی قرار می‌گیرند که ناچار به انتخاب شرایط شغلی هستند. در موارد زیادی عواملی خاص یک موقعیت شغلی را بر فرد تحمیل می‌کند. با این حال پایه‌های انتخاب شغل و مراحل لازم برای رسیدن به شغل مورد نظر اغلب در سنین پایین‌تر گذاشته می‌شود. افراد با در نظر داشتن عوامل موثر در پایه‌ریزی این مراحل و عوامل دیگر مسیر شغلی خود را هدایت می‌کنند. در انتخاب شغل مناسب باید عوامل مختلفی از جمله استعداد، علاقه، فرصت‌های شغلی، عوامل اقتصادی و جایگاه اجتماعی مورد مطالعه قرار گیرند.

استعداد: استعداد عامل مهمی در موفقیت یا عدم موفقیت افراد در مشاغل و رشته‌های انتخابی‌شان است. بدون داشتن استعداد لازم در یک زمینه یا پیشرفتی حاصل نخواهد شد یا روند آن بسیار کند خواهد بود. بر این اساس آگاهی از میزان و نوع استعداد افراد، کمک شایان توجهی به آن‌ها خواهد کرد تا پیش‌بینی خوبی از آینده انتخاب خود داشته باشند. امروزه برای این منظور آزمون‌های استعدادسنجی وجود دارد که می‌توانند به فرد کمک کنند استعدادهای واقعی خود را شناسایی کنند. برخی اوقات دیده می‌شود که استعداد افراد و شناخت‌های آن‌ها در مورد استعدادهای خود تحت تاثیر احساسات و علائق آن‌ها قرار می‌گیرد. فردی که به زمینه موسیقی علاقه‌مندی شدیدی دارد، ممکن است این علاقه را به حساب استعداد خود در زمینه موسیقی قلمداد کند. شناخت استعدادهای از ملزومات اساسی انتخاب شغل است.

علاقه: تمایل انسان در بسیاری از امور زندگی انسان سایه‌گستر است. چه در مورد کارهای روزمره و چه در مورد شغل و سایر فعالیت‌ها، افراد دوست ندارند به کارها و اموری بپردازند که علاقه و گرایشی به آن‌ها ندارند. در واقع علاقه و گرایش در انسان فعال‌کننده سیستم انگیزش فرد به شمار می‌رود. انسان بدون علاقه به یک زمینه انگیزشی برای انجام فعالیت و در آن زمینه نخواهد داشت.

ادیسون در خاطراتش نوشته: "هرگز در زندگی‌ام یک روز هم کار نکردم. آنچه انجام دادم سرگرمی بوده است". این یک واقعیت است که انسان به هر کاری علاقه و دلبستگی داشته باشد، موفق خواهد شد. ولی اغلب این اصل نادیده گرفته می‌شود و علایق فرد در کارها و فعالیت‌های دیگران جست‌وجو می‌شود. افراد اغلب از دیدن آدم‌های موفق خرسند می‌شوند ولی هیچ‌گاه درصدد آن نیستند که توانایی‌های خود را کشف کنند.

ممکن است برخی افراد تصور کنند زمانی که شروع به فعالیت کردند کم‌کم احساس علاقه و تمایل نیز در آن‌ها به وجود خواهد آمد اما در واقع چنین مسأله‌ای قابل پیش‌بینی است. فقدان علاقه اولیه ممکن است افزایش ناراضی از فعالیت مورد نظر و ناراحتی‌های جانبی آن را موجب شود.

فرصت‌های شغلی: تمامی رشته‌های شغلی از فرصت‌های برابری برخوردار نیستند. به طور کلی فرصت شغلی برای کلیه مشاغل پائین است اما تفاوت‌هایی بین مشاغل مختلف از این لحاظ وجود دارد. آشنایی با فرصت‌های شغلی انتخابی، عامل مهمی است که باید مدنظر قرار گیرد. کسی که در زمینه خاصی مهارت می‌بیند و پایه‌ها و مراحل رسیدن به آن شغل را طرح‌ریزی و طی می‌کند، می‌بایست مسأله فرصت‌های شغلی را نیز در نظر بگیرد تا از اتلاف وقت و نیروی خود جلوگیری کند.

عوامل اقتصادی: میزان بازده و کارایی یک شغل حائز اهمیت فراوانی است و در واقع هدف عمده انتخاب شغل دستیابی به درآمد حاصل از آن است. بالا بردن بازده و کارایی اقتصادی برخی مشاغل توجه افراد را به خود جلب می‌کند و موجب گرایش افراد به آن زمینه‌ها می‌شود.

جایگاه اجتماعی: تقریباً تمام افراد تمایل دارند شغلی داشته باشند که از جایگاه اجتماعی خوبی برخوردار باشند. هر چند در عمل بنا به تاثیر عوامل متعدد دیگر ممکن است این تمایل به واقعیت نرسد. اما افرادی که این مسأله اولویت بیشتری برای آن‌ها دارد منتظر چنین موقعیت‌هایی بوده و با توجه به شرایط فردی خود تلاش می‌کنند چنین شرایطی را برای خود مهیا کنند. توجه و تاکید زیاد به آن عامل، گاه مشکل بیکاری را برای

افراد افزایش می‌دهد. هر چند وقت یک بار رشته‌ها و مشاغلی در جایگاه اجتماعی بالاتری قرار می‌گیرند و موجب جاری شدن خیلی زیادی از افراد به سمت این رشته و مشاغل می‌شوند.

### ۱-۴-۴- انتخاب محل سکونت

انتخاب محل سکونت یکی از مهم‌ترین تصمیماتی است که برای زندگی در محیطی تازه ذهن افراد را مشغول می‌کند. چه بخواهیم ملکی را بخریم و چه قصد اجاره کوتاه مدت داشته باشیم، چه در صرف هزینه محدودیت داشته باشیم و چه از نظر مالی آزادی عمل داشته باشیم، می‌بایست به نکات کلیدی برای انتخاب محل سکونت دقت کرد که در دراز مدت از مزیت نسبی محل سکونت خود برخوردار شویم. نزدیکی به محل کار یا تحصیل، ضمن کاهش مدت رفت و آمد به لحاظ اقتصادی نیز صرفه جویی قابل توجهی در پی خواهد داشت. نزدیک بودن به مراکز خرید می‌تواند بخش مهمی از رفت آمدها برای تهیه ملزومات زندگی را کاهش دهد. نزدیکی به شبکه‌های ریلی رفت و آمد عمومی و خطوط ارتباطات شهری نقش عمده‌ای در تسهیل رفت و آمد خواهد داشت. امنیت نیز از جمله مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین در انتخاب محل سکونت نیز می‌توان از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرد.

### ۱-۴-۵- انتخاب پروژه

انتخاب پروژه به مفهوم فرآیند ارزیابی یک یا گروهی از پروژه‌ها و سپس انتخاب یک یا دسته‌ای از آنها برای اجرا در سازمان است که باعث برآورده شدن اهداف سازمانی می‌شوند. این فرآیند سیستماتیک قابل اجرا در تمام زمینه‌ها در کسب و کار سازمان است که در آن بحث انتخاب از میان گزینه‌های قابل رقابت وجود دارد. هر پروژه دارای هزینه، منفعت و ریسکی متفاوت با پروژه‌های دیگر است که معمولاً به طور قطع نمی‌توان مقدار آنها را مشخص کرد. با توجه به این تفاوت‌ها، انتخاب یک پروژه از میان سایر پروژه‌ها کار بسیار دشواری است. انتخاب تعداد بیشتری از پروژه‌ها در یک سبد پروژه<sup>۱۲</sup> مشکل‌تر است. به منظور مواجهه با این مشکلات می‌توان از مدل‌های تصمیم‌گیری استفاده کرد.

ابزار مدیریتی که از طریق آن پروژه‌ها انتخاب می‌شوند باید به درستی گزینش شود. در صورت عدم استفاده از ابزار مدیریتی مناسب، سازمان با شکست مواجه خواهد شد که این امر هزینه‌های جبران ناپذیری برای شرکت‌ها به ارمغان خواهد داشت. مشکلات انتخاب پروژه نامناسب در صورت خوش شانس بودن در جریان تدوین طرح تجاری و یا امکان‌سنجی اقتصادی خود را نشان می‌دهند. در غیر این صورت، مشکلات پس از اجرا و در جریان پیگیری و ارزیابی‌های بعدی آشکار خواهد شد که پروژه انتخابی آن نتیجه‌ای را که مورد انتظار بود در بر ندارند.

### ۱-۴-۶- ارزیابی و انتخاب پیمان‌کاران پروژه‌ها

ارزیابی و انتخاب از وظایف عمده مدیران در فرآیندهای عملیاتی است. انتخاب و ارزیابی صحیح در فرآیند مدیریت تاثیر به‌سزایی در بازدهی، کارایی، بهره‌وری و از همه مهمتر کیفیت عملیات دارد. پیمان‌کاران به عنوان جزء بسیار مهم و لاینفک در فرآیند پروژه‌ها مطرح می‌شوند. پیمان‌کاران در واقع تامین‌کنندگان عمده خدمات و تجهیزات مورد نیاز پروژه‌ها می‌باشند. در هر زمینه از پروژه‌های مختلف، تعدادی از پیمان‌کاران وجود دارد که به صورت بالقوه دارای شرایط و توانایی‌های لازم برای انجام پیمان هستند. انتخاب پیمان‌کار از میان چندین پیشنهاد دهنده به عنوان یک مساله تصمیم‌گیری مطرح می‌شود.

استفاده از روش پایین‌ترین قیمت پیشنهادی برای انتخاب پیمانکاران در مناقصات از دیر باز، به عنوان یک معضل در محافل علمی و تخصصی در بین صاحب نظران و اهل فن مورد بحث قرار می‌گرفت و همیشه این بحث مطرح بوده و هست که این رویکرد بر عملکرد پیمان‌کاران تاثیر منفی گذاشته و محدوده اجرای پروژه را از نظر ( هزینه، زمان و کیفیت ) تحت تاثیر قرار می‌دهد.

با توجه به این که برای انتخاب پیمان‌کاران زمینه‌های متعددی را می‌توان برشمرد، فرآیند تصمیم‌گیری دارای پیچیدگی خواهد بود. معیارهای ارزیابی و انتخاب پیمان‌کاران از تنوع و وسعت زیادی برخوردار است. بعضی از معیارها مثبت و بعضی از آنها منفی هستند. روش‌های سنتی و کلاسیک ارزیابی و انتخاب پیمان‌کاران که متضمن تعیین امتیازات مالی و فنی است، مشکلاتی را در بر دارد که مهم‌ترین آنها هم مقیاس نبودن معیارها، کم رنگ بودن پارامترهای کیفی، عدم توجه کافی به اهمیت و وزن معیارها در



تصمیم‌گیری و در نتیجه نداشتن یک امتیاز نهایی یکسان و یک پارچه می‌باشد لذا باید با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پیمان کار مناسب را انتخاب کرد.

### ۱-۴-۷- ارزیابی عملکرد<sup>۱۳</sup> در سازمان‌ها و شرکت‌ها

در دوران معاصر کمتر کسی یافت می‌شود که در خصوص لزوم و ضرورت وجود نظام ارزیابی عملکرد در سازمان تردید داشته باشد. این ضرورت به گونه‌ای خود را نمایان ساخته که عدم وجود نظام ارزیابی به عنوان یکی از علائم بیماری سازمان شناخته شده است. با ملاحظه نظام آفرینش می‌توان دریافت که ارزیابی در بطن آن قرار دارد. اهمیت و ضرورت این مهم در فرهنگ و تعالیم اسلامی ما به زبان آیات و احادیث بیان شده است. به عنوان مثال از حضرت علی (ع) در فرازی از نامه خود به مالک اشتر می‌فرمایند: "نباید نیکوکار و بدکار نزد تو به یک پایه باشند که آن، نیکوکاران را از نیکویی کردن بی‌رغبت سازد و بدکاران را به بدی کردن وا دارد، هر یک از ایشان را به آن چه گزیده جزا ده".

همه سازمان‌های دولتی و خصوصی، برای توسعه، رشد و پایداری در عرصه رقابتی امروز به نوعی سیستم ارزیابی عملکرد نیاز دارند، که در قالب آن بتوانند کارایی و اثربخشی برنامه‌های سازمان، فرایند و منابع انسانی خود را مورد سنجش قرار دهند. سازمان‌های کارا به جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها بسنده نمی‌کنند، بلکه از این داده‌ها برای بهبود سازمان و تحقق رسالت‌ها و استراتژی‌ها استفاده می‌کنند. به عبارتی دیگر، به جای ارزیابی عملکرد به مدیریت عملکرد می‌پردازند.

در ارزیابی عملکرد سازمان، باید از ارزیابی کوچک‌ترین اجزاء تاثیر گذار در عملکرد سازمان شروع کرده و با طی کردن سلسله مراتب سازمانی و استفاده از اطلاعات ارزیابی اجزا و ارزیابی عملکرد نهاد پرداخت. ارزیابی عملکرد سازمان در سطوح زیر ضروری است:

الف- عملکرد کارکنان: این نوع ارزیابی، ارزیابی کوچک‌ترین واحد یک سازمان می‌باشد. مدل‌های بسیاری برای ارزیابی عملکرد کارکنان ارائه شده است و هر کدام از الگوهای ارائه شده در این حوزه با تکیه بر شاخص‌هایی که برای ارزیابی معرفی کرده اند به ارائه شیوه‌ای برای سنجش عملکرد کارکنان اقدام کرده اند.

<sup>۱</sup> - Performance measurement

ب- ارزیابی عملکرد بخشی از یک سازمان: این ارزیابی که به عنوان زیر مجموعه‌ای از ارزیابی سازمانی می‌باشد، برای ارزیابی عملکرد یک سازمان ضروری است. از آنجا که یک سازمان متشکل از زیر مجموعه‌ها (بخش‌هایی) مختلف می‌باشد که مجموع این بخش‌ها سازمان را تشکیل می‌دهد، لذا برای ارزیابی عملکرد سازمان، ارزیابی عملکرد این زیر مجموعه‌ها بر مبنایی با شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی آن‌ها ضروری است. در این نوع ارزیابی ابتدا اهداف و مأموریت‌هایی یک بخش در راستای اهداف و مأموریت‌های دستگاه مشخص شده و سپس شاخص‌های ارزیابی آن‌ها تعریف شده و به محاسبه شاخص‌ها و سپس ارزیابی نتایج شاخص‌ها اقدام می‌شود.

ج- ارزیابی عملکرد مدیر: از آنجا که در هر سازمان نقش مدیر آن سازمان با عنوان یکی از عوامل مهم راهبری و هدایت سازمان غیر قابل اغماض می‌باشد لذا ارزیابی عملکرد مدیر برای آگاهی از میزان موفقیت در انجام نقش راهبری خود برای دستیابی به نتایج صحیح ارزیابی عملکرد سازمان ضروری است. نظریات مختلفی برای ارزیابی عملکرد مدیر یک سازمان معرفی شده است که هر کدام از این نظریات نیز با معرفی کردن نوع نگاه به مدیریت یک سازمان و نیز شاخص‌ها و معیارهایی برای ارزیابی به ارائه شیوه‌ای برای ارزیابی مدیری می‌پردازد.

حال این سوال پیش می‌آید چگونه نظام ارزیابی طراحی شود که بتواند با توجه به پویایی محیطی، عملکرد سازمان را به نحو موثر و کارآمد بسنجد و در جهت رشد و تعالی روزافزون آن گام بردارد.

مسلم است که دو بعد مهم هر نظام، اثر بخشی و کارایی می‌باشد. نظام ارزیابی عملکرد نیز از این قاعده مستثنی نبوده و باید به نحوی طراحی شود که اهداف مذکور تحقق یابند.

اگر نظام ارزیابی عملکرد به عنوان ابزاری غیر دقیق و ناکارا برای سنجش عملکرد واقعی باشد، مشکلات فراوانی را در پی خواهد داشت که نمونه‌هایی از آن می‌تواند کاهش راندمان تولید، کاهش سودآوری، کاهش رضایت شغلی، منحرف شدن از اهداف اصلی سازمان و ... باشد و در صورت کارا بودن نظام ارزیابی عملکرد شاهد بهبود عملکرد، افزایش توانایی و شایستگی و تحقق اهداف سازمان خواهیم بود و رشد و تعالی سازمان را در پی خواهد داشت. شایان ذکر است که توجه اصلی سازمان‌ها در انجام ارزیابی بایستی به بهبود عملکرد، افزایش مهارت، توانایی قدرت یادگیری و ایجاد تحول و نوآوری سازمان معطوف باشد. مشخص است که شناسایی شاخص‌ها و معیارهای مربوط به عملکرد سازمان با توجه به تغییر و تحولات سریع در شرایطی که هر یک از شاخص‌ها دارای درجه اهمیت خاص خود می‌باشد، ضرورت دارد.

## ۱-۵- تقسیم بندی مسائل تصمیم گیری چند معیاره

معیار در تصمیم گیری ممکن است به دو صورت شاخص<sup>۱۴</sup> و یا هدف<sup>۱۵</sup> ارائه شود. بر این اساس مسائل چند معیاره به دو دسته چند شاخصه<sup>۱۶</sup> (MADM) و چند هدفه<sup>۱۷</sup> (MODM) تقسیم می شوند. مسائل چند شاخصه با مسائلی سر و کار دارد که تصمیم گیرنده می خواهد با توجه به عوامل چندگانه از بین چندین گزینه یکی را انتخاب و یا آن ها را رتبه بندی کند. مانند انتخاب شغل از بین موقعیت های موجود با توجه به میزان حقوق، مزایا، محیط کار، فاصله از منزل و رضایت شغلی. مسائل چند هدفه برای مسائل به کار گرفته می شود که تصمیم گیرنده می خواهد با توجه به اهداف چندگانه میزان هر فعالیت را مشخص کند. مثلاً در یک سیستم تولیدی با توجه به محدودیت ها، از هر کالا به چه میزان تولید شود تا نیروی کار، زمان تولید و مواد اولیه کمینه شده در حالی که سود حاصله، میزان تولید و کیفیت کالا بیشینه شود. در جدول ۱-۲ تفاوت های مدل های تصمیم گیری چند شاخصه و چند هدفه درج شده است.

جدول ۱-۲- تفاوت های مدل های تصمیم گیری چند شاخصه و چند هدفه (Hwang, Yoon, 1981)

| MODM                              | MADM                          |                    |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| اهداف                             | شاخص ها                       | اساس تعریف معیارها |
| واضح و روشن <sup>۱۹</sup>         | غیر صریح و مبهم <sup>۱۸</sup> | هدف ها             |
| غیر صریح و مبهم                   | واضح و روشن                   | شاخص ها            |
| الزام آور                         | غیرالزام آور                  | محدودیت ها         |
| نامتناهی (متناظر با اعداد پیوسته) | متناهی (متناظر با اعداد صحیح) | تعداد راهکارها     |
| طراحی                             | انتخاب و ارزیابی              | موارد استفاده      |

در مدل های تصمیم گیری چند شاخصه و چندهدفه، ممکن است به صورت فردی و یا جمعی تصمیم گیری شود. لذا هر یک از این دو نوع مسائل تصمیم گیری به دو نوع فردی یا جمعی تقسیم بندی می شوند. از طرفی

۱ - Attribute

۲ - Objective

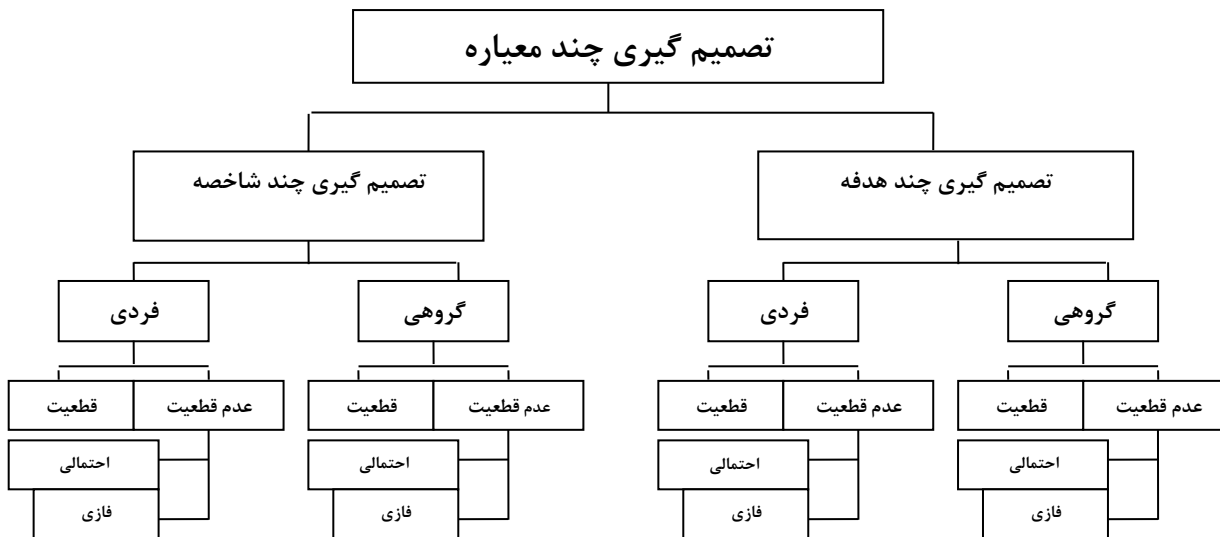
۳- Multiple Attribute Decision Making (MADM)

۴ - Multiple Objective Decision Making (MODM)

۱ - Implicitly

۲ - Explicitly

هر نوع مساله تصمیم‌گیری می‌تواند قطعی و یا غیر قطعی باشد که در صورت عدم قطعیت از راه‌کارهای فازی یا احتمالاتی استفاده می‌شود. بنابراین تقسیم‌بندی کلی مسائل چندمعیاره را می‌توان به صورت شکل ۱-۱ ارائه کرد.



شکل ۱-۱- تقسیم‌بندی کلی مسائل چندمعیاره

### ۱-۵-۱- مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه

اگر مجموعه جواب‌های قابل قبول، قابل شمارش باشد، مسئله چند شاخصه نامیده می‌شود، مانند انتخاب یک تکنولوژی مناسب از بین چند تکنولوژی موجود و یا انتخاب یک منزل از بین چند منزل. در این مسائل انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود مد نظر است. به طور کلی تصمیم‌گیری چند شاخصه به تصمیمات خاصی مانند ارزیابی، اولویت‌گذاری و یا انتخاب از بین گزینه‌های موجود اطلاق می‌شود. در مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، معیارها هم به صورت کمی و هم به صورت کیفی بیان می‌شوند. در این گونه مسائل هر گزینه با چند مشخصه ارزیابی می‌شود و انتخاب گزینه از طریق تعیین سطح مورد نظر برای معیارها و یا از طریق مقایسه‌های زوجی معیارها و گزینه‌ها صورت می‌گیرد. مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه را می‌توان به صورت یک ماتریس که به ماتریس تصمیم معروف است، خلاصه کرد. در این روش‌ها، شاخص‌های کیفی به اعداد کمی تبدیل می‌شود و با مقایسه یکدیگر و تعیین اهمیت و ارجحیت هر یک، گزینه بهتر انتخاب می‌شود. روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به دو دسته تعاملی و غیر تعاملی تقسیم

می‌شوند. در جدول ۱-۳ انواع این روش‌ها درج شده است. پیش فرض روش‌های غیر تعاملی آن است که هر معیار مستقل از دیگری است و فی‌الذمه هر کدام از معیارها در انتخاب مهم هستند. این روش‌ها به سه دسته روش‌های حل بدون ترجیحات معیارها، روش‌های حل با سطح استاندارد و روش‌های حل با ترجیحات کیفی تقسیم‌بندی می‌شوند. در روش‌های تعاملی قوت یک معیار می‌تواند نقاط ضعف معیارهای دیگر را بپوشاند و در واقع وزن کل معیارها مد نظر است. روش وزن‌دهی ساده، روش شباهت به گزینه ایده‌آل، روش تسلط ضمنی و روش تحلیل سلسله مراتبی مهم‌ترین روش‌های تعاملی هستند.

**الف- روش وزن‌دهی ساده:** در این روش پس از نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم، با استفاده از ضرایب وزنی معیارها ماتریس تصمیم نرمالیزه شده وزن‌دار بدست آمده و با توجه به این ماتریس امتیاز هر گزینه به دست می‌آید.

**ب- روش شباهت به گزینه ایده‌آل:** تکنیکی برای مرتب کردن گزینه‌ها با توجه به درجه نزدیکی به ایده‌آل یا وضعیت مطلوب می‌باشد. در این روش فاصله یک گزینه از نقطه ایده‌آل و ضد ایده‌آل تعیین می‌شود. سپس گزینه‌ای که دارای کمترین فاصله از ایده‌آل و بیشترین فاصله از ضد ایده‌آل باشد، مقام اول را کسب کرده و بر همین اساس سایر گزینه‌ها نیز مرتب می‌شوند.

**ج- روش الکترو:** در این روش ابتدا اطلاعات مربوط به گزینه‌های مختلف بر اساس شاخص‌های تعریف شده گردآوری می‌شود و سپس بر اساس یک الگوریتم استاندارد، گزینه‌های موجود بر اساس درجه اهمیت مرتب می‌شوند.

**د- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی:** در این روش  $m$  گزینه بر اساس  $n$  شاخص اصلی و  $k$  شاخص فردی رتبه‌بندی می‌شوند. فلسفه اصلی این روش بر اساس مقایسه‌های زوجی ارائه شده توسط خبرگان امر است. در صورتی می‌توان این روش را به کارگرفت که سلسله مراتب مساله تعریف شده باشد.

جدول ۱-۳- انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه

|                                    |  |                    |
|------------------------------------|--|--------------------|
| روش تسلط <sup>۲۰</sup>             | روش‌های حل بدون ترجیحات معیارها          | روش‌های غیر تعاملی |
| روش حداقل حداکثرها <sup>۲۱</sup>   |  |                    |
| روش حداکثر حداقلها <sup>۲۲</sup>   |  |                    |
| روش ارضای منفرد <sup>۲۳</sup>      | روش‌های حل با سطح استاندارد              |                    |
| روش ارضای جامع <sup>۲۴</sup>       | روش‌های حل با ترجیحات کیفی               |                    |
| روش حذفی <sup>۲۵</sup>             |  |                    |
| روش لغت نامه‌ای <sup>۲۶</sup>      |  |                    |
| روش نیمه لغت نامه‌ای <sup>۲۷</sup> |  |                    |
| روش تقدم (رتبه‌بندی) <sup>۲۸</sup> |  |                    |
|                                    | روش وزن دهی ساده <sup>۲۹</sup>           | روش‌های تعاملی     |
|                                    | روش برنامه‌ریزی توافقی <sup>۳۰</sup>     |                    |
|                                    | روش VIKOR                                |                    |
|                                    | روش شباهت به گزینه ایده‌آل <sup>۳۱</sup> |                    |
|                                    | روش الکتور <sup>۳۲</sup>                 |                    |
|                                    | روش تحلیل سلسله مراتبی <sup>۳۳</sup>     |                    |

### ۱-۵-۲- مسائل تصمیم‌گیری چند هدفه

اگر مجموعه جواب‌های قابل قبول، غیر قابل شمارش باشد در این صورت مسئله چندهدفه نامیده می‌شود، مانند تعیین عمر بهینه یک قطعه برای تعویض، به طوری که هزینه تقلیل یافته و قابلیت اطمینان حداکثر

- 
- ۱ - Dominance Method
  - ۲ - Maximin method
  - ۳ - Maximax method
  - ۴ - Conjunctive method
  - ۵ - Disjunctive method
  - ۶ - Omissive method
  - ۷ - Lexio Graphy
  - ۸ - Semilexio Graphy
  - ۹ - Priority method
  - ۱۰ - Simple Additive Weighting method (SAW)
  - ۱۱ - Compromise programing
  - ۱۲ - Technique for order performance by similarity to ideal solution (TOPSIS)
  - ۱۳ - Elimination choice translating reality (ELECTRE)
  - ۱۴ - Analytical Hierarchy Process (AHP)

شود. همچنین تعیین مقدار خرید از یک یا چند فروشنده در صورت وجود محدودیت روی ظرفیت، بودجه، کیفیت و ... نیز مثال دیگری از مسائل چند هدفه است. در مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه، چندین هدف به طور همزمان برای بهینه شدن مورد بررسی قرار می‌گیرند. مقیاس سنجش برای هر هدف ممکن است برای بقیه اهداف متفاوت باشد. مثلاً یک هدف حداکثر کردن سود باشد که بر حسب واحد پول سنجش می‌شود و هدف دیگر حداقل استفاده از ساعات نیروی کار باشد که بر حسب ساعت سنجش می‌شود. گاهی این اهداف در یک جهت نیستند و به طور متضاد عمل می‌کنند. مثلاً تصمیم‌گیرنده از یک طرف تمایل دارد رضایت کارکنان را افزایش دهد و از طرف دیگر می‌خواهد هزینه‌های حقوق و دستمزد را حداقل کند. بهترین تکنیک تصمیم‌گیری چندهدفه، برنامه‌ریزی آرمانی<sup>۳۴</sup> است که اولین بار توسط چارلز و کوپر<sup>۳۵</sup> ارائه شده است.

---

<sup>۱</sup> - Goal programming

<sup>۲</sup> - Charns and Cooper

## فصل دوم

# بررسی پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند

## معیاره

### ۲- مقدمه

تصمیم‌گیری، فرآیند انتخاب بهترین عمل یا گزینه از میان گزینه‌های موجود می‌باشد. در چند سال اخیر توجه مجامع دانشگاهی و صنعتی در کشور به علوم تصمیم‌گیری و استفاده از آن‌ها برای بهبود تصمیم‌گیری‌هایشان افزایش چشم‌گیری داشته است. علاوه بر آن تحقیقات و مقالات مختلفی در همین راستا در بخش‌های مختلف صنعت و معدن در کشور انجام شده و به چاپ رسیده اند.

تصمیم‌گیری چند معیاره، یکی از شاخه‌های پرکاربرد در علم تصمیم‌گیری محسوب می‌باشد و روش‌های زیادی تاکنون ارائه شده است. از میان این روش‌ها، سه روش AHP، ELECTRE و TOPSIS به دلیل دقت و سهولت استفاده، کاربرد فراوانی در زمینه‌های مختلف صنعتی، بازرگانی، تجاری، معدن و ... پیدا کرده‌اند. نرم افزار تهیه شده در این طرح شامل سه روش مذکور می‌باشد که به کاربر این اجازه را می‌دهد که با استفاده از این سه روش به بررسی و انتخاب گزینه برتر بپردازد. از قابلیت‌های این روش می‌توان به طریقه وارد کردن اطلاعات مربوط به مسئله به شکل دستی و یا از طریق فایل اشاره کرد که در فصل سوم از این گزارش به



طور کامل به آن پرداخته خواهد شد. در این بخش برای آشنایی بیشتر با این روش‌ها به ترتیب به بررسی هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود.

## ۲-۱- تحلیل سلسله مراتبی

### ۲-۱-۱- مقدمه

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از تکنیک‌های قدرتمند تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که در سال ۱۹۸۰ توسط محققى به نام توماس ساعتى<sup>۲</sup> استاد دانشگاه پیتسبورگ ارائه شد و علی‌رغم برخی انتقادات از سوی محافل علمی مورد استقبال قرار گرفت. این روش که منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است، تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد که تعامل بین فاکتورهای مختلف را در موقعیت‌های پیچیده و غیرساختاری، ارائه دهند. این تکنیک، تصمیم‌گیری را از طریق سازماندهی احساسات، ادراکات، برآوردها، قضاوت‌ها تسهیل می‌کند و نیروهای اثرگذار بر تصمیم را شناسایی می‌کند.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین فرآیندهای طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا با این روش امکان فرموله کردن مساله به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌شود و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. در این فرآیند گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری دخالت می‌کند و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد، هم چنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این روش در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. به علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است.

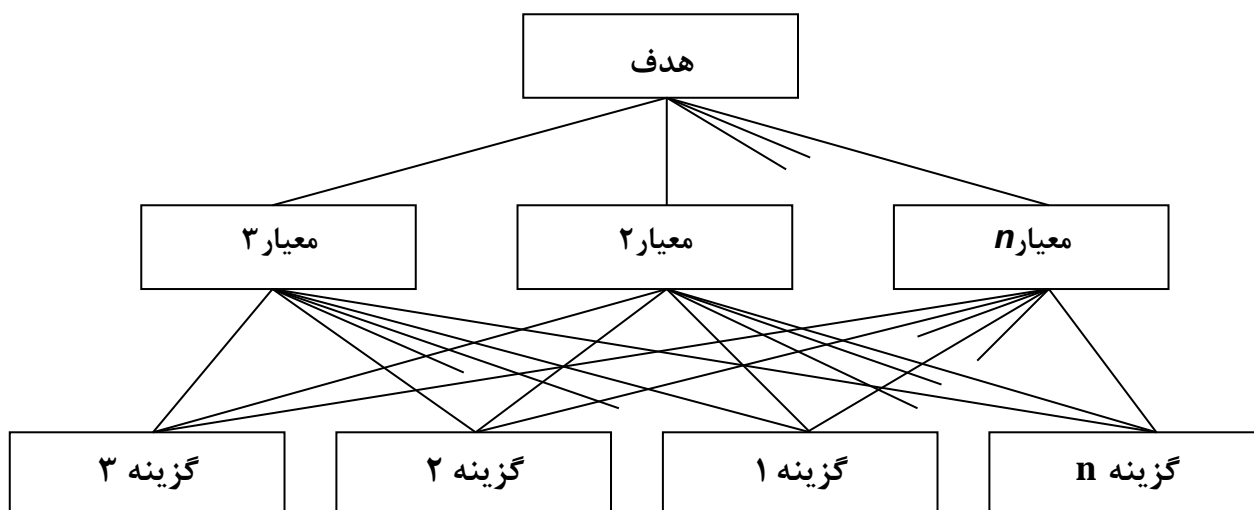
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن‌ها می‌پردازد. در واقع تحلیل سلسله مراتبی روشی برای کمک به تصمیم‌گیران است تا اهداف و راه‌کارهای خود را در یک محیط پیچیده بدون ساختار و غیر شفاف، اولویت بندی و طبقه بندی کنند.

در این روش مسأله تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها و زیر معیارها و آلترناتیوها تقسیم می‌شود تا تصمیم‌گیرنده بتواند به راحتی در کوچک‌ترین تصمیم‌گیری دقت کند. برای ساختن مدل تصمیم‌گیری، در بالاترین سطح هدف و در سطح یا سطوح میانی معیارها و در سطح پایین گزینه‌های ممکن گذاشته می‌شود (شکل ۲-۱ و ۲-۲).

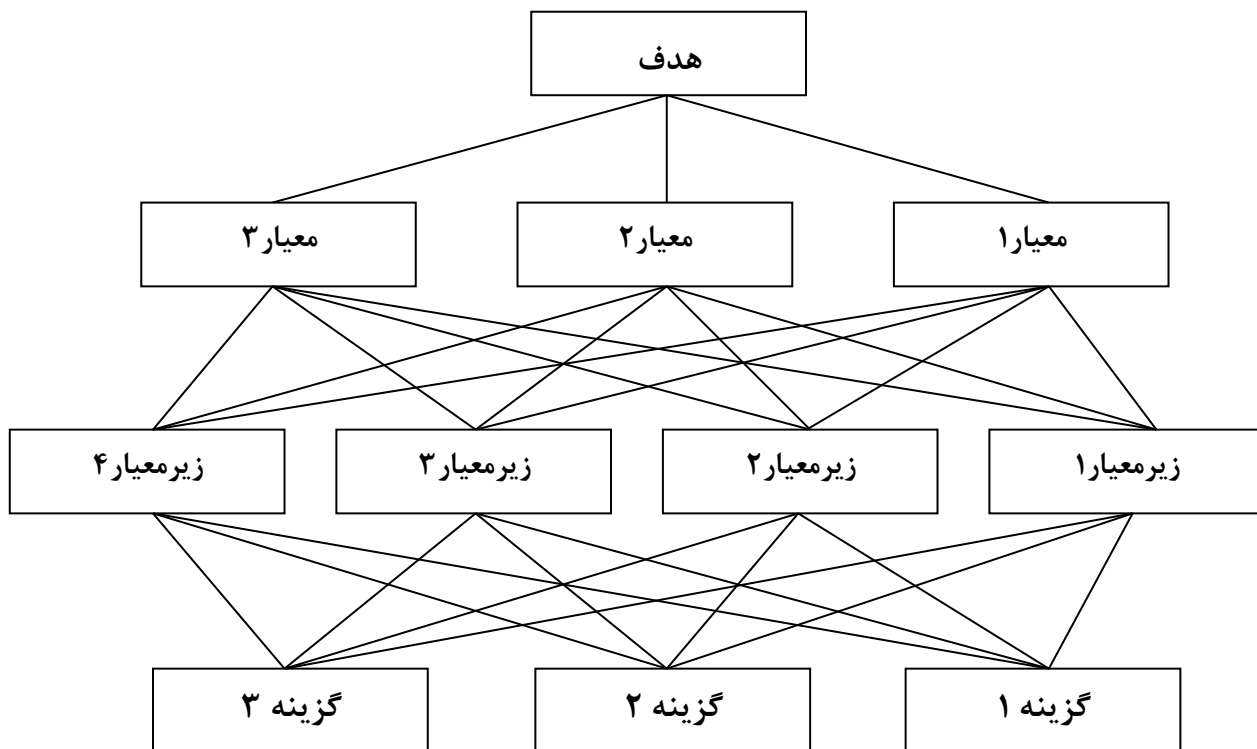
به پرسش اصلی تحقیق یا مشکلی که قصد داریم آن را حل نماییم، هدف گفته می‌شود. هدف بالاترین سطح درخت سلسله مراتبی است و تنها یک پارامتر دارد که انتخاب آن وظیفه بالاترین سطح تصمیم‌گیری پروژه می‌باشد.

به ملاک‌های متضمن هدف و سازنده آن معیار گفته می‌شود. معیارها در واقع سنگ محک هدف یا وسیله اندازه‌گیری آن می‌باشند. هر اندازه معیارها بیشتر اجزاء هدف را پوشش دهند و بیشتر بیان‌کننده هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه دقیق‌تر افزایش خواهد یافت. معیارها دومین سطح درخت سلسله مراتبی پس از هدف می‌باشند. در این سطح می‌توانیم بنا به ضرورت به تعداد مورد نیاز معیار در سطح افقی ترسیم و تنظیم نماییم. معیارهای قابل تقسیم به زیر معیارها و زیر معیارها قابل تقسیم به زیر معیارهای بعدی می‌باشند. این وضعیت می‌تواند بسته به ضرورت تا  $n$  زیر معیار در سطح عمودی و افقی افزایش پیدا کند.

گزینه‌ها در واقع منظور و مقصد هدف در درخت سلسله مراتبی می‌باشند و پاسخ هدف از میان گزینه‌های ترسیم شده به دست می‌آید. گزینه‌ها آخرین سطح درخت سلسله مراتبی می‌باشند و بستگی به چگونگی استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی دارد. در مواردی که از این تکنیک به منظور انتخاب یا اولویت بندی استفاده شود، عموماً تعیین گزینه‌ها توسط محقق صورت می‌گیرد زیرا اوست که تعیین می‌کند از میان کدام گزینه‌ها باید انتخاب صورت گیرد یا گزینه‌هایی باید اولویت بندی شوند.



شکل ۲-۱- ساختمان سلسله مراتبی



شکل ۲-۲- ساختمان سلسله مراتبی با وجود زیر معیارها

مهم‌ترین قابلیت روش تحلیل سلسله مراتبی در توانایی تبدیل ساختار سلسله مراتبی یک مسئله پیچیده چند شاخصه به ساختار بسط داده شده برای درک بهتر تصمیم‌گیرنده از مسئله تصمیم‌گیری می‌باشد. این روش برای مشخص کردن اهمیت نسبی معیارها یا گزینه‌ها بر مقایسه زوجی (دوتایی) عناصر تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن معیارها یا گزینه‌ها استوار است (Saaty, 2001).

مبنای روش تحلیل سلسله مراتبی تقسیم مسأله تصمیم‌گیری به بخش‌های کوچک‌تر است که تصمیم‌گیرندگان را به سوی مقایسه‌های زوجی بین معیارهای موثر در مسأله تصمیم‌گیری هدایت می‌کند، تا میزان اهمیت هر یک از معیارها و میزان تاثیر هر کدام از معیارها توسط کارشناسان در سلسله مراتب بیان شود. در این روش بر اساس قضاوت‌های ذهنی، به اهمیت هر معیار نسبت به سایر معیارها، مقادیر عددی اختصاص داده می‌شود. در نهایت، معیارهایی که دارای بیشترین اهمیت باشند، مشخص می‌شوند. به عبارت دیگر، ترتیب اولویت معیارها تعیین می‌شود. امتیاز کلی هر گزینه‌ی ممکن، از ضرب امتیاز نسبی هر مسیر در گزینه مورد تصمیم‌گیری به دست می‌آید و سپس این امتیاز به هر گزینه تصمیم‌گیری اضافه می‌شود.

توماس ساعتی چهار اصل زیر را به عنوان اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیان کرده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است. این اصول عبارتند از (قدسی پور، ۱۳۷۹):

اصل (۱) - شرط معکوس<sup>۳۶</sup>: اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر  $1/n$  خواهد بود.

اصل (۲) - اصل همگنی<sup>۳۷</sup>: عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی تواند بی نهایت یا صفر باشد.

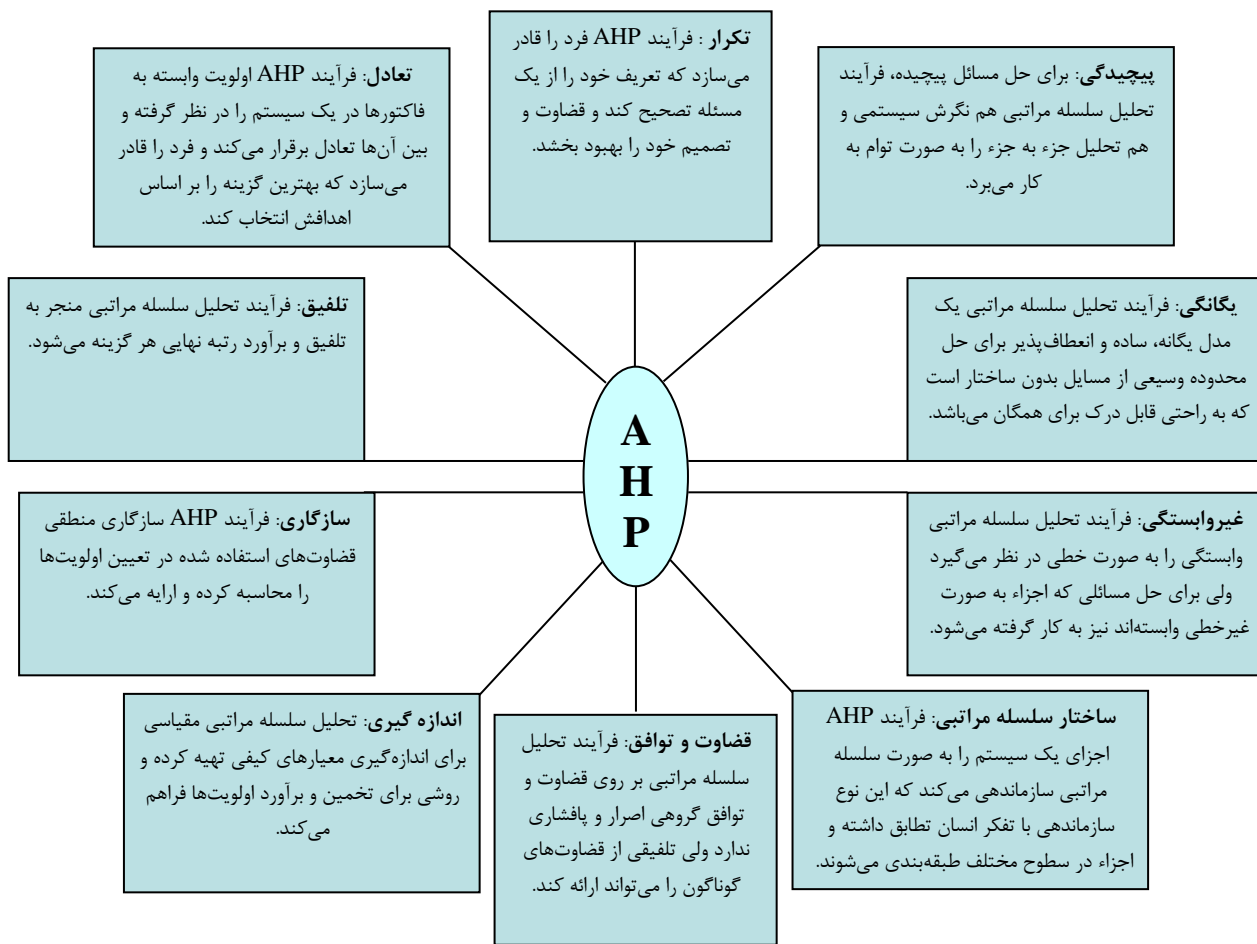
اصل (۳) - وابستگی<sup>۳۸</sup>: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می تواند ادامه داشته باشد.

اصل (۴) - انتظارات<sup>۳۹</sup>: هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد، پروسه ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد.

روش تحلیل سلسله مراتبی به دلیل داشتن مبنای نظری قوی، دقت بالا، سهولت استفاده، دارا بودن ارزش و اعتبار و درستی و دقت نتیجه، یکی از معتبرترین و پرکاربردترین روش های تصمیم گیری چندمعیاره می باشد. ویژگی های فرآیند AHP در شکل ۲-۳ نشان داده شده است.

---

<sup>۱</sup>. Reciprocal Condition  
<sup>۲</sup>. Homogeneity  
<sup>۳</sup>. Dependency  
<sup>۴</sup>.-Expectations



شکل ۲-۳- ویژگی‌های فرآیند AHP

کاربردهای متعددی به وسیله افراد، شرکت‌ها و دولت‌ها اعمال شده‌اند که بهره‌وری انرژی، طرح ریزی برای حمل و نقل (۱۹۷۳-۱۹۷۵)، طرح ریزی برای آموزش عالی (۱۹۷۶)، انتخابات ریاست جمهوری در امریکا (۱۹۷۶)، مسئله تروریسم (۱۹۷۸)، حل جنگ و نزاع در افریقای جنوبی، تعیین معیار و اختصاص منابع در IBM، طراحی پل‌ها و دیگر سیستم‌های مهندسی، پیش‌بینی نتایج مسابقات شطرنج قهرمانی جهان، توانایی اقتصاد امریکا، پیش‌بینی قیمت‌های نفت، پیش‌بینی در بورس سهام و ارز و بسیاری کاربردهای مشارکتی نمونه‌هایی از آن‌ها می‌باشد.

باتوجه به نظر Ugo، کاربردهای اولیه AHP عبارتند از: پیش‌بینی نتایج احتمالی، برنامه‌ریزی اتفاقات پیشنهاد شده و مطلوب در آینده، تسهیل تصمیم‌گیری گروهی، اعمال کنترل بر روی تغییرات در سیستم تصمیم‌گیری، تخصیص منابع، انتخاب گزینه‌ها، مقایسه هزینه و درآمد، ارزیابی کارکنان و اختصاص افزایش دستمزد، انجام آنالیز ریسک پروژه، معین کردن انتخاب مکانی و تست کردن موقعیت‌های پیشنهادی.

کاربردهای مختلفی از روش تحلیل سلسله مراتبی ارائه شده است که مهمترین آن‌ها در جدول ۱-۲ ارائه شده است.

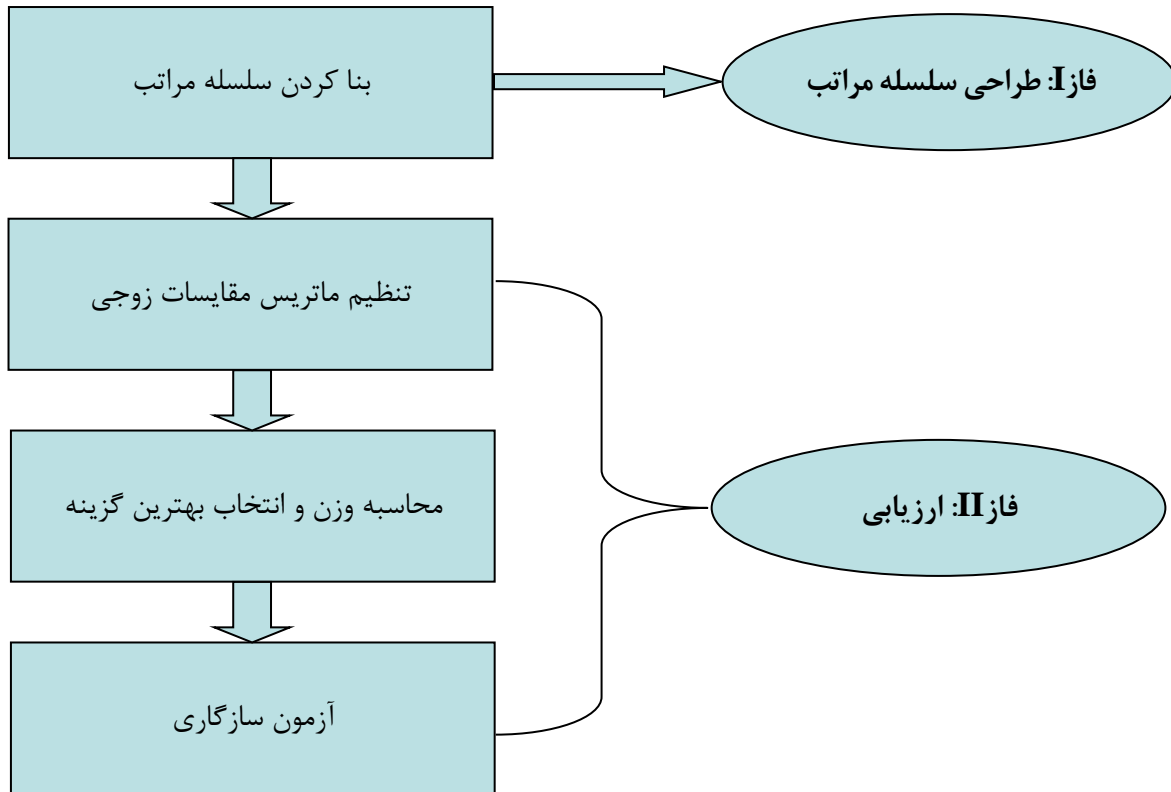
جدول ۱-۲- کاربردهای مختلف روش تحلیل سلسله مراتبی

| ارائه دهنده                    | موضوع  |
|--------------------------------|--|
| Khalil (2002)                  | انتخاب روش مناسب تحویل پروژه به روش AHP                            |
| Byun (2001)                    | روش AHP برای انتخاب مدل خرید اتوموبیل                              |
| Ramanathan, Ganesh (1995)      | اختصاص منابع انرژی با استفاده از معیارهای کیفی و کمی               |
| Tam, Tummala (2001)            | کاربرد AHP در انتخاب فروشنده سیستم تلفن                            |
| Al Harbi (2001)                | کاربرد AHP در مدیریت پروژه   |
| Alidi (1996)                   | استفاده از AHP در کارائی پروژه‌های صنعتی                           |
| Arbel, Orger (1990)            | کاربرد AHP در برنامه‌ریزی استراتژیک بانک                           |
| Armacost, et al. (1994)        | استفاده از AHP در تعیین اولویت نیازمندیهای مشتریان                 |
| Azis (1990)                    | استفاده از AHP در تحلیل سود- هزینه                                 |
| Badri (1999)                   | ترکیب AHP و برنامه‌ریزی آرمانی در مسائل تخصیص و مکان‌یابی          |
| Badri (2001)                   | ترکیب AHP و برنامه‌ریزی آرمانی در سیستم‌های کنترل کیفیت            |
| Bahurmoz (2003)                | استفاده از AHP در دارالحکم عربستان سعودی                           |
| Ceha, Ohta (1994)              | ارزیابی شبکه حمل و نقل هوایی با استفاده از AHP                     |
| Cheng, et al. (1999)           | ارزیابی چرخ‌بال‌های جنگی با استفاده از AHP                         |
| Lai, Trueblood, Wong (1999)    | انتخاب نرم افزار با استفاده از AHP                                 |
| Murlidhar, Shantharaman (1990) | استفاده از AHP در انتخاب پروژه سیستم اطلاعاتی                      |
| Ngai (2003)                    | انتخاب سایت اینترنتی برای مسائل تبلیغاتی با استفاده از AHP         |
| Ramanathan, Ganesh (1995)      | استفاده از AHP برای مسائل تخصیص منابع                              |
| Schniederjans, Wilson (1991)   | استفاده از AHP و برنامه‌ریزی آرمانی در انتخاب پروژه سیستم اطلاعاتی |
| Ulengin (1994)                 | پیش‌بینی نرخ‌های بهره‌خارجی با استفاده از AHP                      |
| Kangas, J. (1994)              | مدیریت و برنامه‌ریزی جنگل  |
| Saaty and Gholamnezhad (1982)  | مدیریت باطله‌های هسته‌ای   |

## ۲-۱-۲- مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تکنیکی است که برای رتبه‌بندی مجموعه‌ای از گزینه‌ها یا برای انتخاب بهترین، از یک مجموعه گزینه به کار می‌رود. این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و چند معیار تصمیم‌گیری روبرو است، می‌تواند استفاده شود. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و یا کیفی باشد.

کاربرد عملی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شامل چهار مرحله اساسی است. چنانچه این مراحل در دو فاز کلی طراحی سلسله مراتب و ارزیابی طبقه‌بندی شود، مرحله اول در فاز طراحی و مراحل بعدی در فاز دوم؛ یعنی فاز ارزیابی قرار می‌گیرند (شکل ۲-۴).

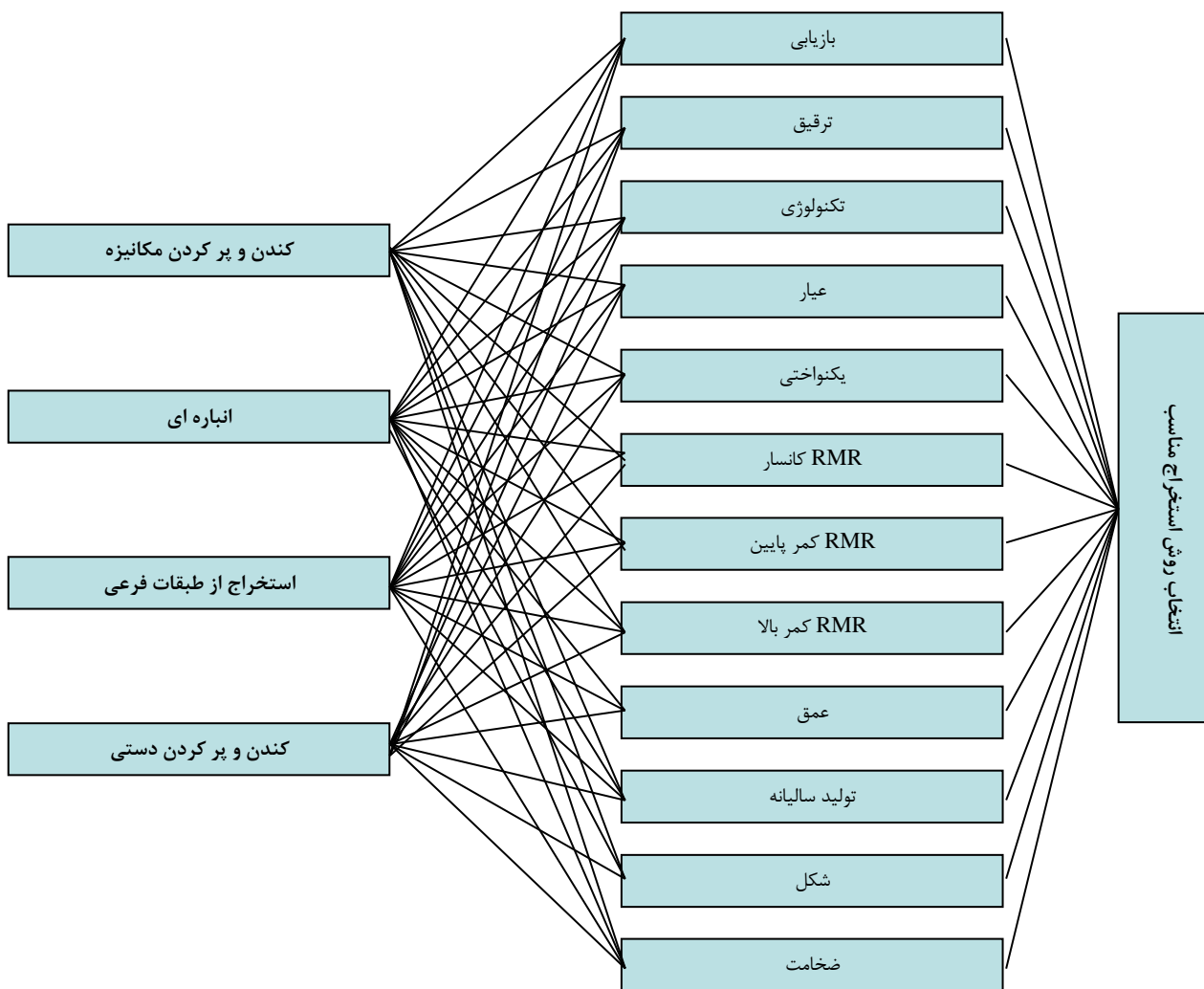


شکل ۲-۴- فازهای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

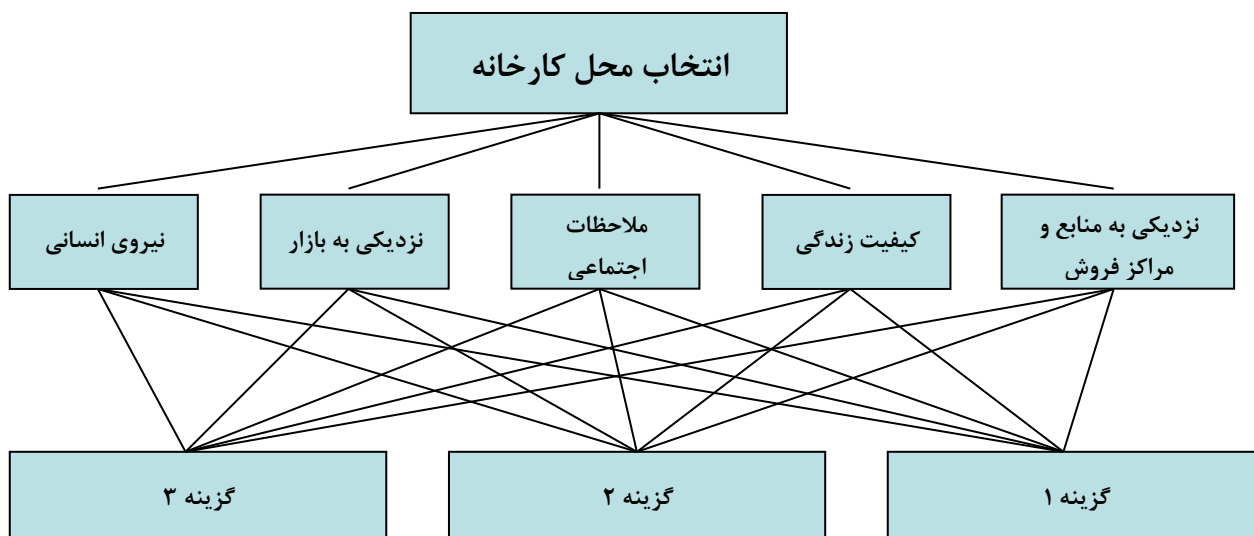
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با ساختن سلسله مراتبی شروع و پس از محاسبه ضریب اهمیت معیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری سیستم مناسب‌ترین گزینه انتخاب می‌شود. مراحل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب زیر است:

#### ۲-۱-۲-۱- ساختن سلسله مراتبی

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ساختن سلسله مراتب مسأله است که معمولاً به ترتیب در آن هدف، معیارها (و در صورت وجود زیرمعیارها) و گزینه‌ها نشان داده می‌شود. نمودار سلسله مراتبی تصمیم عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. برای این منظور ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند ضروری است. در شکل‌های ۲-۵ تا ۲-۸ به عنوان نمونه چند نمودار سلسله مراتبی نشان داده شده است. سطح یک در سلسله مراتب همواره هدف را نشان می‌دهد و پایین‌ترین سطح، گزینه‌های تصمیم‌گیری را بیان می‌کند.

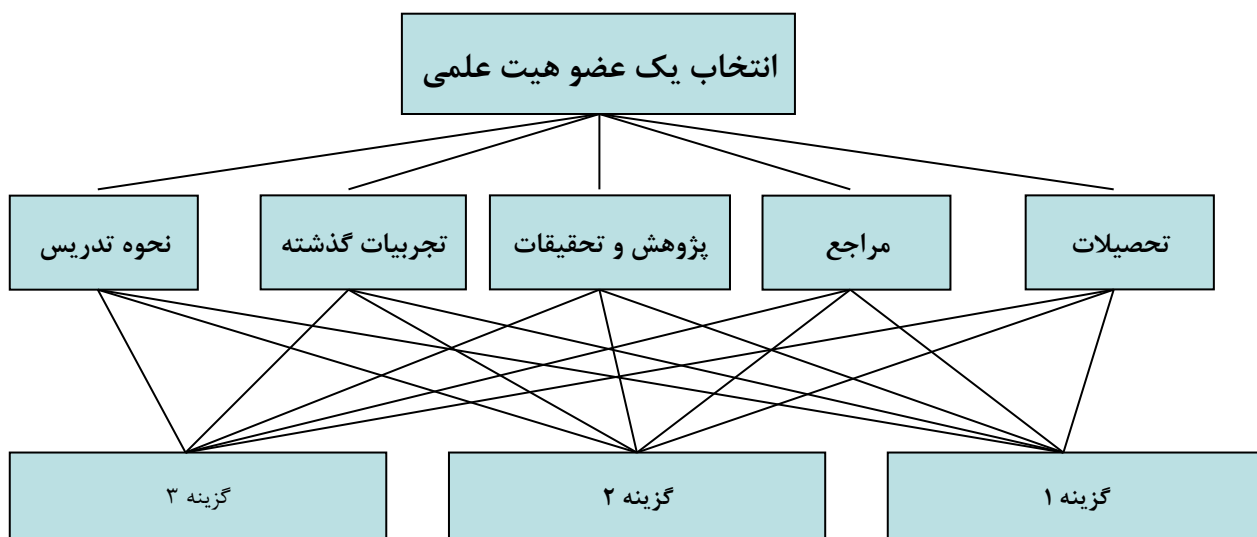


شکل ۲-۵- سلسله مراتب انتخاب مناسب‌ترین روش استخراج برای کانسار مس

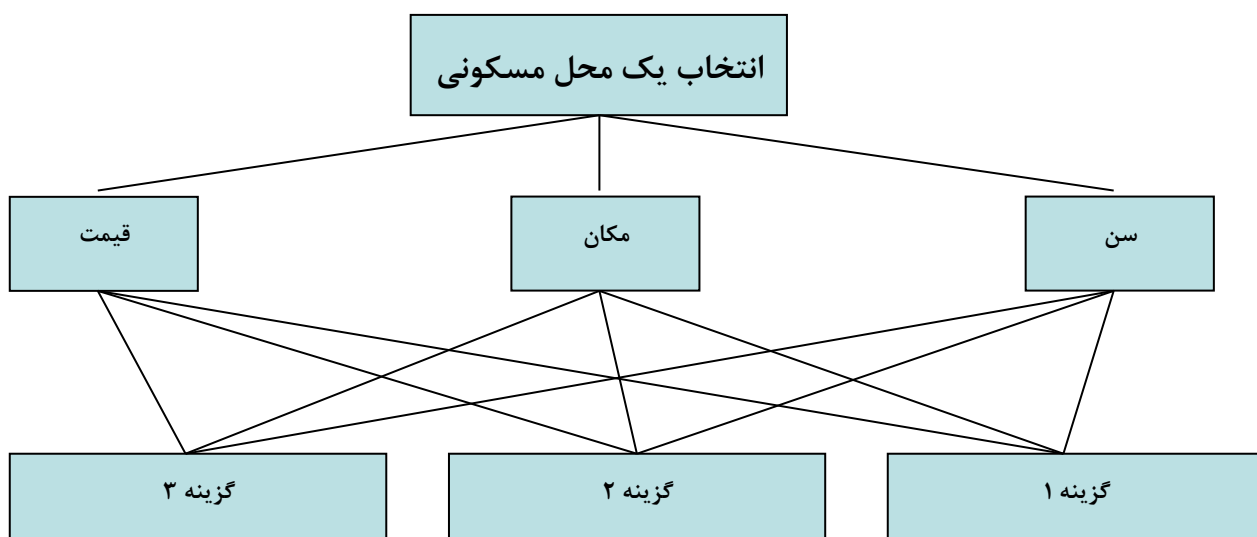


شکل ۲-۶- انتخاب محل احداث کارخانه





شکل ۲-۷- انتخاب یک عضو هیات علمی



شکل ۲-۸- انتخاب یک منزل مسکونی

روش ساختن سلسله مراتبی بستگی به نوع تصمیم اتخاذ شده دارد و به صورت مختلفی ساخته می‌شود. در یک سلسله مراتبی محدودیتی برای تعداد سطوح وجود ندارد. زیر معیارهای هر معیار ممکن است به صورت فاصله‌های عددی و یا پارامترهای کیفی مانند زیاد، متوسط، کم باشد.

سلسله مراتبی‌ها به دو دسته به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱- سلسله مراتبی ساختاری: در یک سلسله مراتبی ساختاری عناصر عموماً به صورت فیزیکی با هم در ارتباط می‌باشند.

۲- سلسله مراتبی وظیفه‌ای: در سلسله مراتبی وظیفه‌ای اجزاء به صورت اعتباری یا وظیفه‌ای با هم مرتبط بوده و تشکیل یک سیستم را می‌دهند. هر سلسله مراتب وظیفه‌ای از یک سری سطوح درست شده است که در بالاترین سطح فقط یک عنصر وجود داشته که هدف نامیده می‌شود اما در سطوح بعدی ممکن است عناصر بیشتری وجود داشته باشد. البته تعداد این عناصر نمی‌تواند زیاد باشد و عموماً بین ۵ تا ۹ عنصر است.

گاهی اوقات خود معیارها نیز باید به صورت جزئی‌تر مورد تجزیه و تحلیل واقع شوند که در این گونه موارد یک سطح دیگر به سلسله مراتبی اضافه می‌شود که با این نوع سلسله مراتبی سلسله مراتبی چند سطحی کامل گفته می‌شود.

به طور کلی بیان یک فرمول و قانون و یا قاعده عمومی برای ساختن سلسله مراتبی کار مشکلی است اما یک سری توسعه کلی در این زمینه وجود دارد که به ساخت سلسله مراتبی کمک می‌کند که عبارتند از:

۱ - مشخص کردن هدف نهایی و این که از ساختن سلسله مراتبی چه هدفی را دنبال می‌کنید و مهم‌ترین سوال چیست ؟

۲ - تعیین هدف‌های جزئی

۳ - مشخص کردن معیارهایی که در اهداف جزئی موثر هستند.

۴ - تعیین زیر معیارهای هر معیار و دقت در این که ممکن است زیرمعیارها به صورت فاصله‌های عددی یا به صورت کمی مانند زیاد، متوسط، کم باشد.

۵ - تعیین عوامل و زیر عوامل و ... در سطوح بعدی.

۶ - تعیین گزینه‌ها و خروجی‌ها.

۷ - در برخی مواقع مفید به نظر می‌رسد که دو سلسله مراتبی ساخته شود. یکی برای سود و دیگری برای هزینه تا بتوان روی بهترین گزینه تصمیم‌گیری کرد. در این حالت نسبت سود به هزینه را تشکیل داده و گزینه‌ای که بیشترین نسبت را دارد انتخاب می‌کنیم. همچنین در برخی مواقع برای تصمیمات آری - خیر نیز می‌توان از این روش استفاده کرد.

۸ - برای تصمیم‌های دو حالتی ( آری یا خیر ) می‌توان گزینه‌ها را به صورت انجام و یا عدم انجام در نظر گرفت.

محاسبه وزن در روش تحلیل سلسله مراتبی به دو صورت می‌باشد (Bascetin, 2007):

الف- محاسبه وزن نسبی

برای محاسبه وزن در تحلیل سلسله مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌شود. تخصیص امتیازات عددی مربوط به مقایسه زوجی اهمیت دو گزینه یا دو شاخص بر اساس جدول ۲-۲ صورت می‌گیرد.

جدول ۲-۲- طبقه‌بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها (Saaty & Alexander, 1981)

| امتیاز عددی         | مقایسه نسبی شاخص‌ها (قضاوت شفاهی) |
|---------------------|-----------------------------------|
| ۹                   | اهمیت مطلق                        |
| ۷                   | اهمیت خیلی قوی                    |
| ۵                   | اهمیت قوی                         |
| ۳                   | اهمیت ضعیف                        |
| ۱                   | اهمیت یکسان                       |
| ۰.۲، ۰.۴، ۰.۶ و ۰.۸ | ترجیحات بین فواصل فوق             |

یک ماتریس مقایسه زوجی به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix}$$

که در آن  $a_{ij}$  ترجیح عنصر  $i$  ام نسبت به عنصر  $j$  ام می‌باشد. در مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر رابطه زیر برقرار است:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (1-2)$$

ماتریس مقایسه زوجی  $n \times n$  بوده که  $n$  تعداد عناصری است که مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. پس از تعیین ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی عناصر محاسبه می‌شود. روش‌های مختلفی برای محاسبه وزن نسبی براساس ماتریس مقایسه زوجی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها روش حداقل مربعات<sup>۴</sup>، روش حداقل مربعات

<sup>۱</sup> - Least squares method

لگاریتمی<sup>۴۱</sup>، روش بردار ویژه<sup>۴۲</sup> و روش‌های تقریبی<sup>۴۳</sup> می‌باشند. از بین این روش‌ها، روش بردار ویژه دقیق‌تر می‌باشد.

**الف-۱- روش حداقل مربعات:** در مباحث بعدی گفته خواهد شد که اگر ماتریس A سازگار باشد، داریم:

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \Rightarrow W_i = a_{ij} \cdot W_j \quad (۲-۲)$$

اما در عمل کمتر اتفاق می‌افتد که ماتریس مذکور سازگار باشد. در روش حداقل مربعات سعی می‌شود مقادیر  $W_i$  و  $W_j$  به گونه‌ای تعیین شود که مجموع مربعات اختلافات  $W_i, W_j$  و  $a_{ij}$  حداقل شود. به عبارت دیگر باید مساله برنامه‌ریزی خطی زیر را حل کرد:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij} \cdot W_j - W_i)^2$$

$$\text{s.t. : } \sum_{i=1}^n W_i = 1$$

$$W_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

مساله فوق را می‌توان از روش ضرایب لاگرانژ حل کرد:

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij} \cdot W_j - W_i)^2 + 2\lambda \left( \sum_{i=1}^n W_i - 1 \right)$$

با مشتق‌گیری از معادله فوق نسبت به  $W_i$  داریم:

$$\sum_{i=1}^n (a_{ij} \cdot W_l - W_i) a_{il} - \sum_{i=1}^n (a_{il} \cdot W_l - W_i) + \lambda = 0 \quad l = 0, 2, \dots, n$$

از معادلات بالا  $(n+1)$  معادله خطی غیر همگن و  $(n+1)$  مجهول به دست می‌آید. به عنوان مثال برای  $n = 2$  داریم:

$$(a_{11}^2 + a_{21}^2 - 2a_{11} + 2)W_1 - (a_{12} + a_{21})W_2 + \lambda = 0$$

$$-(a_{12} + a_{21})W_1 + (a_{12}^2 + a_{22}^2 - 2a_{12} + 2)W_2 + \lambda = 0$$

$$W_1 + W_2 = 1$$

برای  $n = 3$  داریم:

$$(a_{11}^2 + a_{21}^2 + a_{31}^2 - 2a_{21} + 3)W_1 - (a_{12} + a_{21})W_2 - (a_{13} + a_{31})W_3 + \lambda = 0$$

<sup>۱</sup> - Logarithmic Least squares method

<sup>۲</sup> - Eigenvector method

<sup>۳</sup> - Approximation methods

$$-(a_{12} + a_{21})W_1 + (a_{12}^2 + a_{22}^2 + a_{32}^2 - 2a_{22} + 3)W_2 - (a_{23} + a_{32})W_3 + \lambda = 0$$

$$-(a_{13} + a_{31})W_1 - (a_{23} + a_{32})W_2 + (a_{13}^2 + a_{23}^2 + a_{33}^2 - 2a_{33} + 3)W_3 + \lambda = 0$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1$$

از حل معادلات فوق می‌توان متغیرهای  $W_1$ ،  $W_2$  و  $\lambda$  را محاسبه کرد.

الف-۲- روش حداقل مربعات لگاریتمی: همان گونه که قبلاً گفته شد در حالت‌های سازگاری و ناسازگاری به ترتیب داریم:

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \Rightarrow a_{ij} \frac{W_i}{W_j} = 1 \quad (3-2)$$

$$a_{ij} \neq \frac{W_i}{W_j} \Rightarrow a_{ij} \frac{W_i}{W_j} \neq 1 \quad (4-2)$$

در روش حداقل مربعات لگاریتمی سعی می‌شود که حاصل ضرب اختلافات حداقل شود به عبارت دیگر میانگین هندسی اختلافات حداقل شود. میانگین هندسی اختلافات برابر است با:

$$\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{W_i}{W_j} \right)^{\frac{1}{n^2}} = Z^{\frac{1}{n^2}} \quad (5-2)$$

در حالت سازگاری میانگین هندسی اختلافات مساوی یک خواهد بود و لذا لگاریتم آن برابر صفر خواهد بود اما در حالت ناسازگاری هر چه میانگین هندسی به یک (و یا لگاریتم آن به صفر) نزدیک‌تر باشد بهتر است. به عبارت دیگر در حالت‌های سازگاری و ناسازگاری به ترتیب داریم:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left( \ln a_{ij} - \ln \left( \frac{W_i}{W_j} \right) \right) = 0 \quad (6-2)$$

$$\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left( \ln a_{ij} - \ln \left( \frac{W_i}{W_j} \right) \right) = \frac{1}{n^2} \ln Z \quad (7-2)$$

از آن جا که عبارت داخل پرانتز ممکن است در بعضی موارد مثبت و در بعضی موارد منفی باشد، آن را به توان دو می‌رسانیم تا همواره مثبت شود. لذا در این روش باید مساله برنامه‌ریزی خطی زیر را حل کرد تا مقادیر  $W_i$  به دست آید:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left( \text{Ln } a_{ij} - \text{Ln} \left( \frac{W_i}{W_j} \right) \right)^2$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n W_i = 1$$

$$W_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

به طور کلی می‌توان گفت روش حداقل مربعات معمولی، میانگین حسابی خطاها و روش حداقل مربعات لگاریتمی میانگین هندسی خطاها را حداقل می‌کند.

الف-۳- روش بردار ویژه: از بین روش‌های محاسبه وزن نسبی، روش بردار ویژه دقیق‌تر می‌باشد. در این روش  $W_i$  به گونه‌ای تعیین می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد (Saaty, 1980):

$$A.W = \lambda.W \quad (۸-۲)$$

که در آن  $\lambda$  و  $W$  به ترتیب مقدار ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسه زوجی  $A$  می‌باشد. در حالتی که ابعاد ماتریس بزرگتر باشد، محاسبه این مقادیر بسیار وقت‌گیر است. لذا برای محاسبه  $\lambda$  مقدار دترمینان ماتریس  $A - \lambda.I$  مساوی با صفر قرار داده می‌شود و با قراردادن بزرگترین مقدار  $\lambda$  حاصله در رابطه زیر مقادیر  $W$  محاسبه می‌شود.

$$(A - \lambda_{\max}.I) \times W = 0 \quad (۹-۲)$$

قصیه: برای یک ماتریس مثبت و معکوس (همچون ماتریس مقایسه زوجی) بردار ویژه را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$W = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k \cdot e}{e^T \cdot A^k \cdot e} \quad (۱۰-۲)$$

که در آن  $e^T = [1 \ 1 \ \dots \ 1]$  می‌باشد.

الف-۴- روش‌های تقریبی

این روش‌ها نسبت به روش‌های قبلی محاسبات کمتری داشته ولی از دقت کمتری هم برخوردار خواهند بود. این روش‌ها عمدتاً تقریبی از روش بردار ویژه هستند که با دقت‌های مختلف محاسبات را آسان می‌کنند. مهم‌ترین این روش‌ها عبارتند از:

- **مجموع سطری:** در این روش ابتدا مجموع عناصر هر سطر محاسبه شده تا یک بردار ستونی به

دست آید. نرمالیزه شده این بردار ستونی، بردار وزن خواهد بود.

- **مجموع ستونی:** در این روش ابتدا مجموع عناصر هر ستون محاسبه شده تا یک بردار سطری به دست آید. سپس عناصر این بردار معکوس می‌شود. نرمالیزه شده این بردار سطری، بردار وزن خواهد بود.

- **میانگین حسابی:** در این روش ابتدا هر ستون نرمالیزه شده و سپس از میانگین هر سطر بردار وزن به دست خواهد آمد.

- **میانگین هندسی<sup>۴۴</sup>:** در این روش میانگین هندسی عناصر هر سطر محاسبه می‌شود. نرمالیزه شده بردار حاصل، بردار وزن خواهد بود.

مثال: ماتریس مقایسه زوجی زیر را در نظر بگیرید و با استفاده از روش‌های فوق‌الذکر، بردار وزن را محاسبه کنید:

|                      | هزینه | فاصله تا شبکه راه‌ها | امکانات توسعه |
|----------------------|-------|----------------------|---------------|
| هزینه                | ۱     | ۳                    | ۲             |
| فاصله تا شبکه راه‌ها | ۱/۳   | ۱                    | ۱/۴           |
| امکانات توسعه        | ۱/۲   | ۴                    | ۱             |

روش حداقل مربعات: دستگاه معادلات به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} (a_{11}^2 + a_{21}^2 + a_{31}^2 - 2a_{11} + 3)W_1 - (a_{12} + a_{21})W_2 - (a_{13} + a_{31})W_3 + \lambda &= 0 \\ -(a_{12} + a_{21})W_1 + (a_{12}^2 + a_{22}^2 + a_{32}^2 - 2a_{22} + 3)W_2 - (a_{23} + a_{32})W_3 + \lambda &= 0 \\ -(a_{13} + a_{31})W_1 - (a_{23} + a_{32})W_2 + (a_{13}^2 + a_{23}^2 + a_{33}^2 - 2a_{33} + 3)W_3 + \lambda &= 0 \\ W_1 + W_2 + W_3 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{1}{9} + \frac{1}{4} - 2 + 3\right)W_1 - \left(3 + \frac{1}{3}\right)W_2 - \left(2 + \frac{1}{2}\right)W_3 + \lambda &= 0 \\ -\left(3 + \frac{1}{3}\right)W_1 + (9 + 1 + 16 - 2 + 3)W_2 - \left(\frac{1}{4} + 4\right)W_3 + \lambda &= 0 \end{aligned}$$

<sup>۴۴</sup>Geometric mean

$$-\left(2 + \frac{1}{2}\right) \cdot W_1 - \left(\frac{1}{4} + 4\right) W_2 + \left(4 + \frac{1}{16} + 1 - 2 + 3\right) \cdot W_2 + \lambda = 0$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1$$

از حل دستگاه فوق داریم:

$$W_1 = 0.5515$$

$$W_2 = 0.1223$$

$$W_3 = 0.3262$$

روش حداقل مربعات لگاریتمی: مساله برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \text{Min} Z = & (\ln(1) - \ln\left(\frac{W_1}{W_1}\right))^2 + (\ln(3) - \ln\left(\frac{W_1}{W_2}\right))^2 + (\ln(2) - \ln\left(\frac{W_1}{W_3}\right))^2 + \\ & (\ln\left(\frac{1}{3}\right) - \ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right))^2 + (\ln(1) - \ln\left(\frac{W_2}{W_2}\right))^2 + (\ln\left(\frac{1}{4}\right) - \ln\left(\frac{W_2}{W_3}\right))^2 + \\ & (\ln\left(\frac{1}{2}\right) - \ln\left(\frac{W_3}{W_1}\right))^2 + (\ln(4) - \ln\left(\frac{W_3}{W_2}\right))^2 + (\ln(1) - \ln\left(\frac{W_3}{W_3}\right))^2 \end{aligned}$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1$$

$$W_1, W_2, W_3 \geq 0$$

با حل مساله برنامه‌ریزی خطی بالا مقادیر  $W_1, W_2, W_3$  به صورت زیر محاسبه شد:

$$W_1 = 0.53$$

$$W_2 = 0.12$$

$$W_3 = 0.35$$

روش بردار ویژه: ماتریس  $(A - \lambda I)$  را تشکیل داده و دترمینان آن را مساوی صفر قرار می‌دهیم:

$$\det(A - \lambda I) = \begin{vmatrix} 1 - \lambda & 3 & 2 \\ 1/3 & 1 - \lambda & 1/4 \\ 1/2 & 4 & 1 - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$(1 - \lambda)^3 - 2(1 - \lambda) + \frac{49}{24} = 0$$

از حل معادله درجه سوم فوق داریم:



$$\lambda_{\max} = 3.1078$$

با حل معادله ماتریس  $(A - \lambda_{\max} I)W = 0$ ، بردار وزن به دست می‌آید:

روش مجموع سطری: از جمع کردن عناصر هر سطر، بردار ستونی زیر به دست می‌آید:

|                     |       |
|---------------------|-------|
| هزینه               | ۶     |
| فاصله تا شبکه راهها | ۱۹/۱۲ |
| امکانات توسعه       | ۱۱/۲  |

بردار نرمالیزه (بردار وزن) به صورت زیر خواهد بود:

|                     |       |
|---------------------|-------|
| هزینه               | ۰/۴۵۹ |
| فاصله تا شبکه راهها | ۰/۱۲۱ |
| امکانات توسعه       | ۰/۴۲۰ |

روش مجموع ستونی: از جمع کردن عناصر هر ستون، بردار سطری زیر به دست می‌آید:

|       |                     |               |
|-------|---------------------|---------------|
| هزینه | فاصله تا شبکه راهها | امکانات توسعه |
| ۱۱/۶  | ۸                   | ۱۳/۴          |

بردار معکوس به صورت زیر خواهد بود:

|       |                     |               |
|-------|---------------------|---------------|
| هزینه | فاصله تا شبکه راهها | امکانات توسعه |
| ۶/۱۱  | ۱/۸                 | ۴/۱۳          |

بردار نرمالیزه (بردار وزن) به صورت زیر خواهد بود:

|       |                     |               |
|-------|---------------------|---------------|
| هزینه | فاصله تا شبکه راهها | امکانات توسعه |
|-------|---------------------|---------------|

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| ۰/۵۵۷ | ۰/۱۲۸ | ۰/۳۱۵ |
|-------|-------|-------|

روش میانگین حسابی: با نرمالیزه کردن عناصر هر ستون، ماتریس زیر به دست می‌آید:

|                     | هزینه | فاصله تا شبکه راهها | امکانات توسعه |
|---------------------|-------|---------------------|---------------|
| هزینه               | ۰/۵۴۵ | ۰/۳۷۵               | ۰/۶۱۵         |
| فاصله تا شبکه راهها | ۰/۱۸۲ | ۰/۱۲۵               | ۰/۰۷۷         |
| امکانات توسعه       | ۰/۲۷۳ | ۰/۵                 | ۰/۳۰۸         |

بردار وزن از میانگین سطری عناصر به دست می‌آید:

|                     |       |
|---------------------|-------|
| هزینه               | ۰/۵۱۲ |
| فاصله تا شبکه راهها | ۰/۱۲۸ |
| امکانات توسعه       | ۰/۳۶  |

روش میانگین هندسی: با محاسبه میانگین هندسی عناصر هر سطر بردار ستونی زیر به دست می‌آید:

|                     |       |
|---------------------|-------|
| هزینه               | ۱/۸۱۷ |
| فاصله تا شبکه راهها | ۰/۴۳۷ |
| امکانات توسعه       | ۱/۲۶  |

بردار نرمالیزه (بردار وزن) به صورت زیر خواهد بود:

|                     |       |
|---------------------|-------|
| هزینه               | ۰/۵۱۷ |
| فاصله تا شبکه راهها | ۰/۱۲۴ |
| امکانات توسعه       | ۰/۳۵۹ |

به طور خلاصه بردار وزن در روش‌های مختلف به شرح زیر خواهد بود:

| میانگین هندسی | میانگین حسابی | مجموع ستونی | مجموع سطری |                      |
|---------------|---------------|-------------|------------|----------------------|
| ۰/۵۱۷         | ۰/۵۱۲         | ۰/۵۵۷       | ۰/۴۵۹      | هزینه                |
| ۰/۱۲۴         | ۰/۱۲۸         | ۰/۱۲۸       | ۰/۱۲۱      | فاصله تا شبکه راه‌ها |
| ۰/۳۵۹         | ۰/۳۶۰         | ۰/۳۱۵       | ۰/۴۲۰      | امکانات توسعه        |

وزن هر فاکتور نشان دهنده اهمیت و ارزش آن نسبت به فاکتورهای دیگر است. بنابراین انتخاب آگاهانه و صحیح وزن‌ها کمک بزرگی در جهت تعیین هدف مورد نظر می‌نماید.

عملیات وزن دهی فاکتورها به سه روش ذیل قابل انجام است.

(۱). استفاده از دانش کارشناسی: در این روش با استفاده از تجربه و دانش کارشناسان متخصص در زمینه کاربرد مورد نظر و با در نظر گرفتن خصوصیات محدوده مطالعاتی، فاکتورهای مناسب تعیین و وزن دهی می‌شوند. از مزایای این روش ساده و مستند بودن آن است. اما این روش دارای معایبی مانند، احتمال اشتباه کردن کارشناس در تعیین وزن و مشکل استانداردسازی واحدهای اندازه‌گیری ذهنی آن‌ها، می‌باشد.

(۲). استفاده از دانش داده‌ای: دانش داده‌ای متکی بر اطلاعات موجود در مورد جواب مساله می‌باشد. در دانش داده‌ای با استفاده از جواب‌های موجود در مساله مکان‌یابی و محاسبه میزان وابستگی هر یک از فاکتورها به جواب، می‌توان وزن مربوط به هر فاکتور را تعیین کرد. در این روش احتمال به وجود آمدن اشتباه کمتر است ولی درستی عملکرد آن بستگی به میزان صحت و دقت جواب‌های اولیه موجود دارد.

(۳). استفاده از دانش کارشناسی و داده‌ای به صورت توأم: در این روش با توجه به نتایج حاصل از دانش و تجربیات کارشناسان و استفاده از اطلاعات موجود، به هر یک از فاکتورها وزن تعلق می‌گیرد. بدین نحو که ابتدا وزن‌ها از طریق دانش کارشناسی و داده‌ای به صورت مجزا محاسبه می‌شوند سپس وزن مطلوب با مقایسه مقادیر به دست آمده تعیین می‌شود. در نتیجه احتمال وقوع اشتباه کاهش یافته و وزن‌ها به واقعیت نزدیک‌تر خواهند شد.

## ب- محاسبه وزن نهایی

وزن نهایی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی، از مجموع حاصل ضرب وزن هر معیار در امتیاز گزینه مورد نظر به دست می آید. مجموع امتیازات به دست آمده برای هر گزینه از رابطه زیر حاصل می شود:

$$A_{AHP\_score} = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot W_j \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11-2)$$

که در آن  $a_{ij}$  بیانگر میزان اهمیت نسبی گزینه  $i$  ام به ازای شاخص  $C_j$  و  $W_j$  نشان گر اهمیت شاخص  $C_j$  می باشد. همچنین لازم است که مقادیر گزینه ها و وزن شاخص ها با استفاده از روابط زیر نرمالیزه شود.

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (12-2)$$

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1 \quad (13-2)$$

### ۲-۱-۳- محاسبه نرخ ناسازگاری

یکی از مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کنترل سازگاری تصمیم است، به عبارت دیگر همواره در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه کرد و نسبت به خوب و بد بودن و یا قابل قبول و مردود بودن آن قضاوت کرد. اگر  $A$  دو برابر  $B$  اهمیت داشته باشد و  $B$  سه برابر  $C$  اهمیت داشته باشد، چنانچه  $A$  شش برابر  $C$  اهمیت داشته باشد، این قضاوت را سازگار می گوئیم. اگر ترجیح  $A$  نسبت به  $C$  عددی غیر از ۶ مثلاً ۵ باشد در این صورت از سازگاری قضاوت ها کم می شود. با توجه به این که سازگاری منطقی قضاوت های استفاده شده در تعیین اولویت ها لازم است می بایست سازگاری قضاوت ها بررسی شود.

اگر  $n$  معیار به شرح  $C_1, C_2, \dots, C_n$  داشته باشیم و ماتریس مقایسه زوجی آن ها به صورت زیر باشد:

$$A = [a_{ij}] \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

که در آن  $a_{ij}$  ترجیح معیار  $C_i$  بر  $C_j$  باشد، ماتریس  $A$  را سازگار<sup>۴۵</sup> گویند اگر در این ماتریس داشته باشیم:

$$a_{ik} \times a_{kj} = a_{ij} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n$$

- در صورتی که ماتریس  $A$  سازگار باشد:

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \quad (14-2)$$

- وزن در ماتریس های سازگار از طریق نرمالیزه کردن عناصر ستون ها به دست می آید.

<sup>۱</sup> - Consistent

اگر ماتریس مقایسه زوجی ناسازگار<sup>۴۶</sup> باشد، میزان ناسازگاری چه مقدار بوده و آن را چگونه اندازه‌گیری کنیم. قبل از بیان معیار اندازه‌گیری ناسازگاری بهتر است چند قضیه مهم ذکر شود:

- برای هر ماتریس مقایسه زوجی (که مثبت و معکوس است)، اگر  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  مقادیر ویژه ماتریس مقایسه زوجی باشند، مجموع مقادیر ویژه برابر  $n$  (بعد ماتریس) خواهد بود:

$$n = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

- بزرگترین مقدار ویژه ( $\lambda_{\max}$ ) همواره بزرگتر یا مساوی  $n$  است (در این صورت برخی از  $\lambda$  ها منفی خواهند بود).

- اگر عناصر ماتریس مقدار کمی از حالت سازگاری فاصله بگیرد، مقادیر ویژه آن نیز مقدار کمی از حالت سازگاری فاصله خواهد گرفت.

از طرف دیگر طبق تعریف برای هر ماتریس مربع  $A$  داریم:

$$A \times W = \lambda.W$$

که در آن  $W$  و  $\lambda$  به ترتیب بردار ویژه و مقدار ویژه ماتریس  $A$  می‌باشند. در حالتی که ماتریس  $A$  سازگار باشد، یک مقدار ویژه برابر  $n$  بوده (بزرگترین مقدار ویژه) و بقیه آن‌ها برابر صفر هستند. بنابراین در این حالت می‌توان نوشت:

$$A \times W = n.W$$

در حالتی که ماتریس مقایسه زوجی  $A$  ناسازگار باشد،  $\lambda_{\max}$  کمی از  $n$  فاصله می‌گیرد که می‌توان نوشت:

$$A \times W = \lambda_{\max}.W$$

از آن جا که  $\lambda_{\max}$  همواره بزرگتر یا مساوی  $n$  است و چنانچه ماتریس کمی از حالت سازگاری فاصله بگیرد  $\lambda_{\max}$  از  $n$  کمی فاصله خواهد گرفت. بنابراین تفاضل  $\lambda_{\max}$  و  $n$  (یعنی  $\lambda_{\max} - n$ ) معیار خوبی برای اندازه‌گیری ناسازگاری ماتریس خواهد بود. بی‌تردید مقیاس  $(\lambda_{\max} - n)$  به مقدار  $n$  (بعد ماتریس) بستگی داشته و برای رفع این وابستگی می‌توان مقیاس را به صورت زیر تعریف کرد که آن را شاخص ناسازگاری<sup>۴۷</sup> ( $I.I.$ ) می‌گویند (Oswald, 2004):

<sup>۴۶</sup> - Inconsistent  
<sup>۴۷</sup> - Inconsistency Index

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (15-2)$$

مقدار شاخص ناسازگاری را برای ماتریس‌هایی که اعداد آن‌ها کاملاً تصادفی اختیار شده باشند، محاسبه کرده‌اند و آن را شاخص ناسازگاری تصادفی<sup>۴۸</sup> (R.I.I.) نام نهاده‌اند که مقادیر آن را برای ماتریس n بعدی می‌توان از رابطه زیر یا جدول ۳-۲ محاسبه کرد (Oswald, 2004):

$$R.I.I = 1.98 \frac{n-2}{n} \quad (16-2)$$

جدول ۳-۲- شاخص ناسازگاری تصادفی

|      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |   |   |        |
|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|---|---|--------|
| ۱۲   | ۱۱   | ۱۰   | ۹    | ۸    | ۷    | ۶    | ۵    | ۴   | ۳    | ۲ | ۱ | n      |
| ۱/۵۳ | ۱/۵۱ | ۱/۴۵ | ۱/۴۵ | ۱/۴۱ | ۱/۳۲ | ۱/۲۴ | ۱/۱۲ | ۰/۹ | ۰/۵۸ | ۰ | ۰ | R.I.I. |

برای هر ماتریس حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ناسازگاری تصادفی هم بعدش معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری می‌باشد که آن را نرخ ناسازگاری<sup>۴۹</sup> (I.R) می‌نامیم.

$$I.R. = \frac{I.I.}{R.I.I} \quad (17-2)$$

محاسبه نرخ ناسازگاری نیز از اهمیت بالایی در روش AHP برخوردار است. در حالت کلی می‌توان گفت که میزان قابل قبول ناسازگاری یک سیستم بستگی به تصمیم‌گیرنده دارد، اما ساعتی عدد ۰/۱ را به عنوان حد قابل قبول ارائه می‌کند و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد، بهتر است در قضاوت‌ها تجدید نظر شود (Saaty, 2001).

### ۳-۱-۲- تصمیم‌گیری گروهی با تحلیل سلسله مراتبی

سازمان‌های مدرن امروزی چنان وسیع و پیچیده شده‌اند که مدیریت آن‌ها از عهده یک فرد به تنهایی بر نمی‌آید. گرایش‌های خاص و پیش‌داوری‌هایی که معمولاً هر انسانی دچار آن است، باعث می‌شود تا تصمیم‌گیری‌های مدیر با اهداف سازمان هماهنگی و سازگاری نداشته باشد. لذا همکاری و تشریک مساعی گروهی و استفاده از افراد متعدد با تخصص‌های متنوع و موقعیت‌های شغلی مختلف، تنها راه دستیابی به

<sup>۲</sup> - Random Inconsistency Index

<sup>۱</sup> - Inconsistency Ratio

یک سیستم تصمیم‌گیری منطقی، منظم و جامع باشد تا بدین وسیله خطای تصمیم‌گیری کاهش و سرعت کارها بهبود یابد. از این رو است که اغلب شرکت‌های بزرگ، قانون لازم می‌دانند که علاوه بر مدیر، هیات مدیره نیز وجود داشته باشد، و در بعضی از موسسات همچون دانشگاه‌ها وجود هیات امنای الزامی است. همچنین در دادگاه‌ها و در تصمیم‌گیری درباره مسائل مهم قضائی و حقوقی، علاوه بر قاضی، هیات منصفه‌ای نیز باید حضور داشته باشد. از طرف دیگر در انتقاد از تصمیم‌گیری گروهی گفته شده است که در جلسات اداری، کمتر اتفاق مهمی می‌افتد و تشکیل جلسه و شورا بیشتر به خاطر حفظ ظواهر است تا به خاطر رسیدگی و تصمیم‌گیری درباره مسائل مهم و واقعی. یا به تمسخر گفته شده است که یکی از بهترین راه‌هایی که مطمئن باشیم که درباره کاری هرگز اقدامی صورت نخواهد گرفت این است که کمیون و یا هیاتی را مامور رسیدگی و تصمیم‌گیری درباره آن کار بنمائیم. پس می‌توان نتیجه گرفت که مانند تصمیم‌گیری انفرادی، تصمیم‌گیری گروهی دارای مزایا و معایبی است. به طور خلاصه مزایای تصمیم‌گیری گروهی به شرح زیر است:

۱- کیفیت تصمیم‌گیری گروهی از کیفیت تصمیم‌گیری فردی بالاتر است. چراکه جمع دانش و اطلاعاتی که در گروه متمرکز است، بسیار بیشتر از دانش و اطلاعاتی است که در یک فرد به تنهایی وجود دارد.

۲- در گروه، فکر و عقیده‌های متنوع‌تر و راه و روش‌های بیشتری برای حل مساله پیشنهاد می‌شود.

۳- مشارکت و تصمیم‌گیری به پذیرش و مقبولیت آن می‌افزاید.

۴- حضور افراد در جلسات تصمیم‌گیری باعث می‌شود تا دلیل اتخاذ یک تصمیم خاص بهتر فهمیده شود.

تصمیم‌گیری گروهی، ضمانتی برای تصمیماتی با کیفیت عالی نیست. تصمیم‌گیری گروهی دارای نقاط ضعف زیر می‌باشد:

۱- معمولاً افراد در جمع و در حضور یکدیگر دچار رودربایستی‌هایی می‌شوند که مانع از ابراز نظرات انتقادی و مخالف می‌شود. به همین دلیل افراد در گروه سعی می‌کنند نظراتی را که گروه نمی‌پسندند، اظهار نکنند و می‌کوشند تا عقاید آن‌ها موافق و سازگار با عقاید اکثریت باشد.

۲- راه حلی که همگان آن را قبول دارند، بدون توجه به کیفیت آن پذیرفته می‌شود. این امر مانع از آن می‌شود که راه حل‌های دیگری مورد بررسی قرار گیرد.

۳- افراد منتفذ و شخصیت‌های برجسته در گروه بیش از دیگران و بیش از سهم خود، تصمیم‌گیری‌ها در گروه را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

۴- گاه در گروه، بحث و جدل و سعی در متقاعد کردن یکدیگر، از سعی در پیدا کردن راه حل‌هایی با کیفیت بهتر پیش می‌گیرد.

۵- در اکثر اوقات توجه بیش از حد نشان دادن به اجماع و اتفاق نظر در جمع، تصمیم‌گیری را از حالت پویایی و مسیر صحیح منحرف می‌سازد.

۶- بین بازدهی و حصول اجماع رابطه معکوس وجود دارد. هر بار که ما مایلیم که از یک همکار سازمانی دیگر نظر او را اراجع به تصمیم خودمان بدانیم، به همان میزان ما زمان و امکانات دیگر بیشتری را صرف اتخاذ تصمیم می‌کنیم.

وظیفه مدیر آن است که با توجه به مزایا و معایب فوق‌الذکر موقعیت مناسب برای استفاده بهینه از هر یک از این دو روش تصمیم‌گیری را تشخیص دهد. به هر حال در صورتی که تصمیم‌گیری گروهی مد نظر باشد، قبل از هر چیز باید گروه تصمیم‌گیرنده را مشخص کرد. امتیاز نسبی تصمیم‌گیری گروهی بر تصمیم‌گیری انفرادی، بستگی به ترکیب گروه تصمیم‌گیرنده خواهد داشت. حضور افراد سطح پایین در تصمیم‌گیری بر دقت و کارایی تصمیم اتخاذ شده تاثیر مهمی دارد. البته حضور افراد مختلف در این تصمیم‌سازی‌ها باعث مسائلی می‌شود که نیاز به تحقیق بیشتر دارد. دخالت افراد غیر مرتبط به تصمیم در فرآیند تصمیم‌گیری مشکلاتی ایجاد خواهد کرد و از طرف دیگر استفاده نکردن از افراد خبره و کاردان کارایی را کاهش خواهد داد. برای تشکیل گروه اخیر باید تعداد افراد متخصص، غیرمتخصص، کارکنان و مدیران رده‌های بالاتر و نیز تعدادی افراد مستقل انتخاب شوند که این فرآیند اغلب مشکل و وقت‌گیر است.

پس از انتخاب گروه تصمیم‌گیری به منظور به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی باید بر اساس مباحثات اعضای گروه، سلسله مراتب مساله که بیان‌کننده مشکل مورد مطالعه باشد، ایجاد شود. سلسله مراتب تصمیم‌نموداری است که با توجه به مساله تحت بررسی دارای سطوح متعدد است. اختصاصاً سطح اول هر نمودار بیان‌کننده هدف تصمیم‌گیری است. سطح آخر هر نمودار بیان‌کننده گزینه‌هایی است که با همدیگر مقایسه



می‌شوند و برای انتخاب در رقابت با همدیگر هستند دیگر سطوح (میانی) نشان‌دهنده فاکتورهایی است که ملاک مقایسه گزینه‌ها هستند. مرحله اساسی در این تصمیم‌گیری فاکتورهایی است که بر اساس آن‌ها گزینه‌های رقیب با همدیگر مقایسه می‌شوند. تعیین این فاکتورها در تصمیمات انفرادی چندان مشکل نیست چرا که خود تصمیم‌گیرنده این عوامل را به‌شخصه تعیین می‌کند. در حالی که ممکن است این عوامل در تصمیم‌گیری‌های گروهی به دلیل اختلاف علائق و تخصص افراد متعدد باشد. برخی از شرکت‌کنندگان ممکن است از قبل تصمیم خودشان را در مورد سلسله‌مراتبی گرفته باشند و از طرف دیگر برخی از شرکت‌کنندگان مایل نباشند که عامل مورد نظر آن‌ها در سطح پایین سلسله‌مراتبی قرار گیرد. تجربه نشان داده است که جلسه‌های اول گروه تصمیم‌ساز که در مورد ساختار سلسله‌مراتبی بحث می‌کنند، سمت و سوی مشخص نداشته ولی در مراحل بعدی که فرآیند قضاوت شروع می‌شود، جلسه‌ها دارای جهت مشخص می‌شود.

پس از توافق گروه در مورد ساختار سلسله‌مراتبی، باید ماتریس‌های مقایسه زوجی در هر سطح ایجاد شود. برای تلفیق نظرات تصمیم‌گیرندگان در تصمیم‌گیری گروهی می‌توان به یکی از طرق زیر اقدام کرد:

#### الف- برگزاری جلسه مشترک به منظور توافق در عناصر مقایسه زوجی

ساده‌ترین راه برای تصمیم‌گیری گروهی برگزاری جلسه مشترک به منظور به توافق رساندن نظرات در ارائه یک ماتریس مقایسه زوجی مورد تایید همه می‌باشد. به عبارت دیگر در این حالت گروه باید در مورد هر عضو ماتریس به اتفاق آرا برسند. برای تکمیل هر ماتریس مقایسه زوجی  $n$  بعدی  $n(n-1)/2$  مقایسه‌های زوجی خواهد بود.

بدیهی است که توافق بیت شرکت‌کنندگان مشکل است و از طرف دیگر چنانچه سلسله‌مراتبی بزرگ باشد، عملیات بسیار خسته‌کننده و وقت‌گیر خواهد بود. این روش عملاً به بی‌خاصیت شدن مقایسه‌های انجام شده و یا تحت تاثیر قرار گرفتن نظرات افراد نسبت به نظرات یک فرد پرنفوذ می‌شود.

#### ب- تلفیق قضاوت‌های افراد (ماتریس‌های تصمیم‌گیری) (AIJ)<sup>۵۰</sup>

در این روش هر یک از افراد تصمیم‌ساز مقدار دلخواه خود برای هر عضو ماتریس اعلام و سپس با استفاده از ماتریس‌های منفرد، ماتریس تصمیم‌گیری گروهی تشکیل می‌شود. درایه‌های این ماتریس با استفاده از میانگین هندسی موزون درایه‌های ماتریس‌های منفرد به دست می‌آید. اکزل و ساعتی نشان داده اند که

<sup>۱</sup>- Aggregation of individual judgment

میانگین هندسی بهترین روش برای تلفیق قضاوت‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی گروهی است (Aczel and Saaty, 1983). اگر  $a_{ij}^{(k)}$  مولفه مربوط به شخص  $k$ ام برای مقایسه عامل  $i$  نسبت به  $j$  باشد، در این صورت میانگین هندسی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$a_{ij} = \left[ \prod_{k=1}^n a_{ij}^{(k)} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (17-2)$$

رابطه فوق در صورتی به کار می‌رود که نظرات اعضای گروه درجه یکسانی داشته باشد. هر گاه نظرات افراد در قضاوت‌های تشکیل شده ماتریس مقایسه زوجی دارای اهمیت‌های متفاوتی باشد، برای قضاوت هر فرد می‌توان وزنی ( $\beta_k$ ) در نظر گرفت و از رابطه زیر استفاده کرد:

$$a_{ij} = \left[ \prod_{K=1}^n (a_{ijK})^{\beta_K} \right]^{\frac{1}{\sum \beta_K}} \quad i, j = 1, 2, \dots, m \quad K = 1, 2, \dots, n \quad (18-2)$$

$$\sum_{K=1}^n \beta_K = m \quad (19-2)$$

که در این روابط  $\beta_K$  معرف میزان اهمیت و تاثیر گذاری تصمیم‌گیرنده  $K$ ام و  $a_{ijK}$  معرف درایه ماتریس مقایسه‌های منفرد تصمیم‌گیرنده  $K$ ام می‌باشد.

ج- تلفیق اولویت‌های ایجاد شده توسط تصمیم‌گیرندگان برای گزینه‌های مختلف (AIP)<sup>۵۱</sup>

در این حالت ابتدا از ماتریس‌های قضاوت منفرد، وزن‌های اولویت گزینه‌ها برای تصمیم‌گیرنده  $K$ ام ( $w_i^k$ )  $K=1, 2, \dots, n$  محاسبه شده ( $n$  تعداد تصمیم‌گیرندگان می‌باشد) و سپس از طریق محاسبه میانگین هندسی وزن‌های منفرد برای هر گزینه، وزن اولویت گروهی گزینه ( $w_i^G$ ) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$W^G = (w_i^G) ; \quad w_i^G = \prod_{K=1}^n (w_i^K)^{\beta_K} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (20-2)$$

$$\sum_{K=1}^n \beta_K = 1 \quad (21-2)$$

که در این رابطه  $\beta_K$  معرف میزان و اهمیت تاثیرگذاری تصمیم‌گیرنده  $K$ ام بوده و  $W^G$  ماتریسی  $1 \times m$  است که نشان دهنده وزن‌های تلفیق شده تصمیم‌گیرندگان منفرد در رابطه با هر گزینه است.

<sup>۵۱</sup> - Aggregation of individual priorities

در انتها به منظور بررسی اعتبار قضاوت‌ها باید نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی را که با استفاده از میانگین هندسی به دست آمده است، محاسبه کرد. شاخص سازگاری برای مقایسه‌های گروهی با مقایسات انفرادی متفاوت و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n} \quad (22-2)$$

نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ بیان‌کننده مقبولیت تصمیم‌گیری می‌باشد. به منظور محاسبه انحراف نسبی هر یک از تصمیم‌های فردی با قضاوت گروهی، می‌توان نرخ ناسازگاری گروهی را با نرخ ناسازگاری حاصل از ماتریس مقایسه زوجی هر فرد مقایسه کرد. بدین طرق می‌توان افرادی را که قضاوتشان از جمع دور افتاده است، مشخص کرد.

## ۲-۲- روش الکترا

### ۲-۲-۱- مقدمه

روش الکترا توسط بنایون ارائه شد و سپس توسط وان دلفت، نیجکامپ، روی و سایر همکاران‌شان توسعه داده شده است. در روش الکترا از مفهوم تسلط به صورت ضمنی استفاده می‌شود. در این روش گزینه‌ها به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند و گزینه‌های مسلط و ضعیف (یا غالب و مغلوب) شناسایی شده و سپس گزینه‌های ضعیف و مغلوب حذف می‌شوند (Roy, 1991).

از زمان معرفی نسخه اصلی روش ELECTRE I (Roy, 1968)، نسخه‌های دیگری این روش ارائه شده‌اند که عبارتند از:

ELECTRE II (Roy and Bertier 1973)

ELECTRE III (Roy 1978)

ELECTRE IV (Roy and Hugonnard 1982)

ELECTRE IS (Roy 1985)

ELECTRE TRI (Mousseau et al. 1997)

### ۲-۲-۲- مراحل روش الکترا

اگر در یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره،  $n$  معیار و  $m$  گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش الکترا مراحل زیر باید انجام شود:



## ۲-۲-۲-۴- تعیین ماتریس تصمیم وزن دار نرمال شده

ماتریس تصمیم وزن دار از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در بردار وزن معیارها به دست می‌آید:

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m.$$

## ۲-۲-۲-۵- تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف

برای هر زوج گزینه  $e, k$  ( $k, e = 1, 2, \dots, m, k \neq e$ ) مجموعه معیارها  $J = \{1, 2, \dots, m\}$  به دو زیر مجموعه موافق و مخالف تقسیم می‌شوند. مجموعه موافق ( $S_{ke}$ ) مجموعه‌ای از معیارهایی است که در آن‌ها گزینه  $k$  نسبت به گزینه  $e$  ترجیح دارد و مجموعه مکمل آن مجموعه مخالف ( $I_{ke}$ ) می‌باشد. به زبان ریاضی:

$$S_{ke} = \{j | v_{kj} \geq v_{ej}\} \quad (24-2)$$

$$I_{ke} = \{j | v_{kj} < v_{ej}\} \quad (25-2)$$

## ۲-۲-۲-۶- تشکیل ماتریس توافق

برای تشکیل ماتریس توافق باید عناصر آن را که شاخص توافق<sup>۵۲</sup> نامیده می‌شوند، محاسبه کرد. شاخص توافق از جمع وزن معیارهایی که در مجموعه موافق آمده‌اند، به دست می‌آید. بنابراین شاخص توافق  $C_{ke}$  که بین گزینه  $k$  و  $e$  می‌باشد، برابر است با (Roy, 1991):

$$C_{ke} = \frac{\sum_{j \in S_{ke}} W_j}{\sum_{j=1} W_j} \quad (26-2)$$

برای مجموعه وزن‌های نرمال شده  $\sum_{j \in I} W_j$  مساوی یک است لذا:

$$C_{ke} = \sum_{j \in S_{ke}} W_j \quad (27-2)$$

شاخص توافق بیان‌گر میزان برتری گزینه  $k$  بر گزینه  $e$  است که مقدار آن از صفر تا یک تغییر می‌کند. با محاسبه شاخص توافق برای همه زوج گزینه‌ها می‌توان ماتریس توافق را که یک ماتریس  $m \times m$  است، به صورت زیر تعریف کرد. در حالت کلی این ماتریس متقارن نیست.

<sup>۱</sup> - index of concordance

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

#### ۲-۲-۲-۲- تعیین ماتریس مخالف

شاخص عدم توافق<sup>۵۳</sup> (مخالف) به صورت زیر تعریف می‌شود (Roy, 1991):

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in I_{ke}} |v_{kj} - v_{ej}|}{\max_{j \in J} |v_{kj} - v_{ej}|} \quad (28-2)$$

مقدار شاخص عدم توافق (مخالف) از صفر تا یک تغییر می‌کند. با محاسبه شاخص عدم توافق برای همه زوج گزینه‌ها می‌توان ماتریس عدم توافق را که یک ماتریس  $m \times m$  است، به صورت زیر تعریف کرد. در حالت کلی این ماتریس متقارن نیست.

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

لازم به تذکر است که اطلاعات موجود در ماتریس توافق تفاوت‌های عمده‌ای با اطلاعات موجود در ماتریس مخالف دارد و در واقع این اطلاعات مکمل یکدیگرند. تفاوت میان وزن‌ها به وسیله ماتریس توافق حاصل می‌شود، حال آن که تفاوت میان مقادیر مشخص شده به وسیله ماتریس مخالف به دست می‌آید.

#### ۲-۲-۲-۲-۸- تشکیل ماتریس تسلط موافق

در قدم ششم نحوه محاسبه شاخص توافق  $c_{ke}$  بیان شد. هم اکنون در این قدم یک مقدار معین برای شاخص توافق مشخص می‌شود که آن را آستانه موافقت می‌نامند و با  $\bar{c}$  نشان داده می‌شود. اگر  $c_{ke}$  بزرگ‌تر از  $\bar{c}$  باشد، برتری گزینه  $k$  بر گزینه  $e$  قابل قبول است و گرنه گزینه  $k$  بر گزینه  $e$  برتری ندارد. مقدار آستانه موافقت از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Roy, 1991):

$$\bar{c} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{\substack{e=1 \\ k \neq e}}^m c_{ke}}{m(m-1)} \quad (29-2)$$

<sup>۵۳</sup> - index of discordance

ماتریس تسلط موافق (F) با توجه به مقدار آستانه موافقت تشکیل می‌شود که اعضای آن براساس رابطه زیر مشخص می‌شود (Roy, 1991):

$$f_{ke} = \begin{cases} 1 & c_{ke} \geq \bar{c} \\ 0 & c_{ke} < \bar{c} \end{cases} \quad (30-2)$$

#### ۹-۲-۲-۲-۲ تشکیل ماتریس تسلط مخالف

ماتریس تسلط مخالف (G) مانند ماتریس تسلط موافق تشکیل می‌شود. بدین منظور ابتدا باید آستانه مخالفت  $\bar{d}$  توسط تصمیم‌گیرنده بیان شود که می‌تواند به عنوان مثال میانگین شاخص‌های مخالفت (عدم توافق) باشد (Roy, 1991). یعنی:

$$\bar{d} = \sum_{k=1}^m \sum_{\substack{e=1 \\ k \neq e}}^m \frac{d_{ke}}{m(m-1)} \quad (31-2)$$

همان‌گونه که در قدم هفتم بیان شد مقدار شاخص مخالفت ( $d_{ke}$ ) هرچه کمتر باشد بهتر است زیرا میزان مخالفت (عدم توافق) با برتری گزینه k بر گزینه e را بیان می‌کند. چنانچه  $d_{ke}$  از  $\bar{d}$  بزرگ‌تر باشد میزان مخالفت زیاد بوده و نمی‌توان از آن صرف‌نظر کرد. بنابراین ماتریس عناصر تسلط مخالفت (G) به صورت زیر محاسبه می‌شود (Roy, 1991):

$$g_{ke} = \begin{cases} 0 & d_{ke} > \bar{d} \\ 1 & d_{ke} \leq \bar{d} \end{cases} \quad (32-2)$$

هر عضو ماتریس G نیز نشان‌گر رابطه تسلط مابین گزینه‌ها می‌باشد.

#### ۱۰-۲-۲-۲-۲ تشکیل ماتریس تسلط نهایی

ماتریس تسلط نهایی H از ضرب تک تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق F در ماتریس تسلط مخالف G حاصل می‌شود (Roy, 1991):

$$h_{ke} = f_{ke} \cdot g_{ke} \quad (33-2)$$

#### ۱۱-۲-۲-۲-۲ انتخاب بهترین گزینه

ماتریس تسلط نهایی H ترجیحات جزئی گزینه‌ها را بیان می‌کند. به طور مثال، اگر مقدار  $h_{ke}$  برابر یک باشد بدین معناست که برتری گزینه k بر گزینه e در هر دو حالت موافق و مخالف قابل قبول است (یعنی برتری آن از حد آستانه موافقت بیشتر بوده و مخالفت و یا ضعف آن نیز از حد آستانه مخالفت کمتر است) ولیکن

هنوز گزینه  $k$  شانس مسلط شدن توسط گزینه‌های دیگر را دارد. گزینه‌ای باید انتخاب شود که بیشتر از آن که مغلوب شود، تسلط داشته باشد و از این نظر می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد.

## ۲-۳- روش شباهت به گزینه ایده‌آل

### ۲-۳-۱- مقدمه

روش شباهت به گزینه ایده‌آل توسط یون و هوانگ<sup>۴</sup> در سال ۱۹۸۱ ارائه شد که مورد استقبال محققین و کاربران مختلف واقع شد. در این روش گزینه‌ها بر اساس شباهت به حل ایده‌آل رتبه‌بندی می‌شوند، به طوری که هرچه یک گزینه شبیه‌تر به حل ایده‌آل باشد، رتبه بیشتری دارد. این تکنیک تصمیم‌گیری از پشتوانه ریاضی قوی برخوردار است و همانند بسیاری از روش‌های علمی، دانستن و رعایت مفروضات، محدوده و شرایط اعتبار قوانین و صحت فرمول‌های پیشنهاد شده، محدوده دقت نتایج و شرایط قابل قبول بودن جواب‌ها بسیار حائز اهمیت است. در تعریف این روش از دو مفهوم "حل ایده‌آل" و "شباهت به حل ایده‌آل" استفاده شده است. حل ایده‌آل چنانچه از اسم آن پیداست، آن حلی است که از هر جهت بهترین باشد که عموماً در عمل وجود نداشته و سعی بر آن است که به آن نزدیک شویم. به منظور اندازه‌گیری شباهت یک طرح (یا گزینه) به حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل، فاصله آن طرح (یا گزینه) از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل اندازه‌گیری می‌شود و گزینه‌ها بر اساس نسبت فاصله از حل ضد ایده‌آل به مجموع فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. مفروضات زیربنائی این تکنیک عبارتند از:

الف- مطلوبیت هر معیار باید به طور یکنواخت، افزایشنده و یا کاهشنده باشد. به عبارت دیگر مطلوبیت معیار اعم از کیفی یا کمی با تغییر مقدار آن افزایشنده یا کاهشنده است. معیارها باید به طور یکنواخت کاهشنده یا افزایشنده

---

<sup>۱</sup>- Yoon and Hwang



باشند تا بتوان بهترین ارزش موجود آن را نشان دهنده ایده‌آل و بدترین ارزش آن را نشان دهنده ضد ایده‌آل تلقی کرد.

ب- معیارها باید به گونه‌ای باشند که مستقل از همدیگر فرض شوند.

ج- از آنجا که نرخ تبادل بین معیارها معمولاً مقداری غیر از واحد است، فاصله گزینه‌ها از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل به صورت فاصله اقلیدسی محاسبه می‌شود.

مزایای این روش تصمیم‌گیری چند معیاره عبارتند از:

الف- تصمیم‌گیری در صورت وجود معیارهای مثبت و معیارهای منفی (حتی توأم با هم در یک مساله)

امکان‌پذیر است در حالی که روشی مانند روش تحلیل سلسله مراتبی برای معیارهای مثبت پاسخ‌گو است.

ب- برای تعیین بهترین گزینه می‌توان تعداد قابل توجهی معیار را مورد بررسی قرار داد در حالی که روشی مانند روش تحلیل سلسله مراتبی عملاً و ذاتاً در این زمینه محدودیت‌هایی وجود دارد.

ج- این روش ساده و دارای سرعت مناسب است و برای تعداد زیادی گزینه و معیار به خوبی پاسخ‌گو است.

د- در این روش، به راحتی می‌توان معیارهای کیفی را کمی کرد و تصمیم‌گیری با وجود توأم معیارهای کیفی و کمی میسر است.

ه- در این روش، اطلاعات اصلی معیارها با توجه به وزن معیارها مورد توجه قرار می‌گیرد. جواب وابسته به وزنی است که به وسیله تصمیم‌گیرنده به معیارها داده می‌شود. خوشبختانه بعضی از روش‌های قابل اطمینان مانند روش آنتروپی برای ارزیابی وزن‌ها شناسایی شده‌اند که مطلوبیت روش را افزایش داده است.

و- خروجی سیستم به صورت کمی است و علاوه بر تعیین گزینه برتر، رتبه سایر گزینه‌ها به صورت عددی بیان می‌شود. این مقدار عددی همان نزدیکی نسبی است که مبنای قوی این روش را بیان می‌کند.

ز- قابلیت مشاهده تاثیر ضریب اهمیت معیارها بر روی رتبه‌بندی گزینه‌ها به صورت عددی وجود دارد.

روش شباهت به گزینه ایده‌آل در مسائل مختلفی به کار رفته است که مهم‌ترین آن‌ها در جدول ۲-۴ ارائه شده است.

| موضوع  | ارائه دهنده                      |
|--|----------------------------------|
| تحلیل محل احداث کارخانه با استفاده از روش TOPSIS         | Yoon, Hwang (1985)               |
| مدل‌های تصمیم‌گیری برای انتخاب ربات                      | Parkan, Wu (1999)                |
| مقایسه درون شرکتی با استفاده از روش TOPSIS اصلاح شده     | Deng, Yeh, Willis (2000)         |
| استفاده از روش TOPSIS در مدیریت باطله‌های جامد           | Cheng, Chan, Huang (2002)        |
| ارزیابی چند معیاره سیستم‌های حمل و نقل در اروپا          | Janic(2003)                      |
| استفاده از روش TOPSIS در گزینه‌های مدیریت آب             | Srdjevic, Medeiros, Faria (2004) |
| استفاده از روش TOPSIS برای انتخاب کشور میزبان برای تبعید | Chen, Tzeng (2004)               |
| انتخاب مواد چرخ دنده با استفاده از روش TOPSIS            | Milani, Shanian, Madoliat (2005) |
| انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا- سیمان       | عطایی، ۱۳۸۴                      |

## ۲-۳-۲- مراحل روش شباهت به حل ایده‌آل

اگر در یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره  $n$  معیار و  $m$  گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش شباهت به حل ایده‌آل، مراحل روش به شرح ذیل می‌باشد ( Chue, 2002, Kabassi & Virvou, 2004):

### ۲-۳-۲-۱- تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به تعداد معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

که در آن  $x_{ij}$  عملکرد گزینه  $i$  ام ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) در رابطه با معیار  $j$  ام ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) می‌باشد.

### ۲-۳-۲-۲- بدون مقیاس کردن ماتریس تصمیم

در این مرحله سعی می‌شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهایی بدون بعد تبدیل شوند و ماتریس  $R$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

روش‌های مختلفی برای بی‌مقیاس کردن وجود دارد، اما در روش شباهت به گزینه ایده‌آل معمولاً از رابطه زیر استفاده می‌شود (Chu, 2002):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (34-2)$$

در صورتی که فاصله بین مقادیر اندازه‌گیری شده زیاد نباشد، می‌توان برای بی‌مقیاس کردن معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر استفاده کرد:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{ij}\}}{\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\}} \quad (35-2)$$

$$r_{ij} = \frac{\max\{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\}} \quad (36-2)$$

### ۳-۲-۳-۲- تعیین ماتریس وزن معیارها

در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، ماتریسی به صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & & 0 \\ \vdots & w_2 \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & w_n \end{bmatrix}$$

ماتریس  $W$  یک ماتریس قطری است که فقط عناصر روی قطر اصلی آن غیر صفر و مقدار این عناصر مساوی ضریب اهمیت بردار مربوطه است.

### ۳-۲-۴- تعیین ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار

ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در ماتریس وزن معیارها به دست می‌آید:

$$V = R \times W = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

### ۲-۳-۲-۵- یافتن حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل

اگر حل ایده‌آل با  $A^*$  و ضد ایده‌آل با  $A^-$  نشان داده شود در این صورت:

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_i^*, \dots, v_n^*\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_i^-, \dots, v_n^-\}$$

که  $v_i^*$  بهترین مقدار  $i$  امین معیار از بین تمام گزینه‌ها و  $v_i^-$  بدترین مقدار  $i$  امین معیار از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد. گزینه‌هایی که در  $A^*$  و  $A^-$  قرار می‌گیرند، به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند.

### ۲-۳-۲-۶- محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل

در این مرحله برای هر گزینه فاصله از حل ایده‌آل و فاصله از حل ضد ایده‌آل به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$S_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_j^*)^2} \quad (۳۷-۲)$$

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (۳۸-۲)$$

که در این روابط اندیس  $i$  معرف معیار مورد نظر و اندیس  $j$  معرف گزینه مورد نظر می‌باشد.

### ۲-۳-۲-۷- محاسبه شاخص شباهت

در آخرین مرحله شاخص شباهت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_j^* = \frac{S_j^-}{S_j^* + S_j^-} \quad (۳۹-۲)$$

مقدار شاخص شباهت بین صفر و یک تغییر می‌کند و هر چه گزینه مورد نظر به ایده‌آل مشابه‌تر باشد، مقدار شاخص شباهت آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. کاملاً واضح است که اگر  $A_j=A^*$  باشد، آنگاه  $S_j^*$  مساوی صفر و شاخص شباهت آن مساوی یک خواهد بود و در صورتی که  $A_j=A^-$  آنگاه  $S_j^-$  مساوی صفر و شاخص شباهت آن مساوی صفر خواهد بود. لذا رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس مقدار شاخص شباهت خواهد بود، بدین ترتیب، گزینه‌ای که دارای بیشترین شاخص شباهت است، دارای رتبه اول و گزینه‌ای که دارای کمترین شاخص شباهت است، حائز رتبه آخر خواهد بود.

# فصل سوم

## مطالعه‌های موردی

### ۳-۱- انتخاب محل احداث کارخانه آلومینا سیمان

#### ۳-۱-۱- مبانی انتخاب محل احداث کارخانه

در چندین دهه اخیر مکان‌یابی واحدهای صنعتی توجه اکثر محققان را به خود جلب کرده است. به طور کلی، پس از مرحله مطالعات مهندسی و طراحی و تعیین پارامترهای زیربنایی برای تولید محصول از یک کارخانه، اولین و مهم‌ترین نکته‌ای که می‌بایست در مورد آن مطالعه و تصمیم‌گیری شود، انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه و یا انتخاب محل ساختگاه می‌باشد.

انتخاب محل بهینه هر واحد صنعتی نیاز به شناخت معیارهای موثر در این زمینه دارد تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوبی به عمل آید. در کشورهایی که با محدودیت منابع و امکانات مواجه هستند، تعیین و شناخت این معیارها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. انتخاب محل استقرار واحدهای مختلف صنعتی، به عوامل متعددی بستگی دارد که بخشی مستقیماً مربوط به نتایج طراحی کارخانه و بخشی نیز وابسته به فاکتورهای محیطی و یا اقتصادی می‌باشد.

مهم‌ترین این معیارها عبارتند از: میزان مواد اولیه مصرفی سالیانه کارخانه و محل‌های تامین کننده آن‌ها، نزدیکی کافی به منابع مواد اولیه، کافی بودن مقدار مواد اولیه موجود در محل، درجه اطمینان دسترسی به مواد اولیه، میزان مرغوب بودن مواد اولیه موجود در محل، امکان استفاده از محصولات فرعی واحدهای صنعتی واقع در منطقه به عنوان ماده اولیه، نیروی انسانی ماهر، انرژی، بازار فروش، شبکه ترابری، قوانین و

مقررات دولتی، حمل و نقل مواد اولیه مصرفی و تولیدات، فضاهای مورد نیاز بخش‌های صنعتی و جنبی و پشتیبانی، نحوه دفع پساب و پس‌مانده صنعتی کارخانه، تامین زمین مناسب، بازارهای مصرف محصولات و تولیدات کارخانه، شرایط جوی محل استقرار کارخانه، مقدار مصرف آب و نحوه تامین و انتقال آن، مقدار مصرف برق کارخانه و نحوه تامین و انتقال آن، مقادیر مصرف سوخت کارخانه و نحوه تامین و انتقال آن‌ها، مقدار انعطاف‌پذیری کارخانه در قبال تغییرات نوع، کیفیت و قیمت مواد اولیه، نحوه تهیه مصالح ساخت ساختمان‌های کارخانه، لرزه‌خیزی و وضعیت زمین از نظر گسل‌های زلزله، مراکز تامین و اسکان نیروی انسانی و عوامل محیطی از قبیل اثرات اجتماعی، زیست محیطی و ... .

سیمان به عنوان یک کالای صنعتی با بیش از صد سال عمر، از جمله ضروری‌ترین محصولات برای آبادانی می‌باشد. نظر به این که سیمان در رسیدن به اهداف عمرانی و توسعه کشور از جمله راه، سد، راه آهن، تونل، بهداشت، اسکان و ... نقش عمده و اصلی را بازی می‌کند و با در نظر گرفتن روند رو به رشد مصرف و تقاضای سیمان در کشور، احداث کارخانه‌های سیمان ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به کاربردهای وسیع آلومینیوم در صنایع هواپیماسازی، خودروسازی، کشتی‌سازی، الکتریکی، کشاورزی، بسته‌بندی، شیشه، سرامیک، پلاستیک، کائوچو، کودهای شیمیایی، رنگ‌سازی، کاغذسازی، لوله‌های زه‌کشی، لوله‌های تاسیساتی و ... شناسایی ذخایر نفلین سینیت برای تولید آلومینا از دیر باز مورد توجه قرار گرفته است.

به منظور رفع نیازهای سیمان و نفلین سینیت کشور، طرح احداث کارخانه آلومینا - سیمان ارائه شده است. تامین بخشی از آلومینای مورد نیاز کشور، تامین بخشی از سیمان مصرفی و تامین بخشی از کربنات‌های پتاسیم و سدیم مصرفی در صنایع داخلی از جمله اثرات مثبت اقتصادی اجرای این طرح خواهد بود. در این بخش سعی شده است با در نظر گرفتن معیارهای مختلف، محل مناسب برای احداث این کارخانه تعیین شود.

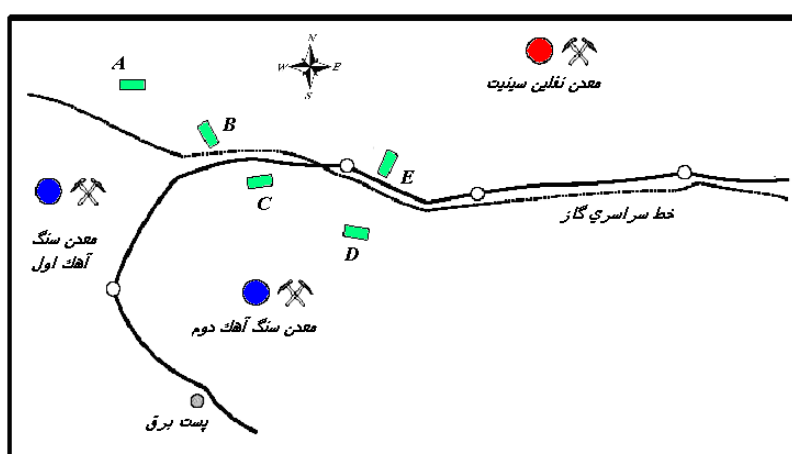
### ۳-۱-۲- مواد خام مورد نیاز

بر اساس تکنولوژی در نظر گرفته شده، برای تولید سالانه ۲۰۰ هزار تن آلومینا، ۳/۴ میلیون تن سیمان و ۱۵۳ هزار تن انواع کربنات‌ها به ۱/۲۸ میلیون تن سنگ نفلین سینیت و حدود ۳/۷ میلیون تن سنگ آهک نیاز خواهد بود. سنگ نفلین سینیت مورد نیاز کارخانه از یک معدن نفلین سینیت و سنگ آهک مورد نیاز از

دو معدن سنگ آهک تامین خواهد شد. تولید سالانه این دو معدن سنگ آهک به ترتیب ۲/۳۸ و ۱/۲۴ میلیون تن خواهد بود. بوکسیت، سنگ آهن و گچ دیگر مواد خام لازم برای این کارخانه هستند. تمام این مواد به ندرت در یک نوع ماده خام وجود دارد. بنابراین برای دستیابی به ترکیب شیمیایی و رساندن مدول-های سیمان سازی به حدود قابل قبول از جمله مدول هیدرولیکی، نسبت اشباع آهک، نسبت آلومین و نسبت سیلیس، لازم است مخلوطی از چند نوع ماده خام با نسبت های اختلاط مناسب، مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مصرف سالیانه بوکسیت، سنگ آهن و گچ به ترتیب در حدود ۱۴۳، ۶۸ و ۱۷۰ هزار تن می باشد که با توجه به مقدار کم آن از منطقه قابل تامین خواهند بود.

### ۳-۱-۳- محل های احتمالی ساختگاه کارخانه

با بررسی اولیه عوامل زیر بنائی موثر در انتخاب محل احداث کارخانه از قبیل وجود زمین با وسعت و مورفولوژی مناسب برای محل کارخانه، امکان تملیک زمین و وجود مورفولوژی مناسب برای دفع پساب در فاصله ای مناسب از آن، امکان تامین آب و برق، دسترسی به جاده های اصلی و ... در منطقه بین سه معدن مذکور پنج محل احتمالی برای احداث کارخانه مشخص شده است که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. این که در نهایت چه محلی برای احداث کارخانه انتخاب خواهد شد، به بررسی و مقایسه معیارهای موثر بستگی دارد.



شکل ۳-۱- محل های احتمالی برای احداث کارخانه

### ۳-۱-۴- معیارهای موثر در انتخاب محل کارخانه

در انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا - سیمان معیارهای ذیل مورد توجه قرار گرفته است:



### ۳-۱-۴-۱- حمل و نقل

باتوجه به حجم نسبتاً زیاد مواد اولیه مورد نیاز و محصولات تولیدی کارخانه، مسلماً مساله حمل و نقل این مواد یکی از مهم‌ترین موضوعات برای انتخاب محل کارخانه خواهد بود. سنگ نفلین سینیت و سنگ آهک مورد نیاز این کارخانه از معادن مذکور و سایر مواد مورد نیاز از جمله سنگ آهن، بوکسیت، گچ و ... از مناطق اطراف کارخانه تامین خواهد شد. همچنین آلومینای تولیدی کارخانه بایستی به بازار مصرف حمل شود. بدیهی است که از نظر حمل و نقل باید ضمن در نظر گرفتن فواصل، مقدار محموله‌ای را که قرار است حمل شود نیز باید مورد توجه قرار گیرد. در جدول ۳-۱ محل‌های احتمالی مختلف از نظر حمل و نقل مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

جدول ۳-۱- مقایسه محل‌های احتمالی احداث کارخانه آلومینا - سیمان از نظر حمل و نقل

| پارامتر                          | واحد                | A      | B      | C     | D      | E      |
|----------------------------------|---------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| فاصله از معدن نفلین سینیت        | کیلومتر             | ۴۱     | ۳۵     | ۲۷    | ۲۸     | ۱۷     |
| تولید سالانه معدن سینیت          | میلیون تن           | ۱/۲۸   | ۱/۲۸   | ۱/۲۸  | ۱/۲۸   | ۱/۲۸   |
| فاصله - تولید (معدن سینیت)       | کیلومتر . میلیون تن | ۵۲/۴۸  | ۴۴/۸   | ۳۴/۵۶ | ۳۵/۵۴  | ۲۱/۷۶  |
| فاصله از معدن سنگ آهک اول        | کیلومتر             | ۱۱     | ۱۵     | ۲۲    | ۲۷     | ۳۵     |
| تولید سالانه معدن سنگ آهک اول    | میلیون تن           | ۲/۳۸   | ۲/۳۸   | ۲/۳۸  | ۲/۳۸   | ۲/۳۸   |
| فاصله - تولید (معدن سنگ آهک اول) | کیلومتر . میلیون تن | ۲۶/۱۸  | ۳۵/۷   | ۵۲/۳۶ | ۶۴/۲۶  | ۸۳/۳   |
| فاصله از معدن سنگ آهک دوم        | کیلومتر             | ۲۴     | ۱۶     | ۱۲    | ۹      | ۱۷     |
| تولید سالانه معدن سنگ آهک دوم    | میلیون تن           | ۱/۲۴   | ۱/۲۴   | ۱/۲۴  | ۱/۲۴   | ۱/۲۴   |
| فاصله - تولید (معدن سنگ آهک دوم) | کیلومتر . میلیون تن | ۲۹/۷۶  | ۱۹/۸۴  | ۱۴/۸۸ | ۱۱/۱۶  | ۲۱/۰۸  |
| جمع                              | کیلومتر . میلیون تن | ۱۰۸/۴۲ | ۱۰۰/۳۴ | ۱۰۱/۸ | ۱۱۱/۲۶ | ۱۲۶/۱۴ |

### ۳-۱-۴-۲- تامین آب

کارخانه آلومینا - سیمان به مقدار قابل توجهی آب (۵ میلیون متر مکعب در سال) نیاز دارد. با توجه به ۲۸۷ روز کاری در سال و سه شیفت در هر روز، در هر ثانیه به ۲۰۰ لیتر آب نیاز خواهد بود. این مقدار آب باید از طریق حفر چاه‌های آب در دو محل الف و ب تامین شود. مطالعات آب‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که چاه‌های این منطقه، ۲۵ لیتر در ثانیه آب‌دهی خواهند داشت. بنابراین حفر حداقل ۸ حلقه چاه برای تامین آب کارخانه الزامی است. بر اساس اطلاعات اخذ شده از سازمان آب، تامین آب کارخانه از منطقه الف به میزان ۳ میلیون مترمکعب در سال و مابقی آن (۲ میلیون متر مکعب در سال) از حوالی منطقه ب میسر است. لذا

از ۸ حلقه چاه تامین کننده آب کارخانه، ۵ حلقه بایستی در منطقه الف و ۳ حلقه در حوالی منطقه ب حفر شود. آب از دهانه چاه‌ها تا محل کارخانه با استفاده از خط لوله انتقال خواهد یافت. لذا فاصله چاه‌ها تا هر یک از محل‌های انتخابی احداث کارخانه باید مورد توجه قرار گیرد. این فواصل در جدول ۲-۳ درج شده است.

### ۳-۱-۴-۳- تامین برق

با توجه به مقدار برق مصرفی کارخانه و توان مورد نیاز برای برق‌رسانی به مجتمع، تنها شبکه ۲۳۰ کیلوولتی موجود در منطقه جواب‌گوی نیازها خواهد بود. فاصله این پست برق تا هر یک از محل‌های انتخابی احداث کارخانه باید مورد توجه قرار گیرد. این فواصل در جدول ۲-۳ درج شده است.

### ۳-۱-۴-۴- تامین گاز

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده میزان سوخت مورد نیاز ۷۰۰ میلیون مترمکعب گاز خواهد بود که از خط سراسری گاز تامین خواهد شد. لذا فاصله خط سراسری گاز تا هر یک از محل‌های انتخابی احداث کارخانه باید مورد توجه قرار گیرد. این فواصل در جدول ۲-۳ درج شده است.

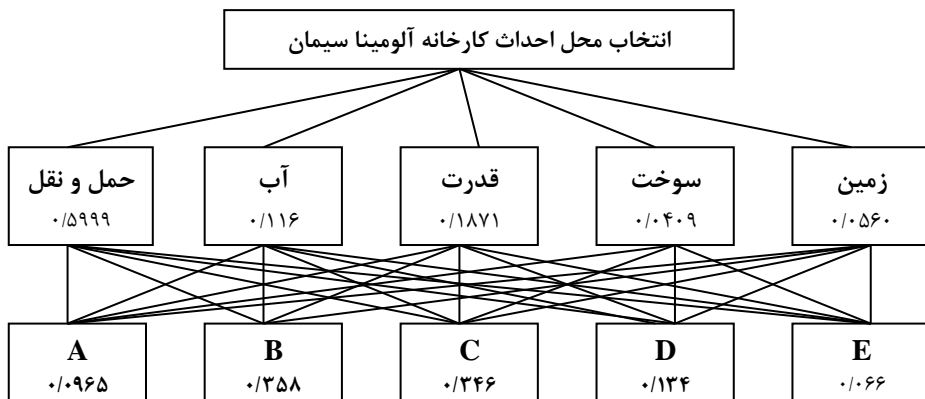
### ۳-۱-۴-۵- تامین زمین

کارخانه آلومینا - سیمان باید در زمینی به مساحت ۴۰۰ هکتار احداث شود. محل‌های احتمالی A و E از نظر کشاورزی مرغوب لذا قیمت خرید آن‌ها زیاد و سایر محل‌های احتمالی از نظر کشاورزی نامرغوب لذا قیمت خرید آن‌ها کم خواهد بود. لذا از نظر زمین محل‌های احتمالی B، C و D مساعد و محل‌های احتمالی A و E نامساعد خواهند بود.

جدول ۲-۳- فواصل چاه‌های آب، پست برق و خط سراسری گاز تا هر یک از محل‌های احتمالی

| محل احتمالی | فاصله از منطقه الف<br>(کیلومتر) | فاصله از منطقه ب<br>(کیلومتر) | فاصله از پست<br>برق(کیلومتر) | فاصله خط سراسری<br>گاز(کیلومتر) |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| A           | ۲۵                              | ۷                             | ۳۴                           | ۲۵۰۰                            |
| B           | ۱۵                              | ۱۰                            | ۲۸                           | ۲۵۰                             |
| C           | ۳                               | ۱۶                            | ۲۴                           | ۲۰۰۰                            |
| D           | ۵                               | ۲۵                            | ۲۵                           | ۴۰۰۰                            |
| E           | ۶                               | ۲۵                            | ۳۴                           | ۲۰۰۰                            |

با توجه به معیارهای مذکور و گزینه‌های احتمالی نمودار سلسله مراتبی به صورت شکل ۲-۷ خواهد بود.

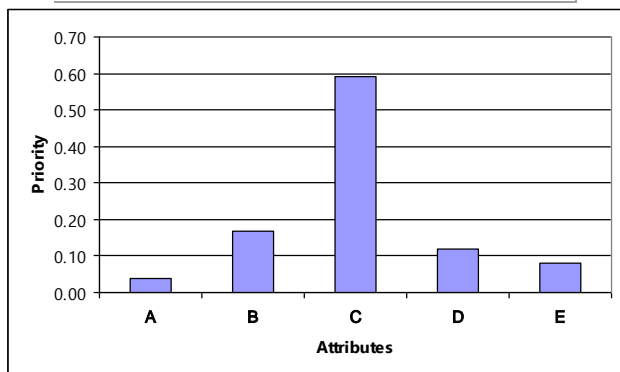


شکل ۲-۳- نمودار سلسله مراتبی مساله انتخاب محل احداث کارخانه آلومینا سیمان

### ۳-۱-۵- حل مساله به روش تحلیل سلسله مراتبی

ماتریس‌های مقایسه زوجی به همراه نمودار میله‌ای وزن‌هایشان برای مسئله فوق در شکل‌های ۳-۳ تا ۳-۸ آورده شده است.

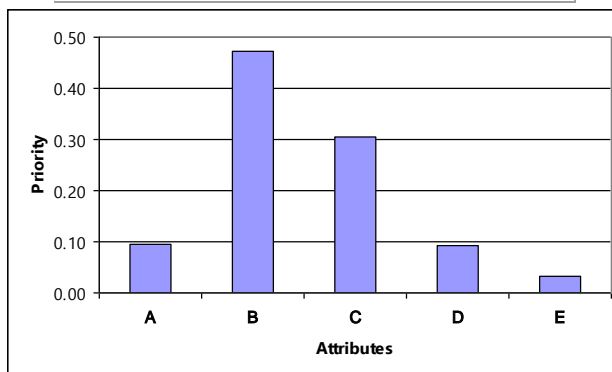
|   | A | B   | C   | D   | E   | وزن    |
|---|---|-----|-----|-----|-----|--------|
| A | 1 | 1/5 | 1/9 | 1/4 | 1/3 | 0.0375 |
| B | 5 | 1   | 1/5 | 2   | 2   | 0.1695 |
| C | 9 | 5   | 1   | 6   | 7   | 0.5921 |
| D | 4 | 1/2 | 1/6 | 1   | 2   | 0.1191 |
| E | 3 | 1/2 | 1/7 | 1/2 | 1   | 0.0818 |



$$\lambda_{\max} = 5.1754, I.I. = 0.0438, R.I.I. = 1.188, I.R. = 0.0369 < 0.1$$

شکل ۳-۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر تامین آب

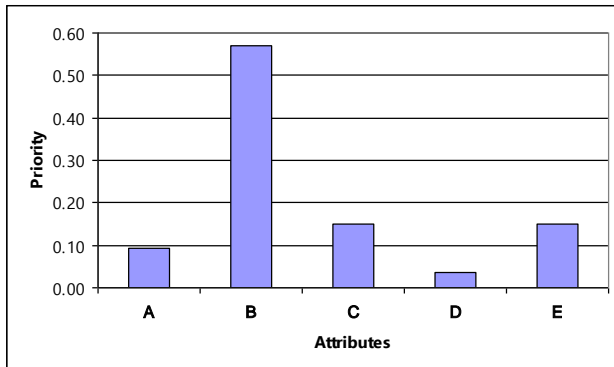
|   | A   | B   | C   | D   | E | وزن    |
|---|-----|-----|-----|-----|---|--------|
| A | 1   | 1/5 | 1/4 | 1   | 4 | 0.0962 |
| B | 5   | 1   | 2   | 6   | 9 | 0.4722 |
| C | 4   | 1/2 | 1   | 4   | 8 | 0.3051 |
| D | 1   | 1/6 | 1/4 | 1   | 4 | 0.0931 |
| E | 1/4 | 1/9 | 1/8 | 1/4 | 1 | 0.0334 |



$$\lambda_{\max} = 5.1311, I.I. = 0.0328, R.I.I. = 1.188, I.R. = 0.0276 < 0.1$$

شکل ۳-۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر حمل و نقل

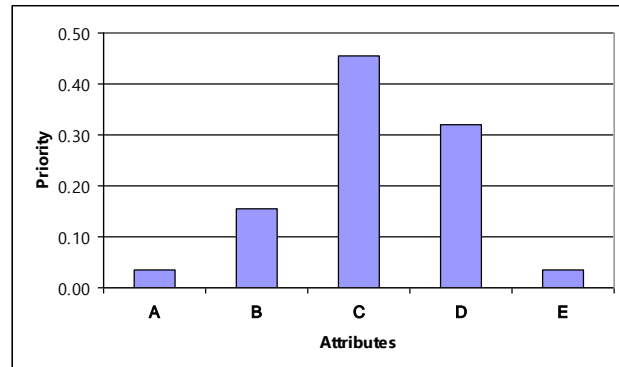
|   | A   | B   | C   | D | E   | وزن    |
|---|-----|-----|-----|---|-----|--------|
| A | 1   | 1/6 | 1/2 | 4 | 1/2 | 0.0928 |
| B | 6   | 1   | 5   | 9 | 5   | 0.5711 |
| C | 2   | 1/5 | 1   | 5 | 1   | 0.1504 |
| D | 1/4 | 1/9 | 1/5 | 1 | 1/5 | 0.0353 |
| E | 2   | 1/5 | 1   | 5 | 1   | 0.1504 |



$$\lambda_{\max} = 5.1651, I.I. = 0.0413, R.I.I. = 1.188, I.R. = 0.0347 < 0.1$$

شکل ۳-۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر تامین سوخت

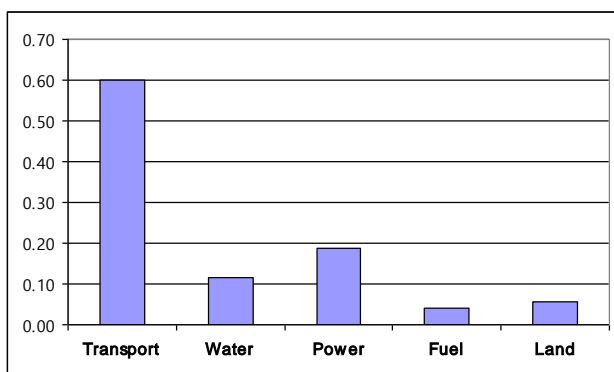
|   | A | B   | C   | D   | E | وزن    |
|---|---|-----|-----|-----|---|--------|
| A | 1 | 1/6 | 1/9 | 1/9 | 1 | 0.0354 |
| B | 6 | 1   | 1/4 | 1/3 | 6 | 0.1549 |
| C | 9 | 4   | 1   | 2   | 9 | 0.4552 |
| D | 9 | 3   | 1/2 | 1   | 9 | 0.3192 |
| E | 1 | 1/6 | 1/9 | 1/9 | 1 | 0.0354 |



$$\lambda_{\max} = 5.1625, I.I. = 0.0406, R.I.I. = 1.188, I.R. = 0.0342 < 0.1$$

شکل ۳-۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر تامین برق

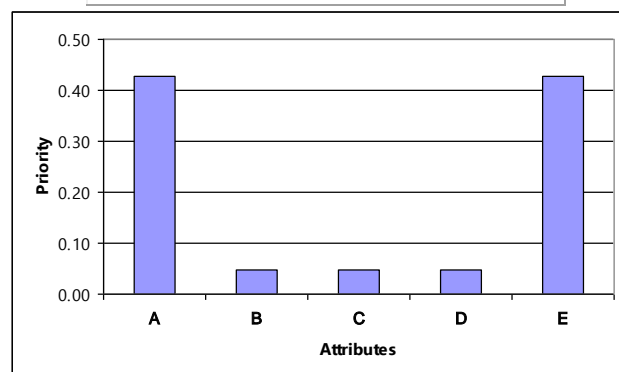
|      | حمل | آب  | برق | سوخت | زمین | وزن   |
|------|-----|-----|-----|------|------|-------|
| حمل  | 1   | 6   | 5   | 9    | 9    | 0.599 |
| آب   | 1/6 | 1   | 1/2 | 3    | 1/3  | 0.116 |
| برق  | 1/5 | 2   | 1   | 5    | 4    | 0.187 |
| سوخت | 1/9 | 1/3 | 1/5 | 1    | 1/2  | 0.04  |
| زمین | 1/9 | 1/3 | 1/4 | 2    | 1    | 0.056 |



$$\lambda_{\max} = 5.1741, I.I. = 0.0435, R.I.I. = 1.188, I.R. = 0.0366 < 0.1$$

شکل ۳-۸- ماتریس مقایسه زوجی معیارها

|   | A   | B | C | D | E   | وزن  |
|---|-----|---|---|---|-----|------|
| A | 1   | 9 | 9 | 9 | 1   | 0.42 |
| B | 1/9 | 1 | 1 | 1 | 1/9 | 0.04 |
| C | 1/9 | 1 | 1 | 1 | 1/9 | 0.04 |
| D | 1/9 | 1 | 1 | 1 | 1/9 | 0.04 |
| E | 1   | 9 | 9 | 9 | 1   | 0.42 |



$$\lambda_{\max} = 51, I.I. = 0, R.I.I. = 1.188, I.R. = 0 < 0.1$$

شکل ۳-۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها از نظر زمین

در نتیجه امتیاز هر یک از محل‌ها به صورت زیر در جدول ۳-۳ خواهد بود:

جدول ۳-۳- امتیاز مربوط به هر یک از محل‌ها

| محل | حمل و نقل | تامین آب | تامین برق | تامین سوخت | زمین | جمع امتیاز |
|-----|-----------|----------|-----------|------------|------|------------|
|-----|-----------|----------|-----------|------------|------|------------|

|        |         |          |          |         |          |   |
|--------|---------|----------|----------|---------|----------|---|
|        | (۰/۰۵۶) | (۰/۰۴۰۹) | (۰/۱۸۷۱) | (۰/۱۱۶) | (۰/۵۹۹۹) |   |
| ۰/۰۹۶۵ | ۰/۴۲۸۶  | ۰/۰۹۲۸   | ۰/۰۳۵۴   | ۰/۰۳۷۵  | ۰/۰۹۶۲   | A |
| ۰/۳۵۷۹ | ۰/۰۴۷۶  | ۰/۵۷۱۱   | ۰/۱۵۴۹   | ۰/۱۶۹۵  | ۰/۴۷۲۲   | B |
| ۰/۳۴۵۷ | ۰/۰۴۷۶  | ۰/۱۵۰۴   | ۰/۴۵۵۲   | ۰/۵۹۲۱  | ۰/۳۰۵۱   | C |
| ۰/۱۳۳۵ | ۰/۰۴۷۶  | ۰/۰۳۵۳   | ۰/۳۱۹۲   | ۰/۱۱۹۱  | ۰/۰۹۳۱   | D |
| ۰/۰۶۶۳ | ۰/۴۲۸۶  | ۰/۱۵۰۴   | ۰/۰۳۵۴   | ۰/۰۸۱۸  | ۰/۰۳۳۴   | E |

با توجه به این محاسبات اولویت بندی محل ها به شرح زیر است:

$$B > C > D > A > E$$

در جدول ۳-۴ مقادیر  $\lambda_{max}$ ، شاخص ناسازگاری، شاخص ناسازگاری تصادفی و نرخ ناسازگاری ماتریس های مورد نظر آمده است. ملاحظه می شود که شاخص ناسازگاری و نرخ ناسازگاری برای همه ماتریس ها کمتر از ۰/۱ است که این دلالت بر قضاوت منطقی ارائه شده در خصوص مقایسه زوجی پارامترها و گزینه ها دارد.

جدول ۳-۴- مقادیر  $\lambda_{max}$ ، شاخص ناسازگاری، شاخص ناسازگاری تصادفی و نرخ ناسازگاری

| نرخ ناسازگاری | شاخص ناسازگاری تصادفی | شاخص ناسازگاری | $\lambda_{max}$ | وزن    |            |
|---------------|-----------------------|----------------|-----------------|--------|------------|
| ۰/۰۳۶۶        | ۱/۱۸۸                 | ۰/۰۴۳۵         | ۵/۱۷۴۱          | ۱      | هدف        |
| ۰/۰۲۷۶        | ۱/۱۸۸                 | ۰/۰۳۲۸         | ۵/۱۳۱۱          | ۰/۵۹۹۹ | حمل و نقل  |
| ۰/۰۳۶۹        | ۱/۱۸۸                 | ۰/۰۴۳۸         | ۵/۱۷۵۴          | ۰/۱۱۶  | تامین آب   |
| ۰/۰۳۴۲        | ۱/۱۸۸                 | ۰/۰۴۰۶         | ۵/۱۶۲۵          | ۰/۱۸۷۱ | تامین برق  |
| ۰/۰۳۴۷        | ۱/۱۸۸                 | ۰/۰۴۱۳         | ۵/۱۶۵۱          | ۰/۰۴۰۹ | تامین سوخت |
| ۰             | ۱/۱۸۸                 | ۰              | ۵               | ۰/۰۵۶۰ | زمین       |

نرخ ناسازگاری سلسله مراتبی نیز برابر است با:

$$I.R. = \frac{\overline{I.I.}}{R.I.I} = \frac{0.0435 \times 1 + 0.0328 \times 0.5999 + 0.0438 \times 0.116 + 0.0406 \times 0.1871 + 0.0413 \times 0.0409 + 0 \times 0.056}{1.188 \times 1 + 1.188 \times 0.5999 + 1.188 \times 0.116 + 1.188 \times 0.1871 + 1.188 \times 0.0409 + 1.188 \times 0.056} = 0.0366 < 0.1$$

نرخ ناسازگاری سلسله مراتبی نیز کمتر از ۰/۱ است لذا قضاوت ها منطقی هستند.

### ۳-۱-۶- حل مساله به روش شباهت به گزینه ایده آل

با توجه به معیارها مذکور و محل های احتمالی احداث کارخانه و ارزیابی محل ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت زیر در جدول ۳-۵ آورده شده است.

جدول ۳-۵- ماتریس تصمیم

| محل | حمل و نقل | آب  | برق | سوخت | زمین    |
|-----|-----------|-----|-----|------|---------|
| A   | ۱۰۸/۴۲    | ۱۴۶ | ۳۴  | ۲۵۰۰ | نامساعد |

|         |      |    |     |        |   |
|---------|------|----|-----|--------|---|
| مساعد   | ۲۵۰  | ۲۸ | ۱۰۵ | ۱۰۰/۳۴ | B |
| مساعد   | ۲۰۰۰ | ۲۴ | ۶۳  | ۱۰۱/۸  | C |
| مساعد   | ۴۰۰۰ | ۲۵ | ۱۰۰ | ۱۱۲/۲۶ | D |
| نامساعد | ۲۰۰۰ | ۳۴ | ۱۰۵ | ۱۲۶/۱۴ | E |

معیارهای کمی در نظر گرفته شده (حمل و نقل، تامین آب، تامین برق و تامین سوخت) مقیاس‌های مختلفی دارند که باید بی‌مقیاس شوند. معیار زمین یک معیار کیفی می‌باشد که برای کمی کردن آن به محل‌های مساعد امتیاز یک و برای محل‌های نامساعد امتیاز صفر داده شده است. ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده به صورت زیر در جدول ۳-۶ آورده شده است:

جدول ۳-۶- ماتریس تصمیم بی‌مقیاس

| زمین | سوخت | برق  | آب   | حمل و نقل |   |
|------|------|------|------|-----------|---|
| ۰    | ۰/۴۵ | ۰/۵۲ | ۰/۶۱ | ۰/۴۴      | A |
| ۱    | ۰/۰۵ | ۰/۴۳ | ۰/۴۴ | ۰/۴۱      | B |
| ۱    | ۰/۳۶ | ۰/۳۷ | ۰/۲۶ | ۰/۴۱      | C |
| ۱    | ۰/۷۳ | ۰/۳۸ | ۰/۴۲ | ۰/۴۶      | D |
| ۰    | ۰/۳۶ | ۰/۵۲ | ۰/۴۴ | ۰/۵۱      | E |

ضریب اهمیت معیارهای حمل و نقل، تامین آب، تامین برق، تامین سوخت و زمین به ترتیب ۰/۶، ۰/۱۱، ۰/۱۹، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ در نظر گرفته شده است. لذا ماتریس وزن معیارها به صورت ذیل خواهد بود:

$$W = \begin{bmatrix} 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.11 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.19 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.04 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.06 \end{bmatrix}$$

ماتریس تصمیم وزن دار از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در ماتریس وزن معیارها به دست می‌آید:

$$V = \begin{bmatrix} 0.268 & 0.067 & 0.099 & 0.018 & 0 \\ 0.244 & 0.048 & 0.081 & 0.002 & 0.06 \\ 0.248 & 0.029 & 0.070 & 0.015 & 0.06 \\ 0.273 & 0.046 & 0.072 & 0.029 & 0.06 \\ 0.307 & 0.048 & 0.099 & 0.015 & 0 \end{bmatrix}$$

حل ایده‌آل ( $A^*$ ) و ضد ایده‌آل ( $A^-$ ) به ترتیب برابر است با:

$$A^* = \{0.244, 0.029, 0.07, 0.002, 0.06\}$$

$$A^- = \{0.307, 0.067, 0.099, 0.029, 0\}$$

برای هر یک از محل‌های انتخابی، فاصله از حل ایده‌آل و فاصله از حل ضد ایده‌آل و شاخص شباهت محاسبه و در جدول ۳-۷ درج شده است.

۳-۷- فاصله از حل ایده آل و فاصله از حل ضد ایده آل و شاخص شباهت

| محل | فاصله از حل ایده آل | فاصله از حل ضد ایده آل | شاخص شباهت |
|-----|---------------------|------------------------|------------|
| A   | ۰/۰۶۴۴              | ۰/۰۴۴۵                 | ۰/۴۰۸۶     |
| B   | ۰/۰۲۲۵              | ۰/۰۸۰۹                 | ۰/۷۸۲      |
| C   | ۰/۰۱۳۲              | ۰/۰۸۵                  | ۰/۸۶۵      |
| D   | ۰/۰۴۳۴              | ۰/۰۵۸۹                 | ۰/۵۷۶      |
| E   | ۰/۰۸۰۸              | ۰/۰۲۳۸                 | ۰/۲۲۷      |

همان گونه که ملاحظه می شود ترتیب اولویت محل احداث کارخانه به صورت زیر خواهد بود:

$$C > B > D > A > E$$

### ۳-۱-۷- حل مساله به روش الکترون

با توجه به معیارهای مذکور و محل های احتمالی احداث کارخانه و ارزیابی محل ها برای معیارهای مختلف، ماتریس

تصمیم (X) و ماتریس بی مقیاس شده (R) به صورت زیر خواهد بود:

$$X = \begin{bmatrix} 108.42 & 146 & 34 & 2500 & 0 \\ 100.24 & 105 & 28 & 250 & 1 \\ 101.80 & 63 & 24 & 2000 & 1 \\ 112.26 & 100 & 25 & 4000 & 1 \\ 126.14 & 105 & 34 & 2000 & 0 \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} 0.440 & 0.610 & 0.519 & 0.451 & 0 \\ 0.407 & 0.438 & 0.427 & 0.045 & 0.577 \\ 0.413 & 0.263 & 0.366 & 0.363 & 0.577 \\ 0.456 & 0.418 & 0.381 & 0.726 & 0.577 \\ 0.512 & 0.438 & 0.519 & 0.363 & 0 \end{bmatrix}$$

ضریب اهمیت معیارهای حمل و نقل، تامین آب، تامین برق، تامین سوخت و زمین به ترتیب ۰/۰۶، ۰/۱۱، ۰/۱۹،

۰/۰۴ و ۰/۰۶ در نظر گرفته شده است. لذا ماتریس تصمیم وزن دار (V) زیر به دست می آید:

$$V = \begin{bmatrix} 0.268 & 0.067 & 0.099 & 0.018 & 0 \\ 0.244 & 0.048 & 0.081 & 0.002 & 0.06 \\ 0.248 & 0.029 & 0.070 & 0.015 & 0.06 \\ 0.273 & 0.046 & 0.072 & 0.029 & 0.06 \\ 0.307 & 0.048 & 0.099 & 0.015 & 0 \end{bmatrix}$$

پس از تعیین ماتریس تصمیم وزن دار، گزینه‌های مختلف نسبت به همدیگر مقایسه و مجموعه معیارهای موافق و مخالف به دست آمده است. مجموعه معیارهای موافق و مخالف در جدول ۳-۸ آورده شده است.

جدول ۳-۸- مجموعه معیارهای موافق و مخالف

| مجموعه معیارهای مخالف     | مجموعه معیارهای موافق         |                     |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------|
| حمل و نقل، آب، برق، گاز   | زمین                          | محل A نسبت به محل B |
| حمل و نقل، آب، برق، گاز   | زمین                          | محل A نسبت به محل C |
| آب، برق، زمین             | حمل و نقل، گاز                | محل A نسبت به محل D |
| آب، گاز                   | حمل و نقل، برق، زمین          | محل A نسبت به محل E |
| -                         | حمل و نقل، آب، برق، گاز، زمین | محل B نسبت به محل A |
| آب، برق                   | زمین، گاز، حمل و نقل          | محل B نسبت به محل C |
| آب، برق                   | حمل و نقل، گاز، زمین          | محل B نسبت به محل D |
| -                         | حمل و نقل، برق، گاز، زمین     | محل B نسبت به محل E |
| -                         | حمل و نقل، آب، برق، گاز، زمین | محل C نسبت به محل A |
| گاز، حمل و نقل            | زمین، آب، برق                 | محل C نسبت به محل B |
| -                         | حمل و نقل، آب، برق، گاز، زمین | محل C نسبت به محل D |
| -                         | حمل و نقل، آب، برق، زمین      | محل C نسبت به محل E |
| حمل و نقل، گاز، برق       | آب، زمین                      | محل D نسبت به محل A |
| گاز                       | زمین، آب، برق، گاز            | محل D نسبت به محل B |
| حمل و نقل، آب، برق، گاز   | زمین                          | محل D نسبت به محل C |
| گاز                       | حمل و نقل، آب، برق، زمین      | محل D نسبت به محل E |
| حمل و نقل                 | زمین، آب، برق، گاز            | محل E نسبت به محل A |
| حمل و نقل، برق، گاز، زمین | آب                            | محل E نسبت به محل B |
| حمل و نقل، آب، برق، زمین  | گاز                           | محل E نسبت به محل C |
| حمل و نقل، آب، برق، زمین  | گاز                           | محل E نسبت به محل D |

در مرحله بعد با توجه به مجموعه معیارهای موافق و مخالف برای هر زوج گزینه، ماتریس‌های موافق (C) و مخالف

(D) به صورت زیر خواهند بود:

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.64 & 0.66 \\ 1 & 0 & 0.7 & 0.045 & 0.89 \\ 1 & 0.36 & 0 & 0.7 & 0.96 \\ 0.36 & 0.36 & 0.06 & 1 & 0.96 \\ 0.21 & 0 & 0 & 0 & 0.04 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0.43 \\ 0 & 0 & 1 & 0.29 & 0 \\ 0 & 0.66 & 0 & 0 & 0 \\ 0.31 & 1 & 0.06 & 0 & 0.42 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



با توجه به ماتریس‌های موافق و مخالف و مقادیر آستانه موافقت و آستانه مخالفت به ترتیب ۰/۴۹۵ و ۰/۶۰۶۲ خواهد بود. ماتریس‌های تسلط موافق ( $F$ ) و تسلط مخالف ( $G$ ) به صورت زیر خواهند بود:

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

در نهایت ماتریس تسلط نهایی به صورت زیر خواهد بود:

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

بر اساس این ماتریس تعداد دفعاتی که هر گزینه تسلط داشته و تعداد دفعاتی که بر آن غلبه شده است، محاسبه شده و نتایج در جدول ۳-۹ آورده شده است.

جدول ۳-۹- تعداد دفعات تسلیم و مغلوب شدن هر یک از گزینه‌ها

| اختلاف | تعداد مغلوب شدن | تعداد مسلط شدن |   |
|--------|-----------------|----------------|---|
| -۱     | ۲               | ۱              | A |
| ۳      | ۰               | ۳              | B |
| ۳      | ۰               | ۳              | C |
| -۱     | ۲               | ۱              | D |
| -۴     | ۴               | ۰              | E |

ملاحظه می‌شود که گزینه‌های A، D و E بیش از آن که مسلط شوند، مغلوب شده‌اند لذا این گزینه‌ها حذف می‌شوند. اما گزینه‌های B و C از نظر مسلط شدن و مغلوب شدن وضعیت مشابهی دارند لذا این دو محل را می‌توان برای بررسی‌های بیشتر انتخاب کرد. بنابراین اولویت گزینه‌ها طبق روش الکترونیک به صورت زیر خواهد بود:

$$B = C > A = D > E$$

## ۳-۲- انتخاب روش استخراج مناسب

### ۳-۲-۱- مقدمه

یکی از نکات مهم در معدن‌کاری، انتخاب روش استخراج مناسب می‌باشد. بدین منظور باید شرایط اجرائی و مشخصات روش‌های مختلف استخراج مورد توجه قرار گرفته و با توجه به شرایط کانسار روشی که بیشترین انطباق را با آن داشته باشد، انتخاب شود. در گذشته بر اساس تجربیات حاصل در کانسارهای مشابه، استخراج با یک روش

شروع و پس از استخراج قسمتی از کانسار، با افزایش آگاهی از خواص ماده معدنی و سنگ‌های در برگیرنده، روش معدن کاری مناسب انتخاب می‌شد. امروزه به دلیل سرمایه‌گذاری زیاد مورد نیاز برای باز کردن یک معدن، ضروری است که روش استخراج در ابتدا به درستی انتخاب شود. لذا بایستی بر اساس مشخصات کانسار (مقاومت کمرها و ماده معدنی، شکل کانسار، عمق کانسار، عیار کانسار، میزان ذخیره کانسار و ...)، عوامل اقتصادی (هزینه استخراج، قیمت فروش ماده معدنی، میزان سرمایه‌گذاری و ...)، عوامل فنی (بازیابی معدن، ترقیق، انعطاف‌پذیری روش، مکانیزاسیون، استخراج انتخابی و ...) و عوامل تولیدی (تولید سالانه، ماشین‌آلات، راندمان، مسائل زیست محیطی و ...) روش استخراج مناسب را انتخاب کرد. معمولاً مشخصات کانسار، عوامل اقتصادی، عوامل فنی و عوامل تولیدی به گونه‌ای نیستند که در یک راستا عمل کرده و همگی متفق القول یک روش استخراج را تجویز کنند. بلکه در اکثر قریب به اتفاق موارد، این عوامل در جهات مختلف عمل کرده و تصمیم‌گیرنده را دچار تردید می‌کنند. در این بخش به منظور تعیین پارامترهای اصلی پرسش‌نامه‌هایی تهیه شده و با توجه به نتایج حاصل، با استفاده از تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش استخراج مناسب برای یک معدن بوکسیت انتخاب شده است.

### ۳-۲-۲- طرح پرسش‌نامه و نتایج بررسی‌ها

استفاده از تمامی معیارهای موثر در انتخاب روش، علاوه بر آن که امکان مقایسه بین آن‌ها را مشکل می‌سازد، نیاز به وقت و زمان بسیار زیادی داشته و ممکن است نتایج نامطلوبی به دنبال داشته باشد. بنابراین باید مهم‌ترین معیارها، انتخاب و مورد ارزیابی قرار گیرند. لذا به منظور شناسایی مهم‌ترین معیارهای موثر در انتخاب روش از دید کارشناسان، در ابتدا پرسش‌نامه‌هایی که نمونه آن در جدول ۳-۱۰ درج شده است، برای کارشناسان مختلف ارسال شده است. این پرسش‌نامه‌ها حاوی کلیه معیارهای موثر در انتخاب روش استخراج بوده که به منظور شناسایی مهم‌ترین معیارهای موثر در انتخاب روش مناسب و میزان تاثیر آن‌ها با توجه به نظرات افراد متخصص و با تجربه یک مقیاس پنج نقطه‌ای مطابق جدول ۳-۱۰ تعریف شده است. با توجه به این مقیاس باید به معیارهای مهم امتیاز ۵ و به معیارهای کم اهمیت‌تر، امتیاز کمتری داده شود. در پرسش‌نامه طراحی شده، از کارشناسان خواسته شده بود بر اساس این مقیاس ۵ نقطه‌ای هر معیار را امتیازدهی کنند. مقدار میانگین ضریب اهمیت هر معیار از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\bar{f} = \sum \frac{x_i \cdot f_j}{N}$$

که در این رابطه  $x_i$  تعداد پاسخ دهندگانی است که امتیاز داده شده را به معیار خاص داده‌اند،  $f_j$  مقدار امتیاز و N تعداد پاسخ‌دهندگان می‌باشد.

جدول ۳-۱۰- پرسش‌نامه طراحی شده برای شناسایی معیارهای مهم

| ضریب اهمیت |           |           |      |     | معیار                    |
|------------|-----------|-----------|------|-----|--------------------------|
| ۵          | ۴         | ۳         | ۲    | ۱   |                          |
| مهم و اصلی | زیر بنایی | قابل توجه | کوچک | هیچ |                          |
|            |           |           |      |     | RMR کمر بالا             |
|            |           |           |      |     | RMR کمر پایین            |
|            |           |           |      |     | RMR کانسار               |
|            |           |           |      |     | عمق                      |
|            |           |           |      |     | شیب لایه                 |
|            |           |           |      |     | ضخامت لایه               |
|            |           |           |      |     | شکل                      |
|            |           |           |      |     | قابلیت مکانیزاسیون       |
|            |           |           |      |     | دسترسی به تکنولوژی       |
|            |           |           |      |     | وضعیت تهویه              |
|            |           |           |      |     | وجود آب‌های زیرزمینی     |
|            |           |           |      |     | نیروی کار ماهر           |
|            |           |           |      |     | نشست سطح زمین            |
|            |           |           |      |     | ذخیره قابل استخراج       |
|            |           |           |      |     | سرمایه‌گذاری اولیه       |
|            |           |           |      |     | درصد بازیابی             |
|            |           |           |      |     | تولید سالانه             |
|            |           |           |      |     | یکنواختی کانسار          |
|            |           |           |      |     | هزینه نسبی               |
|            |           |           |      |     | ایمنی و بهداشت           |
|            |           |           |      |     | اثرات زیست محیطی         |
|            |           |           |      |     | پایداری فضاها            |
|            |           |           |      |     | قابلیت معدن‌کاری انتخابی |
|            |           |           |      |     | ترقیق                    |
|            |           |           |      |     | انعطاف‌پذیری             |
|            |           |           |      |     | توزیع عیار در کانسار     |

بر این اساس ضریب اهمیت و میزان انحراف استاندارد برای هر یک از معیارها محاسبه و در مرحله بعد با تجزیه و تحلیل نظرات جمع‌آوری شده از کارشناسان و جمع‌بندی داده‌ها از میان معیارهای امتیازدهی شده ۱۳ معیاری که دارای میانگین امتیاز بیشتری بوده و انحراف معیار کمتر از ۱/۲ داشتند، به عنوان معیارهای کلیدی در انتخاب روش استخراج مناسب، انتخاب شدند و پس از نرمال کردن مقادیر، ضریب اهمیت هر معیار به دست آمده است (جدول ۳-۱۱).

جدول ۳-۱۱- معیارهای کلیدی در انتخاب روش استخراج

| ضریب اهمیت | معیار        |    |
|------------|--------------|----|
| ۰/۰۸۶      | ضخامت لایه   | C1 |
| ۰/۰۸       | RMR کمر بالا | C2 |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| ۰/۰۹۶ | شیب لایه             | C3  |
| ۰/۰۸۱ | شکل                  | C4  |
| ۰/۰۷۵ | RMR کانسار           | C5  |
| ۰/۰۷۴ | توزیع عیار در کانسار | C6  |
| ۰/۰۰۸ | یکنواختی کانسار      | C7  |
| ۰/۰۶۹ | درصد بازیابی         | C8  |
| ۰/۰۷۵ | تولید سالانه         | C9  |
| ۰/۰۷۷ | RMR کمر پایین        | C10 |
| ۰/۰۶۸ | دسترسی به تکنولوژی   | C11 |
| ۰/۰۷۳ | عمق                  | C12 |
| ۰/۰۶۶ | ترقیق                | C13 |

### ۳-۲-۳- روش‌های استخراج ممکن برای استخراج

برای هر کانسار با توجه مشخصات کانسار (مقاومت کمرها و ماده معدنی، شکل کانسار، عمق کانسار، عیار کانسار، میزان ذخیره کانسار و ...)، عوامل اقتصادی (هزینه استخراج، قیمت فروش ماده معدنی، میزان سرمایه‌گذاری و ...)، عوامل فنی (بازیابی معدن، ترقیق، انعطاف‌پذیری روش، مکانیزاسیون، استخراج انتخابی و ...) و عوامل تولیدی (تولید سالانه، ماشین‌آلات، راندمان، مسائل زیست‌محیطی و ...) می‌بایست روش استخراج مناسب انتخاب شود. برای این کار ابتدا روش‌های ممکن برای کانسار مشخص می‌شود. در این معدن بوکسیت شکل عمومی کانسار به صورت لایه‌ای است و در برخی مناطق لنزهایی وجود دارد. لایه‌های معدنی دارای ضخامت غیر یکنواختی بوده و گسل‌خورده هستند. گاهی در فواصل کوتاه، ضخامت تا حدود چندین متر تغییر می‌کند و به طور کلی ضخامت بین ۱ تا ۶/۵ متر مشاهده می‌شود و مقدار میانگین آن را حدود ۲/۶ می‌توان در نظر گرفت. شیب لایه‌ها در این معادن دارای تغییرات کمتری است و شیب عمومی را می‌توان ۴۵ تا ۵۰ درجه در نظر گرفت.

با توجه به شرایط موجود روش‌های زیر به عنوان روش‌های کاندیدا معرفی شدند:

۱- روش کندن و پرکردن دستی (Conventional Cut & Fill Stoping)

۲- روش کندن و پرکردن مکانیزه (Mechanize Cut & Fill Stoping)

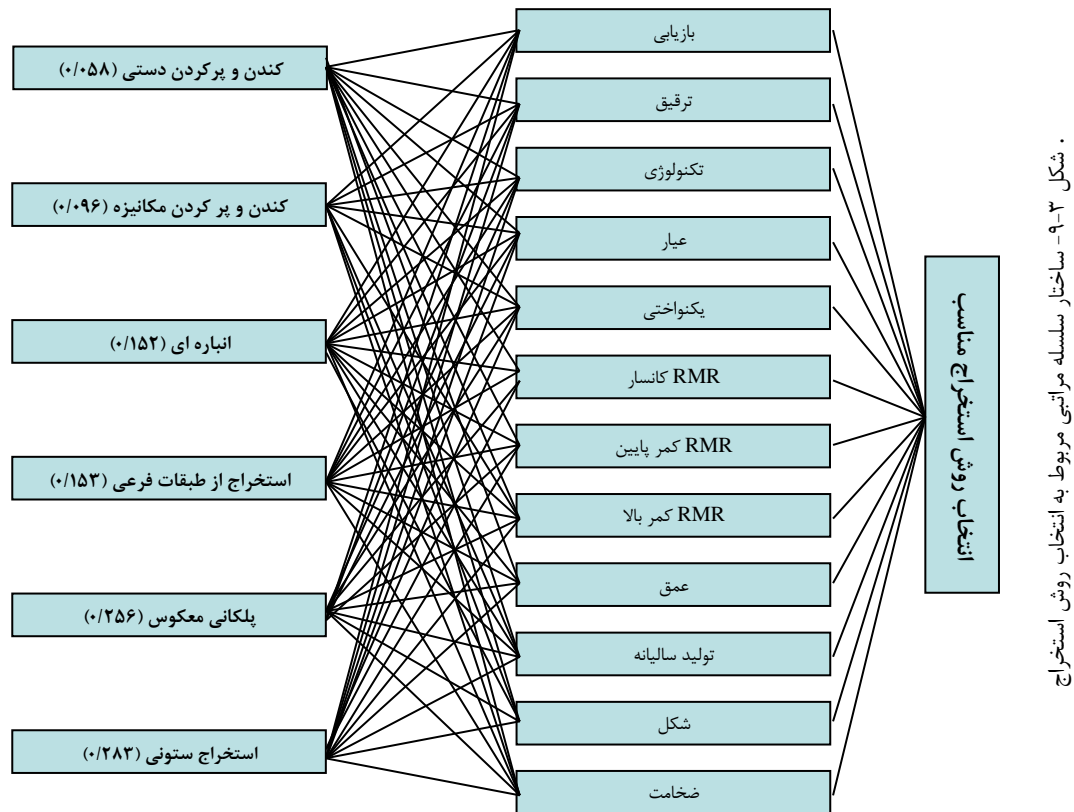
۳- روش انبارهای (Shrinkage Stoping)

۴- روش استخراج از طبقات فرعی (Sub level Stoping)

۵- روش پلکانی معکوس (Bench Mining)

### ۶- روش استخراج ستونی (Stull Stoping)

با توجه به ۶ روش کاندیدای مذکور و ۱۳ معیار انتخاب شده در مرحله قبل، نمودار سلسله مراتبی به صورت شکل ۳-۹ خواهد بود



شکل ۳-۹- ساختار سلسله مراتبی مربوط به انتخاب روش استخراج

### ۳-۲-۴- انتخاب روش استخراج با روش شباهت به گزینه ایده آل

پس از تعیین معیارهای موثر برای انتخاب روش استخراج، با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده آل می توان روش مناسب استخراجی را انتخاب کرد. مراحل این روش به شرح زیر است:

- تشکیل ماتریس تصمیم: در این ماتریس سطرها بیان گر گزینه ها و ستون ها بیان گر معیارها هستند.

امتیازهای مربوط به هر روش بر اساس طبقه بندی درج شده در جدول ۳-۱۲ داده شده است (جدول ۳-۳)

(۱۳)

جدول ۳-۱۲- طبقه بندی کمی و کیفی

| امتیاز | طبقه بندی |
|--------|-----------|
| ۵      | خیلی خوب  |
| ۴      | خوب       |
| ۳      | متوسط     |

ضعیف ۲  
خیلی ضعیف ۱

جدول ۳-۱۳- ماتریس تصمیم

|      | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| C&Fc | ۵  | ۳  | ۲  | ۳  | ۱  | ۴  | ۲  | ۵  | ۴  | ۲   | ۴   | ۴   | ۴   |
| C&Fm | ۲  | ۳  | ۲  | ۳  | ۲  | ۴  | ۲  | ۳  | ۴  | ۲   | ۴   | ۴   | ۴   |
| SH   | ۲  | ۱  | ۲  | ۳  | ۲  | ۲  | ۲  | ۲  | ۱  | ۲   | ۲   | ۱   | ۱   |
| SLS  | ۲  | ۱  | ۲  | ۱  | ۵  | ۱  | ۲  | ۲  | ۱  | ۲   | ۲   | ۲   | ۱   |
| SS   | ۱  | ۱  | ۱  | ۱  | ۱  | ۱  | ۲  | ۱  | ۲  | ۲   | ۱   | ۱   | ۱   |
| BM   | ۱  | ۱  | ۲  | ۲  | ۱  | ۲  | ۲  | ۱  | ۱  | ۲   | ۱   | ۱   | ۱   |

- بدون مقیاس کردن ماتریس تصمیم:

جدول ۳-۱۴- ماتریس تصمیم بدون مقیاس

|      | C1   | C2   | C3   | C4   | C5   | C6   | C7   | C8   | C9   | C10  | C11  | C12  | C13  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C&Fc | ۰/۱  | ۰/۶۴ | ۰/۴۴ | ۰/۵۲ | ۰/۱۷ | ۰/۶۲ | ۰/۴۱ | ۰/۷۵ | ۰/۶۴ | ۰/۴۱ | ۰/۶۲ | ۰/۶۴ | ۰/۶۷ |
| C&Fm | ۰/۳۲ | ۰/۶۴ | ۰/۴۴ | ۰/۵۲ | ۰/۳۳ | ۰/۶۲ | ۰/۴۱ | ۰/۴۵ | ۰/۶۴ | ۰/۴۱ | ۰/۶۲ | ۰/۶۴ | ۰/۶۷ |
| SH   | ۰/۳۲ | ۰/۲۱ | ۰/۴۴ | ۰/۵۲ | ۰/۳۳ | ۰/۳۱ | ۰/۴۱ | ۰/۳  | ۰/۱۶ | ۰/۴۱ | ۰/۳۱ | ۰/۱۶ | ۰/۱۷ |
| SLS  | ۰/۳۲ | ۰/۲۱ | ۰/۴۴ | ۰/۱۷ | ۰/۸۳ | ۰/۱۵ | ۰/۴۱ | ۰/۳  | ۰/۱۶ | ۰/۴۱ | ۰/۳۱ | ۰/۳۲ | ۰/۱۷ |
| SS   | ۰/۱۶ | ۰/۲۱ | ۰/۲۲ | ۰/۱۷ | ۰/۱۷ | ۰/۱۵ | ۰/۴۱ | ۰/۱۵ | ۰/۳۲ | ۰/۴۱ | ۰/۱۵ | ۰/۱۶ | ۰/۱۷ |
| BM   | ۰/۱۶ | ۰/۲۱ | ۰/۴۴ | ۰/۳۵ | ۰/۱۷ | ۰/۳۱ | ۰/۴۱ | ۰/۱۵ | ۰/۱۶ | ۰/۴۱ | ۰/۱۵ | ۰/۱۶ | ۰/۱۷ |

- تعیین بردار وزن معیارها:

[۰/۰۸۶, ۰/۰۸, ۰/۰۹۶, ۰/۰۸۱, ۰/۰۷۵, ۰/۰۷۴, ۰/۰۸, ۰/۰۶۹, ۰/۰۷۵, ۰/۰۷۷, ۰/۰۶۸, ۰/۰۷۳, ۰/۰۶۶]

- تعیین ماتریس تصمیم وزن دار:

جدول ۳-۱۵- ماتریس تصمیم وزن دار

|      | C1    | C2    | C3    | C4    | C5    | C6    | C7   | C8    | C9    | C10   | C11    | C12    | C13   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| C&Fc | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۴۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۴۲  | ۰/۰۴۶۹ | ۰/۰۴۴ |
| C&Fm | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۴۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۴۲  | ۰/۰۴۶۹ | ۰/۰۴۴ |
| SH   | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۲۱  | ۰/۰۱۱۷ | ۰/۰۱۱ |
| SLS  | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۳ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۲۱  | ۰/۰۲۳۴ | ۰/۰۱۱ |
| SS   | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱  | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۱۰۵ | ۰/۰۱۱۷ | ۰/۰۱۱ |
| BM   | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱  | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۱۰۵ | ۰/۰۱۱۷ | ۰/۰۱۱ |

- یافتن حل ایده آل و ضد ایده آل:

$$A^* = \{0.069, 0.051, 0.042, 0.043, 0.062, 0.046, 0.031, 0.053, 0.049, 0.032, 0.042, 0.047, 0.045\}$$

$$A^- = \{0.014, 0.017, 0.021, 0.014, 0.0124, 0.012, 0.031, 0.011, 0.012, 0.032, 0.011, 0.012, 0.011\}$$

- محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل و محاسبه شاخص شباهت

جدول ۳-۱۶- فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل و شاخص شباهت

| رتبه | روش های استخراج       | فاصله از حل ایده‌آل | فاصله از حل ضد ایده‌آل | شاخص شباهت |
|------|-----------------------|---------------------|------------------------|------------|
| ۱    | کندن و پرکردن دستی    | ۰/۰۴۹۶              | ۰/۱۱۴۶                 | ۰/۶۹۸      |
| ۲    | کندن و پرکردن مکانیزه | ۰/۰۵۹۷              | ۰/۰۹۵۲                 | ۰/۶۱۵      |
| ۳    | استخراج از طبقات فرعی | ۰/۰۹۶۶              | ۰/۰۵۸۸                 | ۰/۳۷۸      |
| ۴    | استخراج انباره ای     | ۰/۰۹۹۷              | ۰/۰۴۴۱                 | ۰/۳۰۷      |
| ۵    | پلکنی معکوس           | ۰/۱۱۷۸              | ۰/۰۲۷۹                 | ۰/۱۹۱      |
| ۶    | استخراج ستونی         | ۰/۱۲۱۹              | ۰/۰۱۲۱                 | ۰/۰۹۱      |

همان‌طور که مشاهده می‌شود روش کندن و پرکردن دستی دارای بیشترین میزان شباهت به حل ایده‌آل است و به عنوان روش استخراج مناسب، انتخاب می‌شود.

## فصل چهارم

# معرفی نرم افزار و حل چند مثال

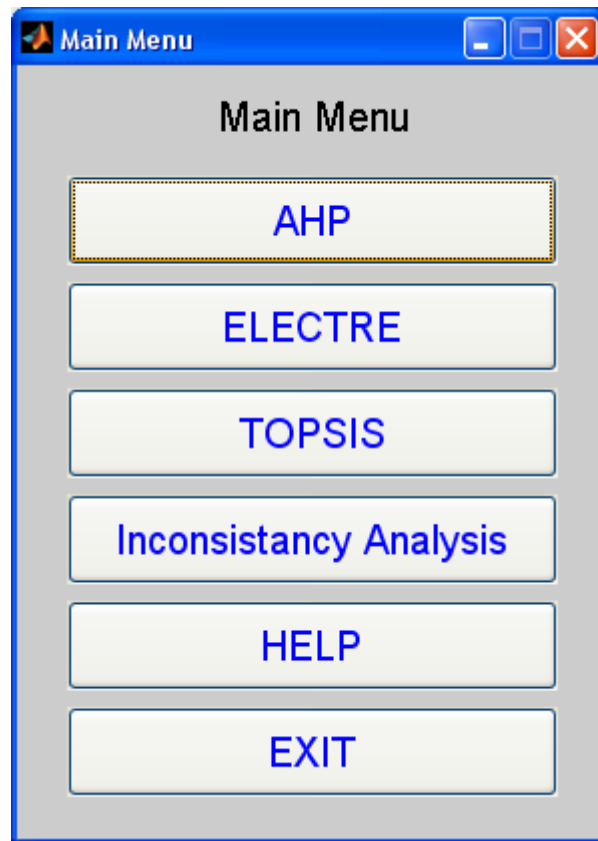
### ۴-۱- مقدمه

مسأله تصمیم گیری‌های چند معیاره یکی از مسائل مهم موجود در حوزه مدیریت صنعتی می‌باشد. در این طرح مجموعه‌ای از این تکنیک‌ها در غالب یک نرم افزار ارائه خواهد شد. مهم‌ترین هدف در اجرای این طرح تهیه یک نرم افزار جامع و کاربردی، شامل مجموعه‌ای از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در حوزه مدیریت صنایع و سازمان‌ها می‌باشد. از مهم‌ترین کاربردهای این نرم افزار (نتیجه طرح) کمک به مدیران سازمان‌ها و صنایع برای اتخاذ تصمیم سریع و مناسب می‌باشد. در این بخش ابتدا به معرفی مشخصات و مزایای نرم افزار پرداخت شده و در ادامه به حل مثال‌های واقعی از پروژه‌های انجام شده در کشور با کمک این نرم افزار پرداخته می‌شود.

### ۴-۲- معرفی نرم افزار

نرم افزار تهیه شده در این طرح شامل سه روش پر کاربرد در زمینه مدیریت پروژه می‌باشد که به طور کامل در فصل سه از این گزارش ارائه شده‌اند. صفحه اصلی این نرم افزار به همراه سه روش AHP، ELECTRE و TOPSIS در شکل ۴-۱ آورده شده است.





شکل ۴-۱- صفحه اصلی نرم افزار

این نرم افزار با استفاده از زبان برنامه نویسی MATLAB(GUI) در محیط مطلب تهیه شده است. مزایای استفاده از نرم افزار به همراه مشخصات آن به طور خلاصه در ذیل ذکر شده است.

۱- امکان استفاده برای پروژه‌های بزرگ بدون محدودیت در تعداد معیارها و گزینه‌ها

۲- قابلیت ورود اطلاعات به دو صورت دستی و فایل

۳- سادگی و کاربر پسند بودن

۴- استفاده از روش‌های پرکاربرد در زمینه مدیریت صنعتی

۵- امکان حل مسئله با هر سه روش پرکاربرد در تصمیم‌گیری چند معیاره و امکان مقایسه نتایج آن‌ها

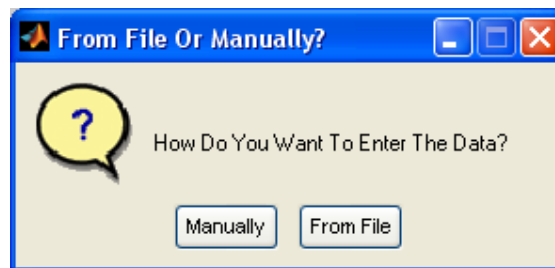
۶- پردازش سریع داده‌ها

۷- ذخیره خروجی نرم افزار به صورت فایل متنی

۸- تحلیل آسان و قابلیت چاپ از فایل نتایج

۹- استفاده از راهنمای موجود در نرم افزار برای استفاده راحت کاربر از این نرم افزار

از مهم ترین قابلیت های این نرم افزار می توان به نامحدود بودن تعداد متغیرها (معیارها و گزینه ها) و طریقه وارد کردن داده های مسئله به دو صورت دستی و فایل اشاره کرد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- طریقه وارد کردن داده های مسئله به دو صورت دستی و فایل

## ۴-۳- حل چند مثال با نرم افزار

### ۴-۳-۱- انتخاب محل مناسب برای کارخانه آلومینا با کمک نرم افزار

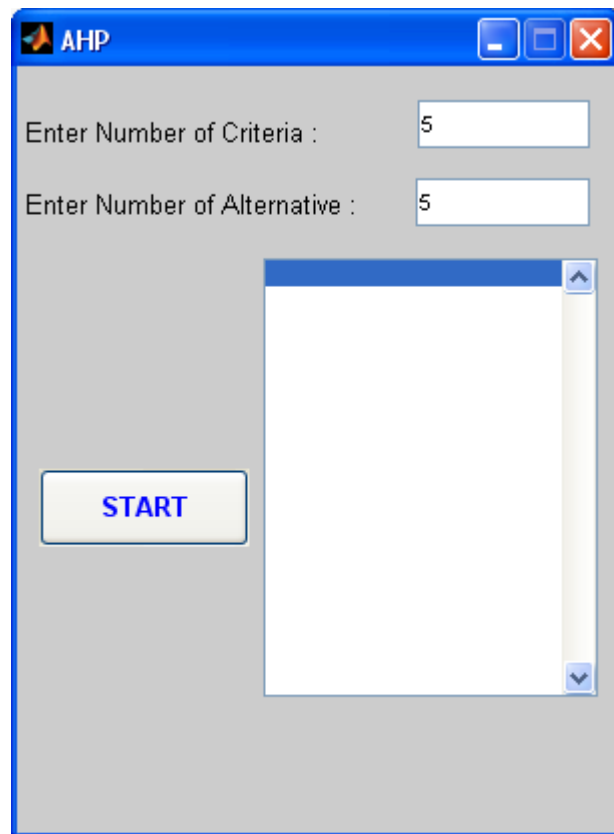
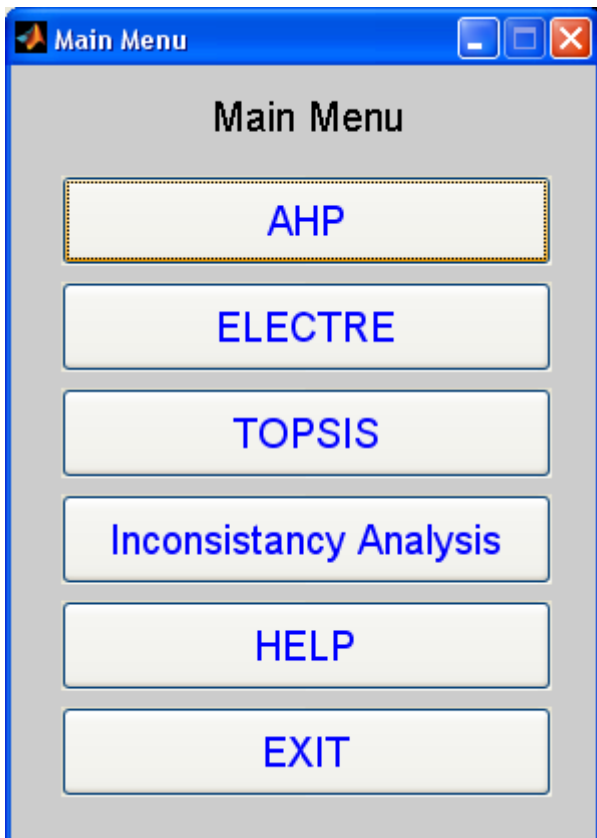
۴-۳-۱-۱- حل مساله به روش تحلیل سلسله مراتبی

در این بخش به بررسی و حل مسئله انتخاب محل مناسب برای کارخانه آلومینا با استفاده از نرم افزار پرداخته می شود. مراحل حل این مثال به صورت دستی در ذیل آورده شده است:

گام ۱: انتخاب روش و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه ها

پنجره مربوط به روش AHP در کنار منوی اصلی را انتخاب کرده و تعداد معیارها و متغیرهای مسئله را وارد

می کنیم (شکل ۴-۳):

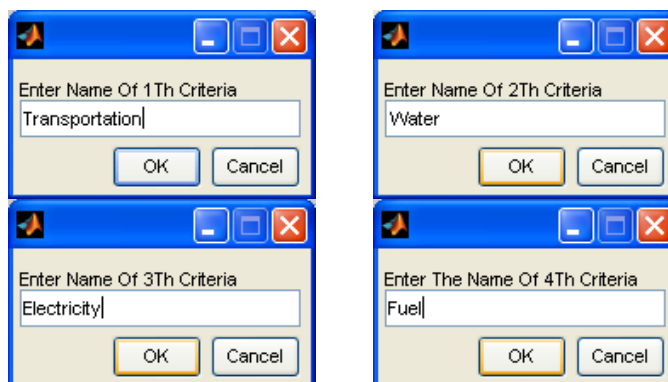


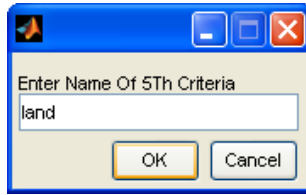
شکل ۴-۳- انتخاب روش AHP و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه‌ها

به طوری که در مقابل عبارت Enter Number Of Criteria تعداد معیارهای مساله و در مقابل عبارت Enter Number Of Alternative تعداد گزینه‌های قابل انتخاب مساله وارد می‌شوند. در مورد مساله فوق الذکر تعداد معیارها ۵ تا و تعداد گزینه‌های قابل انتخاب ۵ مورد می‌باشد. بعد از وارد کردن تعداد معیارها و تعداد گزینه‌ها بر روی گزینه START کلیک می‌کنیم.

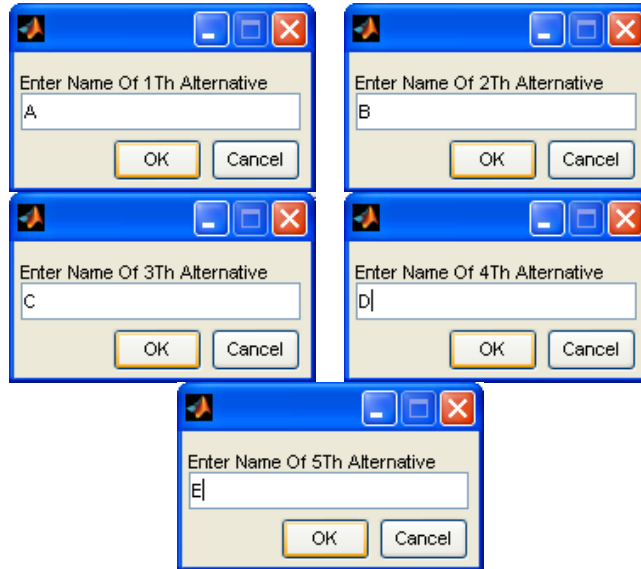
گام ۲: وارد کردن نام معیارها و گزینه‌ها

در این مرحله پنجره‌هایی باز خواهد شد که به ترتیب نام معیارها و گزینه‌های انتخابی را وارد می‌کنیم (شکل‌های ۴-۴ و ۴-۵).





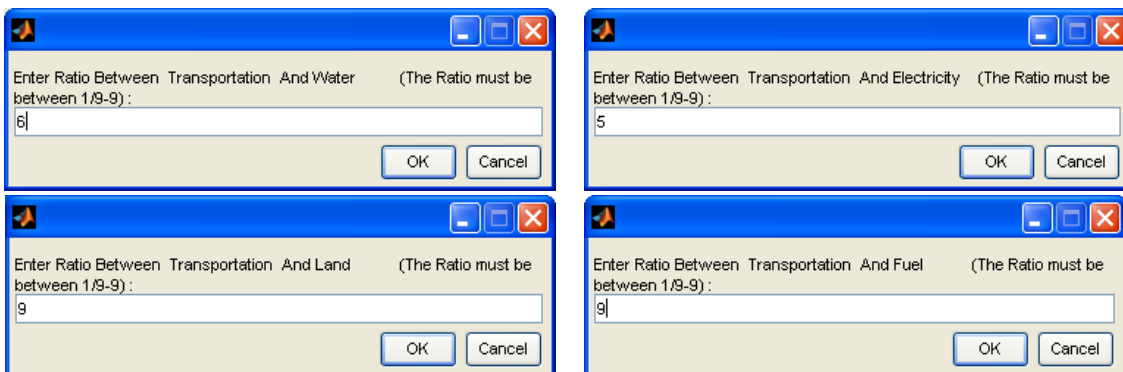
شکل ۴-۴- طریقه وارد کردن معیارهای مسئله



شکل ۴-۵- طریقه وارد کردن گزینه‌های مسئله

گام ۳: وارد کردن داده‌های مربوط به آرایه‌های ماتریس مقایسه زوجی معیارها و گزینه‌ها

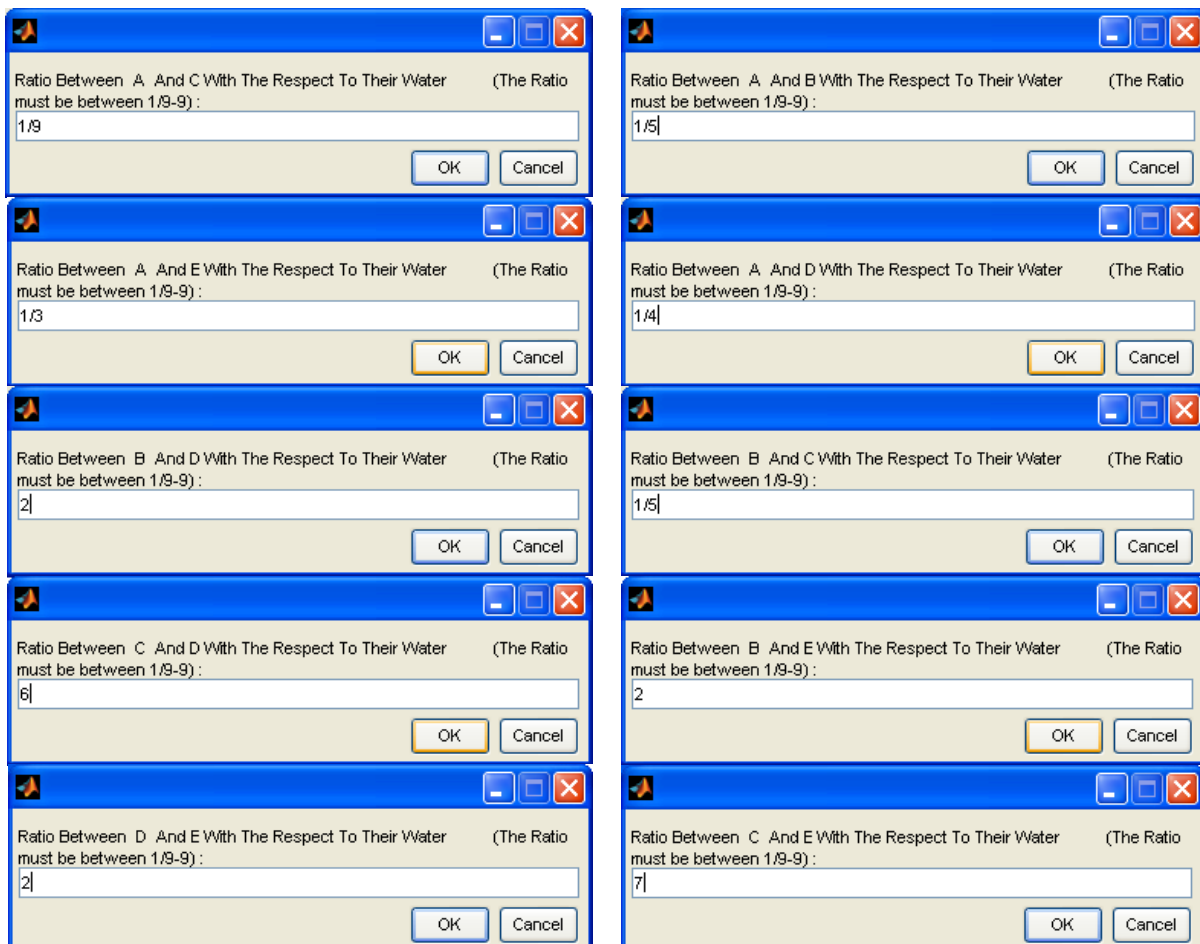
در این مرحله داده‌های مربوط به ماتریس مقایسه زوجی معیارها را وارد می‌شود. نکته قابل توجه در این مرحله این است که فقط داده‌های بالای قطر اصلی ماتریس مقایسه زوجی‌ها را وارد می‌کنیم (شکل ۴-۶). نکته قابل توجه دیگر در این نرم افزار این است که کاربر در این مرحله می‌تواند ماتریس‌های مقایسه زوجی مربوط به معیارها و گزینه‌های خود را به صورت فایل وارد نرم افزار کند در این حالت پیغامی مشابه شکل ۴-۲ ظاهر می‌شود که کاربر می‌تواند یکی از دو حالت دستی یا فایلی را انتخاب کند.





شکل ۴-۶- طریقه وارد کردن داده‌های مربوط به ماتریس مقایسه زوجی

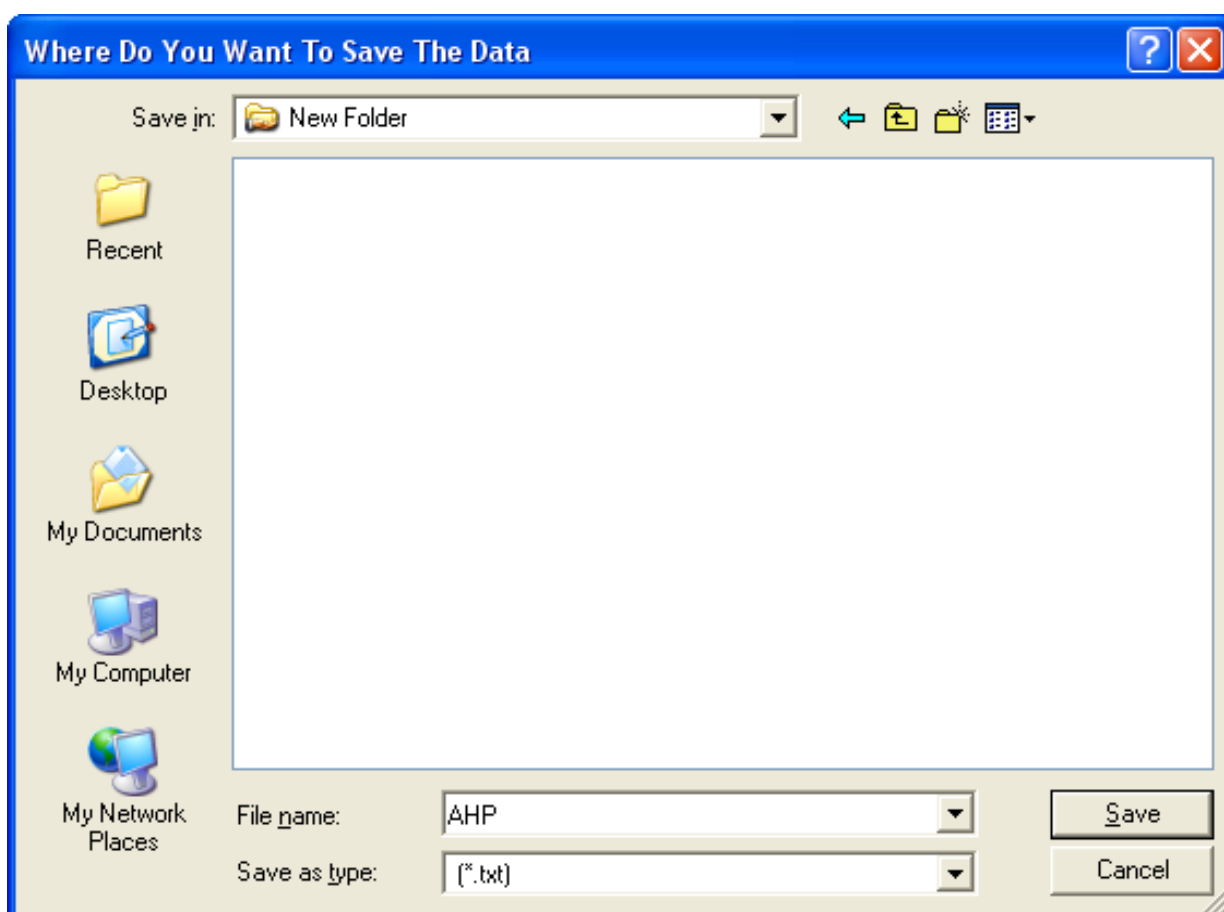
در ادامه برای هر معیار ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌های قابل انتخاب را وارد می‌کنیم. شکل ۴-۷ طریقه وارد کردن داده‌های ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها را با توجه به معیار آب نشان می‌دهد.



شکل ۴-۷- طریقه وارد کردن داده‌های مربوط به ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها با توجه به معیار آب

گام ۴: دادن یک مسیر برای ذخیره کردن جواب مسئله

در این مرحله با وارد کردن کل داده‌ها پنجره زیر باز می‌شود و مسیری برای ذخیره فایل خروجی از کاربر خواسته می‌شود (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- طریقه ذخیره فایل خروجی نرم افزار

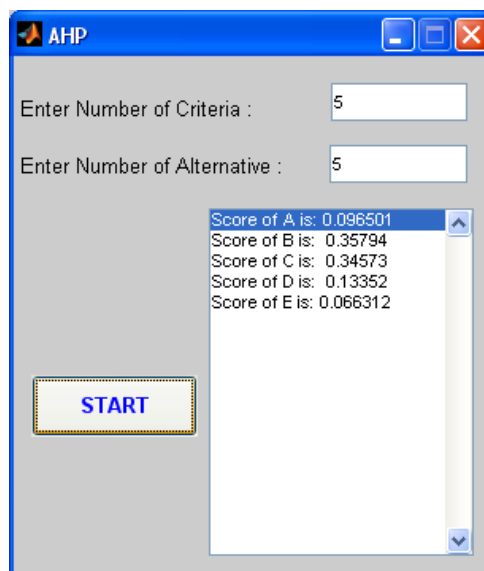
پس از کلیک کردن بر روی دکمه Save گزارش نتایج مساله در فایل مورد نظر ثبت می‌شود. گزارش نتایج مساله فوق الذکر به صورت فایل خروجی در شکل ۴-۹ نشان داده شده است. در این گزارش می‌توان به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی معیارها، ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های قابل انتخاب با توجه به هر معیار، وزن هر معیار، وزن گزینه‌های قابل انتخاب با توجه به معیارها، نرخ ناساگاری ماتریس مقایسه زوجی و معیارها و در نهایت امتیاز مربوط به هر گزینه را مشاهده کرد. همچنین می‌توان نتایج نهایی (امتیاز هر گزینه) را در پنجره ابتدایی مشاهده کرد (شکل ۴-۱۰).

```

AHP - Notepad
File Edit Format View Help
PairwiseMatrix =
1.0000 6.0000 5.0000 9.0000 9.0000
0.1667 1.0000 0.5000 3.0000 3.0000
0.2000 2.0000 1.0000 5.0000 4.0000
0.1111 0.3333 0.2000 1.0000 0.5000
0.1111 0.3333 0.2500 2.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,1) =
1.0000 0.2000 0.2500 1.0000 4.0000
5.0000 1.0000 2.0000 6.0000 9.0000
4.0000 0.5000 1.0000 4.0000 8.0000
1.0000 0.1667 0.2500 1.0000 4.0000
0.2500 0.1111 0.1250 0.2500 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,2) =
1.0000 0.2000 0.1111 0.2500 0.3333
5.0000 1.0000 0.2000 2.0000 2.0000
9.0000 5.0000 1.0000 6.0000 7.0000
4.0000 0.5000 0.1667 1.0000 2.0000
3.0000 0.5000 0.1429 0.5000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,3) =
1.0000 0.1667 0.1111 0.1111 1.0000
6.0000 1.0000 0.2500 0.3333 6.0000
9.0000 4.0000 1.0000 2.0000 9.0000
9.0000 3.0000 0.5000 1.0000 9.0000
1.0000 0.1667 0.1111 0.1111 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,4) =
1.0000 0.1667 0.5000 4.0000 0.5000
6.0000 1.0000 5.0000 9.0000 5.0000
2.0000 0.2000 1.0000 5.0000 1.0000
0.2500 0.1111 0.2000 1.0000 0.2000
2.0000 0.2000 1.0000 5.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,5) =
1.0000 9.0000 9.0000 9.0000 1.0000
0.1111 1.0000 1.0000 1.0000 0.1111
0.1111 1.0000 1.0000 1.0000 0.1111
0.1111 1.0000 1.0000 1.0000 0.1111
1.0000 9.0000 9.0000 9.0000 1.0000
weightofPairwiseMatrix = 0.5999 0.1160 0.1871 0.0409 0.0560
weightofPairwiseMatrixofAlternative =
0.0962 0.0375 0.0354 0.0928 0.4286
0.4722 0.1695 0.1549 0.5711 0.0476
0.3051 0.5921 0.4552 0.1504 0.0476
0.0931 0.1191 0.3192 0.0353 0.0476
0.0334 0.0818 0.0354 0.1504 0.4286
InconsistanceRatioofPairwiseMatrix = 0.0366
InconsistanceRatioofAlternativeofEachCriteria = 0.0276 0.0369 0.0342 0.0347 0
HierarchyInconsistanceRatio = 0.0267
result = Score of A is: 0.096501
Score of B is: 0.35794
Score of C is: 0.34573
Score of D is: 0.13352
Score of E is: 0.066312

```

شکل ۴-۹- فایل خروجی نرم افزار با روش AHP

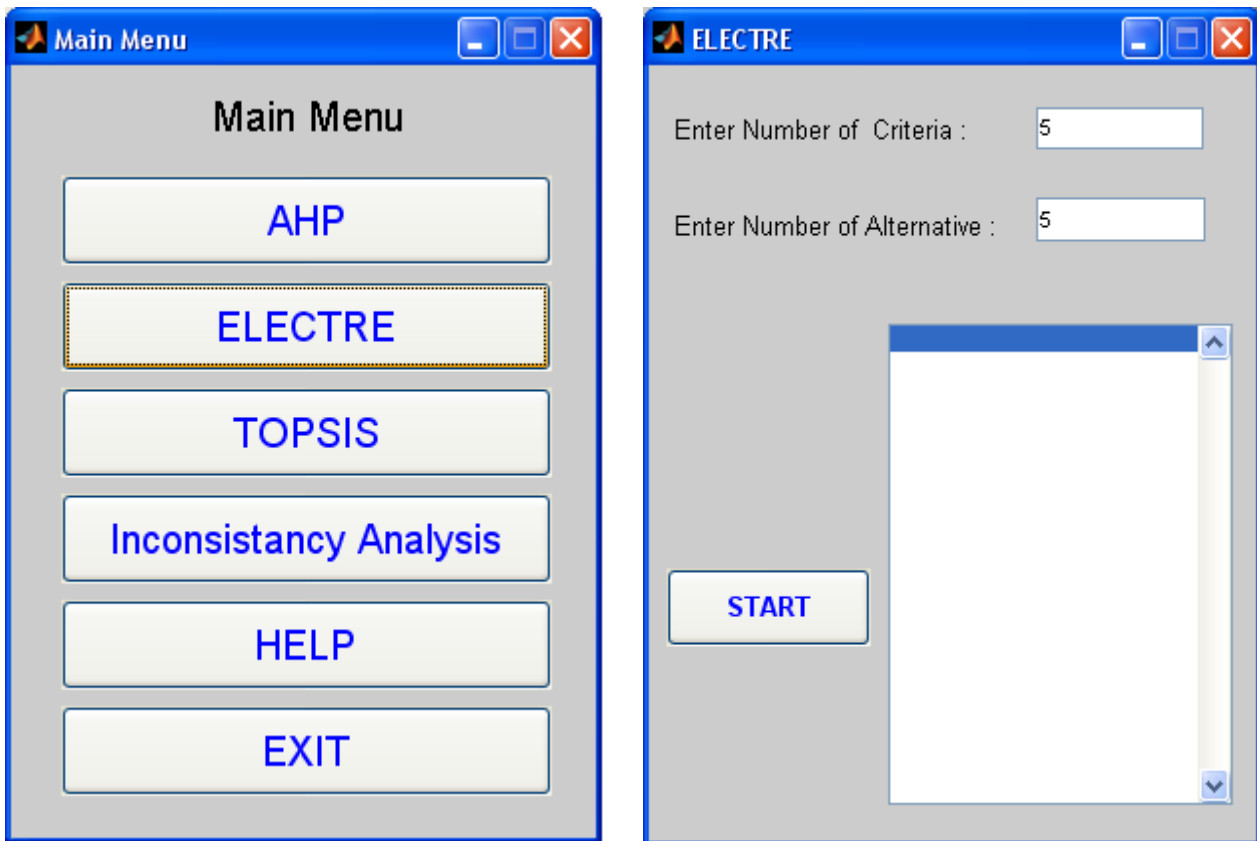


شکل ۴-۱۰- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار

۴-۳-۱-۲- حل مساله به روش الکترو

گام ۱: انتخاب روش و وارد کردن تعداد معیارها و گزینهها

این مرحله مشابه روش AHP می‌باشد (شکل ۴-۱۱).

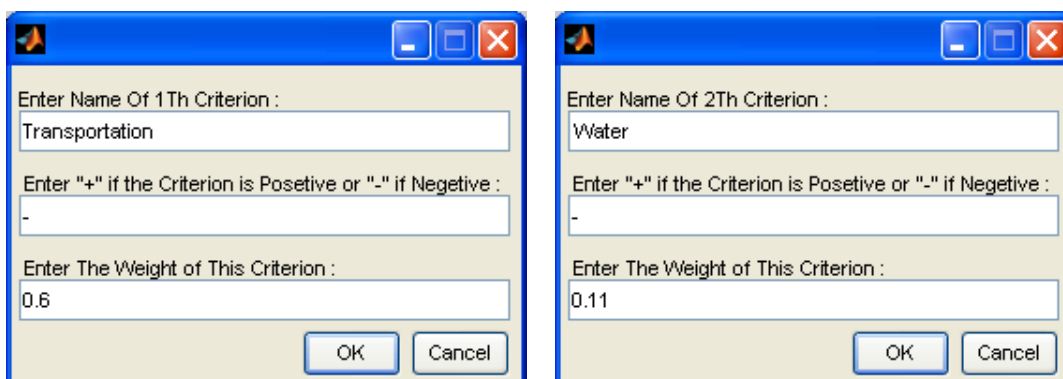


شکل ۴-۱۱- انتخاب روش الکترو و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه‌ها

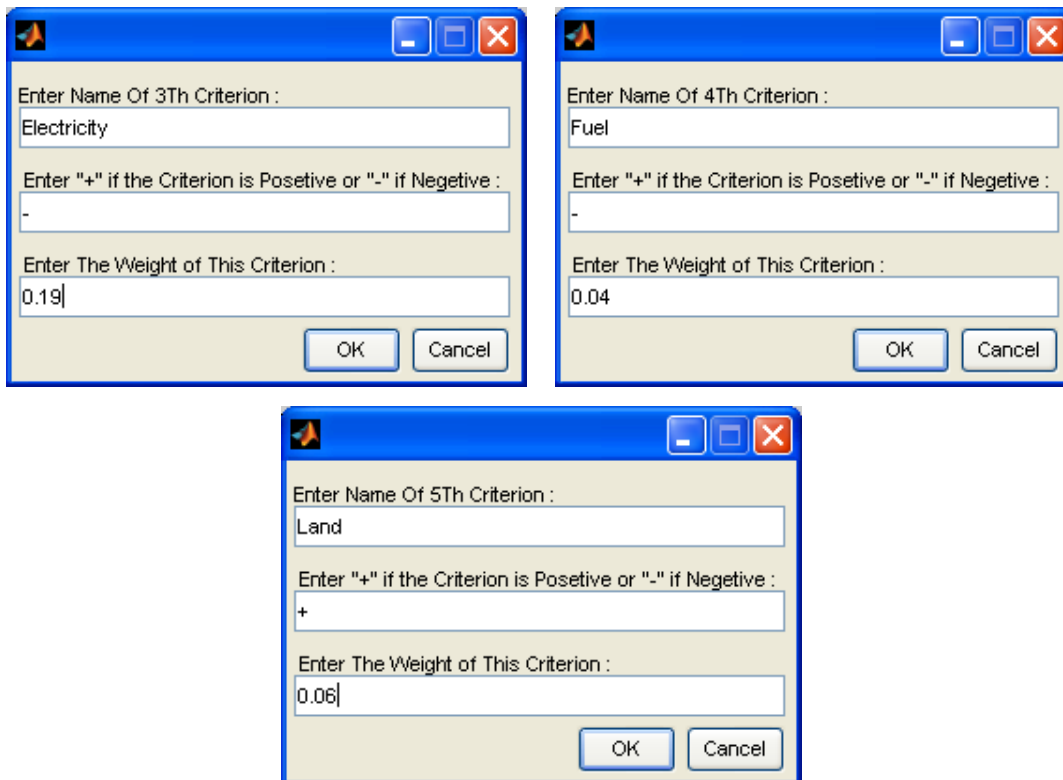
گام ۲: وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها و نام گزینه‌ها

شکل ۴-۱۲: طریقه وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها را برای مسئله مورد نظر نشان

می‌دهد.

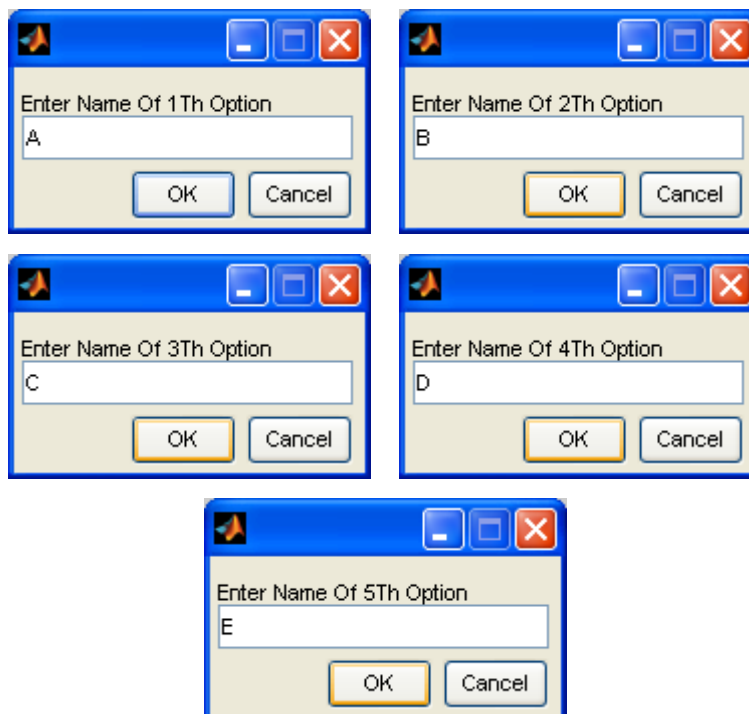






شکل ۴-۱۲- طریقه وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها

طریقه وارد کردن نام گزینه‌ها در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۳- طریقه وارد کردن نام گزینه‌ها

گام ۳: وارد کردن ماتریس تصمیم

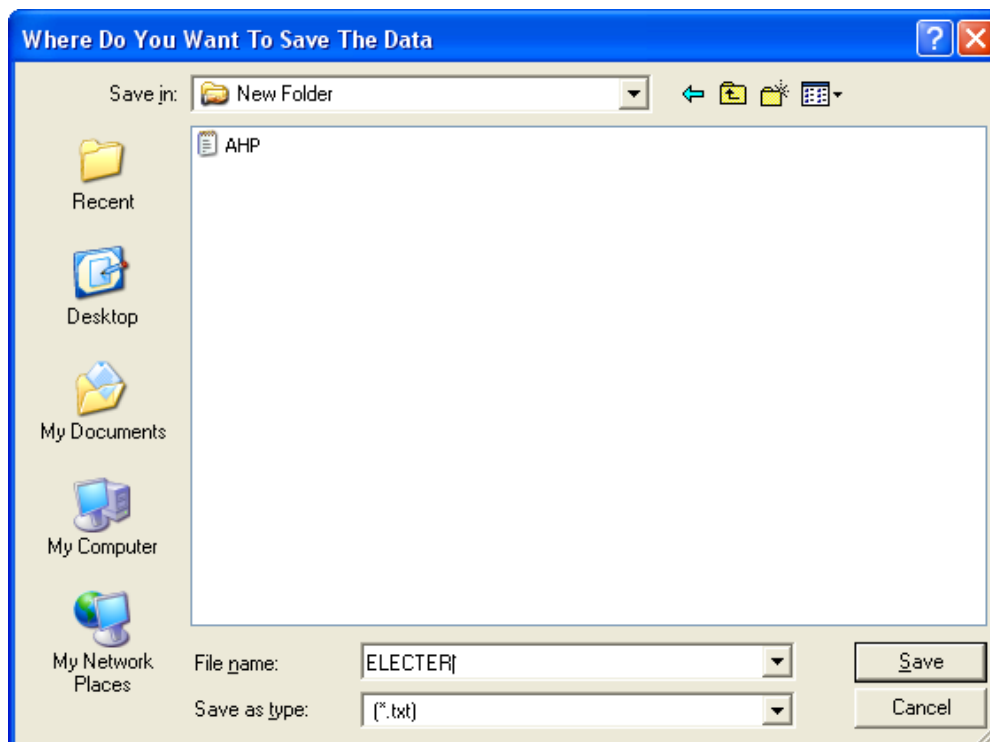
در این مرحله داده‌های مربوط به ماتریس تصمیم وارد نرم افزار خواهد شد. شکل ۴-۱۴ طریقه وارد کردن داده‌های مربوط به ماتریس تصمیم مورد نظر نشان داده شده است.



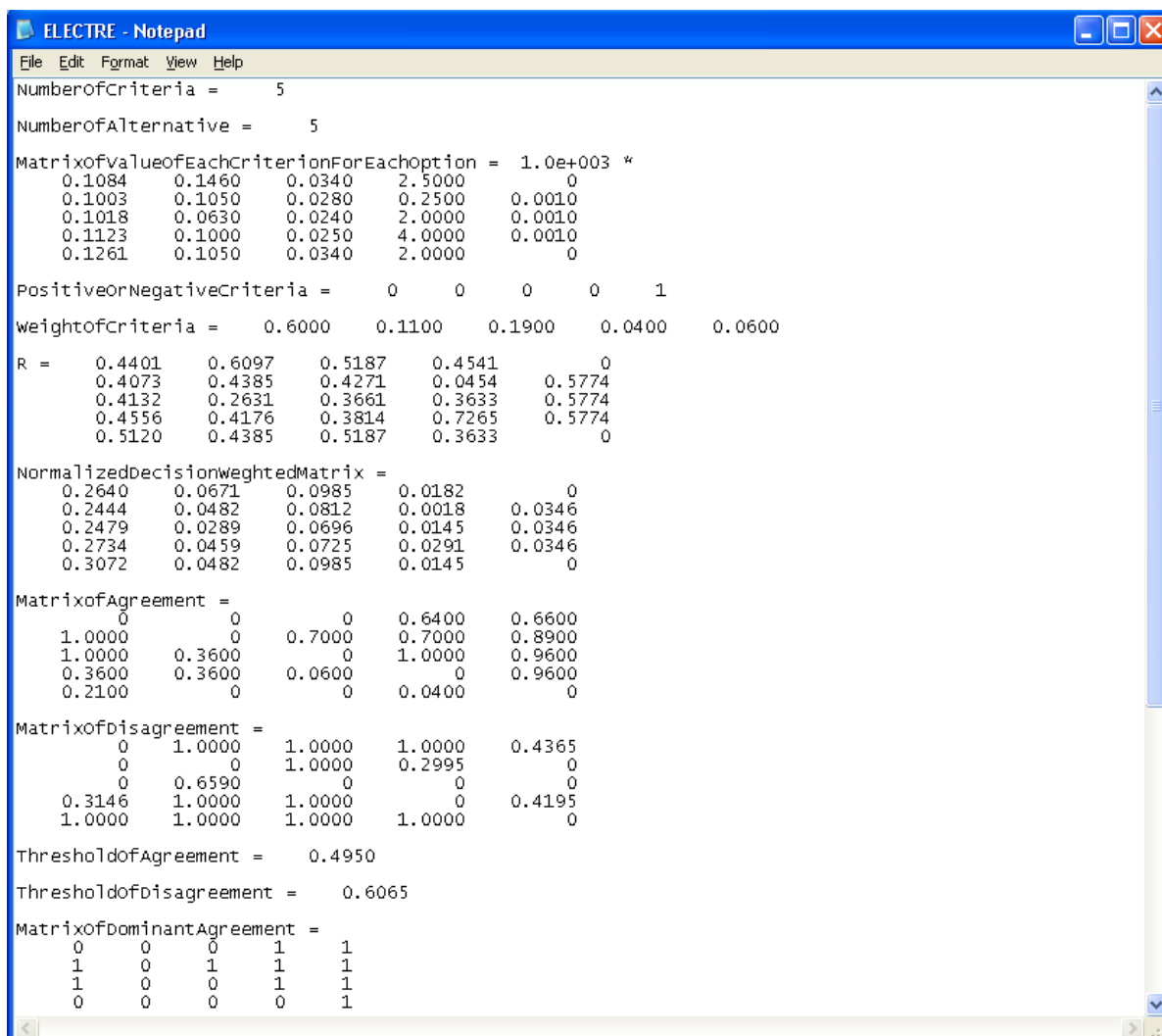
شکل ۴-۱۴- طریقه وارد کردن داده‌های مربوط به ماتریس تصمیم برای انتخاب محل مناسب

گام ۴: تعیین مسیر برای ذخیره فایل خروجی نرم افزار

شکل‌های ۴-۱۵ و ۴-۱۶ به ترتیب مسیر ذخیره فایل و خروجی نرم افزار را نشان می‌دهند.



شکل ۴-۱۵- طریقه وارد کردن مسیر ذخیره فایل



شکل ۴-۱۶- فایل خروجی نرم افزار با روش الکتز

```

ELECTRE - Notepad
File Edit Format View Help
MatrixOfDominantDisagreement =
0 0 0 0 1
1 0 0 1 1
1 0 0 1 1
1 0 0 0 1
0 0 0 0 0

FinalDominantMatrix =
0 0 0 0 1
1 0 0 1 1
1 0 0 1 1
0 0 0 0 1
0 0 0 0 0

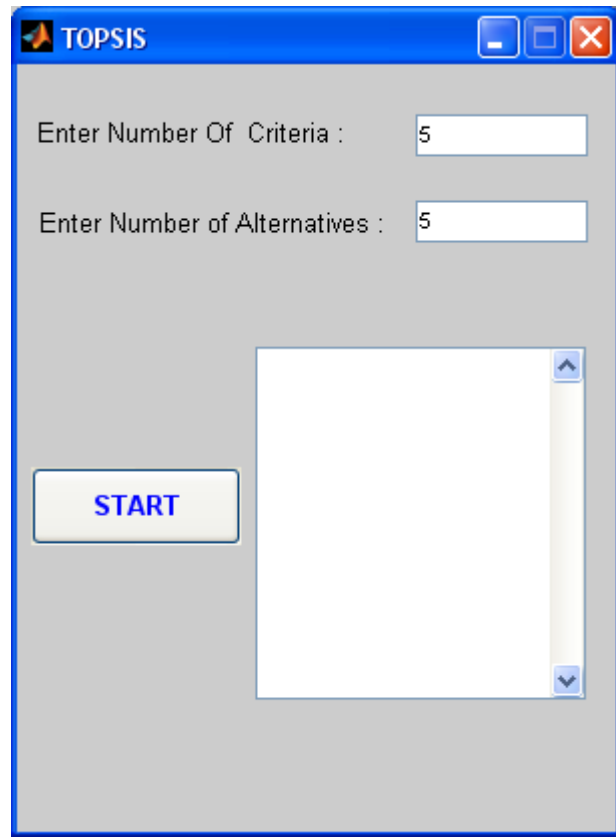
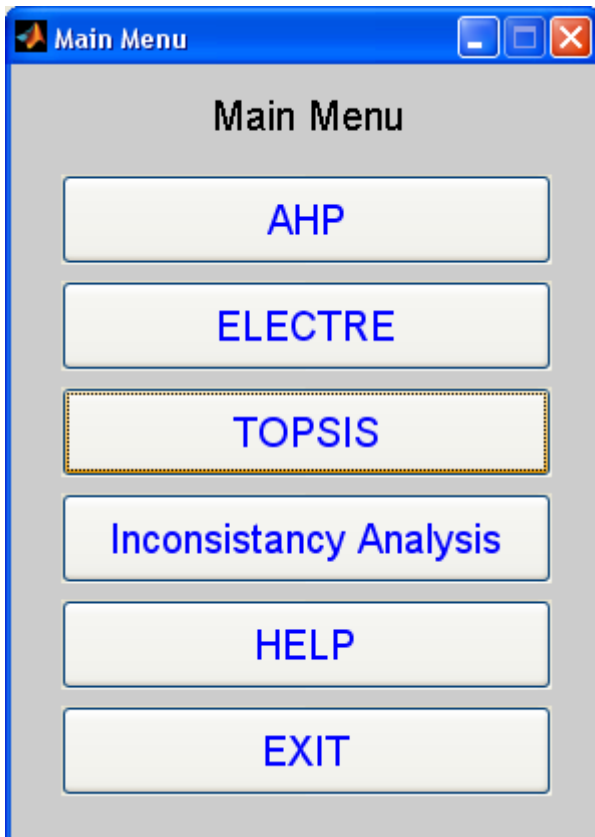
Result =
The Number of Dominance of A Alternative is: -1
The Number of Dominance of B Alternative is: 3
The Number of Dominance of C Alternative is: 3
The Number of Dominance of D Alternative is: -1
The Number of Dominance of E Alternative is: -4
    
```

ادامه شکل ۴-۱۶- فایل خروجی نرم افزار با روش الکتز

۴-۳-۱-۳- حل مساله به روش شباهت به گزینه ایده‌ال

گام ۱: انتخاب روش و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه‌ها

این مرحله مشابه روش ELECTRE می‌باشد (شکل ۴-۱۷).



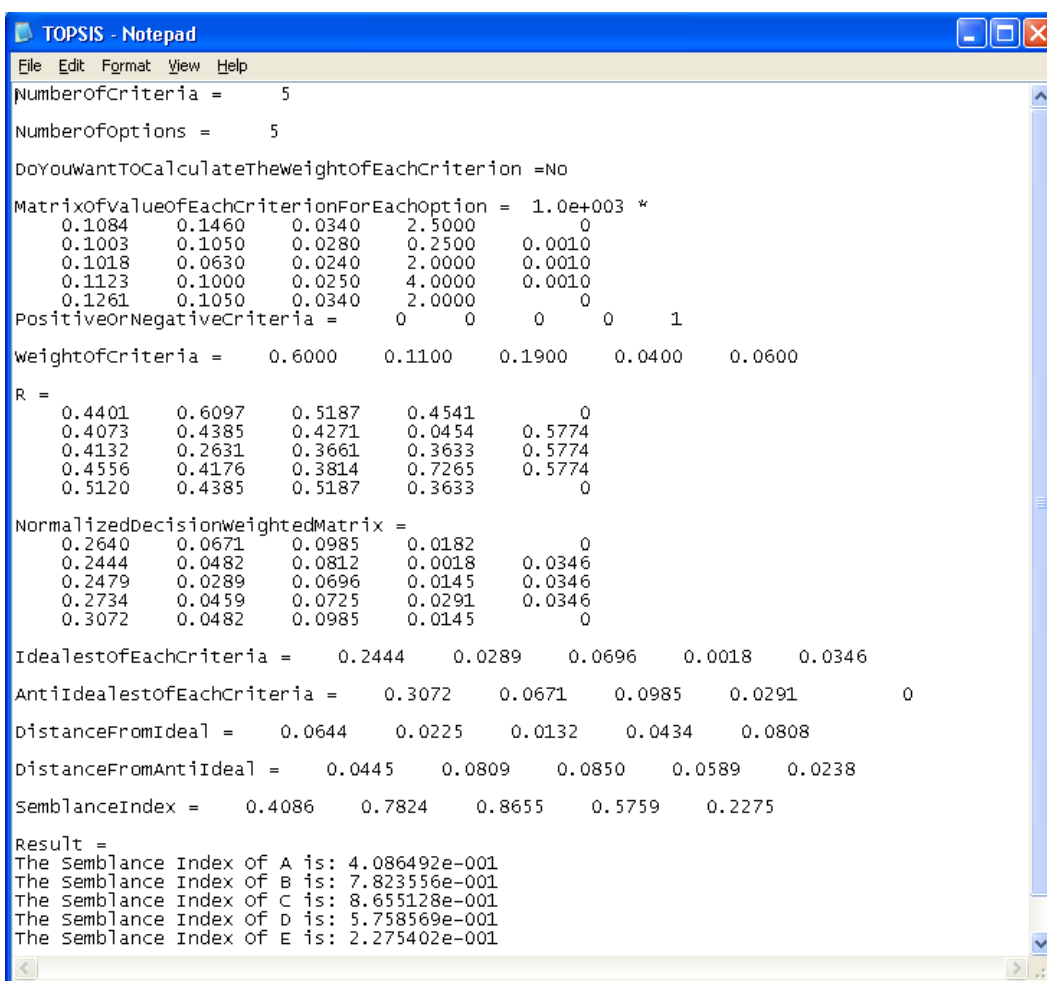
شکل ۴-۱۷- انتخاب روش شباهت به گزینه ایده‌ال و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه‌ها

گام ۲: وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها و نام گزینه‌ها

گام ۳: وارد کردن ماتریس تصمیم

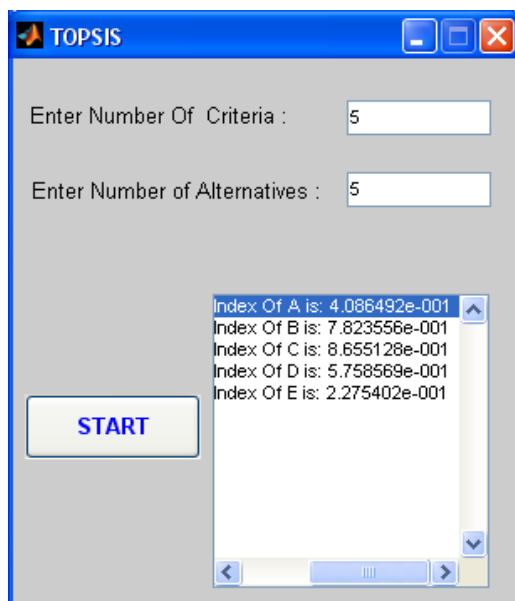
گام ۴: تعیین مسیر برای ذخیره فایل خروجی نرم افزار

این مراحل مشابه روش ELECTRE می‌باشد. شکل‌های ۴-۱۸ و ۴-۱۹ خروجی نرم افزار را به دو طریق نشان می‌دهند.



```
TOPSIS - Notepad
File Edit Format View Help
NumberOfCriteria = 5
NumberOfOptions = 5
DoYouWantToCalculateTheWeightOfEachCriterion = No
MatrixofValueofEachCriterionForEachOption = 1.0e+003 *
  0.1084 0.1460 0.0340 2.5000 0
  0.1003 0.1050 0.0280 0.2500 0.0010
  0.1018 0.0630 0.0240 2.0000 0.0010
  0.1123 0.1000 0.0250 4.0000 0.0010
  0.1261 0.1050 0.0340 2.0000 0
PositiveOrNegativeCriteria = 0 0 0 0 1
weightofCriteria = 0.6000 0.1100 0.1900 0.0400 0.0600
R =
  0.4401 0.6097 0.5187 0.4541 0
  0.4073 0.4385 0.4271 0.0454 0.5774
  0.4132 0.2631 0.3661 0.3633 0.5774
  0.4556 0.4176 0.3814 0.7265 0.5774
  0.5120 0.4385 0.5187 0.3633 0
NormalizedDecisionWeightedMatrix =
  0.2640 0.0671 0.0985 0.0182 0
  0.2444 0.0482 0.0812 0.0018 0.0346
  0.2479 0.0289 0.0696 0.0145 0.0346
  0.2734 0.0459 0.0725 0.0291 0.0346
  0.3072 0.0482 0.0985 0.0145 0
IdealestofEachCriteria = 0.2444 0.0289 0.0696 0.0018 0.0346
AntiIdealestofEachCriteria = 0.3072 0.0671 0.0985 0.0291 0
DistanceFromIdeal = 0.0644 0.0225 0.0132 0.0434 0.0808
DistanceFromAntiIdeal = 0.0445 0.0809 0.0850 0.0589 0.0238
semblanceIndex = 0.4086 0.7824 0.8655 0.5759 0.2275
Result =
The Semblance Index of A is: 4.086492e-001
The Semblance Index of B is: 7.823556e-001
The Semblance Index of C is: 8.655128e-001
The Semblance Index of D is: 5.758569e-001
The Semblance Index of E is: 2.275402e-001
```

شکل ۴-۱۸- فایل خروجی نرم افزار با روش شباهت به گزینه ایده آل



شکل ۴-۱۹- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار

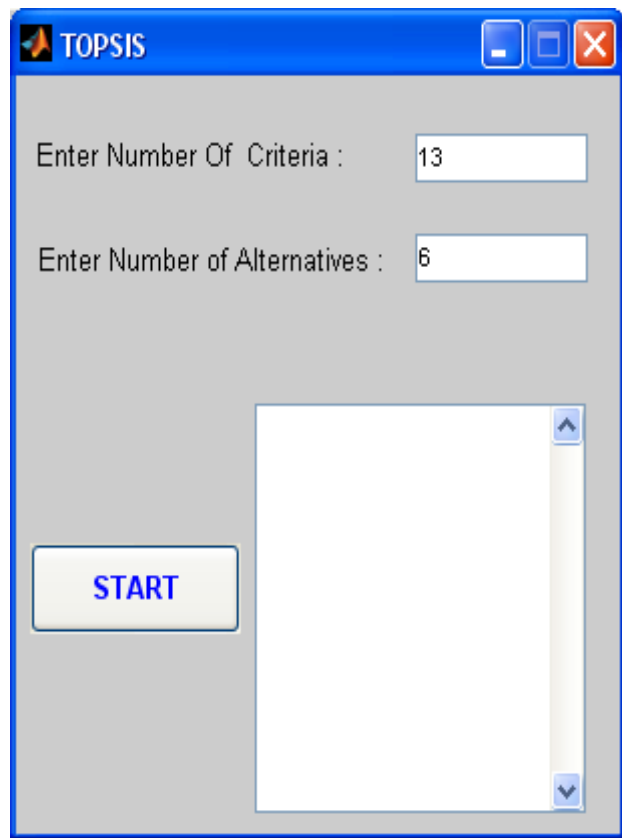
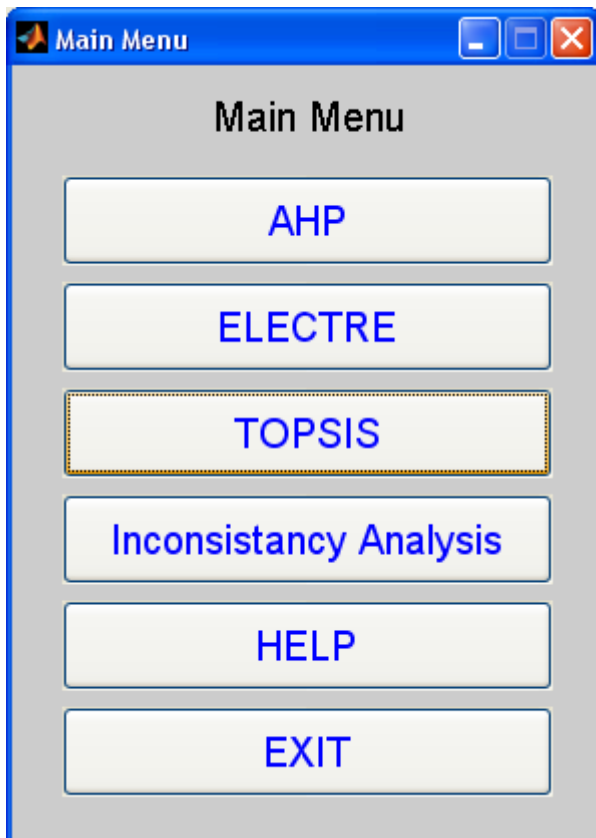
#### ۴-۳-۲- انتخاب روش استخراج مناسب با کمک نرم افزار

۴-۳-۳-۱- حل مساله به روش شباهت به گزینه ایده آل

در این بخش به بررسی و حل مسئله انتخاب روش استخراج مناسب برای معدن جاجرم با استفاده از نرم افزار و با کمک روش شباهت به گزینه ایده آل پرداخته می شود. مراحل حل این مثال به صورت دستی در ذیل آورده شده است:

گام ۱: انتخاب روش و وارد کردن تعداد معیارها و گزینهها

پنجره مربوط به روش TOPSIS در کنار منوی اصلی را انتخاب کرده و تعداد معیارها و متغیرهای مسئله را وارد می کنیم (شکل ۴-۲۰):

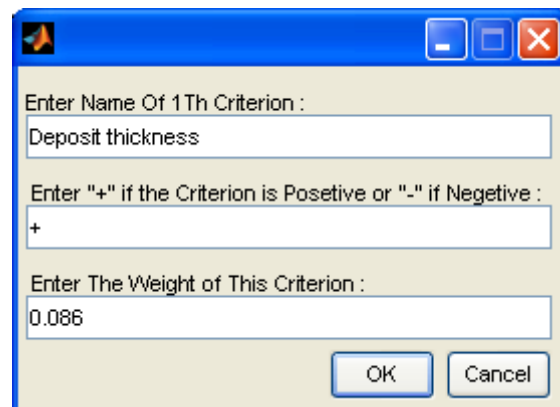
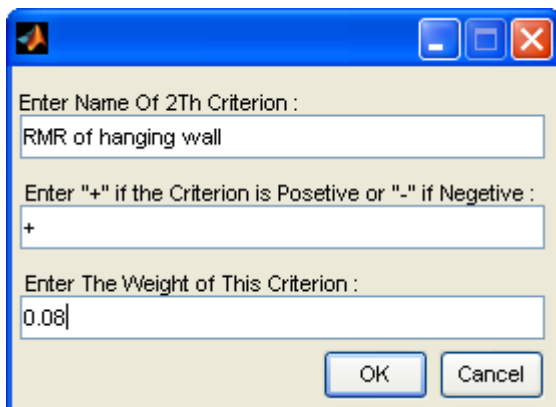


شکل ۴-۲۰- انتخاب روش TOPSIS و وارد کردن تعداد معیارها و گزینه‌ها

بعد از وارد کردن تعداد معیارها و تعداد گزینه‌ها بر روی گزینه START کلیک می‌کنیم.

گام ۲: وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها و نام گزینه‌ها

شکل ۴-۲۱- طریقه وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها را برای مسئله مورد نظر نشان می‌دهد.



Enter Name Of 4Th Criterion :  
Deposit shape

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.081

OK Cancel

Enter Name Of 3Th Criterion :  
Deposit dip

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.096

OK Cancel

Enter Name Of 6Th Criterion :  
Ore grade

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.074

OK Cancel

Enter Name Of 5Th Criterion :  
RMR of ore

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.075

OK Cancel

Enter Name Of 8Th Criterion :  
Recovery

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.069

OK Cancel

Enter Name Of 7Th Criterion :  
Ore uniformity

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.080

OK Cancel

Enter Name Of 10Th Criterion :  
RMR of footwall

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.077

OK Cancel

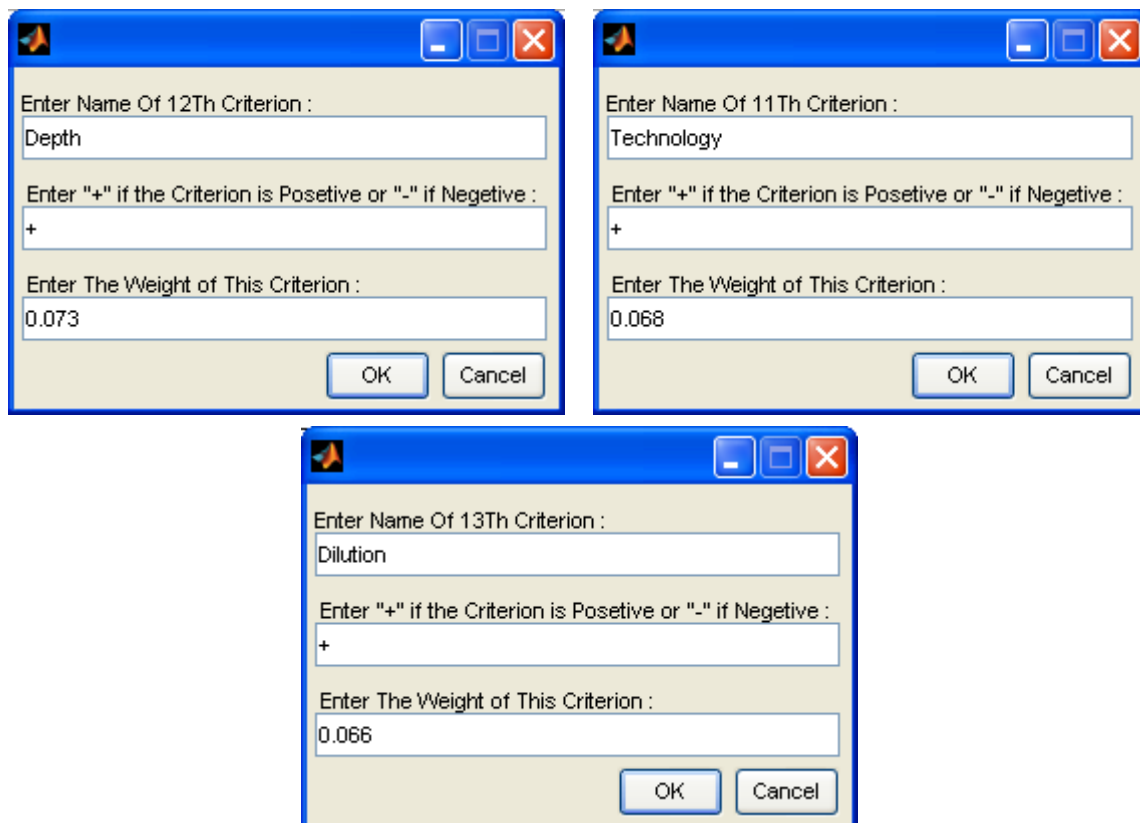
Enter Name Of 9Th Criterion :  
Production

Enter "+" if the Criterion is Positive or "-" if Negative :  
+

Enter The Weight of This Criterion :  
0.075

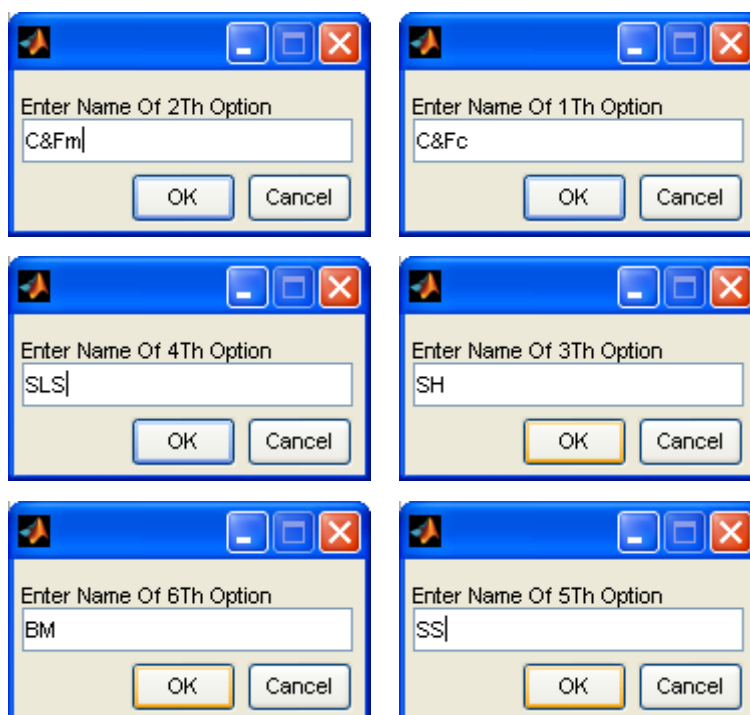
OK Cancel





شکل ۴-۲۱- طریقه وارد کردن نام، وزن و مثبت یا منفی بودن معیارها

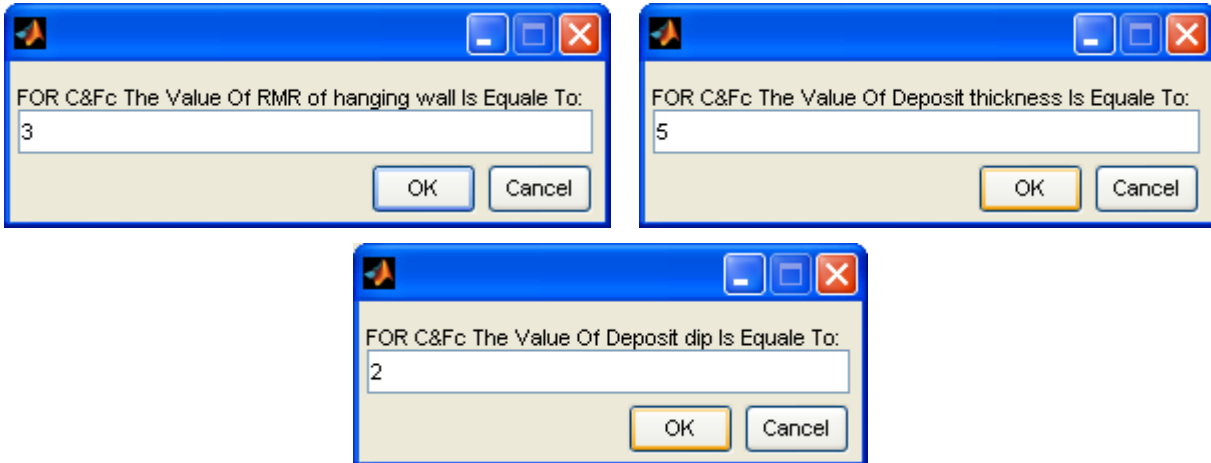
طریقه وارد کردن نام گزینه‌ها در شکل ۴-۲۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۲- طریقه وارد کردن نام گزینه‌ها

گام ۳: وارد کردن ماتریس تصمیم

در این مرحله داده‌های مربوط به ماتریس تصمیم وارد نرم افزار خواهد شد. شکل ۴-۲۳ طریقه وارد کردن تعدادی از داده‌های مربوط به ماتریس تصمیم برای مسئله مورد نظر نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۳- طریقه وارد کردن تعدادی از داده‌های مربوط به ماتریس تصمیم

گام ۴- تعیین مسیر برای ذخیره فایل خروجی نرم افزار  
فایل خروجی نرم افزار در شکل ۴-۲۴ آورده شده است.

```

reza - Notepad
File Edit Format View Help
|
NumberOfCriteria =
    13

NumberOfOptions =
    6

DoYouWantToCalculateTheWeightOfEachCriterion =
No

MatrixofValueofEachCriterionForEachoption =
    5    3    2    3    1    4    2    5    4    2    4    4    4
    2    3    2    3    2    4    2    3    4    2    4    4    4
    2    1    2    3    2    2    2    2    1    2    2    1    1
    2    1    2    1    5    1    2    2    1    2    2    2    1
    1    1    1    1    1    1    2    1    2    2    1    1    1
    1    1    2    2    1    2    2    1    1    2    1    1    1

PositiveOrNegativeCriteria =
    1    1    1    1    1    1    1    1    1    1    1    1    1

weightofCriteria =
    0.0860
    0.0800
    0.0960
    0.0810
    0.0750
    0.0740
    0.0800
    0.0690
    0.0750
    0.0770
    0.0680
    0.0730
    0.0660

```

شکل ۴-۲۴- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش شباهت به گزینه ایده آل

```

reza - Notepad
File Edit Format View Help
R =
Columns 1 through 10
    0.8006    0.6396    0.4364    0.5222    0.1667    0.6172    0.4082    0.7538
    0.3203    0.6396    0.4364    0.5222    0.3333    0.6172    0.4082    0.4523
    0.3203    0.2132    0.4364    0.5222    0.3333    0.3086    0.4082    0.3015
    0.3203    0.2132    0.4364    0.1741    0.8333    0.1543    0.4082    0.3015
    0.1601    0.2132    0.2182    0.1741    0.1667    0.1543    0.4082    0.1508
    0.1601    0.2132    0.4364    0.3482    0.1667    0.3086    0.4082    0.1508

Columns 11 through 13
    0.6172    0.6405    0.6667
    0.6172    0.6405    0.6667
    0.3086    0.1601    0.1667
    0.3086    0.3203    0.1667
    0.1543    0.1601    0.1667
    0.1543    0.1601    0.1667

NormalizedDecisionweightedMatrix =
Columns 1 through 10
    0.0689    0.0512    0.0419    0.0423    0.0125    0.0457    0.0327    0.0520
    0.0275    0.0512    0.0419    0.0423    0.0250    0.0457    0.0327    0.0312
    0.0275    0.0171    0.0419    0.0423    0.0250    0.0228    0.0327    0.0208
    0.0275    0.0171    0.0419    0.0141    0.0625    0.0114    0.0327    0.0208
    0.0138    0.0171    0.0209    0.0141    0.0125    0.0114    0.0327    0.0104
    0.0138    0.0171    0.0419    0.0282    0.0125    0.0228    0.0327    0.0104

Columns 11 through 13
    0.0420    0.0468    0.0440
    0.0420    0.0468    0.0440
    0.0210    0.0117    0.0110
    0.0210    0.0234    0.0110
    0.0105    0.0117    0.0110
    0.0105    0.0117    0.0110

```

ادامه شکل ۴-۲۴- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش شباهت به گزینه ایده آل

```

reza - Notepad
File Edit Format View Help

IdealestofEachCriteria =
Columns 1 through 10
    0.0689    0.0512    0.0419    0.0423    0.0625    0.0457    0.0327    0.0520
Columns 11 through 13
    0.0420    0.0468    0.0440

AntiIdealestofEachCriteria =
Columns 1 through 10
    0.0138    0.0171    0.0209    0.0141    0.0125    0.0114    0.0327    0.0104
Columns 11 through 13
    0.0105    0.0117    0.0110

DistanceFromIdeal =
    0.0500    0.0595    0.0991    0.0958    0.1213    0.1173

DistanceFromAntiIdeal =
    0.1138    0.0946    0.0439    0.0590    0.0120    0.0277

SemblanceIndex =
    0.6947    0.6138    0.3070    0.3811    0.0901    0.1911

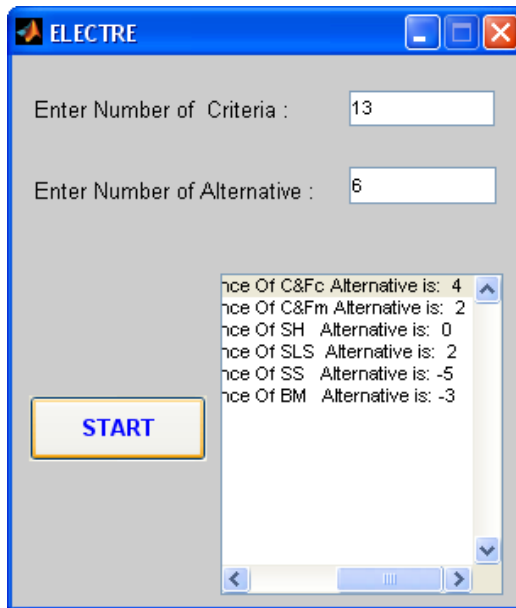
Result =
The Semblance Index of C&Fc is: 6.947004e-001
The Semblance Index of C&Fm is: 6.138120e-001
The Semblance Index of SH is: 3.069840e-001
The Semblance Index of SLS is: 3.810997e-001
The Semblance Index of SS is: 9.006143e-002

```

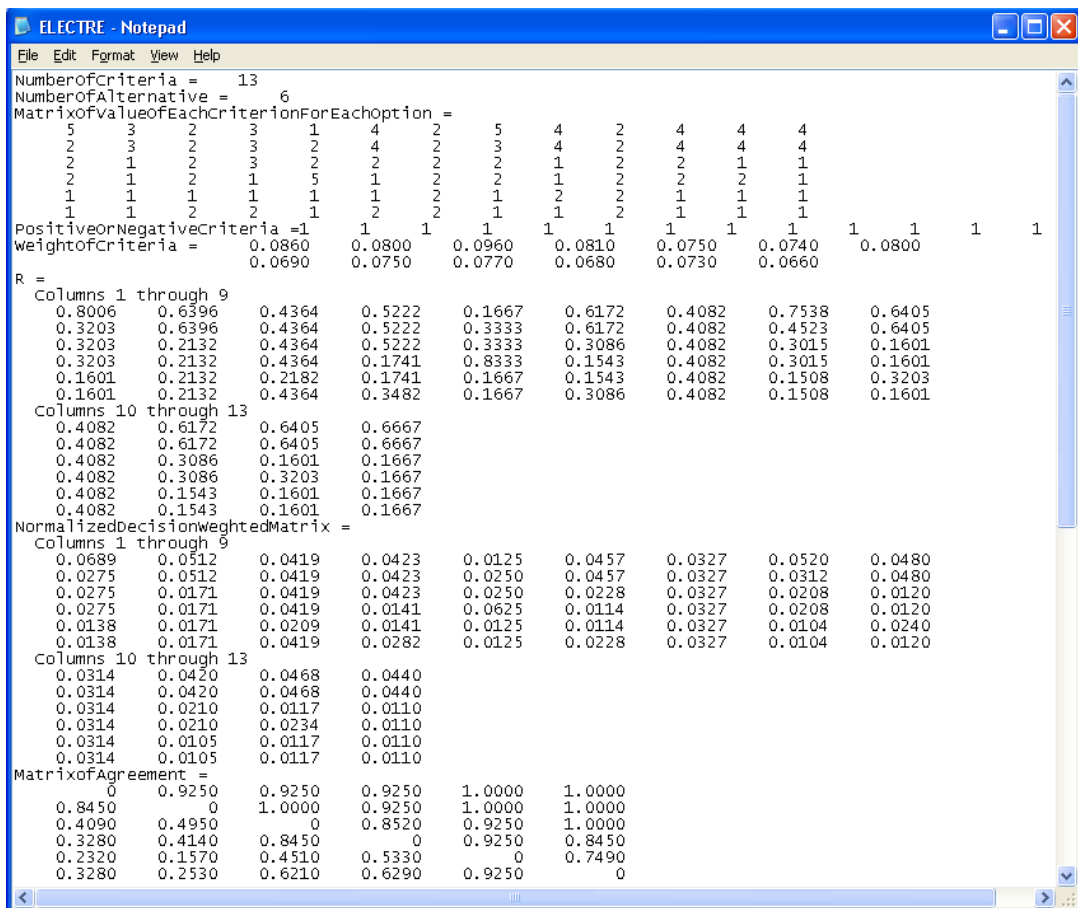
ادامه شکل ۴-۲۴- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش شباهت به گزینه ایده آل

#### ۴-۳-۲-۱- حل مساله به روش الکترو

در این بخش به بررسی و حل مسئله انتخاب روش استخراج مناسب برای معدن جاجرم با استفاده از نرم افزار و با کمک روش الکترو پرداخته می شود. شکل های ۴-۲۵ و ۴-۲۶ خروجی نرم افزار برای حل مسئله با استفاده از روش الکترو به دو طریق نشان می دهند.



شکل ۴-۲۵- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار



شکل ۴-۲۶- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش الکنتر

```

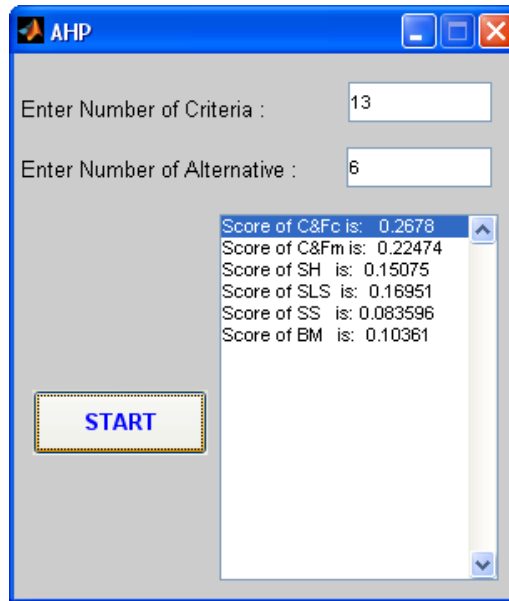
ELECTRE - Notepad
File Edit Format View Help
0.0314 0.0210 0.0117 0.0110
0.0314 0.0210 0.0234 0.0110
0.0314 0.0105 0.0117 0.0110
0.0314 0.0105 0.0117 0.0110
MatrixofAgreement =
0 0.9250 0.9250 1.0000 1.0000
0.8450 0 1.0000 0.9250 1.0000 1.0000
0.4090 0.4950 0 0.8520 0.9250 1.0000
0.3280 0.4140 0.8450 0 0.9250 0.8450
0.2320 0.1570 0.4510 0.5330 0 0.7490
0.3280 0.2530 0.6210 0.6290 0.9250 0
MatrixofDisagreement =
0 0.3026 1.0000 0 0
1.0000 0 0 1.0000 0 0
1.0000 1.0000 0 1.0000 0 0
0.8263 0.9135 0.7520 0 0 0.2820
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0 1.0000
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0 0
ThresholdofAgreement = 0.7154 ThresholdofDisagreement = 0.6126
MatrixofDominantAgreement =
0 1 1 1 1 1
1 0 1 1 1 1
0 0 0 1 1 1
0 0 1 0 1 1
0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 1 0
MatrixofDominantDisagreement =
0 1 1 0 1 1
0 0 1 0 1 1
0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0
FinalDominantMatrix =
0 1 1 0 1 1
0 0 1 0 1 1
0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0
Result =
The Number of Dominance of C&Fc Alternative is: 4
The Number of Dominance of C&Fm Alternative is: 2
The Number of Dominance of SH Alternative is: 0
The Number of Dominance of SLS Alternative is: 2
The Number of Dominance of SS Alternative is: -5
The Number of Dominance of BM Alternative is: -3

```

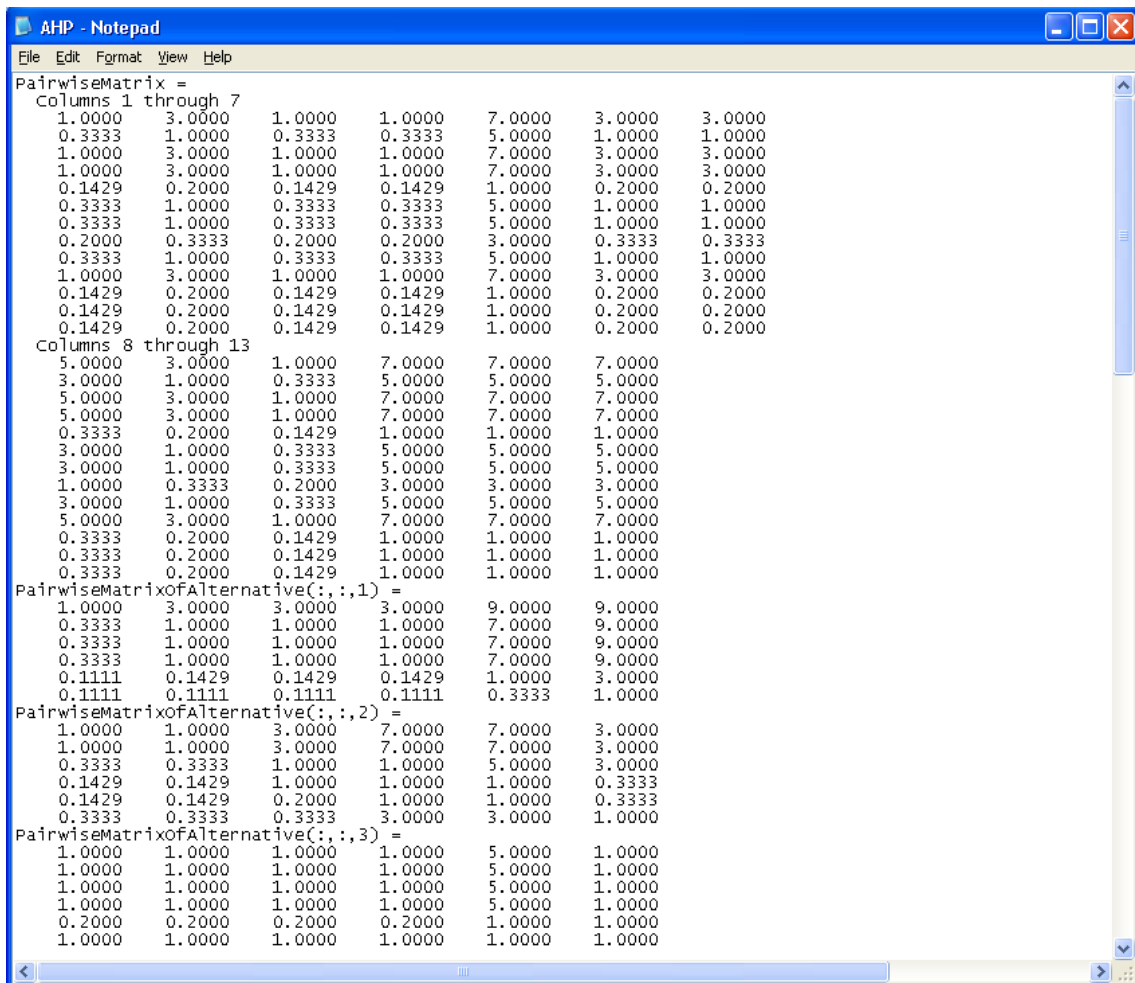
ادامه شکل ۴-۲۶- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش الکترون

#### ۴-۳-۲-۱- حل مساله به روش تحلیل سلسله مراتبی

در این بخش به بررسی و حل مسئله انتخاب روش استخراج مناسب برای معدن جاجرم با استفاده از نرم افزار و با کمک روش تحلیل سلسله مراتبی پرداخته می شود. شکل ۴-۲۷ و ۴-۲۸ خروجی نرم افزار برای حل این مسئله به دو طریق نشان می دهد.



شکل ۴-۲۷- امتیاز هر گزینه در پنجره ابتدایی نرم افزار



شکل ۴-۲۸- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش تحلیل سلسله مراتبی



```

AHP - Notepad
File Edit Format View Help
PairwiseMatrixofAlternative(:,4) =
1.0000 1.0000 3.0000 3.0000 3.0000 3.0000
1.0000 1.0000 3.0000 3.0000 3.0000 3.0000
0.3333 0.3333 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
0.3333 0.3333 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
0.3333 0.3333 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
0.3333 0.3333 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,5) =
1.0000 1.0000 3.0000 3.0000 9.0000 7.0000
1.0000 1.0000 3.0000 3.0000 9.0000 7.0000
0.3333 0.3333 1.0000 1.0000 9.0000 7.0000
0.3333 0.3333 1.0000 1.0000 5.0000 3.0000
0.1111 0.1111 0.1111 0.2000 1.0000 0.3333
0.1429 0.1429 0.1429 0.3333 3.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,6) =
1.0000 3.0000 5.0000 5.0000 7.0000 7.0000
0.3333 1.0000 3.0000 3.0000 5.0000 5.0000
0.2000 0.3333 1.0000 3.0000 3.0000 3.0000
0.2000 0.3333 0.3333 1.0000 3.0000 3.0000
0.1429 0.2000 0.3333 0.3333 1.0000 1.0000
0.1429 0.2000 0.3333 0.3333 1.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,7) =
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
PairwiseMatrixofAlternative(:,8) =
1.0000 1.0000 7.0000 5.0000 3.0000 5.0000
1.0000 1.0000 7.0000 5.0000 3.0000 5.0000
0.1429 0.1429 1.0000 0.3333 0.2000 0.3333
0.2000 0.2000 3.0000 1.0000 0.3333 1.0000
0.3333 0.3333 5.0000 3.0000 1.0000 3.0000
0.2000 0.2000 3.0000 1.0000 0.3333 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,9) =
1.0000 0.2000 0.3333 0.1111 3.0000 0.3333
5.0000 1.0000 1.0000 0.2000 5.0000 3.0000
3.0000 1.0000 1.0000 0.1429 5.0000 3.0000
9.0000 5.0000 7.0000 1.0000 9.0000 7.0000
0.3333 0.2000 0.2000 0.1111 1.0000 0.3333
3.0000 0.3333 0.3333 0.1429 3.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,10) =
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
PairwiseMatrixofAlternative(:,11) =

```

ادامه شکل ۴-۲۸- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش تحلیل سلسله مراتبی

```

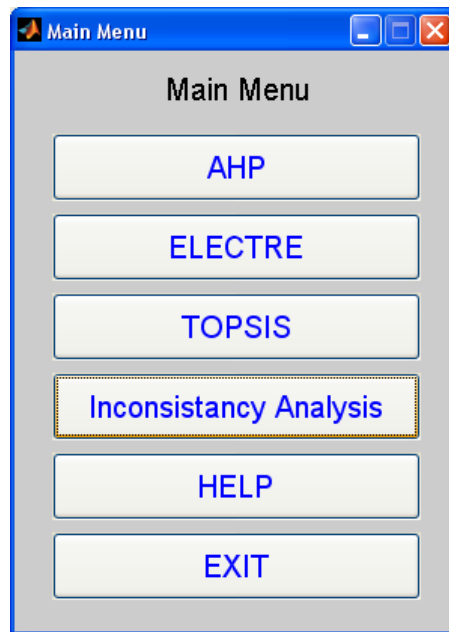
AHP - Notepad
File Edit Format View Help
PairwiseMatrixofAlternative(:,11) =
1.0000 1.0000 1.0000 3.0000 5.0000 3.0000
1.0000 1.0000 1.0000 5.0000 5.0000 3.0000
1.0000 1.0000 1.0000 5.0000 5.0000 3.0000
0.3333 0.2000 0.2000 1.0000 1.0000 0.3333
0.2000 0.2000 0.2000 1.0000 1.0000 0.3333
0.3333 0.3333 0.3333 3.0000 3.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,12) =
1.0000 1.0000 5.0000 3.0000 6.0000 6.0000
1.0000 1.0000 3.0000 3.0000 6.0000 6.0000
0.2000 0.3333 1.0000 1.0000 2.0000 2.0000
0.3333 0.3333 1.0000 1.0000 2.0000 2.0000
0.1667 0.1667 0.5000 0.5000 1.0000 1.0000
0.1667 0.1667 0.5000 0.5000 1.0000 1.0000
PairwiseMatrixofAlternative(:,13) =
1.0000 1.0000 9.0000 3.0000 9.0000 5.0000
1.0000 1.0000 9.0000 3.0000 9.0000 5.0000
0.1111 0.1111 1.0000 0.1429 1.0000 0.3333
0.3333 0.3333 7.0000 1.0000 7.0000 3.0000
0.1111 0.1111 1.0000 0.1429 1.0000 0.3333
0.2000 0.2000 3.0000 0.3333 3.0000 1.0000
weightofPairwiseMatrix =
0.1562 0.0687 0.1562 0.1562 0.0166 0.0687 0.0687 0.0337 0.0687 0.1562 0.0166 0.0166 0.0166
weightofPairwiseMatrixofAlternative =
0.4050 0.3263 0.1957 0.3000 0.3238 0.4566 0.1667
0.1790 0.3263 0.1957 0.3000 0.3238 0.2357 0.1667
0.1790 0.1457 0.1957 0.1000 0.1639 0.1317 0.1667
0.1790 0.0581 0.1957 0.1000 0.1204 0.0894 0.1667
0.0357 0.0399 0.0592 0.1000 0.0245 0.0433 0.1667
0.0221 0.1038 0.1582 0.1000 0.0436 0.0433 0.1667
Columns 8 through 13
0.3358 0.0468 0.1667 0.2500 0.3582 0.3468
0.3358 0.1585 0.1667 0.2677 0.3249 0.3468
0.0336 0.1390 0.1667 0.2677 0.1004 0.0305
0.0691 0.5506 0.1667 0.0541 0.1083 0.1715
0.1564 0.0298 0.1667 0.0487 0.0541 0.0305
0.0691 0.0753 0.1667 0.1117 0.0541 0.0739
InconsistencyRatioofPairwiseMatrix = 0.0171
InconsistencyRatioofAlternativeofEachCriteria =
Columns 1 through 7
0.0401 0.0599 0.0485 0 0.0392 0.0451 -0.0000
Columns 8 through 13
0.0237 0.0630 -0.0000 0.0159 0.0044 0.0201
HierarchyInconsistencyRatio = 0.0250
result =
Score of C&Fc is: 0.2678
Score of C&Fm is: 0.22474
Score of SH is: 0.15075
Score of SLS is: 0.16951
Score of SS is: 0.083596

```

ادامه شکل ۴-۲۸- فایل خروجی نرم افزار برای انتخاب روش استخراج با روش تحلیل سلسله مراتبی

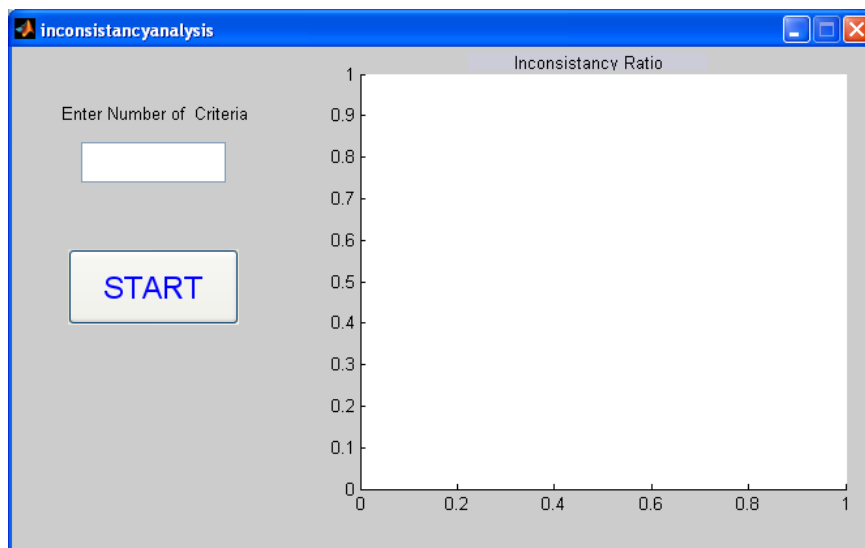
#### ۴-۳-۳- آنالیز نرخ ناسازگاری ماتریس تصمیم گیری

در شرایطی که تعداد معیارها در ماتریس تصمیم گیری زیاد باشد و نرخ ناسازگاری ماتریس از مقدار مورد نظر (۰/۱) بیشتر باشد یافتن معیارهایی که بیشترین نرخ ناسازگاری را در ماتریس ایجاد کرده اند کاری بسیار دشوار است. برای حل این مشکل بخش مجزایی در نرم افزار در نظر گرفته شد (شکل ۴-۲۹) که این امکان را در اختیار کاربر قرار می دهد که نسبت تمام معیارها را به یکدیگر محاسبه کرده و معیارهایی را که بیشترین نرخ ناسازگاری را در ماتریس تصمیم گیری ایجاد کرده اند را مشخص می کند.



شکل ۴-۲۹- آنالیز نرخ ناسازگاری ماتریس تصمیم گیری با استفاده از آیکون inconsistency Analysis

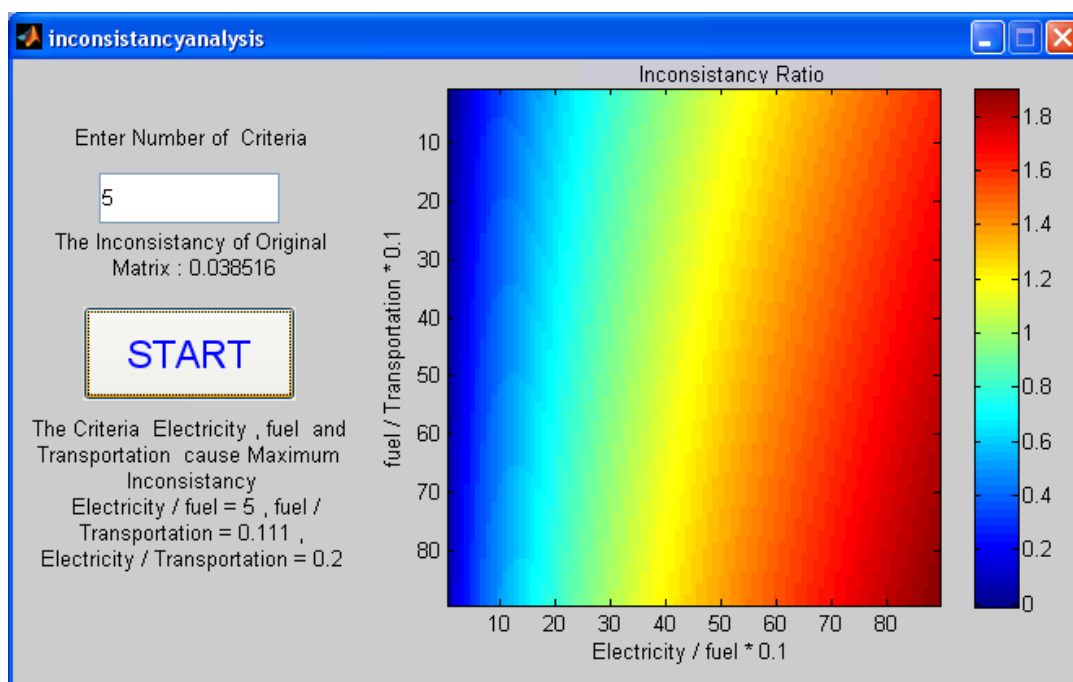
بعد از انتخاب این بخش از نرم افزار برای آنالیز نرخ ناسازگاری پنجره‌ای که در شکل ۴-۳۰ نشان داده شده است ظاهر می‌شود، که می‌توان با استفاده از آن نرخ ناسازگاری یک ماتریس را بدست آورد و معیارهایی که بیشترین ناسازگاری را در ماتریس مقایسه زوجی ایجاد کرده‌اند تعیین کرد.



شکل ۴-۳۰- پنجره آنالیز نرخ ناسازگاری بعد از کلیک بر روی آیکون inconsistency Analysis

برای این منظور ابتدا تعداد معیارهای مورد نظر را در پنجره مربوطه وارد می‌کنیم سپس با کلیک کردن بر روی دکمه START آنالیز نرخ ناسازگاری شروع می‌شود. شکل ۴-۳۱ آنالیز نرخ ناسازگاری برای مثال تعیین

محل مناسب برای کارخانه آلومینیای سیمان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، نرخ ناسازگاری ماتریس تصمیم‌گیری برابر ۰/۰۳۸ می‌باشد. لازم به ذکر است که نسبت معیار برق به سوخت برابر ۵ و نسبت معیار سوخت به حمل و نقل برابر ۰/۱ می‌باشد. این درحالی است که مقدار نسبت معیار برق به حمل و نقل در ماتریس تصمیم‌گیری برابر ۰/۲ در نظر گرفته شده است. این موضوع موجب ایجاد ناسازگاری در ماتریس تصمیم‌گیری می‌شود. با تغییر این نسبت از ۰/۲ به ۰/۵ می‌توان مقدار نرخ ناسازگاری ماتریس را کاهش داد.



شکل ۴-۳۱- پنجره خروجی بخش آنالیز نرخ ناسازگاری

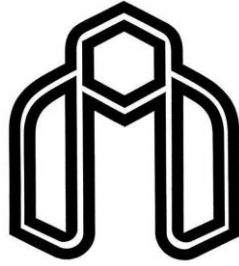
با استفاده از این قابلیت در نرم افزار می‌توان ماتریس‌های با نرخ ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ (حداکثر مقدار نرخ ناسازگاری قابل قبول ۰/۱ می‌باشد) را تصحیح و مقدار نرخ ناسازگاری آن‌ها را کاهش داد.

## منابع:

- عطائی محمد، انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا-سیمان با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده آل، نشریه علمی و فناوری امیرکبیر، دوره ۱۶، شماره ۶۲، تابستان و پاییز ۱۳۸۴، ص. ۷۷ تا ۸۳.
- عطائی محمد، ۱۳۸۲، جزوه درسی مدیریت صنعتی، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک.
- قدسی پور حسن، مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره: برنامه ریزی چندهدفه (روش های وزن دهی بعد از حل)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، اردیبهشت، ۱۳۸۶، ص ۲۱۰.
- Aczél J. and T.L. Saaty, Procedures for synthesizing ratio judgments. *Journal of Mathematical Psychology* **27** 1 (1983), pp. 93–102.
- Al Harbi K.M., Application of AHP in project management, *International Journal of Project Management* 19 (4) (2001) 19–27.
- Al Khalil, M. I. (2002). Selecting the appropriate project delivery method using AHP. *International Journal of Project Management*, 20, 469–474.
- Alidi A.S., Use of analytic hierarchy process to measure the initial viability of industrial projects, *International Journal of Project Management* 14 (4) (1996) 205–208.
- Arbel A., Orger Y.E., An application of AHP to bank strategic planning: The merger and acquisitions process, *European Journal of Operational Research* 48 (1) (1990) 27–37.
- Armacost R.L. et al., An AHP framework for prioritizing customer requirements in QFD: An industrialized housing application, *IIE Transactions* 26 (4) (1994) 72–79.
- Azis I.J., Analytic hierarchy process in the benefit–cost framework: A post-evaluation of the trans-Sumatra highway project, *European Journal of Operational Research* 48 (1) (1990) 38–48.
- Badri M., Combining the AHP and GP for global facility location–allocation problem, *International Journal of Production Economics* 62 (3) (1999) 237–248.
- Badri M., Combining the AHP and GP model for quality control systems, *International Journal of Production Economics* 72 (1) (2001) 27–40.
- Bahurmoz A.M.A., The analytic hierarchy process at DarAl-Hekma, Saudi Arabia, *Interfaces* 33 (4) (2003) 70–78.
- Bascetin A (2004) An Application of the analytic hierarchy process in Equipment selection at Orhaneli open pit coal mine. In: *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy-(AusIMM), Section A-Mining Technology*, vol 113, number 3, pp A192–A199.
- Bhargava, J. N.; *Economics of Information Management*; Jampur: Arihant Publishing House, 1993, Pp.62-5.
- Murdick, Robert; Joel Ross & James Clggett; *Information Systems for Modern Management*; New Delhi: Prentice Hall of India, 1990, Pp. 164-210.
- Byun, D. H. (2001). The AHP approach for selecting an automobile purchase model. *Information & Management*, 38, 289–297.
- Ceha R., Ohta H., The evaluation of air transportation network based on multiple criteria, *Computers and Industrial Engineering* 27 (1–4) (1994) 249–252.
- Cheng C.H. et al., Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight, *European Journal of Operational Research* 116 (2) (1999) 423–435.
- Chu TC (2002) Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach. *Int J Adv Manuf Technol* 20:859–864
- Chu TC, Lin YC (2003) A fuzzy TOPSIS method for robot selection. *Int J Adv Manuf Technol* 21:284–290
- Chu, T.-C. (2002): Facility location selection using fuzzy TOPSIS under group decisions. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Vol. 10, No. 6, 687-702
- Deng H (1999) Multicriteria analysis with fuzzy pair-wise comparison. *Int J Approx Reason* 21:215–231
- Deng H, Yeh C. H. and R.J. Willis, Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights, *Computers and Operations Research* **27** (2000), pp. 963–973.

- Hwang CL, Yoon K (1981) Multiple attributes decision making methods and applications. Springer, Berlin
- Kangas, J. (1994), 'An approach to public participation in strategic forest management planning', *Forest Ecology and Management*, 70(1): 75-88.
- Kabassi, K. & Virvou, M. , A Technique for Preference Ordering for Advice Generation in an Intelligent Help System, In Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on System, 2004.
- Lai V., Trueblood R.P., Wong B.K., Software selection: A case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system, *Information and Management* 36 (4) (1999) 221–232.
- Milani A. S., Shanian A., Madoliat R., Nemes J. A. (2005) "The effect of normalization norms in multiple attribute decision making (MADM) models: A case study in gear material selection", *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 29(4): 312-318
- Mousseau, V., Figueira, J., and Naux, J. P. (1997). "Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method : Some experimental results." *Cahier du Lamsade, University of Paris-Duphine*, 30(150).
- Murlidhar K., Shantharaman R., Using the analytic hierarchy process for information system project selection, *Information and Management* 18 (2) (1990) 87–95.
- Ngai E.W.T., Selection of web sites for online advertising using AHP, *Information and Management* 40 (4) (2003) 233–242.
- Parkan C. and Wu M.L., Process selection with multiple objective and subjective attributes, *Production Planning and Control* 9 (1998), pp. 189–200.
- Ramanathan R., Ganesh L.S., Using AHP for resource allocation problems, *European Journal of Operational Research* 80 (2) (1995) 410–417.
- Ramanathan, R. and Ganesh, L. S. (1995). Energy resource allocation incorporating quantitative and qualitative criteria: an integrated model using goal programming and AHP. *Socio Economic Planning Sciences* 29, 197–218.
- Render, Barry & Ralph Stair, Jr.; *Introduction to Management Science*; Boston: Allyn and Bacon, 1992, Pp. 596-7.
- Roy, B. (1968). "Classement et choix en présence de point de vue multiples: Le méthode ELECTRE." *Revue Francaise d'Informatique et de Recherche Opérationnelle*(8), 57-75.
- Roy, B. (1978). "ELECTRE III: Un algorithme de rangement fonde sur une representation floue des preferences en presence de criteres multiples." *Cahiers du Centre d'etudes de recherche operationnelle*, 20, 3-24.
- Roy, B. (1985). "ELECTRE IS, Aspects methodologiques et guide d'utilisation." *Universite de Paris-Dauphine, Paris*.
- Roy, B. (1991). "The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods." *Readings in multiple criteria decision aid*, C. A. Bana e Costa, ed., Springer-Verlag, Berlin, 155-183.
- Roy, B., and Bertier, P. (1973). "La methode ELECTRE II." *Une application au mediaplanning*, *Operations Research '72*, M. Ross, ed., North-Holland, 291-302.
- Roy, B., and Hugonnard, J. C. (1982). "Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by multicriteria methods." *Transportation Research*, 16A(4), 301-312.
- Saaty T., (1980): "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource, Allocation", McGraw-Hill, New York.
- Saaty T.L. et al., The allocation of intangible resources: The analytic hierarchy process and linear programming, *Socio-Economic Planning Sciences* 37 (3) (2003) 169–184.
- Saaty T.L., Chob Y., The decision by the US congress on China\_s trade status: A multi-criteria analysis, *Socio-Economic Planning Sciences* 35 (4) (2001) 243–252.
- Saaty T.L., Conflict resolution and the Falkland Island invasions, *Interfaces* 13 (6) (1983) 68–83.
- Saaty TL (1980) *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York
- Saaty TL (2001) How to make a decision? In: Saaty TL, Vargas LG (eds) *Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process*, Chap. 1. Kluwer, Dordrecht
- Saaty, L.T. (2001): *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*, New Edition 2001, Publisher: RWS Publications, ISBN-13: 978-0962031786

- Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15 (3), 234–281.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Schniederjans M.J., Wilson R.L., Using the analytic hierarchy process and goal programming for information system project selection, *Information and Management* 20 (5) (1991) 333–342.
- Tam. M.C.Y. and Tummala, V.M.R., 2001. An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega* , 29(2), pp.171-182.
- Ulengin F., Ulengin B., Forecasting foreign exchange rates: A comparative evaluation of AHP, *Omega* 22 (5) (1994) 505–519.
- Yoon and Hwang, 1985. Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making: Part II. Multi-plant strategy and plant relocation. *International Journal of Production Research*. v23 i2. 361-370.



**Shahrood University of Technology  
Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics**

**Vice President for Research & Technology**

# **A New Software Developed for Multi-Criteria Decision Making Methods**

**Administrator of project:**

**Dr. Mohammad Ataei**

*Associate professor of Mining Engineering, Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran*

**Assistants of project:**

**Reza Mikaeil**

*Ph.D. Student of Mining Engineering, Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran*

**Hashem shahsavani**

*Ph.D. Student of Mining Engineering, Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran*

**July 2009**